

**FAAT FACULDADES
ENGENHARIA CIVIL**

**ALEXANDRE DA SILVA SOUZA
AMANDA CORRÊA MOTTA
DOUGLAS EDMAR DOS SANTOS
LUCAS APARECIDO OLIVEIRA
RAFAEL AUGUSTO MORETO**

**DESENVOLVIMENTO DE UMA RESIDÊNCIA DE 400 M²,
APLICANDO CONCEITOS DE ALVENARIA ESTRUTURAL**

ATIBAIA – 2017

**FAAT FACULDADES
ENGENHARIA CIVIL**

**ALEXANDRE DA SILVA SOUZA
AMANDA CORRÊA MOTTA
DOUGLAS EDMAR DOS SANTOS
LUCAS APARECIDO OLIVEIRA
RAFAEL AUGUSTO MORETO**

**DESENVOLVIMENTO DE UMA
RESIDÊNCIA DE 400 M², APLICANDO
CONCEITOS DE ALVENARIA ESTRUTURAL**

Trabalho de Conclusão de
Curso apresentado como exigência
parcial para obtenção do grau de
Bacharel em Engenharia Civil pela
FAAT FACULDADES, sob
orientação da professora Ma.
Carolina A. C. Raymundo

ATIBAIA – 2017

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT NBR	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ART	Anotação de Responsabilidade Técnica
CAD	AutoCad
FAAT	Faculdades Atibaia
GLP	Gás Liquefeito de Petróleo
GN	Gás Natural
KPA	Quilopascal
KW	Quilowatt
M/S	Metros por segundo
SP	São Paulo
SPT	Standart Penetration Test
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso

RESUMO

O Presente trabalho constitui-se de um desenvolvimento de uma residência de 400 m² aplicando os conceitos de alvenaria estrutural e de suas implicações a fim de contribuir para a melhoria dos projetos arquitetônicos, projetos de modulação, projetos estruturais e projetos de instalações prediais utilizando este sistema. O trabalho foca em uma residência destinada a habitação em geral. Tem como objetivo fornecer dados e parâmetros para ajudar os engenheiros nas escolhas de projeto quando utilizarem esse método de sistema construtivo. Também tem a pretensão de divulgar a técnica e com isso demonstrar suas potencialidades e as limitações em construções por esse método construtivo. A alvenaria estrutural oferece várias vantagens no seu método construtivo, tais como a racionalização do processo e grande qualidade no produto final, tendo em vista que a estrutura das residências construídas em alvenaria estrutural se presta a outras funções, tais como isolante térmico e acústico. O Trabalho resulta em um projeto residencial que visa contemplar as melhores potencialidades do sistema construtivo, com ênfase em todos os projetos, tais como, arquitetônico, modulação, estrutural, de instalações prediais e com a indicação do melhor tipo de método de fundação ao projeto desenvolvido, ao mesmo tempo que atenda ao programa de legislação urbana em que está inserido. O desenvolvimento do projeto da residência na cidade de Bragança Paulista visa promover o método construtivo e afins.

Palavras-chave: Alvenaria Estrutural; Desenvolvimento de uma residência; Projeto Arquitetônico;

ABSTRACT

The following work consists of the development of a residence of 400 m², applying the concepts of structural masonry and its implications in order to contribute to the improvement of the architectural projects, modulation projects, structural projects and building facilities projects using this system. The work focuses on a residence intended for general housing. It aims to provide data and parameters to assist engineers on project choices when using this constructive system method. It also has the pretension to share the technique and with that demonstrate its potentialities and the limitations on constructions by this constructive method. The structural masonry offers several advantages in its construction method, such as process rationalization and high quality in the final product, given that the structure of residences built in structural masonry lends itself to other functions, such as thermal and acoustic insulation. The work results in a residential project that aims to contemplate the best potential of the construction system, with emphasis on all projects, such as: architectural, structural modulation, building facilities and with the indication of the best type of foundation method to the project developed, while at the same time it meets the urban legislation program in which it is inserted. The development of the residence project in the city of Bragança Paulista aims to promote the constructive method and others.

Key words: *Structural Masonry; Residence Development; Architectural Project.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Localização do Terreno.....	15
Figura 2: Projeto arquitetônico pavimento térreo.....	16
Figura 3: Projeto arquitetônico 1º pavimento	17
Figura 4: Exemplo de alvenaria estrutural.....	21
Figura 5: Ilustração da modulação de um projeto.	22
Figura 6: Famílias de blocos existentes	23
Figura 7: Elementos estruturais	23
Figura 8: Aplicação de argamassa.....	24
Figura 9: Execução do graute	24
Figura 10: Projeto de modulação - Pavimento térreo	25
Figura 11: Projeto de modulação - Pavimento térreo	26
Figura 12: Projeto de modulação – 1º Pavimento	27
Figura 13: Projeto de modulação – 1º Pavimento	28
Figura 14: Famílias de blocos cerâmicos mais utilizadas	29
Figura 15: Família de blocos e suas respectivas dimensões.....	30
Figura 16: Bloco de concreto	31
Figura 17: Blocos cerâmicos, (a) bloco cerâmico de paredes vazadas, (b) bloco cerâmico de paredes maciças, (c) bloco cerâmico de paredes externas maciças e paredes internas vazadas e (d) bloco cerâmico de paredes perfuradas.....	32
Figura 18: Canaleta de concreto com função estrutural	32
Figura 19: Canaleta de cerâmica com função estrutural	32
Figura 20: Elementos de ajunte de modulação em concreto.....	33
Figura 21: Elementos de ajunte de modulação em cerâmica	33
Figura 22: Sapatas Corridas.	37
Figura 23: Exemplo de fundação do tipo radiers	38
Figura 24: Bloco de fundação	38
Figura 25: Solução “tipo boneca”	41
Figura 26: Caixas de tomadas chumbadas na parede.	43
Figura 27: Shafts internos.....	46
Figura 28: Shafts externos.....	46
Figura 29: Exemplos de Formatos de calhas:	48
Figura 30: Tipos de calhas:.....	48
Figura 31: Exemplo grupo de paredes	51
Figura 32: Exemplo de direção x e y.....	52
Figura 33: Modelo “direção x”	53

Figura 34: Modelo “direção y”	54
Figura 35: Planta das formas das lajes	60
Figura 36: Locação de Tubulações de Elétrica	60
Figura 37: Locação de Passagens de Hidráulica	61
Figura 38: Locação de Grautes.....	61
Figura 39: Elevação	62
Figura 40: Primeira Fiada	62
Figura 41: Segunda Fiada	63
Figura 42: Projeto elétrico pavimento térreo	65
Figura 43: Projeto elétrico 1º pavimento	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Coeficiente Urbanístico de Bragança Paulista.....	19
Tabela 2: Famílias existentes de blocos cerâmicos e suas respectivas dimensões	29
Tabela 3: Valores dos tipos de aços	59

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1. Justificativa.....	12
1.2. Objetivos	12
1.3. Metodologia.....	13
2. PROJETO ARQUITETÔNICO	15
2.1. Plano Diretor	18
2.1.1. Código de urbanismo	18
3. ALVENARIA ESTRUTURAL	20
3.1. Definição	20
3.2. A utilização do sistema	20
3.3. Projeto de alvenaria Estrutural	21
3.3.1. Materiais que compõem a alvenaria estrutural	22
3.3.1.1. Modulação em alvenaria estrutural	25
3.3.2. Elementos estruturais de concreto e cerâmico.....	30
3.3.3. Argamassas	33
3.3.4. Graute	35
4. FUNDAÇÃO	36
4.1. Fundações superficiais (ou rasas ou diretas).....	36
4.1.1. Sapatas	37
4.1.2. Radiers	37
4.1.3. Blocos de fundação.....	38
4.1.4. Estacas.....	39
4.1.5. Tubulões.....	39
4.1.6. Considerações para escolha do melhor tipo de fundação para o projeto desenvolvido	39
5. INSTALAÇÕES PREDIAIS	40
5.1. Instalações elétricas.....	41

5.2.	Instalações de gás	43
5.3.	Instalações hidrossanitárias	44
5.4.	Instalações de águas pluviais	46
5.5.	Compatibilização de Projetos.....	48
6.	PROJETO ESTRUTURAL.....	50
6.1.	Dimensionamento da alvenaria estrutural	50
6.1.1.	Distribuição de cargas e carregamento por grupo de paredes	50
6.1.2.	Cálculo da resistência dos blocos	51
6.1.3.	Ações Laterais: Modelo de Distribuição dos Esforços e Verificação da Flexo Compressão e Cisalhamento	52
6.1.4.	Máxima compressão e tração	54
6.1.5.	Verificação de cisalhamento.....	55
6.1.6.	Estabilidade global	55
6.1.7.	Verga e contra-verga.....	56
	O dimensionamento de verga e contra-verga, é realizado seguindo os seguintes passos:	56
6.2.	Projeto de Alvenaria estrutural e seus pontos importantes	59
7.	PROJETO DE INSTALAÇÕES PREDIAIS.....	64
7.1.	Projeto de instalações elétricas.....	64
7.2.	Projeto de instalações hidrossanitárias.....	67
8.	CONCLUSÃO	68
9.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69
	ANEXOS	74
	Anexo A – Memorial Instalações Elétricas.....	74
	Anexo B – Memorial Gás Liquefeito de Petróleo – GLP.....	79
	Anexo C – Memorial Hidrossanitário.....	87
	Anexo D – Memorial Hidráulico.....	97
	Anexo E – Memorial de Cálculo Estrutural	105
	Anexo F – Projetos Desenvolvidos em A4.....	125

1. INTRODUÇÃO

Quando se fala em construção civil um dos métodos mais antigos é a alvenaria estrutural, quando se trata de residências ou áreas comerciais. Vem sendo utilizada há mais de um século, desde os tempos bíblicos até os tempos modernos de hoje.

A alvenaria estrutural tem várias vantagens imediatas, como a relação custo x tempo, que são fatores muito prezados no mercado imobiliário de hoje em dia, pois é uma maneira, mais rápida e econômica de se construir. Além da segurança, qualidade, redução no uso de formas, armaduras e concreto, redução da mão-de-obra, eliminação de rasgos entre as estruturas para passar instalações e tubos, etc.

O que diferencia uma alvenaria convencional em concreto armado de uma alvenaria estrutural? A alvenaria em concreto armado tem prioridade apenas em vedação, já a estrutural, como o próprio nome já diz, substitui elementos principais de construção, como: o concreto armado e a alvenaria de vedação. Pois próprios blocos têm essa finalidade, suportar o próprio peso, mais as cargas que são adicionadas, como: pavimentos superiores e peso das lajes e telhados.

A grosso modo, iniciar cálculos de uma residência em alvenaria estrutural parece ser simples, visando que terão principalmente blocos em toda a sua construção. Entretanto, têm-se vários aspectos a serem considerados durante o cálculo, como: a família de blocos que serão utilizadas, pois os comprimentos devem coincidir com quantidades de blocos para não haver desperdício, todos os tipos de projetos, instalações elétricas, de gás, hidro sanitária, hidráulica, águas pluviais, fundações e estrutural.

Tendo como base todos os itens acima, admite-se a necessidade, de um trabalho completo rico em conteúdo, de modo que todas as normas vigentes serão seguidas e que o trabalho possa servir como referências futura e implique em melhorias para esse tipo de método construtivo.

1.1. Justificativa

A alvenaria estrutural se tornou uma solução para a relação tempo x custo, sendo uma técnica de construção otimizada e racionalizada gerando assim, uma economia considerável na obra de aproximadamente a 30% (2016) em residências de até quatro pavimentos, quando comparada a outros sistemas construtivos como o concreto armado.

Ainda assim, sente-se falta de pesquisas feitas utilizando esse processo construtivo, pois os profissionais o veem com certo preconceito ainda e acabam optando pelo usual concreto moldado in loco. Isso porque a alvenaria estrutural tem ainda a “fama” de ser um projeto engessado que não permite adaptações da arquitetura. Por este motivo, este trabalho torna-se importante, onde procura-se realizar um projeto residencial que seja funcional e esteticamente agradável, provando assim que arquitetura e estrutura podem ser aliados na alvenaria estrutural.

Esse método construtivo dispensa qualquer tipo de fôrma (madeira ou metálica), eliminado então o tempo para execução das mesmas e também o custo de adesão, o consumo de concreto é reduzido já na fase de projeto, por não haver vigas nem pilares, garantindo maior benefício em seu uso, visto que não existe a possibilidade de formas mal executadas que gera desperdício do mesmo, desta maneira o projeto também se preocupa com o meio ambiente, onde se procura reduzir os desperdícios e o uso da madeira na construção civil. O uso do aço também é reduzido significativamente quando comparado ao método convencional em concreto armado, pois seu uso é necessário apenas em pontos específicos.

A execução se torna mais simples e menos dispendiosa, visto que é fundamental compatibilização entre todos os projetos, tendo assim um nível de detalhamento elevado.

1.2. Objetivos

O objetivo deste trabalho será o estudo detalhado das várias fases de projeto e execução de uma residência unifamiliar com área de 400 m², na cidade de Bragança Paulista, interior de São Paulo. A residência será constituída em alvenaria estrutural.

Destacando a importância desse método construtivo em questões de qualidade final da obra, segurança na construtibilidade e viabilidade econômica e executiva de edificações.

Além disso, serão elaborados todos os projetos complementares básicos da residência unifamiliar, tais como (elétrico, hidrossanitário, escoamento de águas pluviais e fundação), todos compatibilizados garantindo assim uma qualidade final da edificação.

Dentre os objetivos deste trabalho, destacam-se:

- Realizar um levantamento de técnicas construtivas aplicadas em obras e projetos de alvenaria estrutural, escolhendo o tipo e família do bloco de acordo com a disponibilidade da região;

- Realizar um levantamento de técnicas construtivas aplicadas em obras sustentáveis;

- Executar um projeto de alvenaria estrutural;

- Realizar uma análise crítica das principais técnicas construtivas observadas;

- Fazer uma análise sobre o projeto estrutural para definir e realizar os melhores projetos para as instalações prediais (elétrica, hidrossanitária e pluvial);

Após finalização do projeto estrutural e suas cargas solicitantes definidas estudar e calcular o melhor projeto de fundação, atendendo o requisito de economia e eficiência da fundação.

1.3. Metodologia

Foi realizada uma pesquisa sobre o tema abordado em sites, dissertações, teses, anais de congresso e normas vigentes, a fim de descobrir quais os métodos teóricos e práticos mais utilizados atualmente quando se trata de alvenaria estrutural. Para isso, um levantamento bibliográfico será realizado para se avaliar todos os aspectos que o tema engloba e quais as vantagens que esse método pode oferecer.

A pesquisa realizada envolverá a escolha dos materiais que compõem o tema visando economia e disponibilidade, cujos requisitos, critérios mínimos, e técnica construtiva, estão previstos em normas técnicas referentes a estes materiais que fixa as condições exigíveis para sua aceitação.

Para o cálculo da estrutura será utilizado normas nacionais, informações que serão coletadas, e alguns artigos pesquisados, o cálculo será feito utilizando planilhas em Excel e desenhos realizados em plataforma CAD.

Para o projeto arquitetônico, será utilizado o AUTOCAD, utilizando conhecimentos já adquiridos até a presente data durante o curso.

A residência que será objeto de estudo tem uma área total de 400 m², é constituída por dois pavimentos, e após os estudos realizados e uma pesquisa feita sobre os tipos de blocos estruturais da região, será escolhido a resistência e as características dos blocos utilizados para realizar o projeto. Além disso, deve-se frisar que os projetos complementares serão feitos visando sempre à compatibilização com a alvenaria estrutural, evitando assim, improvisações na obra.

Após a finalização deste, é feito uma avaliação do que foi utilizado, para comparação do hoje e o que poderá ser melhorado futuramente, que facilitará futuros Engenheiros nas fases de projeto e execução, contemplando as normas vigentes que englobam o tema.

2. PROJETO ARQUITETÔNICO

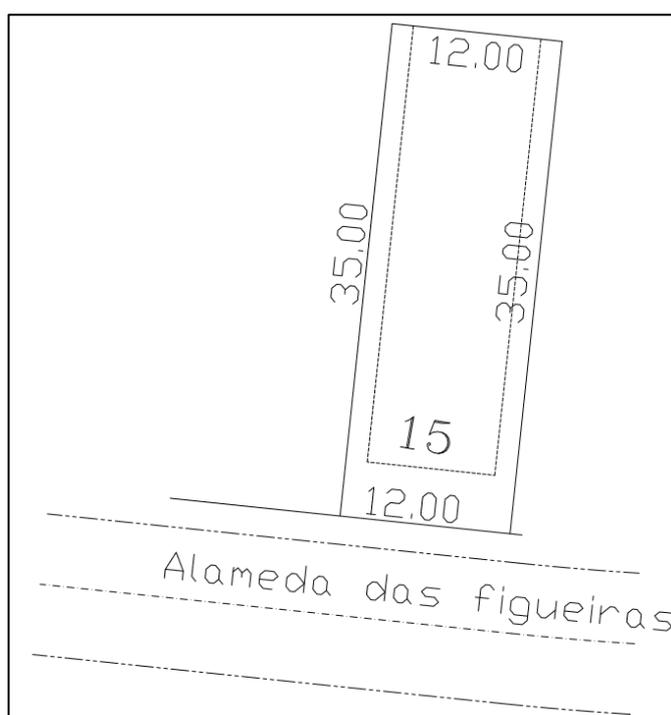
O projeto arquitetônico (Anexo F) foi o desenvolvimento de uma residência de múltiplos pavimentos aplicando conceitos de alvenaria estrutural. O terreno (Figura 1) está situado na Alameda das Figueiras – Lote 15, no Residencial Vale das Águas, Bairro Itapechinga, na cidade de Bragança Paulista SP, e possui área total de 420 m², sendo 12,00 m de frente e 35,00 m de fundo, e a residência (Figura 2 e 3) com área total construída de 400 m², sendo:

- Pavimento térreo: uma garagem para dois veículos, um lavabo, uma sala de estar, uma sala de jantar, uma cozinha, uma lavanderia, um espaço gourmet.

- Pavimento superior: Três quartos, um banheiro social, uma sala íntima e uma suíte com closet.

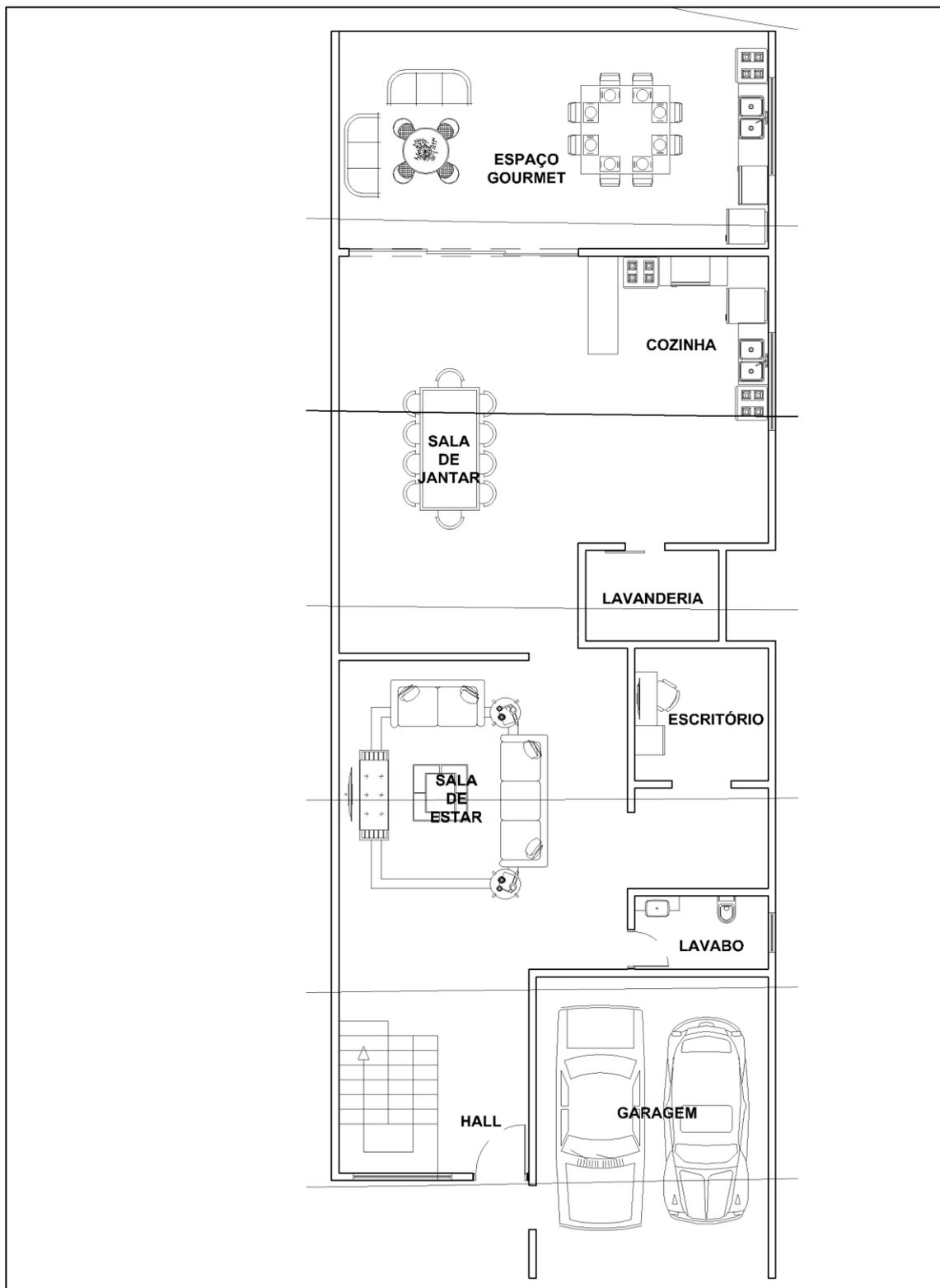
O município, que se divide em zoneamentos, tem suas limitações, sendo assim, solicitou-se as legislações locais e as restrições de ocupação de solo de Bragança Paulista, com isso foi possível obter informações sobre o zoneamento do bairro onde se localiza o terreno no Bairro Itapechinga, o zoneamento caracterizado pela área é Z8R1.

Figura 1: Localização do Terreno.



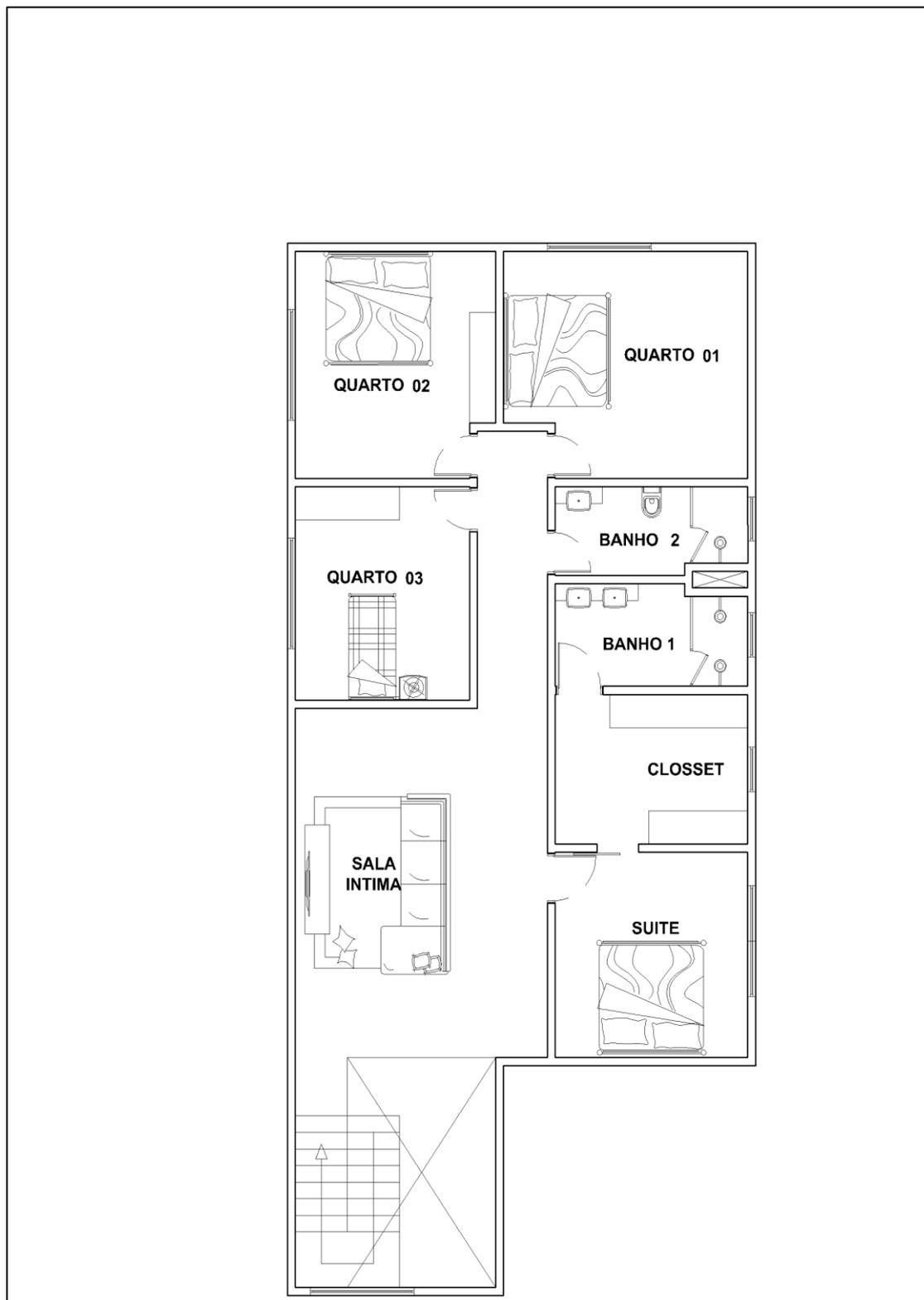
Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Figura 2: Projeto arquitetônico pavimento térreo



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017

Figura 3: Projeto arquitetônico 1º pavimento



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017

2.1. Plano Diretor

É o instrumento básico da política de desenvolvimento do município. Sua principal finalidade é orientar a atuação do poder público e da iniciativa privada na construção dos espaços urbano e rural na oferta dos serviços públicos essenciais, visando assegurar melhores condições de vida para a população.

2.1.1. Código de urbanismo

Visando a expansão ordenada do território do município de Bragança Paulista, foi criado através da LEI COMPLEMENTAR nº 556 de 20 de julho de 2007, o CÓDIGO DE URBANISMO DE BRAGANÇA PAULISTA, dispondo sobre o parcelamento, o uso e a ocupação do solo urbano e dá outras providências. O Código de Urbanismo tem como objetivo orientar as ações do poder público visando compatibilizar os interesses coletivos e garantir de forma mais justa os benefícios da urbanização, garantir os princípios da reforma urbana, direito à cidade e à cidadania e gestão democrática da cidade.

As divisões do zoneamento no município de Bragança Paulista podem ser consultadas nos mapas cartográficos contidos nos anexos “V-1”, “V-2”, “V-3” e “V-4” e coeficientes urbanísticos contidos no anexo “IV”, ambos da LEI COMPLEMENTAR nº 556 de 20 de julho de 2007. Para o objeto de estudos, foi considerado o Zoneamento Z8R1- (Tabela 1).

Para o projeto elaborado, seguiu a classificação destacada na tabela abaixo, contida no anexo “IV” da LEI COMPLEMENTAR nº 556 de 20 de julho de 2007 de Bragança Paulista. Foi também analisado os parâmetros estabelecidos pelo DECRETO ESTADUAL nº 12.342 de 27 de setembro de 1978, pois conforme pode ser visto na Tabela x (numerar a tabela no texto) os recuos laterais devem seguir as indicações do código sanitário estadual.

Tabela 1: Coeficiente Urbanístico de Bragança Paulista.
ANEXO IV - COEFICIENTES URBANÍSTICOS

OCUPAÇÃO RELATIVA POR UNIDADE									
CLASSIFICAÇÃO	ÁREA MÍNIMA DO LOTE (m ²)	TAXA DE OCUPAÇÃO BÁSICA TOTAL (%)	COEFICIENTE DE APROVEITAMENTO MÁXIMO TOTAL	TAXA DE IMPERMEABILIZAÇÃO MÁXIMA TOTAL (%)	GABARITO DE ALTURA (nº máximo de pavimentos)	TESTADA MÍNIMA (m)	RECUO DE FRENTE MÍNIMO (m)	RECUO LATERAL DIREITO MÍNIMO (m)	RECUO LATERAL ESQUERDO MÍNIMO (m)
1	125	85	1,12	90	2	5	0	Conforme Código Sanitário Estadual	Conforme Código Sanitário Estadual
2	140	85	1	90	2	7	0		
3	180	80	3,2	90	4	6	0		
4	250	70	2,8	90	4	10	0		
5	250	70	2,8	90	4	10	2,5		
6	250	70	3,5	85	8	10	5		
7	300	70	2,8	85	3	10	5		
8	300	65	3,5	85	8	10	5		
9	360	65	4	85	Mais de 8	12	5		
10	420	60	1,8	80	2	14	5	1,5	1,5
11	500	60	2,8	80	4	14	5	1,5	1,5
12	600	60	3,5	80	Mais de 8	15	10	2	2
13	1000	30	0,6	40	2	20	10	2	2
14	1000	60	1,2	80	3	20	5	3	3
15	1500	30	1,4	40	4	20	10	3	3
16	5000	50	1	70	8	40	15	3	3

Fonte: Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/plano-diretor-braganca-paulista-sp>> Acesso em: 13 de Agosto de 2017.

3. ALVENARIA ESTRUTURAL

Neste capítulo serão abordados assuntos referentes definição de alvenaria estrutural, fundações e suas possíveis aplicações na alvenaria. Vantagens e desvantagens neste método construtivo.

Materiais que compõem a alvenaria estrutural (blocos cerâmicos e de concreto) e suas respectivas famílias existentes no mercado, abordando também modulação, elementos estruturais, argamassa e graute.

3.1. Definição

Segundo Franco (2004), a alvenaria estrutural é um processo construtivo caracterizado pelo uso de paredes como principal estrutura de suporte do edifício, as paredes executam duplo papel: vedação vertical e suporte estrutural, são dimensionadas através de cálculo racional. Para um bom projeto de alvenaria estrutural, que deve ser entender que o processo construtivo, calculado, projetado e construído em conformidade com as normas vigentes e visando sempre funcionalidade e segurança.

Para se fazer um projeto completo de uma residência, terá de ser realizados projetos de fundações, estrutura, hidráulicos e sanitários e de outras instalações prediais, todos segundo suas respectivas normas.

3.2. A utilização do sistema

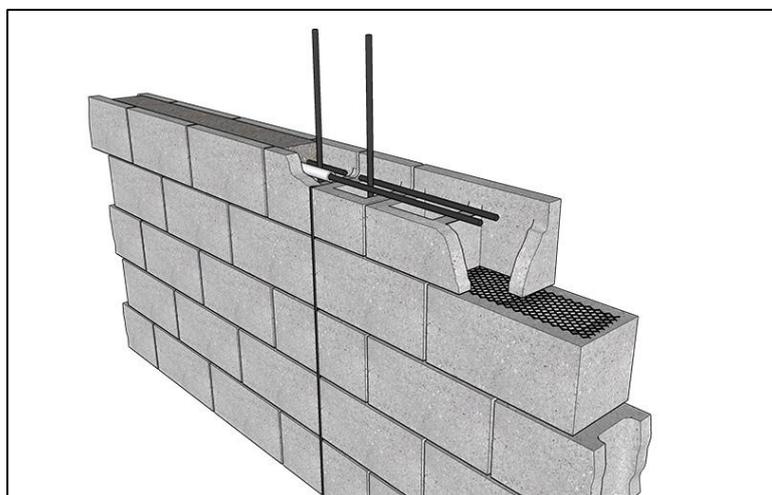
Segundo Parsekian (2010), inúmeros edifícios são construídos hoje pelo método construtivo aplicando os conceitos de alvenaria estrutural, especialmente edifícios residenciais. Este sistema construtivo é usualmente indicado quando não há previsão de alterações na arquitetura (paredes não removíveis). Em relação à altura de pavimentos do edifício, a alvenaria estrutural é a opção mais econômica em edifícios de poucos andares, com até cerca de 12 andares, edifícios de altura moderada, a

adequação de alvenaria não armada está relacionada com a boa resistência à compressão da alvenaria.

3.3. Projeto de alvenaria Estrutural

No processo criativo de uma edificação em alvenaria estrutural (Figura 4) é essencial uma ótima comunicação entre o Arquiteto e Engenheiro Calculista, visando a obtenção de uma estrutura economicamente competente que suporte todos os esforços previstos sem prejuízo das demais funções: compartimentação, vedação, isolamento termo acústicos, instalações hidráulicas, elétricas e ter função estética.

Figura 4: Exemplo de alvenaria estrutural



Fonte: Disponível em: < <http://www.ecivilnet.com/dicionario/o-que-e-alvenaria-estrutural.html> >. Acesso em: 26 de Setembro de 2016.

A alvenaria estrutural possui várias vantagens em relação aos processos construtivos tradicionais, dentre elas:

- Simplificação dos procedimentos de execução, redução do número de etapas;
- Eliminação de interferências através da compatibilização de todos os projetos e facilidade de integração com outros subsistemas;
- Não permite as improvisações, que comumente é o que encarece obras;
- Facilidade no treinamento de mão de obra;
- Bom isolamento térmico e acústico;
- Custo final da obra reduzido;

Para que as vantagens da alvenaria estrutural possam ser maximizadas, é importante que haja uma coordenação geral dos projetos (fundação, estrutura, arquitetura, instalações e paisagismo).

Entre suas desvantagens destacam – se:

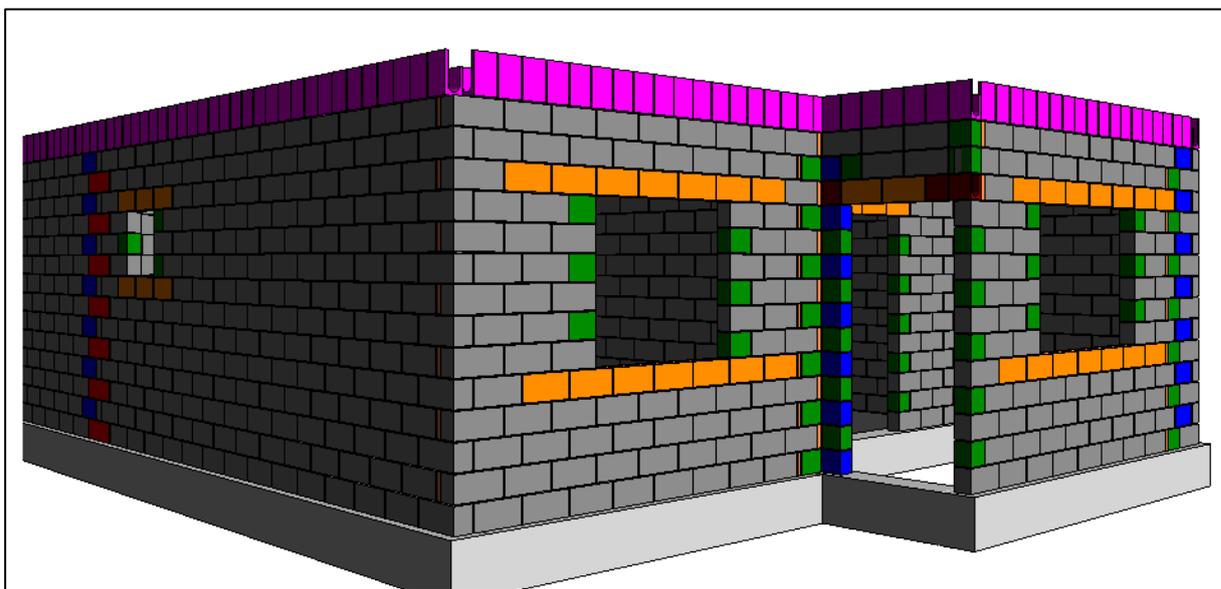
- Dificuldade para novas adaptações arquitetônicas;
- Necessita de mão de obra especializada;
- Existem interferências entre projeto de arquitetura/estrutura/instalações;

3.3.1. Materiais que compõem a alvenaria estrutural

Os materiais constituintes na alvenaria estrutural são:

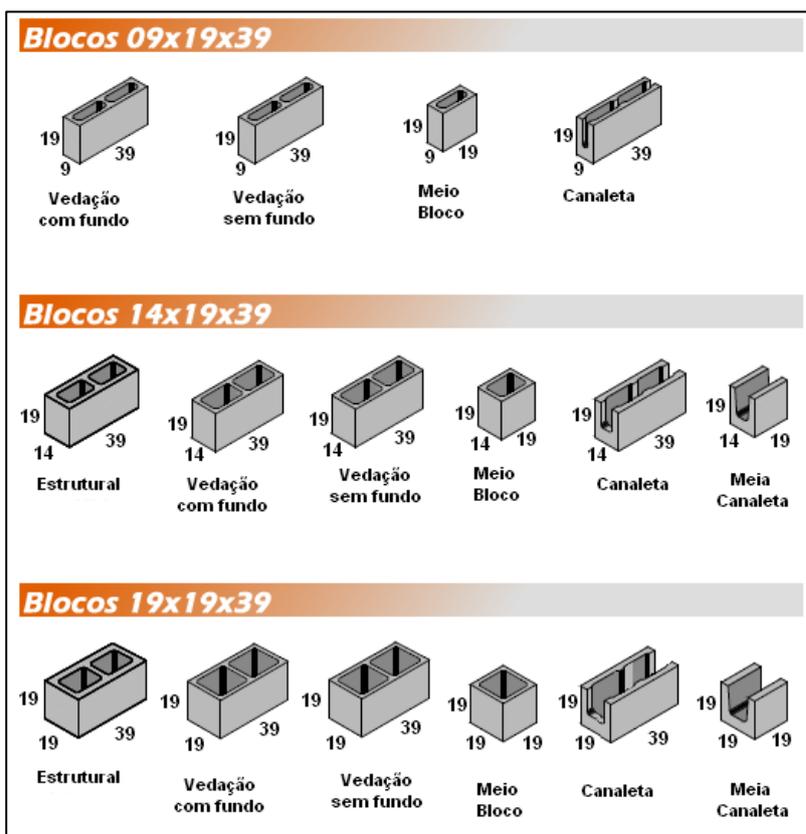
- Modulação em alvenaria estrutural (Figura 5);
- Famílias de blocos existentes (Figura 6);
- Elementos estruturais de concreto e cerâmico (Figura 7);
- Argamassas (Figura 8);
- Graute (Figura 9);

Figura 5: Ilustração da modulação de um projeto.



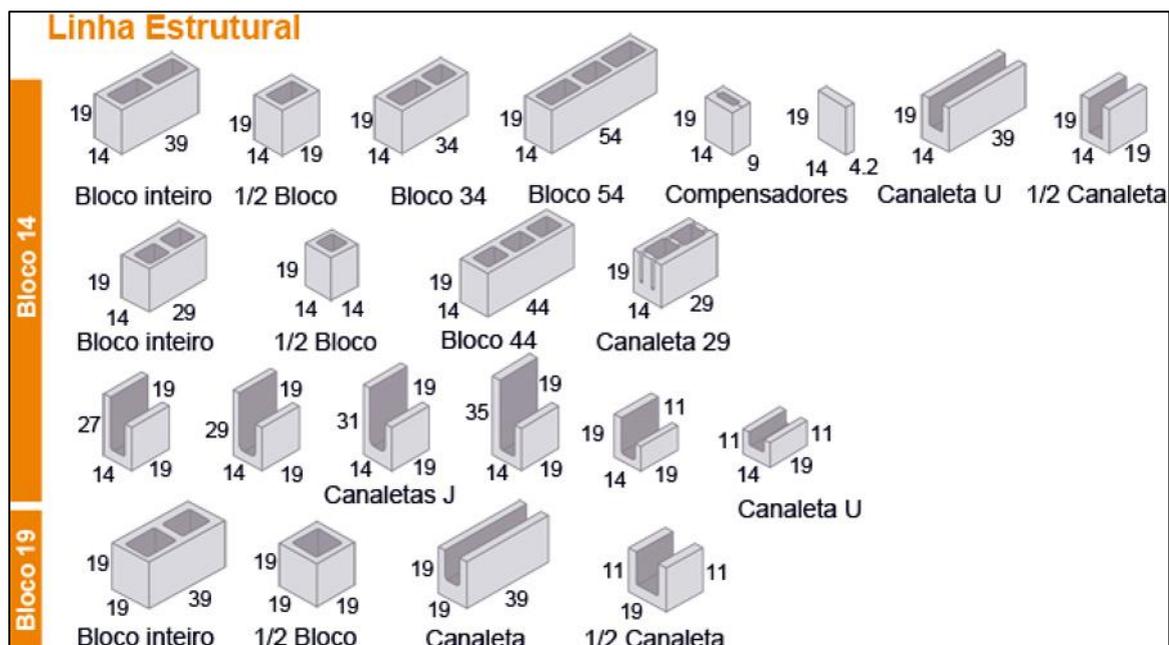
Fonte: Disponível em: < <http://www.diariodearquiteto.com.br/19-noticias-geral/casa-e-construcao/56-construcao-limpa-e-rapida-com-alvenaria-estrutural>>. Acesso em: 29 de Outubro de 2017.

Figura 6: Famílias de blocos existentes



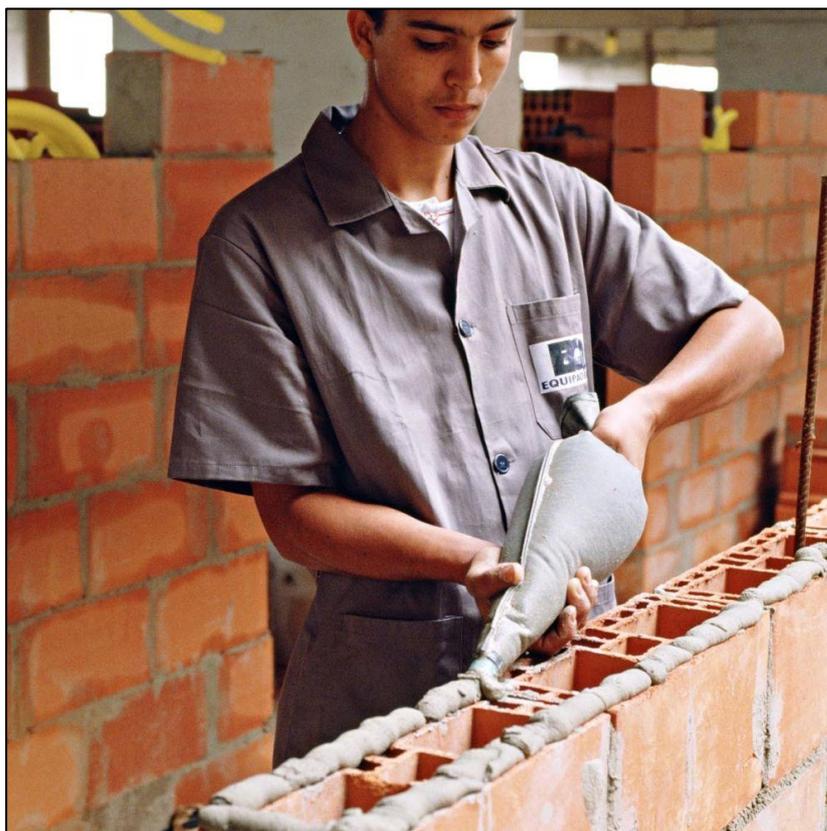
Fonte: Disponível em: < <http://www.novatorre.com.br/blocosdeconcreto.html> >. Acesso em: 29 de Outubro de 2017.

Figura 7: Elementos estruturais



Fonte: Disponível em: < https://fotos.habitissimo.com.br/foto/constru-blocos_263234 >. Acesso em: 29 de Outubro de 2017.

Figura 8: Aplicação de argamassa



Fonte: Disponível em:< <http://equipaobra.com.br/plus/modulos/catalogo/verProduto.php?cdcatalogoproduto=5>>. Acesso em: 29 de Outubro de 2017.

Figura 9: Execução do graute



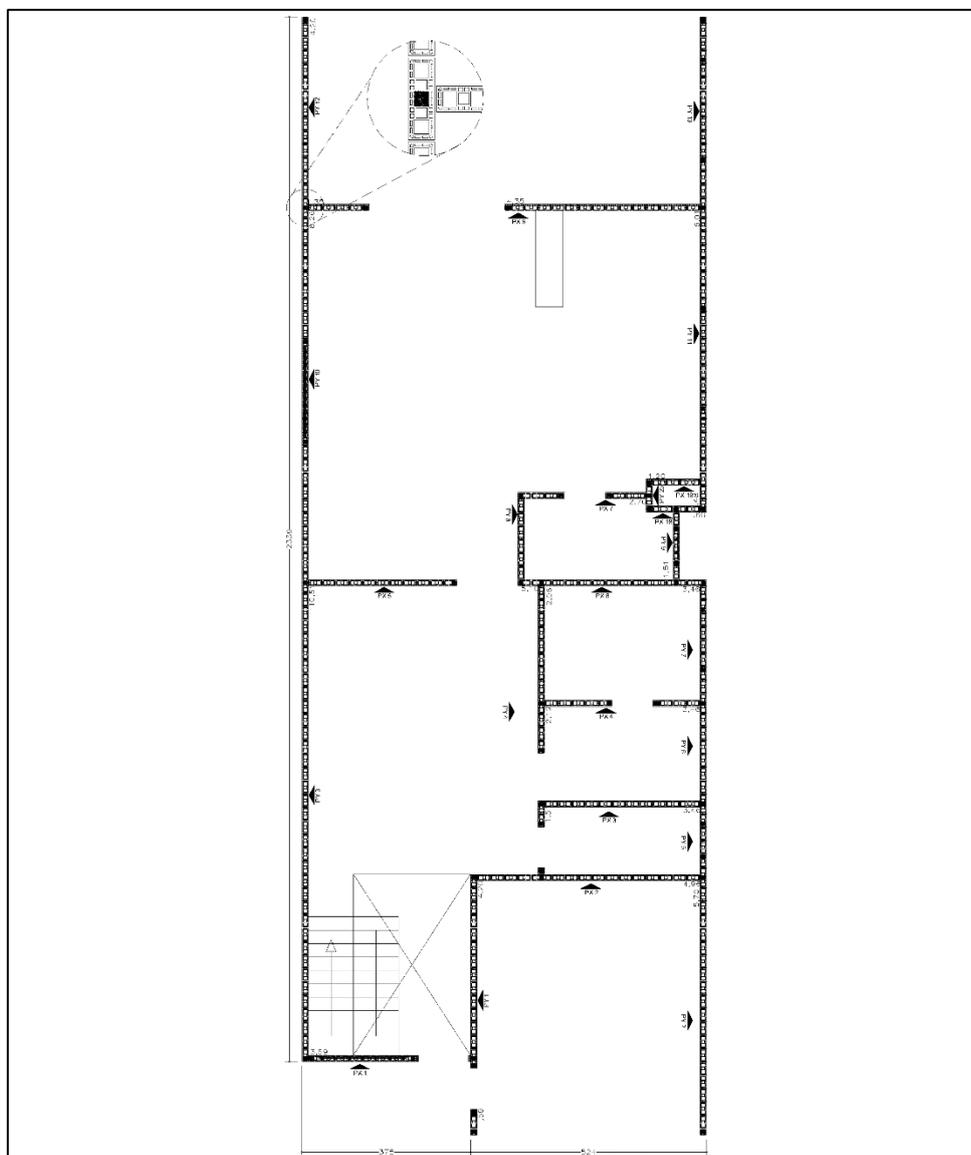
Fonte: Disponível em:< <http://www.ufrgs.br/napead/repositorio/objetos/alvenaria-estrutural/graute.php>>. Acesso em: 29 de Outubro de 2017.

3.3.1.1. Modulação em alvenaria estrutural

A modulação (Figura 10,11,12 e 13) é uma das partes importantes no projeto (Anexo F), tudo tem que ser pensado para não haver discordâncias nas amarrações de cada fiada da construção, deve se levar em conta a família de elementos, para definição de suas dimensões. Deve ser especificado também a sua classe, pois para cada tipo de aplicação teremos uma classe diferente a ser utilizada.

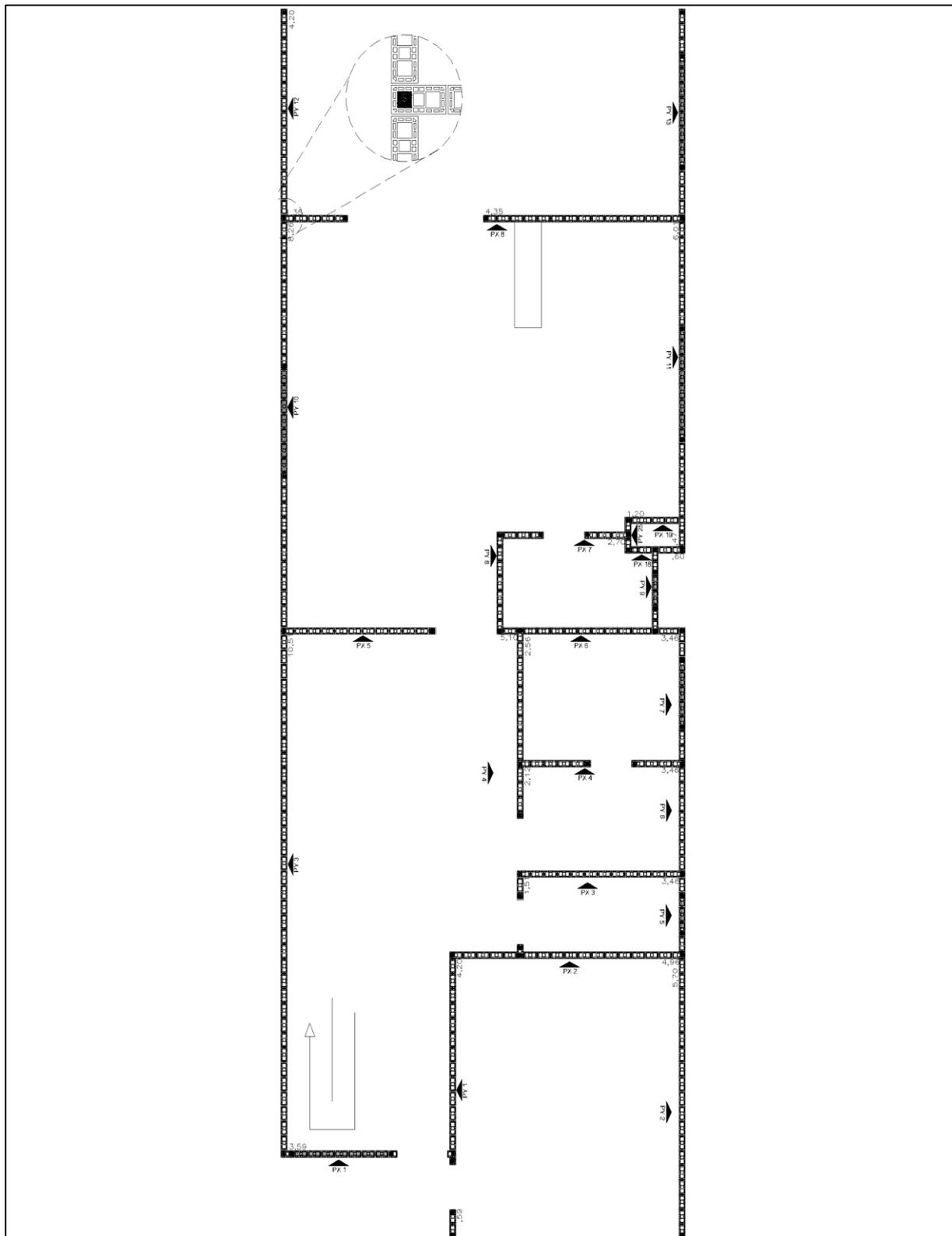
Todas essas informações devem ser obtidas a partir de estudos no terreno onde será executado o projeto, e com esses dados devemos buscar a família e a classe que atendam esses dados.

Figura 10: Projeto de modulação - Pavimento térreo



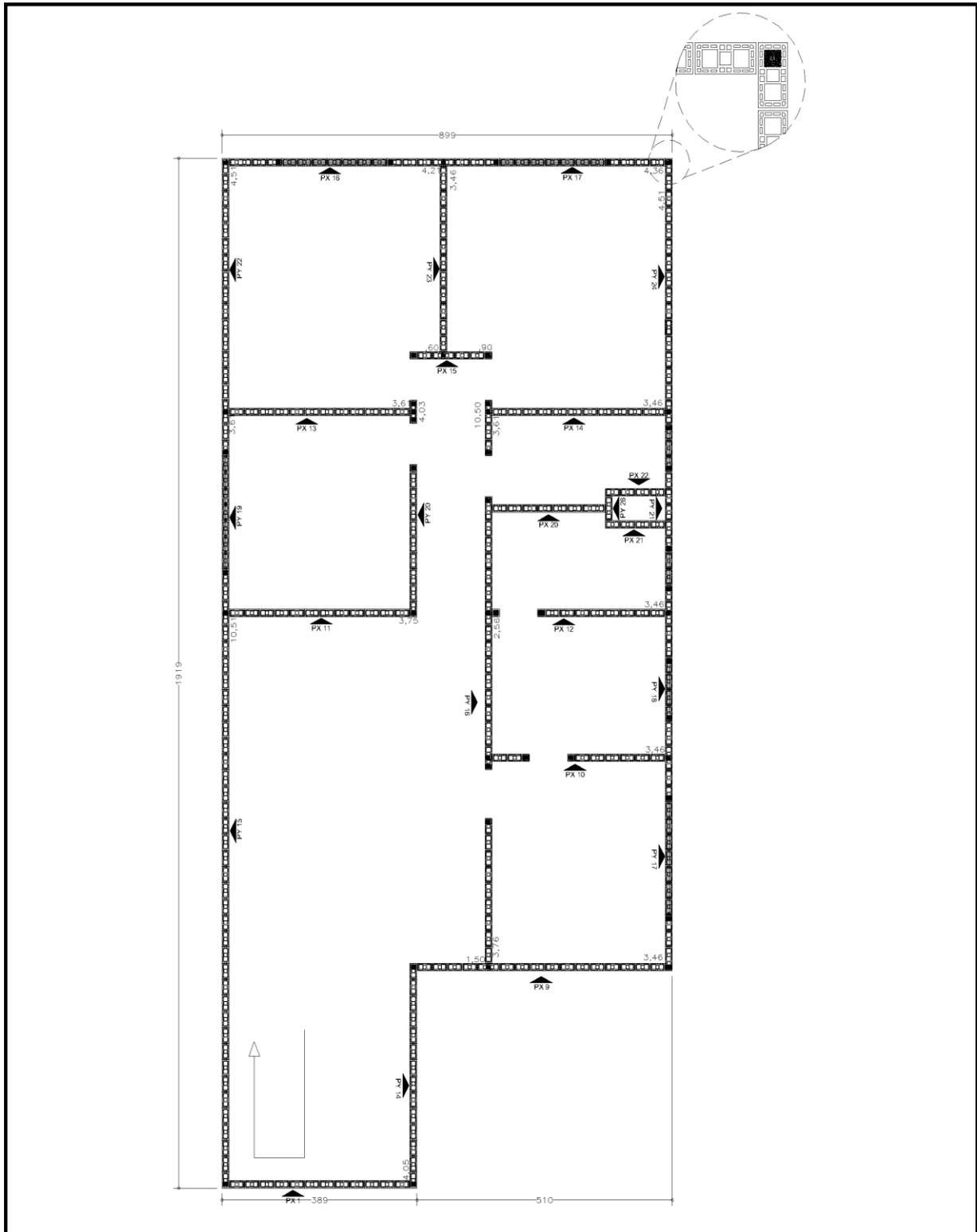
Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Figura 11: Projeto de modulação - Pavimento térreo



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Figura 12: Projeto de modulação – 1º Pavimento



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

3.3.1.2. Famílias de blocos existentes

As famílias mais usadas são as famílias de 29 e 39 (Figura 14 e 15), a família de 29 tem seus elementos com dimensões múltiplas já as de 39 necessitam dos elementos de ajustes, pois, nem todos os elementos dessa família são múltiplos. Entretanto exista várias outras famílias as quais tem suas dimensões previstas em norma. (Tabela 2).

Figura 14: Famílias de blocos cerâmicos mais utilizadas



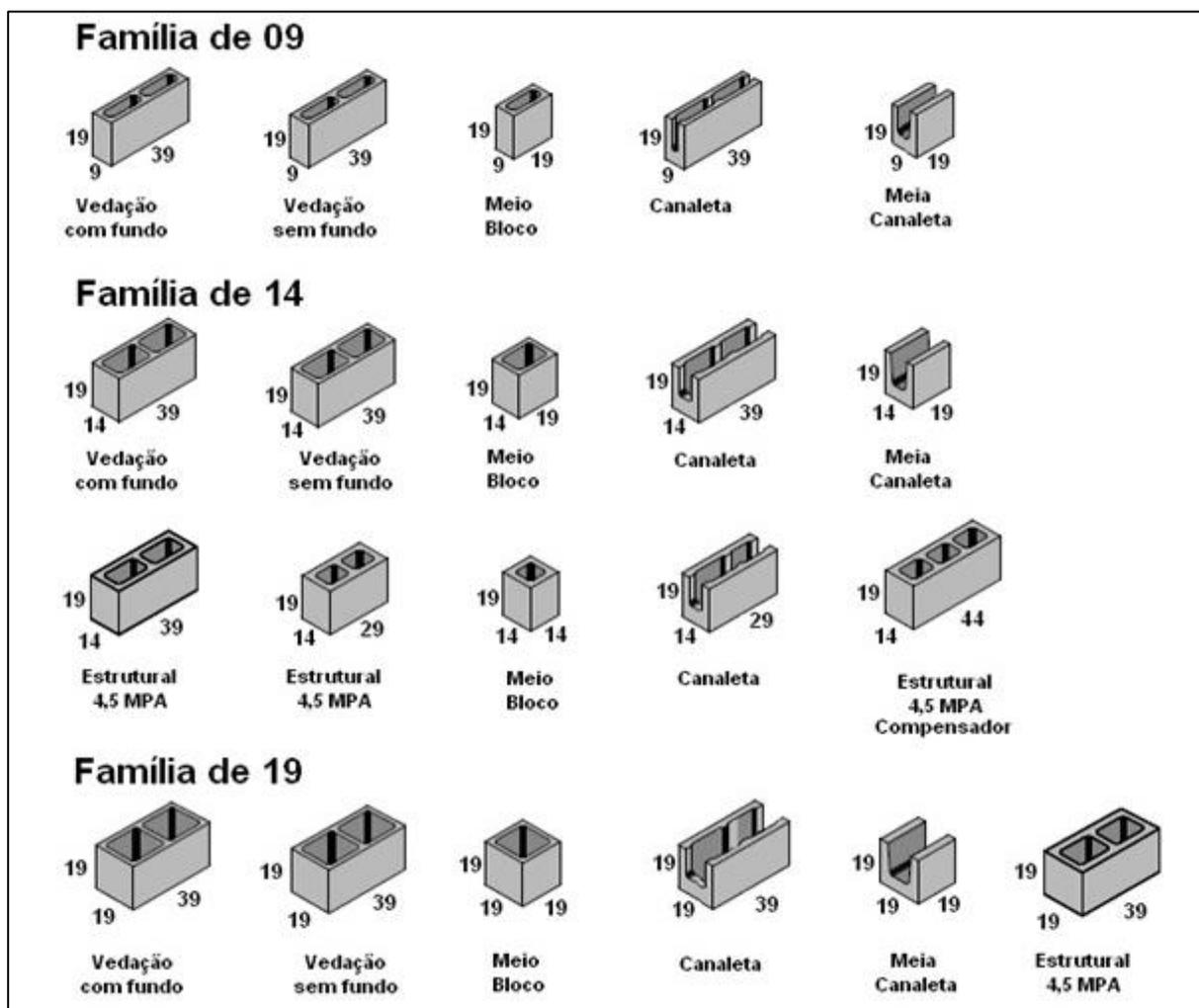
Fonte: Disponível em: < <http://www.comunidadeconstrucao.com.br> >. Acesso em: 23 de Agosto de 2016 as.

Tabela 2: Famílias existentes de blocos cerâmicos e suas respectivas dimensões

Blocos	Dimensões (L x A x C)
Blocos de 9	9x19x39
Blocos de 14	14x19x39
Blocos de 19	19x19x39
Canaletas \ Vergas	14x19x39
Meia Canaleta \ Verga	14x19x19

Fonte: Disponível em: < <http://premonta.com.br/blocos-de-concreto-para-fechamento> >. Acesso em: 23 de Agosto de 2016.

Figura 15: Família de blocos e suas respectivas dimensões



Fonte: Disponível em: <<http://artblocos.com.br/index.php/produtos/blocos-de-concreto/>>. Acesso em: 14 de Agosto de 2017.

3.3.2. Elementos estruturais de concreto e cerâmico

Para concepção de projetos em alvenaria estrutural deve se levar em consideração algumas características específicas dos elementos estruturais que serão cruciais para o mesmo. Esses elementos podem ser de concreto ou cerâmicos, atendendo sempre requisitos do projeto.

Segundo a ABNT NBR6136/2014, para a padronização dos elementos de concreto com função estrutural foi levado em consideração outras normas referentes aos cimentos utilizados, aos agregados, aditivos, argamassas e também a coordenação modular para edificações. A padronização dos elementos cerâmicos com função estrutural foi estipulada na ABNT NBR 15270-2/05 que define características físicas,

mecânicas e dimensionais para que atendam aos requisitos de uma modulação estrutural.

Tanto nos elementos em concreto como cerâmicos devem atender requisitos básicos já especificados em fabrica como absorção mínima de água, resistência a compressão, planicidade e estética.

3.3.2.1. Blocos vazados de concreto

Os blocos vazados são componentes importantes para execução da alvenaria, são concebidos de forma industrial em formas de aço garantindo sua precisão dimensional facilitando a execução da alvenaria (Figura 16).

Figura 16: Bloco de concreto

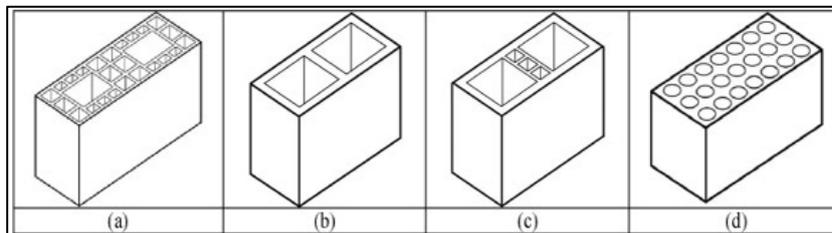


Fonte: Disponível em: < <https://stradaconcretos.com.br> >. Acesso em: 23 de Agosto de 2016.

3.3.2.2. Blocos de cerâmica

Segundo a ABNT NBR 15270-2:2005, os blocos cerâmicos vazados são concebidos em matéria-prima argilosa, contendo ou não aditivos, queimados em alta temperatura, podem ter suas paredes vazadas, maciças, paredes externas maciças e paredes internas vazadas ou perfuradas (Figura 17).

Figura 17: Blocos cerâmicos, (a) bloco cerâmico de paredes vazadas, (b) bloco cerâmico de paredes maciças, (c) bloco cerâmico de paredes externas maciças e paredes internas vazadas e (d) bloco cerâmico de paredes perfuradas.

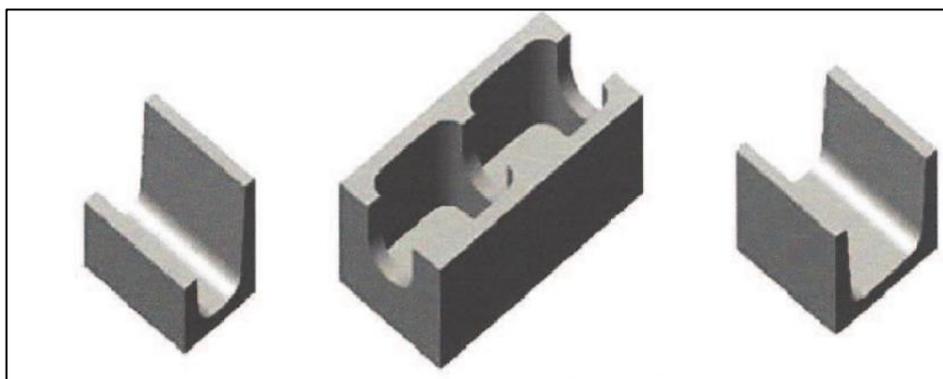


Fonte: Extraída da Norma ABNT NBR 15270-2/05. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAEsSsAB/nbr-15270-1>>. Acesso em: 12 de Agosto de 2017.

3.3.2.3. Blocos tipo canaleta

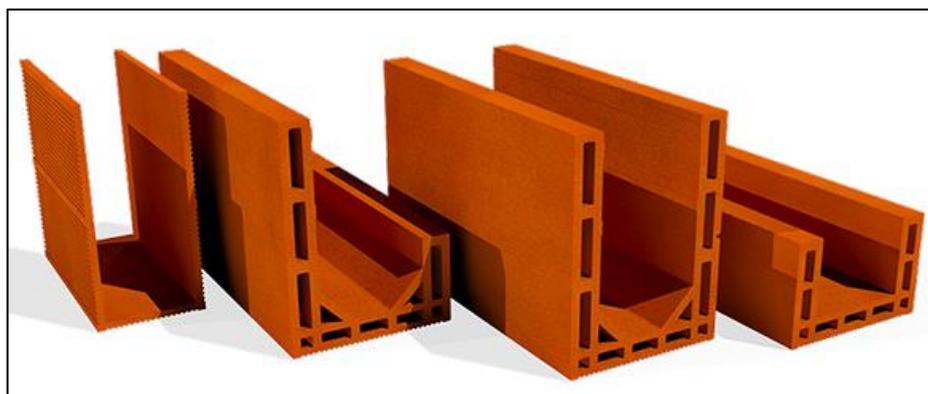
Os blocos tipos canaletas podem ser vazados ou não, criados para facilitar a concepção de verga, contra-verga, cintas e fechamento de lajes (Figura 18 e 19).

Figura 18: Canaleta de concreto com função estrutural



Fonte: Fonte: Extraída da Norma ABNT NBR 6136:2014. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAABkjMAF/nbr-6136-bloco-vazado-concreto-simples#>>. Acesso em: 04 de março de 2017.

Figura 19: Canaleta de cerâmica com função estrutural

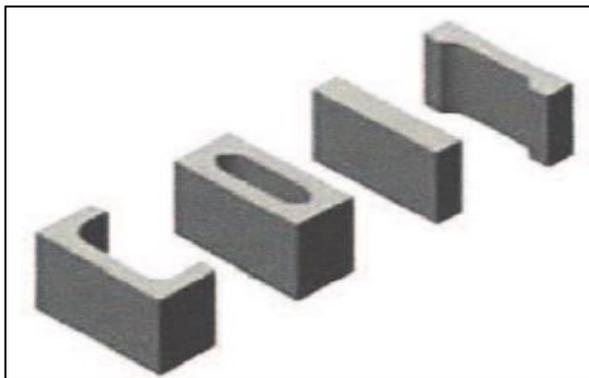


Fonte: Disponível em: <<http://www.cincera.com.br>>. Acesso em: 23 de Agosto de 2016.

3.3.2.4. Elementos compensadores

Destinados a ajustes de fechamento das modulações, ocasionado por elementos que não são múltiplos (Figura 20 e 21).

Figura 20: Elementos de ajunte de modulação em concreto.



Fonte: NBR 6136:2014.

Figura 21: Elementos de ajunte de modulação em cerâmica



Fonte: Disponível em: < http://www.selectabloco.com.br/ae_produtos_01_01.html >. Acesso em: 04 de Março de 2017.

3.3.3. Argamassas

De acordo com Parsekian e Soares (2010), na alvenaria estrutural a argamassa tem função de ligação entre blocos, uniformizando os apoios entre eles. Este conjunto bloco de cerâmica + argamassa forma um elemento misto denominado alvenaria, que por sua vez deve ser capaz de suportar diferentes tipos de carregamentos e diferentes condições ambientais.

A argamassa tradicional para assentamento é composta de cimento, cal e areia. Argamassas mais fortes (com alto teor de cimento) não são muito recomendadas, pelo fato de serem muito rígidas e com uma trabalhabilidade baixa para sua capacidade de absorver deformações. Onde qualquer pequena deformação em uma junta de argamassa com este traço resultara em tensões elevadas e o aparecimento de fissuras.

Por outro lado argamassas muito fracas, tem resistência a compressão e de aderência muito baixas, portanto prejudicando a resistência da parede.

As principais funções da argamassa de assentamento são de acordo com Parsekian (2010):

- Unir os blocos, distribuindo as cargas por toda área dos blocos, especificamente neste projeto os blocos cerâmicos.
- Compensar as imperfeições e variações de dimensão dos blocos.
- Vedar a parede, com função também de proteger da água e de outros agentes agressivos.
- Contribuir para a resistência da parede de maneira adequada

Possuem dois distintos estados de argamassas: plástico e endurecido e suas respectivas características. As principais características da argamassa no estado plástico são a trabalhabilidade e a capacidade de retenção de água, já a argamassa no estado endurecido leva a vantagem na sua aderência, resiliência, resistência a compressão e a retração. E suas utilizações de formas inadequadas é a causa de suas diversas patologias.

3.3.3.1. Trabalhabilidade da argamassa

A trabalhabilidade é uma importante propriedade da argamassa no estado plástico. Uma boa trabalhabilidade da argamassa é analisada pelo operário num simples gesto de aderência a colher de pedreiro (porém desliza facilmente), aderindo também a superfícies na vertical, ou na análise de que ela está suportando o peso de várias fiadas superiores dos blocos assentados no mesmo dia.

O uso de aditivo incorporadores de ar e cal, em geral, melhora a eficiência da trabalhabilidade, com alguns cuidados na dosagem de aditivos com o aumento do teor de ar incorporado, que, se for em excesso pode prejudicar a aderência. A experiência de um bom pedreiro é fundamental para determinar uma faixa de trabalhabilidade boa.

Existem ensaios de laboratórios para a determinação de uma boa trabalhabilidade, ensaio de consistência descrito na ABNT NBR 13276/2005.

3.3.4. Graute

O graute é um concreto com um agregado de granulometria fina e de alta plasticidade, ele é utilizado para preencher os vazios dos blocos de alvenaria estrutural em pontos onde quer obter uma maior resistência localizada da alvenaria e também com o propósito de preenchimento de canaletas. A sua composição é dada por ser um composto de cimento, areia e pedrisco, com alta fluidez e com resultado do ensaio de slump teste entre 20 e 28 cm, e com isso a alta relação de água/cimento, com números chegando até 0.9.

Para garantia de uma boa fluidez e plasticidade o graute e também diminuir sua retração, é aconselhável a utilização de cal na sua composição até o volume máximo de 10% do volume total do cimento.

Segundo Parsekian (2010), é recomendado que a resistência do graute não seja inferior a 15 MPa, sendo este valor o mínimo obrigatório em pontos com armaduras para ter a garantia de uma aderência.

4. FUNDAÇÃO

Fundações são os elementos estruturais com função de transmitir as cargas da estrutura ao terreno onde ela se apoia (AZEREDO, 1988). Devendo ter resistência adequada para suportar às tensões causada pelos esforços solicitantes advindas da estrutura, que será executada e absorver os esforços gerados pela mesma, transferindo para o solo.

Para concepção do projeto de fundação, deve se considerar o tipo de solo onde irão ser aplicadas as cargas. O projetista dispõe para estudos de análise do solo, uma sondagem feita no local, que com a obtenção de amostras de solo, possibilita determinar a medida de resistência do solo, o SPT, e também é necessário saber as cargas que serão distribuídas pela estrutura, como na alvenaria estrutural as paredes são os elementos portantes, as cargas chegam às fundações de forma distribuída ao longo do comprimento das mesmas.

Em relação à melhor escolha do tipo de fundação para alvenaria estrutural, visando economia, temos uma ordem de tentativas que devem ser feitas a fim de satisfazer tecnicamente e economicamente o empreendimento. Essas tentativas iniciam-se pelas condições em que se encontram o solo onde será feita a estrutura, para se achar soluções mais econômicas.

Se a determinação do solo analisado apresentar baixa deformabilidade em suas camadas superficiais e uma boa resistência, pode-se optar em usar fundações rasas, conhecida também por fundações diretas, elas são usualmente as mais econômicas. Consequentemente pela classe de fundações superficiais temos as sapatas e radier.

4.1. Fundações superficiais (ou rasas ou diretas)

Conforme a ABNT NBR 6122:2010, as fundações superficiais são elementos de fundação em que a carga é transmitida ao terreno, predominantemente pelas pressões distribuídas sob a base da fundação.

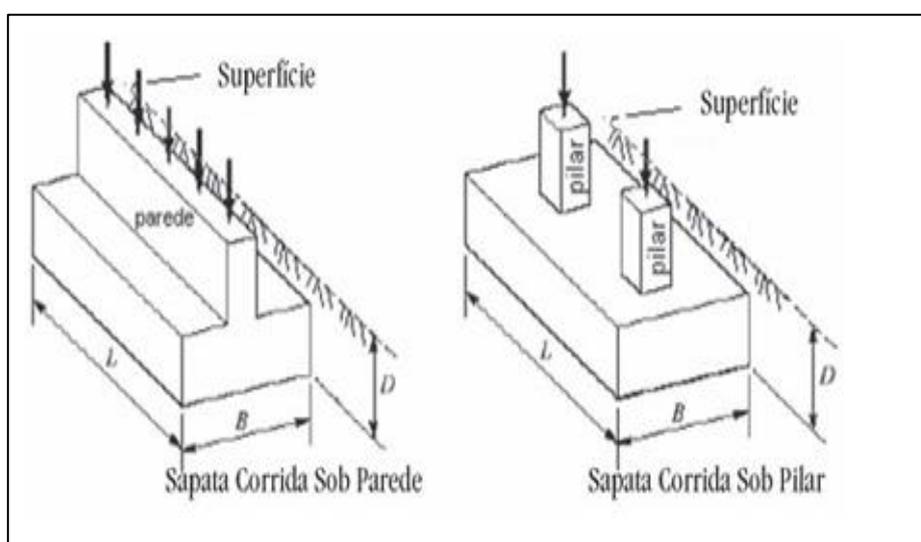
As fundações superficiais são tipicamente projetadas com pequenas escavações no solo não sendo necessários grandes equipamentos para execução.

São tipos de fundações superficiais: as sapatas (sapatas isoladas, sapatas associadas, vigas de fundação e sapatas corridas), os blocos, os radiers.

4.1.1. Sapatas

As sapatas (Figura 22) são elementos de fundação com base em planta geralmente quadrada, retangular ou trapezoidal. Caracterizam-se por trabalharem à flexão já que são executadas em concreto armado.

Figura 22: Sapatas Corridas.

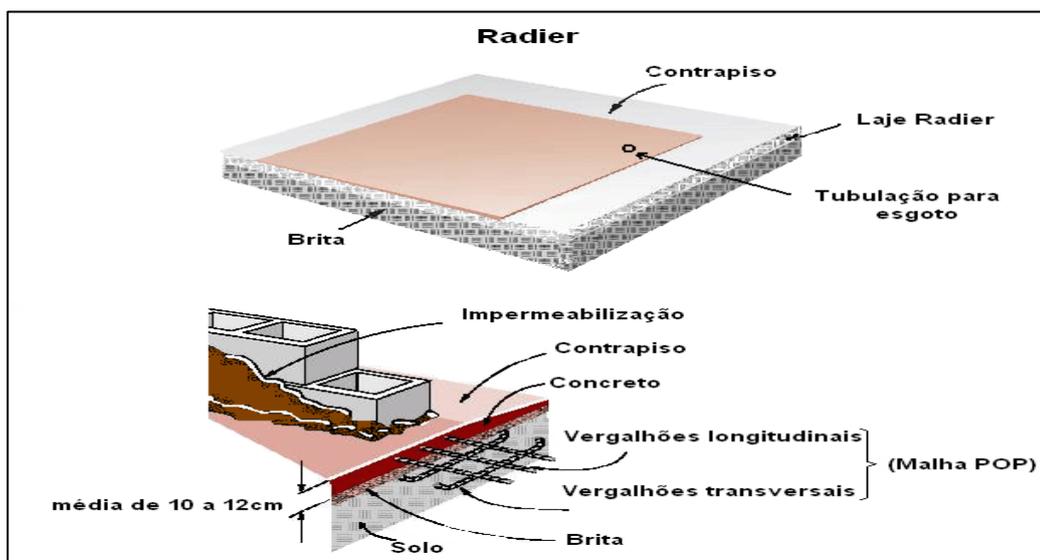


Fonte: Disponível em: < <http://construironline.dashofer.pt/?s=modulos&v=capitulo&c=397> >. Acesso em: 12 de Setembro de 2016.

4.1.2. Radiers

Radiers (Figura 23) são elementos de fundação superficial que recebe toda a carga da edificação e distribui no terreno. Assemelha-se com uma placa que abrange toda a área da construção. Neste caso, todos os pilares da estrutura transmitem as cargas ao solo através de uma única sapata.

Figura 23: Exemplo de fundação do tipo radiers

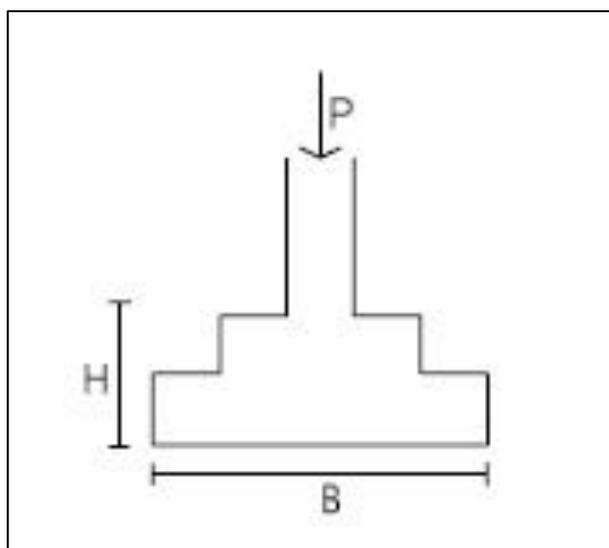


Fonte: Disponível em: < http://www.fkct.com.br/dicas_de_fundacao.html>. Acesso em 12 de Setembro de 2016.

4.1.3. Blocos de fundação

Os blocos (Figura 24) são elementos de fundação com base geralmente em planta quadrada ou retangular e em elevação, assumem a forma de bloco escalonado ou pedestal ou de um tronco de cone. Caracterizam-se por trabalharem à compressão já que não é necessário o emprego de armadura, pois os blocos de fundação são dimensionados para que as tensões de trações atuantes sejam resistidas pelo concreto.

Figura 24: Bloco de fundação



Fonte: Disponível em: < <https://www.escolaengenharia.com.br/tipos-de-estacas-para-fundacao>>. Acesso em: 15 de Março de 2017.

4.1.4. Estacas

As estacas são elementos de fundação profunda, executadas por equipamentos e ferramentas, podendo ser cravadas ou perfuradas, caracterizadas por grandes comprimentos e seções transversais pequenas. As estacas podem ser feitas de madeira, aço, concreto pré-moldado, concreto moldado in loco ou mistos.

4.1.5. Tubulões

Tubulões são elementos de fundação cilíndricos de base alargada ou não que podem ser executados a céu aberto ou sob ar comprimido (pneumático) e com ou sem revestimento podendo este ser de aço ou concreto. Em sua etapa final de execução, é necessária a descida de um operário para completar a geometria ou fazer a limpeza da base.

4.1.6. Considerações para escolha do melhor tipo de fundação para o projeto desenvolvido

Segundo Velloso e Lopes (2011), existem elementos necessários para o desenvolvimento para um projeto de fundação, tais como:

Levantamento do perfil topográfico da área, dados sobre taludes e encostas no terreno, ou que estão na área de projeção que possam atingir o terreno.

Dados geológico-geotécnicos, com ensaios de investigação e caracterização da resistência do solo.

Dados sobre construções vizinhas, análise visual e se possível análise técnica do projeto de fundação.

Como o projeto em prol deste estudo não obtivemos os ensaios geológico-geotécnicos para a classificação do perfil do solo, não temos embasamento técnico para apontar o melhor de tipo de fundação para o projeto desenvolvido.

5. INSTALAÇÕES PREDIAIS

O processo do projeto das instalações prediais dos edifícios de alvenaria estrutural consiste em um conjunto de informações e projetos tais como:

- Características do terreno;
- Anteprojeto de instalações elétricas;
- Anteprojeto de instalações de gás;
- Anteprojeto de instalações hidrossanitárias;

De acordo com Parsekian (2010), normalmente as tubulações elétricas, tubulações de telefone e de TV são distribuídas na posição horizontal pelas lajes e verticalmente pelos dutos dos blocos. Com isso é altamente desejável que não haja cortes nas paredes, evitando assim a perda de resistência da parede naquele ponto específico. Caso a única opção seja o corte da parede, o recomendado é o uso de ferramentas especiais e que não se obtenha corte horizontais e diagonais, não são permitidos cortes horizontais nas alvenarias.

Nos pontos de luz ou tomadas onde as caixas serão inseridas, os blocos devem ser cortados preferencialmente faceando uma junta horizontal, facilitando o corte do bloco e embutimento das caixas. Devem ser assentados já com as caixas posicionadas. No quadro geral, os eletrodutos devem ser centralizados em vazados contínuos (a interrupção em cada pavimento se dá através de caixa modular). Os quadros de distribuição e as caixas de passagem devem ter dimensões que evitem cortes na alvenaria. É importante que o projeto das alvenarias indique todas as passagens de eletrodutos e todos os pontos onde serão instalados caixas de luz e força.

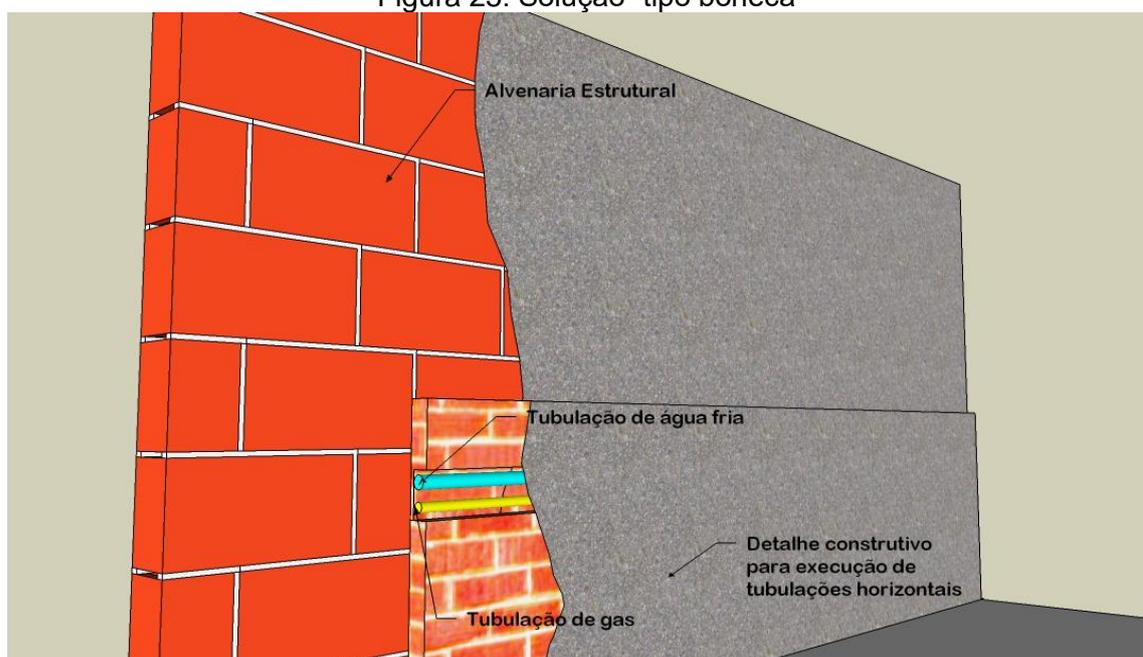
As instalações hidrossanitárias têm um tratamento à parte, pois os diâmetros das tubulações são maiores e podem requerer manutenção. Neste caso, pode-se prever a existência de paredes não estruturais ou shafts hidráulicos. (Parsekian, G. A. 2010, p.120)

Existem duas opções de para passagem de tubulações segundo Parsekian (2010), a primeira opção é a definição das paredes não estruturais (paredes de alvenaria de vedação), cujos seus pesos devem ser absolvidos pelas lajes (paredes pequenas, de banheiros, áreas de serviço e até mesmo cozinhas). Nestas paredes específicas é possível realizar cortes para embutir as tubulações necessárias. Outro método ainda se enquadrando na primeira opção de passagem das tubulações é o bloco hidráulico para execução de uma parede não estrutural, ele obtém características próprias de concavidades em todos os septos transversais e ranhuras verticais numa

das faces longitudinais para direcionar a quebra de uma placa do bloco, criando assim uma canaleta vertical para o embutimento da tubulação.

A segunda opção é mais racional, são shafts hidráulicos. São passagens deixadas na laje em toda a altura do edifício, adjacentes às paredes, por onde passam as tubulações, principalmente as prumadas primárias. Na Figura 25 o exemplo de parede estrutural com solução "tipo boneca" para passagem da tubulações hidráulicas e de gás.

Figura 25: Solução "tipo boneca"



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

5.1. Instalações elétricas

Depois de finalizado o projeto de estrutural começará os cálculos das instalações prediais, neste caso as instalações elétricas. Um projeto de instalação elétrica bem dimensionado e com qualidade gera economia grande de matérias e evita o sub ou superdimensionamento.

O Engenheiro Civil está na segunda categoria em competência profissional, limitado a projetos de instalação elétrica de até 75 kW. A norma vigente para instalações elétricas de baixas tensões é a ABNT NBR 5410/2008.

Um projeto completo deve conter:

Informações preliminares: Planta de situação, projeto arquitetônico, projeto estrutural, hidro sanitário, gás, combate a incêndio;

Quantificação do sistema: ABNT NBR 5410/2008; previsão de tomadas, previsão de iluminação e previsão de cargas adicionais;

Determinação ao padrão de atendimento: Demanda e categoria de atendimento de cada consumidor;

Desenho de plantas;

Dimensionamento: condutores, tubulações, dispositivos de proteção;

Quadro de Distribuição e diagramas;

Elaboração dos detalhes construtivos;

Memorial descritivo;

Memorial de cálculo;

Elaboração da lista de materiais;

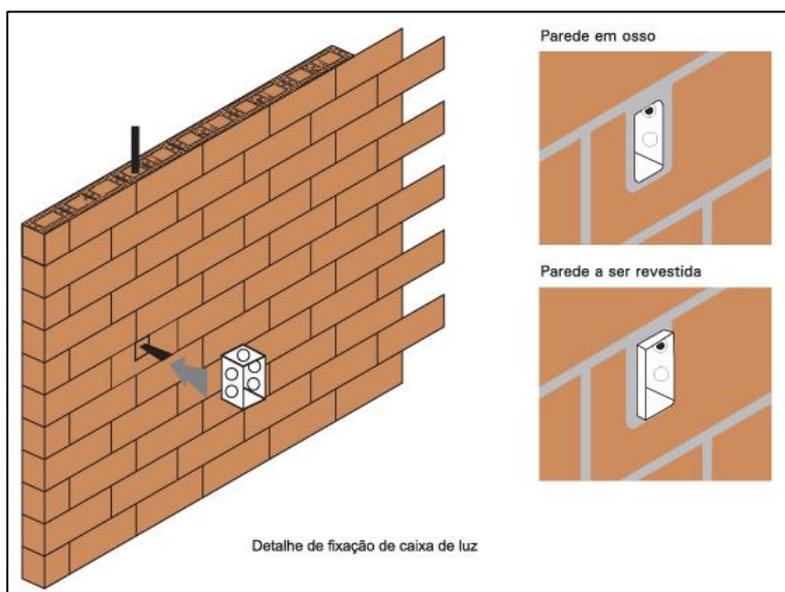
ART;

Análise da concessionária (Se houver necessidade, revisar e aprovação da concessionária).

A colocação de eletrodutos para as instalações elétricas ocorre simultaneamente à elevação das paredes. Estes condutores deverão passar verticalmente dentro dos furos dos blocos. Na horizontal devem ser embutidos nas lajes ou passar pelos forros. A posição e dimensão dos quadros de distribuição de energia, caixas de interruptores e tomadas nos diversos pavimentos deverão ser previamente definidas e especificadas no projeto executivo. As caixas para quadros de distribuição e caixa de passagem devem ser projetadas em dimensões que evitem cortes nas alvenarias para sua perfeita acomodação. Sempre que necessário, são realizados reforços para que as aberturas não prejudiquem a estabilidade estrutural da parede. As caixas de tomadas (Figura 26) podem ser previamente chumbadas nos blocos.

Outra alternativa é a utilização de blocos especiais (blocos elétricos), que possuem previsões para a instalação destas caixas.

Figura 26: Caixas de tomadas chumbadas na parede.



Fonte: Disponível em:

<http://www.selectablocos.com.br/alvenaria_estrutural_detalhes_construtivos_15.html>. Acesso em: 04 de Março de 2017.

5.2. Instalações de gás

No anteprojeto de instalações de gás serão analisados os seguintes tópicos: - escolha do tipo de combustível: se "de rua" ou "GLP"; - sistema de medição, se individual ou coletivo; - número e localização dos pontos de consumo, posição dos medidores; - caminhamento das tubulações e sistemas de proteção e ventilação; - interferência com os subsistemas estrutura e alvenaria. (Violani, M. A. F. 1992, p.244)

No projeto de instalações de gás serão analisados os seguintes tópicos:

- Escolha do tipo de combustível: se GN ou GLP;
- Sistema de medição, se individual ou coletivo;
- Número e localização dos pontos de consumo, posição dos medidores;
- Caminhamento das tubulações e sistemas de proteção e ventilação;
- Interferência com os subsistemas estrutura e alvenaria.
- Localização e detalhamento do abrigo de bujões (GLP) na planta de implantação geral;
- Localização e detalhamento do quadro de medidores (gás de rua) na planta de implantação geral;
- Planta dos pavimentos com caminhamento das tubulações até o ponto de consumo, posicionamento das prumadas e eventuais medidoras;

- Detalhes de "shafts" com a devida proteção;

Produtos finais do Projeto de Instalações Prediais de Gás

- localização e detalhamento do abrigo de bujões (GLP) na planta de implantação geral em escala 1:50;
- localização e detalhamento do quadro de medidores (gás de rua) na planta de implantação geral em escala 1:50;
- planta dos pavimentos com caminhamento das tubulações até o ponto de consumo, posicionamento das prumadas e eventuais medidores em escala 1:50;
- detalhes da embutidora das tubulações de alimentação dentro de "shafts" com a devida proteção em escala 1:20;
- detalhes de chaminés de ventilação em escala 1:20.

(Violani, M. A. F. 1992, p.244,245)

5.3. Instalações hidrossanitárias

Em um projeto às instalações hidráulicas devem seguir algumas especificações previstas na norma, porém, como o projeto a ser executado é constituído por alvenaria estrutural deve ser respeitado algumas restrições que garantem a integridade da estrutura.

A norma ABNT NBR 5626/1998, que serão utilizadas para concepção das instalações hidráulicas, trata do uso doméstico da água potável e não potável.

Para o projeto de instalações hidráulicas atender a norma deve:

- Garantir que a água chegue aos pontos estabelecidos previamente, levando em conta a pressão e a velocidade exigidas pelos aparelhos, e em norma que estabelece a pressão 10 kPa para distribuição dinâmica em qualquer ponto.

- Promover a economia de água através de um dimensionamento adequado.

- Possibilitar um fácil acesso para futuras manutenções, evitando assim maiores prejuízos.

- Evitar qualquer tipo de ruído, nas acomodações, proveniente de um mau dimensionamento das instalações.

- Garantir o conforto dos futuros ocupantes do estabelecimento com a instalação dos aparelhos e os pontos com fácil acessibilidade, fácil manuseio, vazão adequada e quaisquer outras exigências dos ocupantes.

No projeto deve se definir qual será a fonte de abastecimento das instalações hidráulicas, que será definida após um estudo detalhado da oferta de água na região.

É mais comum o abastecimento das instalações hidráulicas ser feito por rede pública de água, mas também há casos onde a captação de água é feita através de

poços ou minas d'água respeitando todos os requisitos que garantam a segurança sanitária.

Para garantir o abastecimento das instalações em um possível corte do fornecimento de água deve ser considerado em projeto um reservatório que supra essa falta por um determinado tempo.

Para o dimensionamento do reservatório deve ser considerado o padrão de consumo de água na edificação, o reservatório deve armazenar, no mínimo, o equivalente ao consumo normal de um dia sem levar em consideração o volume reservado para possível combate a incêndio.

Na instalação hidráulica a tubulação deve ser calculada de forma que atenda a vazão e pressão especificadas em projeto. A velocidade da água no interior da tubulação não deve ser inferior à 3 m/s.

Em qualquer ponto da rede de distribuição deve se levar em conta pressões relacionadas ao escoamento. Com escoamento a pressão não deve ser inferior a 5 kPa, sem escoamento não pode exceder 400 kPa de pressão e para sobre pressões na tubulação deve ser no máximo de 200 kPa.

Contudo o projeto estrutural é constituído em alvenaria estrutural, e nessas condições as instalações hidráulicas têm algumas restrições.

Como em edificações em alvenaria estrutural não se pode fazer corte na horizontal para acomodação da tubulação, pois isso pode comprometer a resistência da estrutura e também em casos de vazamento ou manutenção poderia ser colocada em risco uma parte importante da estrutura.

As tubulações devem ser dispostas em shafts internos (Figura 27) ou shafts externos (Figura 28) ou em paredes não estruturais proporcionando a circulação na horizontal embutida ou aparente na laje ou no contra piso.

Figura 27: Shafts internos



Fonte: Disponível em: < <http://equipedeobra.pini.com.br/construcao-reforma/59/artigo284544-1.aspx>>. Acesso em: 08 de Julho de 2016.

Figura 28: Shafts externos



Fonte: Disponível em: < <http://www.comunidadeconstrucao.com.br/sistemas-construtivos/1/projetos-complementares/projeto/8/projetos-complementares.html>>. Acesso em: 08 de Julho de 2016.

5.4. Instalações de águas pluviais

A instalação predial de águas pluviais se destina exclusivamente ao recolhimento e condução das águas pluviais, não se admitindo quaisquer interligações com outras instalações prediais. O destino das águas pluviais pode ser:

- escoamento superficial;
- infiltração no solo por meio de poço absorvente;
- disposição na sarjeta da rua ou por tubulação enterrada no passeio; pelo sistema público, as águas pluviais chegam a um córrego ou rio.

- cisterna (reservatório inferior) de acumulação de água, para uso posterior.

A instalação predial de águas pluviais segue a norma NB 611/81.

Os objetivos específicos que se pretende atingir com o projeto de águas pluviais são os seguintes:

1° Permitir recolher e conduzir as águas da chuva até um local adequado e permitido.

2° Conseguir uma instalação perfeitamente estanque.

3° Permitir facilmente a limpeza e desobstrução da instalação.

4° Permitir a absorção de choques mecânicos.

5° Permitir a absorção das variações dimensionais, causadas por variações térmicas bruscas.

6° Ser resistente às intempéries e à agressividade do meio. (maresia da orla marítima).

7° Escoar a água sem provocar ruídos excessivos.

8° Resistir aos esforços mecânicos atuantes na tubulação.

9° Garantir indeformabilidade através de uma boa fixação da tubulação.

Bohn, A. R. (sem data, p.1)

O objetivo da NB 611/81 é:

A norma fixa exigências e critérios necessários aos projetos das instalações de drenagem de águas pluviais, visando garantir níveis aceitáveis de funcionalidade, segurança, higiene, conforto, durabilidade e economia Profº Bohn, A. R. (sem data, p.1)

Terminologia associada a conceitos de hidrologia:

Altura Pluviométrica;

Intensidade Pluviométrica;

Duração de Precipitação;

Período de Retorno;

Área de Contribuição;

Tempo de Concentração;

Terminologia associada a conceitos de hidráulica:

Calha;

Condutor;

Perímetro Molhado;

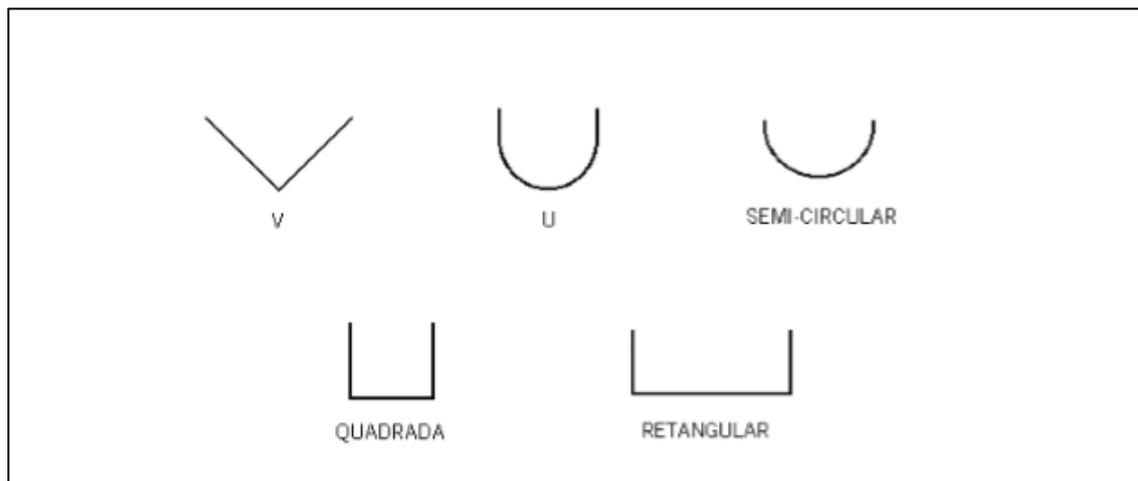
Área Molhada;

Vazão de Projeto;

Raio Hidráulico;

Exemplos de formatos de calhas (Figura 29) e de tipos de calhas (Figura 30):

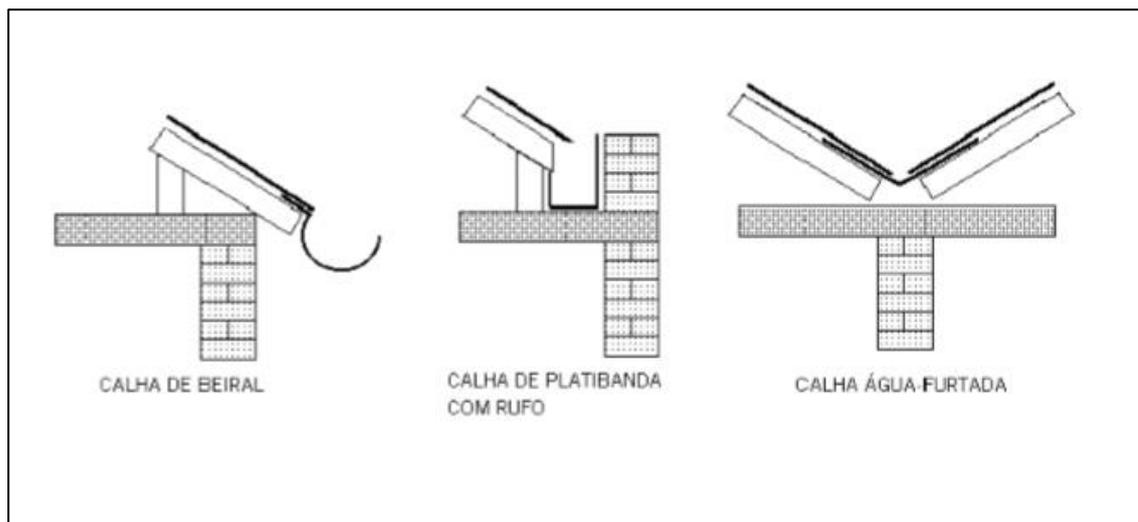
Figura 29: Exemplos de Formatos de calhas:



Fonte: Disponível em:

<<http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/15805/material/APOSTILA-%C3%81GUA%20PLUVIAL.pdf>>. Acesso em: 14 de Agosto de 2017.

Figura 30: Tipos de calhas:



Fonte: Fonte: Disponível em:

<<http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/15805/material/APOSTILA-%C3%81GUA%20PLUVIAL.pdf>>. Acesso em: 14 de Agosto de 2017.

5.5. Compatibilização de Projetos

A compatibilidade é definida como atributo do projeto cujos componentes dos sistemas ocupam espaços que não conflitam entre si e, além disso, que possui dados compartilhados com consistência e confiabilidade até o final do processo de projeto e obra (GRAZIANO, 2003 apud MIKALDO JR, 2008, p.82)

O projeto é definido como descrição gráfica e escrita das propriedades de um serviço ou obra de engenharia ou arquitetura, definindo seus atributos técnicos, econômicos, legais e financeiros (NBR-5674, 1999 apud MIKALDO JR, 2008, p.82); “uma atividade criativa, intelectual, baseada em conhecimentos (...) mas também em experiência (...) um processo de otimização” (STEMMER, 1988 apud MIKALDO JR, 2008, p.82); “... atividade que cria propostas que transformem alguma coisa existente em algo melhor” (MCGINTY, 1984 apud MIKALDO JR, 2008, p.82).

Para Mikaldo (2008, p.82) a compatibilização é “Logo, compatibilização de projetos é a atividade que torna os projetos compatíveis, proporcionando soluções integradas entre as diversas áreas que tornam um empreendimento factível”.

Para Rodríguez e Heineck (2001), a compatibilização deve acontecer em cada uma das seguintes etapas do projeto: estudos preliminares, anteprojeto, projetos legais e projeto executivo, indo de uma integração geral das soluções até as verificações de interferências geométricas das mesmas (RODRÍGUEZ, M. A. A; HEINECK, L. F. M., 2001 apud MIKALDO JR, 2008, p.83)

6. PROJETO ESTRUTURAL

O projeto estrutural determina os elementos estruturais (fundação, pilares e vigas ou alvenaria estrutural, e lajes) que têm como objetivo sustentar a edificação, transmitindo suas cargas acidentais e permanentes ao solo.

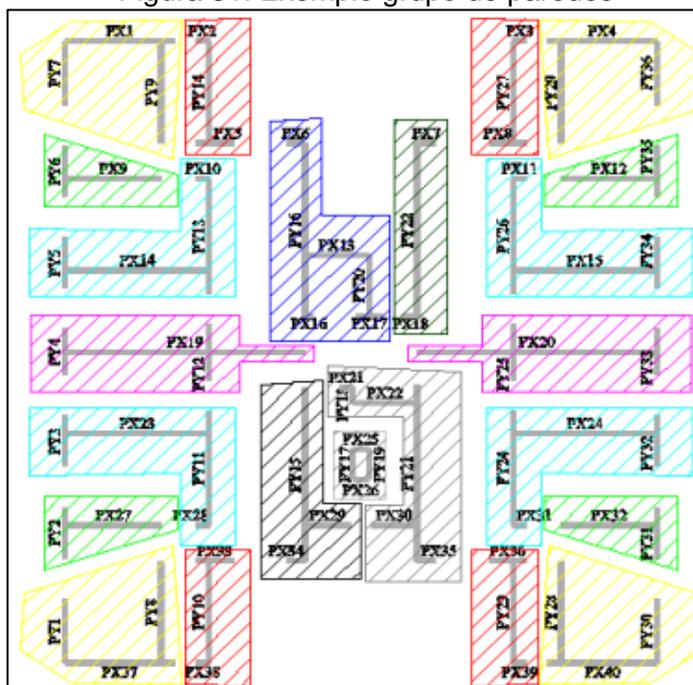
6.1. Dimensionamento da alvenaria estrutural

Neste item vai ser descrito o dimensionamento do projeto estrutural, distribuições de cargas e carregamentos por grupo de paredes, cálculos da resistência dos blocos, ações laterais (Modelo de distribuição dos esforços e verificação da flexo compressão e cisalhamento), cálculo de verga e contra verga.

6.1.1. Distribuição de cargas e carregamento por grupo de paredes

A distribuição do carregamento de cada laje para cada parede se dará em função da área de influência da laje em relação a cada parede de apoio (Figura 31). Essas áreas são traçadas considerando o ângulo usual de distribuição em função da condição de apoio de cada lado (apoio/apoio, apoio/engaste, livre).

Figura 31: Exemplo grupo de paredes



Fonte: Extraído do livro: Alvenaria estrutural em blocos cerâmicos: projeto, execução e controle. 2010. PARSEKIAN, Guilherme Aris.

Para uniformizar o carregamento do grupo, considera-se:

gk/pav (kN) = carga de pavimento tipo sobre cada parede do grupo (por exemplo PX1 + PX7 + PX 9);

$gk/atico$ (kN) = carga do ático sobre cada parede do grupo (por exemplo PX1 + PX7 + PX 9);

qk/pav (kN) = carga de cada pavimento tipo sobre cada parede do grupo;

$qk/atico$ (kN) = carga do ático tipo sobre cada parede do grupo;

L (m) = soma dos comprimentos de cada parede, por exemplo (LX1 + LX7 + LY9);

Em cada pavimento, com n pavimentos acima, o carregamento uniformizado sobre o grupo será:

$$(Gk + Qk)_{grupo} = \frac{n \times (Gk + Qk)_{pav} + (Gk + Qk)_{atico}}{L}$$

6.1.2. Cálculo da resistência dos blocos

Após realizado os cálculos de cargas, é possível ser calculado o Fck dos blocos que será utilizado em MPa.

Para esse processo é utilizada a fórmula:

$$F_{pk} \geq 32,21 * (Nk) \div L)$$

Onde: Nk= Carga nas paredes (kN);

L = Comprimento (m);

Logo após calculado o Fpk, utilizamos a relação $F_{pk} / F_{bk} = 0,5$, para acharmos o valor do Fck e definir o MPa necessário.

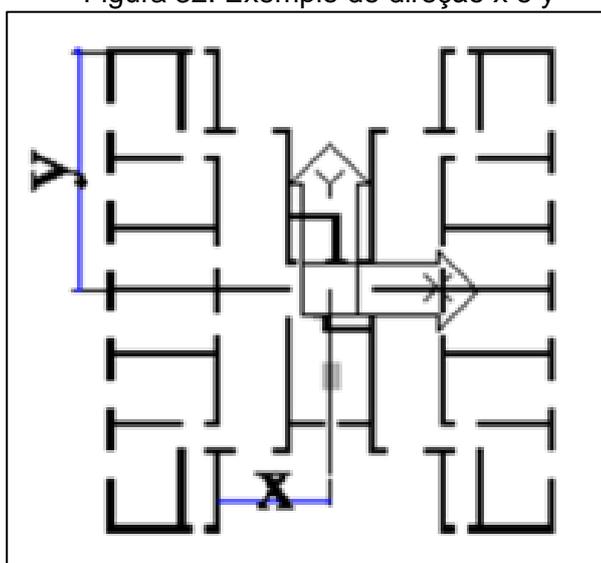
6.1.3. Ações Laterais: Modelo de Distribuição dos Esforços e Verificação da Flexo Compressão e Cisalhamento

Para distribuição das ações laterais entre as paredes de contraventamento será adotado o modelo simplificado de paredes em balanço, desprezando a rigidez ao cisalhamento e trechos entre aberturas. Esse modelo simples leva a resultados conservadores em termos de esforços e deslocamentos (e portanto é seguro). Para casos de edifícios de baixa altura e com várias paredes de contraventamento nas duas direções principais (caso do exemplo aqui desenvolvido, Figura 32), esse modelo é usualmente suficiente para um dimensionamento econômico.

$$F_{xi} = F_x \times \frac{I_{yi}}{\sum I_{yi}}$$

$$F_{yi} = F_y \times \frac{I_{xi}}{\sum I_{xi}}$$

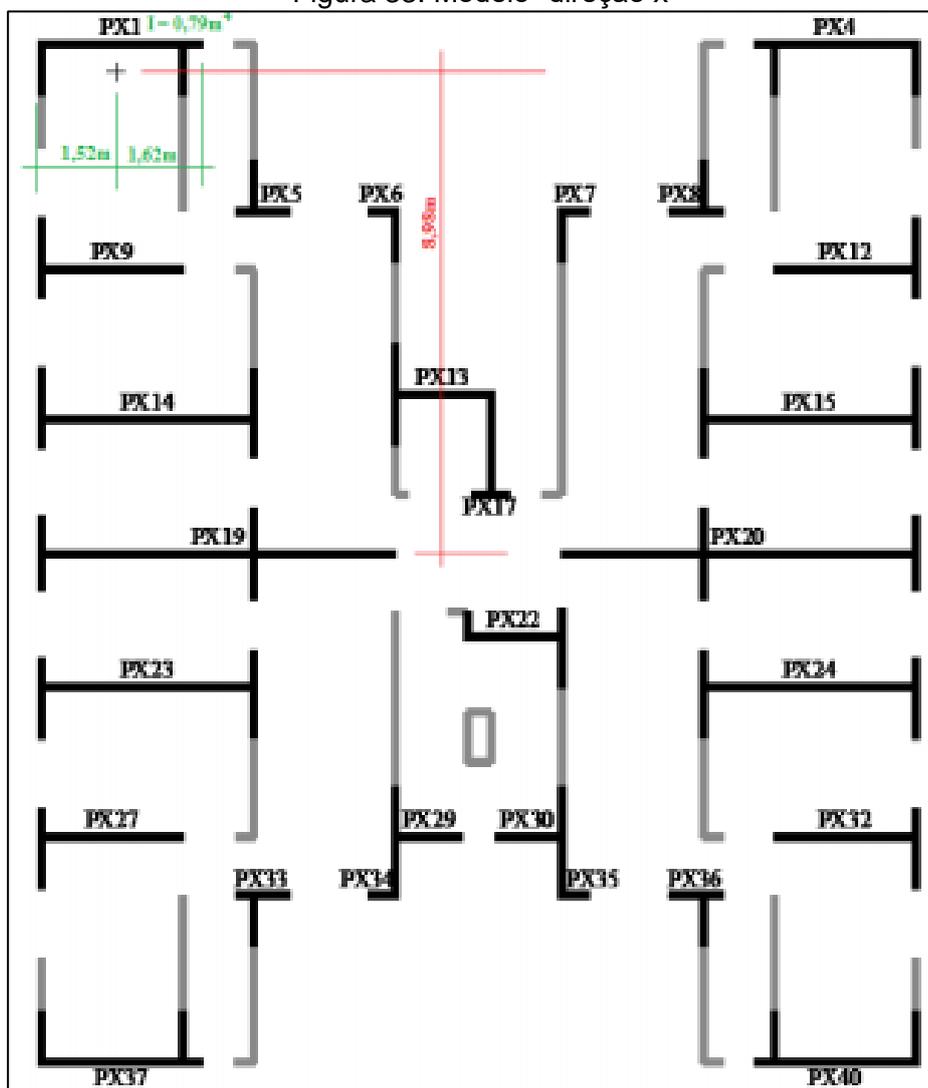
Figura 32: Exemplo de direção x e y



Fonte: Extraído do livro: Alvenaria estrutural em blocos cerâmicos: projeto, execução e controle. 2010. PARSEKIAN, Guilherme Aris.

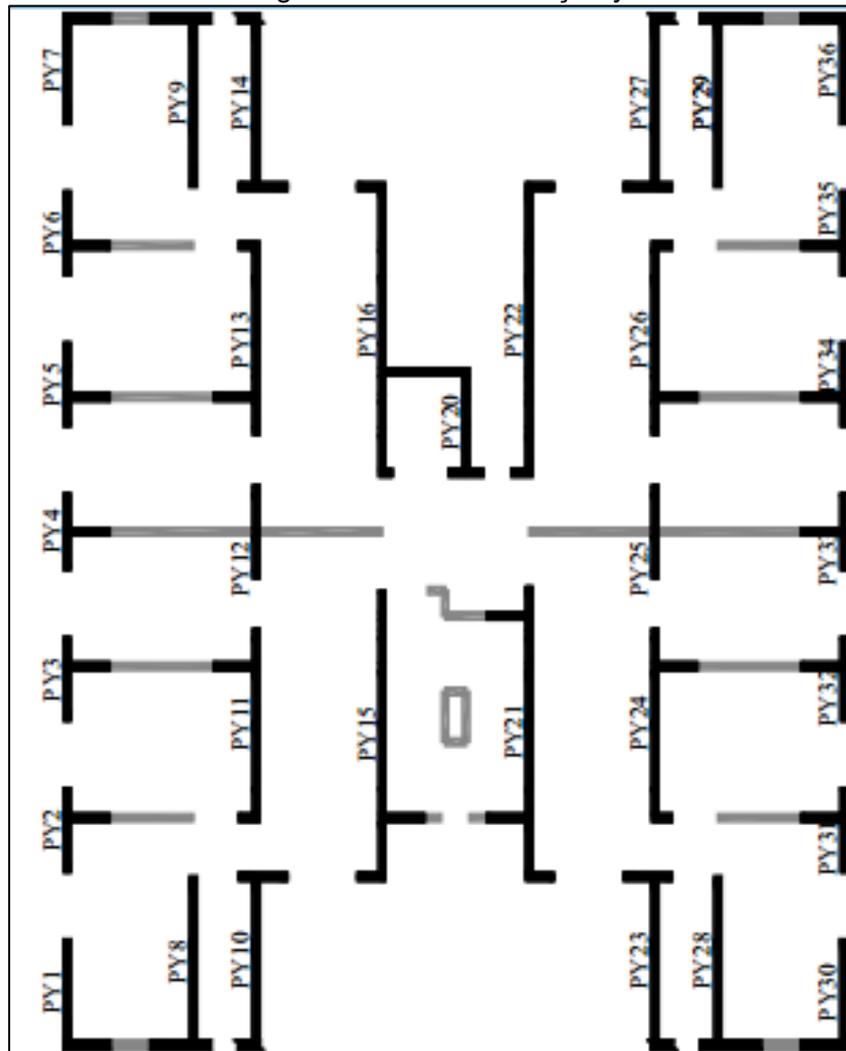
São definidos dois modelos para consideração da ação de vento e desaprumo, um na direção principal X (Figura 33) e outra na direção Y (Figura 34) do prédio. Para a direção X farão parte do modelo as paredes dispostas nessa direção mais as abas de eventuais paredes amarradas a essas limitando o comprimento da aba a $6x$ a espessura e nunca sobrepondo o mesmo trecho de aba em duas paredes de contraventamento. Há grande diferença entre considerar abas formando seções T, I (paredes com amarração direta ou não (paredes com amarração indireta) formando seções retangulares apenas.

Figura 33: Modelo "direção x"



Fonte: Extraído do livro: Alvenaria estrutural em blocos cerâmicos: projeto, execução e controle. 2010. PARSEKIAN, Guilherme Aris.

Figura 34: Modelo “direção y”



Fonte: Extraído do livro: Alvenaria estrutural em blocos cerâmicos: projeto, execução e controle. 2010. PARSEKIAN, Guilherme Aris.

Para os cálculos, é necessária a utilização de tabelas para cálculos de esforços solicitantes.

6.1.4. Máxima compressão e tração

Para a máxima compressão, é necessário que os valores de i e ii, estejam afirmados nas seguintes fórmulas:

$$i) \quad \frac{0,7Q_{acidental} + 1,4G}{0,35R} + 2,66Q_{vento} \leq f_{pk}$$

$$ii) \quad \frac{1,4Q_{acidental} + 1,4G}{0,35R} + 1,60Q_{vento} \leq f_{pk}$$

Para a máxima tração, a verificação é realizada através da fórmula:

$$1,4\sigma_V - 0,9 \cdot \sigma_G \leq \frac{f_{tk}}{\gamma_m}$$

Todos os valores encontrados, para que não seja necessária armadura, não devem exceder 100 kN/m².

6.1.5. Verificação de cisalhamento

As tensões de cisalhamento na alvenaria seguem o critério de resistência de Coulomb ($\tau = \tau_0 + \mu\sigma$), existindo uma parcela inicial da resistência devida à aderência que é aumentada em função do nível de pré-compressão. O valor da parcela de resistência ao cisalhamento da alvenaria depende do traço de argamassa utilizada, que influencia a aderência inicial (τ_0) e do nível de pré-compressão ($\mu\sigma$), com coeficiente de atrito $\mu = 0,5$.

O valor da tensão de pré-compressão σ deve ser calculado considerando apenas ações permanentes, minoradas do coeficiente de redução igual a 0,9. Se houver armadura de flexão perpendicular ao plano de cisalhamento em furo grauteado, tem-se:

$$f_{vk} = 0,35 + 17,5 \times \rho \leq 0,7 \times MPa$$

Onde ρ é a taxa de geométrica de armadura = $A_s/(bd)$ Caso haja carga concentrada próxima a apoio (distancia da carga ao apoio (a_v) $\leq 2d$) e esta seja preponderante (parcela da força cortante devido à carga concentrada $\geq 70\%$ da força cortante total), pode-se aumentar o valor de f_{vk} multiplicando-o pela razão $2d/a_v$. Para a verificação do cisalhamento nas interfaces de ligação entre paredes (amarração direta), considera-se $f_{vk} = 0,35$ MPa.

Quando os limites acima não forem suficientes para garantir a estabilidade, é possível armar a alvenaria ao cisalhamento.

6.1.6. Estabilidade global

O edifício é modelado como uma única barra, com inércia igual à somatória de todas as paredes. O módulo de elasticidade considerado é igual a $0,8 \times 600 \times f_{pk}$ (utilizando o pior caso de blocos cerâmicos), sendo a redução de 20% do valor de

norma considerado para levar em conta fissurações em função de pequenas trações que possam existir.

A estabilidade estará verificada caso o parâmetro de estabilidade γ_z resulte menor que 1,1, ou seja, se os esforços de 2ª ordem forem pequenos, menores que 10% dos esforços de primeira ordem:

$$\gamma_z = \frac{1}{1 - \frac{M_2}{M_1}} \leq 1,10$$

Sendo:

M_1 o momento de primeira ordem devido às forças laterais;

M_2 o momento de segunda ordem devido ao peso vertical de cada pavimento, multiplicado pelo deslocamento horizontal resultante da ação das forças laterais em cada pavimento.

6.1.7. Verga e contra-verga

O dimensionamento de verga e contra-verga, é realizado seguindo os seguintes passos:

1º Cálculo do l :

$$l = V\tilde{a}o + \frac{a}{2} + \frac{a}{2}$$

Onde:

$V\tilde{a}o$: comprimento em que atuará a verga ou contra-verga (m);

a : altura do bloco (m);

2º Cálculo do Momento devido às cargas atuantes:

$$Md = \left(\frac{p \times l^2}{8} \right) \times 1,4$$

Onde:

p : Carga atuante (kN/m);

l : comprimento cálculo (m).

Observação: 1,4 é o coeficiente de majoração para ELU.

3° Fpk (60% de eficiência devido ao grautes):

$$Fpk = 1,6 \times 0,5 \times Fbk$$

Onde:

Fbk: Resistência do bloco (MPa);

4° Fk, horizontal e vertical:

$$Fk, hor = Fk, vert = 0,7 \times Fpk$$

Onde:

Fpk: Resistência calculada (MPa);

5° X e Z, da seção balanceada (Limite domínio 3 e 4):

$$Kx = \frac{x}{d} = 0,45 \quad x_{34} = 0,45 \times d \quad z_{34} = d - 0,4 \times$$

Onde:

d: altura útil do bloco (m);

6° Md, máx (Md34):

$$Md, máx = Md_{34} = fd \times 0,8 \times x_{34} \times b \times z_{34}$$

Onde:

fd: fk, horizontal e vertical (kN/m²);

b: comprimento da base do bloco (m);

Após realizado esses cálculos, deve ser fazer a verificação para saber se a armação a ser utilizada é simples ou dupla. Para isso, serão utilizados os Momentos calculados.

Se Md for maior que Md, máx, utiliza-se armadura dupla, caso contrário, utiliza-se armadura simples.

Definido qual tipo de armadura, deve-se continuar com os passos a seguir:

Para armadura simples:

7° Calculo da altura da linha neutra (x):

Esse cálculo consiste em recalculer os valores de x e z.

$$Md = fd \times 0,8 \times x \times b \times z$$

Para isso é necessário deduzir a fórmula da seguinte maneira:

$$Md = f d \times 0,8 \times x \times b \times (d - 0,4 x)$$

Após substituídos os valores, se obterá o x como incógnita e numa função de segundo grau, que após solucionada, temos o novo valor de x.

8° Cálculo da armadura (As):

$$As = \frac{Md}{f_{yd} \times z}$$

Onde:

z: $d - 0,4 x$ (novo valor de x), (m);

9° Valor mínimo de armadura (As, mín):

$$As, \text{mín} = 10\% \times b \times d$$

Após realizado os cálculos de As e (As,mín), utilizar o maior valor encontrado.

Para armadura dupla:

10° Diferença de Momentos:

$$\Delta m = Md - Md, \text{máx}$$

11° Cálculo de armação inferior (As1):

$$As, 1 = \frac{\Delta m}{(50\% \times f_{yd}) \times (d - d')}$$

Onde:

Δm : Diferença de momentos (kN.m);

f_{yd} : resistência do aço (MPa);

d' : altura do bloco – altura útil (m);

Agora é necessária outra verificação, que é a de tensão no aço, realizada da seguinte forma:

$$f's = \frac{d'}{0,35\% \times x_{34}} \times E_s \leq 50\% \times f_{yd}$$

Onde f's deve ser menor ou igual à 50% do f_{yd} , caso contrário, para as fórmulas a seguir deve se utilizar o valor de 50% do f_{yd} .

12° Armação superior (As2):

$$As, 2 = \frac{\Delta m}{f's \times (d - d')}$$

13° Armação inferior (As):

$$As = \frac{M1}{50\% \times fyd \times z34} + As, 1$$

Onde:

M1: Momento máximo (kN.m);

14° Armação superior (A's):

$$As2 = A's$$

Após definidos os valores de armadura, definir qual serão os diâmetros e quantidades das barras de aço do tipo CA50, que estão listadas na tabela 3 a seguir:

Tabela 3: Valores dos tipos de aços

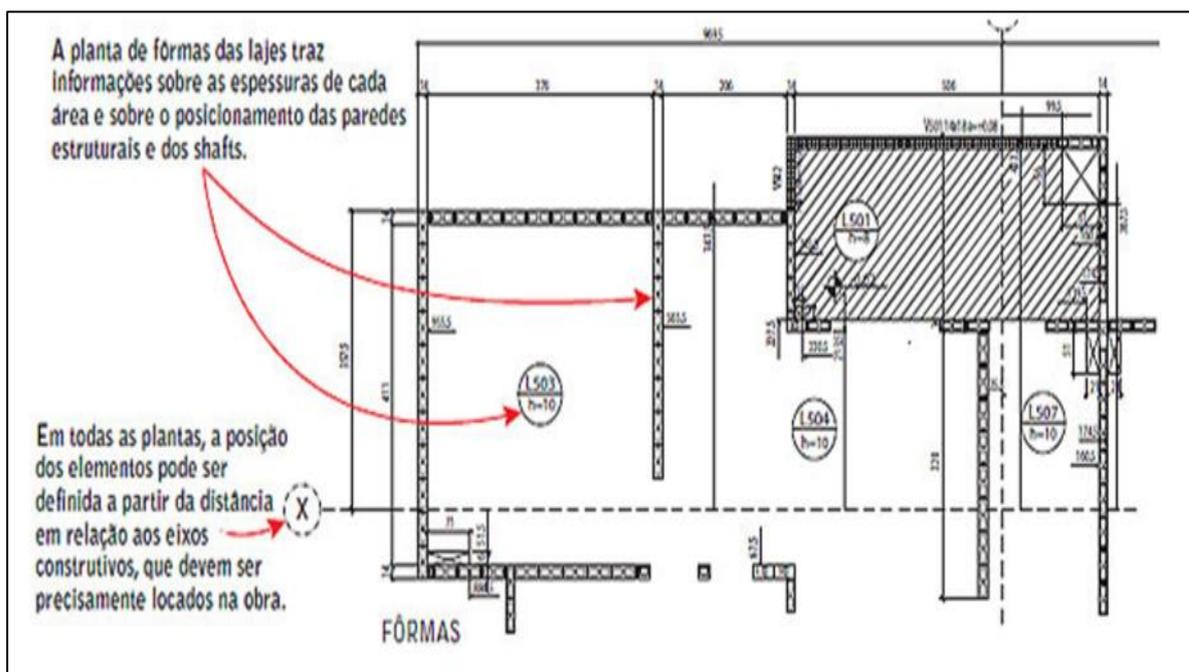
BITOLA (MM)	TIPO DE AÇO	AREA (cm ²)
5,0	CA-60	0,2
6,3	CA-50	0,315
8,0	CA-50	0,5
10,0	CA-50	0,8
12,5	CA-50	1,25
16,0	CA-50	2,0
20,0	CA-50	3,15
25,0	CA-50	5,0
32,0	CA-50	8,0

Fonte: Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAf9gAAH/eng-civil-concreto-apostila-concreto-armado-i?part=3>>. Acesso em 11 de Outubro de 2017.

6.2. Projeto de Alvenaria estrutural e seus pontos importantes

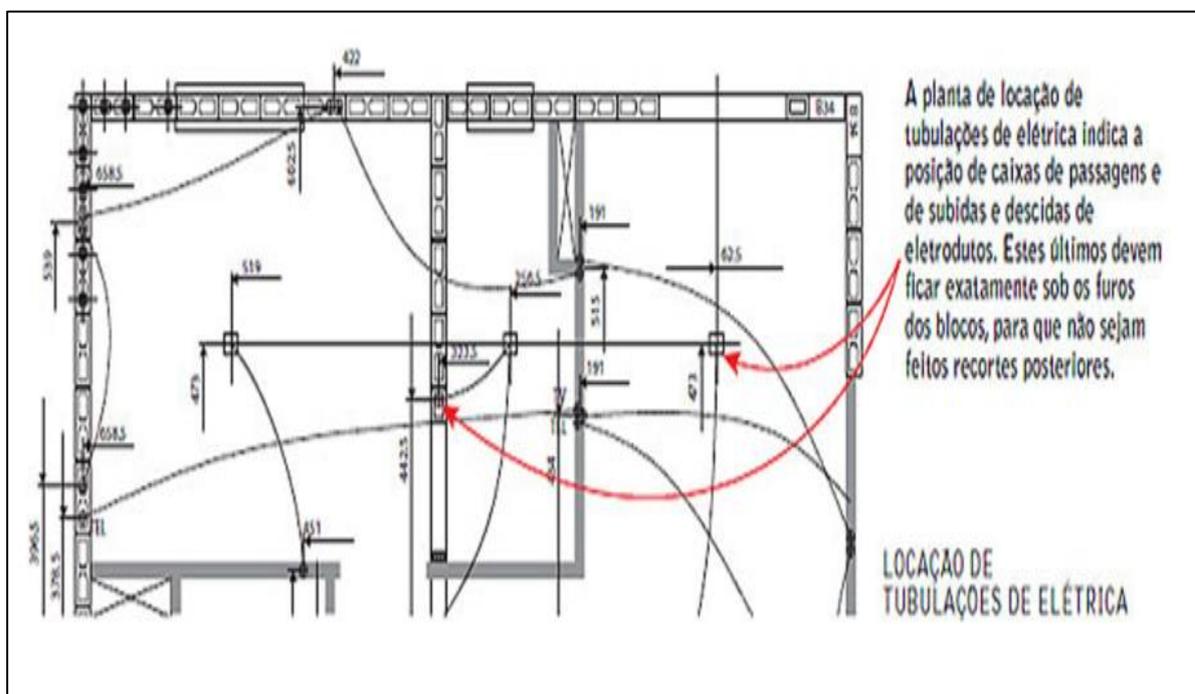
De acordo com Franco (2011), os projetos de alvenaria estrutural usam as próprias paredes, como elementos de sustentação do edifício. Deste modo os projetos que chegam para a execução na obra são bem detalhados para que não haja dúvidas ou imprevistos no momento da execução. As Figuras 35, 36, 37, 38, 39, 40 e 41 a seguir representam as etapas de execução de um projeto aplicando os conceitos de alvenaria estrutural.

Figura 35: Planta das formas das lajes



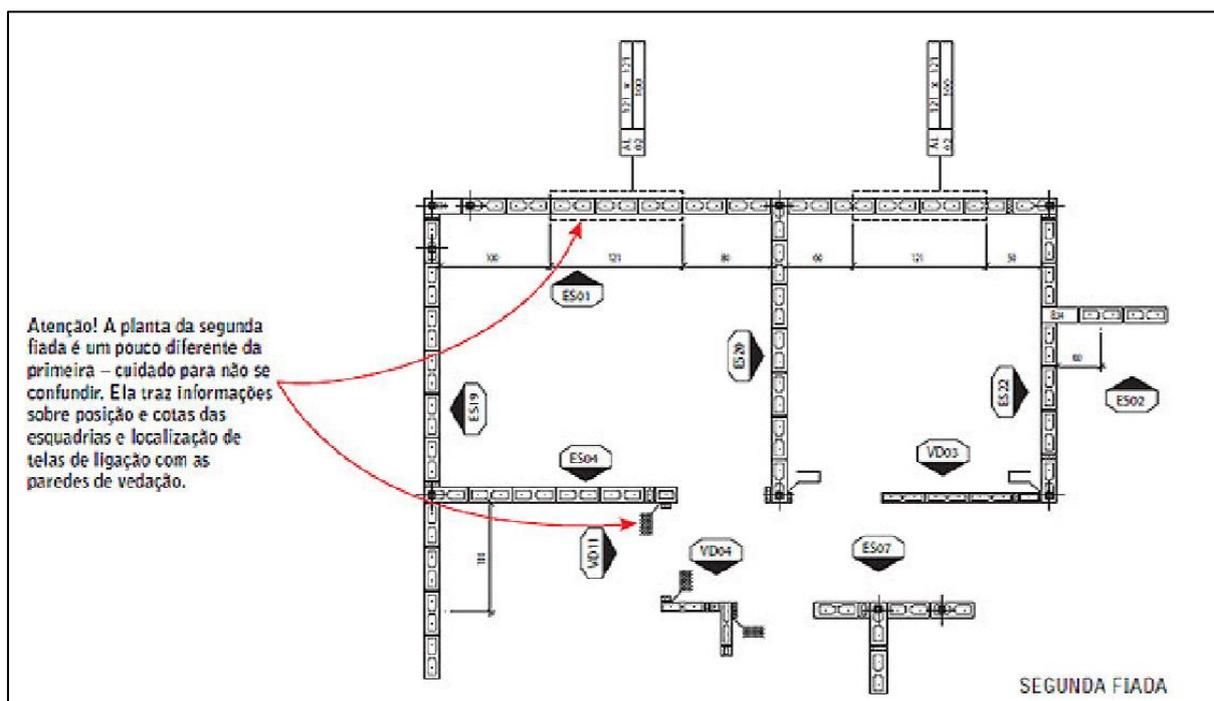
Fonte: Disponível em: <<http://equipedeobra.pini.com.br/construcao-reforma/42/alvenaria-estrutural-projetos-de-edificios-com-paredes-estruturais-exigem-242140-1.aspx>>. Acesso em: 22 de Setembro de 2017.

Figura 36: Locação de Tubulações de Elétrica



Fonte: Disponível em: <<http://equipedeobra.pini.com.br/construcao-reforma/42/alvenaria-estrutural-projetos-de-edificios-com-paredes-estruturais-exigem-242140-1.aspx>>. Acesso em: 22 de Setembro de 2017.

Figura 41: Segunda Fiada



Fonte: Disponível em: <<http://equipedeobra.pini.com.br/construcao-reforma/42/alvenaria-estrutural-projetos-de-edificios-com-paredes-estruturais-exigem-242140-1.aspx>>. Acesso em: 22 de Setembro de 2017.

7. PROJETO DE INSTALAÇÕES PREDIAIS

Neste capítulo serão descritos os projetos de instalações prediais realizados no objeto de estudo. Sendo assim são feitas as considerações a respeito dos projetos de instalações: elétricas, hidrossanitárias, águas pluviais e de gás (GLP).

7.1. Projeto de instalações elétricas

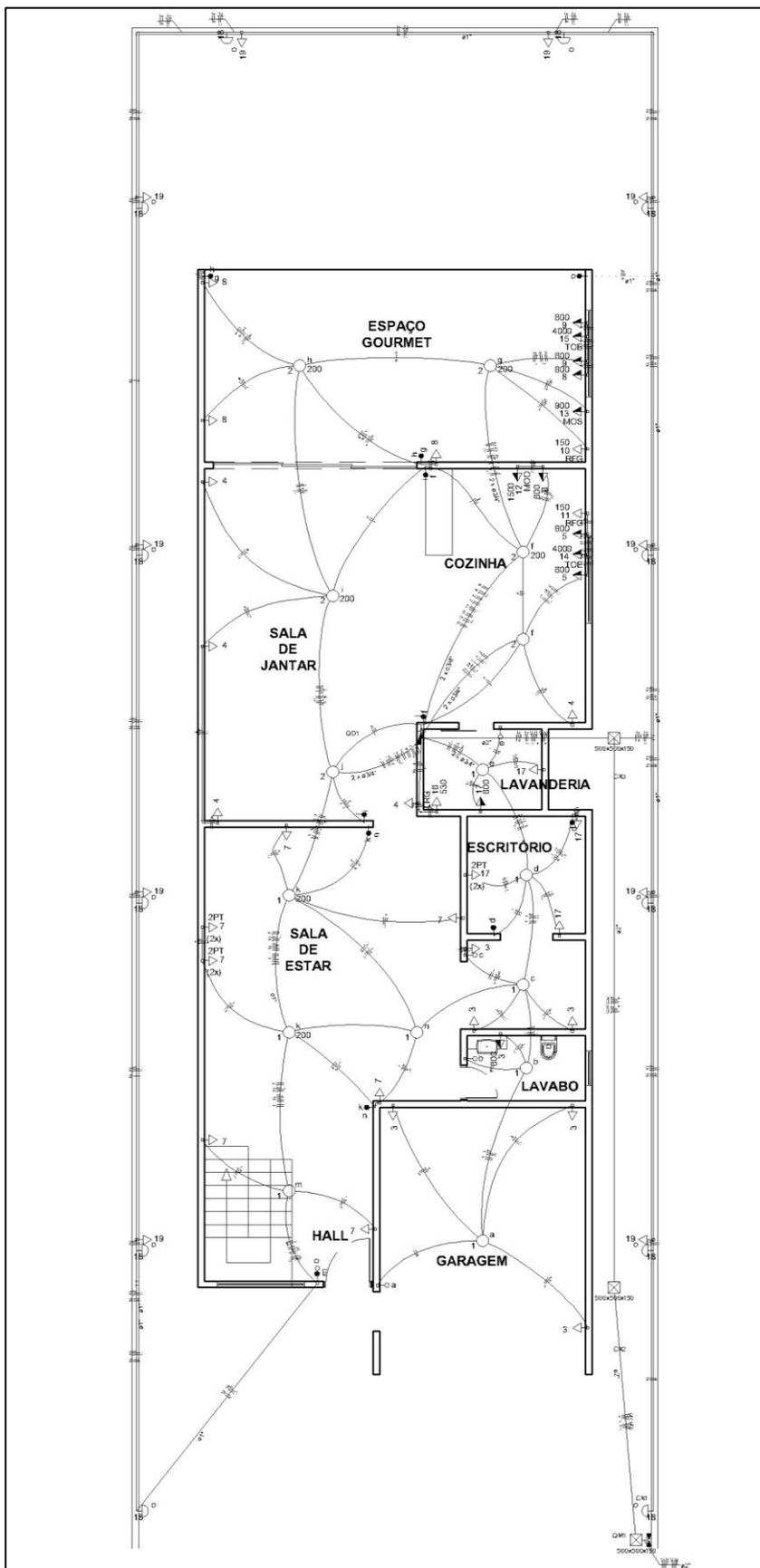
O projeto elétrico (Figura 42 e 43) residencial pode aparentar ser somente mais uma parte da planta da construção de uma casa, no entanto, é de extrema importância dar atenção a este projeto, que com o auxílio do AutoCAD (Anexo F), planeja como será, na prática, o funcionamento de toda a instalação elétrica, evitando complicações em qualquer tipo da instalação, desde a instalação de uma simples luminária até instalações mais complexas.

É a previsão escrita da instalação, com todos os seus detalhes, localização dos pontos de utilização da energia elétrica, comandos, trajeto dos condutores, divisão em circuitos, seção dos condutores, dispositivos de manobra, carga de cada circuito, carga total, etc. Ou seja, projetar uma instalação elétrica de uma edificação consiste basicamente em:

- Quantificar, determinar os tipos e localizar os pontos de utilização de energia elétrica;
- Dimensionar, definir o tipo e o caminhamento dos condutores e condutos;
- Dimensionar, definir o tipo e a localização dos dispositivos de proteção, de comando, de medição de energia elétrica e demais acessórios.

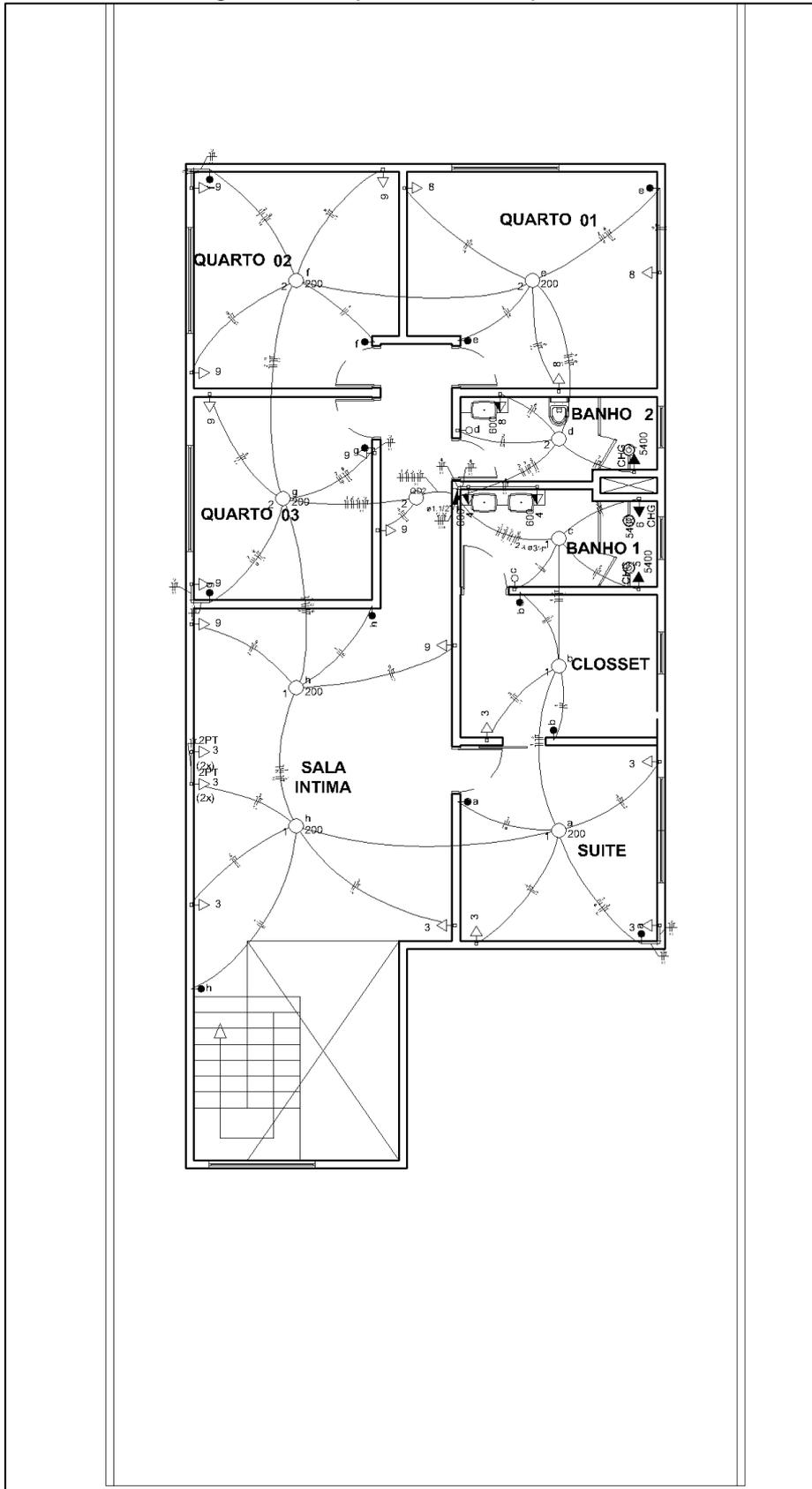
O objetivo de um projeto de instalações elétricas é garantir a transferência de energia desde uma fonte, em geral a rede de distribuição da concessionária ou geradores particulares, até os pontos de utilização (pontos de luz, tomadas, motores, etc.). Para que isto se faça de maneira segura e eficaz é necessário que o projeto seja elaborado, observando as prescrições das diversas normas técnicas aplicáveis, principalmente a ABNT NBR-5410:2004 – Instalações Elétricas de Baixa Tensão.

Figura 42: Projeto elétrico pavimento térreo



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Figura 43: Projeto elétrico 1º pavimento



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

7.2. Projeto de instalações hidrossanitárias

O Projeto de Instalações Hidrossanitárias, (Anexos C, D e F) têm pôr finalidade, garantir os parâmetros de qualidade e funcionalidade da edificação no que diz respeito às interligações aos sistemas de abastecimento de água, esgotamentos sanitários existentes e água pluvial.

Os projetos foram realizados, seguindo os métodos de cálculo e procedimento das normas: NBR 7198- Instalações Prediais de Água Quente; NBR 5626 – Instalações prediais de água fria; NBR 8160- Sistemas prediais de esgoto sanitário- projeto e execução; NBR 10844- Instalações prediais de águas pluviais.

Para a realização dos mesmos, como a alvenaria estrutural não permite que passe fluídos no interior dos blocos, houve a necessidade de utilização de shafts e bonecas, soluções já citadas anteriormente.

8. CONCLUSÃO

A alvenaria estrutural é um sistema construtivo econômico levado em considerações outros métodos construtivos, que vem em um constante crescimento em sua utilização. Entretanto muitos engenheiros e construtores desconhecem as literaturas, normas e práticas de execução e acabam utilizando de forma equivocada este método de sistema construtivo. Até este momento a alvenaria é uma das práticas construtivas mais antigas, e seus estudos técnicos e metodologia pratica continuam em constante evolução.

Ainda com as opções de rapidez, limpeza, eficiência e alta segurança de trabalho vem chamando de grande forma a atenção de construtoras. Uma de suas maiores particularidades do desenvolvimento em alvenaria estrutural é a concepção do projeto, que exige uma boa coordenação entre todos os projetos, para obter um resultado satisfatório e aproveitar ao máximo todas as suas vantagens.

Pelo desenvolvimento do projeto apresentado nesse trabalho conclui-se que é necessária a total integração entre todos os integrantes das equipes envolvidas, desde a etapa da concepção do projeto, ou seja, entre o engenheiro projetista, engenheiro estrutural, elétrico, hidráulico, mestre de obras e afins que estejam engajados no decorrer do projeto.

Contudo, nos projetos desse método construtivo é fundamental que ocorra essa interação, pois a resultante é baseada na compatibilização dos diversos projetos envolvidos, buscando a harmonia do conjunto.

No presente desenvolvimento do projeto conclui-se que o sistema construtivo em alvenaria estrutural é um crescente mecanismo eficaz e com resultados muitos satisfatórios.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT NBR 9050 - Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. 3ª Edição, 2015. Disponível em: <<http://www.ufpb.br/cia/contents/manuais/abnt-nbr9050-edicao-2015.pdf>>. Acesso em: 07 Março de 2016.

ABNT NBR 6122 – Projeto e execução de fundações. 2ª Edição, 2010. Disponível em: < <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=79281> f>. Acesso em: 07 Março de 2016.

ABNT NBR 5626 – Instalação predial e água fria. 1ª Edição, 1998. Disponível em: < <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=79281> f>. Acesso em: 07 Março de 2016.

ABNT NBR 5410 – Instalação elétricas de baixa tensão. 2ª Edição, 2004. Disponível em: < <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=79281> >. Acesso em: 09 Maio de 2016.

ABNT NBR 10844 – Instalações prediais de águas pluviais. 1ª Edição, 1989. Disponível em: < <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=79281> f>. Acesso em: 12 Agosto de 2016.

ABNT NBR 5626 - Instalação predial e água fria. 1ª Edição, 1998. Disponível em: < <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=79281> f>. Acesso em: 12 Agosto de 2016.

ABNT NBR 6023 - Informação e documentação, referências – elaboração. 1ª Edição, 2002. Disponível em: < <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=79281> >. Acesso em: 07 Março de 2016.

ABNT NBR 10520 - Informação e documentação, citações em documentos – apresentação. 1º Edição, 2002. Disponível em: < <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=79281> >. Acesso em: 07 Março de 2016.

ABNT NBR 14724 - Informação e documentação, trabalhos acadêmicos – apresentação. 3º Edição, 2001. Disponível em: <<https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=79281>>. Acesso em: 07 Março de 2016.

ABNT NBR 6136 - Bloco vazado de concreto simples para alvenaria estrutural, 1994. Disponível em: < <http://www.ebah.com.br/content/ABAAABkjMAF/nbr-6136-bloco-vazado-concreto-simples#>>. Acesso em: 04 Março de 2017.

ABNT NBR 15270-1 - Componentes cerâmicos Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação — Terminologia e requisitos: < <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAesSsAB/nbr-15270-1> >. Acesso em: 12 Agosto de 2017.

Alvenaria estrutural: Projetos de edifícios com paredes estruturais exigem posicionamento e encaixe perfeito dos blocos e instalações elétricas e hidráulicas: Disponível em: <<http://equipedeobra.pini.com.br/construcao-reforma/42/alvenaria-estrutural-projetos-de-edificios-com-paredes-estruturais-exigem-242140-1.aspx>>. Acesso em: 22 de setembro de 2017.

CREDER, Hélio. Instalações hidráulicas e sanitárias: exemplo de aplicação / 6.ed.2014;

Equações de chuvas intensas do estado de São Paulo: Disponível em: < http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/chuvas_intensas_dae.pdf>. Acesso em: 18 Novembro de 2016.

Fórum da construção. Disponível em:< <http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=7&Cod=957> >. Acesso em: 23 de agosto de 2016.

GRAZIANO, F. P. Compatibilização de Projetos. 2003. Dissertação (Mestrado Profissionalizante), Instituto de Pesquisa Tecnológica – IPT, São Paulo.

As instalações prediais no processo construtivo de alvenaria estrutural:
Disponível em:
<<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semexatas/article/download/3197/2678>>.
Acesso em: 08 de Agosto de 2017.

Instalação Predial de Águas Pluviais: Disponível em:
<<http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/15805/material/APOSTILA-%C3%81GUA%20PLUVIAL.pdf>>. Acesso em: 14 de Agosto de 2017 as 22h 10min.

KALIL, S. M. B. Alvenaria Estrutural. Disponível em:
<http://www.feng.pucrs.br/professores/soares/Topicos_Especiais__Estruturas_de_Madeira/Alvenaria.pdf> Acesso em: 11 de junho de 2016.

Leis Municipais Bragança Paulista: Disponível em:
<<https://leismunicipais.com.br/plano-diretor-braganca-paulista-sp>> acesso em 13 de Agosto de 2017 as 21h 06min.

MAPA 14 – Incidência solar global na região administrativa de Campinas.

Disponível em: <<http://www.energia.sp.gov.br/a2sitebox/arquivos/documentos/456.pdf>>. Acesso em: 19 de Novembro de 2016.

McGINTY, T. Projeto e processo de projeto. In: Snyder, James C.; Catanese, Anthony J. (coord) Introdução à arquitetura. Rio de Janeiro, Campus, 1984. p.160194.

Noções básicas de fundações: Disponível em: <
<https://www.escolaengenharia.com.br/nocoos-basicas-de-fundacoes/>>. Acesso em:
15 Março de 2017 as 21h13min.

PARSEKIAN, Guilherme Aris. Alvenaria estrutural em blocos cerâmicos: projeto, execução e controle. 2010;

VELOSSO, Dirceu de Alencar, e LOPES, Francisco de Rezende. Critérios de projeto – investigação do subsolo – fundações superficiais. 2. ed.2011;

PARSEKIAN, Guilherme Aris. Comportamento e dimensionamento de alvenaria estrutural. 2. ed.2013;

FARIA, Renato. Projetos de edifícios com paredes estruturais exigem posicionamento e encaixe perfeito dos blocos e instalações elétricas e hidráulicas, entrevista ao Engenheiro Luiz Sérgio Franco: Disponível em: <<http://equipedeobra.pini.com.br/construcao-reforma/42/alvenaria-estrutural-projetos-de-edificios-com-paredes-estruturais-exigem-242140-1.aspx>>. Acesso em: 29 de Outubro de 2017.

REBELLO, Yopanan Conrado Pereira. Fundações: guia prático de projeto, execução e dimensionamento.4. Edição. 2008;

ROMAM, H. Manual de Alvenaria Estrutural. Disponível em: <<http://docente.ifrn.edu.br/valtencirgomes/disciplinas/construcao-civil-ii-1/manual-de-alvenaria-estrutural/view>>. Acesso em: 11 de Junho de 2016.

STEMMER, C.E. A questão do projeto nos cursos de engenharia - texto no 1. In: Fórum ABENGE. Revista Ensino de Engenharia, v.7, n. 1, 1988. São Paulo, ABENGE, 1988. p.3-6. UFSC

Sistemas construtivos: Disponível em: <<http://www.comunidadeconstrucao.com.br/sistemas-construtivos/1/projeto-estrutural/projeto/6/projeto-estrutural.html>>. Acesso em: 15 Março de 2017 as 21h00min.

Tipos de estacas: Disponível em: <<https://www.escolaengenharia.com.br/tipos-de-estacas-para-fundacao>>. Acesso em: 15 Março de 2017 as 21h08min.

VELLOSO, Dirceu de Alencar. Fundações, volume 1: critérios de projeto investigação de subsolo fundações superficiais / Dirceu de Alencar Velloso, Francisco de Resende Lopes. – 2. Ed. – São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

ANEXOS

Anexo A – Memorial Instalações Elétricas

1.1. MEMORIAL DE CÁLCULO

Abaixo segue tabela 1 com cálculo.

Tabela 1: Quadros de cargas

Circuito	Descrição	Esquema	V (V)	Iluminação 100 W	Iluminação 200 W	Tomadas 100 W	Tomadas 150 W	Tomadas 530 W	Tomadas 600 W	Tomadas 900 W	Tomadas 1500 W	Tomadas 4000 W	Tomadas 5400 W	Potência total (VA)	Fases	Potência - R (W)	Potência - S (W)	In' (A)	Ip (A)	Seção (mm ²)
QD1	QUADRO TÉRREO	2F+N	240 / 120											27101	R+S	12130	11100	103.8	103.8	35
1	ILUMINAÇÃO TÉRREO 01	F+N	120	7	2									1100	R	1100		7.7	9.2	1.5
	a			1										100	R	100		0.8		1.5
	b			1										100	R	100		1.7		1.5
	c			1										100	R	100		2.5		1.5
	d			1										100	R	100		3.3		1.5
	e			1										100	R	100		4.2		1.5
	k				2									400	R	400		5.1		1.5
	m			1										100	R	100		7.7		1.5
	n			1										100	R	100		6.4		1.5
2	ILUMINAÇÃO TÉRREO 02	F+N	120	2	4									1000	R	1000		8.3	8.3	1.5
	f			1	1									300	R	300		5.0		1.5
	g				1									200	R	200		6.7		1.5

Circuito	Descrição	Esquema	V (V)	Iluminação 100 W	Iluminação 200 W	Tomadas 100 W	Tomadas 150 W	Tomadas 530 W	Tomadas 600 W	Tomadas 900 W	Tomadas 1500 W	Tomadas 4000 W	Tomadas 5400 W	Potência total (VA)	Fases	Potência - R (W)	Potência - S (W)	In' (A)	Ip (A)	Seção (mm ²)
	h				1									200	R	200		8.3		1.5
	i				1									200	R	200		2.5		1.5
	j			1										100	R	100		0.8		1.5
3	TUG's GARAGEM - LAVABO	F+N+T	120			6			1					1333	S		1200	11.1	11.1	2.5
4	TUG's COZINHA 01	F+N+T	120			5								556	R	500		4.0	4.6	2.5
5	TUG's COZINHA 02	F+N+T	120						2					1333	R	1200		11.1	11.1	2.5
6	TUG's COZINHA 03	F+N+T	120						1					667	S		600	5.6	5.6	2.5
7	TUG's SALA	F+N+T	120			10								1181	R	1000		15.1	9.8	2.5
8	TUG's ESPAÇO GOURMET	F+N+T	120			3			1					1000	R	900		5.6	8.3	2.5
9	TUG's ESPAÇO GOURMET	F+N+T	120						2					1333	S		1200	11.1	11.1	2.5
10	GELADEIRA GOURMET	F+N+T	120				1							188	R	150		1.6	1.6	2.5
11	GELADEIRA COZINHA	F+N+T	120				1							188	R	150		1.6	1.6	2.5
12	MICROONDAS COZINHA	F+N+T	120								1			1875	S		1500	15.6	15.6	2.5
13	MICROONDAS GOURMET	F+N+T	120							1				1125	S		900	9.4	9.4	2.5
14	TORNEIRA ELÉTRICA COZINHA	F+F+T	240									1		5000	R+S	2000	2000	20.8	20.8	4

Circuito	Descrição	Esquema	V (V)	Iluminação 100 W	Iluminação 200 W	Tomadas 100 W	Tomadas 150 W	Tomadas 530 W	Tomadas 600 W	Tomadas 900 W	Tomadas 1500 W	Tomadas 4000 W	Tomadas 5400 W	Potência total (VA)	Fases	Potência - R (W)	Potência - S (W)	In' (A)	Ip (A)	Seção (mm ²)
15	TORNEIRA ELÉTRICA GOURMET	F+F+T	240									1		5000	R+S	2000	2000	20.8	20.8	4
16	MAQUINA DE LAVAR	F+N+T	120					1						662	R	530		5.5	5.5	2.5
17	TUG's LAVANDERIA - ESCRITÓRIO	F+N+T	120			5			1					1250	S		1100	10.4	10.4	2.5
18	ILUMINAÇÃO EXTERNA 02	F+F	240	12										1200	R+S	600	600	7.7	5.0	1.5
	o			12										1200	R+S	600	600	7.7		1.5
19	TUG's EXTERNO	F+N+T	120			10								1111	R	1000		6.5	9.3	2.5
QD2	QUADRO SUPERIOR	2F+N	240 / 120											22300	R+S	11100	10700	95.3	95.3	35
1	ILUMINAÇÃO SUPERIOR 01	F+N	120	2	3									800	S		800	3.3	6.7	1.5
	a				1									200	S		200	1.7		1.5
	b			1										100	S		100	3.3		1.5
	c			1										100	S		100	2.5		1.5
	h				2									400	S		400	3.3		1.5
2	ILUMINAÇÃO SUPERIOR 02	F+N	120	2	3									800	S		800	4.2	6.7	1.5
	d			1										100	S		100	2.5		1.5

Circuito	Descrição	Esquema	V (V)	Iluminação 100 W	Iluminação 200 W	Tomadas 100 W	Tomadas 150 W	Tomadas 530 W	Tomadas 600 W	Tomadas 900 W	Tomadas 1500 W	Tomadas 4000 W	Tomadas 5400 W	Potência total (VA)	Fases	Potência - R (W)	Potência - S (W)	In' (A)	Ip (A)	Seção (mm ²)
	e				1									200	S		200	1.7		1.5
	f				1									200	S		200	1.7		1.5
	g				1									200	S		200	3.3		1.5
3	TUG's 01	F+N+T	120			10								1167	S		1000	6.0	9.7	2.5
4	TUG's BANHO 01	F+N+T	120						2					1333	R	1200		11.1	11.1	2.5
5	CHUVEIRO 01 BANHO 01	F+F+T	240										1	5400	R+S	2700	2700	22.5	22.5	4
6	CHUVEIRO 02 BANHO 01	F+F+T	240										1	5400	R+S	2700	2700	22.5	22.5	4
7	CHUVEIRO BANHO 02	F+F+T	240										1	5400	R+S	2700	2700	22.5	22.5	4
8	TUG's 02	F+N+T	120			3			1					1000	R	900		8.3	8.3	2.5
9	TUG's 03	F+N+T	120			9								1000	R	900		8.3	8.3	2.5
QM1	QUADRO MEDIDOR	2F+N+T	240 / 120											49401	R+S	23230	21800	194. 3	194. 3	2.5

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Anexo B – Memorial Gás Liquefeito de Petróleo – GLP

Dimensionamento de tubulação de gás
Gás Liquefeito de Petróleo – GLP

O gás GLP também chamado de gás liquefeito de petróleo, daí a sigla GLP, é uma mistura de gases de hidrocarbonetos utilizados como combustível em aplicações de aquecimento e veículos.

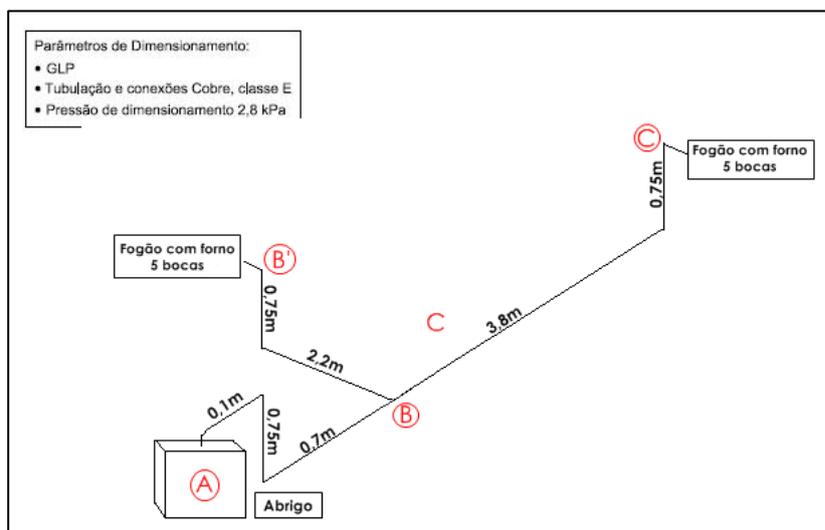
O GLP é a mistura de gases condensáveis presentes no gás natural ou dissolvido no petróleo. Os componentes do GLP, embora à temperatura e pressão ambientais sejam gases, são fáceis de condensar. Na prática, pode-se dizer que o GLP é uma mistura dos gases propano e butano. O propano e o butano estão presentes no petróleo e no gás natural, embora uma parte se obtenha durante a refinação de petróleo.

O trabalho tem como objetivo, definir os diâmetros nominais, que se deve utilizar em cada trecho de um dimensionamento de uma tubulação em uma residência, de acordo com cálculos realizados, seguinte os principais requisitos da ABNT NBR 15526:2012 e apostila da Comgás, sempre utilizando o menor diâmetro possível.

1.1. REDE A SER DIMENSIONADA

A Figura 1 representa a rede dimensionada.

Figura 1: Rede dimensionada



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

1.2. MEMORIAL DE CALCULO

Calculando potência de cada trecho:

- Aparelhos que serão abastecidos na rede (Tabela 1):

Tabela 1 – Potência dos aparelhos

Aparelho	Potência (kcal/h)
Fogão c/ forno 6 bocas	13390

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017

- Potência computada de cada trecho (Tabela 2) (C):

Tabela 2 – Potência computada dos pontos de alimentação

Trecho	Aparelhos à jusante	Pot. Computada (kcal/h)
AB	2 x Fogão = 13390 + 13390	26780
BB	Fogão 13390	13390
BC	Fogão 13390	13390

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017

- Potência Adotada (A):

$$A = \frac{FS \times C}{100}$$

Como FS = 100

$$A = C$$

Portanto, a potência adotada do trecho AB é 23770 kcal/h.

BB' é 13390 kcal/h.

BC é 13390 kcal/h.

- Vazão (Q):

Fórmula:

$$Q = \frac{A}{PCI}$$

Onde PCI do GLP é 24000 kcal/m³

$$Q = \frac{26780}{24000} = 1,12$$

Portanto, a vazão do trecho AB é 1,12 m³/h.

BB' é 0,56 m³/h.

BC é 0,56 m³/h.

• Comprimentos (L):

Temos: Comprimento vertical (Lv), comprimento horizontal (Lh), comprimento equivalente (Leq) que consiste nas perdas de carga e comprimento total (Lt) que é a soma dos comprimentos anteriores.

O diâmetro selecionado é o DN=15 mm, sendo Di= 14 mm

Trecho AB:

Lv= 0,75m

Lh= 0,8m

Leq= 2 cotovelos + 1 tê, saída lateral = (2x 1,1) + 2,3= 4,5m

Lt= 6,05m

Trecho BB':

Lv= 0,75m

Lh= 2,2m

Leq= 2 cotovelos= 2x 1,1= 2,2m

Lt= 5,15m

Trecho BC:

Lv= 0,75m

Lh= 3,8m

Leq= 2 cotovelos= 2x 1,1= 2,2m

Lt= 6,75m

Observação: Valores do comprimento equivalente, retirados da tabela: perda de carga localizada – PVC e COBRE.

• Pressão até 7,5 kPa (P):

Onde calcularemos a perda de carga (H), diferença de pressão (ΔP) e Pressão final do trecho, cujas fórmulas são:

$$H = 2273 \times S \times L \times \frac{Q^{1,83}}{D^{4,82}}$$

Onde: S= densidade relativa, que para GLP é 1,8 em kPa;

L= comprimento total do trecho em m;

Q= vazão do trecho em m³/h;

D = diâmetro adotado em mm.

$$\Delta P = 1,318 \times 10^{-2} \times H \times (S - 1)$$

Onde: H= comprimento vertical do trecho em m;

S= densidade relativa, que para GLP é 1,8 em KPa.

$$P_b = P_a - H \pm \Delta P$$

Onde: P_b= pressão final do trecho AB em kPa;

P_a= Pressão inicial do trecho AB em kPa;

H= perda de carga calculada em kPa;

Observação: o valor de H deve ser menor do que 10% da pressão inicial do trecho, para estar aceitável.

TRECHO AB:

$$H = 0,09 \text{ kPa} (<10\% P_i \therefore \text{Ok!})$$

$$\Delta P = 7,91 \times 10^{-3} \text{ kPa}$$

$$P_b = 2,72 \text{ kPa}$$

TRECHO BB':

$$H = 0,02 \text{ kPa} (<10\% P_i \therefore \text{Ok!})$$

$$\Delta P = 7,91 \times 10^{-3} \text{ kPa}$$

$$P_{b'} = 2,69 \text{ kPa}$$

TRECHO BC:

$$H = 0,03 \text{ kPa} (<10\% P_i \therefore \text{Ok!})$$

$$\Delta P = 7,91 \times 10^{-3} \text{ kPa}$$

$$P_c = 2,69 \text{ kPa}$$

• Velocidade (V):

$$V = 354 \times Q \times (P_b + 1,033)^{-1} \times D^{-2}$$

Onde: Q= vazão, em m³/h;

P_b= pressão final do trecho AB, a pressão entra na fórmula em kgf/cm² (sendo assim, multiplicar por 0,01);

D= diâmetro adotado em mm.

Observação: A velocidade de cada trecho deve ser menor que 20 m/s para ser admissível segundo a norma.

TRECHO AB:

$$V = 1,91 \text{ m/s}$$

TRECHO BB':

$$V = 0,95 \text{ m/s}$$

TRECHO BC:

$$V = 0,95 \text{ m/s}$$

As velocidades de todos os trechos estão abaixo de 20 m/s, portanto o diâmetro de 15 mm é admissível para todos os trechos.

1.3. Tabela com cálculo de todos DN

Tabela 3 – Planilha de dimensionamento

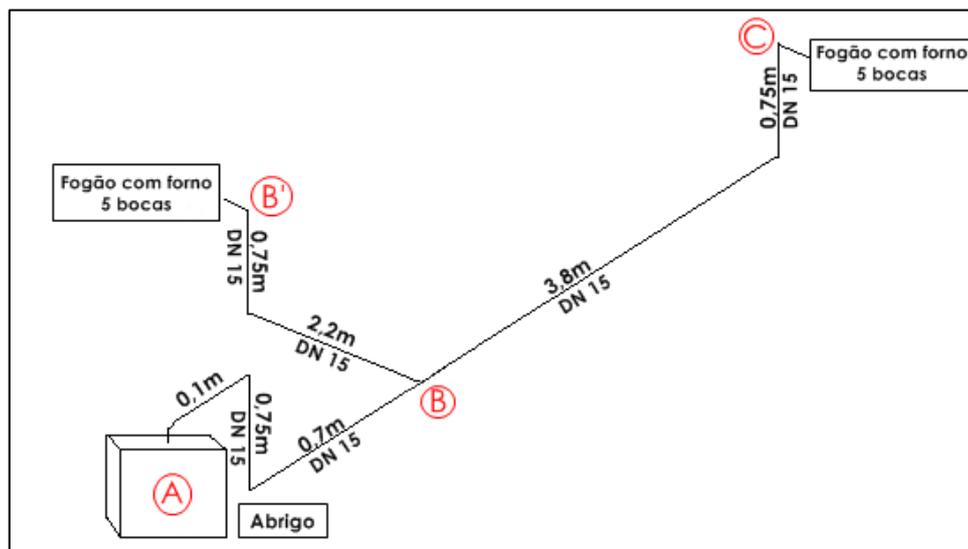
Tabela de cálculo para DN (Pressão abaixo de 7,5 kPa)									
PCI	24000			S	1,8		Pressão de Op. (kPa)		2,8
Trecho	Pot. computada (kcal/h)	FS (%)	Pot. Adotada (kcal/h)	Vazão (m³/h)	L vertical (m)	L horiz. (m)	L eq (m)	L total (m)	D int. adotado (mm)
AB	26780	100	26780	1,116	0,75	0,8	4,5	6,05	14
BC	13390	100	13390	0,558	0,75	3,8	2,2	6,75	14
BB'	13390	100	13390	0,558	0,75	2,2	2,2	5,15	14
Trecho	Pressão Inicial (kPa)	H (kPa)		ΔP (kPa)	Pressão Final (kPa)	Velocidade (m/s)	Verificação	D Final (mm)	D Nominal (mm)
AB	2,800	0,090		0,0079	2,717	1,901	OK!	14	15
BC	2,717	0,028		0,0079	2,681	0,951	OK!	14	15
BB'	2,717	0,022		0,008	2,688	0,951	OK!	14	15
Perdas de carga		DN 15mm (1/2")	DN 22mm (3/4")	Aparelho		Potência (kcal/h)			
Joelho		1,1	1,2	Fogão c/ forno 6 bocas		13390			
Tê, saída lateral		2,3	2,4						
Diâmetros		1/2"	3/4"						
DN (mm)		15	22						
Interno (mm)		14	20,8						

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

1.4. PROJETO FINALIZADO COM DN's;

A Figura 2 representa o projeto finalizado da rede dimensionada.

Figura 2: Projeto finalizado



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Anexo C – Memorial Hidrossanitário

Dimensionamento De Placas Solares
e
Projeto De Águas Pluviais.

1. INTRODUÇÃO

O presente Memorial apresenta os critérios e as definições técnicas para a implantação do Sistema de Instalações prediais de água quente, águas pluviais e combate a incêndio na residência uni familiar elaborada pelo grupo para o Trabalho de Conclusão de Curso, apoiando-se no material dado em sala de aula.

1.1. NORMAS TÉCNICAS DE REFERÊNCIA

Para o desenvolvimento das soluções apresentadas, foram observadas as recomendações de norma técnica: ABNT NBR 7198:1993 – Projeto e Execução de instalações de água quente e ABNT NBR 10844:1989 – Instalações prediais de águas pluviais, que estabelece as exigências e recomendações relativas ao projeto, dos sistemas prediais de água quente, pluviais e combate a incêndios, para atenderem as exigências mínimas quanto à segurança e conforto dos usuários, tendo em vista à qualidade desses sistemas.

1.2. Memorial de cálculo

Os cálculos de dimensionamento estão demonstrados nos sub itens abaixo.

1.3. Dimensionamento de placas solares

O dimensionamento é uma das etapas mais importantes no projeto de implantação de um aquecedor solar em uma residência, pois é a partir dele que se chega ao volume de água quente e à área coletora ideal para atender às necessidades diárias de água quente dos usuários.

1.3.1. Definição dos parâmetros de cálculo

- Consumo médio de água

A estimativa de consumo de água quente depende do clima e, também, do tipo da edificação a que se destina. Com base nas condições climáticas e nos padrões usuais de higiene do Brasil, tem sido usual prever, para o dimensionamento dos aquecedores, os consumos de água quente constantes da Tabela 1.

Tabela 1: Consumo de água por tipo de instalação

PRÉDIO	CONSUMO LITROS/DIA
Alojamento provisório de obra	24 por pessoa
Casa popular ou rural	36 por pessoa
Residência	45 por pessoa
Apartamento	60 por pessoa
Quartel	45 por pessoa
Escola (internato)	45 por pessoa
Hotel (sem incluir lavanderia e cozinha)	36 por hóspede
Hospital	125 por leito
Restaurantes e similares	12 por refeição
Lavanderia	15 a 30 por kg de roupa seca
Motel	800 por suíte
Cozinha industrial	15 por refeição

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Com base na tabela acima, pode-se definir o consumo da residência, como sendo 45 litros por dia por pessoa.

Para a residência com 4 quartos, temos uma população de 8 pessoas, sendo assim, o consumo diário de água da residência é 360 litros por dia.

• Quantidade de calor

Estimando valores de entrada e saída da água nas placas, como T inicial= 20°C e T final= 70°C (Valores estimados através de tabelas e sites).

E com o valor do calor específico da água que é 1 kcal/kg°C, podemos aplicar a fórmula da quantidade de calor que é:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

Onde: Q= quantidade de calor (kcal/dia)

m = quantidade de água (litros/dia)

c = calor específico da água (kcal/kg°C)

ΔT = diferença de temperatura (T final – T inicial) (°C)

$$Q = 360 \cdot 1 \cdot (70 - 20)$$

$$Q = 18000 \text{ kcal/dia}$$

• Intensidade de radiação solar

A intensidade de radiação solar é de acordo com o site de energia da região da localização da residência, observando mapas de radiação solar.

Como a localização é em Bragança Paulista, obtivemos o valor de 4465,6 kcal/m²dia.

1.3.2. Cálculo da quantidade de placas necessárias

• Área necessária de placas

$$S = \frac{Q}{I \cdot \eta}$$

Onde: S= Área (m²)

Q= Quantidade de calor (kcal/dia)

I= Intensidade de radiação solar

η= rendimento esperado (50%)

$$S = \frac{18000}{4465,6 \cdot 50\%}$$

$$S = 8m^2$$

• Quantidade de placas

A área aproxima de cada placa é de 2 m², sendo assim dividindo a área necessária pela área das placas (8/2), a quantidade necessária para esta residência é de 4 placas.

1.3.3. Planilha utilizada para cálculo

Planilha de cálculo (Tabela 1)

Tabela 1: Dimensionamento

Dimensionamento de placas solares	
Residência	

Consumo Médio de Água (<i>l/p</i>)	45
Dormitório social	4
Dormitório empregada	0
População da residência	8
Consumo de água da residência (<i>litros</i>)	360
Massa da água (<i>kg</i>)	360
Calor específico da água (<i>kcal/kg°C</i>)	1
Temperatura inicial da água (<i>°C</i>)	20
Temperatura final da água (<i>°C</i>)	70
Quantidade de calor (<i>kcal</i>)	18000
Intensidade de radiação solar em Bragança Paulista (<i>kcal/m² dia</i>)	4465,6
Rendimento estimado	50%
Área necessária de placas (<i>m²</i>)	8
Área de cada placa (<i>m²</i>)	2
Quantidade necessária de placas	4

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

1.4. Projeto de águas pluviais

É importante para quando o projeto está sendo definido que as águas pluviais advindas das calhas não sejam despejadas diretamente sobre um telhado, nem nas calçadas, devem ser liberadas somente na sarjeta ou na rede pública.

1.4.1. Definição dos parâmetros de cálculo

→ **Cobertura**

• **Intensidade pluviométrica**

A intensidade pluviométrica é dada por região, observando mapas. A residência em questão tem uma intensidade de 145,5 mm/h, por ser da região de Campinas.

A duração é de 10 min, e o Tempo de recorrência de 25 anos.

•Calhas

A área total da cobertura foi dividida em quatro áreas de contribuição para o cálculo ser realizado. Como mostra a planilha a seguir (Tabela 2):

Tabela 2: Cálculo

Cobertura	Largura (m)	Comprimento (m)	Altura (m)	Inclinação (%)	Área (m ²)
Área contribuição 1	4,3	8,7	0,22	5	38,3
Área contribuição 2	8,7	14,55	0,44	5	117,7
Área contribuição 3	3,85	4,3	0,19	5	17,0
Área contribuição 4	4,7	2,5	0,24	5	12,0

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

A partir desses dados, utilizando a fórmula podemos obter os valores de vazão (Tabela 3).

$$Q = c \cdot i \cdot a$$

Onde: Q= vazão (l/h);

c = coeficiente de escoamento superficial (considerando c= 1);

i = intensidade pluviométrica (mm/h);

a = área de contribuição (m²);

Tabela 3: Vazão

Vazão de projeto (l/min)
93
285
41
29

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

As calhas utilizadas serão retangulares com dimensões de 10cmx20cm e declividade de 0,5%.

•Condutor horizontal

Para dimensionar os condutores horizontais, utiliza-se a tabela 4 abaixo, e leva em conta as vazões de projeto.

Tabela 4 – Capacidade dos condutores horizontais de seção circular
(Vazões em L/min)

	Diâmetro interno (D) (mm)	n = 0,011				n = 0,012				n = 0,013			
		0,5 %	1 %	2 %	4 %	0,5 %	1 %	2 %	4 %	0,5 %	1 %	2 %	4 %
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
2	75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159	226
3	100	204	287	405	575	187	264	372	527	173	243	343	486
4	125	370	521	735	1.040	339	478	674	956	313	441	622	882
5	150	602	847	1.190	1.690	552	777	1.100	1.550	509	717	1.010	1.430
6	200	1.300	1.820	2.570	3.650	1.190	1.670	2.360	3.350	1.100	1.540	2.180	3.040
7	250	2.350	3.310	4.660	6.620	2.150	3.030	4.280	6.070	1.990	2.800	3.950	5.600
8	300	3.820	5.380	7.590	10.800	3.500	4.930	6.960	9.870	3.230	4.550	6.420	9.110

Nota: As vazões foram calculadas utilizando-se a fórmula de Manning-Strickler, com a altura de lâmina de água igual a 2-3 D.

Fonte: Disponível em:

<<http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/15805/material/APOSTILA-%C3%81GUA%20PLUVIAL.pdf>>. Acesso em: 14 de Agosto de 2017 as 22h 10min

• Planilha com diâmetros (Tabela 5)

Tabela 5: Diâmetros

Cobertura	Vazão de projeto (l/min)	Condutor horizontal (mm)
Área contribuição 1	93	Não existe
Área contribuição 2	285	Não existe
Área contribuição 3	41	75
Área contribuição 4	29	50

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

→ Área pavimentada

• Intensidade pluviométrica

A intensidade pluviométrica é dada por região, observando mapas. A residência em questão tem uma intensidade de 74,5 mm/h, por ser da região de Campinas.

A duração é de 10 min, e o Tempo de recorrência de 2 anos.

• Condutor horizontal

Para dimensionar os condutores horizontais, utiliza-se a tabela 6, e leva em conta as vazões de projeto.

Tabela 6: Dimensionamento

Térreo (Área Pavimentada)	Área (m ²)	Vazão de projeto (l/min)	Vazão total de projeto (l/min)	Condutor horizontal DN (mm)	Inclinação do Condutor (%)
Área contribuição 5	25,2	31	124	75	1
Área contribuição 6	16,8	21	21	75	1
Área contribuição 7	31,6	39	164	100	1
Área contribuição 8	17,0	21	398	125	1
Área contribuição 9	17,4	22	419	125	1

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

• Condutor vertical

Para dimensionamento do Condutor Vertical, levaram-se em consideração, as vazões e consulta à Tabela 7 abaixo:

Tabela 7 - Vazão máxima de condutores verticais em função da taxa de ocupação

Taxa de ocupação (To)	25%	30%
Diâmetro interno (mm)	Vazão (l/min)	
75	188,57	255,54
100		550,33
150		1622,33
200		3494,37
250		6335,72

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Com base na Tabela 8, obtiveram-se os seguintes diâmetros:

Tabela 8: Resultados

	Vazão (l/min)	Condutor vertical (mm)
Tubo 1	93	75
Tubo 2	172	75
Tubo 3	184	75

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

1.5. MATERIAIS A SEREM UTILIZADOS

Tabela 9 com os materiais a serem utilizados.

Tabela 9: Materiais

	Calha	Condutor
Material	AÇO	PVC
Rugosidade	0,011	0,011
Inclinação	0,5%	1,0%

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Anexo D – Memorial Hidráulico

1. PAVIMENTO INFERIOR

1.1. Coluna AF-3 (INFERIOR)

Tubo analisado: Tabela 1

PVC rígido soldável - 20 mm

Pavimento INFERIOR

Rede Água fria

Tabela 1: Tubo analisado

Aparelhos				Peso			Vazão (l/s)		
Material	Grupo	Item	Quant.	Unit.	Total	Acum.	Unit.	Total	Acum.
PVC	Lavatório com joelho de 90°	20 mm - 1/2"	1	0.30	0.30	0.30	0.15	0.15	0.15
PVC	Vaso sanitário com caixa acoplada	1/2"	1	0.30	0.30	0.60	0.15	0.15	0.30

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Dimensionamento:

Peso total associado = 0.60

Vazão total associada = 0.30 l/s

Maior vazão associada = 0.15l/s

Vazão para dimensionamento (usando método dos pesos):

$Q = 0.23$ l/s

Diâmetro mínimo: $\varnothing 1/2"$

Diâmetro calculado: 9.93 mm

Diâmetro necessário: $\varnothing 1/2"$

Diâmetro comercial equivalente: $\varnothing 20$ mm

1.2. Coluna AF-2 (INFERIOR)

Tubo analisado: Tabela 2

PVC rígido soldável - 20 mm

Pavimento INFERIOR

Rede Água fria

Tabela 2: Tubo analisado

Aparelhos				Peso			Vazão (l/s)		
Material	Grupo	Item	Quant.	Unit.	Total	Acum.	Unit.	Total	Acum.
PVC	Pia de cozinha com joelho de 90°	20 mm - 1/2"	1	0.70	0.70	0.70	0.25	0.25	0.25

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Dimensionamento:

Peso total associado = 0.70

Vazão total associada = 0.25 l/s

Maior vazão associada = 0.25l/s

Vazão para dimensionamento (usando método dos pesos):

$Q = 0.25 \text{ l/s}$

Diâmetro mínimo: $\varnothing 1/2"$

Diâmetro calculado: 10.32 mm

Diâmetro necessário: $\varnothing 1/2"$

Diâmetro comercial equivalente: $\varnothing 20 \text{ mm}$

1.3. Coluna AF-1 (INFERIOR)

Tubo analisado: Tabela 3

PVC rígido soldável - 25 mm

Pavimento INFERIOR

Rede Água fria

Tabela 3: Tubo analisado

Aparelhos				Peso			Vazão (l/s)		
Material	Grupo	Item	Quant.	Unit.	Total	Acum.	Unit.	Total	Acum.
PVC	Pia de cozinha com joelho de 90°	20 mm - 1/2"	1	0.70	0.70	0.70	0.25	0.25	0.25
PVC	Tanque de lavar com joelho de 90°	25 mm - 3/4"	1	0.70	0.70	1.40	0.25	0.25	0.50
PVC	Máquina de lavar roupa com joelho de 90°	25 mm - 3/4"	1	1.00	1.00	2.40	0.30	0.30	0.80

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Dimensionamento:

Peso total associado = 2.40

Vazão total associada = 0.80 l/s

Maior vazão associada = 0.30l/s

Vazão para dimensionamento (usando método dos pesos):

$Q = 0.46 \text{ l/s}$

Diâmetro mínimo: $\varnothing 3/4"$

Diâmetro calculado: 14.04 mm

Diâmetro necessário: $\varnothing 3/4"$

Diâmetro comercial equivalente: $\varnothing 25 \text{ mm}$

1.4. Coluna AL-1 (INFERIOR)

Fonte de Alimentação:

PVC rígido soldável - Tubos - 25 mm

Pavimento INFERIOR

Rede Alimentação

Dimensionamento:

Alimentação Predial

Consumo diário = 2.00 m³/dia

Vazão = 0.02 l/s

Velocidade = 0.10 m/s

Diâmetro mínimo = 15.21 mm

Diâmetro necessário: $\varnothing 3/4"$

Diâmetro comercial equivalente: $\varnothing 25 \text{ mm}$

1.5. Peça PIA - Detalhe H5 (INFERIOR)

Conexão analisada: Tabela 4

Pia de cozinha com joelho de 90° - 20 mm - 1/2" (PVC rígido soldável)

Pavimento INFERIOR

Nível geométrico: 0.90 m

Processo de cálculo: Universal

Tomada d'água: Tabela 5

Tomadas d'água- saídas curtas - 1/2" (PVC rígido soldável)

Nível geométrico: 8.10 m

Pressão inicial: 2.10 m.c.a

Tabela 4: Trechos 1-13

Trecho	Vazão (l/s)	Ø (mm)	Veloc. (m/s)	Comprimento (m)			J (m/m)	Perda (m.c.a)	Altura (m)	Desnível (m)	Pressões (m.c.a.)	
				Tubo	Equiv.	Total					Disp.	Jusante
1-2	0.25	15.00	1.42	0.20	1.00	1.20	0.2272	0.27	8.10	0.20	2.30	2.03
2-3	0.25	15.00	1.42	1.70	0.12	1.82	0.2272	0.41	7.90	1.70	3.73	3.31
3-4	0.25	15.00	1.42	1.95	0.50	2.45	0.2272	0.56	6.20	0.00	3.31	2.76
4-5	0.25	15.00	1.42	0.40	0.50	0.90	0.2272	0.20	6.20	0.00	2.76	2.55
5-6	0.25	15.00	1.42	6.15	0.50	6.65	0.2272	1.51	6.20	0.00	2.55	1.04
6-7	0.25	15.00	1.42	0.20	0.50	0.70	0.2272	0.16	6.20	0.20	1.24	1.08
7-8	0.25	15.00	1.42	3.00	0.01	3.01	0.2272	0.68	6.00	3.00	4.08	3.40
8-9	0.25	15.00	1.42	1.20	0.01	1.21	0.2272	0.27	3.00	1.20	4.60	4.32
9-10	0.25	15.00	1.42	1.60	0.12	1.72	0.2272	0.39	1.80	1.60	5.92	5.53
10-11	0.25	15.00	1.42	2.64	1.20	3.84	0.2272	0.87	0.20	0.00	5.53	4.66
11-12	0.25	15.00	1.42	0.70	1.20	1.90	0.2272	0.43	0.20	-0.70	3.96	3.53
12-13	0.25	15.00	1.42	0.00	1.20	1.20	0.2272	0.27	0.90	0.00	3.53	3.26

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Tabela 5: Pressões

Pressões (m.c.a.)			
Estática inicial	Perda de carga	Dinâmica disponível	Mínima necessária
9.30	6.04	3.26	1.00

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

1.6. Peça LV - Detalhe H1 (INFERIOR)

Conexão analisada: Tabela 6

Lavatório com joelho de 90° - 20 mm - 1/2" (PVC rígido soldável)

Pavimento INFERIOR

Nível geométrico: 0.90 m

Processo de cálculo: Universal

Tomada d'água: Tabela 7

Tomadas d'água- saídas curtas - 1/2" (PVC rígido soldável)

Nível geométrico: 8.10 m

Pressão inicial: 2.10 m.c.a

Tabela 6: Trechos de 1-15

Trecho	Vazão (l/s)	Ø (mm)	Veloc. (m/s)	Comprimento (m)			J (m/m)	Perda (m.c.a)	Altura (m)	Desnível (m)	Pressões (m.c.a.)	
				Tubo	Equiv.	Total					Disp.	Jusante
1-2	0.23	15.00	1.31	0.20	1.00	1.20	0.1513	0.18	8.10	0.20	2.30	2.12
2-3	0.23	15.00	1.31	1.70	0.12	1.82	0.1513	0.28	7.90	1.70	3.82	3.54
3-4	0.23	15.00	1.31	5.90	0.50	6.40	0.1513	0.97	6.20	0.00	3.54	2.57
4-5	0.23	15.00	1.31	0.30	0.50	0.80	0.1513	0.12	6.20	0.00	2.57	2.45
5-6	0.23	15.00	1.31	0.20	0.50	0.70	0.1513	0.11	6.20	0.20	2.65	2.55
6-7	0.23	15.00	1.31	3.00	0.01	3.01	0.1513	0.46	6.00	3.00	5.55	5.09
7-8	0.23	15.00	1.31	0.15	0.01	0.16	0.1513	0.02	3.00	0.15	5.24	5.22
8-9	0.23	15.00	1.31	1.45	1.20	2.65	0.1513	0.40	2.85	0.00	5.22	4.82
9-10	0.23	15.00	1.31	1.05	1.20	2.25	0.1513	0.34	2.85	1.05	5.87	5.53
10-11	0.23	15.00	1.31	1.60	0.12	1.72	0.1513	0.26	1.80	1.60	7.13	6.87
11-12	0.23	15.00	1.31	1.77	1.20	2.97	0.1513	0.45	0.20	0.00	6.87	6.42
12-13	0.16	15.00	0.93	1.20	0.80	2.00	0.0827	0.17	0.20	0.00	6.42	6.25
13-14	0.16	15.00	0.93	0.70	1.20	1.90	0.0827	0.16	0.20	-0.70	5.55	5.39
14-15	0.16	15.00	0.93	0.00	1.20	1.20	0.0827	0.10	0.90	0.00	5.39	5.29

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Tabela 7: Pressões

Pressões (m.c.a.)			
Estática inicial	Perda de carga	Dinâmica disponível	Mínima necessária
9.30	3.99	5.31	1.00

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

1.7. Peça MLR - Detalhe H2 (INFERIOR)

Conexão analisada: Tabela 8

Máquina de lavar roupa com joelho de 90° - 25 mm - 3/4" (PVC rígido soldável)

Pavimento INFERIOR

Nível geométrico: 0.90 m

Processo de cálculo: Universal

Tomada d'água: Tabela 9

Tomadas d'água- saídas curtas - 3/4" (PVC rígido soldável)

Nível geométrico: 8.10 m

Pressão inicial: 2.10 m.c.a

Tabela 8: Trechos de 1-18

Trecho	Vazão (l/s)	Ø (mm)	Veloc. (m/s)	Comprimento (m)			J (m/m)	Perda (m.c.a)	Altura (m)	Desnível (m)	Pressões (m.c.a.)	
				Tubo	Equiv.	Total					Disp.	Jusante
1-2	0,58	20,00	1,86	0,20	1,00	1,20	0,2614	0,31	8,10	0,20	2,30	1,99
2-3	0,58	20,00	1,86	1,70	0,22	1,92	0,2614	0,50	7,90	1,70	3,69	3,18
3-4	0,58	20,00	1,86	1,75	0,60	2,35	0,2614	0,61	6,20	0,00	3,18	2,57
4-5	0,58	20,00	1,86	0,27	0,60	0,87	0,2614	0,23	6,20	0,00	2,57	2,34
5-6	0,58	20,00	1,86	0,20	0,60	0,80	0,2614	0,21	6,20	0,20	2,54	2,33
6-7	0,54	20,00	1,71	2,50	0,90	3,40	0,2219	0,75	6,00	2,50	4,83	4,08
7-8	0,52	20,00	1,65	0,30	0,90	1,20	0,2087	0,25	3,50	0,30	4,38	4,13
8-9	0,46	20,00	1,48	0,20	0,90	1,10	0,1690	0,19	3,20	0,20	4,33	4,14
9-10	0,46	20,00	1,48	1,20	0,01	1,21	0,1690	0,20	3,00	1,20	5,34	5,14
10-11	0,46	20,00	1,48	1,40	0,22	1,62	0,1690	0,27	1,80	1,40	6,54	6,26
11-12	0,39	20,00	1,25	0,60	2,40	3,00	0,0960	0,29	0,40	0,00	6,26	5,98

Trecho	Vazão (l/s)	Ø (mm)	Veloc. (m/s)	Comprimento (m)			J (m/m)	Perda (m.c.a)	Altura (m)	Desnível (m)	Pressões (m.c.a.)	
				Tubo	Equiv.	Total					Disp.	Jusante
12-13	0.39	20.00	1.25	2.05	1.50	3.55	0.0960	0.34	0.40	0.00	5.98	5.64
13-14	0.39	20.00	1.25	0.40	1.50	1.90	0.0960	0.18	0.40	0.00	5.64	5.45
14-15	0.39	20.00	1.25	0.50	0.22	0.72	0.0960	0.07	0.40	0.00	5.45	5.38
15-16	0.30	20.00	0.95	1.50	0.90	2.40	0.0603	0.14	0.40	0.00	5.38	5.24
16-17	0.30	20.00	0.95	0.50	1.50	2.00	0.0603	0.12	0.40	-0.50	4.74	4.62
17-18	0.30	20.00	0.95	0.00	1.20	1.20	0.0603	0.07	0.90	0.00	4.62	4.55

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Tabela 7: Pressões

Pressões (m.c.a.)			
Estática inicial	Perda de carga	Dinâmica disponível	Mínima necessária
9.30	4.75	4.55	1.00

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017

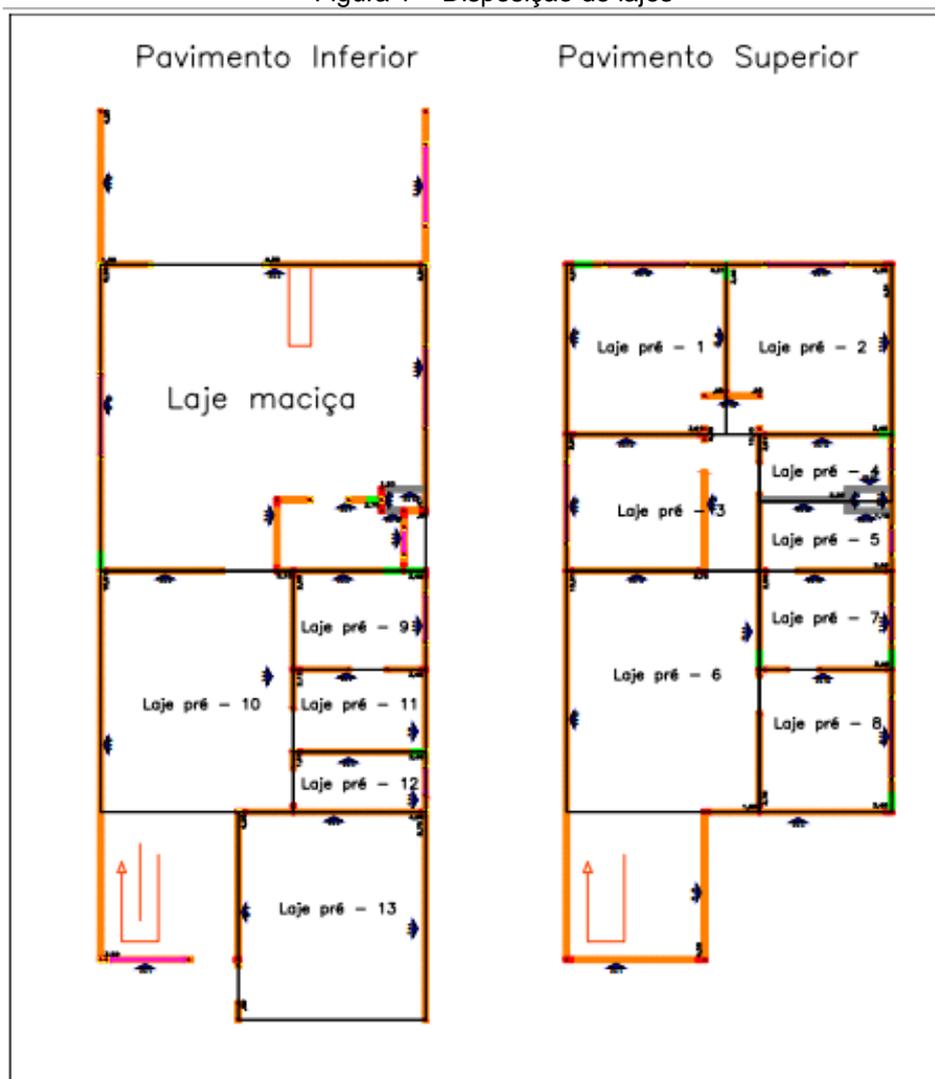
Anexo E – Memorial de Cálculo Estrutural

Dimensionamento de Estrutura

1. CARGAS DE LAJES

As cargas das lajes (Figura 1), foram realizadas utilizando dados retirados da NBR 6120 - Cargas para o cálculo de estruturas de edificações, considerando utilização de cada cômodo.

Figura 1 – Disposição de lajes



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Observação: Em um ponto da residência foi utilizada laje maciça, pois no pavimento superior possuem paredes que serão apoiadas diretamente na laje, não possuem paredes inferiores, então deste modo, a melhor opção, foi utilizar nesse ponto a laje maciça, considerando que essa tipologia de laje tem resistência maior que a laje pré-fabricada, já nos outros trechos da casa não houve essa necessidade

As cargas encontradas para cada laje, estão listadas na tabela abaixo (Tabela 1):

Tabela 1 – Cargas para cada laje

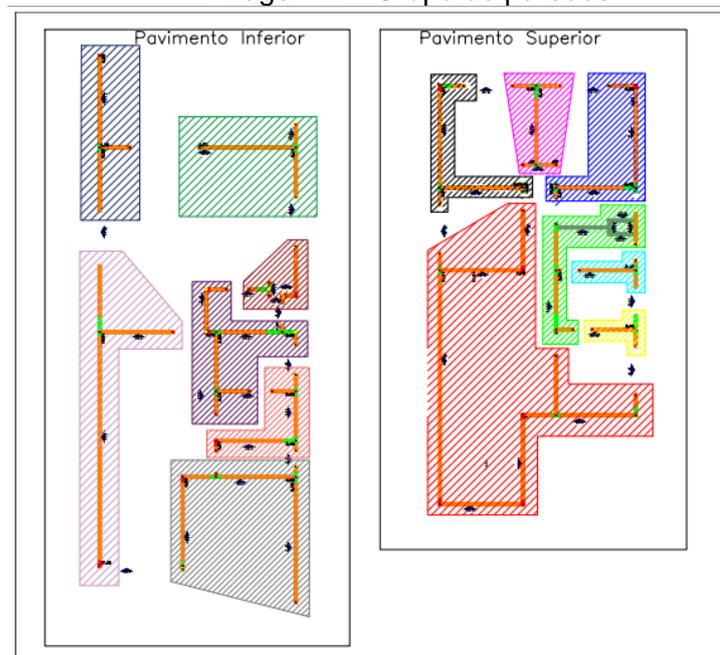
Laje	Carga	Valor (kN/m)	Pavimento
Laje Pré - 1	Impermeabilização + PP + Carga de 50 kg/m ²	4	2°
Laje Pré - 2	Impermeabilização + PP + Carga de 50 kg/m ²	4	2°
Laje Pré - 3	Impermeabilização + PP + Carga de 50 kg/m ²	4	2°
Laje Pré - 4	Impermeabilização + PP + Carga de 50 kg/m ²	4	2°
Laje Pré - 5	Impermeabilização + PP + Carga de 50 kg/m ²	4	2°
Laje Pré - 6	Impermeabilização + PP + Carga de 50 kg/m ²	4	2°
Laje Pré - 7	Impermeabilização + PP + Carga de 50 kg/m ²	4	2°
Laje Pré - 8	Impermeabilização + PP + Carga de 50 kg/m ²	4	2°
Laje Pré - 9	Closet + PP	4,8	1°
Laje Pré - 10	Sala + PP	5,3	1°
Laje Pré - 11	Suíte + PP	4,8	1°
Laje Pré - 12	Suíte + PP	4,8	1°
Laje Pré - 13	Impermeabilização + PP + Carga de 50 kg/m ²	4	1°
Laje Maciça Direção x	Sala de Jantar + Coz + Lav + PP	176,7	1°
Laje Maciça Direção y	Sala de Jantar + Coz + Lav + PP	166,0	1°

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

2. SEPARAÇÃO POR GRUPO E CARGAS EM PAREDES

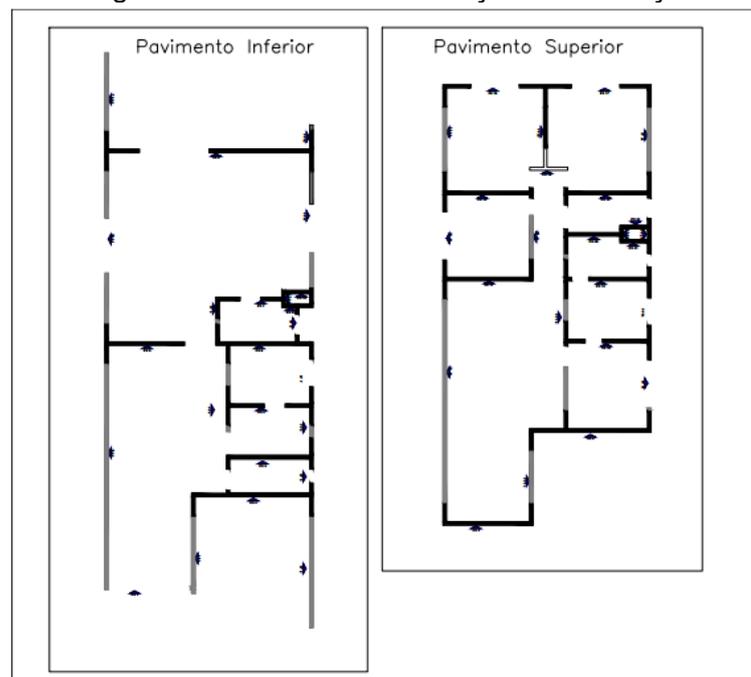
2.1 Grupo de paredes

Imagem 2 – Grupo de paredes



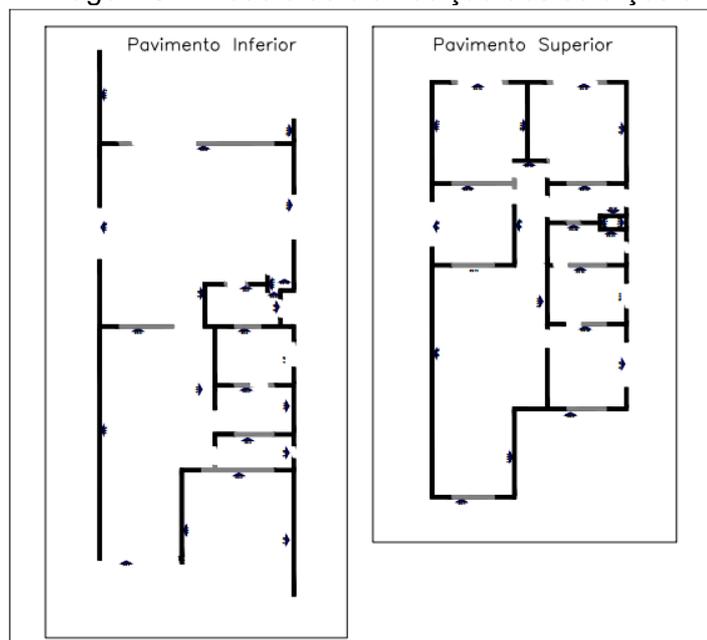
Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Imagem 3 – Modelo de distribuição dos esforços em “X”



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Imagem 3 – Modelo de distribuição dos esforços em “Y”



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

As cargas para cada parede, foi realizada utilizando Peso Próprio de cada uma, mais a carga recebida de lajes e cargas do pavimento acima, sendo as do segundo pavimento, cargas advindas da platibanda e lajes impermeabilizadas e a do primeiro, cargas advindas do pavimento superior, como paredes e lajes com cargas acidentais .

Como é indicado nas tabelas (Tabela 2 e 3) abaixo:

Tabela 2 – Cargas em paredes do primeiro pavimento

1° Pavimento	Pé direito	PP Parede	Apoio Laje?	Q Pav. Superior	Laje			Carga Total (kN/m)
					Gk	Qk	PP	
PX 1	6,0	14,4	-	0,0	0,0	0,0	0,0	14,4
PY 1	3,0	7,2	Sim	9,8	1,2	0,5	2,3	19,0
PY 2	3,0	7,2	Sim	0,0	1,2	0,5	2,3	9,2
PX 2	3,0	7,2	Sim	9,8	1,5	1,0	2,3	19,4
PY 5	3,0	7,2	-	8,9	0,0	0,0	0,0	16,1
PX 3	3,0	7,2	Sim	0,0	3,0	2,0	2,3	10,9
PY 3	3,0	7,2	Sim	9,8	2,0	1,0	2,3	19,6
PY 6	3,0	7,2	-	8,9	0,0	0,0	0,0	16,1
PX 4	3,0	7,2	Sim	8,1	1,5	1,0	2,3	17,7
PY 4	3,0	7,2	Sim	9,2	3,5	2	2,3	20,3
PY 7	3,0	7,2	Sim	8,9	1,5	1,0	2,3	18,5

PX 5	3,0	7,2	Sim	7,2	Laje Maciça			183,9
PX 6	3,0	7,2	Sim	8,1	Laje Maciça			184,8
PY 9	3,0	7,2	-	8,9	0,0	0,0	0,0	16,1
PY 8	3,0	7,2	-	0,0	0,0	0,0	0,0	7,2
PX 7	3,0	7,2	-	0,0	0,0	0,0	0,0	7,2
PY 10	3,0	7,2	Sim	18,7	Laje Maciça			184,7
PY 11	3,0	7,2	Sim	17,8	Laje Maciça			183,8
PX 8	3,0	7,2	Sim	19,5	Laje Maciça			196,2
PY 12	3,0	7,2	-	0,0	0,0	0,0	0,0	7,2
PY 13	3,0	7,2	-	0,0	0,0	0,0	0,0	7,2

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Tabela 3 - Cargas em paredes do segundo pavimento

2° Pavimento	Pé direito	PP Parede	Apoio Laje?	Platibanda	Laje			Carga Total (kN/m)
					Gk	Qk	PP Laje	
PY 14	3,0	7,2	Sim	1,7	1,2	0,5	2,3	9,8
PX 9	3,0	7,2	Sim	1,7	1,2	0,5	2,3	9,8
PY 15	3,0	7,2	Sim	1,7	1,2	0,5	2,3	9,8
PY 16	3,0	7,2	Sim	-	1,2	0,5	2,3	9,2
PY 17	3,0	7,2	-	1,7	-	-	-	8,9
PX 10	3,0	7,2	Sim	-	1,2	0,5	2,3	8,1
PY 18	3,0	7,2	-	1,7	-	-	-	8,9
PX 11	3,0	7,2	-	-	-	-	-	7,2
PX 12	3,0	7,2	Sim	-	1,2	0,5	2,3	8,1
PY 21	3,0	7,2	-	1,7	-	-	-	8,9
PX 21	3,0	7,2	-	-	-	-	-	7,2
PX 20	3,0	7,2	Sim	-	1,2	0,5	2,3	8,1
PY 19	3,0	7,2	Sim	1,7	1,2	0,5	2,3	9,8
PY 20	3,0	7,2	Sim	-	1,2	0,5	2,3	8,1
PX 13	3,0	7,2	Sim	-	1,2	0,5	2,3	8,1
PX 14	3,0	7,2	Sim	-	1,2	0,5	2,3	8,1
PX 15	3,0	7,2	-	-	-	-	-	7,2
PY 22	3,0	7,2	-	1,7	-	-	-	8,9
PY 23	3,0	7,2	-	-	-	-	-	7,2

PY 24	3,0	7,2	-	1,7	-	-	-	8,9
PX 16	3,0	7,2	Sim	1,7	1,2	0,5	2,3	9,8
PX 17	3,0	7,2	Sim	1,7	1,2	0,5	2,3	9,8

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Para uniformizar o carregamento do grupo, considera-se:

Gk/pav (kN) = carga de pavimento tipo sobre cada parede do grupo (por exemplo PX1 + PX7 + PX 9);

$Gk/atico$ (kN) = carga do ático sobre cada parede do grupo (por exemplo PX1 + PX7 + PX 9);

Qk/pav (kN) = carga de cada pavimento tipo sobre cada parede do grupo;

$Qk/atico$ (kN) = carga do ático tipo sobre cada parede do grupo;

L (m) = soma dos comprimentos de cada parede, por exemplo (LX1 + LX7 + LY9);

Em cada pavimento, com n pavimentos acima, o carregamento uniformizado sobre o grupo será :

$$(Gk + Qk)_{grupo} = \frac{n \times (Gk + Qk)_{pav} + (Gk + Qk)_{atico}}{L}$$

As cargas de lajes em paredes, foi utilizado em lajes maciças a área de influencia que se tem sobre as paredes segundo dados retirados de aulas e para lajes pré, como são bi- apoiadas, metade da carga total sobre as paredes na qual estão apoiadas.

Nos calculos dessa residência, ações de ventos foram desprezadas, sendo assim, somente será utilizadas ações como o desaprumo.

3. CÁLCULO DO FCK DO BLOCO

Após realizado os cálculos de cargas sobre as paredes, é possível ser calculado o F_{ck} dos blocos em MPa que será utilizado.

Para esse processo é utilizada a fórmula:

$$F_{pk} \geq 32,21 * (Nk) \div L)$$

Onde: Nk = Carga nas paredes (kN)

L = Comprimento (m)

Logo após calculado o F_{pk} (Tabela 4), utilizamos a relação $F_{pk}/F_{bk} = 0,5$, para acharmos o valor do F_{ck} e definir o MPa necessário.

Tabela 4 – Cálculo do F_{bk}

Parede	Cargas (kN/m)	L (m)	F_{pk} (kN)	F_{pk} (MPa)	F_{bk} (MPa)
Par. 1	14,4	3,89	119,23	0,12	0,24
Par. 2	19,0	5,84	104,52	0,10	0,21
Par. 3	9,2	5,84	50,74	0,05	0,10
Par. 4	19,4	5,24	118,94	0,12	0,24
Par. 5	16,1	1,79	289,71	0,29	0,58
Par. 6	10,9	3,74	93,44	0,09	0,19
Par. 7	19,6	10,78	58,56	0,06	0,12
Par. 8	16,1	2,39	216,98	0,22	0,43
Par. 9	17,65	3,74	152,01	0,15	0,30
Par. 10	20,3	6,74	97,01	0,10	0,19
Par. 11	18,5	2,84	209,82	0,21	0,42
Par. 12	183,9	5,39	1098,96	1,10	2,20
Par. 13	184,8	3,74	1591,12	1,59	3,18
Par. 14	16,1	1,79	289,71	0,29	0,58
Par. 15	7,2	2,09	110,96	0,11	0,22
Par. 16	7,2	2,99	77,56	0,08	0,16
Par. 17	184,7	8,26	720,05	0,72	1,44
Par. 18	183,8	6,89	859,24	0,86	1,72
Par. 19	196,2	8,99	702,96	0,70	1,41
Par. 20	7,2	4,34	53,44	0,05	0,11
Par. 21	7,2	4,34	53,44	0,05	0,11
Par. 22	9,8	4,19	74,95	0,07	0,15
Par. 23	9,8	5,24	59,93	0,06	0,12
Par. 24	43,0	10,79	128,36	0,13	0,26
Par. 25	9,2	10,64	27,85	0,03	0,06
Par. 26	8,9	4,04	70,96	0,07	0,14
Par. 27	8,1	3,74	69,33	0,07	0,14
Par. 28	8,9	2,84	100,94	0,10	0,20
Par. 29	7,2	3,89	59,62	0,06	0,12

Par. 30	8,1	3,74	69,33	0,07	0,14
Par. 31	8,9	1,79	160,15	0,16	0,32
Par. 32	7,2	1,34	173,07	0,17	0,35
Par. 33	8,1	2,54	102,08	0,10	0,20
Par. 34	9,8	3,89	80,73	0,08	0,16
Par. 35	8,1	4,04	64,18	0,06	0,13
Par. 37	8,1	3,89	66,66	0,07	0,13
Par. 38	8,1	3,74	69,33	0,07	0,14
Par. 39	7,2	1,64	141,41	0,14	0,28
Par. 40	8,9	4,94	58,03	0,06	0,12
Par. 41	7,2	3,74	62,01	0,06	0,12
Par. 42	8,9	4,94	58,03	0,06	0,12
Par. 43	9,8	4,64	67,68	0,07	0,14
Par. 44	9,8	4,79	65,56	0,07	0,13

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Com base nos cálculos da Tabela 4, é possível concluir que os blocos a serem utilizados é do 4 MPa.

4. ESFORÇOS

Neste tópico é calculado os esforços de cada pavimento, para a realização desses cálculos foram utilizadas as seguintes Tabelas 5, 6 e 7.

Tabela 5 – Desaprumo

VENTO X - Esforços com Desaprumo – sem Torção							
Pav.		F _{VENTO} (kN)	F _{DESAPR.} (kN)	F _{TOTAL} (kN)	F _{ACUML.} (kN)	M (kN.m)	
2			4,73	4,73	23,66	198,76	
1			4,73	4,73	28,39	278,27	
F (kN) / PAREDE - VENTO + DESAPRUMO							
Par	r/R	6	5	4	3	2	1
X01	0,800622	3,79	7,58	11,37	15,16	18,94	22,73

X02	0,045237	0,21	0,43	0,64	0,86	1,07	1,28
X03	0,002841	0,01	0,03	0,04	0,05	0,07	0,08
X04	0,070670	0,33	0,67	1,00	1,34	1,67	2,01
X05	0,262805	1,24	2,49	3,73	4,97	6,22	7,46
X07	0,009540	0,05	0,09	0,14	0,18	0,23	0,27
X08	0,055443	0,26	0,52	0,79	1,05	1,31	1,57
X10	0,005184	0,02	0,05	0,07	0,10	0,12	0,15
X12	0,010000	0,05	0,09	0,14	0,19	0,24	0,28
X13	0,052243	0,25	0,49	0,74	0,99	1,24	1,48
Soma	5,033	23,82	47,63	71,45	95,27	119,08	142,90
M (kN.m) / PAREDE							
Par	r/R	6	5	4	3	2	1
X01	0,800622	10,61	31,83	63,65	106,09	159,13	222,79
X02	0,045237	0,60	1,80	3,60	5,99	8,99	12,59
X03	0,002841	0,04	0,11	0,23	0,38	0,56	0,79
X04	0,070670	0,94	2,81	5,62	9,36	14,05	19,67
X05	0,262805	3,48	10,45	20,89	34,82	52,24	73,13
X07	0,009540	0,13	0,38	0,76	1,26	1,90	2,65
X08	0,055443	0,73	2,20	4,41	7,35	11,02	15,43
X10	0,005184	0,07	0,21	0,41	0,69	1,03	1,44
X12	0,010000	0,13	0,40	0,80	1,33	1,99	2,78
X13	0,052243	0,69	2,08	4,15	6,92	10,38	14,54
Soma	5,033	62,06	200,06	400,12	666,86	1000,29	1400,41

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Tabela 6 – Inércia por grupo de parede

Parede	I_x (m ⁴)	Y_s (m)	Y_i (m)
X01	33,45	2,51	6,48
X02	1,89	2,64	1,10
X03	0,12	0,19	1,30
X04	2,95	1,28	2,91
X05	10,98	2,92	2,32
X07	0,40	1,57	0,67
X08	2,32	3,17	1,32
X10	0,22	1,43	0,66

X12	0,42	1,74	0,95
X13	2,18	0,92	2,97

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Tabela 7 – Esforços

Parede	Propriedades			Ação				Esforço				
	I (m ⁴)	Y _{esq} (m)	Y _{dir} (m)	G (kN/m)	Q (kN/m)	F (kN)	M (kN.m)	σ _v esq. (kN/m ²)	σ _v dir. (kN/m ²)	σ _G (kN/m ²)	σ _Q (kN/m ²)	τ (kN/m ²)
X01	33,45	2,51	6,48	57,5	11,5	22,7	222,8	16,7	43,2	410,5	81,9	18,1
X02	1,89	2,64	1,10	72,9	17,4	1,3	12,6	17,6	7,3	520,6	124,1	2,5
X03	0,12	0,19	1,30	69,0	17,2	0,1	0,8	1,3	8,7	492,7	123,1	0,4
X04	2,95	1,28	2,91	57,5	11,5	2,0	19,7	8,5	19,4	410,5	81,8	3,4
X05	10,98	2,92	2,32	69,0	17,2	7,5	73,1	19,4	15,5	492,7	123,1	10,2
X07	0,40	1,57	0,67	86,2	26,0	0,3	2,7	10,5	4,5	616,0	185,9	0,9
X08	2,32	3,17	1,32	74,6	21,0	1,6	15,4	21,1	8,8	533,1	149,9	2,5
X10	0,22	1,43	0,66	78,3	21,7	0,1	1,4	9,5	4,4	559,6	155,2	0,5
X12	0,42	1,7	0,95	62,3	18,8	0,3	2,8	11,6	6,3	445,0	134,1	0,8
X13	2,18	0,9	2,97	62,3	18,8	1,5	14,5	6,1	19,8	445,0	134,1	2,7

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

4.1. MÁXIMA COMPRESSÃO, TRAÇÃO E VERIFICAÇÃO DE CISALHAMENTO

Com base nos esforços encontrados acima, podemos calcular compressão (Tabela 8), tração e verificar o cisalhamento.

- Máxima compressão

Para essa verificação, é necessário que os valores de i e ii, estejam afirmados nas seguintes fórmulas.

$$i) \quad \frac{0,7Q_{acidental} + 1,4G}{0,35R} + 2,66Q_{vento} \leq f_{pk}$$

$$ii) \quad \frac{1,4Q_{acidental} + 1,4G}{0,35R} + 1,60Q_{vento} \leq f_{pk}$$

Com os blocos de 4 MPa, $f_{pk} = 2 \text{ MPa}$

Tabela 8 – Compressão

Parede	i - esquerda	ii - esquerda	i - direita	ii - direita
X01	2,08	2,25	2,15	2,29
X02	2,68	2,94	2,65	2,92
X03	2,50	2,78	2,52	2,79
X04	2,06	2,23	2,09	2,25
X05	2,55	2,81	2,54	2,80
X07	3,23	3,63	3,21	3,62
X08	2,80	3,11	2,77	3,10
X10	2,90	3,24	2,89	3,23
X12	2,34	2,63	2,33	2,62
X13	2,33	2,62	2,36	2,64

Fonte: Elabora pelo autor, 2017.

Com base nos dados da tabela, conclui-se que será necessário o uso de graute, pois alguns f_{pk} estão acima do calculado, e há necessidade de um aumento no F_{ck} do bloco, para 6 MPa.

- Máxima tração (Tabela 9).

Essa verificação é realizada através da fórmula.

$$1,4\sigma_v - 0,9 \cdot \sigma_G \leq \frac{f_{tk}}{\gamma_m}$$

Tabela 9 – Tração

Parede	σ_v esquerda (kN/m ²)	σ_v direita (kN/m ²)	σ_G (kN/m ²)	σ esquerda (kN/m ²)	σ direita (kN/m ²)
X01	16,7	43,2	410,5	-346,0	-309,0
X02	17,6	7,3	520,6	-443,9	-458,3
X03	1,3	8,7	492,7	-441,7	-431,3
X04	8,5	19,4	410,5	-357,5	-342,3
X05	19,4	15,5	492,7	-416,2	-421,8
X07	10,5	4,5	616,0	-539,8	-548,2
X08	21,1	8,8	533,1	-450,2	-467,4
X10	9,5	4,4	559,6	-490,3	-497,5
X12	11,6	6,3	445,0	-384,3	-391,6
X13	6,1	19,8	445,0	-391,9	-372,8

Fonte: Elabora pelo autor, 2017.

Com base nos valores encontrados, não é necessário o uso de armadura, pois nenhum valor excedeu 100 kN/m².

Observação: Como a força acidental é favorável no cálculo de resistência à tração ela foi desconsiderada.

• Cisalhamento (Tabela 10)

Tabela 10 – Verificação quanto ao cisalhamento

Parede	σ_G (kN/m ²)	$0,9*\sigma_G$ (kN/m ²)	f_{vk} (kN/m ²)	f_{vd} (kN/m ²)	T (kN/m ²)	T_d (kN/m ²)	T_d/f_{vd} (kN/m ²)
X01	410,5	369,5	334,7	167,4	0,7	1,0	0,01
X02	520,6	468,6	384,3	192,1	2,2	3,1	0,02
X03	492,7	443,5	371,7	185,9	0,7	1,0	0,01
X04	410,5	369,5	334,7	167,4	6,0	8,3	0,05
X05	492,7	443,5	371,7	185,9	4,8	6,8	0,04
X07	616,0	554,4	427,2	213,6	10,1	14,2	0,07
X08	533,1	479,8	389,9	194,9	8,8	12,4	0,06
X10	559,6	503,6	401,8	200,9	67,1	93,9	0,47
X12	445,0	400,5	350,3	175,1	2,7	3,8	0,02
X13	445,0	400,5	350,3	175,1	5,4	7,6	0,04
			≤ 1400 kN/m²				≤ 1,0

Fonte: Elabora pelo autor, 2017.

Com base nos dados acima é possível concluir que todas as paredes passam na verificação quanto ao cisalhamento, portanto o uso de armadura de cisalhamento não se faz necessário.

4.2. CÁLCULO DE VERGA E CONTRA-VERGA

Para elaboração desses cálculos, é seguido os seguintes passos:

1° Cálculo do l:

$$l = V\tilde{a}o + \frac{a}{2} + \frac{a}{2}$$

Onde:

Vão: comprimento em que atuará a verga ou contra-verga (m);

a: altura do bloco (m).

2° Cálculo do Momento devido às cargas atuantes:

$$Md = \left(\frac{p \times l^2}{8}\right) \times 1,4$$

Onde:

p: Carga atuante (kN/m);

l: comprimento calculado (m)

3° Fpk (60% de eficiência devido ao grautes):

$$Fpk = 1,6 \times 0,5 \times Fbk$$

Onde:

Fbk: Resistência do bloco (MPa);

4° Fk, horizontal e vertical:

$$Fk, hor = Fk, vert = 0,7 \times Fpk$$

Onde:

Fpk: Resistência calculada (MPa).

5° X e Z, da seção balanceada (Limite domínio 3 e 4):

$$Kx = \frac{x}{d} = 0,45 \quad x_{34} = 0,45 \times d \quad z_{34} = d - 0,4 \times$$

Onde:

d: altura útil do bloco (m);

6° Md, máx (Md34):

$$Md, máx = Md_{34} = fd \times 0,8 \times x_{34} \times b \times z_{34}$$

Onde:

fd: fk, horizontal e vertical (kN/m²);

b: comprimento da base do bloco (m).

Após realizado esses cálculos, deve ser fazer a verificação para saber se a armação a ser utilizada é simples ou dupla. Para isso, serão utilizados os Momentos calculados.

Se Md for maior que Md, máx, utiliza-se armadura dupla, caso contrário, utiliza-se armadura simples.

Definido qual tipo de armadura, deve-se continuar com os passos a seguir:

Para armadura simples:

7° Calculo da altura da linha neutra (x):

Esse cálculo consiste em recalcular os valores de x e z.

$$Md = fd \times 0,8 \times x \times b \times z$$

Para isso é necessário deduzir a fórmula da seguinte maneira:

$$Md = f d \times 0,8 \times x \times b \times (d - 0,4 x)$$

Após substituídos os valores, se obterá o x como incógnita e numa função de segundo grau, que após solucionada, temos o novo valor de x.

8° Cálculo da armadura (As):

$$As = \frac{Md}{f_{yd} \times z}$$

Onde:

z: $d - 0,4 x$ (novo valor de x), (m).

9° Valor mínimo de armadura (As, mín):

$$As, \text{mín} = 10\% \times b \times d$$

Após realizado os cálculos de As e As, mín, utilizar o maior valor encontrado.

Para armadura dupla:

7° Diferença de Momentos:

$$\Delta m = Md - Md, \text{máx}$$

8° Cálculo de armação inferior (As1):

$$As, 1 = \frac{\Delta m}{(50\% \times f_{yd}) \times (d - d')}$$

Onde:

Δm : Diferença de momentos (kN.m);

f_{yd} : resistência do aço (MPa);

d' : altura do bloco – altura útil (m).

Agora é necessária outra verificação, que é a de tensão no aço, realizada da seguinte forma:

$$f's = \frac{d'}{0,35\% \times x_{34}} \times E_s \leq 50\% \times f_{yd}$$

Onde f's deve ser menor ou igual à 50% do f_{yd} , caso contrário, para as fórmulas a seguir deve se utilizar o valor de 50% do f_{yd} .

9° Armação superior (As2):

$$As, 2 = \frac{\Delta m}{f's \times (d - d')}$$

10° Armação inferior (As):

$$As = \frac{M1}{50\% \times f_{yd} \times z_{34}} + As, 1$$

Onde:

M1: Momento máximo (kN.m);

11° Armação superior (A's):

$$As2 = A's$$

Após definidos os valores de armadura, definir qual serão os diâmetros e quantidades das barras de aço do tipo CA50, que estão listadas na tabela 11 a seguir:

Tabela 11 – Valores dos tipos de aços

BITOLA (MM)	TIPO DE AÇO	AREA (cm ²)
5,0	CA-60	0,2
6,3	CA-50	0,315
8,0	CA-50	0,5
10,0	CA-50	0,8
12,5	CA-50	1,25
16,0	CA-50	2,0
20,0	CA-50	3,15
25,0	CA-50	5,0
32,0	CA-50	8,0

Fonte: Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAf9gAAH/eng-civil-concreto-apostila-concreto-armado-i?part=3>>. Acesso em 11 de Outubro de 2017.

- Dimensionamento das vergas e contra vergas

Para dimensionar as vergas, foi selecionada a pior situação, ou seja, maior vão de abertura, sendo assim, atenderia as restantes.

E para auxiliar os cálculos, foram elaboradas tabelas no Excel, com as fórmulas que foram descritas anteriormente.

A parede com as características de pior situação, é a parede PX8, com os dados descritos na tabela 12 a seguir:

Tabela 12 – Dados para dimensionamento de Verga (Parede PX8)

Vão	3,01	m
Carga	9,1	kN/m
Fbk	6	MPa
a	0,19	m
d	0,53	m
b	0,14	m
Fyk	500	kN/m ²
Fyd	43,48	kN/m ²

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Os dados acima foram lançados na tabela 13 para a definição do tipo de armadura que será utilizada.

Para a melhor escolha de armadura, foi analisado uma série de dados, e para se obter a melhor situação de armadura, foi definida que a verga teria uma altura de 53 cm (3 fiadas de blocos), sendo assim, teríamos uma situação de armadura mais econômica.

Tabela 13 – Definição do tipo de armadura

I	3,20	m
Md	16,31	kN.m
Fpk	4,80	MPa
Fk	3,36	MPa
x34	0,24	m
z34	0,43	m
Md, máx	19,50	kN.m
∴ ARMADURA SIMPLES		

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Como a tabela acima mostra, a armadura definida é do tipo simples.

Como é do tipo simples, há a necessidade de se calcular a altura da linha neutra, ou seja, ou novo valor de x e z.

Substituindo os valores na fórmula do Md, encontramos a seguinte situação:

$$16,31 = \left(\frac{3360}{2} \times 0,8 \times x \times 0,14 \right) \times (0,53 - 0,4 \times x)$$

$$75,264x^2 - 99,73x + 16,31 = 0$$

O passo a seguir, é calcular o valor de Δ e aplicar na fórmula de Bháskara.

$$\Delta = b^2 - 4 \times a \times c$$

$$\Delta = (-99,73)^2 - 4 \times 75,26 \times 16,31$$

$$\Delta = 5036,1$$

$$\sqrt{\Delta} = 70,96$$

$$x = \frac{-b \mp \sqrt{\Delta}}{2 \times a}$$

$$x' = \frac{99,73 + 70,96}{2 \times 75,26} = 1,08$$

$$x'' = \frac{99,73 - 70,96}{2 \times 75,26} = 0,19m$$

$$z = d - 0,4 \times x$$

$$z = d - 0,4 \times x$$

$$z = 0,45m$$

Encontrado os valores de x e z, é colocado na tabela 14 e definido a área necessária de aço para atender as tensões, como é apresentado na tabela a seguir:

Tabela 14 – Cálculo do As

Altura da linha neutra (x)	0,19	m
Z	0,45	m
As	1,65	cm ²
As, mín	0,74	cm ²

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Como o valor de As é maior que o valor do As, mín, será utilizado o mesmo, sendo assim, é necessária uma barra com diâmetro de 16mm, com uma área de aço de 2cm², que é mais que suficiente para atender à necessidade dessa verga.

Visando uma melhor economia, foi realizado o cálculo da verga da segunda pior situação de vão, para analisar se haveria ou não uma diminuição significativa no diâmetro das barras a serem utilizadas. Para isso, será utilizado os dados da parede PY11, que possui um vão de 2,11 metros e uma carga de 8 kN/m, o restante dos dados é igual ao da parede PX8.

Os passos seguintes, são exatamente iguais ao da verga anterior, definindo o tipo de armadura, o cálculo dos novos valores de x, z e As (Tabela 15).

Tabela 15 - Definição do tipo de armadura

I	2,30	m
Md	7,41	kN.m
Fpk	4,80	MPa
Fk	3,36	MPa
x34	0,24	m
z34	0,43	m
Md, máx	19,50	kN.m
∴ ARMADURA SIMPLES		

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

$$75,26x^2 - 99,73x + 7,5 = 0$$

$$\Delta = (-99,73^2) - 4 \times 75,26 \times 7,5$$

$$\Delta = 7687,12$$

$$\sqrt{\Delta} = 87,67$$

$$x = \frac{99,73 \mp 87}{2 \times 75,26}$$

$$x' = \frac{99,73 + 87,67}{2 \times 75,26} = 1,25$$

$$x'' = \frac{99,73 - 87,67}{2 \times 75,26} = 0,08m$$

$$z = 0,5m$$

Tabela 16 – Cálculo do As

Armadura Simples		
Altura da linha neutra (x)	0,08	m
Z	0,5	m
As	0,68	cm ²
As, mín	0,74	cm ²

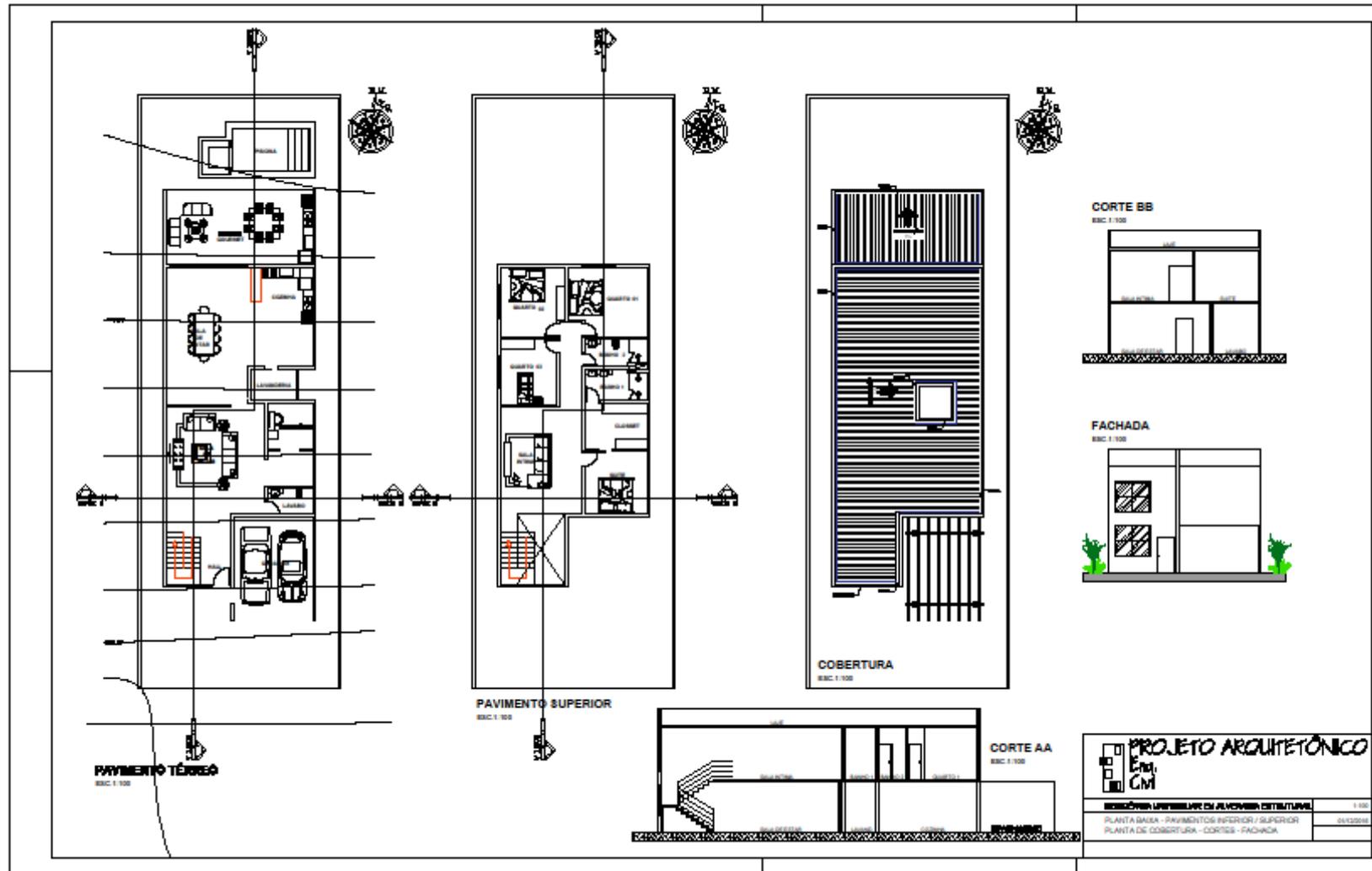
Fonte: Elaborado pelo autor, 2017

Nesta situação, o valor do $A_{d,mín}$ é maior, portanto é o valor a ser utilizado, sendo assim, é necessária uma barra de diâmetro de 10 mm com uma área de aço de 0,8cm², que é mais que suficiente para atender à necessidade dessa verga.

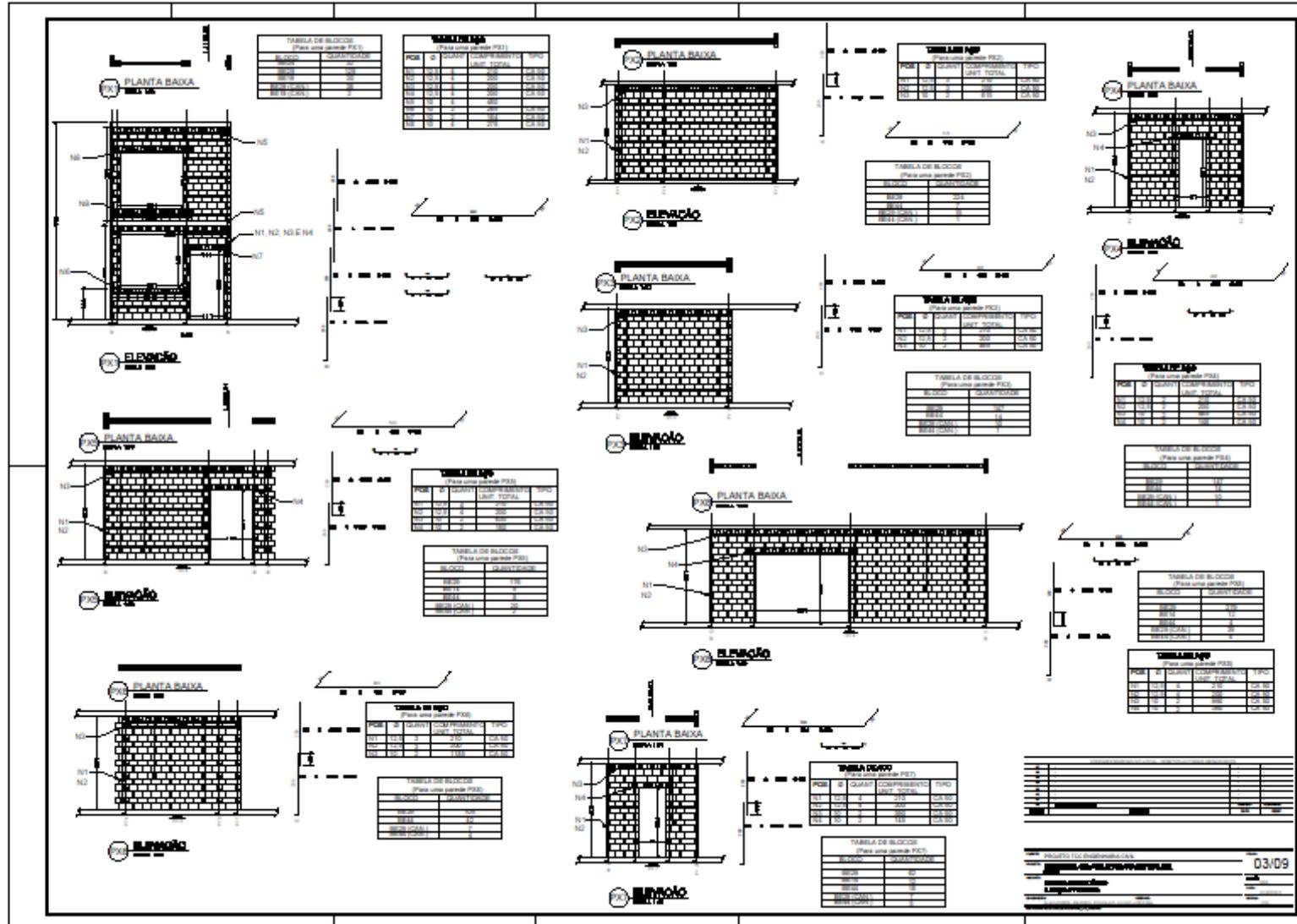
Como encontramos um valor de A_s bem menor ao que foi calculado primeira, apenas a parede PX8 necessita de uma armadura com barra de 16 mm, as demais podem ser executadas com barras de 10 mm, o que gera uma economia grande.

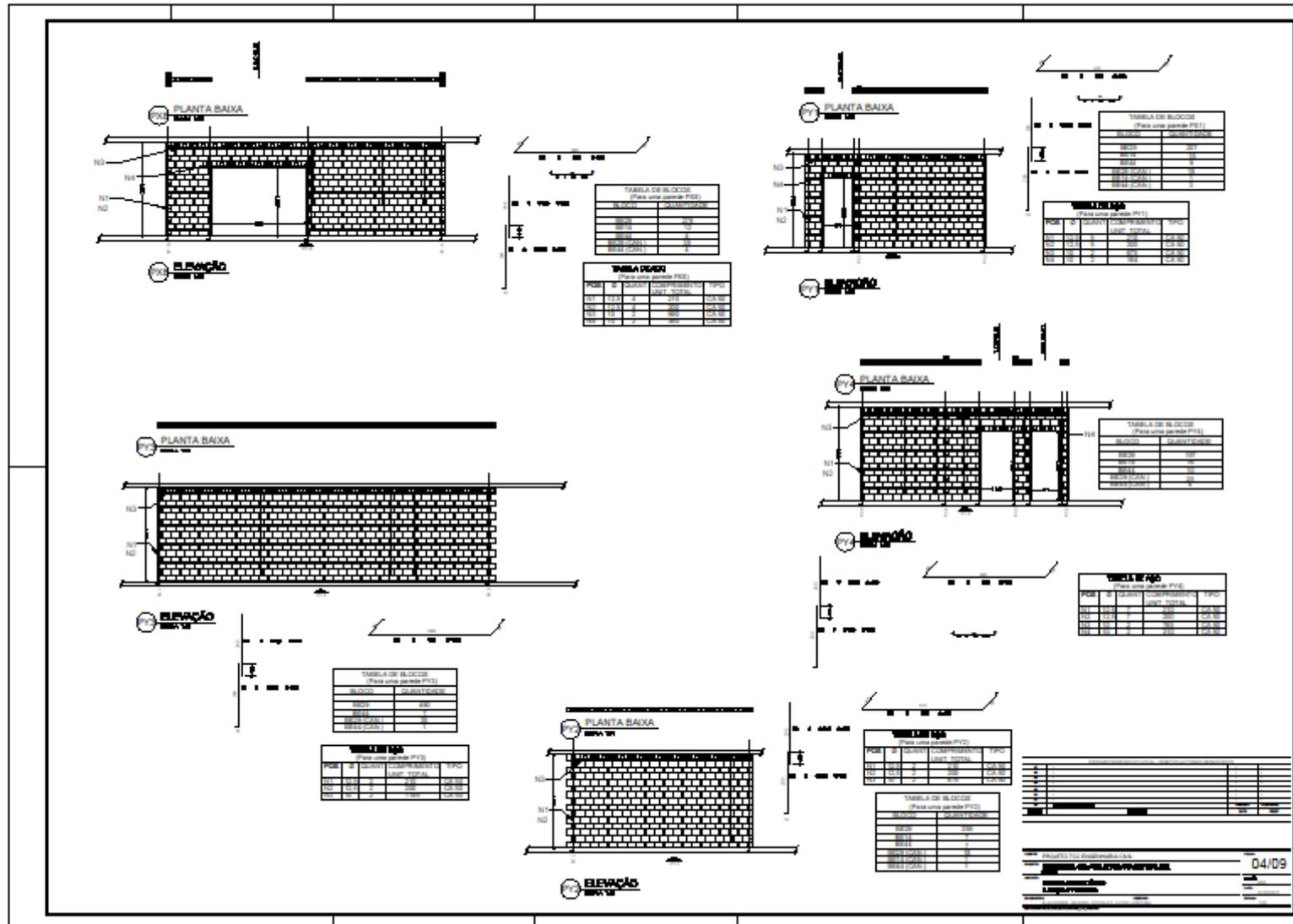
Anexo F – Projetos Desenvolvidos em A4

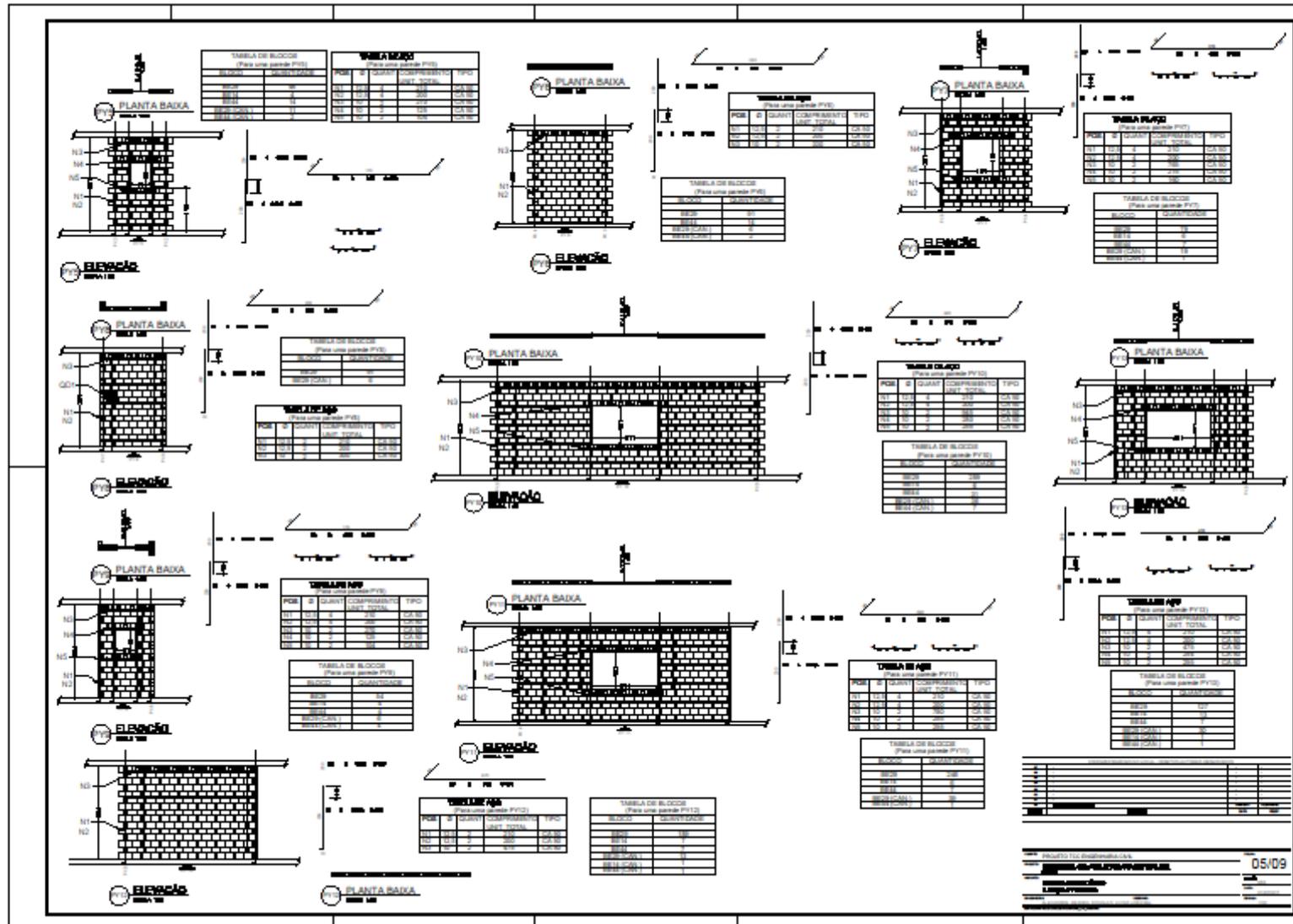
Projeto Arquitetônico

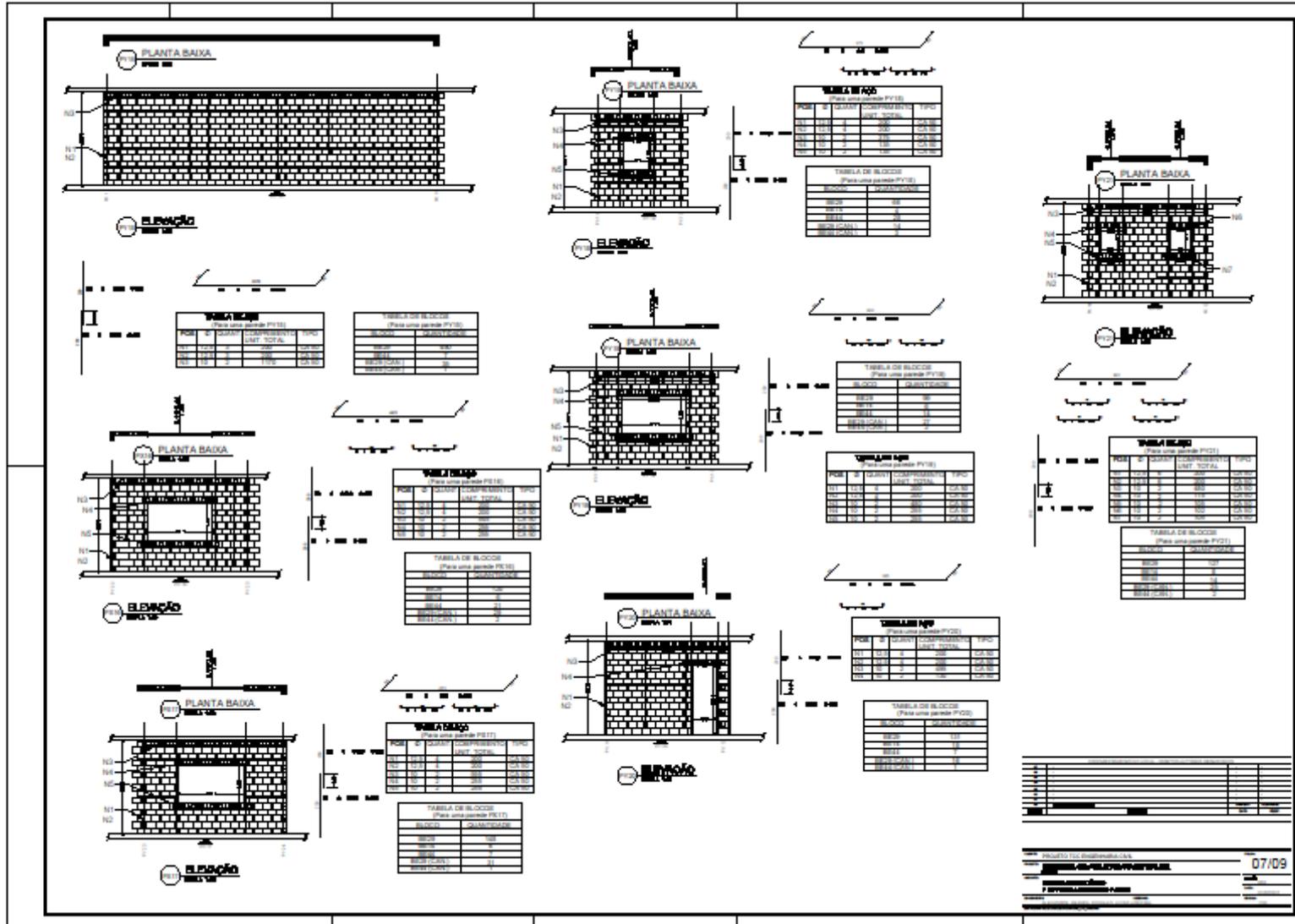


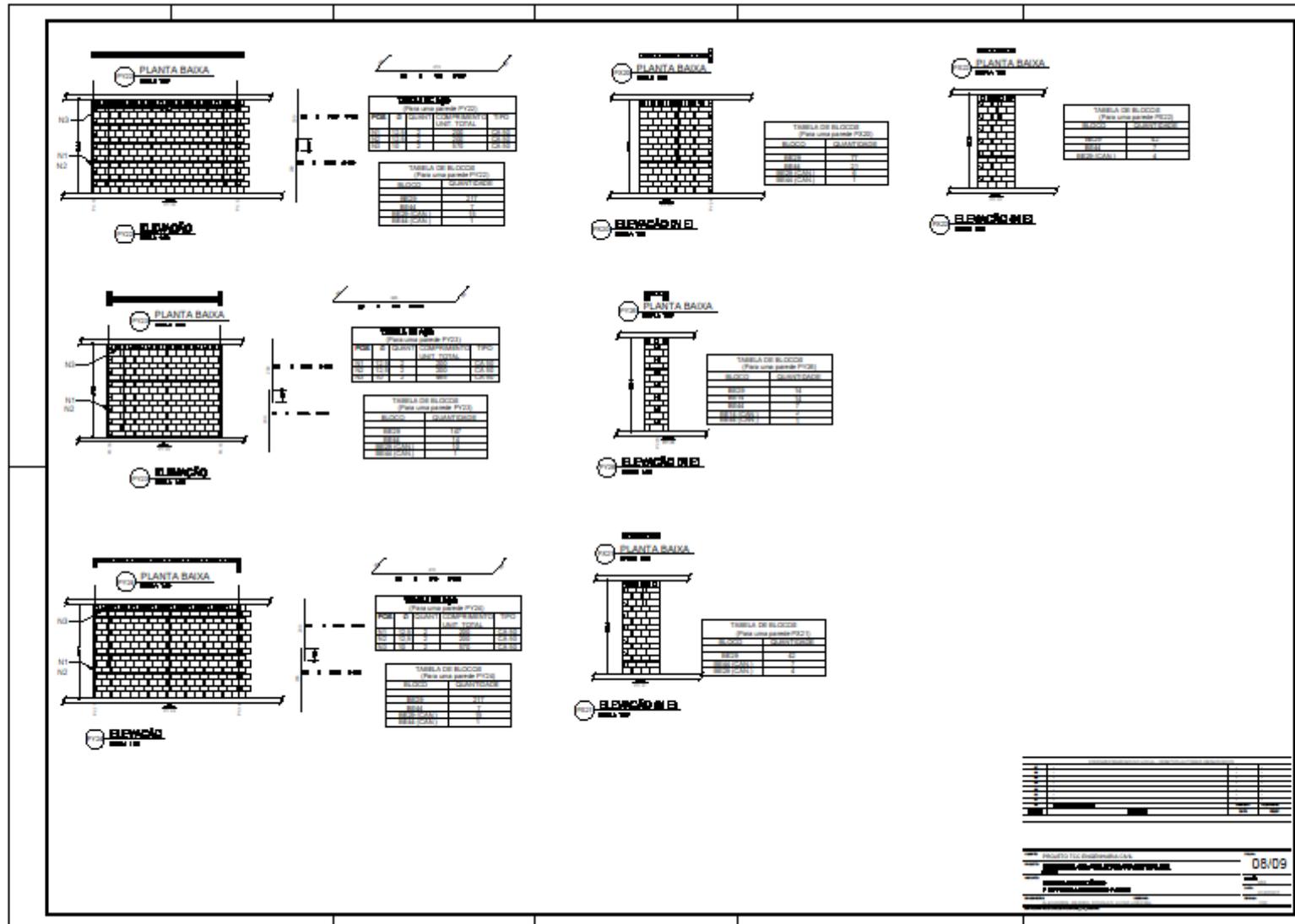
Projeto de Modulação 1° e 2° fiada, pavimento térreo e superior



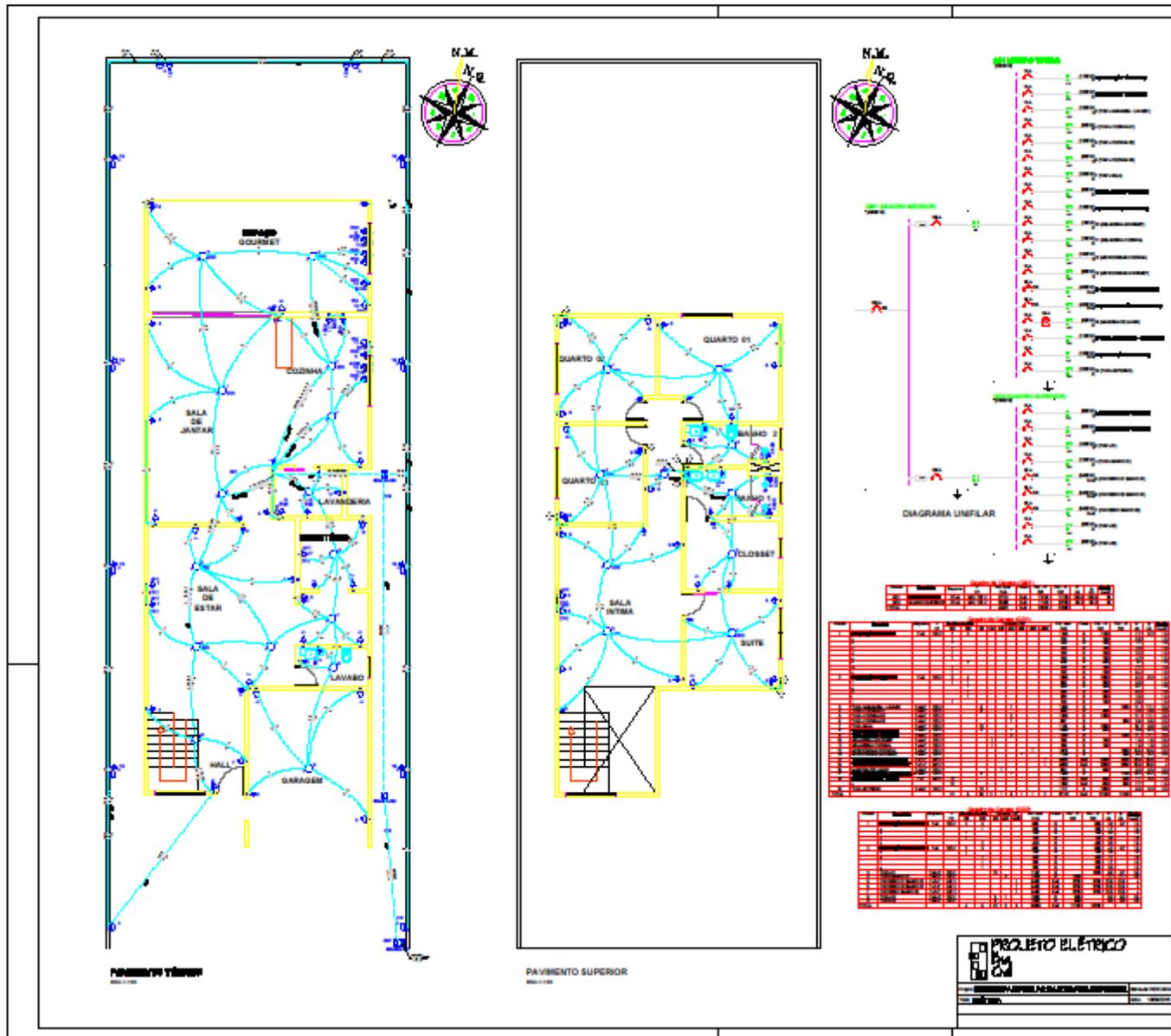








Projeto Elétrico



Projeto Hidrossanitário

