INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS

CAMPUS PALMAS

CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA CIVIL

JÉSSICA CRISTINE FERREIRA SANTOS

IMPACTO DA APLICAÇÃO DE COORDENAÇÃO MODULAR NO ORÇAMENTO DA OBRA- ANÁLISE DOS SERVIÇOS DE VEDAÇÕES E ACABAMENTOS.

PALMAS

2021

JÉSSICA CRISTINE FERREIRA SANTOS

IMPACTO DA APLICAÇÃO DE COORDENAÇÃO MODULAR NO ORÇAMENTO DA OBRA- ANÁLISE DOS SERVIÇOS DE VEDAÇÕES E ACABAMENTOS.

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito final para obtenção do título de Bacharel no Curso Superior de Engenheiro Civil do Instituto Federal do Tocantins, Campus Palmas.

Orientador: Prof. Me. Octaviano Sidnei Furtado
Coorientador: Eng. James de Sousa

Palmas - TO
2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas do Instituto Federal do Tocantins

S237i Santos, Jéssica Cristine Ferreira
Impacto da aplicação de coordenação modular no orçamento da obra-análise dos serviços de vedações e acabamentos / Jéssica Cristine Ferreira Santos. – Palmas, TO, 2021.
112 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, Campus Palmas, Palmas, TO, 2021.

Orientador: Me. Octaviano Sidnei Furtado
Coorientador: James de Sousa

1. Alvenaria Estrutural. 2. Concreto Armado. 3. Coordenação Modular. I. Furtado, Octaviano Sidnei. II. Sousa, James de. III. Título.

CDD 624

A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio, deste documento é autorizada para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Elaborado pelo sistema de geração automatica de ficha catalográfica do IFTO com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

JÉSSICA CRISTINE FERREIRA SANTOS

IMPACTO DA APLICAÇÃO DE COORDENAÇÃO MODULAR NO ORÇAMENTO DA OBRA- ANÁLISE DOS SERVIÇOS DE VEDAÇÕES E ACABAMENTOS.

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito final para obtenção do título de Bacharel no Curso Superior de Engenharia Civil do Instituto Federal do Tocantins, Campus Palmas.

Aprovado em: 25 / 06 / 2021

BANCA AVALIADORA

Prof. Me. Octaviano Sidnei Furtado

Orientador

Prof. Dra. Liliane Flávia Guimarães da Silva

SUZY BARBOSA MELO MORENO:32331630100

Prof. Ma. Suzy Barbosa Melo Moreno

Eng. Civil James de Sousa

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Deus, minha família e amigos que me apoiaram na realização de meus sonhos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus que esteve comigo em todos os momentos, e graças a perseverança e a fé que Ele me concebeu foi possível chegar até aqui.

À minha família, em especial aos meus pais que sempre deram a vida para garantir um futuro digno a mim, e por sempre terem me guiado nos caminhos corretos, ensinando-me princípios e virtudes que levarei para o resto de minha vida e que um dia passarei aos meus filhos. A minha irmã que sempre esteve comigo durante esses anos, e meu irmão que é um exemplo de que com esforço, dedicação e estudo se é possível conquistar os sonhos. Ao meu padrasto e minha madrasta que também fizeram parte da minha história, e a meu namorado que continuamente teve paciência e me apoiou com amor durante esses anos.

Ao meu orientador Prof. Me. Octaviano Sidnei Furtado, e meu coorientador Eng. James de Sousa pela sabedoria, paciência e cuidado com que me guiaram nesta trajetória.

Aos meus amigos que me apoiaram com um abraço caloroso em momentos bons e ruins.

Enfim, a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização deste sonho.

“Lembre-se que as pessoas podem tirar tudo de você, menos o seu conhecimento.”

Albert Einstein

RESUMO

A Coordenação Modular é o mecanismo mais adequado quando se fala de racionalização de processos, redução de desperdícios residuais e produtividade em grande escala. Adicionalmente, a Coordenação Modular também é importante em relação à industrialização da construção civil, pois para que a mesma possa usufruir dos processos modernos da industrialização, faz-se necessário um sistema apto a ordenar etapas que vão desde o projeto, a execução no canteiro, e a confecção dos componentes. Desta forma, objetiva-se a partir do presente trabalho realizar uma breve revisão bibliográfica sobre o tema, a adaptação e criação de projetos (um em concreto armado e outro em alvenaria estrutural), e a comparação de custos e materiais de dois orçamentos. Tanto os projetos quanto as comparações de orçamentos foram realizados em uma mesma residência unifamiliar tipo sobrado em duas situações distintas, ambos com a arquitetura adaptada à Coordenação Modular. O intuito é validar a possibilidade da Coordenação Modular como forma de racionalizar processos e materiais, diminuir desperdícios e, desta forma, conseguir um produto com qualidade superior e mais sustentável. Observou-se que no resultado final, o orçamento em alvenaria estrutural ficou 14,21% mais barato que o de concreto armado. Em relação ao uso de materiais, o concreto armado demandou mais aço e concreto que a alvenaria estrutural. Desta forma, nota-se que sua utilização foi mais favorável em obras que utilizam elementos pré-moldados em relação a obras com concreto fabricado in loco. Porém, isso não invalida a utilização no concreto convencional.

Palavras-chave: Alvenaria estrutural. Concreto armado. Coordenação modular. Orçamento.

ABSTRACT

Modular Coordination is an appropriate mechanism to properly deal with issues related to streamlining processes, housing shortages, environmental impact and large-scale production. In addition, Modular Coordination is also important to the industrialization of civil construction because this system is capable of taking advantage of modern industrialization processes, and it is able of ordering important steps, such as the project, execution, and component building. Therefore, this study aimed to perform a brief literature review about this subject, simulate projects (reinforced concrete and another with structural masonry), and compare the budgets. Both the projects and the budget comparisons were simulated using a single-family house considering a type of architecture adapted to the Modular Coordination. In this sense, we tried to validate the use of Modular Coordination to optimize processes and material usage, reduce residual waste and achieve a sustainable product with high quality. Our results indicate that structural masonry was 14.21% more expensive than reinforced concrete. Reinforced concrete required more steel and concrete than structural masonry. However, its use was favorable for precast elements compared with in-loco-manufactured concrete in addition to the waste item. However, this does not invalidate its use in conventional concrete.

Keywords: Budgets. Modular Coordination. Reinforced concrete. Structural masonry.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-Composição dos resíduos de construção 18
Figura 2-Classificação da quantidade gerada de resíduos segundo a etapa da obra ... 19
Figura 3-Representação de uma planta baixa modular a partir de blocos 22
Figura 4- Exemplo de um sistema de Coordenação Modular 23
Figura 5-Representação dos vãos de esquina e normais na arquitetura grega 28
Figura 6-Representação das ordens gregas de acordo com Viñola 29
Figura 7-Representação de uma residência nipônica típica 32
Figura 8-Palácio de Cristal 33
Figura 9-Sistema modular de referência 38
Figura 10-Triedro axonométrico 39
Figura 11-Reticulado modular de referência 39
Figura 12-Reticulado modular de referência 39
Figura 13-Imagem da quadrícula plana para módulo M 40
Figura 14-Imagem módulo-base 42
Figura 15-Imagem módulo-base 43
Figura 16-Ajuste modular positivo 43
Figura 17-Ajuste modular negativo[3] 44
Figura 18-Ajuste modular nulo[3] 44
Figura 19-Imagem ilustrativa da alvenaria de vedação 48
Figura 20-Construção de edifício utilizando alvenaria de vedação em bloco cerâmico 48
Figura 21-Alvenaria de vedação em bloco de concreto 48
Figura 22-Cortes em alvenaria tradicional para passagem de dutos 49
Figura 23-Imagem ilustrativa da execução da parede de alvenaria 49
Figura 24-Exemplo de elevação da alvenaria estrutural 50
Figura 25-Fiadas par e ímpar de um projeto em alvenaria estrutural 51
Figura 26-Exemplo de aplicação da modulação- horizontal e vertical 52
Figura 27-Estrutura do Sinapi 58
Figura 28-Fluxograma simplificado das etapas 61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Composição dos resíduos de construção e demolição em Palmas 19

Tabela 2- Desempenho dos elementos construtivos com relação à Coordenação Modular 24

Tabela 3- Medidas modulares romanas 30

Tabela 4- Unidades *ken* e os tatames tradicionais 31

Tabela 5- Primeiras normas de Coordenação Modular 35

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Orçamento do sobrado em concreto armado 63
Quadro 2- Orçamento do sobrado em alvenaria estrutural 64
Quadro 3- Composição do BDI..... 67

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas

AEP: Associação Européia de Produtividade

AFNOR: Associação Francesa para a Normalização

ASA: American Standard Association

BNH: Banco Nacional de Habitação

CBC: Centro Brasileiro da Construção Bouwcentrum

CEF: Caixa Econômica Federal

CBIC :Câmara Brasileira da Indústria da Construção

CM: Coordenação Modular

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

LDO: Lei de Diretrizes Orçamentárias

NB: Norma Brasileira

NBR: Norma Brasileira Registrada

RCD: Composição dos resíduos de construção e demolição

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 16
2 PROBLEMA DA PESQUISA 18
3 JUSTIFICATIVA 21
4 OBJETIVOS 25
4.1 Objetivo Geral 25
4.2 Objetivos Específicos 25
5 REVISÃO DE LITERATURA 26
5.1 Histórico da Coordenação Modular no contexto internacional 27
5.1.1 Grécia e Roma 27
5.1.2 Japão 31
5.1.3 Revolução Industrial e o Palácio de Cristal 32
5.1.4 Após a Revolução Industrial 34
5.2 Histórico da Coordenação Modular no contexto nacional 36
5.3 Coordenação Modular 37
5.3.1 Componentes da Coordenação Modular 38
5.3.1.1 Sistema Modular de Referência 38
5.3.1.2 Sistema Modular de Medidas 40
5.3.1.2.1 Medida Modular 41
5.3.1.2.2 Medida de Projeto 41
5.3.1.3 Sistema de Ajustes Modulares 42
5.3.2 Vantagens da Coordenação Modular 45
5.4 Alvenaria 46
5.4.1 Alvenaria Convencional 47
5.4.2 Alvenaria Estrutural 50
5.4.2.1 Modulação 52
5.4.2.2 Paginação 53
5.4.2.3 Racionalização 53
5.5 Concreto 54
5.6 Orçamento 55
5.6.1 SINAPI 56
6 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS 59
6 .1 Tipo de pesquisa 59
6 .2 Delineamento 60
6 .3 Desenvolvimento da pesquisa 61
6 .4 Descrição do objeto de estudo 62

6 .5 Limitações 62
7 RESULTADOS E DISCUSSÕES 63
8 CONCLUSÃO 69
9 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 72
APÊNDICE A- Projeto arquitetônico antes da coordenação modular 73
APÊNDICE B- Projeto arquitetônico após a coordenação modular 80
APÊNDICE C- Projeto estrutural em alvenaria estrutural 85
APÊNDICE D- Projeto estrutural em concreto armado 91
APÊNDICE E- Composição da superestrutura e vedação do sobrado em concreto armado 104
APÊNDICE F- Composição da superestrutura do sobrado em alvenaria estrutural 107
APÊNDICE G- Composição do revestimento 109
APÊNDICE H- Composição da pintura 111
APÊNDICE I- Composição das esquadrias 113

1 INTRODUÇÃO

Construir mais com custos previsíveis, sem comprometer a sustentabilidade e a qualidade e em menor tempo ainda é um grande desafio. Para vencer essas dificuldades, nos últimos anos, algumas medidas efetivas têm sido tomadas como a racionalização dos processos e a mecanização do canteiro de obras. Entretanto, transformar permanentemente uma realidade marcada por desperdícios, retrabalho e falta de controle só é possível com a industrialização da construção civil. Para Bruna (1976, p.70 apud Fabricio, 2013, p.234):

> A industrialização das construções está essencialmente associada aos conceitos de organização e de produção em série, os quais deverão ser entendidos, analisando de forma mais ampla as relações de produção envolvidas e a mecanização dos meios de produção.

Apesar do fato da Coordenação Modular (CM) ter se tornado uma norma no Brasil, a NBR 5706, na década de 1970, a construção civil pouco avançou nesse aspecto. Essa necessidade pela qualidade do produto com abatimento do preço final necessita de um aprimoramento de serviços e redução nos custos de forma a torná-lo concorrente em um mercado cada vez mais requisitado. Desta forma, a Coordenação Modular é o mecanismo mais adequado quando se fala de racionalização de processos, redução de desperdícios, como resíduos da produtividade em grande escala. O usufruto da construção civil dos processos modernos da industrialização necessita de um sistema apto a ordenar desde o projeto, a execução no canteiro, e o processo de confecção dos componentes: a Coordenação Modular é este sistema. Segundo Lucini (2001, p.35 apud Fabricio, 2015, p.237), a coordenação modular é:

> O sistema dimensional de referência que, a partir de medidas com base em um módulo predeterminado [...], compatibiliza e organiza tanto a aplicação racional de técnicas construtivas como o uso de componentes em projeto e obra, sem sofrer modificações.

A Coordenação Modular é a ferramenta destinada a coordenar as dimensões dos elementos gerados na fábrica com os projetos arquitetônicos. Sua utilização demanda uma disciplina de trabalho avaliada como indispensável para que a industrialização e racionalização do processo construtivo possam ser realizados de forma segura, orgânica e correta. Entretanto, vale observar que a Coordenação Modular na construção civil é impossível caso não exista um projeto integral da construção. Nada pode ser esquecido ou omitido para estudo posterior no transcorrer da execução (montagem). O autor do projeto, precisa mudar sua lógica de concepção entendendo que o problema não é de modulação de espaços, mas sim de dimensões que se

associam com a utilização de elementos construtivos pré-fabricados. A Coordenação Modular, diferente do que se pode acreditar, jamais compromete a capacidade criativa de um projetista. Pelo contrário, a existência de suas ressalvas resulta em obras cujos valores estéticos-formais se acharão em perfeita harmonia com os valores socioeconômicos.

A Coordenação Modular solicita dos componentes e materiais envolvidos no processo de construção graus de confiabilidade metrológica, normatização e estabilidade dimensional. Estas exigências impõem, desde já, o uso racional do modo e dos meios de produção, direcionados para a minimização de perdas no sistema, assegurando balanço energético característico de matérias e produtos eco eficientes. A adoção da Coordenação Modular possui laços firmes com o enfoque da sustentabilidade, a partir da diminuição gradativa de desperdício de execução do ambiente edificado. Certamente, as peculiaridades e a configuração física do ente arquitetônico tendem a ser totalmente opostas à maior parte dos resultados arquitetônicos atingidos atualmente.

2 PROBLEMA DA PESQUISA

De acordo com Lacerda (2005) um sistema construtivo que combate o desperdício possibilita detectar materiais que causam maior perda. Dessa forma é possível verificar se os serviços adotados estão de acordo com a Norma e se apresentam a qualidade exigida. Além disso, o autor afirma que a utilização desses mecanismos proporciona um aumento na velocidade de execução de obra e reduz significativamente os custos da mesma. Lacerda (2005) declara que métodos que organizam e racionalizam os fluxos de insumos e mão-de-obra, influencia decisivamente nos custos praticados, gerando um produto com qualidade superior.

Segundo Marques, Oliveira e Picanço (2013), em seu artigo sobre a caracterização dos resíduos da construção civil em um canteiro de obras de pequeno porte na cidade de Palmas-TO, chegou-se ao resultado de que 43% do total dos resíduos corresponderam à argamassa, 39% à cerâmica e 8% à cerâmica polida (Figura 1). Analisando a geração de resíduos por etapas, as que mais geraram foram a superestrutura, correspondendo a 56% do total, seguida do revestimento com 25%. Juntas, essas etapas corresponderam a 81% do total dos resíduos gerados durante a construção (Figura 2). Este é um estudo de caso que se desenvolveu no canteiro da obra Residencial Florença, executado pela empresa Técnica Engenharia, no Município de Palmas- TO. A empresa é caracterizada por ser de pequeno porte, e o residencial estudado constitui num condomínio horizontal com 11 casas, cada uma com área construída de 87,97m².

Figura 1-Composição dos resíduos de construção e demolição (RCD)

Fonte: Marques, Oliveira e Picanço (2013, p.148)

Figura 2-Classificação da quantidade gerada de resíduos segundo a etapa da obra

Fonte: Marques, Oliveira e Picanço (2013, p.150)

Os autores realizaram a composição média dos resíduos para o estudo na cidade de Palmas, segundo três métodos diferentes: CONAMA nº307/2002, Almeida (2007) e Coelho (2006). A tabela 1 mostra os resultados obtidos.

Tabela 1- Composição dos Resíduos de Construção e Demolição em Palmas-TO

Materiais	Classe	**Composição média (%)**					
		COELHO (2006)*		ALMEIDA(2007) *		CONAMA nº307/2002	
Concreto e argamassa	A	36,1	79,7	43	89,7	43	90
Cerâmica polida		43,6		17		39	
Cerâmica vermelha		-		5,4		8	
Solo e areia		-		24,3		-	
Gesso	C	12,7	12,7	3,8	3,8	-	-
Outros	-	7,6	7,6	6,5	6,5	10	10

*Em Coelho (2006), a quantificação dos volumes e percentuais foi realizada por observação visual das caçambas considerando o volume das mesmas
**Em Almeida (2007), foi verificada a faixa granulométrica de Resíduos da Construção Civil e Demolição (RCD) retida na peneira de malha de 2,4 mm e cada fração foi pesada em laboratório.

Fonte: Adaptado de Marques, Oliveira e Picanço (2013)

De acordo com Baldauf (2004) a Coordenação Modular (CM) utiliza componentes padronizados e intercambiáveis que não precisam de cortes, auxiliando na redução do desperdício. O referido sistema reduz o consumo de matéria-prima e aumenta a capacidade de troca de componentes da edificação e ajuda na manutenibilidade. Em resumo, ela aumenta a produtividade, consequentemente reduz os custos, contribuindo para a qualificação da indústria da construção civil.

Desta forma, a questão da pesquisa baseia-se nos seguintes questionamentos: Quais os impactos, com ênfase nos positivos, em especial em relação aos custos e aos materiais utilizados, que a CM como ferramenta para a industrialização da construção civil poderá causar em obras residenciais? O sistema construtivo em alvenaria estrutural seria mais privilegiado que o de concreto armado com sua utilização? Quais os dificultadores encontrados para a aplicação efetiva da Coordenação Modular em Palmas, e em qual sistema construtivo ela é mais eficaz e econômica?

Devido ao fato de a alvenaria estrutural ser mais comumente utilizada em residências tipo sobrado do que em residências térreas unifamiliares, optou-se pela opção sobrado como objeto da pesquisa.

3 JUSTIFICATIVA

Segundo Lacerda (2005), para uma melhora na velocidade de execução das tarefas em uma obra, com consequente aumento na produtividade desde a instalação do canteiro de obras, é necessário que este canteiro se oriente no rumo de ordenar, combinar e harmonizar o roteiro proposto no planejamento, projetos, materiais e mão-de-obra, com economia e eficácia. Estas medidas repercutem de modo direto nos custos da construção final.

A Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC) define a produtividade em um conceito mais amplo como sendo a "obtenção de uma produção maior com uma mesma quantidade de recursos empregados ou, de outra maneira, quando se emprega menos recursos para obter uma mesma produção" (CBIC, 2016, p.9). Ou seja, seu alvo fundamental é render com eficiência e economia por meio de racionalização e sistematização dos meios e serviços.

De acordo com Braga (1995), o procedimento orçamentário deve incluir o desenvolvimento e os resultados que o empreendimento deseja obter, "orçar não é apenas controle, não é apenas previsão. É uma análise exigente e rigorosa do passado e um cálculo cuidadoso das prováveis e desejadas operações futuras" (BRAGA, 1995, p.230). Por isso, entende-se que, a partir do orçamento, será possível verificar se de fato há viabilidade no projeto. Para Lacerda (2005, p.17):

> O orçamento de uma obra, portanto, parte de uma análise estática de todos os elementos que deverão influenciar o custo da construção e visa estabelecer seu valor provável como se fosse integralmente executada sob as condições em que se baseou aquela análise.

Assim sendo, a CM como ferramenta para a industrialização da construção civil constitui uma forma de conquistar economia em grandes proporções, harmonizando a qualidade com as despesas, serviços e custos. Como consequência disso, é obtida uma atenuação ou até mesmo a extinção de desperdícios, a execução racional de recursos e a ampliação dos fatores de produção, mão-de-obra e equipamento.

A eficiência é uma grandeza mais quantitativa que qualitativa, tratando-se de uma razão entre o custo dos insumos e o valor dos produtos, dessa forma percebe-se que a mesma é medida pela produtividade. Como o alvo é obter mais produtos com menos insumos, quanto menor for essa razão maior será a produtividade.

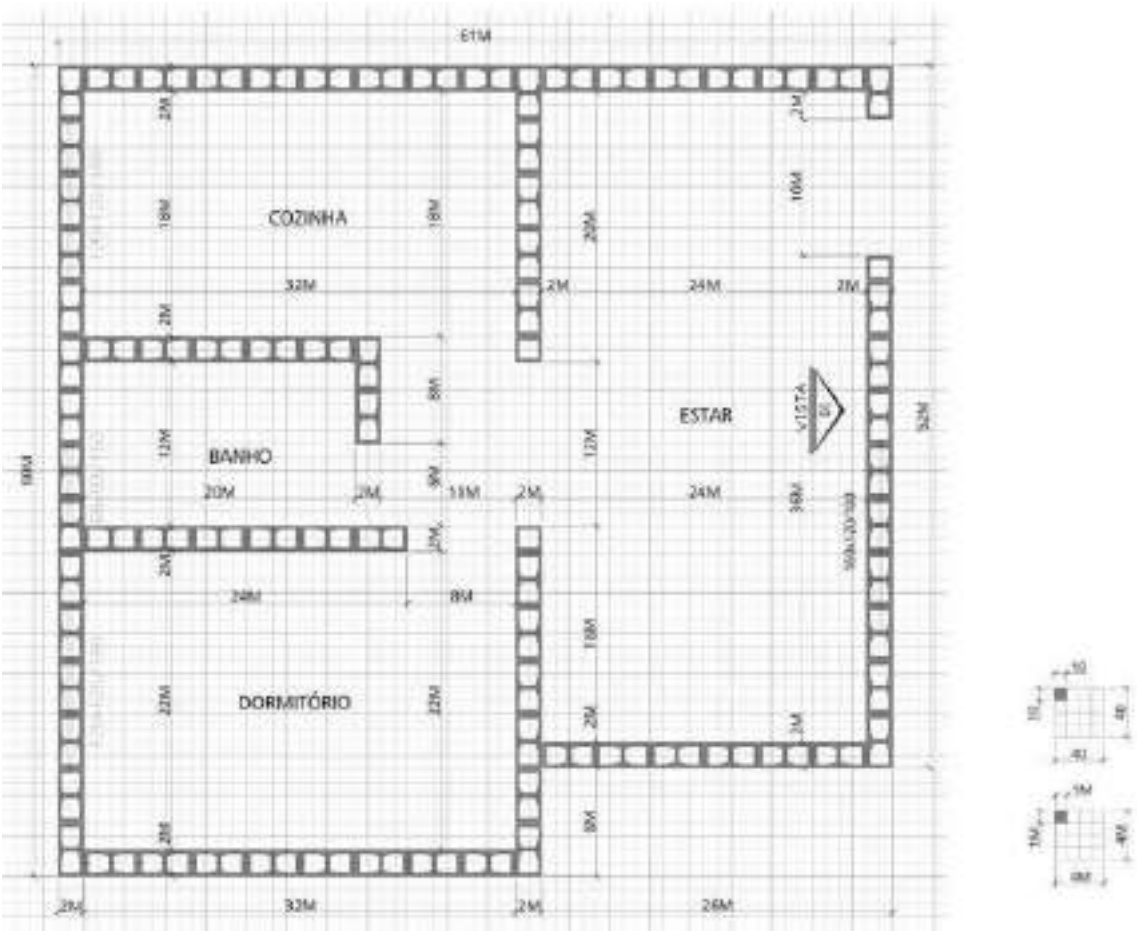
Já a ABNT NBR 5706 (1977) traz a definição de CM como sendo "a técnica que permite relacionar as medidas do projeto com as medidas modulares por meio de um retículo espacial modular de referência". Dessa maneira, ela simplifica a elaboração do projeto, favorece a normalização dos componentes (tendo em conta as tolerâncias de fábrica permitidas e as

espessuras das juntas), facilita a execução em obra e o consenso entre os projetistas, produtores dos elementos e os executores do projeto, e simplifica o intercâmbio dos elementos da construção civil em âmbito nacional (ROSSO, 1976, p.18, apud BALDAUF, 2004, p.47), como demonstrado nas Figuras 3 e 4.

A Figura 3 representa uma planta baixa modular com blocos de espessura de 2M (dimensão nominal de 19 cm) e de comprimento de 4M (dimensão nominal de 39 cm), em cima do quadriculado modular de referência 1M x 1M. A cotagem do projeto é realizada com a medida modular, em outras palavras, com a quantidade de módulos em cada parede (GREVEN; BALDAUF, 2007, p.50).

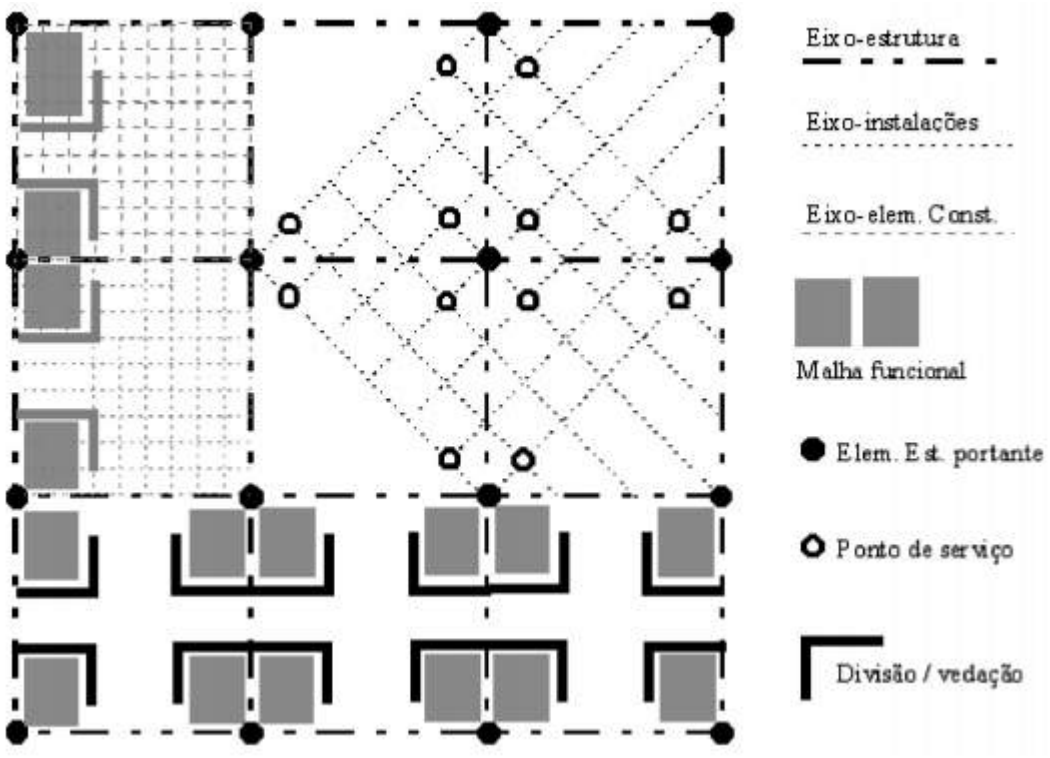
A CM envolve módulos, sendo eles: estruturais, funcionais, construtivos, de infraestrutura predial, de instalações, entre outros. Isso está demonstrado na Figura 4.

Figura 3-Representação de uma planta baixa modular a partir de blocos



Fonte: Greven e Baldauf (2007, p.50)

Figura 4- Exemplo de um sistema de Coordenação Modular



Fonte: Mello (2010, p. 12)

De acordo com Santos (2007), vários fatores são responsáveis pelo impedimento da disseminação da CM, que vão desde ações governamentais a recursos humanos. O autor realizou uma pesquisa que envolveu elementos construtivos como blocos cerâmicos, de concreto e de gesso, esquadrias e elementos estruturais pré-fabricados. O autor mostra que 71% dos componentes construtivos pesquisados não atenderam à CM. Este é um dado relevante, uma vez que a construção civil deixa de incorporar as vantagens da racionalização, além da redução de problemas de interfaces entre componentes e subsistemas. A Tabela 2, referente ao estudo, mostra os materiais que atenderam ou não a CM, uma vez que os blocos cerâmicos e de concreto foram um deles.

Tabela 2- Desempenho dos elementos construtivos com relação à Coordenação Modular

Componente	Largura (cm)	Altura (cm)	Comprimento (cm)	Atende a Coordenação Modular
Blocos de concreto	14	19	29	Sim
	19	19	19	Sim
	19	19	39	Sim
	14	19	19	Sim
	14	19	39	Sim
Blocos cerâmicos	14	19		Sim
Janelas	154	100		Não
	104	100		Não
Portas	60	210		Não
	70	210		Não
	80	210		Não
Revestimento Cerâmico	41	41		Não
	20	20		Não
	30	30		Não
	40	40		Não
Pilares	30	30	250	Não
	90	130	3000	Não
Vigas	20	40	300	Não
	160	60	3000	Não
Lajes alveolares	125	15,21	300	Não
	125	26	1400	Não

Fonte: Santos (2007, p.15)

Desse modo, o presente estudo é justificado por autenticar a validação da possibilidade de utilização da Coordenação Modular, como forma de racionalizar processos e materiais, diminuir desperdícios e assim conseguir um produto com qualidade superior e mais sustentável. O foco está na comparação dos orçamentos e materiais dos serviços de vedação, superestrutura e revestimentos de pisos e paredes em residências unifamiliares tipo sobrado.

.

.

4 OBJETIVOS

4.1 Objetivo Geral

Comparar os custos e os materiais de dois orçamentos realizados de uma mesma residência unifamiliar tipo sobrado em duas situações distintas, com ambos os projetos adaptados à CM para os serviços de alvenaria e revestimentos de piso e paredes, sendo que em uma das situações o projeto será em alvenaria convencional enquanto que a outra será em alvenaria estrutural.

4.2 Objetivos Específicos

a) Averiguação dos materiais disponíveis no mercado local quanto à adequação à CM para os serviços que serão analisados, como a alvenaria estrutural e revestimentos cerâmicos;
b) Reconhecimento de obstáculos (limitações) e facilitadores para a inserção do uso da CM, buscando determinar fatores ligados à resistência pela utilização dessa ferramenta;

5 REVISÃO DE LITERATURA

De acordo com Lacerda (2005), pode-se dizer de uma forma sintética que a CM tem como objetivo principal a racionalização da construção, através do uso racional dos recursos por meio de fluxo de processos ordenados, organizando a construção civil do projeto à execução. Para isso, parte-se da ideia básica de que é necessária uma produção padronizada modular, ou seja, que os produtos e componentes sejam fabricados de forma padronizada, modularmente. Dessa forma, esses componentes se complementam, mesmo sem serem produzidos pela mesma indústria, causando uma intercambialidade entre os mesmos, gerando assim uma linha de montagem, característica da industrialização. Mas, para isso, é preciso que todos os componentes da cadeia construtiva, da matéria-prima até a normalização, participem e tenham responsabilidade no processo. A racionalização pode ser definida como a utilização mais eficiente dos recursos para se conseguir um produto mais efetivo.

Baldauf (2004) compreende a racionalização de um sistema produtivo como sendo um grupo de práticas que objetivam mudar as condutas convencionais por tecnologias fundamentadas em sistemas que se propõem a acabar com o empirismo das escolhas. O autor ainda conceitua que a racionalização é o processo mental que dirige os atos contra os desperdícios temporais e materiais dos processos produtivos, utilizando o raciocínio sistemático, lógico e resoluto, dispensado de fluxo emocional. O processo construtivo experimentou algumas transformações neste século, mudando das habituais técnicas construtivas à inclusão de elementos e materiais oriundos dos modernos métodos de industrialização, como a racionalização do canteiro de obras, o aço fabricado, a utilização de elevadores, etc.

Os elementos da construção civil são fabricados de acordo com seu próprio método, quanto a preço e fabricação, o que determina suas medidas e, com base nesses, sua utilização no processo construtivo. Porém, mesmo com a utilização de elementos industrializados e de métodos construtivos aprimorados, o processo construtivo prossegue com fases dispersas e separadas e, portanto, distante de um sistema industrial. A necessidade de melhoramento na economia na construção e no tempo conduz à racionalização do método construtivo. Assim, identifica-se o uso da CM para a otimização dos sistemas construtivos.

O histórico da CM ocorreu na década de 30 pelo estadunidense industrial Alfred Farwell Bewis, chamando-a de método modular cúbico. De acordo com Lacerda (2005), os

sistemas construtivos que confrontam o desperdício possibilitam identificar os elementos que causam desvio maior.

Agora, com as relações e os processos utilizados, é possível observar se os serviços possuem as características exigidas e encontram-se conforme as normativas. Somando-se a isso o fato dos mestres, empregados e encarregados se envolverem em exposições a respeito do projeto e concepções empregadas, e, em seguida, com sua execução na construção, logo a cultura de qualidade e intervenções contra o desperdício é formada.

5.1 Histórico da Coordenação Modular no contexto internacional

Segundo Baldauf (2004), historicamente o uso de um módulo aparece na Arquitetura em uma interpretação clássica dos gregos, perante um caráter estético; dos romanos, perante um caráter estético-funcional; e dos japoneses, ante um caráter funcional.

5.1.1 Grécia e Roma

Na cronologia da arquitetura a utilização de módulos nos projetos pode ser encontrada em diversas épocas, desde a antiguidade. Em relação às ordens neoclássicas, Ching (2002, p.15) cita:

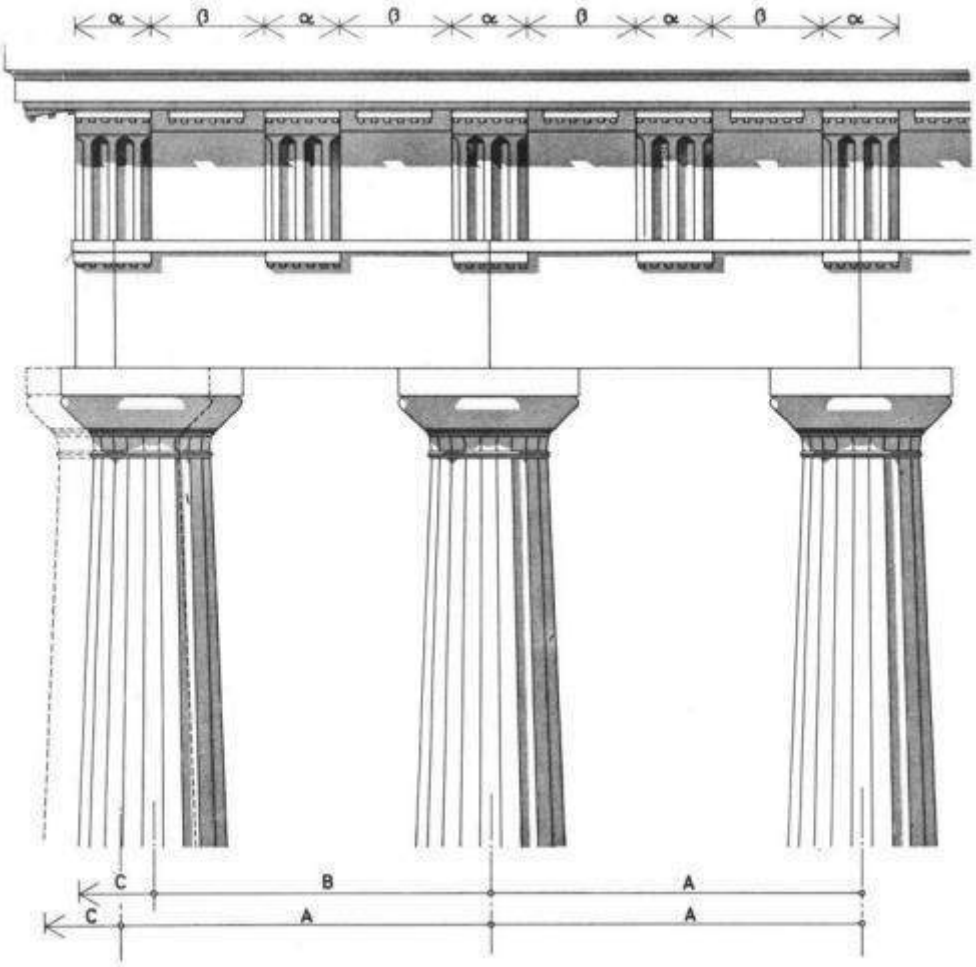
> Para os Gregos e Romanos da Antiguidade Clássicas, as Ordens representam, em sua proporcionalidade dos elementos, a expressão perfeita da beleza e da harmonia A unidade básica de dimensão era o diâmetro da coluna. Desse módulo derivaram as dimensões do fuste, do capitel, assim como do pedestal.

Para os gregos o diâmetro da coluna era utilizado como unidade básica, sendo esta um módulo, de todas as dimensões da construção arquitetônica.

> Na arquitetura grega, o vão da esquina era menor em relação aos demais vãos para que os componentes “pré-fabricados” se mantivessem com a mesma dimensão daqueles existentes nos outros vãos. Baseados neste princípio, os frisos e as vigas mantinham a dimensão ao longo de toda a fachada, inclusive nos vãos das esquinas. (BALDAUF, 2004, p.25).

A Figura 5 mostra a representação dos vãos de esquina e normais na arquitetura grega. Nela constata-se o local que a coluna deveria estar posicionada caso os vãos “A” e “B” fossem idênticos. Observa-se também que o vão “B” é menor que o “A” para que as vigas e frisos tenham o mesmo tamanho, seguindo um padrão.

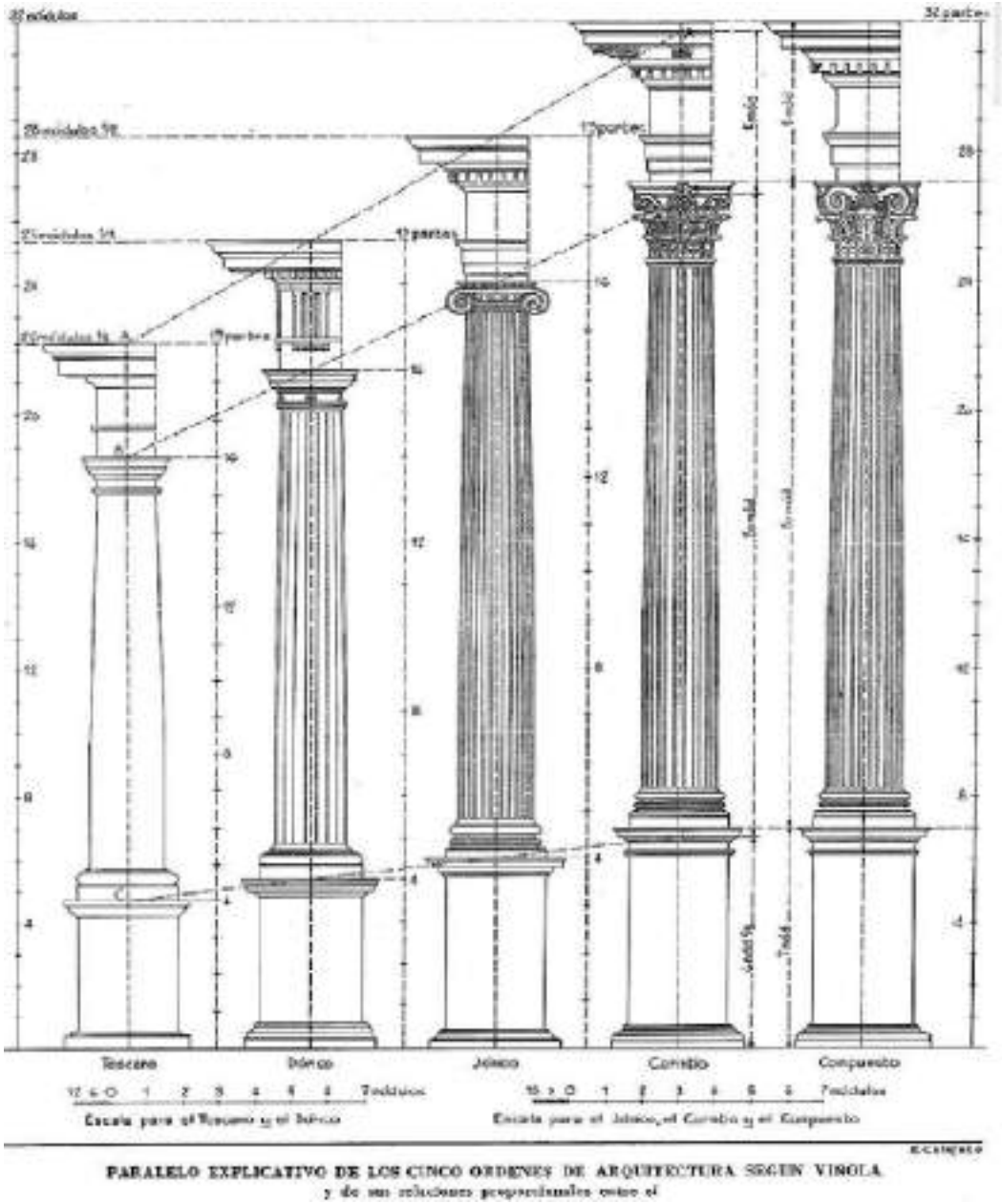
Figura 5-Representação dos vãos de esquina e normais na arquitetura grega



Fonte: Baldauf (2004, p.24)

De acordo com Baldauf (2004), as dimensões das colunas variaram de acordo com a edificação, ainda que o diâmetro da coluna fosse a dimensão moduladora da arquitetura grega. “Sendo assim, as ordens gregas - toscana, dórica, jônica, coríntia e compósita - não se apoiavam em uma unidade de medida constante, mas cada uma seguia as suas proporções” (BALDAUF,2004, p.27). A Figura 6 mostra essas formas gravadas em uma ilustração realizada pelo arquiteto italiano Vincenzo Scamozzi no ano de 1615.

Figura 6-Representação das ordens gregas de acordo com Viñola



Fonte: Greven e Baldauf (2007, p.18)

As composições romanas eram apoiadas em um módulo antropométrico, os quais tinham consigo o objetivo de igualar seus tijolos em dois tipos coletivos: o sesquipetalis e o bipetalis. Os romanos também adequavam o módulo para determinar dimensões de telhas, colunas, tubos cerâmicos e ladrilhos. Os projetos dos edifícios e o planejamento das cidades acatavam um reticulado modular fundado no passus romano (ROSSO, 1976, apud BALDAUF, 2004).

De acordo com Baldauf (2004), o professor iugoslavo Tine Kurent realizou algumas pesquisas arqueológicas mostrando que os romanos empregavam componentes padronizados e com modulação. O fato curioso que mais lhe chamou a atenção foi de os componentes terem medidas de fabricação equivalentes a uma modulação que já levava em consideração a espessura das juntas ou a sobreposição das peças (CBC, 1972, apud BALDAUF, 2004).

As medidas modulares romanas para os componentes construtivos eram iguais a múltiplos inteiros reduzidos de uma medida-padrão romana. Qualquer unidade romana podia ser empregada como módulo conforme a situação (CBC, 1972, apud BALDAUF, 2004). Sendo assim, os romanos efetuavam uma modulação ajustável desde as pequenas partes até a grande cidade. Pode-se observar essa situação na tabela 3.

Tabela 3- Medidas modulares romanas

Componentes	Dimensões
Tubo cerâmico para água	Comprimento modular: 1 gradu (passo)
Tegulha (telha)	Comprimento e largura modulares: 1 cubitu (osso longo situado na face interna do antebraço)= 6 palmi(palma: porção da mão entre o punho e os dedos)
Imbrex	Comprimento modular: 1 cubitu = 6 palmi
Laje de tijolos para hypocaustu (sistema de calefação)	Comprimento e largura modulares: 1 bipedalis (2 pés)= 8 palmi
Pequena coluna de pedra para hypocaustu	Largura modular: 1 semis = 2 palmi Altura modular: 2 pedes = 8 palmi
Tijolo lydica	Largura modular: 1 pes = 4 palmi Altura modular: 1 palmus Comprimento modular: 1 cubitu = 6 palmi
Vários ladrilhos quadrados para pisos	Áreas modulares= 1 cubitu quadrado ou 1 pes quadrado ou 1 bes quadrado
Vários ladrilhos heagonais	Largura modular: 1 bes ou 1 triens ou 2 unicae (polegadas)
Pequena pedras e tijolos para mosaicos e pisos	Espaço modular: 1 uncia cúbica ou 1 semiuncia cúbica ou 1 silicus (rocha) cúbico

Fonte: Adaptado de CBC (1972, apud Baldauf, 2004)

5.1.2 Japão

A unidade de medida clássica japonesa, shaku,, de origem chinesa, é basicamente equivalente a unidade inglesa do pé, sendo divisível em unidades decimais. Na segunda metade da Idade Média do Japão foi estabelecido o ken como unidade. Mesmo que inicialmente fosse utilizada para ilustrar a divisão entre colunas, não sendo uma dimensão fixa, posteriormente foi normalizada para ser utilizada em residências, passando a ser uma medida absoluta não apenas para as edificações, mas transformando-se em um módulo que dominava toda a estrutura, os espaços e os elementos da arquitetura nipônica (CHING, 2002).

Através do arranjo modular do ken, foram implantados dois esquemas de projeto. Em um deles, a trama do ken (equivalente a 6 shaku) determinava a divisão entre os eixos das colunas. Esse método era chamado de inaka-ma. Desta forma, o tatame tradicional (3 x 6 shaku ou ½ x 1 ken) mudava moderadamente, levando-se em consideração o diâmetro da coluna. Já no outro método, kýo-ma, o tatame mantinha dimensões constantes (3,15 x 6,30 shaku) e a distância entre as colunas variava entre 6,4 e 6,7 shaku, (esse era o módulo ken) (CHING, 2002). É possível observar a relação do ken e dos tatames tradicionais na Tabela 4.

Tabela 4- Unidades ken e os tatames tradicionais

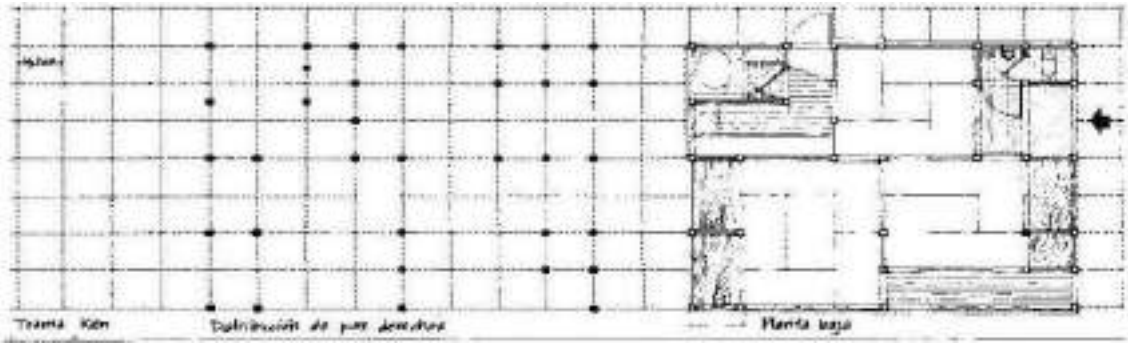
Unidade ken	Equivalência	Tatame tradicional
ken (método inaka-ma)	6 shaku	3 x 6 shaku ou (1/2) x 1 ken
ken (método kýo-ma)	oscilava entre 6,4 shaku e 6,7 shaku	3,15 x 6,30 shaku

Fonte: Adaptado de Ching (2002)
NOTA: 1 shaku equivale a 30,3 cm ou 11, 93 polegadas

Pelo fato de os tatames serem utilizados em praticamente todos os ambientes internos, surgiu a necessidade de os locais serem mensurados de forma a acomodarem no chão um número inteiro de tatames, dando à modulação um caráter prático-funcional (ROSSO, 1976, apud BALDAUF, 2004). Assim, os tamanhos das moradias eram indicados pela quantidade de tatames colocados. Inicialmente, os tatames tinham um tamanho que possibilitavam que duas pessoas estivessem confortavelmente sentadas, mas à medida que a trama ken se fortaleceu, o tatame deixa sua sujeição das medidas humanas (CHING,2002).

Nas casas tradicionalmente japonesas, a trama ken controlava a estrutura e a sequência aditiva, de espaço a espaço, das diversas moradias. É possível observar um exemplo dessas residências na Figura 7, onde as medidas do módulo são moderadamente pequenas, proporcionando a acomodação de ambientes retangulares, de forma absolutamente livre, conforme modelos lineares, agrupados ou arbitrários (CHING, 2002).

Figura 7-Representação de uma residência nipônica típica



Fonte: Ching (2002, p.129).

5.1.3 Revolução Industrial e o Palácio de Cristal

De acordo com Baldauf (2004), a primeira aplicação moderna de certa relevância da Coordenação Modular, aconteceu em plena época da revolução industrial e se encontra no Palácio de Cristal. Este foi projetado por Joseph Paxton e construído entre 1850 e 1851, sobre o módulo básico de oito pés para a Exposição Universal de Londres.

Joseph Paxton apresentou uma pesquisa inspirada nas suas experiências conquistadas com outros projetos. A construção foi executada dentro do orçamento e do prazo previsto de nove meses. Isso só foi possível graças aos estudos rigorosos e detalhados realizados pelos engenheiros Charles Fox e Henderson, de cada elemento da construção, do método de produção, do sistema de montagem, do tempo de construção e do controle rigoroso dos custos. Os elementos empregados foram projetados para serem fabricados em massa, com os métodos de fundição existentes na época, garantindo assim a sua montagem e desmontagem (BRUNA, 1976, apud BALDAUF, 2004).

O pavilhão foi completamente fabricado (71500 m²) por elementos pré-fabricados produzidos e montados no próprio canteiro de obras. O material condicionador da seleção do módulo foi o vidro, posto em placas grandes, sendo o tamanho máximo de fabricação de oito pés (CBC, 1970, apud BALDAUF, 2004). Esta dimensão determinou o reticulado da malha, e

os múltiplos do módulo determinaram as posições e tamanhos das demais peças. A Figura 8 mostra uma foto do Palácio de Cristal em 1854, na cidade de Sydenham, após sua reconstrução.

Figura 8-Palácio de Cristal

Fonte: Baldauf (2004, p.33)

O Palácio de Cristal simboliza uma junção de itens estudados isoladamente e coordenados entre si por uma rede modular. O espaço resultante da somatória de itens padronizados e industrializados era o resultado ideal da tecnologia utilizada e da pesquisa racional dos vínculos, dos limites do tempo e econômico, dos condicionantes técnicos de produção de montagem. Na sua totalidade de obra de arte, o Palácio de Cristal reproduz a essência do próprio tempo, adiantando em um século o conjunto de dificuldades que os arquitetos e engenheiros do período pós guerra na Europa iriam se confrontar com a industrialização da construção, como a alteração dos tamanhos métricos pela dimensão modular, a fabricação padronizada dos elementos e as necessidades econômicas, técnicas e funcionais (BRUNA, 1976, apud BALDAUF, 2004).

Em poucos anos, muitas estruturas semelhantes foram erguidas ao longo do mundo, como por exemplo as casas para emigrantes que iam para os Estados Unidos e para a Austrália e o transporte de um hospital militar completo para Martinica, em peças pré-fabricadas.

5.1.4 Após a Revolução Industrial

A partir de 1930, o engenheiro Alfred criou as primeiras pesquisas de uma nova técnica de construção, denominando-a de método modular cúbico. Em seu trabalho, ele tratou a coordenação como uma forma de conseguir a produção em massa e a normatização dos componentes da construção. Investigou-se o que ele denominou de desenho modelar cúbico, não definindo o tamanho do módulo básico. A partir daí, começaram a aumentar os estudos na América do Norte e na Europa (BALDAUF, 2004).

Dois anos após o falecimento de Bemis, em 1938, a American Standard Association (ASA) começou uma pesquisa para coordenar o dimensionamento dos elementos para a construção. Ao mesmo tempo, na França, começaram pesquisas parecidas, sendo expostas em 1942 na Associação Francesa para a Normalização (AFNOR). Tais pesquisas viraram projeto e, posteriormente, a primeira norma sobre o tema na França. Enquanto acontecia a Segunda Guerra, na Alemanha, o arquiteto Ernst Neufert fortalecia um estudo inspirado no módulo 12,5 cm (1/8 do metro) e por isso foi denominado sistema octamétrico, planejando desde logo a importância que a CM teria para a industrialização da construção.

Simultaneamente, em Bergvall, Dahlberg e na Suécia eles praticaram a CM utilizando o módulo de 10 cm como base, enquanto que na América do Norte era o de quatro polegadas (10,06 cm). Todos esses trabalhos foram publicados com o título de "Raport or Modular Coordination" (informe sobre a coordenação modular), em 1946 na cidade de Estocolmo. Nesta publicação, foi analisada a aplicação às instalações e outros serviços da CM (LACERDA, 2005, p.27).

No final da Segunda Guerra Mundial, as pesquisas de todos os precursores passaram a ter maior importância já que devido aos problemas habitacionais causados pela guerra, exigiriam a evolução de novos métodos construtivos. Dessa forma, as pesquisas e a aplicação da CM assumiram um caráter universal, estando no nível de cooperação internacional (CBC, 1970, apud BALDAUF, 2004).

Os estudos de Ernst Neufert foram tão significativos que a primeira norma alemã sobre CM foi retirada dos seus trabalhos e publicada em 1951. Desse período até 1965, foram construídas na Alemanha 4.400.000 habitações seguindo o sistema octamétrico, o que equivale a mais da metade de todas as construções que foram realizadas (ROSSO, 1976, apud BALDAUF,2004). Além disso, estimava-se que em 1970, eram fabricadas nos tamanhos octa métricas 90% dos blocos sílico calcário, 90% dos blocos de concreto leve, 89% das lajes mistas pré-fabricadas, 75% dos caixilhos, 100% das chapas de fibro-cimento e 65% das estruturas pré-fabricadas (CBC, 1970, apud BALDAUF, 2004). Mesmo com as objeções sofridas frente ao sistema decimétrico, utilizado na maioria dos países, o sistema octamétrico mostrou a eficiência e viabilidade da utilização da CM.

A Tabela 5 mostra os países, em ordem cronológica, a publicarem sua primeira norma sobre a CM e qual foi o módulo adotado.

Tabela 5- Primeiras normas de Coordenação Modular

País	Módulo	Ano
França	10 cm	1942
Estados Unidos	4 polegadas	1945
Bélgica	10 cm	1948
Finlândia	10 cm	1948
Itália	10 cm	1949
Polônia	10 cm	1949
Brasil	**10 cm**	**1950**
Bulgária	10 cm	1951
Alemanha	12,5 cm e 10 cm	1951
Noruega	10 cm	1951
Hungria	10 cm	1951
Suécia	10 cm	1952
Portugal	10 cm	1953
União Soviética	10 cm	1954
Grécia	10 cm	1955
Romênia	10 cm	1956
Áustria	10 cm	1957
Iugoslávia	10 cm	1958
Dinamarca	10 cm	1958
Tchecoslováquia	10 cm	1960
Bielorússia	10 cm	1962
Holanda	10 cm	1965
Inglaterra	4 cm	1966

Fonte: Adaptado de Technische Hochschule Hannover (1967, apud Baldauf, 2004)

5.2 Histórico da Coordenação Modular no contexto nacional

No Brasil, os estudos iniciaram-se no dia 4 de setembro de 1946, pelo Secretário Geral, professor Paulo De Sá, que instalou trabalhos da Comissão de Estudos dos Elementos da Construção na Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Ele chamou a atenção para o fato de que seria interessante para a Comissão verificar que na França e na América do Norte iniciavam-se estudos sobre a CM. Devido ao fato de a norma francesa ter sido publicada pouco antes dessa situação, o seu estudo mostrou-se de grande importância. O interesse ocasionado pelo assunto entre os membros fez com que se formasse uma nova Comissão em novembro de 1946, para tratar da Modulação das Construções, sendo o Eng. Jorge Mendes de Oliveira Castro presidente da mesma. Após um acentuado trabalho desse pequeno grupo, concluiu-se o primeiro projeto de Norma no dia 21 de maio de 1947 (BANCO NACIONAL DE HABITAÇÃO, 1976, apud LACERDA, 2005).

O primeiro projeto de Norma foi revisado pela própria Comissão que o criou, em 13 de agosto de 1947, adotando-se o título de anteprojeto de Norma de Modulação das Construções, pela ABNT. Esses trabalhos foram mostrados pelos membros dessa Comissão, em julho de 1949, na forma Comunicação, no 1° Congresso Pan-Americano de Engenharia. Sendo assim, o Brasil foi colocado como um dos primeiros países a estudar e ter uma Norma de CM. Após isso, houve apoio decisório do Banco Nacional de Habitação (BNH), o qual efetivou uma sequência de convênios com a ABNT, com o intuito de produzir normas complementares, sendo então possível que a Comissão de CM estudasse e aprovasse outras normas (BNH, 1976, apud LACERDA, 2005).

Em 1950, foi publicada a primeira norma brasileira sobre a CM com o título: ABNT NB 25-R :Modulação das Construções. Portanto, o Brasil estava entre um dos países pioneiros na aplicação da CM. Ainda em 1950, uma comissão foi criada para estudar a CM com a missão de revisar a NB 25 -R, de acordo com o Noticiário da Coordenação Modular n° 01. Essa Comissão foi estabelecida por iniciativa do Eng. Felix Von Ranke, secretário executivo da ABNT, um trabalho mais extenso objetivando estipular um planejamento para: dinamizar a normalização no contexto nacional; acelerar a divulgação da mesma (normalização); explorar as possibilidades de aumentar a coordenação entre as entidades ligadas à construção, com o intuito de empregar a CM em concordância com os interesses nacionais (BNH, 1976, apud LACERDA, 2005).

5.3 Coordenação Modular

Devido a transformações econômicas no quadro da produção de edificações, os métodos de compatibilização construtiva e dimensional e de racionalização tornaram a ser consagradas como opção para a diminuição de custos e aumento da produtividade. Funciona também como orientação para projetos e obras heterogêneas, bem como materiais e processos diferenciados. A modulação ajuda na constatação de erros prováveis sucedidos enquanto se montam as peças. Lopes (1999, apud Lacerda, 2005) diz que a CM utilizada no projeto beneficia o monitoramento de todas as suas etapas do projeto e da execução de maneira racionalizada e simultânea. Esta interrelação é pretendida diminuindo ou acabando com os riscos de erros técnicos, desperdícios de materiais e tempo de mão-de-obra implicada com a execução da tarefa.

De acordo com Greven e Baldauf (2007), a Coordenação Modular é relevante para a racionalização da construção e insubstituível para a industrialização da construção civil. O autor prossegue afirmando que foi criada uma ideia inicial essencial para uma discussão séria sobre a implantação da Coordenação Modular da Construção no Brasil, após vinte anos de investida sobre a comunidade envolvida na tentativa de conscientizar o setor a respeito.

A CM é a ferramenta vital para a racionalização total e imprescindível para se chegar a patamares mais altos de automação e mecanização. Consegue-se classificar os sistemas construtivos em três grandes grupos: tradicional, pré-fabricado e industrializado por modelos ou componentes. A CM não é discordante do primeiro, pode ser indispensável ao segundo, porém, é essencial ao último. No processo industrial, ela é empregada em duas fases: na primeira, tem-se a presença de um desenhista industrial no projeto dos componentes; e na segunda, tem-se um arquiteto que irá relacionar os elementos e terminar a edificação por uma ligação lógica, definida e concordante.

O êxito advindo da mão-de-obra em relação à aplicação da CM pode ou não existir, dependendo da qualificação do trabalhador. Essa qualificação pode ser adquirida através de treinamento e orientação, e uma vez conseguida ela faz com que o produto tenha uma qualidade maior, um preço menor e seja mais competitivo. A mão-de-obra desqualificada resulta no pagamento de baixos salários, sendo equivalente à improdutividade (produzindo custos altos na construção), constituindo um ciclo vicioso. A racionalização de projetos e processos e a qualificação de mão-de-obra é uma forma de romper esse ciclo (GREVEN; BALDAUF, 2007).

Lacerda (2005) observa a industrialização da construção como solução para a construção de habitações populares em pouco tempo, porém, no Brasil, as casas industrializadas são, em sua maioria, de classe média e alta. Essa condição do Brasil não é muito típica, pois a tendência de padronização de produtos é que haja uma produção em grande escala, com redução de custos, de forma a atender diretamente as faixas populares (principalmente os locais com déficit habitacional). O autor aponta que um dos problemas da industrialização é a falta de certificação dos materiais.

5.3.1 Componentes da Coordenação Modular

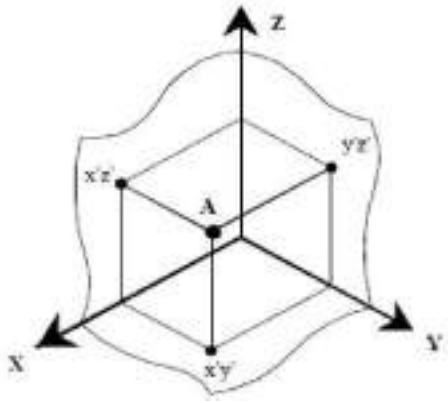
A CM possibilita a padronização dos componentes da construção civil com os benefícios que dela derivarem, como a produção de peças em categoria industrial. Para isso, é necessária a conjugação racional dos componentes da construção civil (BNH, 1976, apud LACERDA, 2005).

A CM tem como alicerce três componentes essenciais: Sistema modular de referência; Sistema modular de medidas; Sistema de ajuste modular (LACERDA, 2005), discutidos a seguir.

5.3.1.1 Sistema Modular de Referência

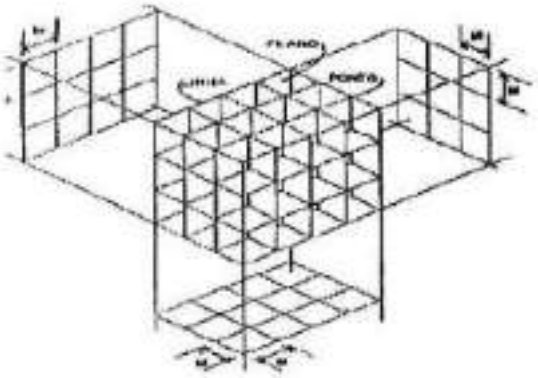
De acordo com a CM, a construção, com todos os seus componentes, está localizada dentro de um sistema de planos paralelos a três planos perpendiculares dois a dois. Estes planos constituem um o triedro axonométrico, em relação ao qual a localização de um ponto no espaço fica definida por suas projeções (LACERDA, 2005). Observa-se isso nas figuras abaixo:

Figura 9-Sistema modular de referência



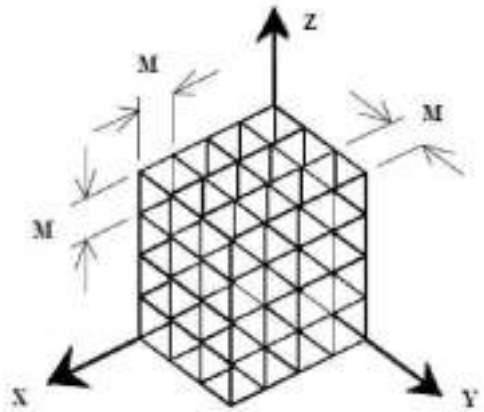
Fonte: Baldauf (2004, p.52)

Figura 10-Triedro axonométrico



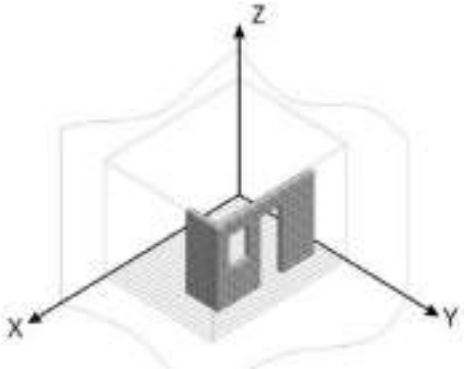
Fonte: Lacerda (2005, p.39)

Figura 11-Reticulado modular de referência



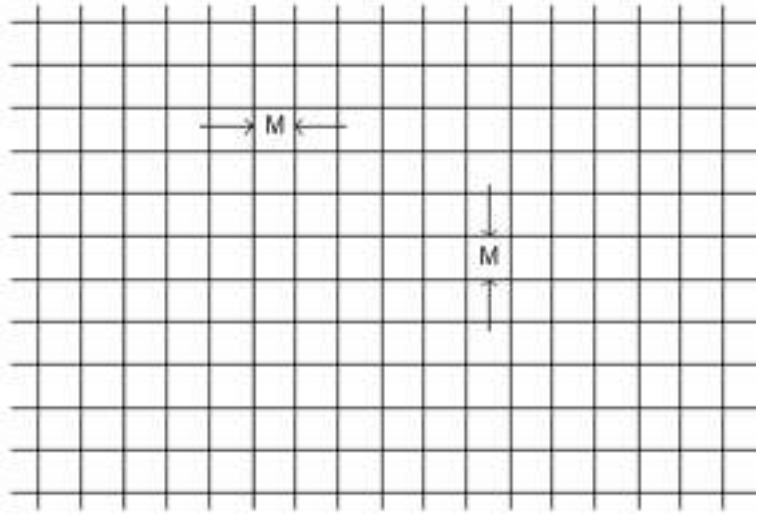
Fonte: Baldauf (2004, p.53)

Figura 12-Reticulado modular de referência



Fonte: Greven e Baldauf (2007, p.39)

Figura 13-Imagem da quadrícula plana para módulo M



Fonte: Adaptado Rosso (1976, apud Lacerda, 2005)

Para Rosso (1976, apud Lacerda, 2005), não é vital um sistema de referência com pontos, planos e linhas. Todavia, sua utilização simplifica a colocação dos componentes e a correlação das suas dimensões. O autor ainda diz que a NB 25R (1950) é clara a este cumprimento, mas, na aplicação, pode ser apropriado deixar o uso das quadrículas e retículas sem deixar os princípios da CM. Dessa forma, o reticulado espacial de referência é formado pelas linhas de cruzamento de um subsistema de planos apartados entre si por um comprimento equivalente ao módulo e paralelos a três planos perpendiculares dois a dois. A quadrícula modular de referência, para o autor, equivale à projeção perpendicular do retículo espacial de referência acima de um plano paralelo a um dos três planos perpendiculares.

5.3.1.2 Sistema Modular de Medidas

O sistema modular de medidas equivale ao alicerce que ficará assegurada a inter-relação, podendo ser aditiva (quando formada por partes pequenas), ou fatorável (quando pode ser subdividida).

O módulo é a unidade básica, admitindo-se o encargo de unidade de medida, incremento unitário e distância entre dois planos sucessivos no sistema, o que causa o retículo espacial modular de referência na CM. A Norma Brasileira, seguindo a maior parte das normas estrangeiras, utilizou 10 cm como medida básica para o módulo, de forma que a coordenação modular brasileira é a decimétrica. O incremento unitário é a diferença unitária entre duas dimensões homólogas de componentes com dimensões sucessivas, ou seja, numa série de

componentes do mesmo tipo, as medidas sucessivas variam de 10 cm (NOTICIÁRIO DA COORDENAÇÃO MODULAR, 1969, apud LACERDA, 2005).

O módulo básico é o espaço entre dois planos seguidos do sistema, originando o reticulado espacial modular de referência de acordo com NBR 5706 (1977), sendo essa distância 10 cm. A maior parte dos países adotam esta mesma medida modular. O Brasil adota desde 1950, a partir da publicação da NB-25R.

Para a AEP (1962), o módulo desempenha as seguintes funções: é o denominador comum de qualquer medida crucial; é o acréscimo unitário de quaisquer dimensões modulares de forma que a soma ou a diferença de duas dimensões modulares seja modular também; é um fator numérico, apresentado em unidades do sistema de medidas empregado ou é a razão de uma progressão.

5.3.1.2.1 Medida Modular

Segundo a NBR 5706 (1977), medida modular é correspondente a um módulo ou a um múltiplo inteiro do mesmo.

No subsistema modular de medidas, além do módulo, adota-se outras medidas unitárias, sempre múltiplos inteiros ou fracionados do módulo, sendo esse chamado de módulo-base. Este tem como símbolo universal o M (ROSSO, 1976, apud LACERDA, 2005). De acordo com ABNT NBR 5706 (1977) a medida modular é expresso pela fórmula:

$$\mathbf{mM = n.M} \qquad \text{(Fórmula 1)}$$

Onde:

mM é a medida modular

n é um número positivo inteiro qualquer

M é o módulo

5.3.1.2.2 Medida de Projeto

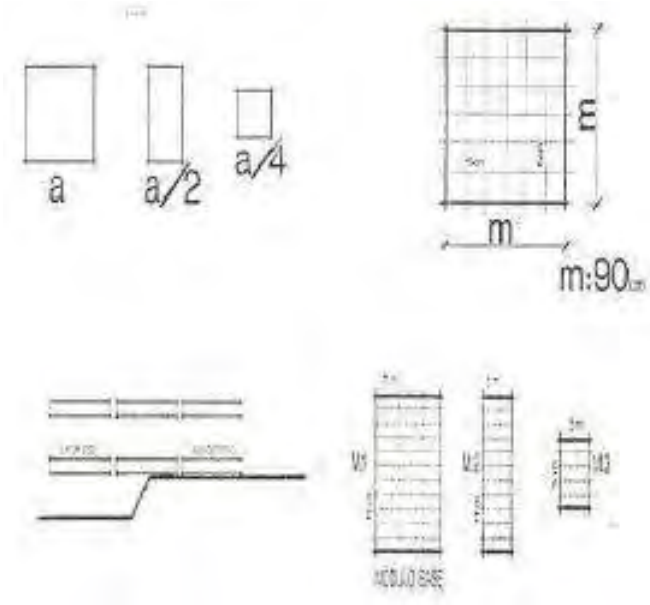
Para a ABNT 5706 (1977) a medida de projeto é a mesma que se define no projeto para quaisquer elementos da construção. Uma vez determinadas, deve-se levar em consideração as

juntas indispensáveis à adaptação ideal do componente no espaço que lhe é atribuído (BNH, 1976, apud LACERDA, 2005).

No que se refere aos módulos do projeto, os multi-módulos para medidas horizontais mais frequentes são 3M e 6M. As medidas de multi-módulos verticais mais usadas são 24M e 4M. Para a ABNT (1977), séries modulares são séries aritméticas de razão 2 e 3, graças ao multi módulos 2M e 3M.

Nem todos os elementos podem ser fabricados de acordo com as dimensões múltiplas do módulo, a exemplo, os inferiores ao módulo-base, como mostrado na Figura 14.

Figura 14-Imagem módulo-base



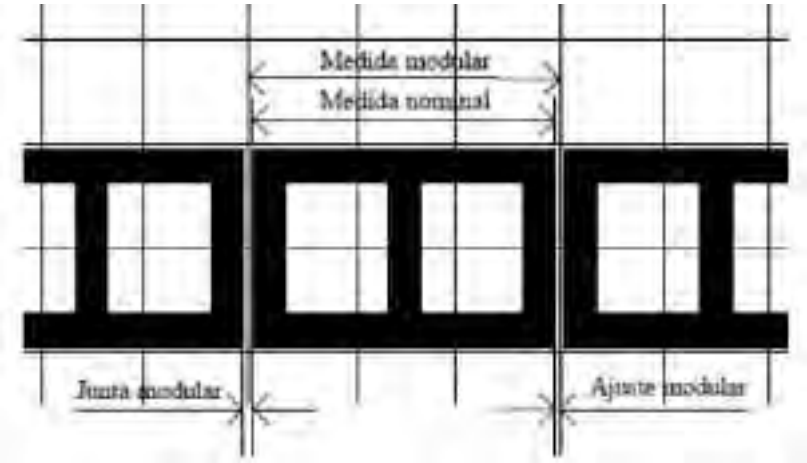
Fonte: Lacerda (2005, p.44)

5.3.1.3 Sistema de Ajustes Modulares

De acordo com a NBR 5706 (1977) o ajuste modular é a medida que correlaciona as medidas do projeto com as medidas modulares.

O terceiro princípio fundamental que alicerça a CM é o ajuste modular. Através dele é possível a união nacional dos componentes da construção civil, demonstrando a ligação dos componentes com o sistema de referência. O ajuste modular (aM) associa a medida do projeto (MP) a modular (nM) (BNH, 1976, apud Lacerda, 2005). A Figura 15 demonstra essa situação.

Figura 15-Imagem módulo-base



Fonte: Baldauf (2004, p.61)

O ajuste modular consegue ser nulo, negativo ou positivo. Ele será nulo quando houver coincidência com o espaço modular, em outras palavras, quando as dimensões modulares são equivalentes às do projeto. Negativo quando o espaço modular for menor que a medida do projeto e será positivo quando o espaço modular não estiver integralmente ocupado, ou seja, a medida modular é maior que a do projeto. Essas situações são demonstradas nas Figuras 16, 17 e 18.

Figura 16-Ajuste modular positivo[1]

Fonte: Greven e Baldauf (2007, p. 45)

[1] NOTA: mPcom é a medida de projeto do componente (GREVEN e BALDAUF,2007).

Figura 17-Ajuste modular negativo[1]

Fonte: Greven e Baldauf (2007, p. 45)

Figura 18-Ajuste modular nulo[1]

Fonte: Greven e Baldauf (2007, p. 46)

É necessário considerar a relevância das juntas na coordenação modular na construção. O módulo dimensional considerado na coordenação modular é a soma das dimensões da peça mais as juntas envolvidas. Elas são essenciais para atender às questões dimensionais e construtivas dos elementos da modulação, sendo primeiramente importante atender as questões construtivas e estruturais. Os componentes precisam ser presos à obra como um todo, dilatando quando preciso e vedando da mesma maneira. Para se obter uma melhor economia e aproveitamento das peças é necessário levar em conta o tamanho das juntas, de forma que o módulo deve se organizar em função da peça e juntas. Esses comprimentos são definidos por mínimos e máximos. Porém, essas dimensões perfeitas são fornecidas para o projeto, e na prática tem-se pequenos desvios que são absorvidos pelas juntas. Essa relação de desvio e junta é denominada de tolerância.

Importante destacar que de acordo com as condições peculiares de cada projeto pode ser apropriado a separação dos reticulados espaciais de referências por zonas não modulares como as juntas de dilatação ou união de blocos gerados (LACERDA, 2005).

5.3.2 Vantagens da Coordenação Modular

A CM consiste em um sistema geral com possibilidade de aplicação como base em todos os processos construtivos que vão desde a construção tradicional até os pré-fabricados. Ela também contribui para a redução dos custos e oferece uma rapidez maior na execução de obras, auxiliando de maneira categórica na diminuição do déficit habitacional brasileiro.

As construções tradicionais em sua grande maioria possuem seu valor operacional e construtivo levados a estados decisivos, de maneira que há carência de alterações de exigências funcionais e adaptação do usuário, assim isso só será superado com a sua derrubada e uma nova construção. Os processos que empregam pré-fabricados e CM se transformam em edifícios com uma capacidade maior de variação podendo até planificar as probabilidades de renovação.

Para Franco (1992, apud Lacerda, 2005) a racionalização construtiva pode ser mostrada por objetivos bastantes gerais como o crescimento da produtividade e redução da ocorrência de problemas patológicos. Mas esses objetivos podem englobar outros, como:

a) Redução do consumo de materiais, ou seja, diminuição do desperdício;
b) Diminuição do tempo de mão-de-obra utilizada, ou seja, diminuição do retrabalho;
c) Acréscimo à segurança, ou seja, redução do número de acidentes;
d) Melhora do desempenho e qualidade, ou seja, produto competitivo;
e) Uniformização do produto graças a especificações e detalhamentos dos projetos;
f) Organização para a aplicação de técnicas racionalizadas em fases seguintes, ou seja, gera condições para seguir a racionalização;
g) Otimização do nível de organização do trabalho, ou seja, há previsão consistente de custos e prazos;
h) Redução de problemas patológicos.

O Banco Nacional de Habitação (BNH) lista outras vantagens citadas por Lacerda (2005):

a) Descomplica a elaboração de projetos devido ao quadriculado modular de referência;

b) Simplifica a normalização dos elementos de construção levando em conta as juntas fundamentais e as tolerâncias de fabricas admissíveis;

c) Limita o número de formato de componentes da construção com a utilização de medidas preferidas das séries de medidas preferíveis;

d) Facilita o processo executivo da obra pela racionalização do traçado, da posição e montagem dos seus componentes;

e) Simplifica o entendimento e a cooperação da construção em âmbito nacional.

O bloco de concreto se adequa perfeitamente à teoria da CM. De acordo com Lacerda (2005), as vantagens da utilização do bloco de concreto na construção são: redução no índice de propagação de incêndio; redução nos gastos com ferros, madeira e concreto; melhoramento na acústica; melhoramento na resistência; maior qualidade; tamanhos constantes; textura uniforme; diminuição no índice de perda; maior produtividade e espessuras menores

5.4 Alvenaria

De acordo com Martins (2009):

> Alvenaria é o sistema construtivo de paredes e muros, ou obras semelhantes, executadas com pedras naturais, tijolos ou blocos unidos entre si com ou sem argamassa de ligação, em fiadas horizontais ou em camadas parecidas, que se repetem sobrepondo-se sobre as outras, formando um conjunto rígido e coeso.

Também se encontra a definição de alvenaria como sendo um conjunto de blocos artificiais ou componentes naturais, sucessivamente dispostos, unidos por uma argamassa ou não, fazendo um maciço que deve apresentar resistência, durabilidade e impenetrabilidade, ou grupo coeso e rígido, ajustado em obra, de tijolos ou blocos (unidades de alvenaria) ligados entre si por uma argamassa (POZZOBON; RIZZATTI, 1995).

Devido ao fato de o serviço de alvenaria já ter sido estudado exaustivamente, as empresas aplicam especificamente iniciativas de melhorias e inovações tecnológicas. A alvenaria possui vários índices para consumo de materiais e de mão-de-obra e refere-se a uma atividade com grande relevância na lista de precedências, levando muitas atividades dependentes, como instalações, forros, marcos e revestimentos.

A alvenaria é uma atividade de programação fácil e que comporta bem as iniciativas de racionalização, retratando suas melhorias nos serviços posteriores. Para Scardoelli, Silva e Formoso (1994) as inovações mais constantes vistas na fabricação de alvenaria dizem respeito a: organização no canteiro de obra; crescimento e integração de documentos de projeto; desenvolvimento de componentes e matérias para simplificar a racionalização de execução.

Mediante uma análise em canteiro de obras de 20 empresas construtoras do país, Pozzobo e Rizzati (1995), recomendam um rol de aperfeiçoamentos diretamente ligada com a com a alvenaria relativas ao projeto, a geometria da obra, a movimentação de materiais, a organização do local de trabalho e do próprio trabalho e da gerência, ao aperfeiçoamento cognitivo dos funcionários.

Pode-se classificar a alvenaria em grupos de acordo com a sua utilização e função, assim como a estrutura adotada para absorver esforços e cargas previamente definidas em projetos, ou apenas para vedação, separadas principalmente entre alvenaria autoportantes (estrutural) e alvenaria de vedação (convencional).

5.4.1 Alvenaria Convencional

A alvenaria convencional é constituída por lajes, vigas e pilares e os seus vãos podem ser preenchidos com blocos cerâmicos ou de concreto para vedação (Figuras 19,20 e 21). Nessa situação o peso da construção está distribuído, respectivamente, nas lajes, vigas, pilares e fundações, e, por isso, as paredes são conhecidas como não-portantes ou de vedação. Em outras palavras, essa parte estrutural foi dimensionada de modo a suportar os esforços solicitantes da edificação e as paredes possuem função de não suportar nenhuma carga além do seu peso próprio, conceito que necessita ser revisto pela ABNT NBR 15575 (2013), já que a mesma atribui às paredes a capacidade de suportar peças suspensas. É por isso que é possível rasgar a alvenaria sem comprometer a estabilidade da estrutura.

Na construção de elementos estruturais, como as vigas e os pilares, são utilizados aço estrutural e formas de madeira. Após a execução da alvenaria, é necessário rasgá-la para que seja possível embutir as instalações elétricas e hidráulicas, e só depois realizar o revestimento da mesma. Este último caracteriza-se pela utilização do chapisco, emboço (também conhecido como massa grossa), reboco (conhecido como massa fina) e pôr fim a pintura (POZZOBON; RIZZATI, 1995).

Figura 19-Imagem ilustrativa da alvenaria de vedação

Fonte: Adaptado de Martins (2009)

Figura 20-Construção de edifício utilizando alvenaria de vedação em bloco cerâmico

Fonte: Silva e Moreira (2017, p. 16)

Figura 21-Alvenaria de vedação em bloco de concreto

Fonte: Silva e Moreira (2017, p. 15)

Devido à possibilidade de mudanças e cortes (Figura 22), a alvenaria convencional é caracterizada pela baixa produtividade, pelo uso de um processo não racional, tendo um grande desperdício, utilizando-se de técnicas inadequadas e antigas para sua execução. Mesmo assim, na construção civil do Brasil, ela ainda é predominante. É comum as incompatibilizações na obra, como instalações cruzadas, utilização de argamassa para corrigir erros ou preencher vazios, que são resolvidas por pessoas não capacitadas para a realização das tarefas.

Figura 22-Cortes em alvenaria tradicional para passagem de dutos

Fonte: Silva e Moreira (2017, p. 17)

Dentre as características da alvenaria convencional, está a possibilidade de criação de projetos mais arrojados, como na criação de portas e janelas não padronizadas, capacidade de suporte de maiores vãos e a facilidade para futuras reformas (Figura 23)

Figura 23-Imagem ilustrativa da execução da parede de alvenaria

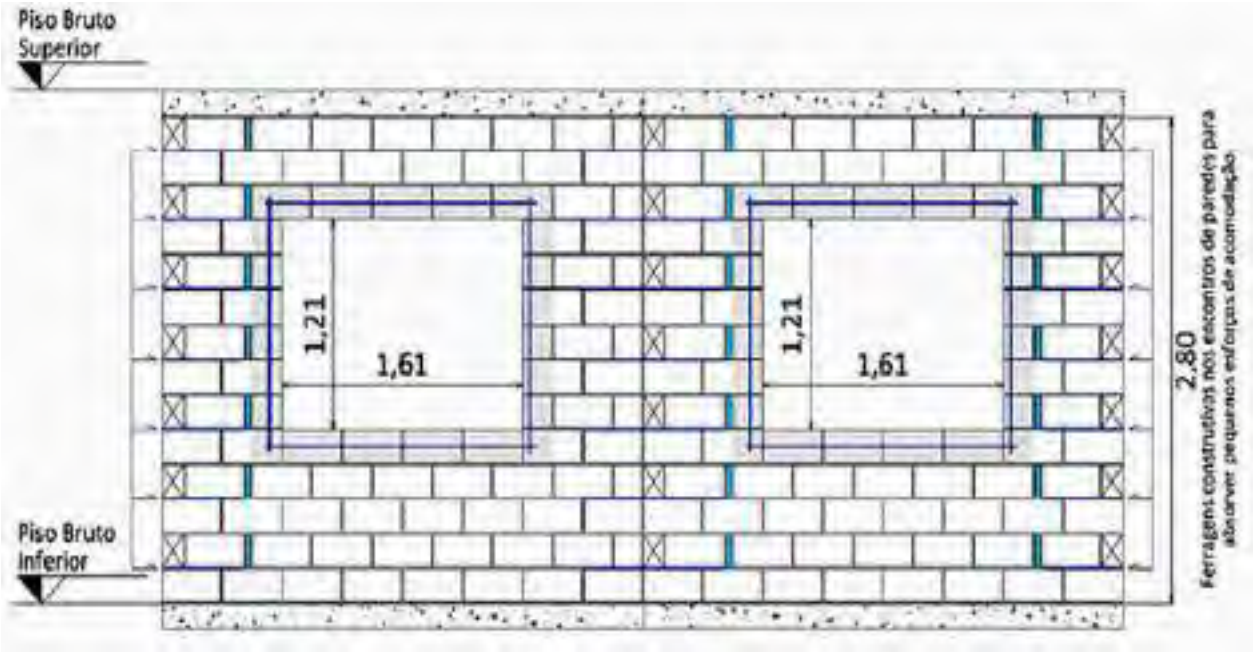
Fonte: Adaptado de Martins (2009)

5.4.2 Alvenaria Estrutural

Na alvenaria estrutural, as paredes são elementos estruturais, tendo que resistir aos esforços como os pilares e as vigas utilizados em obras de concreto armado, madeira ou aço. O projeto leva em consideração a distribuição de paredes de maneira que cada uma atue como um elemento estabilizador da outra. Esse processo construtivo é utilizado na construção de edifícios que se caracterizam por uma estrutura suporte de sistema tridimensional de elementos planos formados por paredes de alvenaria e lajes que são dimensionadas de acordo com os métodos racionais e de confiabilidade determinável. Deve-se dar atenção à armação e ao grauteamento dos blocos, quando houver. A Figura 24 mostra um exemplo de paginação de uma parede em alvenaria estrutural.

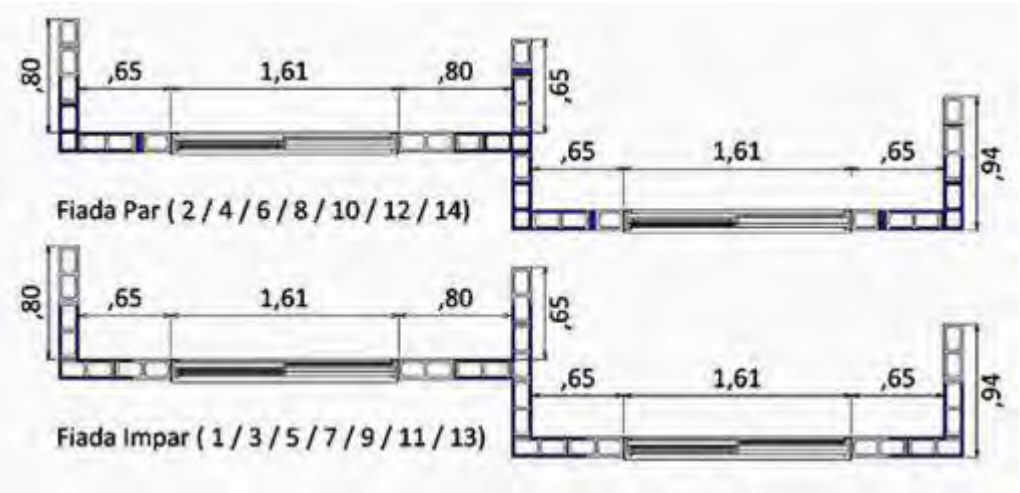
De acordo com Sabbatini (1989) os parâmetros fundamentais que devem ser analisados na execução das alvenarias são: Exatidão na locação das paredes; precisão no assentamento, nivelamento e prumo; regularidade no assentamento das unidades; preenchimento e regularidade das juntas de argamassas; coordenação na amarração dos blocos, e para que isso ocorra é necessário o detalhamento das duas primeiras fiadas de elevação de todas as paredes, a exemplo da Figura 25.

Figura 24-Exemplo de elevação da alvenaria estrutural



Fonte: Tauil e Nese (2010, p.20)

Figura 25-Fiadas par e ímpar de um projeto em alvenaria estrutural



Fonte: Tauil e Nese (2010, p.20)

A alvenaria estrutural deve apresentar as seguintes funções (KATO,2002):

a) Suportar às cargas verticais;
b) Suportar às cargas dos ventos;
c) Suportar aos impactos e cargas de ocupação;
d) Ter isolamento acústico e térmico dos ambientes;
e) Providenciar estanqueidade à água da chuva e do ar;
f) Ter um bom desempenho na ação do fogo.

Uma das primeiras características importantes da alvenaria estrutural, sob o ponto de vista da produção, é a redução do número de etapas e a pacotização. Essas se dão devido à chance de simplificar em uma única atividade, a elevação de alvenaria, as atividades de estrutura e vedação nos sistemas de construção tradicional e de concreto armado (KATO, 2002, p.9).

Dentre as características da alvenaria estrutural, tem-se (KATO, 2002):

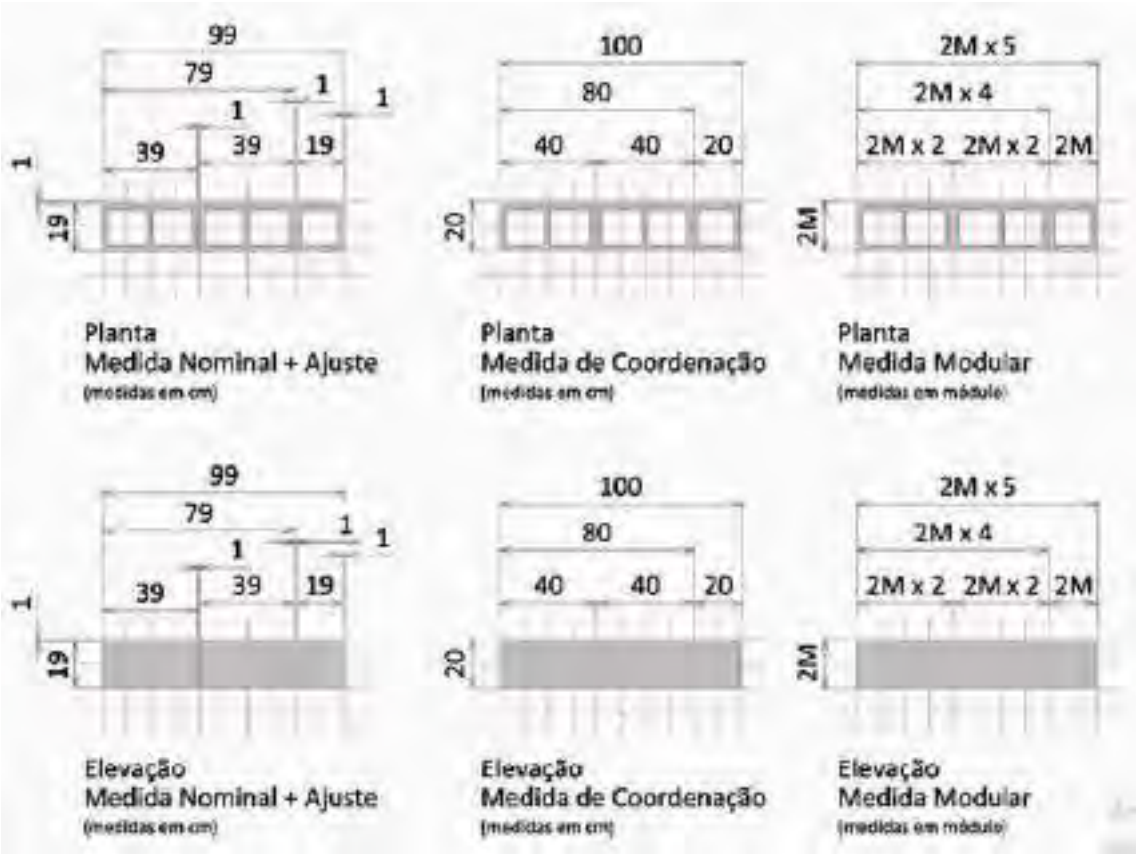
a) Modulação;
b) Paginação;
c) Racionalização.

5.4.2.1 Modulação

Através da CM, é possível relacionar as medidas do projeto com as medidas modulares, através de um retículo espacial modular de referência (ABCI, 1998, apud KATO, 2002)

A modulação é o alicerce do sistema de coordenação dimensional nas construções de alvenaria estrutural. O autor do projeto arquitetônico, desde a formação dos primeiros traços, deve trabalhar sobre uma malha modular, na qual as dimensões são fundadas no tipo de componente utilizado na alvenaria (KATO ,2002). A Figura 26 exemplifica a aplicação da modulação.

Figura 26-Exemplo de aplicação da modulação- horizontal e vertical



Fonte: Tauil e Nese (2010, p.25)

A facilidade de aplicação da CM na alvenaria estrutural é um dos motivos indispensáveis que fazem com que o processo se torne favorável à implantação de ações de racionalização. Para a alvenaria estrutural, a CM está fundada no componente bloco que forma todas as paredes estruturais (FRANCO, 1992, apud LACERDA, 2005).

Dentre os benefícios possibilitados pela utilização da CM, tem-se:

a) Descomplica as atividades de elaboração do projeto;
b) Uniformiza os materiais e componentes;
c) Permite a normalização, tipificação, substituição e composição entre os componentes uniformizados;
d) Reduz os transtornos de interface entre os componentes, elementos e subsistemas;
e) Simplifica no emprego de técnicas pré-definidas, facilitando o controle de produção;
f) Diminuição dos desperdícios com as adaptações;
g) Redução de erros da mão-de-obra, logo um aumento na qualidade e na produtividade

A CM facilita na utilização de elementos pré-fabricados, como portas, janelas, vergas, escadas e contravergas.

5.4.2.2 Paginação

A modulação das edificações em alvenaria estrutural não deve ocorrer apenas ao plano horizontal, devendo ser representada as particularidades de cada parede no plano vertical. Esta representação é chamada de paginação.

De acordo com Roman, Araújo e Mutti (1999), a paginação representa o detalhamento de cada parede, demonstrando as janelas, como as vergas e contravergas, instalações, etc. Desta forma, aparece uma característica marcante da alvenaria estrutural que é a transparência do processo. Esta é vista como a qualidade que esclarece a produção. Outro ponto sobre a transparência, é que, através da mesma, é possível haver maior participação dos operários, já que eles possuem mais familiaridade com o que estão fazendo, retirando assim o poder centralizador das mãos do mestre de obras.

5.4.2.3 Racionalização

Para Franco e Agopyan (1994), a potencialidade de racionalização da alvenaria estrutural se dá pela facilidade de absorver o sistema de CM e a padronização de seus processos.

A alvenaria estrutural possibilita uma racionalização total, desde a fase de projeto até os procedimentos de obra.

A racionalização é um procedimento dinâmico que faz com que seja possível a otimização dos recursos humanos, organizacionais, materiais, financeiros e tecnológicos, visando alcançar objetivos fixados nos planos de desenvolvimento de cada país conforme a realidade socioeconômica própria.

5.5 Concreto

Os materiais a serem inicialmente usados nas construções foram a madeira e a pedra natural. O ferro e aço só foram utilizados muitas décadas depois, uma vez que o concreto armado surgiu em 1850.

O concreto é determinado como duro, condensado, material de construção, fabricação de cimento, areia, pedra britada e água (BUENO, 2000). Para Mehta e Monteiro (2008), o concreto é um material composto que tem uma pasta aglomerante a qual se aglutinam partículas ou fragmentos agregados. No concreto de cimento hidráulico, o aglomerante é fabricado pela combinação de água e cimento hidráulico. O agregado é um material granular, como rocha britada, areia, pedregulho, pedrisco, escória de alto forno ou resíduos de demolição e de construção, o qual é incorporado no meio cimentício para fabricar concreto ou argamassa.

Para França (2004), o concreto é um material de construção formado por cimento, agregado miúdo, agregado graúdo, água e possivelmente por aditivos químicos e adições. Estes são aplicados com o objetivo de aperfeiçoar as características do concreto no estado fresco e endurecido.

O concreto de cimento Portland é o mais relevante material estrutural e de construção civil dos séculos XX e XXI. Segundo Amorim (2010), apesar de ser o mais recente dos materiais de construção de estruturas, pode ser encarado como uma das conquistas mais interessantes da história do progresso da humanidade e seu padrão de vida. “Os materiais cimentícios podem ser considerados como os materiais mais importantes de todas as épocas da civilização humana, porque possibilitou suprir as necessidades de edificações e obras de infraestruturas” (AMORIM, 2010, p.12).

De acordo com Martin (2005), o concreto é um dos materiais indispensáveis para a civilização humana. Dependendo dos componentes e das dosagens, é possível modificar as propriedades do concreto para atender as necessidades exigidas. É possível trabalhar sobre os tempos de pega, a densidade, a trabalhabilidade, as resistências mecânicas, a durabilidade e o acabamento (AMORIM,2010).

5.6 Orçamento

O orçamento é um instrumento de gerenciamento financeiro e estratégico, que quando utilizado nas empresas de construção civil, permite a indicação de fatores organizacionais, deixando-as estáveis no mercado de trabalho. Dessa forma, é necessário que o profissional da engenharia civil tenha claro a importância de orçar obras, identificando quais meios e métodos permitem a melhor utilização de fatores de produção nas construções (GIDO, 2007).

De acordo com Xavier (2008), orçamento define-se como um produto conhecido, o qual informa as partes implicadas, os valores para a efetuação de uma obra ou prestação de serviço, as circunstâncias essenciais para a realização e o prazo para o mesmo. O autor ainda cita que as obras se dividem em três fases: a primeira é o planejamento e o orçamento; a segunda é a contratação e programação de obras; a terceira é a operação e o controle de obra.

O projeto orçamentário pode ser realizado de várias maneiras, entretanto a técnica da orçamentação exige alguns itens, como (XAVIER, 2008):

a) Descrição correta, análise e valorização de uma série de itens, exigindo técnica e atenção.

Para Xavier (2008, p.7), "o objetivo principal de um bom gerenciamento é o de se obter o melhor desempenho e qualidade de obra, dentro do prazo determinado e custo estimado". Os custos totais do projeto são presumidos na fase inicial ou no momento que a carta ou proposta de obra é realizada, sendo calculado por uma estimativa, visto a possibilidade de ocorrer problemas na execução da obra, podendo ocasionar custos extras (GIDO, 2007).

Nas obras, no geral, é preciso entender como será realizado e executado o procedimento de elaboração dos orçamentos, de maneira que satisfaça às exigências mínimas (MADURA; GITMAN, 2003).

O Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (Sinapi) estabelece o orçamento de referência, como fundamento para a composição dos demais projetos orçamentários, tanto para obras públicas, como para as privadas, emitindo periodicamente as relações dos custos diretos e indiretos nas fases da construção, descrevendo através das resoluções a forma como deve ser feita as tarefas na obra.

O orçamento de referência é normatizado através do Decreto de lei de n° 7983 de 8 de abril de 2003, que possui o objetivo de estimar regras e critérios que deverão ser seguidos por órgão e entidades da administração federal para o procedimento de elaboração do orçamento de referência de obras e serviços de engenharia.

Na preparação do orçamento de uma obra qualquer, uma ferramenta importante a ser realizada anteriormente é o memorial descritivo. Esta é uma ferramenta descritiva na obra que caracteriza todos os materiais indispensáveis na execução do projeto (XAVIER, 2008). Tisaka (2011) destaca que o memorial descritivo é a descrição detalhada do orçamento na configuração escrita, mostrando as técnicas escolhidas e as explicações sobre a aplicação das mesmas e do entendimento do projeto.

Para Xavier (2008), a principal característica do memorial descritivo é a informação, pois é uma ferramenta de gestão indispensável, utilizada para evitar erros na execução de obras de engenharia civil. Havendo essa necessidade de descrever o que se sucede na obra, não pode faltar no memorial (XAVIER, 2008):

a) Dados e condição do local;
b) Instalação do canteiro de obras;
c) Demarcação da obra;
d) Serviços gerais e terraplanagem, fundação, superestrutura (lajes, vigas, pilares), paredes e painéis, esquadrias, vidros, cobertura, impermeabilizações, forros, instalações elétricas, instalações hidráulicas, revestimentos de paredes, pisos internos e externos, pintura e acabamentos especiais, serviços complementares finais

5.6.1 SINAPI

O Sinapi, Sistema Nacional de Pesquisa e Custos e Índices da Construção Civil, foi instituído pelo BNH, em 1969, com o intuito de guardar e atualizar informações a respeito da construção civil e seus índices, com uma abrangência nacional. Na época, os meios acessíveis

para estabelecer os custos de construção eram calculados pelos sindicatos estaduais, aplicando a antiga ABNT NB-140, nova ABNT NBR 12721(2007), e o índice de custos da Construção Civil da Fundação Getúlio Vargas- FGV.

De acordo com o Art. 112° da Lei n° 12.017, de 12 de agosto de 2009, a Lei de Diretrizes Orçamentárias (LDO):

> Art. 112. O custo global de obras e serviços contratados e executados com recursos dos orçamentos da União será obtido a partir de custos unitários de insumos ou serviços menores ou iguais à mediana de seus correspondentes no Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil – SINAPI, mantido e divulgado, na internet, pela Caixa Econômica Federal, e, no caso de obras e serviços rodoviários, à tabela do Sistema de Custos de Obras Rodoviárias – SICRO.

Esta lei colocou o Sinapi no grau mais elevado das atenções no contexto de obras públicas de todo o país. Desta forma, nenhuma obra pública é aprovada se não estiver utilizando o Sinapi como base.

Com o passar do tempo, o Sinapi disponibilizou custos de serviços para obras de engenharia para todos os estados do Brasil. A arrecadação de preços é feita mensalmente e nacionalmente pelo IBGE para o extenso banco de insumos da construção civil do sistema, materiais, mão de obra e equipamentos. Após coletados, os dados recebem um tratamento estatístico da Caixa Econômica Federal (CEF). Esta permite que instituições conveniadas cadastrem suas composições no Sinapi utilizando os preços coletados pelo IBGE. Assim, o sistema permanece em frequente atualização. Estas composições são estudadas por instituições de ensino superior que fiscalizam sua pertinência.

Em 1986, o Sinapi foi escolhido pela Caixa como instrumento corporativo para o acompanhamento do mercado da construção civil e subsídio técnico para as observações de empreendimentos habitacionais oferecidos para financiamento. Ele possui como tripé essencial, os elementos (BARZELLAY; LONGO,2011, p.7):

a) Composições de custos unitários de serviços proveniente de instituições públicas;
b) Preços de insumos arrecadados pelo IBGE;
c) Projetos, composições e insumos aferidos por centros de excelência

Figura 27-Estrutura do Sinapi

Fonte: Barzellay e Longo (2011, p.6)

De acordo com a CBIC, pode-se encontrar algumas distorções no sistema do Sinapi, como designação incompatível de premissas, falha no coeficiente de consumo, não utilização de dados de praxe no mercado e falta de premissas técnicas elementos (BARZELLAY; LONGO,2011).

Com base em tudo que foi discutido, observa-se que a CM possui muitas vantagens, como a redução dos custos, maior rapidez na execução de obras e ferramenta essencial para industrialização da construção civil, porém a base de estudo é fundamentada em pesquisas antigas, mostrando uma lacuna na bibliografia nacional sobre o tema. Isso evidencia a necessidade de mais pesquisas significativas.

6 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa consistiu em um estudo comparativo entre orçamentos na cidade de Palmas-TO. O levantamento de custos dos insumos foi feito tendo como referência o Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) com os preços atualizados para o estado do Tocantins para o mês de março do ano de 2021. Os preços para os insumos consideraram os custos com os Encargos Sociais Não Desonerado.

Foram comparados dois orçamentos realizados para o mesmo projeto de uma residência unifamiliar em duas situações distintas, entretanto, ambas adaptadas à Coordenação Modular para os serviços de alvenaria e revestimentos de piso e paredes. Na primeira situação considerada, a residência foi de alvenaria convencional, com concreto fabricado in loco, enquanto que na segunda situação, a residência foi em alvenaria estrutural. Foram realizados orçamentos para os serviços de vedação, revestimentos e supra estrutura. Os serviços selecionados foram escolhidos devido a facilidade de se aplicar a CM aos mesmos e também pela contribuição que oferecem nos custos finais de uma obra residencial unifamiliar.

Por fim foi dada ênfase nos benefícios da utilização de métodos construtivos com a utilização da CM, ferramenta essencial para a industrialização da construção civil, gerando assim um produto final com maior qualidade, que podem ser aplicados não apenas em obras em série, mas também em obras únicas de médio ou baixo padrão.

6 .1 Tipo de pesquisa

Essa pesquisa se caracteriza por ser do tipo descritiva. De acordo com TRIVIÑOS (1987) a pesquisa descritiva exige do investigador uma série de informações sobre o que se deseja pesquisar. São exemplos de pesquisa descritiva: estudos de caso, análise documental, pesquisa ex-post- facto.

Através deste estudo descritivo, foram levantadas ações realizadas de forma favorável à implantação da CM no Brasil, mais especificamente na cidade de Palmas em residências de padrão normal e baixo.

A partir dos aspectos pesquisados e posteriormente analisados, foram determinadas algumas sugestões que poderão ser utilizadas no Brasil como forma de ajudar na implementação da CM.

6 .2 Delineamento

Para um melhor entendimento da pesquisa ela foi dividida em algumas etapas:

a) Escolha de um projeto de uma residência unifamiliar tipo sobrado de padrão normal-baixo;

b) Adaptação da arquitetura do projeto à CM;

c) Elaboração de um projeto estrutural em concreto armado, adaptado à CM;

d) Elaboração e detalhamento de um orçamento convencional para o projeto em estudo, considerando a utilização de concreto moldado in loco. O orçamento foi referente apenas aos serviços de alvenaria, superestrutura, revestimentos e pisos e paredes. Nessa etapa do estudo, de caráter descritivo, tem-se como maior fonte de informação a pesquisa documental sobre a coordenação modular e pesquisa do projeto e documentos em estudo do qual será realizado o orçamento convencional (base: Sinapi);

e) Elaboração de outro projeto estrutural em alvenaria, adaptado à CM, com utilização de bloco de concreto;

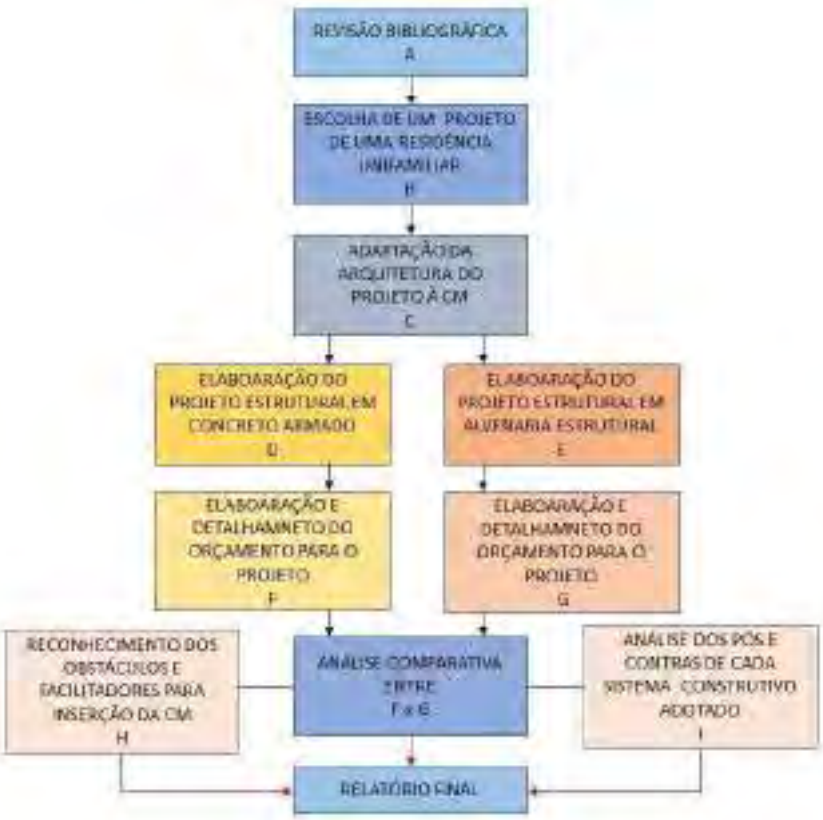
f) Elaboração e descrição de uma proposta de orçamento para o projeto em alvenaria estrutural dos serviços de alvenaria, supra estrutura e revestimentos de paredes e pisos do projeto. Nessa etapa do estudo, de caráter descritivo, tem-se como maior fonte de informação a pesquisa documental sobre a CM e pesquisa do projeto e documentos em estudo do qual seria realizado o orçamento (base: Sinapi);

g) Análise comparativa entre os dois orçamentos, identificando as diferenças ocorridas em relação aos custos e materiais utilizados;

h) Relatório final com todas as observações realizadas durante a realização da pesquisa.

A figura 28 mostra um fluxograma das etapas de forma simplificada.

Figura 28-Fluxograma simplificado das etapas



Fonte: Autor (2020)

6 .3 Desenvolvimento da pesquisa

O desenvolvimento da pesquisa ocorreu fundamentalmente através de pesquisa bibliográfica, feita a partir da leitura de obras as quais foi possível utilizar informações relacionadas ao problema da pesquisa. As obras pesquisadas foram: livros, periódicos, dissertações, teses, artigos, leis e outros documentos relacionados ao tema. Essas obras foram selecionadas formando uma revisão bibliográfica sobre o tema, no que expõe:

a) A origem e a evolução histórica da CM;

b) À fundação teórica dos seus princípios básicos;

c) Estudo de ações já praticadas no Brasil da CM em prol da sua implantação;

d) Análise de estudos parecidos com a situação problema do trabalho, bem como dos elementos que o envolvem.

6 .4 Descrição do objeto de estudo

O estudo em questão utilizou as plantas representadas no Apêndice A, antes da adaptação à CM. As plantas após a adaptação à CM encontram-se no Apêndice B. O projeto arquitetônico é referente a uma residência unifamiliar tipo sobrado de padrão normal-baixa, classificada assim segundo a ABNT NBR 12721 (2005), e pelas características dos revestimentos que serão considerados.

A área do pavimento térreo é de 96,22m² e do pavimento superior é 62,47m², totalizando em uma área construída de 158,69m² antes da adaptação à CM. Após a adaptação à CM, as áreas passam a ser 103,88 m² para o pavimento térreo, 93,88m² para o pavimento superior, totalizando em 197,76 m². A residência é composta por 2 quartos, 2 banheiros, 1 suíte, uma cozinha, uma sala de estar e uma sala de tv e uma vaga de garagem. A autora do projeto é a mesma do estudo em pauta.

Os projetos estruturais encontram-se nos Apêndices C e D, relativos aos de alvenaria estrutural e de concreto armado respectivamente. As paginações do projeto em alvenaria estrutural também se encontram nos Apêndices.

6 .5 Limitações

Este estudo pode apresentar algumas limitações, sendo elas:

a) Limitar-se a análise teórica entre orçamentos;

b) Materiais escasso que se adaptem a utilização da CM na cidade de Palmas;

c) Bibliografia antiga;

d) Dificuldade de realizar o trabalho completo aplicando o conceito da CM em todos os serviços, e por isso o mesmo limitou-se aos serviços de alvenaria, supra estrutura e revestimentos de pisos e paredes.

7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A seguir estão detalhados os orçamentos dos serviços básicos que formam o objeto de estudo, em quadros. Nos Quadros 1 e 2, pode-se observar a composição da superestrutura do sobrado em concreto armado e em alvenaria estrutural, respectivamente. Suas composições podem ser vistas nos Apêndices em forma de relatórios, sendo: Apêndice E- Composição da superestrutura e vedação do sobrado em concreto armado; Apêndice F- Composição da superestrutura de alvenaria estrutural; Apêndice G- Composição do revestimento; Apêndice H- Composição da pintura; Apêndice I- Composição das esquadrias.

Quadro 1- Orçamento do sobrado em concreto armado

RELATÓRIO – ORÇAMENTO DO SOBRADO EM CONCRETO ARMADO / PALMAS				**MARÇO / 2021**	
ITEM	**DESCRIÇÃO**	**UN**	**QTI**	**CUSTO UN**	**CUSTO TOTAL**
1	**SUPERESTRUTURA**				
1.1	**CONCRETO**	m³	27,74	404,74	11.227,58
1.2	**FÔRMAS**	m²			-
1.2.1	FABRICAÇÃO DE FÔRMA PARA VIGAS, E = 17 MM	m²	116,75	88,73	10.359,61
1.2.2	FABRICAÇÃO DE FÔRMA PARA ESCADAS, E=18 MM.	m²	16,41	126,42	2.074,50
1.2.3	FABRICAÇÃO DE FÔRMA PARA PILARES, E = 17 MM	m²	5,4	126,14	681,16
1.3	**ARMADURAS**	kg			
1.3.1	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA, 6,3 MM	kg	13,6	15,18	206,50
1.3.2	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA, 8,0 MM	kg	341,58	14,69	5.017,15
1.3.3	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA, 10,0 MM	kg	663,24	13,35	8.851,98
1.3.4	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA, 12,50 MM	kg	159,6	11,36	1.812,68
1.3.5	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA, 16 MM	kg	93,5	10,98	1.026,87
1.3.6	LAJE PRÉ-MOLDADA	m²	149,14	148,34	22.123,42
1.3.7	ESCADA EM CONCRETO ARMADO	m³	0,72	3.616,30	2.603,74
1.4	ALVENARIA DE VEDAÇÃO, 14X19X39CM	m²	302,5	78,80	23.837,96
2	**REVESTIMENTO**				
2.1	MASSA ÚNICA EM ARGAMASSA	m²	467,98	28,57	13.368,43
2.2	REVESTIMENTO CERÂMICO PARA PAREDES INTERNAS	m²	82,13	41,40	3.400,00
2.3	REVESTIMENTO CERÂMICO PARA PISO,> 10 M2	m²	110,37	41,40	4.569,08
2.4	REVESTIMENTO CERÂMICO PARA PISO, 5 M2- 10 M2	m²	30,31	28,97	877,99
2.5	REVESTIMENTO CERÂMICO PARA PISO, < 5 M2	m²	6,48	33,50	217,06
2.6	RODAPÉ CERÂMICO, 35X35CM	m²	161,90	42,79	6.927,93
2.7	CONTRAPISO EM ARGAMASSA TRAÇO 1:4	m²	147,16	5,05	743,23

3	**ESQUADRIAS**				
3.1	BATENTE PARA PORTA DE MADEIRA	un	8,00	249,79	1.998,30
3.2	PORTA DE MADEIRA, 60X210CM	un	3,00	236,88	710,65
3.3	PORTA DE MADEIRA, 80X210CM	un	5,00	260,47	1.302,33
4	**PINTURA**				
4.1	APLICAÇÃO E LIXAMENTO DE MASSA LÁTEX	m²	467,98	9,31	4.357,63
4.2	APLICAÇÃO DE PINTURA COM TINTA LÁTEX ACRÍLICA	m²	191,74	13,10	2.512,51
4.3	APLICAÇÃO DE PINTURA COM TINTA LÁTEX PVA	m²	276,24	11,48	3.170,10
TOTAL DOS MATERIAIS / SERVIÇOS SEM B.D.I.					**R$ 133.978,36**

Fonte: Autor (2021).

Quadro 2- Orçamento do sobrado em alvenaria estrutural

RELATÓRIO - ORÇAMENTO DO SOBRADO EM ALVENARIA ESTRUTURAL / PALMAS				**MARÇO / 2021**	
ITEM	**DESCRIÇÃO**	**UN**	**QTD**	**CUSTO UN**	**CUSTO TOTAL**
1	**SUPERESTRUTURA**				
1.1	**ALVENARIA ESTRUTURAL 19 X 19 X 39 CM**	m²	302,5	87,22	26.383,60
1.2	**BLOCOS**				
1.2.1	BLOCO DE CONCRETO ESTRUTURAL 19 X 19 X 59 CM	un	277	8	2.216,00
1.2.2	BLOCO DE CONCRETO ESTRUTURAL 19 X 19 X 19 CM	un	83	2,99	248,17
1.3	**GRAUTEAMENTO**				
1.3.1	GRAUTEAMENTO VERTICAL EM ALVENARIA ESTRUTURAL	m³	9,32	715,79	6.671,21
1.3.2	GRAUTEAMENTO DE CINTA SUPERIOR OU DE VERGA	m³	1,34	689,32	923,69
1.3.3	GRAUTEAMENTO DE CINTA INTERM.OU CONTRAVERGA	m³	3,82	612,29	2.338,95
1.4	**ARMAÇÃO**				
1.4.1	ARMAÇÃO VERTICAL, 10,0 MM	kg	320,84	12,15	3.896,88
1.4.2	ARMAÇÃO DE VERGA E CONTRAVERGA, 10,0 MM	kg	104,4	13,21	1.378,86
1.4.3	ARMAÇÃO DE CINTA, 10,0 MM	kg	170,46	11,73	1.999,80
1.5	**LAJE**				
1.5.1	LAJE PRÉ-MOLDADA	m²	149,14	148,34	22.123,42
1.6	**ESCADA**				
1.6.1	ESCADA EM CONCRETO ARMADO	m²	0,72	3.616,30	2.603,74
2	**REVESTIMENTO**				
2.1	MASSA ÚNICA EM ARGAMASSA	m²	467,98	28,57	13.368,43
2.2	REVESTIMENTO CERÂMICO PARA PAREDES INTERNAS	m²	82,13	41,40	3.400,00
2.3	REVESTIMENTO CERÂMICO PARA PISO,> 10 M2	m²	110,37	41,40	4.569,08

2.4	REVESTIMENTO CERÂMICO PARA PISO, 5 M2-10 M2	m²	30,31	28,97	877,99
2.5	REVESTIMENTO CERÂMICO PARA PISO, < 5 M2	m²	6,48	33,50	217,06
2.6	RODAPÉ CERÂMICO, 35X35CM	m²	161,90	42,79	6.927,93
2.7	CONTRAPISO EM ARGAMASSA TRAÇO 1:4	m²	147,16	5,05	743,23
3	**PINTURA**				
3.1	APLICAÇÃO E LIXAMENTO DE MASSA LÁTEX	m²	467,98	9,31	4.357,63
3.2	APLICAÇÃO DE PINTURA COM TINTA LÁTEX ACRÍLICA	m²	191,74	13,10	2.512,51
3.3	APLICAÇÃO DE PINTURA COM TINTA LÁTEX PVA	m²	276,24	11,48	3.170,10
4	**ESQUADRIAS**				
4.1	BATENTE PARA PORTA DE MADEIRA, PADRÃO MÉDIO - FORNECIMENTO E MONTAGEM	UN	8,00	249,79	1.998,32
4.2	PORTA DE MADEIRA , 60X210CM	UN	3,00	236,88	710,64
4.3	PORTA DE MADEIRA, 80X210CM	UN	5,00	260,47	1.302,35
TOTAL DOS MATERIAIS / SERVIÇOS SEM B.D.I.					**R$ 114.939,59**

Fonte: Autor (2021).

Os orçamentos foram realizados com base na tabela Sinapi e foi necessário pesquisa no mercado local pois não foi possível encontrar o bloco estrutural utilizado na tabela. Pôde-se observar que as dimensões do bloco de concreto estrutural abordado neste trabalho não são muito usuais no mercado, sendo que o bloco de 19x19x59 cm tem que ser feito sobre encomenda. Por isso o preço dos blocos utilizados é mais elevado.

Em relação aos orçamentos, pode-se observar nos Quadros 1 e 2 que o custo da superestrutura de concreto armado com o serviço vedação do sobrado foi de R$ 89.823,13, enquanto que o custo da superestrutura/vedação da alvenaria estrutural foi de R$ 70.784,31, dando uma diferença de R$ 19.038,82. Nesse item o concreto armado é 21,20% mais caro que a alvenaria estrutural. No que diz respeito às composições das superestruturas, verifica-se que ambos os orçamentos possuem em comum dois grupos de composição, sendo a laje e a escada em concreto armado. O preço de suas composições por metro quadrado são, respectivamente, R$ 148,34 e R$ 3.616,30.

Pode-se observar também nos Quadros 1 e 2, na etapa de superestrutura, que foi utilizado só um tipo de aço no projeto em alvenaria estrutural, sendo o aço CA de 10 mm em uma quantidade de 595,7 kg, enquanto que no projeto de concreto armado foi utilizado uma quantidade de aço significativamente maior: 13,6 kg do aço CA de 6,3 mm; 341,58 kg do aço CA de 8,0 mm; 663,24 kg do aço CA de 10,0 mm; 159,6 kg do aço CA de 12,5 mm e 93,5 mm

do aço CA de 16 mm. Em relação à quantidade de concreto, no projeto em concreto armado foi utilizado 27,74 m³, e o graute na alvenaria estrutural foi de 14,48 m³. Em relação aos blocos, na alvenaria estrutural foram utilizados: 83 blocos de 19x19x19 cm; 2.623 blocos de 19x19x39 cm e 277 blocos de 19x19x59 cm. No concreto armado foram utilizados 4.083 blocos de concreto de vedação de 14x19x39 cm. O valor total de gastos com blocos na alvenaria estrutural foi de R$ 12.798,79, e no concreto armado foi de R$ 11.677,38, dando uma diferença de R$ 1.121,41 a mais para a alvenaria estrutural, sendo esta 8,76 % mais cara nesse quesito que o concreto.

Verifica-se no Apêndice F, Composição da superestrutura do sobrado em alvenaria estrutural, a presença apenas do pedreiro e do servente nas composições dos serviços de alvenaria estrutural, grauteamentos e armações, sendo o preço unitário por hora trabalhada de R$ 19,87 e R$ 15,35 respectivamente, com exceção no serviço de alvenaria que o servente custa R$ 15,36. Já no Apêndice E, Composição da superestrutura do sobrado em concreto armado com vedação, nota-se a presença do operador de betoneira e servente na composição do concreto, carpinteiro e auxiliar de carpinteiro nas composições das fôrmas, armador e ajudante de armador nas composições da armação e por último pedreiro e servente na composição de alvenaria de vedação. Seus preços unitários por hora trabalhada são: R$ 15,91 para o operador de betoneira; R$ 15,36 para o servente; R$ 19,66 para o carpinteiro; R$ 16,40 para o auxiliar de carpinteiro; R$ 19,76 para o armador; R$ 15,09 para o ajudante de armador e R$ 19,87 para o pedreiro. Em relação aos serviços colocados, o concreto armado demanda uma variedade de mão-de-obra maior, gerando mais empregos se visto por uma ótica mais otimista.

Pode-se notar que as composições dos Apêndices G, H e I são as mesmas para as duas situações. No Apêndice G, Composição do revestimento, tem-se nos serviços de massa única e de contrapiso a presença do pedreiro e do servente como mão-de-obra e nos serviços de revestimentos cerâmicos tem-se o azulejista ou ladrilhista com preço unitário por hora trabalhada de R$ 19,80, e o servente. Pela tabela Sinapi não foi possível encontrar um revestimento cerâmico para piso com dimensões favoráveis a CM, ainda mais que fosse de padrão popular, optando-se então pela única opção disponível, já que a obra é de padrão média baixa. Foi escolhido um revestimento cerâmico para piso de dimensões de 35x35 cm.

Nos Quadros 1 e 2, observa-se que o valor da etapa do revestimento é de R$ 30.103,71, da etapa da pintura é de R$ 10.040,23 e das esquadrias é de R$ 4.011,28. A mão-de-obra presente na pintura é o pintor com preço unitário por hora trabalhada de R$ 22,90, e o servente.

Também não houve mudança no BDI, o qual pode ser verificado no Quadro 3. Por esse motivo o mesmo foi desconsiderado dos orçamentos.

Quadro 3- Composição do BDI

Relatório - Composição do BDI			
Palmas			
Item	**Descrição**		
1	Administração central	3,00%	A
2	Custo financeiro	1,30%	B
3	Seguros	1,00%	C
4	Lucro	10,00%	D
5	Tributos sobre receitas	8,65%	E
5.1	ISS	5,00%	
5.2	COFINS	3,00%	
5.3	PIS	0,65%	
BDI			26,80%

Fonte: Autor (2021).

O valor total do orçamento do Quadro 1 é de R$ 133.978,36, e do Quadro 2 R$ 114.939,59, dando uma diferença de R$ 19.038,77 a mais para o concreto, sendo este 14,21% mais caro. Porém, vale a pena lembrar que não foi levado em conta a fundação do projeto, o que seria o mesmo que considerar a mesma para as duas situações, que caso fosse considerada poderia diminuir essa diferença de valores. Mas dada as circunstâncias, diante das análises feitas, o projeto em concreto armado foi um pouco mais caro que o de alvenaria estrutural.

Apesar do custo do orçamento do sobrado em concreto armado em relação ao de alvenaria estrutural não diferir expressivamente. Na prática, entretanto, a execução da alvenaria estrutural é bem mais rápida que a do concreto armado, por não haver necessidade de fôrmas.

Em relação aos materiais, percebeu-se uma quantidade e variedade de aço maior para o projeto em concreto armado, e uma variedade de blocos maior para o projeto de alvenaria estrutural, recordando que a família do bloco escolhido, por não ser tão usual, tem o preço mais elevado e o bloco de três furos deve ser feito sob encomenda. Dessa forma, o gasto com os blocos na alvenaria estrutural foi maior. Observou-se também que no concreto armado existe uma variedade maior de mão-de-obra e apesar do preço unitário por hora trabalhada do pedreiro ser uma só na planilha, sabe-se que na prática a alvenaria estrutural necessita de uma mão-de-obra mais qualificada. A utilização da CM facilitou quantificar os quantitativos dos projetos.

Em relação aos projetos, não houve uma dificuldade significativa na utilização da CM em suas concepções, mas vale ressaltar que no caso da alvenaria estrutural, devido à presença de 3 blocos com dimensões distintas, exige-se uma certa atenção quanto a modulação e a paginação. Os blocos devem ser dispostos de forma que seja respeitada a armação entre as paredes. No que tange a isso, o projeto de concreto armado é mais simples.

Na planilha Sinapi não foram encontrados revestimentos cerâmicos que atendessem a CM e nem no mercado local, sendo esse ponto um obstáculo para CM. O bloco da família 14 que também atende a CM, com dimensões de 14x19x39 cm, foi encontrado no mercado e na planilha Sinapi, assim como o bloco considerado no projeto. Porém, no mercado, o de três furos não foi encontrado, sendo necessária encomenda prévia. Também não foi encontrado na planilha Sinapi o bloco estrutural de 1 furo, 19x19x19 cm; seu valor é cotado pelo preço de mercado.

Percebe-se que em ambas as situações foi possível aplicar a CM, sendo a limitação comum para os serviços analisados o revestimento cerâmico e as esquadrias, que não atenderam a CM. A redução dos resíduos é um dos benefícios da CM, porém, como a análise foi teórica e não prática, não foi possível avaliar este item. Mas sabe-se que na prática o concreto armado gera mais resíduos, pois é necessário rasgar os blocos para fazer as instalações.

8 CONCLUSÃO

Conclui-se com base na revisão da literatura que mais trabalhos e pesquisas são necessários em relação ao tema, pois não foi possível identificar uma publicação significativa a partir da década de 80 até o ano de 2000. Apenas sete publicações podem ser consideradas importantes entre os anos de 2000 e 2010, não havendo mais nenhuma após este último ano. No entanto, isso não invalida os benefícios da CM que já foram demonstrados.

Pode-se concluir, a partir da simulação que na cidade de Palmas a alvenaria estrutural possui vantagem econômica no preço final sobre o concreto armado em 14,21%. Em relação ao uso de matérias, o concreto armado demandou mais aço e concreto que a alvenaria estrutural. Porém, em relação aos blocos, a alvenaria estrutural demandou uma variedade de blocos maior. Os blocos utilizados na alvenaria estrutural foram da família 19, não sendo estes tão usuais; por isso, o preço foi mais elevado. Uma outra opção poderia ter sido os blocos estruturais da família 14, pois esses são fáceis de se encontrar no mercado a preço menor.

Os obstáculos encontrados à implantação da CM na cidade de Palmas não diferem daqueles encontrados no resto do Brasil; são eles: pequena quantidade de materiais com dimensões propícias (falta de padronização dos materiais) e falta de ação governamental, a partir de políticas que impulsionam o desenvolvimento tecnológico, que tragam regulação, e que estimulem a inovação e a pesquisa. Necessita-se também de ampliação de aplicação de recursos públicos para a devida implementação da CM. Na pesquisa realizada no mercado local, não foi possível achar nenhum revestimento cerâmico que atendesse à CM.

9 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5706**: Coordenação Modular da construção: procedimento. Rio de Janeiro, 1977.

_____**NBR 12721**: Avaliação de custos de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edilícios-Procedimento. Rio de Janeiro, 2007.

_____**NBR 15575**: Desempenho de edificações habitacionais. Rio de Janeiro, 2013.

ABCI - Associação Brasileira de Construção Industrial. **Manual Técnico de Alvenaria**. Edição. São Paulo: ed. Projeto Editores Associados Ltda., 1998. 275p.

AMORIM, A**. Durabilidade das estruturas de concreto armado aparentes.** Anderson, 2010. p. 74. Monografia (Graduação em Engenharia civil) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. [Orientador: Prof. José Eduardo de Aguiar]. Disponível < https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUOS-9A4GDM/1/durabilidade_das_estruturas_de_concreto_armado_aparentes.pdf >. Acesso em: 11 de julho.2021.

BALDAUF, S.F. **Contribuição à implementação da coordenação modular da construção no Brasil**. Alexandra, 2004. 148 p. DISSERTAÇÃO (Pós- Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2004. [Orientador: Prof. Hélio Galvão Greven]. Disponível em:< https://lume.ufrgs.br/handle/10183/4885 >. Acesso em: 23 novembro.2018.

BRAGA, Roberto. **Fundamentos e Técnicas de Administração Financeira.** São Paulo:Atlas, 1995.

BRASIL, Caixa Econômica Federal**. Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil - SINAPI**. Disponível em:< http://www.cef.com.br>. Acesso em: 23 fevereiro.2019

BRASIL. Decreto nº 7983, de 8 de abril de 2013. **Estabelece Regras e Critérios Para Elaboração do Orçamento de Referência de Obras e Serviços de Engenharia, Contratados e Executados Com Recursos dos Orçamentos da União, e Dá Outras Providências**. Brasília. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2013/Decreto/D7983.htm>. Acesso em: 23 novembro.2018.

CBIC. Câmara brasileira da indústria da construção. **A produtividade da construção civil brasileira.** Disponível em: <http://www.cbicdados.com.br/media/anexos/066.pdf>. Acesso em: 23 de abril.2019.

CHING, F. D. K. **Arquitectura: forma, espacio y orden.** México: GG, 1998. Análise comparativa do custo de uma casa unifamiliar nos sistemas construtivos de alvenaria madeira de lei e Wood Frame. **Revista Especialize**, Florianópolis, n°4, 2002. Disponível em : < https://www.ipog.edu.br/revista-especialize-online/edicao-n4-2012/analise-comparativa-do-custo-de-uma-casa-unifamiliar-nos-sistemas-construtivos-de-alvenaria-madeira-de-lei-e-wood-frame/ >.Acesso em : 05 fevereiro.2019.

FABRICIO, M. (2013). **Industrialização das construções: revisão e atualização de conceitos**. Pós. Revista Do Programa De Pós-Graduação Em Arquitetura E Urbanismo Da

FAUUSP, 20(33), 228-248. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/issn.2317-2762.v20i33p228-248>. Acesso em: 01 janeiro.2019.

GREVEN, Helio; BALDAUF, Alexandra. **Introdução à coordenação modular da construção no Brasil: uma abordagem atualizada**. Porto Alegre: ANTAC, 2007. Disponível em :< https://issuu.com/habitare/docs/colecao_9 >. Acesso em: 15 de abril.2019.

KATO, B. **Comparação entre o sistema construtivo convencional e o sistema construtivo em alvenaria estrutural segundo a teoria da construção enxuta.** Ricardo, 2002. p. 114. DISSERTAÇÃO (Pós-Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2002. [Orientador: Prof. Humberto Ramos Roman]. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/111939/193963.pdf?sequence=1 >. Acesso em: 15 de abril.2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). 2019. Brasília. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/to/palmas/panorama>. Acesso em: 17 de abril.2019.

LACERDA, A.R. **Estudo comparativo entre um orçamento convencional de construção e um orçamento com a utilização da coordenação modular: Aplicação em alguns serviços de uma residência unifamiliar de classe média-baixa**. Pedro, 2005. 147 p. DISSERTAÇÃO (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005. [Orientador: Prof. Hélio Galvão Greven]. Disponível em:< https://lume.ufrgs.br/handle/10183/13464 >. Acesso em: 23 novembro.2018

MARQUES, B; OLIVEIRA, M.S; PICANÇO, P. **Resíduos de Construção Civil: Geração e alternativas para reciclagem em um canteiro de obras de pequeno porte,** v.10, n. 2, p.143-156, mar./abr. 2013. Disponível em: <http://ferramentas.unipinhal.edu.br/engenhariaambiental/viewarticle.php?id=842 >. Acesso em: 01 junho. 2019

MELLO, F.L. **Uma visão geral sobre modulação na construção civil**. Vanessa, 2010. p. 34. Monografia (Graduação em Engenharia civil) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. [Orientador: Prof. Dr. Abdias Magalhães Gomes]. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/BUBDAGVNVU/monografia_vanessa_rev1.pdf?sequence=1>. Acesso em: 15 de abril.2019.

MONTEIRO, Adriana da Silva; SANTOS, Rita de Cássia Alves dos. **Planejamento e controle na construção civil, utilizando alvenaria estrutural.** 2007. 109 fls. (Monografia) – Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade da Amazônia, Belém , 2010. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/153004576/PLANEJAMENTO-CONTROLE-CONSTRUCAO-CIVIL-USANDO-BLOCO-ESTRUTURAL-pdf>. Acesso em: 15 abril.2019

POZZOBON, C.E; RIZZATTI, E. **Referencial para a obtenção de qualidade no processo de alvenaria.** Disponível em:< http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1998_ART297.pdf > Acesso em: 15 abril.2019.

PRODUTOS CERÂMICOS. **FK COMERCIO,2019.** Disponível em: <: http://www.fkcomercio.com.br/alvenaria_convencional.html>. Acesso em: 17 abril.2019

RIBEIRO, ROMAN, H.R.; ARAÚJO, H.N.; MUTTI, C.N. **Construindo em alvenaria estrutural.** edição. Florianópolis: editora da UFSC, 1999. 83p. Acesso em: 17 de abril.2019.

SABBATINI, F. H. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos: Formulação e aplicação de uma metodologia.** São Paulo, USP, 1989. Tese (Doutorado em Engenharia). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 1989. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-30082017-091328/pt-br.php>. Acesso em: 17 de abril.2019.

SANTOS, A.; SCHEER, S.; AZUMA, F.; MARCOS, M. **Gargalos para a disseminação da coordenação modular.** Disponível em: < http://www.mom.arq.ufmg.br/mom/coloquiomom/comunicacoes/azuma.pdf>. Acesso em: 15 abril.2019

SILVA, E.V; MOREIRA, R**. Projeto de alvenaria de vedação – diretrizes para a elaboração, histórico, dificuldades e vantagens da implementação e relação com a NBR 15575.** PATRÍCIA; RODRIGO, 2017. p. 79. Monografia (Graduação em Engenharia civil) - Universidade Federal do Goiás, Goiânia. [Orientador: Profa. Dra. Helena Carasek]. Disponível: <https://www.eec.ufg.br/up/140/o/PROJETO_DE_ALVENARIA_DE_VEDA%C3%87%C3%83O_%E2%80%93_DIRETRIZES_PARA_A_ELABORA%C3%87%C3%83O__HIST%C3%93RICO__DIFICULDADES_E_VANTAGENS_DA_IMPLEMENTA%C3%87%C3%83O_E_RELA%C3%87%C3%83O_COM_A_NBR_15575.pdf>. Acesso em: 15 de abril.2019.

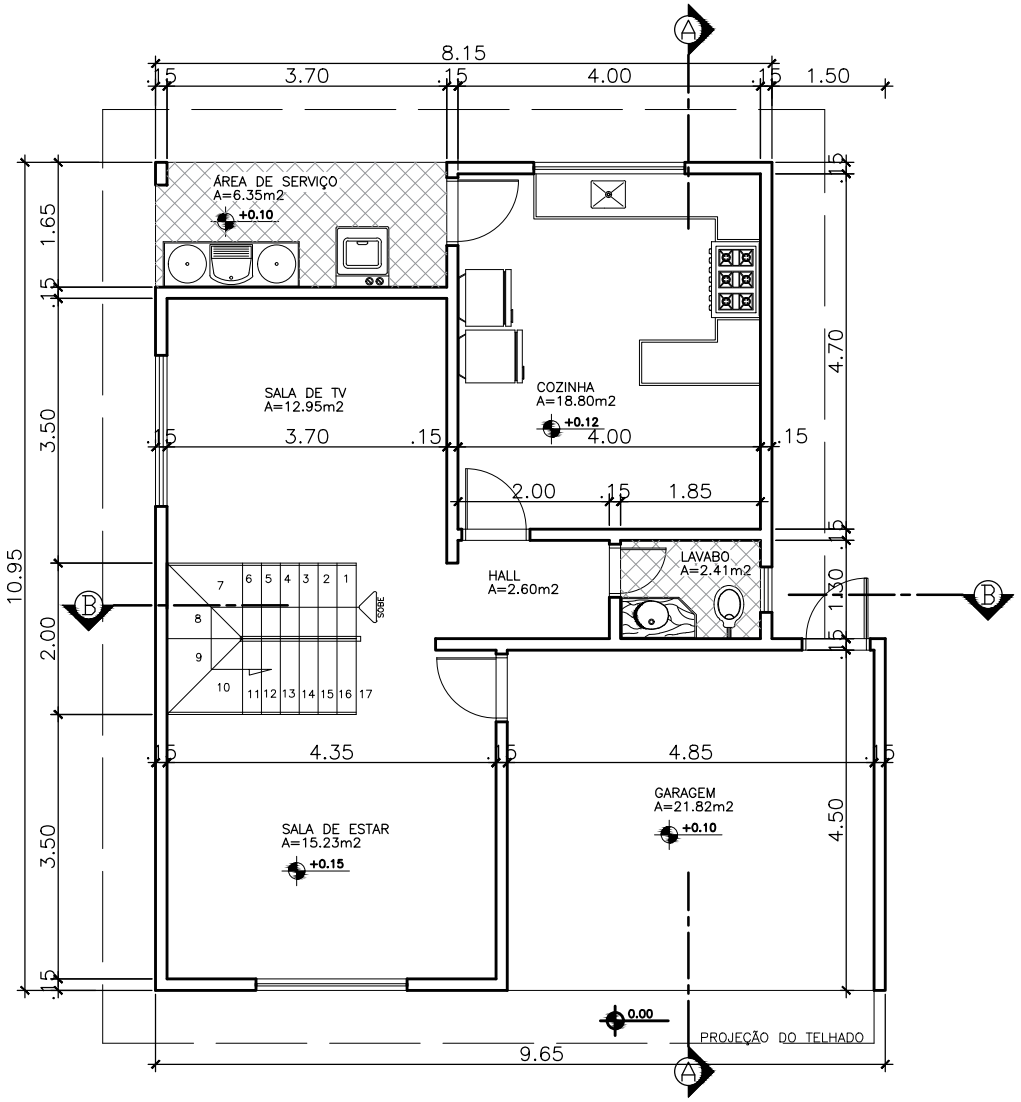
SINAPI. **Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil.** Disponível em: <http://www.caixa.gov.br/poder-publico/apoio-poder-publico/sinapi/Paginas/default.aspx>. Acesso em: 15 de abril.2019.

TAUIL, A. C.; NESE, J.M.F. **Alvenaria Estrutural.** São Paulo: PINI.2010, p. 188. Disponível em:<https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/43455531/Alvenaria_Estrutural_engenhariaebooks.com.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1558567454&Signature=kdkjhmpIqFnAyAhfoV6%2BhO0iNkU%3D&response-content disposition=inline%3B%20filename%3DAlvenaria_Estrutural.pdf>. Acesso em: 15 abril.2019

TISAKA, M. **Orçamento na construção civil: consultoria, projeto e execução.** 2. ed. São Paulo: Pini, 2011. Disponível em: < https://www.academia.edu/25429859/Or%C3%A7amento_na_constru%C3%A7%C3%A3o_civil_-_PINI.PDF>. Acesso em: 15 abril.2019

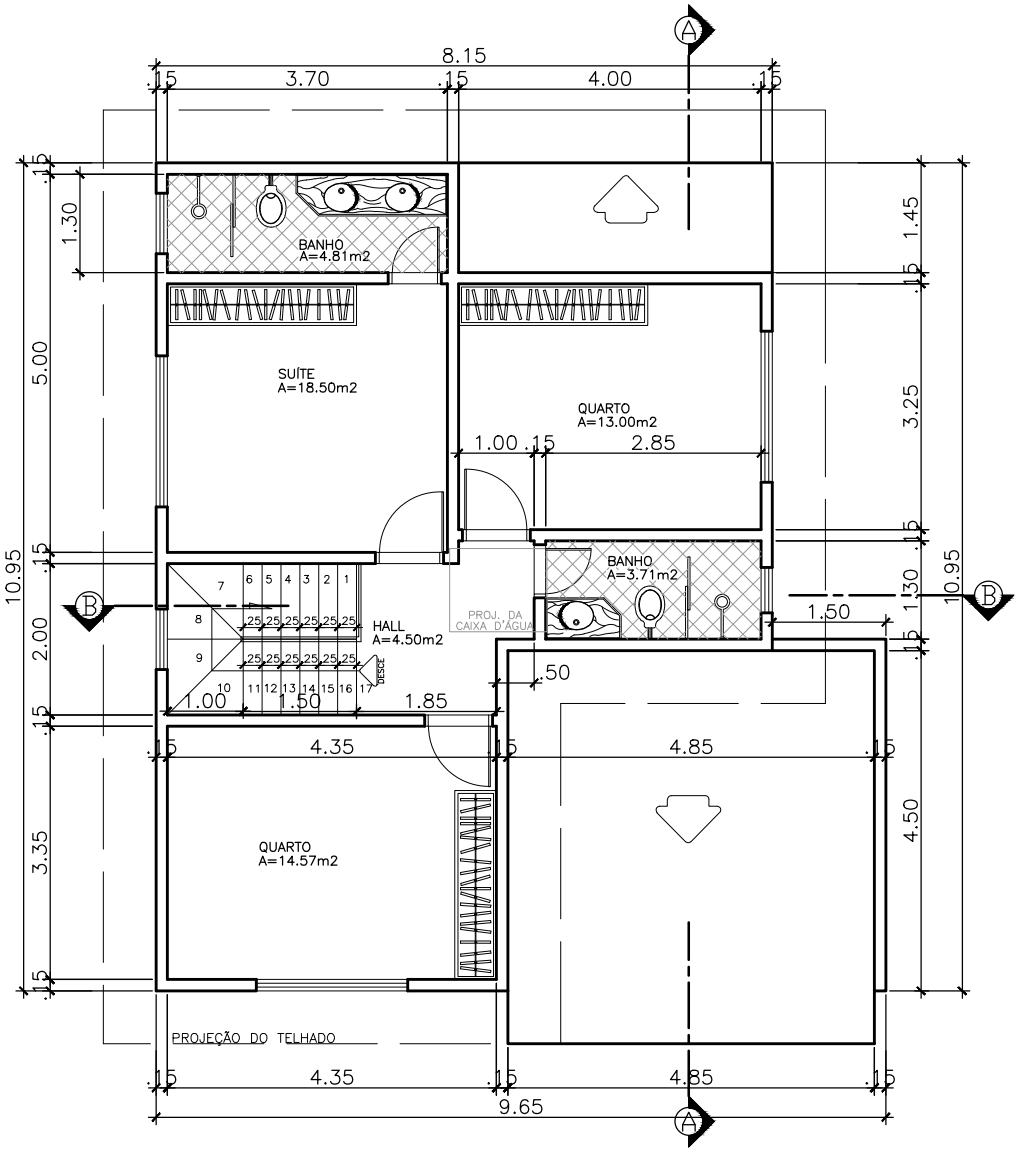
XAVIER, Ivan. **Orçamento, planejamento e custos de obra.** São Paulo: Universidade de São Paulo – USP, 2008. p. 67. FUPAM – Fundação para a Pesquisa Ambiental. Disponível em :< https://pt.slideshare.net/wilsonaparecidogomes/18042010-190858 > Acesso em: 15 abril.2019

APÊNDICE A- Projeto arquitetônico antes da coordenação modular



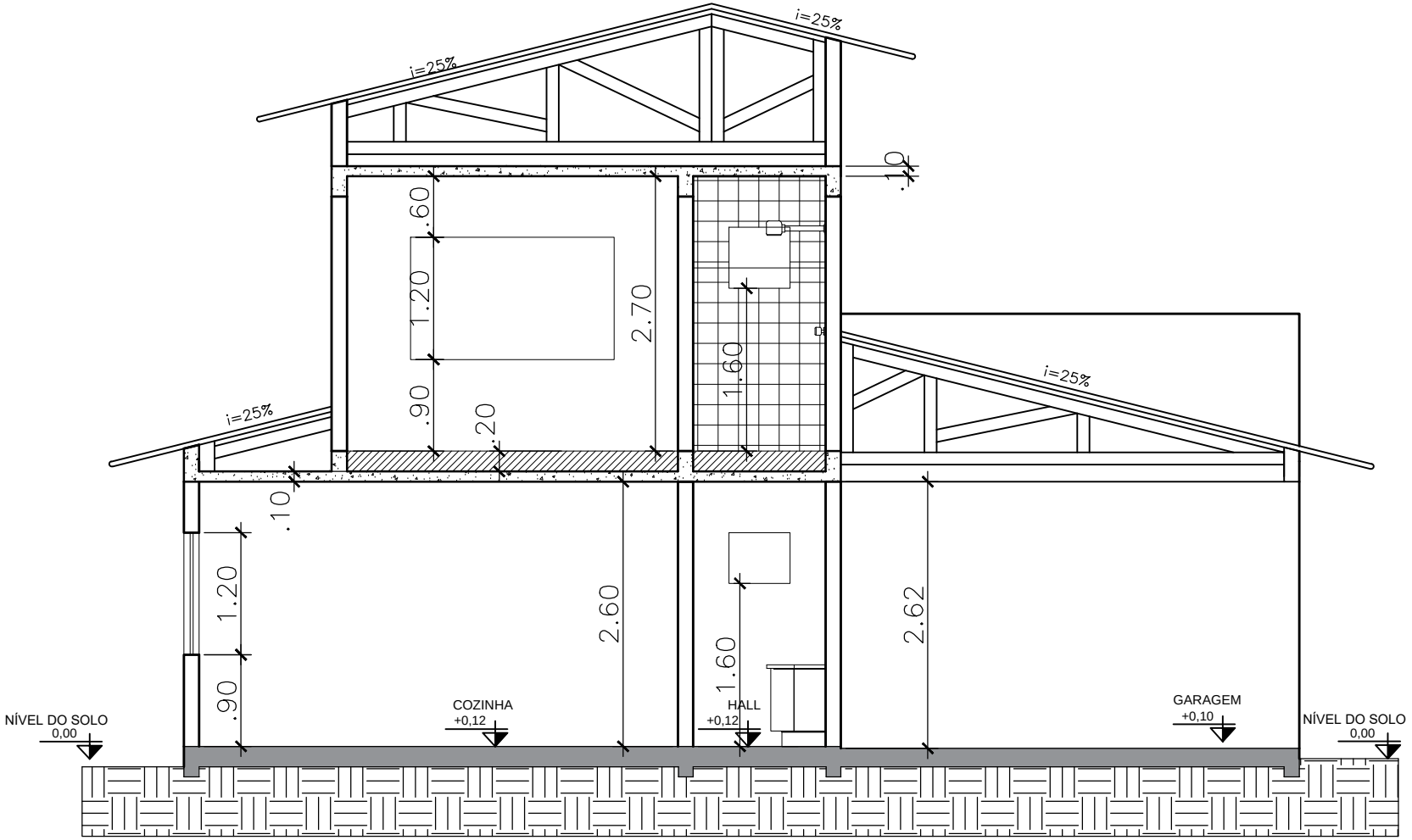
PLANTA BAIXA - PAVIMENTO TÉRREO

PROJETO ARQUITETÔNICO SEM A COORDENAÇÃO MODULAR	ESCALA: 1/100	FOLHA: 01/05
AUTOR: JÉSSICA CRISTINE FERREIRA SANTOS	ÁREA:96,22 M²	



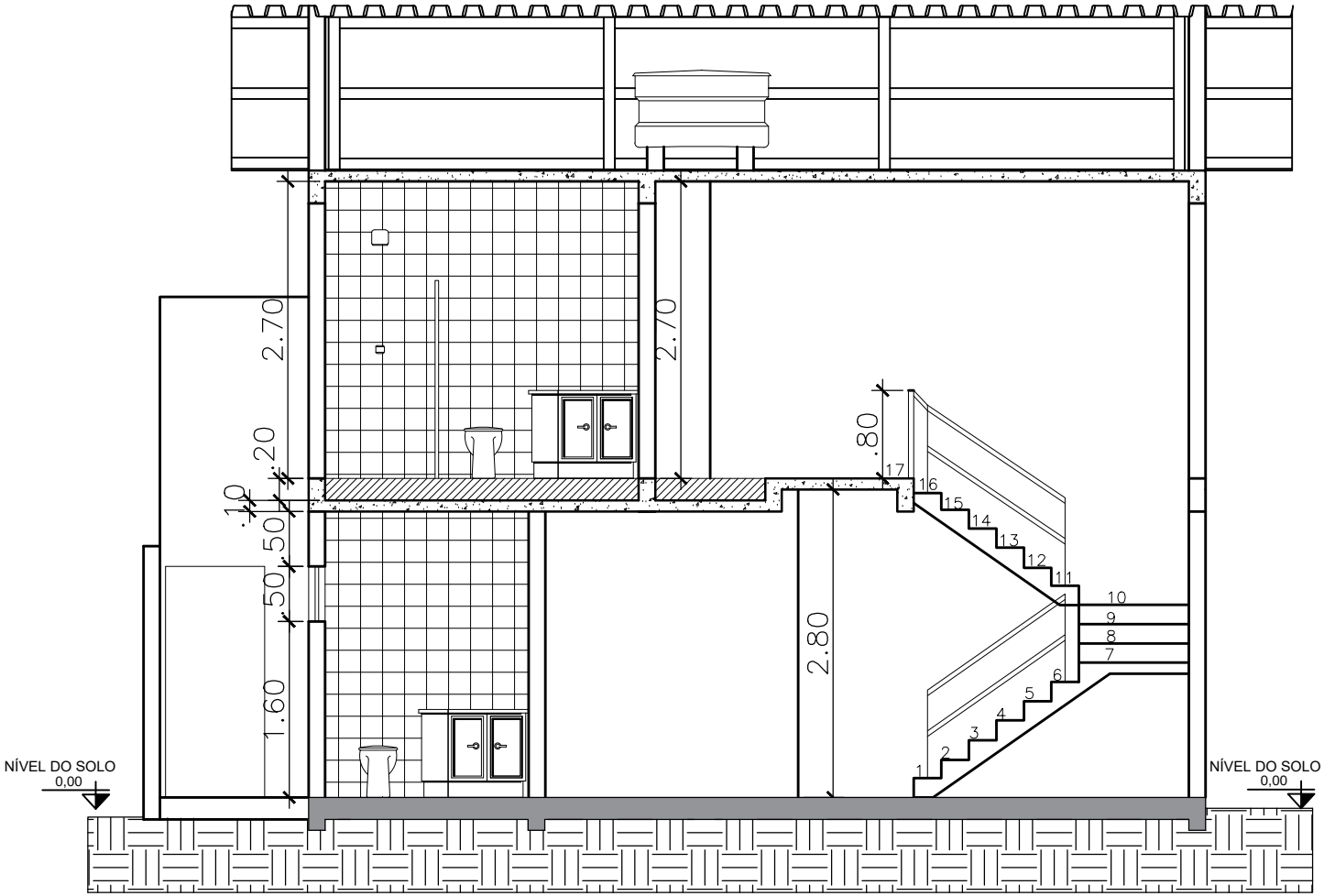
PLANTA BAIXA - PAVIMENTO SUPERIOR

PROJETO ARQUITETÔNICO SEM A COORDENAÇÃO MODULAR	ESCALA: 1/100	FOLHA: 02/05
AUTOR: JÉSSICA CRISTINE FERREIRA SANTOS	ÁREA:62,47 M²	



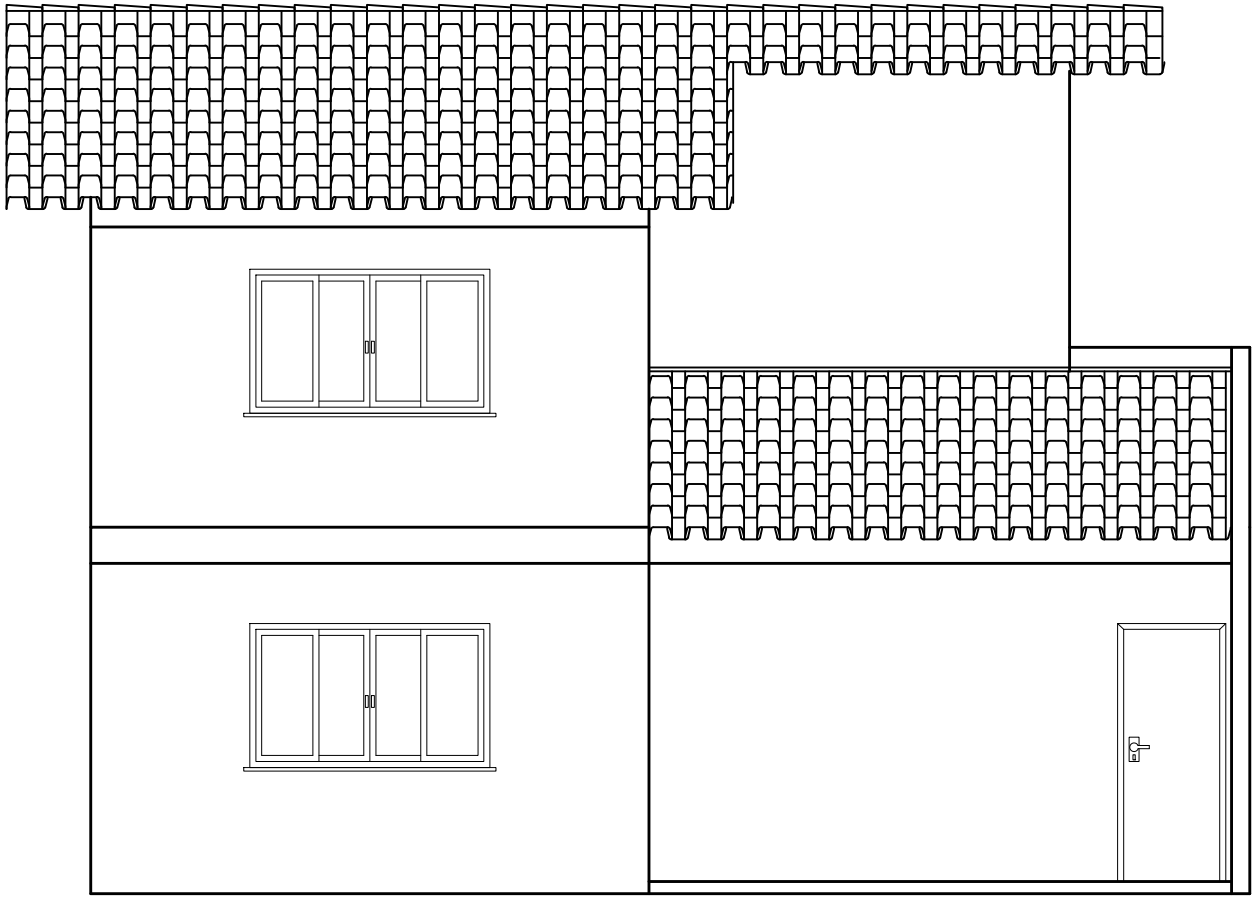
CORTE AA

PROJETO ARQUITETÔNICO SEM A COORDENAÇÃO MODULAR	ESCALA: 1/100	FOLHA: 03/05
AUTOR: JÉSSICA CRISTINE FERREIRA SANTOS	ÁREA TOTAL:103,88 M²	



CORTE BB

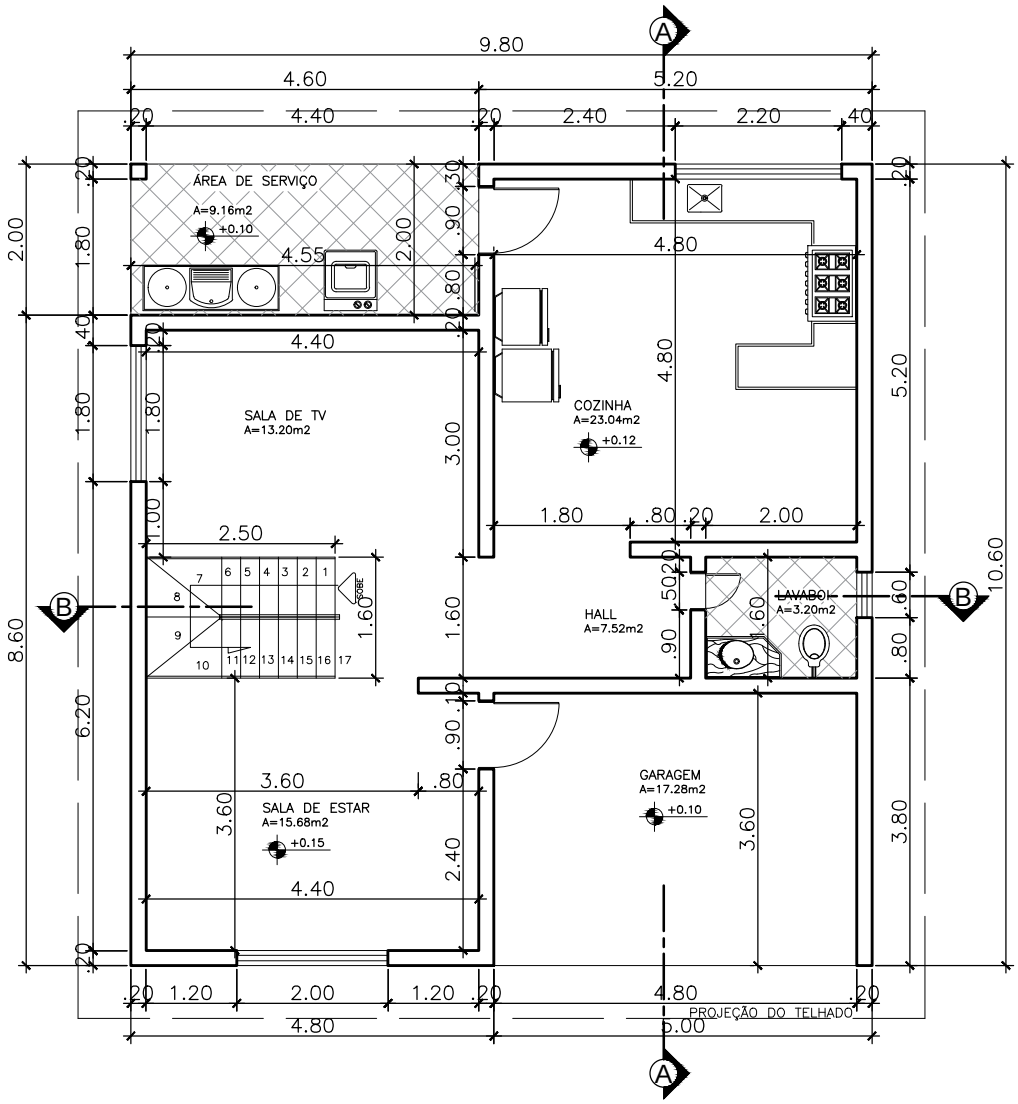
PROJETO ARQUITETÔNICO SEM A COORDENAÇÃO MODULAR	ESCALA: 1/100	FOLHA: 04/05
AUTOR: JÉSSICA CRISTINE FERREIRA SANTOS	ÁREA TOTAL:103,88 M²	



FACHADA FRONTAL

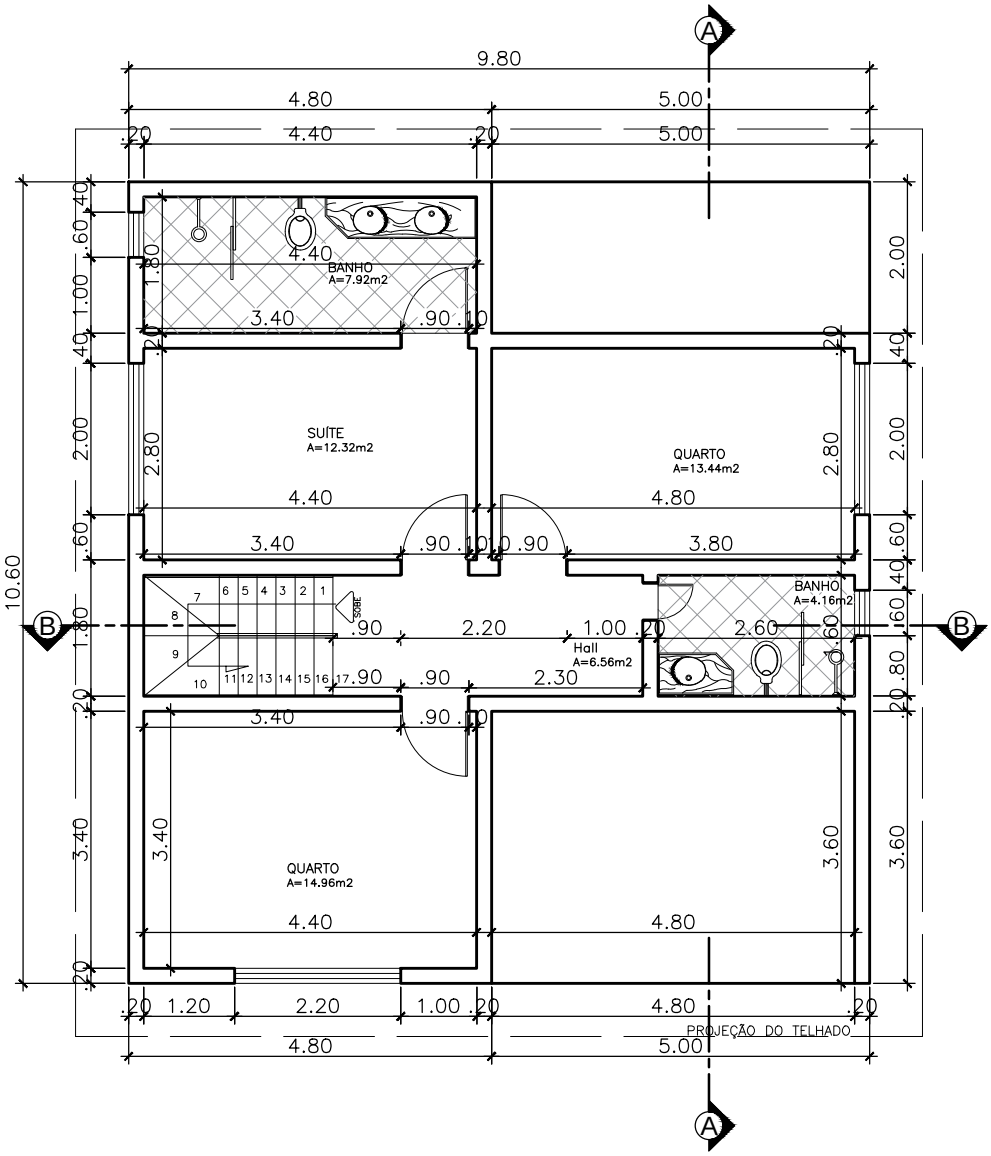
PROJETO ARQUITETÔNICO SEM A COORDENAÇÃO MODULAR	ESCALA: 1/100	FOLHA: 05/05
AUTOR: JÉSSICA CRISTINE FERREIRA SANTOS	ÁREA TOTAL:103,88 M²	

APÊNDICE B- Projeto arquitetônico após a coordenação modular



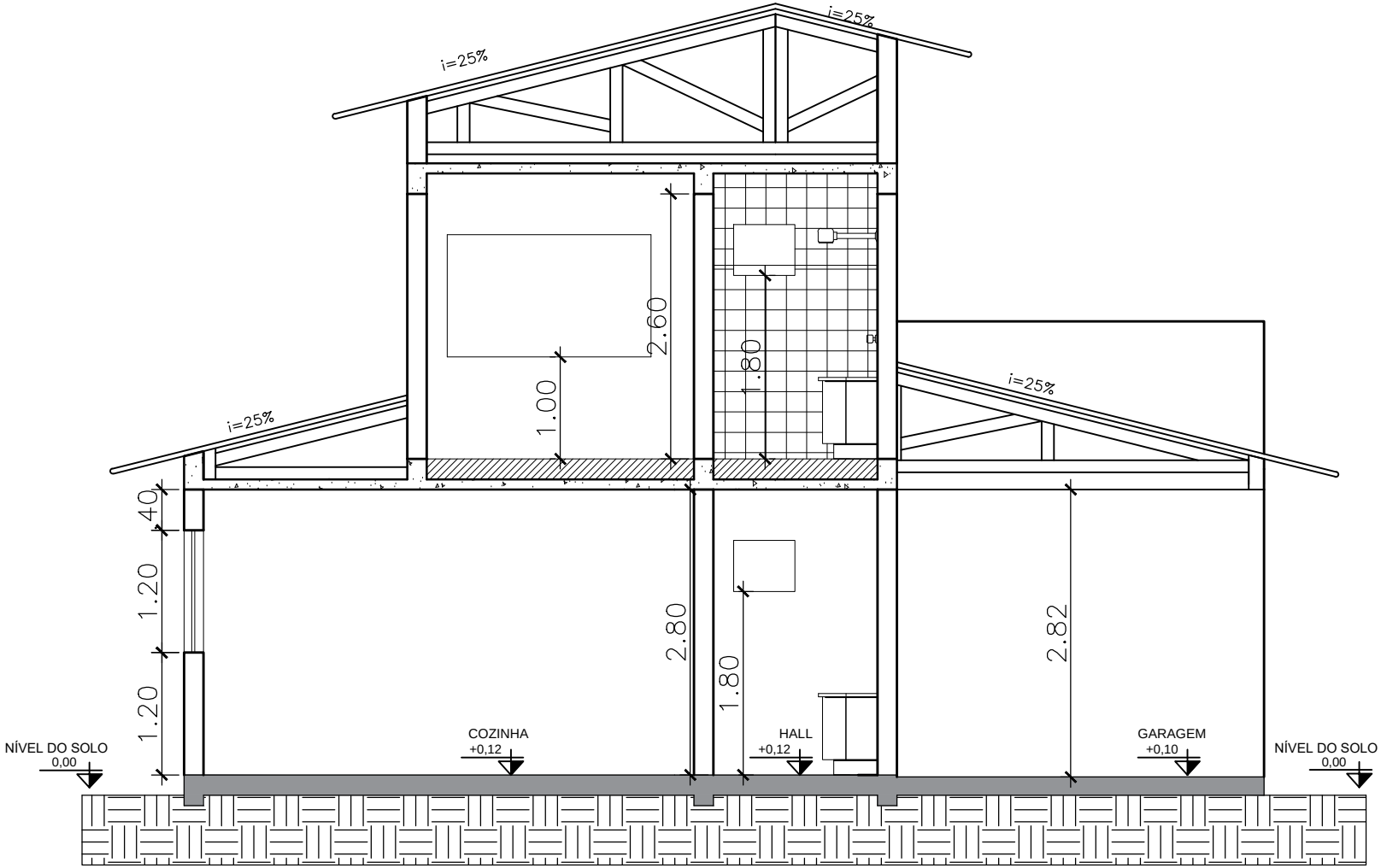
PLANTA BAIXA - PAVIMENTO TÉRREO

PROJETO ARQUITETÔNICO COM A COORDENAÇÃO MODULAR	ESCALA: 1/100	FOLHA: 01/04
AUTOR: JÉSSICA CRISTINE FERREIRA SANTOS	ÁREA:103,88 M²	



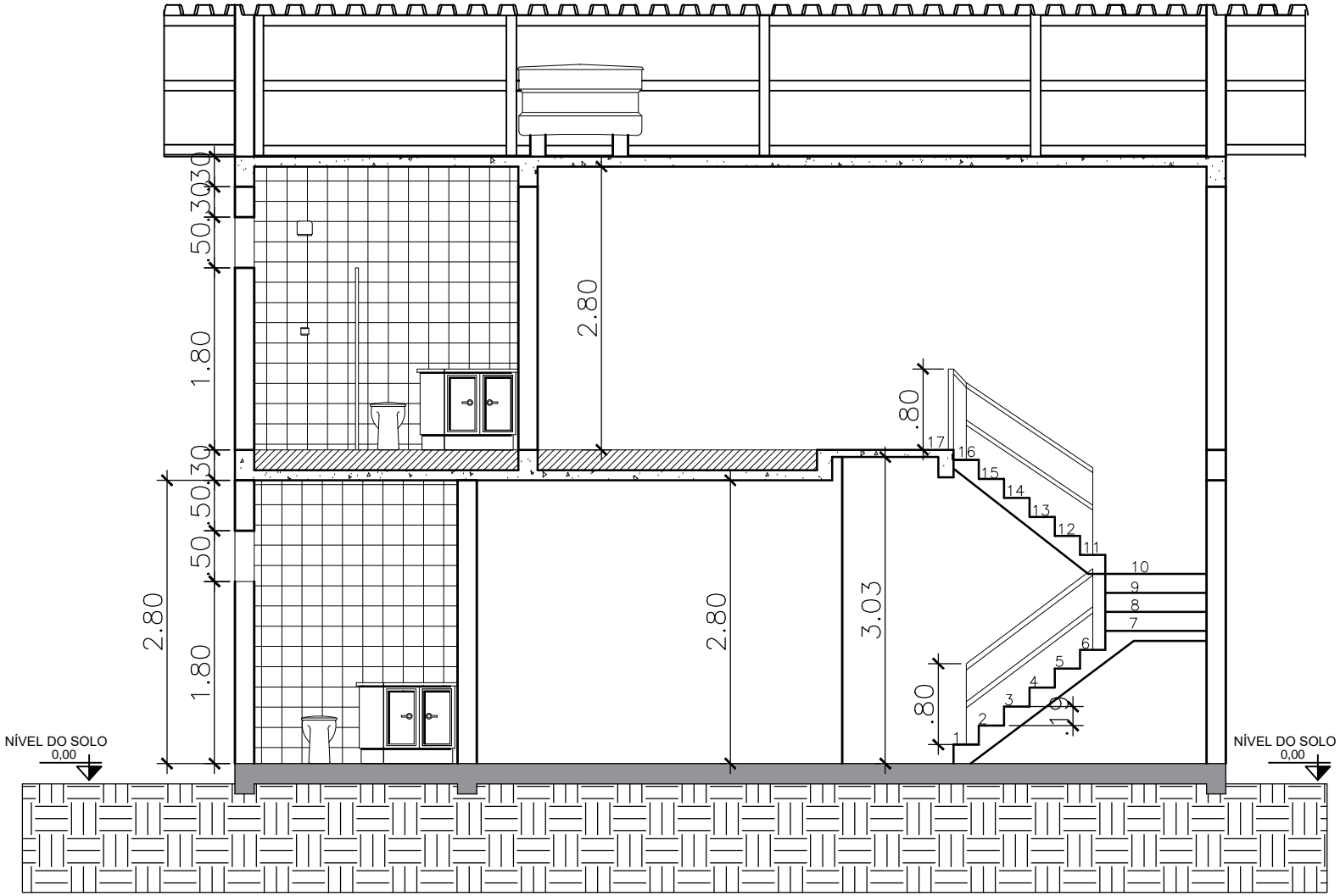
PLANTA BAIXA - PAVIMENTO SUPERIOR

PROJETO ARQUITETÔNICO COM A COORDENAÇÃO MODULAR	ESCALA: 1/100	FOLHA: 02/04
AUTOR: JÉSSICA CRISTINE FERREIRA SANTOS	ÁREA:93,88 M²	



CORTE AA

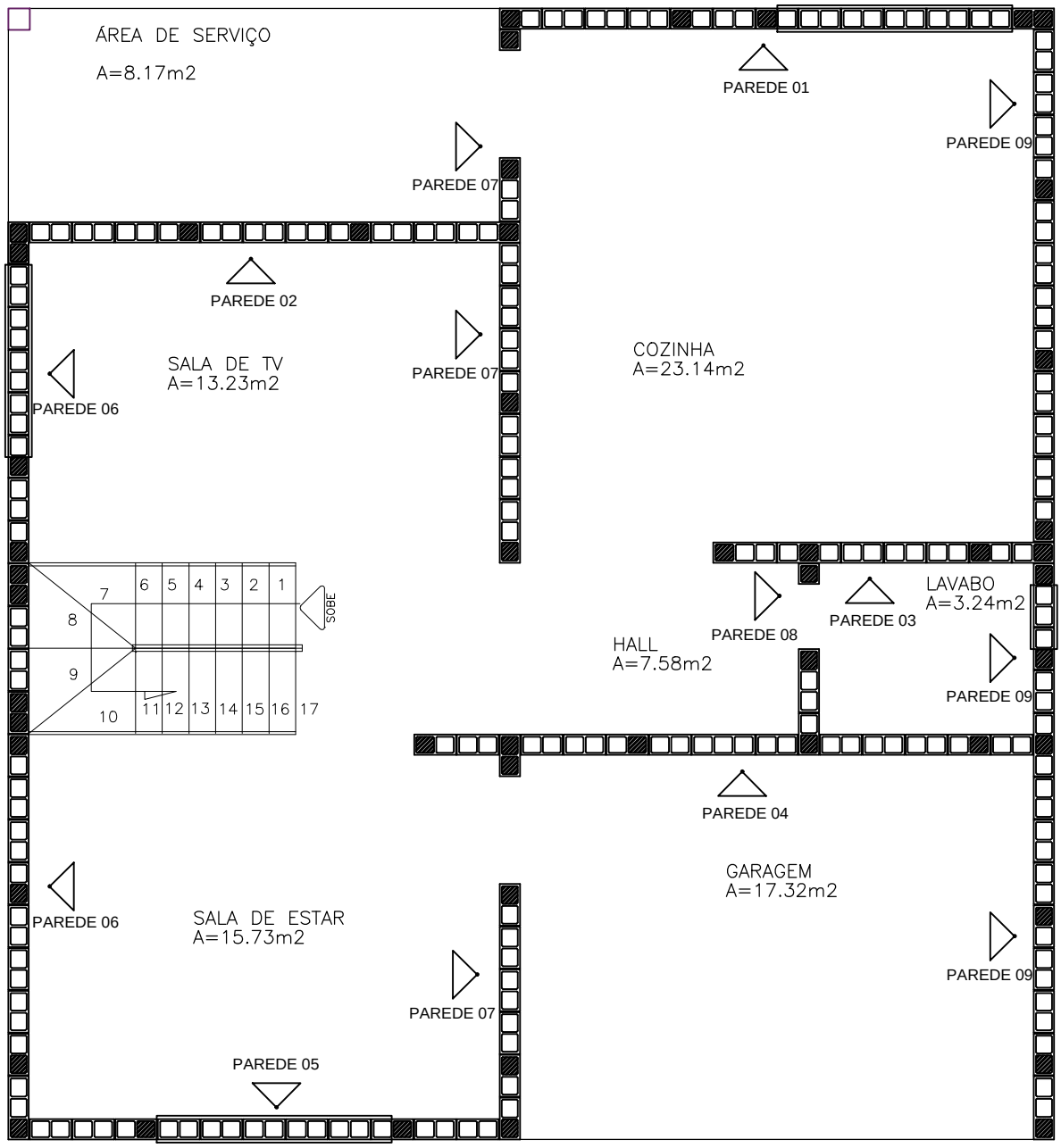
PROJETO ARQUITETÔNICO COM A COORDENAÇÃO MODULAR	ESCALA: 1/100	FOLHA: 03/04
AUTOR: JÉSSICA CRISTINE FERREIRA SANTOS	ÁREA TOTAL:197,76 M²	



CORTE BB

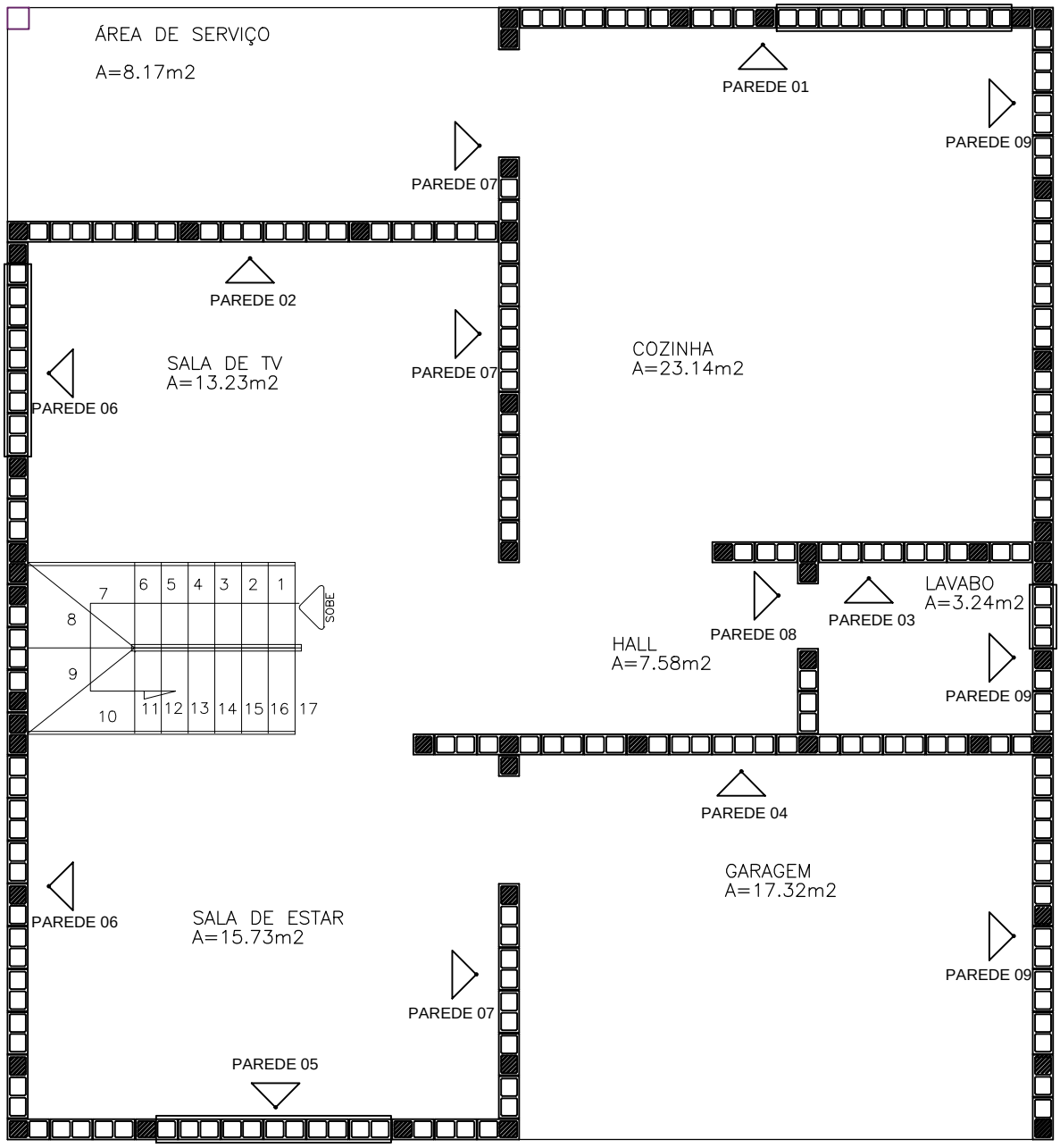
PROJETO ARQUITETÔNICO COM A COORDENAÇÃO MODULAR	ESCALA: 1/100	FOLHA: 04/04
AUTOR: JÉSSICA CRISTINE FERREIRA SANTOS	ÁREA TOTAL:197,76 M²	

APÊNDICE C- Projeto estrutural em alvenaria estrutural



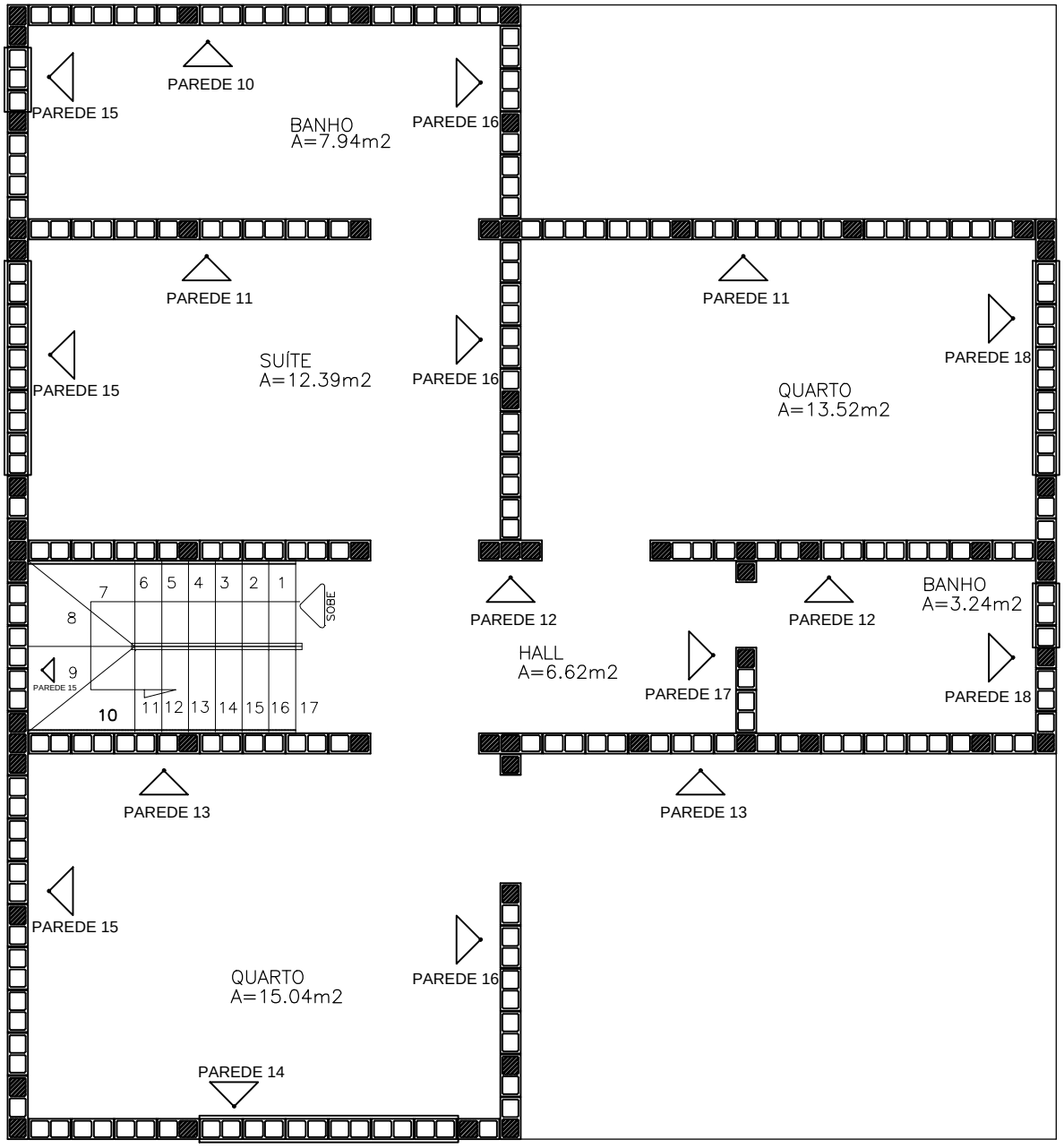
PRIMEIRA FIADA - PAVIMENTO TÉRREO

PROJETO ESTRUTURAL- ALVENARIA ESTRUTURAL	SEM ESCALA	FOLHA: 01/22
AUTOR: JÉSSICA CRISTINE FERREIRA SANTOS	ÁREA:103,88 M²	



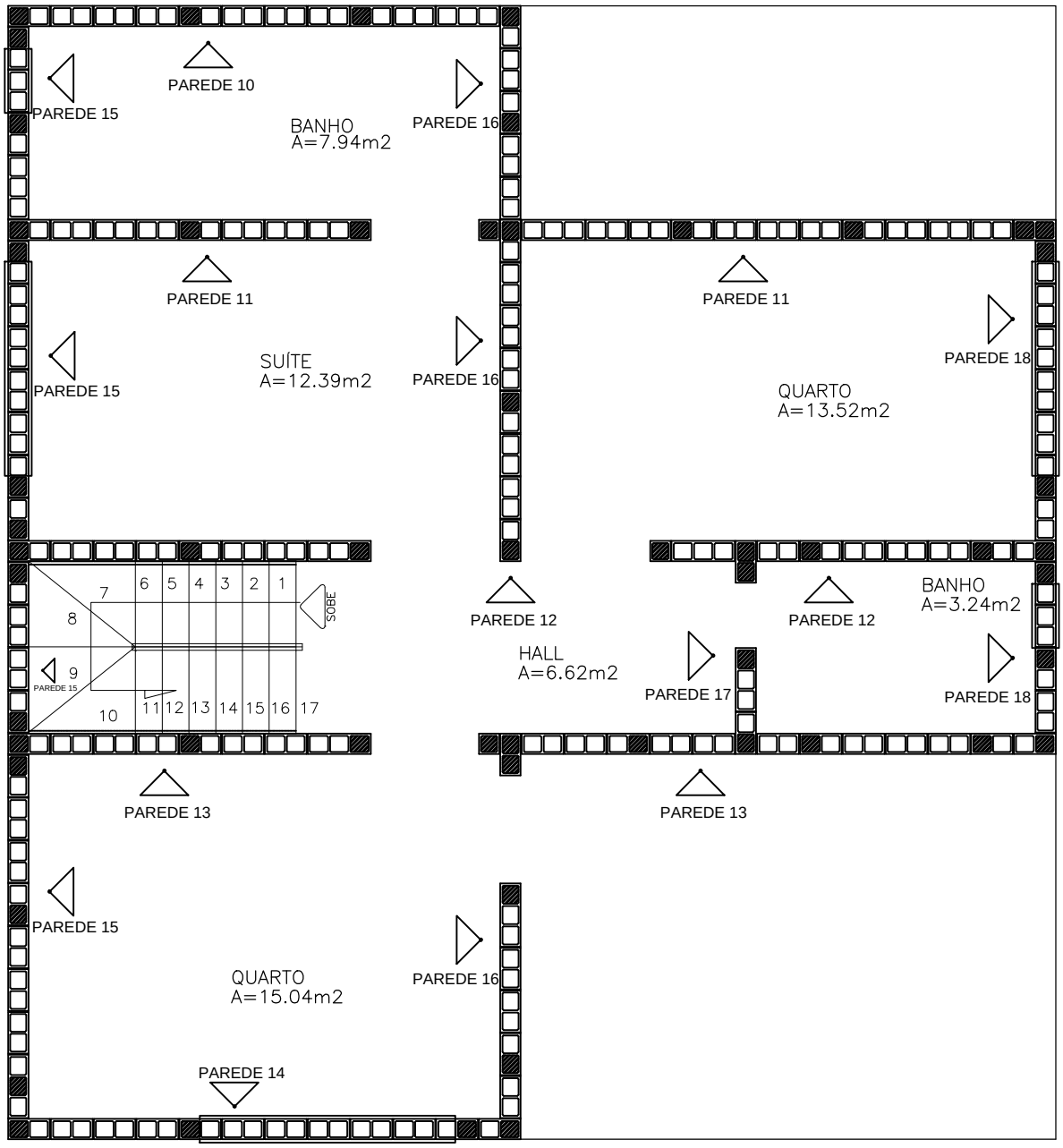
SEGUNDA FIADA - PAVIMENTO TÉRREO

PROJETO ESTRUTURAL- ALVENARIA ESTRUTURAL	SEM ESCALA	FOLHA: 02/22
AUTOR: JÉSSICA CRISTINE FERREIRA SANTOS	ÁREA:103,88 M²	



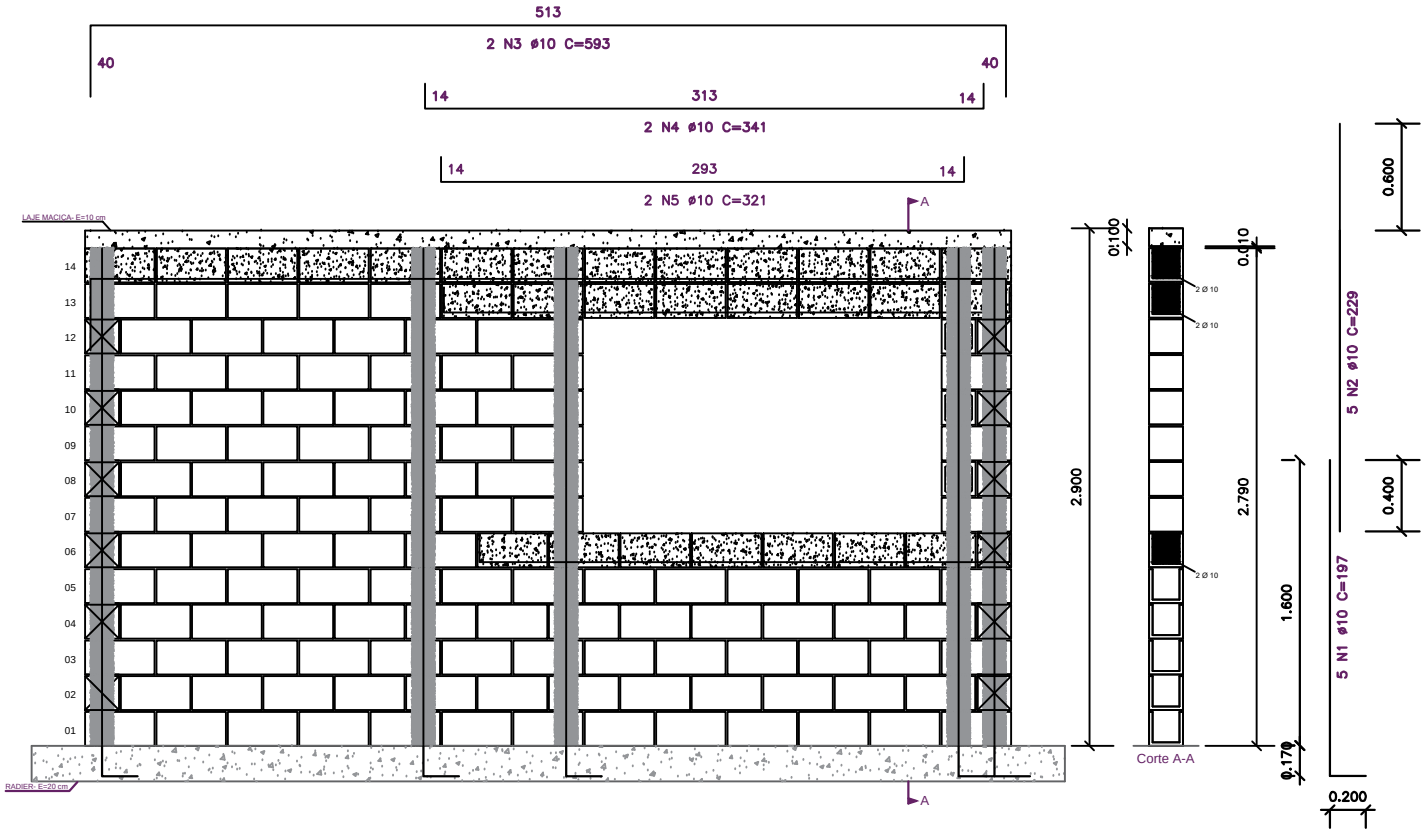
PRIMEIRA FIADA - PAVIMENTO SUPERIOR

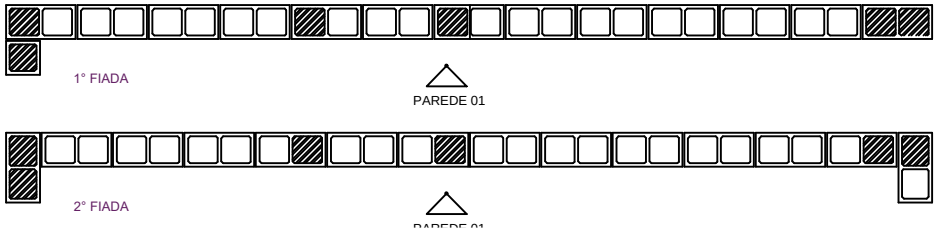
PROJETO ESTRUTURAL- ALVENARIA ESTRUTURAL	SEM ESCALA	FOLHA: 03/22
AUTOR: JÉSSICA CRISTINE FERREIRA SANTOS	ÁREA:93,88 M²	



SEGUNDA FIADA - PAVIMENTO SUPERIOR

PROJETO ESTRUTURAL- ALVENARIA ESTRUTURAL	SEM ESCALA	FOLHA: 04/22
AUTOR: JÉSSICA CRISTINE FERREIRA SANTOS	ÁREA:93,88 M²	



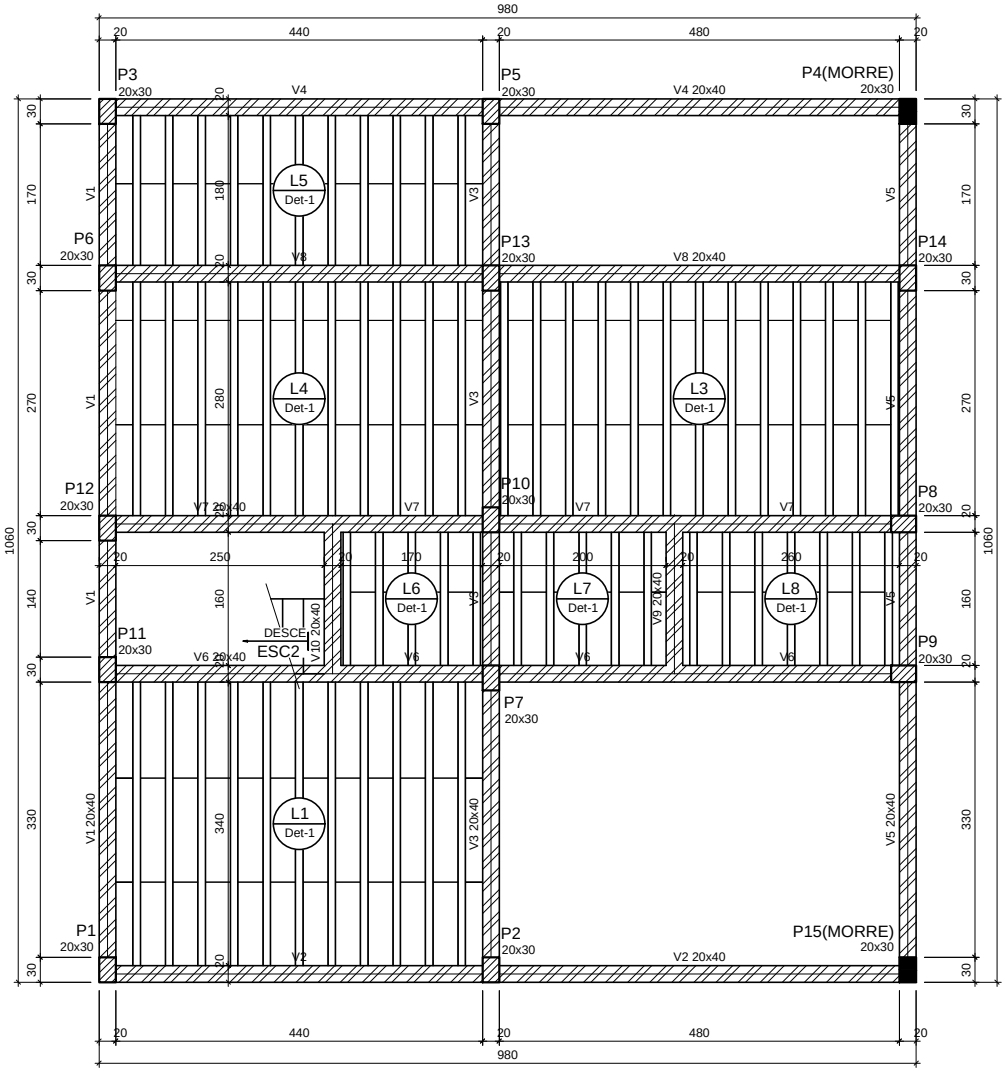


PAREDE 01	QUAN.	COMPR.	AREA	VOLUM.
BLOCO 1 FURO	03			
BLOCO 2 FUROS	104			
BLOCO 3 FUROS	03			
BLOCO U	29			
AÇO N1		9,85		
AÇO N2		11,45		
AÇO N3		11,86		
AÇO N4		6,82		
AÇO N5		6,42		
GRAUTE				0,63

PAGINAÇÃO - PAREDE 01

PROJETO ESTRUTURAL- ALVENARIA ESTRUTURAL	SEM ESCALA	FOLHA: 05/22
AUTOR: JÉSSICA CRISTINE FERREIRA SANTOS		

APÊNDICE D- Projeto estrutural em concreto armado



Vigas			
Nome	Seção (cm)	Elevação (cm)	Nível (cm)
V1	20x40	0	310
V2	20x40	0	310
V3	20x40	0	310
V4	20x40	0	310
V5	20x40	0	310
V6	20x40	0	310
V7	20x40	0	310
V8	20x40	0	310
V9	20x40	0	310
V10	20x40	0	310

Lajes								
Dados						Sobrecarga (kgf/m²)		
Nome	Tipo	Altura (cm)	Elevação (cm)	Nível (cm)	Peso próprio (kgf/m²)	Adicional	Acidental	Localizada
ESC2	Maciça	12	0	310	705	100	0	-
L1	Treliçada 1D	12	0	310	147	154	300	-
L3	Treliçada 1D	12	0	310	147	154	300	-
L4	Treliçada 1D	12	0	310	147	154	300	-
L5	Treliçada 1D	12	0	310	147	154	300	-
L6	Treliçada 1D	12	0	310	147	154	300	-
L7	Treliçada 1D	12	0	310	147	154	300	-
L8	Treliçada 1D	12	0	310	147	154	300	-

Características dos materiais	
fck (kgf/cm²)	Ecs (kgf/cm²)
250	241500

Dimensão máxima do agregado = 19 mm

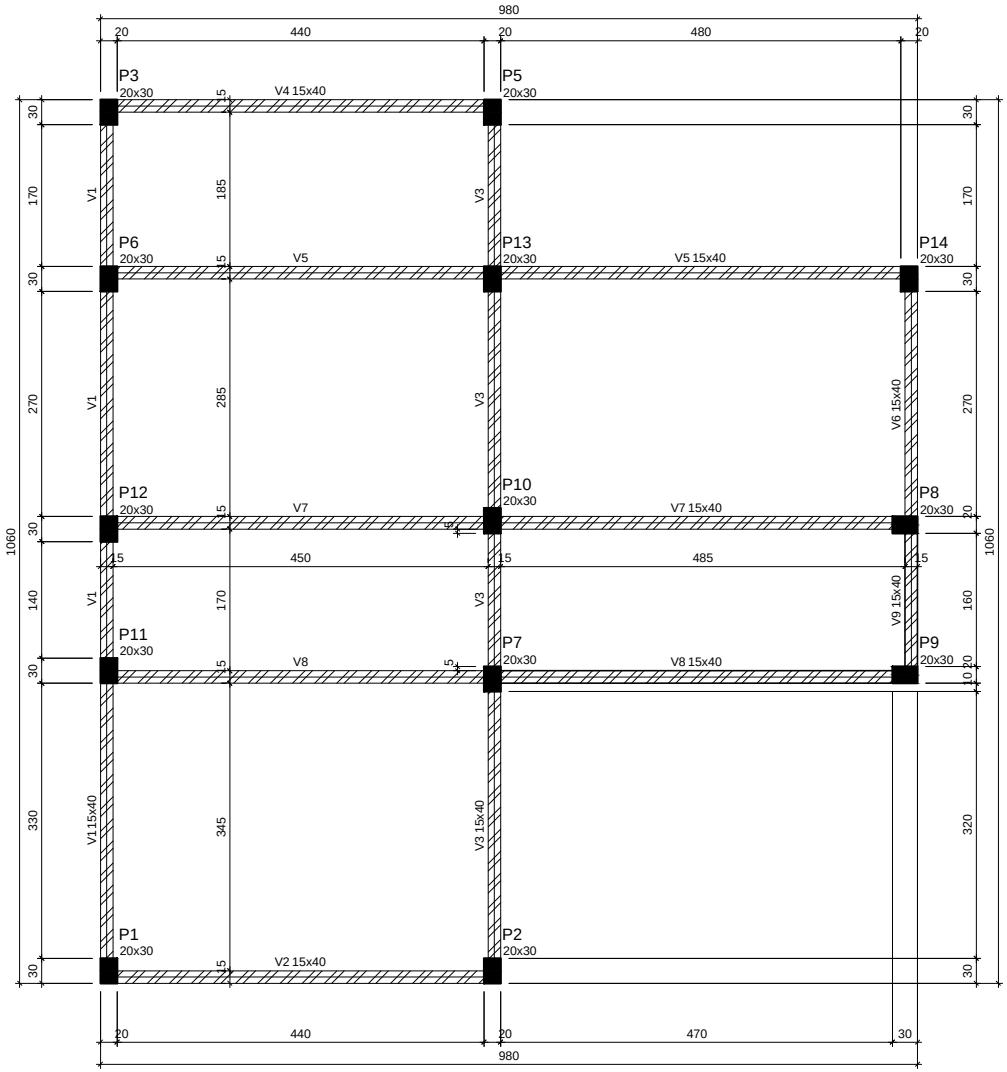
Pilares			
Nome	Seção (cm)	Elevação (cm)	Nível (cm)
P1	20x30	0	310
P2	20x30	0	310
P3	20x30	0	310
P4	20x30	0	310
P5	20x30	0	310
P6	20x30	0	310
P7	20x30	0	310
P8	20x30	0	310
P9	20x30	0	310
P10	20x30	0	310
P11	20x30	0	310
P12	20x30	0	310
P13	20x30	0	310
P14	20x30	0	310
P15	20x30	0	310

Legenda dos pilares	
■	Pilar que morre
▨	Pilar que passa

Legenda das vigas e paredes	
▨	Viga

PLANTA DE FORMA TÉRREO

PROJETO ESTRUTURAL DE CONCRETO ARMADO	SEM ESCALA	FOLHA: 01/12
AUTOR: JÉSSICA CRISTINE FERREIRA SANTOS	ÁREA:103,88 M²	



Vigas			
Nome	Seção (cm)	Elevação (cm)	Nível (cm)
V1	15x40	0	606
V2	15x40	0	606
V3	15x40	0	606
V4	15x40	0	606
V5	15x40	0	606
V6	15x40	0	606
V7	15x40	0	606
V8	15x40	0	606
V9	15x40	0	606

Características dos materiais	
fck (kgf/cm²)	Ecs (kgf/cm²)
250	241500

Dimensão máxima do agregado = 19 mm

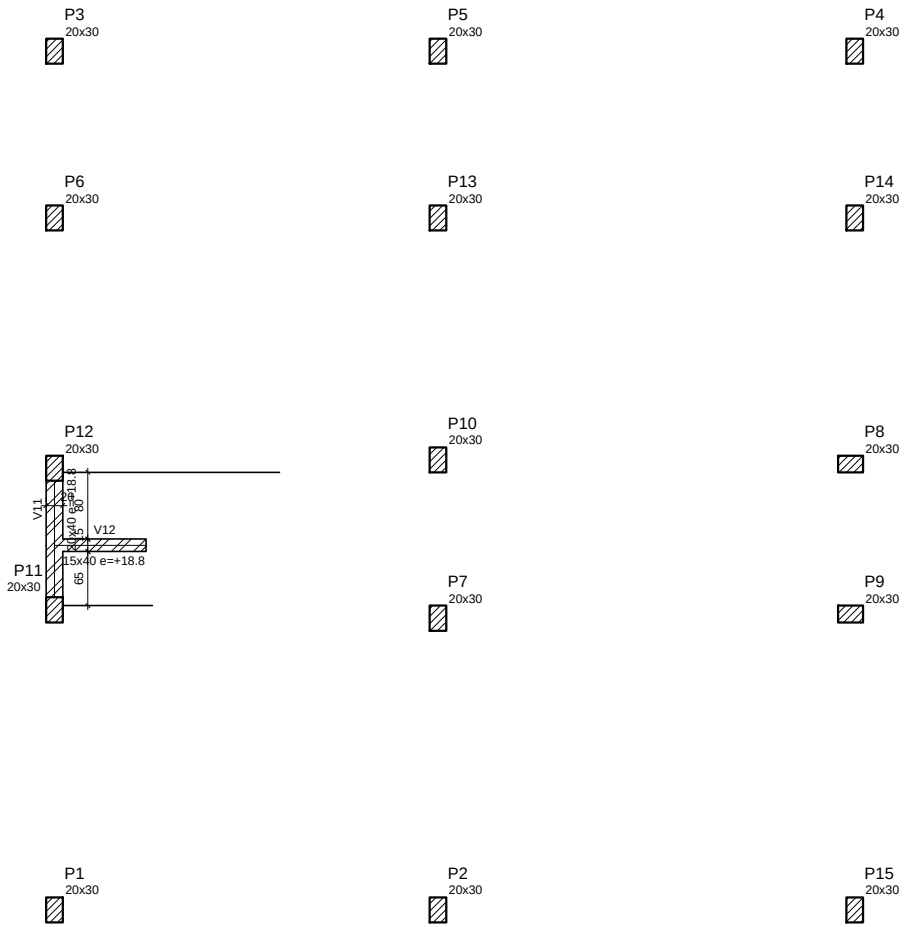
Pilares			
Nome	Seção (cm)	Elevação (cm)	Nível (cm)
P1	20x30	0	606
P2	20x30	0	606
P3	20x30	0	606
P5	20x30	0	606
P6	20x30	0	606
P7	20x30	0	606
P8	20x30	0	606
P9	20x30	0	606
P10	20x30	0	606
P11	20x30	0	606
P12	20x30	0	606
P13	20x30	0	606
P14	20x30	0	606

Legenda dos pilares	
■	Pilar que morre

Legenda das vigas e paredes	
▨	Viga

PLANTA DE FORMA SUPERIOR

PROJETO ESTRUTURAL DE CONCRETO ARMADO	SEM ESCALA	FOLHA: 02/12
AUTOR: JÉSSICA CRISTINE FERREIRA SANTOS	ÁREA:93,88 M²	



Vigas			
Nome	Seção (cm)	Elevação (cm)	Nível (cm)
V11	20x40	18.8	173.8
V12	15x40	18.8	173.8

Características dos materiais	
fck (kgf/cm²)	Ecs (kgf/cm²)
250	241500

Dimensão máxima do agregado = 19 mm

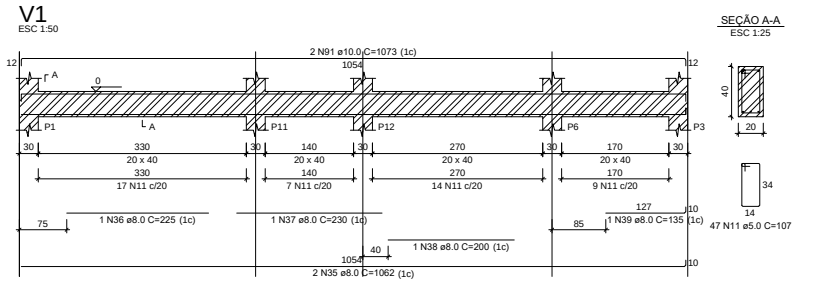
Pilares			
Nome	Seção (cm)	Elevação (cm)	Nível (cm)
P1	20x30	0	155
P2	20x30	0	155
P3	20x30	0	155
P4	20x30	0	155
P5	20x30	0	155
P6	20x30	0	155
P7	20x30	0	155
P8	20x30	0	155
P9	20x30	0	155
P10	20x30	0	155
P11	20x30	0	155
P12	20x30	0	155
P13	20x30	0	155
P14	20x30	0	155
P15	20x30	0	155

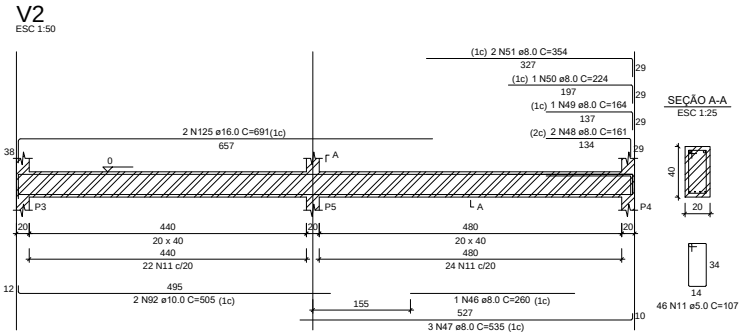
Legenda dos pilares	
	Pilar que passa

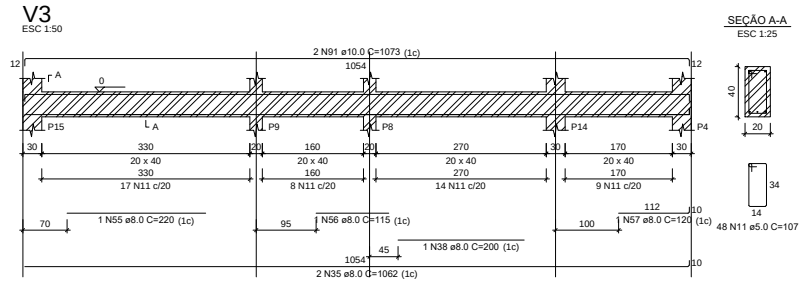
Legenda das vigas e paredes	
	Viga

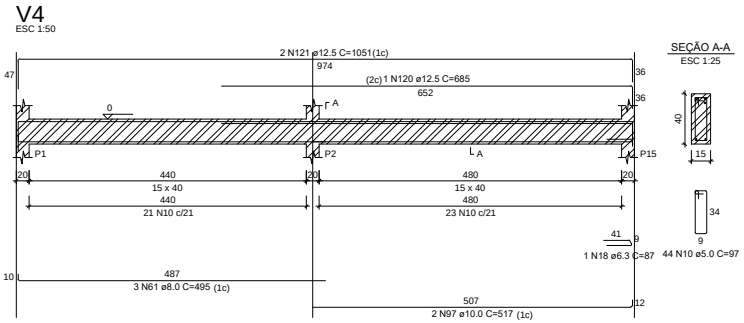
PLANTA DE FORMA INTERMEDIÁRIO TÉRREO

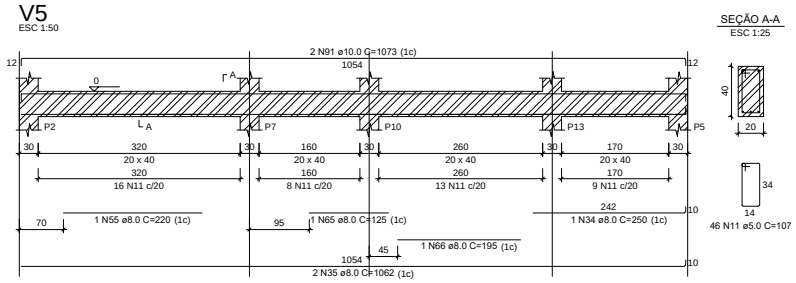
PROJETO ESTRUTURAL DE CONCRETO ARMADO	SEM ESCALA	FOLHA: 03/12
AUTOR: JÉSSICA CRISTINE FERREIRA SANTOS	ÁREA:103,88 M²	

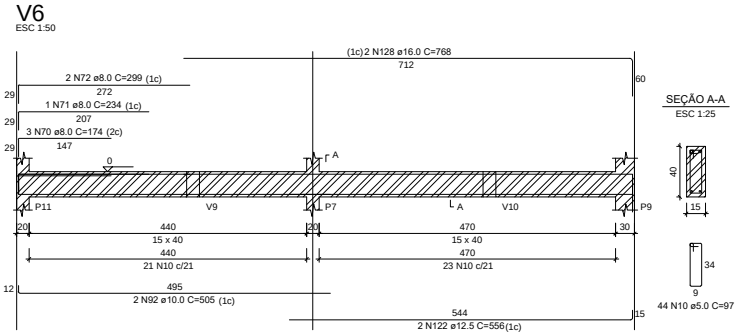






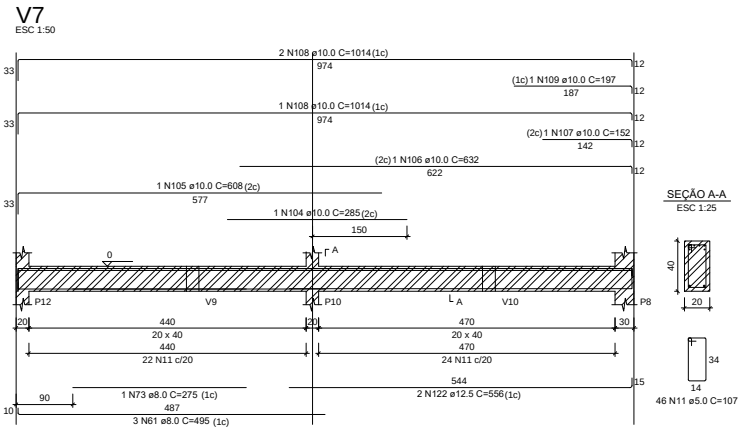


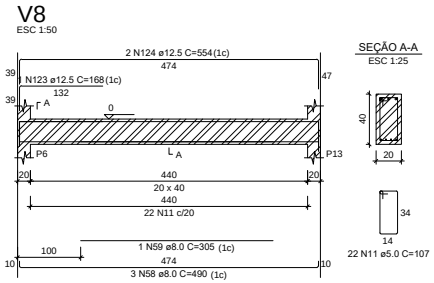


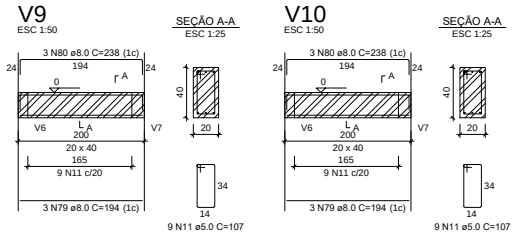


PLANTA DE VIGAS TÉRREO

PROJETO ESTRUTURAL DE CONCRETO ARMADO	SEM ESCALA	FOLHA: 04/12
AUTOR: JÉSSICA CRISTINE FERREIRA SANTOS		







RESUMO DO AÇO

AÇO	DIAM (mm)	C.TOTAL (m)	PESO + 10% (kg)
CA50	6.3	50.5	13.6
	8.0	1265.3	549.2
	10.0	1057.7	717.3
	12.5	150.6	159.6
	16.0	53.8	93.5
CA60	5.0	2082.9	353.1

PESO TOTAL (kg)	
CA50	1533.2
CA60	353.1

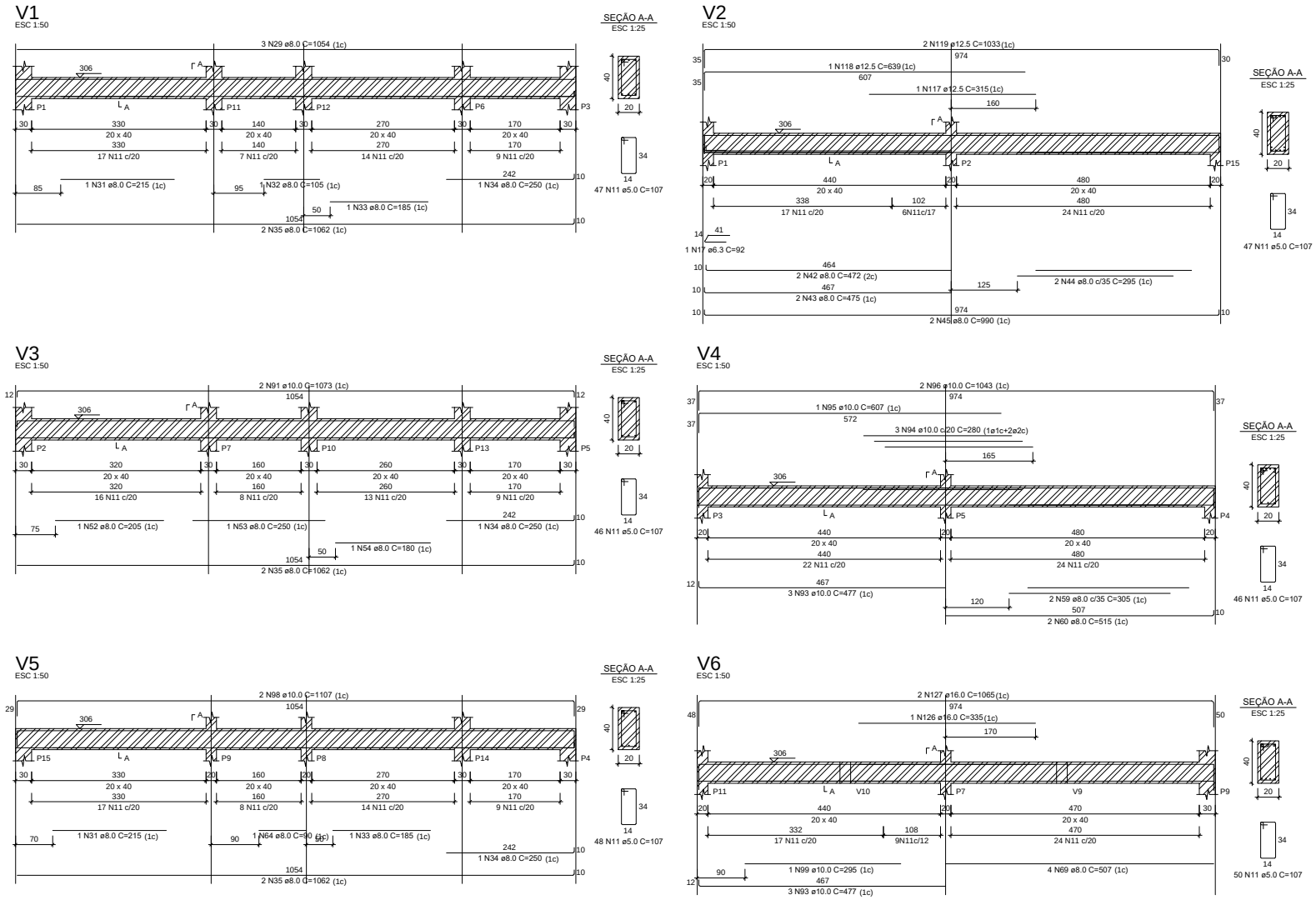
Volume de concreto (C-25) = 35.16 m³
Área de forma = 364.78 m²

RELAÇÃO DO AÇO

E1-L2	E4-L2	LE2-L2
LE3-L2	P1-L3	P1-L2
2xP1-L1	7xP2-L3	6xP2-L2
2xP2-L1	2xP3-L2	P3-L1
2xP4-L2	2xP4-L1	4xP6-L3
P6-L2	5xP6-L1	P7-L1
P8-L3	P8-L2	P9-L2
P10-L1	P11-L2	P13-L1
2xS1-L1	2xS2-L1	S7-L1
S10-L1	5xS11-L1	S13-L1
3xS15-L1	V1-L3	V1-L2
V1-L1	V2-L3	V2-L2
V2-L1	V3-L3	V3-L2
V3-L1	V4-L3	V4-L2
V4-L1	V5-L3	V5-L2
V5-L1	V6-L3	V6-L2
V6-L1	V7-L3	V7-L2
V7-L1	V8-L3	V8-L2
V8-L1	V9-L3	V9-L2
V9-L1	V10-L2	V10-L1
V15-L2	V16-L2	V17-L2
V18-L2		

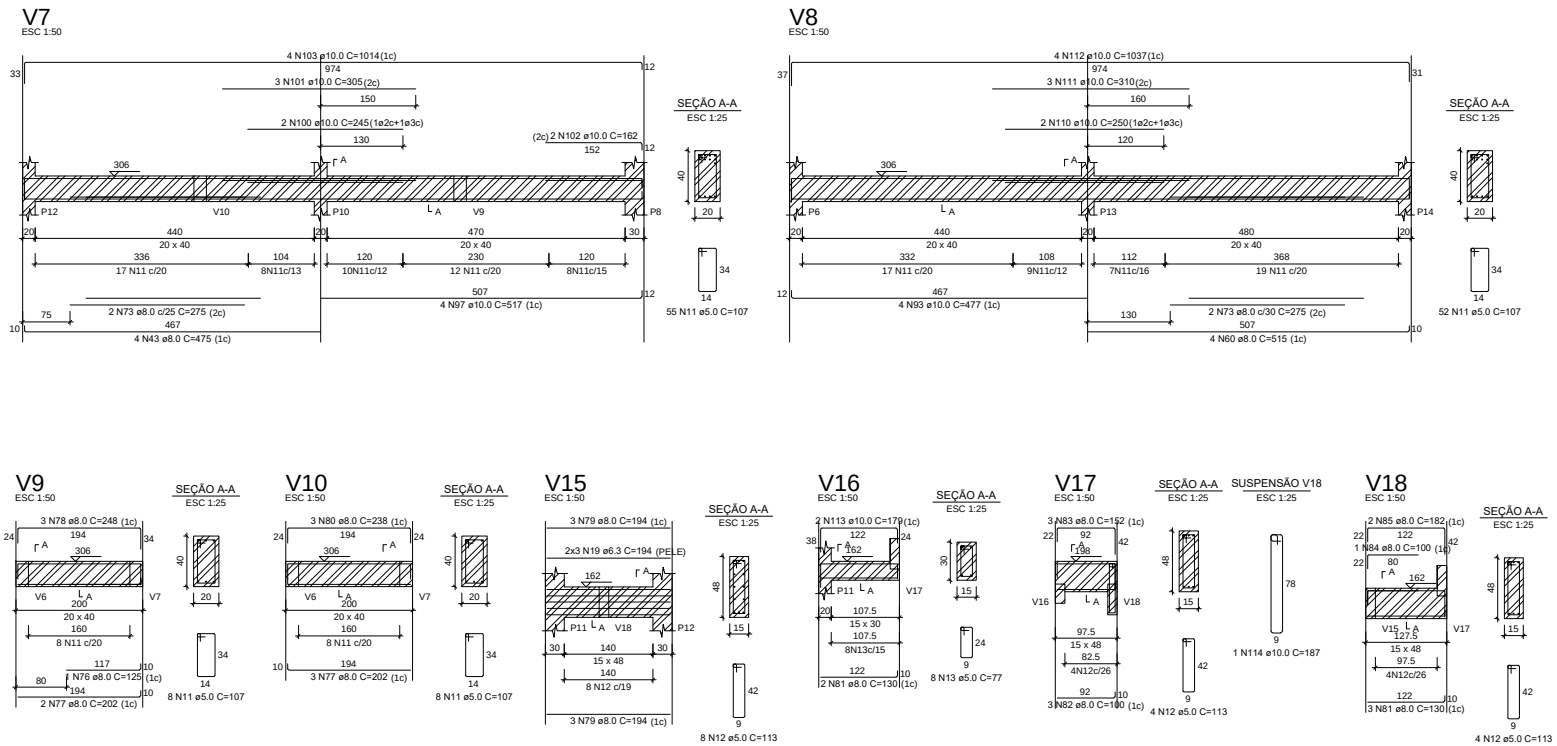
PLANTA DE VIGAS TÉRREO/ RESUMO DO AÇO

PROJETO ESTRUTURAL DE CONCRETO ARMADO	SEM ESCALA	FOLHA: 05/12
AUTOR: JÉSSICA CRISTINE FERREIRA SANTOS		



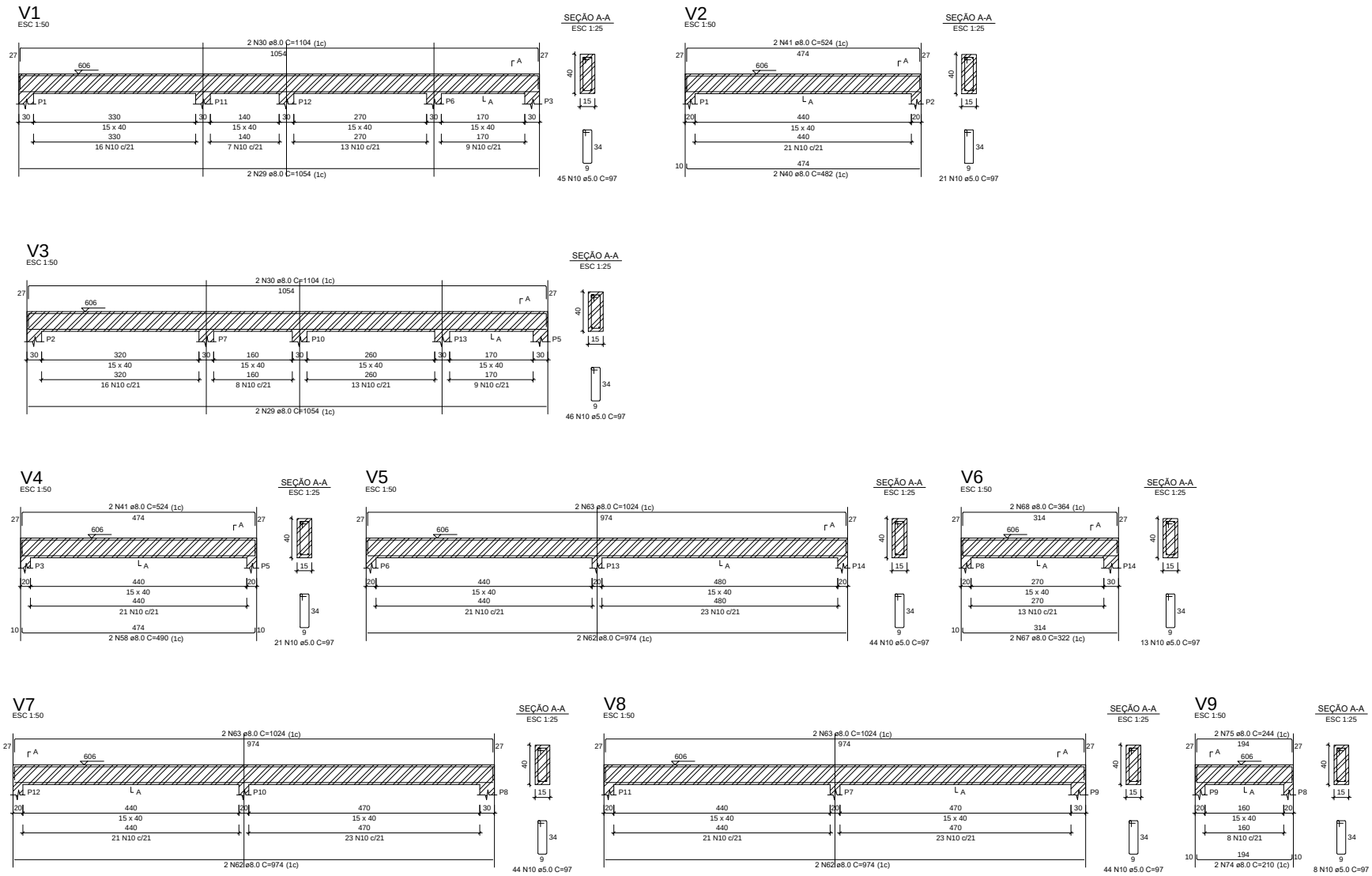
PLANTA DE VIGAS SUPERIOR

PROJETO ESTRUTURAL DE CONCRETO ARMADO	SEM ESCALA	FOLHA: 06/12
AUTOR: JÉSSICA CRISTINE FERREIRA SANTOS		



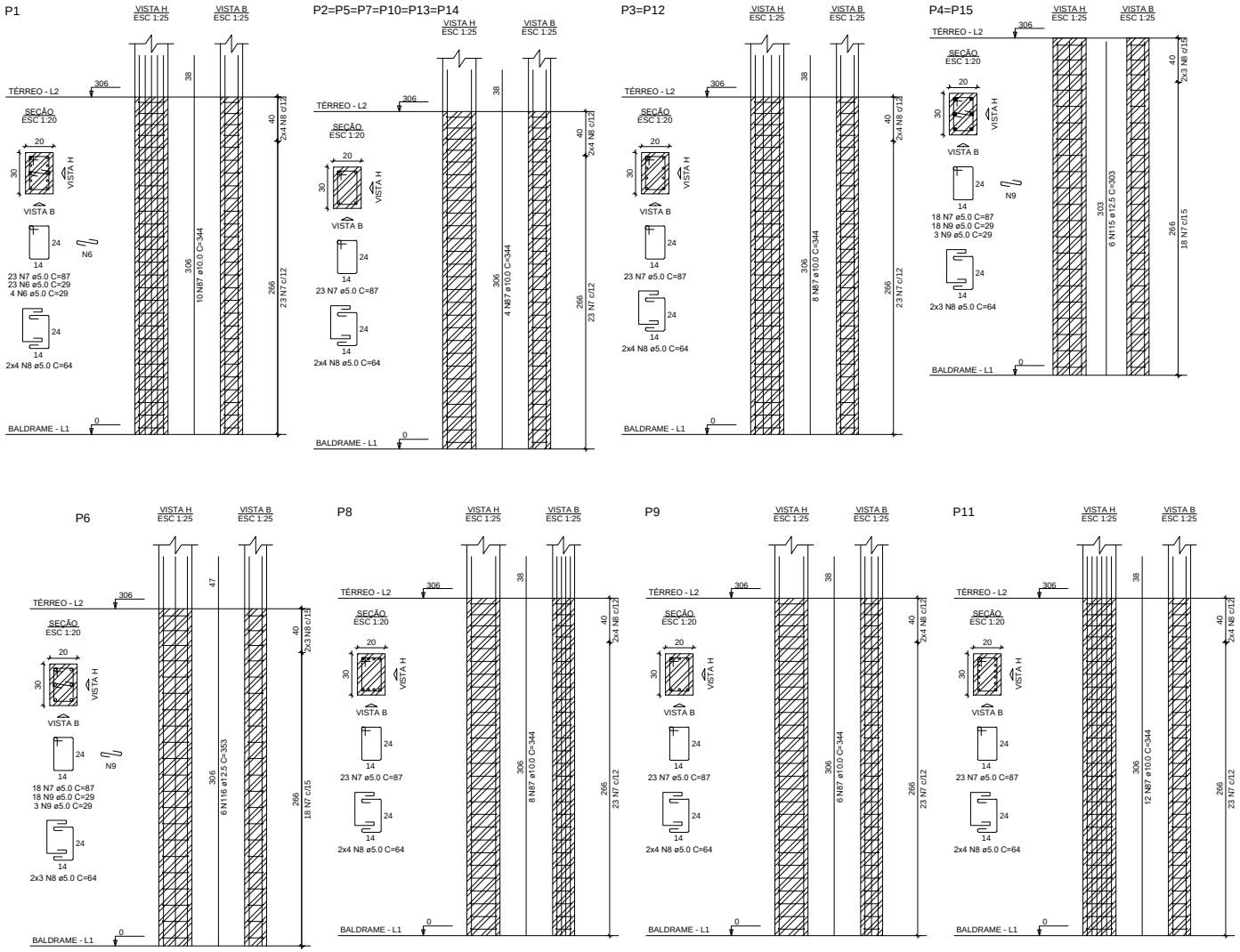
PLANTA DE VIGAS SUPERIOR

PROJETO ESTRUTURAL DE CONCRETO ARMADO	SEM ESCALA	FOLHA: 07/12
AUTOR: JÉSSICA CRISTINE FERREIRA SANTOS		



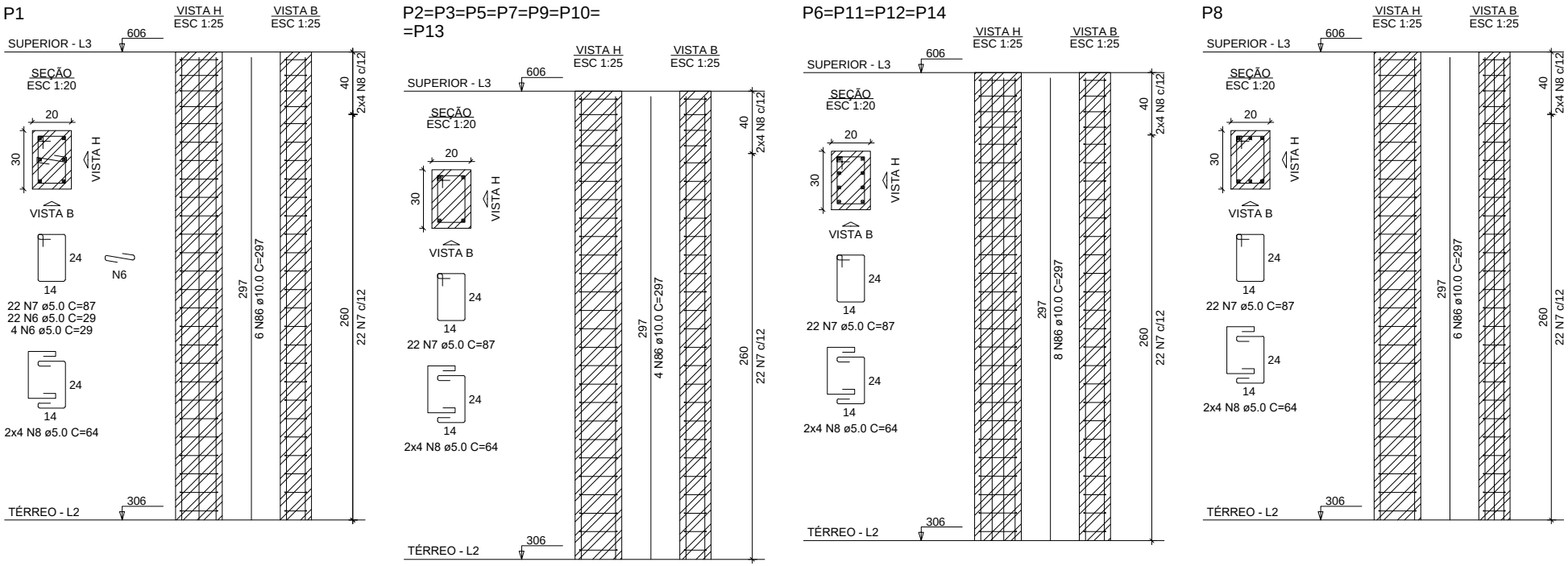
PLANTA DE VIGAS DE CINTAMENTO

PROJETO ESTRUTURAL DE CONCRETO ARMADO	SEM ESCALA	FOLHA: 08/12
AUTOR: JÉSSICA CRISTINE FERREIRA SANTOS		



PLANTA DE PILARES TÉRREO

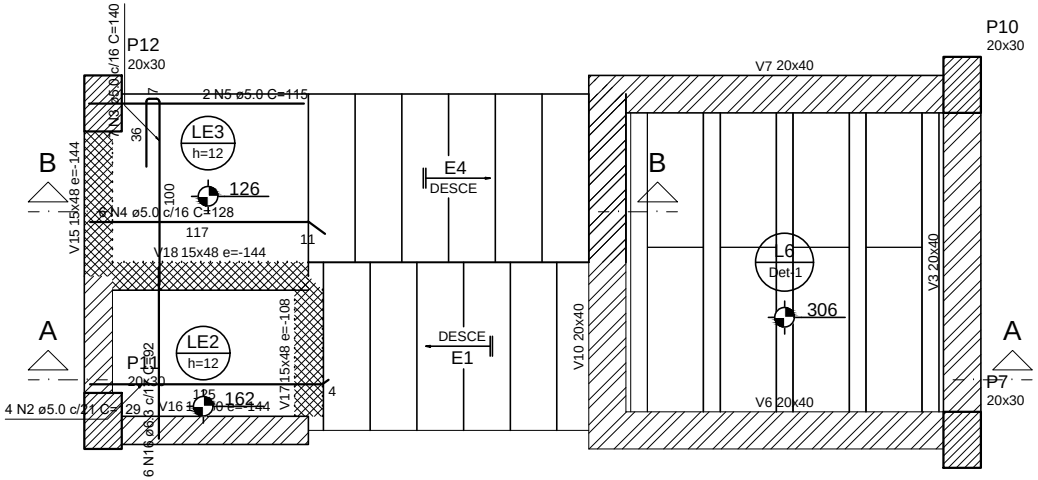
PROJETO ESTRUTURAL DE CONCRETO ARMADO	SEM ESCALA	FOLHA: 09/12
AUTOR: JÉSSICA CRISTINE FERREIRA SANTOS		

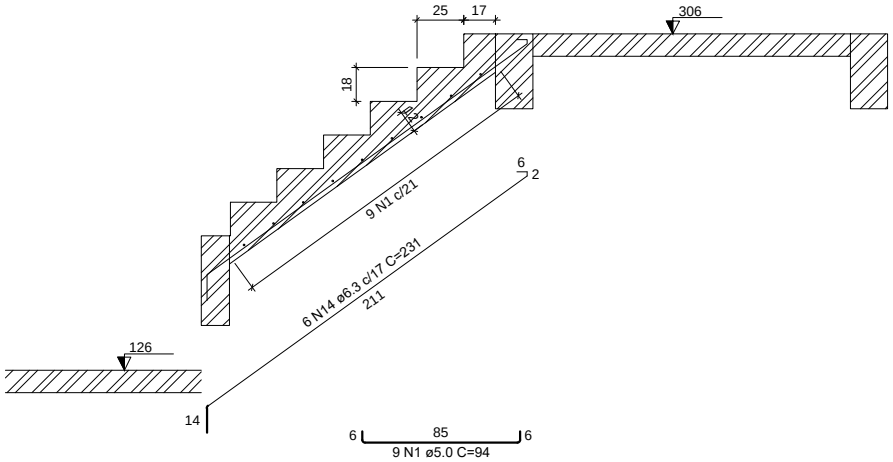


PLANTA DE PILARES SUPERIOR

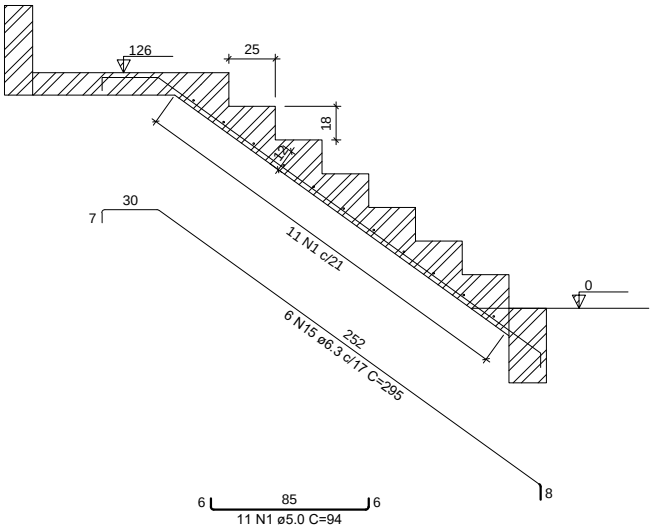
PROJETO ESTRUTURAL DE CONCRETO ARMADO	SEM ESCALA	FOLHA: 10/12
AUTOR: JÉSSICA CRISTINE FERREIRA SANTOS		

Armação positiva da escada E1



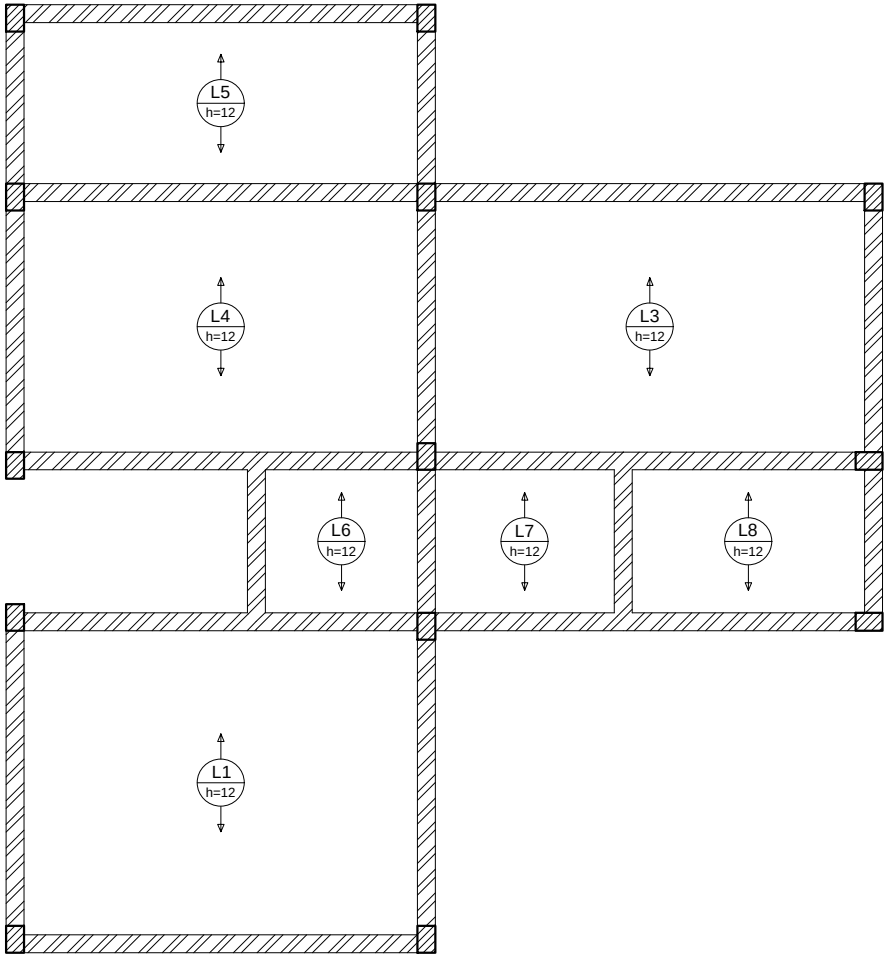


Corte A-A (E1)

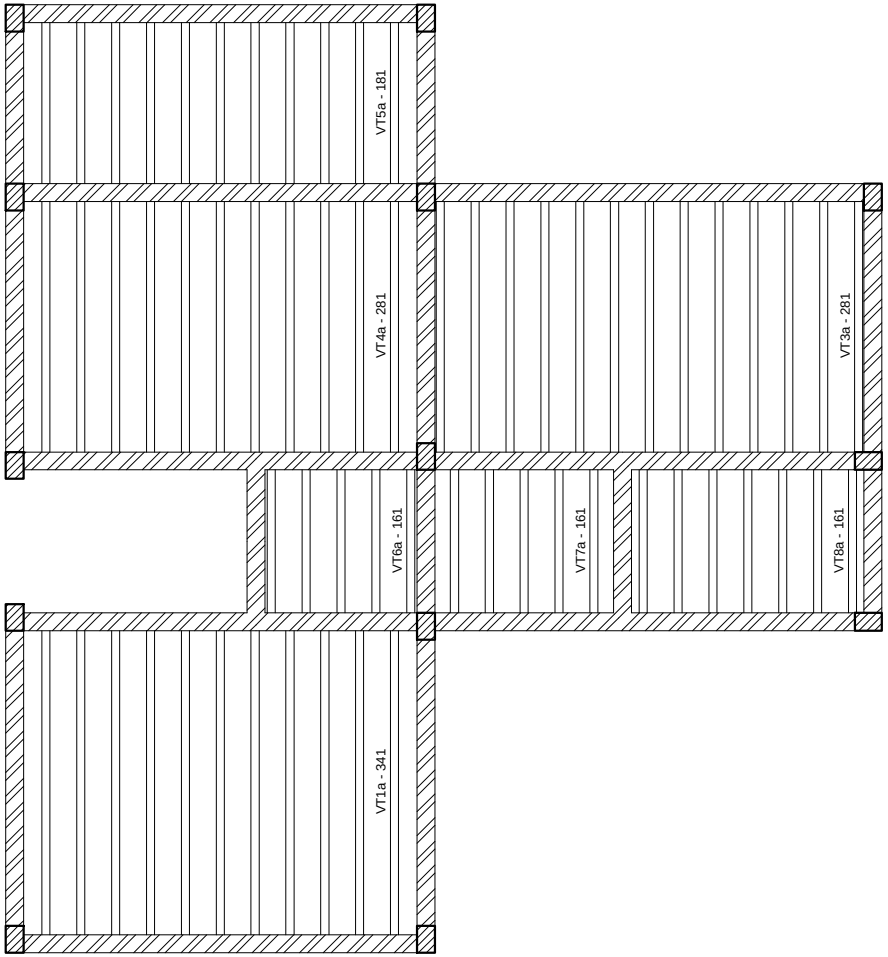


Corte B-B (E4)

ARMAÇÃO POSITIVA DA ESCADA/ CORTES DA ESCADA		
PROJETO ESTRUTURAL DE CONCRETO ARMADO	SEM ESCALA	FOLHA: 11/12
AUTOR: JÉSSICA CRISTINE FERREIRA SANTOS		



Armação positiva das lajes pavimento TÉRREO (Eixo Y)



Planta de vigotas pré-moldadas

ARMAÇÃO POSITIVA LAJE TÉRREO/ PLANTA DE VIGOTAS		
PROJETO ESTRUTURAL DE CONCRETO ARMADO	SEM ESCALA	FOLHA: 12/12
AUTOR: JÉSSICA CRISTINE FERREIRA SANTOS		

APÊNDICE E- Composição da superestrutura e vedação do sobrado em concreto armado

Relatório - Composição da superestrutura e vedação do concreto armado				Março / 2021	
Palmas					
CÓDIGO	DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS	UNIDADE	COEFICIENTE	PREÇO UNITÁRIO (R$)	PREÇO TOTAL (R$)
	SUPERESTRUTURA				
94965	**CONCRETO**	m³			R$
370	AREIA MEDIA	m³	0,723	80	57,84
1379	CIMENTO PORTLAND COMPOSTO CP II-32	m³	362,66	0,69	250,24
4721	PEDRA BRITADA N. 1	m³	0,593	61,91	36,71
88316	SERVENTE	h	2,31	15,36	35,48
88377	OPERADOR DE BETONEIRA	h	1,46	15,91	23,23
88830	BETONEIRA	CHP	0,75	1,66	1,25
		Total			**404,74**
	FÔRMAS				
92265	**FABRICAÇÃO DE FÔRMA PARA VIGAS, E = 17 MM**	m²			
1358	CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA, E = 17 MM	m²	1,146	33,89	38,84
4491	PECA DE MADEIRA, 7,5 X 7,5CM	m	0,166	8,20	1,36
4517	PECA DE MADEIRA, 2,5 X 7,0 CM	m	6,952	2,87	19,95
5068	PREGO DE ACO, 17 X 21	kg	0,159	13,73	2,18
6117	AUXILIAR DE CARPINTEIRO	h	0,202	16,40	3,31
1213	CARPINTEIRO DE FORMAS	h	1,012	19,66	19,90
91692	SERRA CIRCULAR DE BANCADA - CHP DIURNO	CHP	0,050	18,02	0,90
91693	SERRA CIRCULAR - CHI DIURNO	CHI	0,152	15,06	2,29
		Total			**88,73**
101969	**FABRICAÇÃO DE FÔRMA PARA ESCADAS, E=18 MM.**	m²			R$
1345	CHAPA DE MADEIRA, E = 18 MM	m²	1,198	39,16	46,91
4491	PONTALETE *7,5 X 7,5* CM	m	6,704	8,20	54,97
4517	SARRAFO *2,5 X 7,5* CM	m	0,925	2,87	2,65
5073	PREGO DE ACO, 17 X 24	kg	0,071	13,99	0,99
20247	PREGO DE ACO, 15 X 15	kg	0,031	15,20	0,47
88239	AJUDANTE DE CARPINTEIRO	h	0,156	16,40	2,56
88262	CARPINTEIRO DE FORMAS	h	0,780	19,66	15,33
91692	SERRA CIRCULAR DE BANCADA, COM COIFA	CHP	0,06	18,02	1,03
91693	SERRA CIRCULAR DE BANCADA	CHI	0,10	15,06	1,49
		Total			**126,42**
92263	**FABRICAÇÃO DE FÔRMA PARA PILARES, E = 17 MM**	m²			
1358	CHAPA DE MADEIRA PARA FORMA, E = 17 MM	m²	1,336	33,89	45,28

4491	PECA DE MADEIRA, 7,5 X 7,5CM	m	2,308	8,20	18,93
4517	PECA DE MADEIRA, 2,5 X 7,0 CM	m	9,237	2,87	26,51
5068	PREGO DE ACO, 17 X 21	kg	0,208	13,73	2,86
6117	AUXILIAR DE CARPINTEIRO	h	0,250	16,40	4,10
1213	CARPINTEIRO DE FORMAS	h	1,248	19,66	24,54
91692	SERRA CIRCULAR DE BANCADA-CHP DIURNO	CHP	0,063	18,02	1,14
91693	SERRA CIRCULAR DE BANCADA - CHI DIURNO	CHI	0,186	15,06	2,80
		Total			**126,14**
	ARMADURAS				
92760	**ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA, 6,3 MM**	kg			
39017	ESPACADOR / DISTANCIADOR CIRCULAR	UN.	0,97	0,18	0,17
43132	ARAME RECOZIDO, D = 1,65 MM	kg	0,025	18,95	0,47
88238	AJUDANTE DE ARMADOR	kg	0,0155	15,09	0,23
88245	ARMADOR	h	0,0947	19,76	1,87
92792	CORTE E DOBRA DE AÇO, 6,3 MM,	h	1	12,43	12,43
		Total			**15,18**
92761	**ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA, 8,0 MM**	kg			
39017	ESPACADOR / DISTANCIADOR CIRCULAR	UN.	0,743	0,18	0,13
43132	ARAME RECOZIDO, D = 1,65 MM	kg	0,025	18,95	0,47
88238	AJUDANTE DE ARMADOR	kg	0,0115	15,09	0,17
88245	ARMADOR	h	0,0707	19,76	1,40
92793	CORTE E DOBRA DE AÇO, 8 MM,	h	1	12,51	12,51
		Total			**14,69**
92762	**ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA,E 10,0 MM**	kg			
39017	ESPACADOR / DISTANCIADOR CIRCULAR	UN.	0,543	0,18	0,10
43132	ARAME RECOZIDO, D = 1,65 MM	kg	0,025	18,95	0,47
88238	AJUDANTE DE ARMADOR	kg	0,0086	15,09	0,13
88245	ARMADOR	h	0,0529	19,76	1,05
92794	CORTE E DOBRA DE AÇO, 10 MM	h	1	11,6	11,60
		Total			**13,35**
92763	**ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA , 12,50 MM**	kg			
39017	ESPACADOR / DISTANCIADOR CIRCULAR	UN.	0,367	0,18	0,07
43132	ARAME RECOZIDO, D = 1,65 MM	kg	0,025	18,95	0,47
88238	AJUDANTE DE ARMADOR	kg	0,0063	15,09	0,10
88245	ARMADOR	h	0,0386	19,76	0,76
92795	CORTE E DOBRA DE AÇO, 12,5 MM	h	1	9,96	9,96
		Total			**11,36**
92764	**ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA, 16 MM**	kg			
39017	ESPACADOR / DISTANCIADOR CIRCULAR	UN.	0,212	0,18	0,04
43132	ARAME RECOZIDO, D = 1,65 MM	kg	0,025	18,95	0,47

88238	AJUDANTE DE ARMADOR	kg	0,0043	15,09	0,06
88245	ARMADOR	h	0,0261	19,76	0,52
92796	CORTE E DOBRA DE AÇO, 16,00 MM	h	1	9,89	9,89
		Total			**10,98**
101963	**LAJE PRÉ-MOLDADA UNIDIRECIONAL**	M²			
3743	LAJE PRE-MOLDADA CONVENCIONAL	M²	1	57,02	57,02
6193	TABUA NAO APARELHADA,*2,5 X 20* CM	m	1,87	9,53	17,82
40304	PREGO DE ACO, 17 X 27	kg	0,04	16,95	0,68
88262	CARPINTEIRO DE FORMAS	h	0,501	19,66	9,85
88316	SERVENTE	h	0,354	15,36	5,44
92273	FABRICAÇÃO DE ESCORAS DO TIPO PONTALETE	m	0,97	13,8	13,39
92723	CONCRETAGEM DE VIGAS E LAJES, FCK=20 MPA	m³	0,054	424,2	22,91
92783	ARMAÇÃO DE LAJE	kg	1,211	17,54	21,24
		Total			**148,34**
102074	**ESCADA EM CONCRETO ARMADO**	m³			
92725	CONCRETAGEM DE VIGAS E LAJES, FCK=20 MPA	m³	1	420,08	420,08
95943	ARMAÇÃO DE ESCADA, 5,0 MM	kg	7,84	20,35	159,54
95946	ARMAÇÃO DE ESCADA, 10 MM	kg	104,16	14,13	1.471,78
101930	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA	m²	7,85	199,35	1.564,90
		Total			**3.616,30**
90112	**ALVENARIA DE VEDAÇÃO, 14X19X39CM**	M²			
37593	BLOCO CERAMICO DE VEDACAO, 14 X 19 X 39 CM	UN.	13,600	2,86	38,90
34547	TELA DE ACO SOLDADA GALVANIZADA/ZINCADA	m	0,785	4,72	3,71
37395	PINO DE ACO COM FURO, 27 MM	cento	0,019	38,53	0,73
87369	ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8	m³	0,012	531,42	6,27
88309	PEDREIRO	h	1,060	19,87	21,06
88316	SERVENTE	h	0,530	15,36	8,14
		Total			**78,80**
Encargos Sociais: 118,37 %					

FONTE: Autor (2021).

APÊNDICE F- Composição da superestrutura do sobrado em alvenaria estrutural

Relatório - Composição da superestrutura em alvenaria estrutural					Março /
Palmas					2021
CÓDIGO	DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS	UNIDADE	COEFICIENTE	PREÇO UNITÁRIO (R$)	PREÇO TOTAL (R$)
	ALVENARIA ESTRUTURAL				
COMP	**ALVENARIA ESTRUTURAL 19 X 19 X 39 CM**	M²			
25067	BLOCO DE CONCRETO 19 X 19 X 39 CM	un	11,9900	3,94	47,24
38597	CANALETA DE CONCRETO 14 X 19 X 39 CM	un	0,9700	3,55	3,44
34547	TELA DE ACO SOLDADA GALVANIZADA/ZINCADA	m	0,8700	4,72	4,11
88309	PEDREIRO	h	1,0200	19,87	20,27
88316	SERVENTE	h	0,5100	15,36	7,83
88715	ARGAMASSA TRAÇO 1:2:9	m³	0,0104	416,06	4,33
		Total			**87,22**
	BLOCOS				
	BLOCO DE CONCRETO 19 X 19 X 59 CM				
		Total			
MERCADO	**BLOCO DE CONCRETO 19 X 19 X 19 CM**	un	1,00	2,99	2,99
		Total			
	GRAUTEAMENTO				
89993	**GRAUTEAMENTO VERTICAL**	m³			
88309	PEDREIRO	h	8,0998	19,87	160,94
88316	SERVENTE	h	5,7292	15,35	87,94
90279	GRAUTE FGK=20 MPA; TRAÇO 1:0,04:1,6:1,9	m³	1,2030	388,12	466,91
		Total			**715,79**
89995	**GRAUTEAMENTO DE CINTA SUPERIOR / VERGA**	m³			
88309	PEDREIRO	h	7,2383	19,87	143,83
88316	SERVENTE	h	5,1197	15,35	78,59
90279	GRAUTE FGK=20 MPA; TRAÇO 1:0,04:1,6:1,9	m³	1,2030	388,12	466,91
		Total			**689,32**
89994	**GRAUTEAMENTO DE CINTA INTE./CONTRAVERGA**	m³			
88309	PEDREIRO	h	4,7314	19,87	94,01
88316	SERVENTE	h	3,3466	15,35	51,37
90279	GRAUTE FGK=20 MPA; TRAÇO 1:0,04:1,6:1,9	m³	1,203	388,12	466,91
		Total			**612,29**
	ARMAÇÃO				
89996	**ARMAÇÃO VERTICAL, 10,0 MM**	KG			
34	ACO CA-50, 10,0 MM, VERGALHAO	KG	1,0000	10,22	10,22
88309	PEDREIRO	h	0,0627	19,87	1,25
88316	SERVENTE	h	0,0443	15,35	0,68
		Total			**12,15**
90000	**ARMAÇÃO DE VERGA E CONTRAVERGA, 10,0 MM**	KG			
34	ACO CA-50, 10,0 MM, VERGALHAO	KG	1,0000	10,22	10,22
88309	PEDREIRO	h	0,0972	19,87	1,93
88316	SERVENTE	h	0,0688	15,35	1,06
		Total			**13,21**
89998	**ARMAÇÃO DE CINTA, 10,0 MM**	KG			

34	ACO CA-50, 10,0 MM, VERGALHAO	KG	1,0000	10,22	10,22
88309	PEDREIRO	h	0,0492	19,87	0,98
88316	SERVENTE	h	0,0348	15,35	0,53
			Total		**11,73**
	LAJE				
101963	**LAJE PRÉ-MOLDADA UNIDIRECIONAL**	M²			
3743	LAJE PRE-MOLDADA CONVENCIONAL	M²	1	57,02	57,02
6193	TABUA NAO APARELHADA *2,5 X 20* CM	m	1,87	9,53	17,82
40304	PREGO DE ACO, 17 X 27	kg	0,04	16,95	0,68
88262	CARPINTEIRO	h	0,501	19,66	9,85
88316	SERVENTE	h	0,354	15,36	5,44
92273	FABRICAÇÃO DE ESCORAS	m	0,97	13,8	13,39
92723	CONCRETAGEM DE VIGAS E LAJES, FCK=20 MPA	m³	0,054	424,2	22,91
92783	ARMAÇÃO DE LAJE	kg	1,211	17,54	21,24
			Total		**148,34**
	ESCADA				
102074	**ESCADA, FCK 20 MPA**	m³			
92725	CONCRETAGEM DE VIGAS E LAJES, FCK=20 MPA	m³	1	420,08	420,08
95943	ARMAÇÃO DE , 5,0 MM	kg	7,84	20,35	159,54
95946	ARMAÇÃO DE ESCADA, 10 MM	kg	104,16	14,13	1.471,78
101930	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA	m²	7,85	199,35	1.564,90
			Total		**3.616,30**
					Encargos Sociais: 118,37 %

FONTE: Autor (2021).

APÊNDICE G- Composição do revestimento

Relatório - Composição do revestimento				Março / 2021	
Palmas					
CÓDIGO	DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS	UNI DADE	COEFI CIENTE	PREÇO UNITÁRIO (R$)	PREÇO TOTAL (R$)
	REVESTIMENTO				
87529	**MASSA ÚNICA, PARA RECEBIMENTO DE PINTURA, EM ARGAMASSA**	m²		R$	R$
88309	PEDREIRO	h	0,47	19,87	9,34
88316	SERVENTE	h	0,171	15,36	2,63
87292	ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8	kg	0,0376	441,51	16,60
			Total		**28,57**
93395	**REVESTIMENTO CERÂMICO PARA PAREDES INTERNAS**	m²			
533	REVESTIMENTO EM CERAMICA ESMALTADA	m²	1,06	16,82	17,83
1381	ARGAMASSA COLANTE AC I	kg	4,86	0,55	2,67
34357	REJUNTE CIMENTICIO, QUALQUER COR	kg	0,42	3,22	1,35
88256	AZULEJISTA OU LADRILHISTA	h	0,70	19,80	13,86
88316	SERVENTE	h	0,37	15,36	5,68
			Total		**41,40**
93391	**REVESTIMENTO CERÂMICO, 35X35 CM, > 10 M2**	m²			
1297	PISO EM CERAMICA ESMALTADA,PADRAO POPULAR	m²	1,06	17,42	18,47
1381	ARGAMASSA COLANTE AC I	kg	4,86	0,55	2,67
34357	REJUNTE CIMENTICIO, QUALQUER COR	kg	0,24	3,22	0,77
88256	AZULEJISTA OU LADRILHISTA COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	h	0,24	19,80	4,75
88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	h	0,15	15,36	2,30
			Total		**28,97**
93390	**REVESTIMENTO CERÂMICO ,35X35 CM, 5 M2-10 M2**	m²			
1297	PISO EM CERAMICA ESMALTADA,PADRAO POPULAR	m²	1,06	17,42	18,47
1381	ARGAMASSA COLANTE AC I	kg	4,86	0,55	2,67
34357	REJUNTE CIMENTICIO, QUALQUER COR	kg	0,24	3,22	0,77
88256	AZULEJISTA OU LADRILHISTA	h	0,43	19,80	8,51
88316	SERVENTE	h	0,2	15,36	3,07
			Total		**33,50**

87246	**REVESTIMENTO CERÂMICO, 35X35 CM, < 5 M2**	m²			
1287	PISO EM CERAMICA ESMALTADA EXTRA	m²	1,08	21,00	22,68
1381	ARGAMASSA COLANTE AC I	kg	4,86	0,55	2,67
34357	REJUNTE CIMENTICIO, QUALQUER COR	kg	0,24	3,22	0,77
88256	AZULEJISTA OU LADRILHISTA COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	h	0,64	19,80	12,67
88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	h	0,26	15,36	3,99
		Total			**42,79**
38648	**RODAPÉ CERÂMICO, 35X35CM**	m²			
1287	PISO EM CERAMICA ESMALTADA	m²	0,123	21,00	2,58
1381	ARGAMASSA COLANTE AC I	kg	0,603	0,55	0,33
34357	REJUNTE CIMENTICIO, QUALQUER COR	kg	0,085	3,22	0,27
88256	AZULEJISTA OU LADRILHISTA	h	0,07	19,80	1,39
88316	SERVENTE	h	0,031	15,36	0,48
		Total			**5,05**
87621	**CONTRAPISO EM ARGAMASSA TRAÇO 1:4**	m²			
1379	CIMENTO PORTLAND COMPOSTO CP II-32	kg	0,5	0,69	0,35
7334	ADITIVO ADESIVO LIQUIDO PARA ARGAMASSAS	l	0,435	13,01	5,66
87301	ARGAMASSA TRAÇO 1:4	m³	0,031	506,16	15,69
88309	PEDREIRO	h	0,29	19,87	5,76
88316	SERVENTE	h	0,145	15,36	2,23
		Total			**29,68**
					Encargos Sociais: 118,37 %

FONTE: Autor (2021).

APÊNDICE H- Composição da pintura

Relatório - Composição da pintura				Março / 2021	
Palmas					
CÓDIGO	**DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS**	**UNIDADE**	**COEFICIENTE**	**PREÇO UNITÁRIO (R$)**	**PREÇO TOTAL (R$)**
	PINTURA				
88495	**APLICAÇÃO E LIXAMENTO DE MASSA LÁTEX**	**m²**			R$
3767	LIXA EM FOLHA PARA PAREDE OU MADEIRA	un	0,06	0,69	0,00
4047	MASSA CORRIDA PVA PARA PAREDES INTERNAS	gl	0,16	15,75	2,58
88310	PINTOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	h	0,23	22,90	5,36
88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	h	0,09	15,36	1,32
		Total			**9,26**
88489	**APLICAÇÃO DE PINTURA COM TINTA LÁTEX**	**m²**			R$
7356	TINTA ACRILICA PREMIUM, COR BRANCO FOSCO	m²	0,33	23,52	7,76
88310	PINTOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	l	0,19	22,90	4,28
88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	l	0,07	15,36	1,06
		Total			**13,10**
88487	**APLICAÇÃO DE PINTURA COM TINTA LÁTEX PVA**	**m²**			R$
7356	TINTA ACRILICA PREMIUM, COR BRANCO FOSCO	l	0,33	23,52	7,76
88310	PINTOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	h	0,13	22,90	2,98
88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	h	0,05	15,36	0,74
		Total			**11,48**
					Encargos Sociais: 118,37 %

FONTE: Autor (2021).

APÊNDICE I- Composição das esquadrias

Relatório - Composição das esquadrias do sobrado				Março / 2021	
Palmas					
CÓDIGO	DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO(R$)	PREÇO TOTAL(R$)
	ESQUADRIAS				
90801	**BATENTE PARA PORTA DE MADEIRA**	un			**R$**
183	BATENTE/ PORTAL/ ADUELA/ MARCO MACICO	kg	1,000	174,5	174,5
5066	PREGO DE ACO POLIDO COM CABECA	l	0,011	18,1	0,2
5075	PREGO DE ACO POLIDO COM CABECA		0,024	13,7	0,3
88261	CARPINTEIRO DE ESQUADRIA	h	2,741	19,7	53,9
88316	SERVENTE	h	1,357	15,4	20,8
		Total			**249,79**
90820	**PORTA DE MADEIRA, 60X210CM**	un			
2432	DOBRADICA EM ACO/FERRO	un	3,000	12,59	37,77
10553	PORTA DE MADEIRA, FOLHA MEDIA	un	1,000	163,26	163,26
11055	PARAFUSO ROSCA, CABECA CHATA	un	19,800	0,04	0,79
1214	CARPINTEIRO DE ESQUADRIA	h	1,282	19,67	25,22
6111	SERVENTE	h	0,641	15,36	9,85
		Total			**236,88**
90822	**PORTA DE MADEIRA, 80X210CM**	un			
2432	DOBRADICA EM ACO/FERRO	UN	3	12,59	37,77
10555	PORTA DE MADEIRA, 80 X 210 CM	UN	1	179,62	179,62
11055	PARAFUSO ROSCA, CABECA CHATA	UN	19,8	0,04	0,79
1214	CARPINTEIRO DE ESQUADRIA	H	1,546	19,67	30,41
6111	SERVENTE	H	0,773	15,36	11,87
		Total			**260,47**
					Encargos Sociais: 118,37 %

FONTE: Autor (2021).