



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

LUCI MARIA FREITAS DE LUCENA

CONCEPÇÃO DE PROJETOS EM ALVENARIA ESTRUTURAL

JOÃO PESSOA- PB
NOVEMBRO DE 2016

LUCI MARIA FREITAS DE LUCENA

CONCEPÇÃO DE PROJETOS EM ALVENARIA ESTRUTURAL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Civil de João Pessoa do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba como requisito parcial da obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Dr. Roberto Leal Pimentel.

JOÃO PESSOA- PB
NOVEMBRO DE 2016

Ficha catalográfica

Folha de aprovação

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao professor Roberto Leal Pimentel, pela disponibilidade e ajuda na orientação do trabalho.

Ao engenheiro civil Marcelo Pessoa de Aquino Franca, pelos ensinamentos e materiais compartilhados para produção dessa pesquisa.

À minha família e amigos pelo incentivo, a meu namorado pela paciência e a meus colegas de faculdade pelo apoio e dificuldades compartilhadas.

A todos os professores do Curso de Engenharia Civil, pela contribuição para a minha formação acadêmica.

LUCENA, Luci Maria Freitas de. **Concepção de projetos em alvenaria estrutural**. 68 f. Trabalhos de Conclusão de Curso (Graduação) Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2016.

RESUMO

O desenvolvimento de técnicas que aprimoram o processo construtivo em alvenaria estrutural, quando elaboradas de forma adequada, vem fazendo esse mercado ganhar espaço na construção civil, tendo em vista que se trata de um sistema mais racional. Visando garantir essa racionalidade e tornar essa prática um sistema ainda mais competitivo, o presente trabalho apresenta recomendações para elaboração dos projetos em alvenaria estrutural, tais como: o arquitetônico, o estrutural e os projetos de instalações prediais. Apresentam-se, inicialmente, parâmetros para o projeto arquitetônico, os quais contribuirão para uma maior facilidade de execução, menor consumo de material e, em consequência, um menor custo final da obra. Depois, são indicadas orientações para elaboração do projeto estrutural, visando garantir o bom desempenho da edificação em serviço por meio de soluções de projetos exequíveis e de fácil implementação. São discutidas, ainda, contribuições relacionadas aos projetos hidrossanitários, com foco na facilidade de execução e de manutenção destes sistemas, sem prejuízo às funções estruturais das paredes de alvenaria. Por fim, com base na teoria discutida no trabalho, é apresentado um exemplo prático para melhor entendimento do leitor. Pretende-se, além de colaborar para um melhor desempenho individual desses projetos, mostrar a importância da compatibilidade destes, evitando desperdícios e perda de tempo na execução da obra. O conceito de racionalização deve nortear a construção em alvenaria estrutural e torná-la uma prática mais empregada futuramente. Para isso, é preciso dominar as ferramentas desse sistema e garantir um bom controle de qualidade na execução do empreendimento, para assim, tornar a alvenaria estrutural um sistema com vantagens técnicas e econômicas.

Palavras-chave: alvenaria estrutural, compatibilização, racionalização, projetos.

LUCENA, Luci Maria Freitas de. **Design of structural masonry projects**. 68 f. Trabalhos de Conclusão de Curso (Graduação) Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2016.

ABSTRACT

The development of techniques that improve the construction process in structural masonry has been making this market gain space in civil construction on the reason that it is a more rational system, if elaborated in an appropriate way. Aiming to guarantee this rationality and to make this practice an even more competitive system, the present work presents contributions for the elaboration of projects in structural masonry, such as the architectural, the structural and the projects of building facilities. Initially, we present recommendations for the architectural design, which will contribute to a greater ease of execution, less waste of material and, consequently, a lower final cost of the work. Then, we indicate guidelines for the elaboration of the structural project, aiming to guarantee the good performance of the building in service, through feasible and easy to implement project solutions. There are also contributions related to hydrosanitary projects, focusing on the ease of execution and maintenance of these systems, without prejudice to the structural functions of masonry walls. Finally, based on the theory discussed in the paper, we present a practical example to a better understanding for the reader. We intend, besides collaborating for a better individual performance of these projects, to show the importance of their compatibility, avoiding wastage and loss of time in the execution of the work. The concept of rationalization should guide structural masonry construction and make it a more employed practice in the future. For this, it is necessary to master the techniques of this system and ensure a good quality control in the execution of the enterprise.

Key words: structural masonry, compatibilization, rationalization., projects.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 01 - Dimensões do bloco estrutural. | 19 |
| Figura 02 - Modulação vertical: piso a teto..... | 21 |
| Figura 03 - Modulação vertical: piso a piso. | 22 |
| Figura 04 - Preenchimento das juntas de forma inadequada..... | 22 |
| Figura 05 - Ajuste na modulação horizontal usando blocos compensadores..... | 23 |
| Figura 06 - Exemplo em obra da utilização da régua pré-moldada..... | 24 |
| Figura 07 - Ajuste na modulação vertical das portas usando verga pré-moldada. | 24 |
| Figura 08 - Exemplo em obra da utilização da verga pré-moldada..... | 25 |
| Figura 09 - Uso de juntas de assentamento especiais..... | 29 |
| Figura 10 - Tipos de amarrações diretas entre paredes estruturais..... | 30 |
| Figura 11 - Amarração indireta utilizando tela de aço. | 31 |
| Figura 12 - Execução de uma junta de dilatação..... | 33 |
| Figura 13 - Indicação da junta de dilatação no projeto estrutural. | 34 |
| Figura 14 - Fissuras obtidas devido ao processo de recalque..... | 35 |
| Figura 15 - Tipos de juntas deslizantes para utilizar sobre a laje da cobertura. | 36 |
| Figura 16 - Fissuras provocadas pela movimentação térmica da laje de cobertura..... | 37 |
| Figura 17 - Fissuras no canto de janelas..... | 38 |
| Figura 18 - Fissuras provocadas por cargas concentradas..... | 39 |
| Figura 19 - Ponto de graute para reforçar o apoio da verga. | 40 |
| Figura 20 - Escada pré-moldada maciça. | 41 |
| Figura 21 - Escada tipo “jacaré”..... | 41 |
| Figura 22 - Reforço com graute para fixação do chumbador..... | 42 |
| Figura 23 - Escada pré-moldada treliçada. | 42 |
| Figura 24 - <i>Shaft</i> sobressaindo da parede. | 44 |
| Figura 25 - <i>Shaft</i> com a mesma espessura da parede. | 44 |
| Figura 26 - Bloco hidráulico da família 29. | 45 |
| Figura 27 - Tubulação de esgoto coberta por um painel removível..... | 46 |
| Figura 28 - Concepção de um sistema hidrossanitário em alvenaria estrutural. | 46 |
| Figura 29 - Planta baixa do projeto arquitetônico. | 48 |
| Figura 30 - Corte longitudinal do projeto arquitetônico..... | 49 |
| Figura 31 – Blocos pertencentes à família 14 x 19 x 29. | 49 |
| Figura 32 – Detalhe da canaleta J solidarizada à laje..... | 51 |

| | |
|--|----|
| Figura 33 – Eixo de simetria. | 53 |
| Figura 34 – Planta de forma da primeira fiada. | 55 |
| Figura 35 – Planta de forma da segunda fiada. | 56 |
| Figura 36 – Detalhe das amarrações indiretas utilizada nas portas de canto..... | 57 |
| Figura 37 – Amarrações diretas empregadas no projeto. | 57 |
| Figura 39 – Paginações..... | 59 |
| Figura 40 – Representação da junta de controle na paginação da PAR-07X..... | 60 |
| Figura 41 – Detalhe das juntas de dessolidarização. | 61 |
| Figura 42 – Esquema da escada pré-moldada treliçada..... | 62 |
| Figura 43 – Elevação da PAR-02X com a presença da cinta intermediária..... | 62 |
| Figura 44 – Elevação da PAR-05Y e 07Y com a presença de elementos de reforço..... | 63 |
| Figura 45 – Posição dos <i>shafts</i> na planta de forma da primeira fiada. | 64 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 01 - Modulação para diferentes famílias de blocos. | 20 |
| Tabela 02 - Relações entre as dimensões do edifício. | 25 |
| Tabela 03 - Relações entre a altura total e o comprimento das paredes estruturais. | 27 |
| Tabela 04 - Valores máximos de espaçamento de juntas de controle em blocos de concreto. | 35 |
| Tabela 05 - Valores máximos de espaçamentos de juntas de controle em blocos cerâmicos. | 35 |
| Tabela 06 – Características dos blocos pertencentes à família 14 x 19 x 29..... | 50 |
| Tabela 07 – Módulo horizontal e vertical da família adotada. | 50 |
| Tabela 08 – Classificação do projeto relacionando as dimensões da edificação..... | 52 |
| Tabela 09 – Comprimento total de paredes em cada direção. | 53 |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO | 13 |
| 1.1 OBJETIVO | 14 |
| 1.2 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO | 15 |
| 1.3 SISTEMA CONSTRUTIVO | 15 |
| 2. PROJETOS | 18 |
| 2.1 PROJETO ARQUITETÔNICO | 18 |
| 2.1.1 Modulação..... | 19 |
| 2.1.2 Geometria do edifício..... | 25 |
| 2.1.3 Simetria | 26 |
| 2.1.4 Aspectos das alvenarias..... | 27 |
| 2.1.5 Arranjo das paredes..... | 28 |
| 2.2 PROJETO ESTRUTURAL | 28 |
| 2.2.1 Elaboração das plantas da 1º e 2º fiada..... | 28 |
| 2.2.2 Amarração entre paredes..... | 29 |
| 2.2.3 Paginações..... | 32 |
| 2.2.4 Juntas verticais e transversais..... | 32 |
| 2.2.5 Juntas de dilatação..... | 33 |
| 2.2.6 Juntas de controle | 34 |
| 2.2.7 Dessolidarização da laje da cobertura..... | 36 |
| 2.2.8 Elementos de reforço..... | 37 |
| 2.2.9 Armaduras verticais e pontos de graute | 39 |
| 2.2.10 Escadas..... | 40 |
| 2.3 PROJETOS COMPLEMENTARES | 43 |
| 3. CONCEPÇÃO DE UM PROJETO | 48 |
| 3.1 DEFINIÇÃO DA FAMÍLIA DE BLOCOS | 49 |
| 3.2 MODULAÇÃO | 50 |
| 3.3 GEOMETRIA DO EDIFÍCIO..... | 51 |
| 3.4 SIMETRIA | 52 |
| 3.5 ASPECTOS DA ALVENARIA | 53 |
| 3.6 PLANTAS DA 1ª E 2ª FIADA..... | 54 |
| 3.7 AMARRAÇÕES | 57 |
| 3.8 PAGINAÇÕES..... | 58 |
| 3.9 JUNTAS DE DILATAÇÃO E DE CONTROLE | 60 |

| | |
|--|-----------|
| 3.10 JUNTAS TRANSVERSAIS E JUNTAS DE DESSOLIDARIZAÇÃO..... | 60 |
| 3.11 ESCADA | 61 |
| 3.12 PROJETOS HIDROSSANITÁRIOS | 63 |
| 4. CONCLUSÃO..... | 65 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 67 |

1. INTRODUÇÃO

A alvenaria estrutural é um sistema construtivo no qual as paredes, além de sustentar o próprio peso, são responsáveis por absorver todo o carregamento da edificação. Por isso, são chamadas de paredes estruturais. Estas são constituídas de blocos empilhados e argamassados, bem como armaduras, que podem ser construtivas ou não.

Há milhares de anos a alvenaria estrutural já era utilizada como método construtivo, porém seu dimensionamento se baseava em métodos empíricos, motivo pelo qual as paredes apresentavam espessuras exageradas. Em Chicago, entre os anos de 1889 e 1891, projetou-se um edifício de 16 andares em que as paredes apresentavam espessuras de 1,83 metros. Confirmando o empirismo da época, analisou-se que, se dimensionadas hoje, essa espessura reduzir-se-ia a 30 cm, usando os mesmos materiais (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

No início do século XX, com o advento da técnica de concreto armado, a alvenaria estrutural deixou de ser empregada pelos construtores, já que, com essa técnica, estruturas de maiores vãos e de maiores alturas podiam ser levantadas sem nenhum problema. Além disso, resultava em estruturas mais esbeltas, o que levava vantagem sobre as paredes com grandes espessuras da alvenaria estrutural.

Na década de 50, países da Europa começaram a investir em pesquisas relacionadas à alvenaria estrutural, surgindo normas que permitiam calcular a espessura necessária das paredes a partir de cálculos mais racionais, o que resultou em paredes de espessuras de 15 cm. Esse fato enlevou os engenheiros da época, fazendo com que esse sistema construtivo se disseminasse pelo mundo (OLIVEIRA JUNIOR, 1992)

No Brasil, ainda segundo Oliveira Junior (1992), as primeiras construções em alvenaria estrutural foram feitas em 1966, em São Paulo. A primeira construção tratou-se de um edifício de quatro pavimentos em que se empregou blocos de concreto vazados.

A alvenaria estrutural passou a ser criticada pelos construtores quando, na década de 90, foi constatado que uma grande quantidade de edificações, que se diziam feitas em alvenaria estrutural, sofreu colapsos. Hoje, porém, se sabe que essas construções foram projetadas e construídas sem obediência às normas técnicas. Apenas como exemplo, cite-se que o tijolo utilizado não tinha finalidade estrutural, mas sim de vedação. Esses tijolos com furos horizontais não apresentavam confiabilidade adequada quanto a sua capacidade resistente, pois sua pequena espessura, associada a uma baixa resistência a compressão e uma conformação de ruptura brusca, o inabilitavam para cumprir funções estruturais.

Mesmo com esses inconvenientes, a alvenaria estrutural vem avançando como sistema construtivo e ganhando mercado na construção civil, apesar de se deparar com obstáculos provenientes da construção em concreto armado. Primeiro, porque existe uma oposição por parte da indústria de concreto, que não quer perder vantagens competitivas para o sistema de alvenaria estrutural. Ademais, há também uma resistência por parte dos próprios construtores e engenheiros, que buscam não abandonar um sistema construtivo já dominado e consolidado como é o de concreto armado.

Há ainda outras dificuldades inerentes a esse sistema, como a menor liberdade arquitetônica representada pela limitação dos vãos, das aberturas e dos balanços e uma maior dificuldade de alterar as paredes, dificultando reformas.

Apesar desses problemas, o crescimento da alvenaria estrutural é motivado pelas suas vantagens. Essas estão relacionadas ao processo de racionalização desse sistema, como um menor desperdício de material e de mão de obra, redução do tempo de execução, além da minoração dos custos.

Segundo Rauber (2005), para desfrutarmos de forma plena desses benefícios, é preciso que, no princípio do empreendimento, seja definido o método construtivo e todo o escopo de projetos seja concebido com esse conhecimento. Dessa maneira, é possível aproveitar todos os recursos técnicos nessa fase, de modo a alcançar os principais objetivos das construções, quais sejam a racionalização e a durabilidade.

O presente trabalho visa a elencar e sugerir recomendações para os projetos em alvenaria estrutural que possam torná-la um sistema mais competitivo no mercado, com vantagens técnicas e econômicas.

1.1 OBJETIVO

Procurar auxiliar os projetistas, por meio de recomendações importantes para os projetos arquitetônicos, estruturais e complementares para alvenaria estrutural, evitando improvisos durante a execução, aumentos de custo e o surgimento de patologias na construção. Procura-se também mostrar a importância da compatibilização entre esses projetos e da troca de informações entre os projetistas durante a fase de concepção dos mesmos, para tornar a execução racionalizada, sem desperdícios e trabalhos redobrados.

Convém ressaltar que não é abordado o cálculo estrutural dos componentes do sistema. As recomendações fornecidas contribuirão para um dimensionamento mais eficiente e uma estrutura mais durável.

1.2 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O texto é dividido em 5 capítulos. O capítulo 1 traz uma introdução geral, citando um breve histórico do sistema de alvenaria estrutural e fazendo uma sucinta comparação dos pontos negativos e positivos do sistema. Ainda nesse capítulo é apontado o objetivo do trabalho.

No capítulo 2 apresenta-se uma exposição do sistema construtivo, definindo-se o que é a alvenaria estrutural e quais os componentes que constituem esse sistema.

O capítulo 3 versa sobre as recomendações nos projetos. Ele é dividido em três subcapítulos, um tratando de contribuições para o projeto arquitetônico, outro discorrendo de contribuições relativas ao projeto estrutural e um terceiro relacionado com os projetos complementares.

Já no capítulo 4 é mostrado um exemplo de projeto em alvenaria estrutural e, no seu decorrer, são destacadas as recomendações que foram exibidas ao longo do trabalho.

As conclusões referentes ao que foi exposto são apresentadas no último capítulo.

1.3 METODOLOGIA

A metodologia da pesquisa foi baseada em pesquisas bibliográficas. Os conhecimentos foram adquiridos em sites, livros, artigos de monografias e dissertações de mestradados, além de apostilas. Ademais, foram analisados e detalhados um projeto arquitetônico e um estrutural de um edifício. A proposta desse relatório foi o levantamento de parâmetros para nortear os projetos em alvenaria estrutural e, diante destes, analisar um caso prático para melhor esclarecimento e compreensão do leitor.

1.4 SISTEMA CONSTRUTIVO

A alvenaria estrutural é um conjunto de blocos justapostos que formam um só elemento, através da interação dos blocos um com o outro, realizada pela aplicação de argamassa apropriada em suas faces. Esse elemento atenderá à função estrutural de absorver esforços, principalmente de compressão, e a função da própria alvenaria de limitar os espaços, de garantir conforto térmico e acústico, de resistir ao fogo e de impedir a entrada de intempéries nos ambientes internos (TAUIL, 2010).

Os elementos constituintes desse sistema construtivo são os blocos, a argamassa, o graute e as armaduras.

O bloco é o principal elemento da alvenaria estrutural. Geralmente, os materiais desses blocos são de concreto ou cerâmicos.

A resistência dos blocos é uma das principais características responsáveis pela resistência da parede. Para blocos estruturais, a resistência mínima estabelecida pela NBR 15270-1, em seu item 5.5, é de 3 MPa, em relação a área bruta.

Não é possível determinar a resistência da alvenaria levando em consideração apenas a resistência do bloco, visto que, a parede estrutural é um conjunto de elementos que interagem entre si para suportar os esforços. Tal resistência é determinada por meio de ensaios que simulem o comportamento da alvenaria como um todo, ou seja, do conjunto formado pelo bloco e pela argamassa de ligação. Dentre estes ensaios, o mais simples deles é o ensaio de prisma, formado por dois blocos unidos entre si por uma junta de argamassa.

Vários estudos já tentaram estabelecer relações entre a resistência do bloco e a resistência do prisma, sendo muito comum observar que a resistência do prisma corresponde a cerca de 40% a 60% da resistência do bloco utilizado. Considerando que o projeto estrutural é elaborado a partir da resistência do prisma, é muito comum a utilização de blocos que possuam o dobro desta resistência para elaboração dos ensaios de caracterização dos materiais que antecedem a obra.

De acordo com as dimensões dos blocos, estes são classificados em famílias, as quais serão denominadas de acordo com o bloco principal. As unidades da mesma família possuirão a mesma espessura e altura, variando apenas o comprimento.

A escolha da família de bloco a ser utilizada é essencial na modulação dos projetos. As principais unidades são os blocos principais, o meio bloco e o bloco e meio. Os elementos secundários são os blocos compensadores, além das canaletas usadas geralmente para compor as cintas, vergas e contravegas.

As responsáveis pelas juntas de assentamento são as argamassas, cuja constituição usual é: cimento, areia, água e cal. Sua função é solidarizar as unidades através da aderência de um bloco sobre o outro, transferindo de forma uniforme as tensões e auxiliando a parede a resistir aos esforços. Além disso, conforme Franca (2016), as juntas de assentamento têm o papel de absorver pequenas deformações, de evitar a entrada de água e de vento no edifício e de compensar as irregularidades dimensionais dos blocos.

A NBR 15812-1/2010, em seu item 6.1.2, estabelece que as argamassas devem apresentar resistência à compressão mínima de 1,5 Mpa e limitada a 0,7 da resistência característica do bloco, referida à área líquida.

O graute é um concreto fluido que é utilizado nas edificações em alvenaria estrutural, basicamente com duas funções: uma estrutural e outra executiva. O papel estrutural está relacionado com o aumento da resistência da alvenaria em suportar cargas de compressão e, também, em aumentar sua capacidade de resistir a esforços de tração e cisalhamento. A função executiva trata-se de auxiliar na solidarização das armaduras à alvenaria, além de evitar a sua corrosão.

O graute necessita ser trabalhável e por isso é recomendada a utilização de um concreto fluido. Assim, o abatimento do graute, no ensaio do *slump*, deve estar entre 20 a 25 cm e, de acordo com Richter (2007), a relação água/cimento deve permanecer entre 0,8 e 0,11, sendo função do módulo de finura da areia.

A resistência recomendada para o graute é a da ordem da resistência à compressão do bloco, em relação à sua área líquida. O motivo da não utilização de um graute com resistência maior, é evitar a fissuração no bloco, visto que, a capacidade resistente deste e do graute se apresentariam iguais, gerando uma maior homogeneidade do conjunto.

As armaduras podem apresentar funções construtivas, ou seja, estarem presentes para evitar a fissuração das paredes em determinados pontos, para elevar a ductilidade da estrutura ou fazer amarrações indiretas entre as paredes. Mas, as armaduras também podem ter o papel de absorver esforços, principalmente de tração. As armaduras construtivas vão estar presentes principalmente em contraergas, cintas e pontos de amarração.

As resistências à compressão do prisma e do graute, as faixas de resistência média a compressão das argamassas e as características dos aços devem ser especificados nos projetos. A resistência sugerida para o bloco também pode ser indicada, porém não é obrigatório, pois o importante é o atendimento à resistência do prisma.

2. PROJETOS

Na construção civil, a fase de projetos é extremamente importante. Porém, muitas vezes, os projetos não recebem a devida relevância e são tratados como instrumentos meramente legais, que os construtores procuram minimizar, ao máximo, suas despesas. (RAUBER, 2005).

Projetos bem elaborados garantem uma execução mais eficiente e sem improvisos. Além disso, a fase de projetos é onde a viabilidade do sistema construtivo é verificada, não havendo grandes prejuízos, se for necessário realizar alterações. Ao passo que avançam as etapas da construção do empreendimento, o custo com as modificações se eleva.

Em países desenvolvidos, é comum o tempo de projeto ser da mesma ordem de grandeza que o tempo de execução. O resultado são produtos de maior qualidade e com menor desperdício de material.

2.1 PROJETO ARQUITETÔNICO

O projeto arquitetônico é o início do processo da definição do empreendimento. Este expressará o nível de qualidade do ambiente e a necessidade dos usuários. Esta última característica requer uma alta ligação com o consumidor, que determinará as características e exigências do projeto.

O arquiteto deve ter em mente como as atividades ocorrem na obra, quais são os materiais empregados e como é executada a construção, para que não ocorram desconformidades por falta de conhecimento do sistema construtivo ou para não resultar em ações muito trabalhosas que ocasionem atrasos no decorrer da execução. Outro fator influenciado pelo projeto arquitetônico é o custo: um projeto mal elaborado pode elevar demasiadamente o valor da obra e afetar o planejamento econômico.

Por ser a etapa inicial do processo, um erro no projeto arquitetônico pode prejudicar bastante o andamento da construção, visto que, todos os outros projetos são elaborados com base nele. Então, qualquer alteração que seja necessária no projeto arquitetônico influenciará todos os outros, podendo resultar em improvisos, baixa qualidade, atrasos e aumento no custo.

Para obras em alvenaria estrutural é primordial que o arquiteto detenha o mínimo de conhecimento das técnicas desse método, os requisitos essenciais que devem reger o projeto e os problemas que podem surgir caso desconheçam o sistema construtivo.

Diante disso, serão mencionados os principais requisitos técnicos que os arquitetos devem seguir para realizar seu projeto em alvenaria estrutural.

2.1.1 Modulação

A modulação é o parâmetro mais importante nos projetos de arquitetura quando se trata de edificações em alvenaria estrutural, pois a racionalização do processo construtivo em alvenaria parte de um projeto modulado, compatibilizado com as demais disciplinas e bem detalhado. A modulação tem como referência as dimensões do bloco utilizado. De acordo com essas medidas, é estabelecida uma unidade modular, tanto para vertical quanto para horizontal, sendo os ambientes dimensionados através de múltiplos desse módulo padrão.

Há diversos tipos de família de blocos, divergindo em dimensões e materiais. Dependendo dos aspectos econômicos, logísticos e estruturais serão escolhidos quais blocos vão ser utilizados, para assim, definir as dimensões apropriadas de projeto.

Dessa maneira, a escolha do bloco é o ponto de partida para a modulação. Esta é fundamental nos projetos arquitetônicos, visto que, irá proporcionar a racionalização de todo o processo construtivo, além de evitar certos inconvenientes, como o desperdício de material e o surgimento de patologias nas construções, como aquelas oriundas do uso excessivo de ligações indiretas.

O bloco apresenta três dimensões: comprimento (C), largura (L) e altura (A), como mostra a figura 01. Esses parâmetros vão definir os módulos horizontais e verticais. Enquanto o comprimento vai nortear o tamanho dos ambientes em planta, a altura dos blocos vai determinar as possíveis medidas para o pé direito/esquerdo. (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

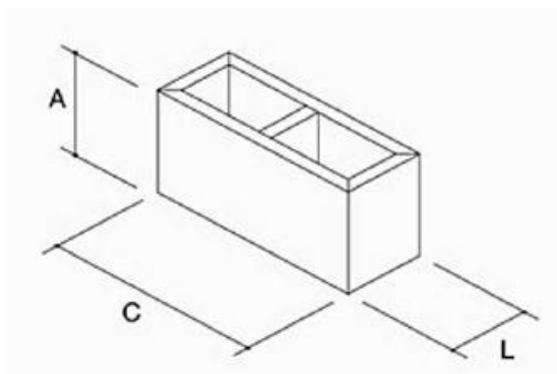


Figura 01 - Dimensões do bloco estrutural.

Fonte: Ramalho e Correa (2003).

A tabela 01 apresenta os valores dos módulos verticais e horizontais, para as famílias de blocos mais usuais. Para a definição do módulo horizontal é necessário determinar o valor do comprimento da unidade (C), enquanto que para o módulo vertical é preciso definir sua altura (A).

Outro fator levado em consideração na concepção dos módulos é a espessura da junta de assentamento (E) cujo valor é especificado pela NBR 15961-1/2011, em seu item 10.2.4, que define uma espessura de 10 mm. É importante o atendimento desse valor, já que a modulação é elaborada com base nele.

Assim, fórmulas simples são estabelecidas para calcular a unidade modular horizontal e vertical de cada família.

$$\text{Módulo horizontal: } M_h = \frac{(C+E)}{2} \quad (1)$$

$$\text{Módulo vertical: } M_v = (A + E) \quad (2)$$

Tabela 01 - Modulação para diferentes famílias de blocos.

| BLOCO | DIMENSÕES DO BLOCO (cm) (L x A x C) | DIMENSÕES DO MÓDULO (cm) | MÓDULO HORIZONTAL (cm) | MÓDULO VERTICAL (cm) | MALHA EM PLANTA |
|----------------------|-------------------------------------|--------------------------|------------------------|----------------------|-----------------|
| Cerâmico ou Concreto | 14 x 19 x 29 | 15 x 20 x 30 | 15 | 20 | 15 x 15 |
| | 14 x 19 x 39 | 15 x 20 x 40 | 20 | 20 | 20 x 20 |
| | 19 x 19 x 39 | 20 x 20 x 40 | 20 | 20 | 20 x 20 |
| | 11,5 x 19 x 39 | 12,5 x 20 x 40 | 20 | 20 | 20 x 20 |

Fonte: Autoria própria.

De posse desses valores, o arquiteto definirá as dimensões do ambiente e a altura dos pavimentos. A espessura da parede deve coincidir com a espessura do bloco a ser utilizado, acrescido de 1 cm.

Vale salientar que caso se opte pela família 29, é mais vantajoso que a largura do bloco seja de 14cm. Caso se escolha a família 39, a largura ótima é a de 19 cm. Isso é preferível, pois sendo as larguras modulares metade dos comprimentos modulares, ficará facilitada a amarração das paredes e evita-se os inconvenientes advindos da utilização de blocos especiais, como a diminuição da produtividade e o maior desperdício de material (FRANCA, 2016).

A NBR 6136/2014 ressalta que os blocos com espessuras de 11,5 cm podem ser empregados apenas em edificações de até dois pavimentos.

As medidas internas e externas dos ambientes em planta devem apresentar valores múltiplos do módulo horizontal. É possível ajustar esses vãos com o uso de blocos

compensadores, porém, Parsekian e Soares (2014) afirmam que essa concepção será menos racionalizada.

Na modulação vertical, há duas formas de trabalhar. A primeira é em função da altura do pé direito e a segunda está relacionada com a dimensão do pé esquerdo.

A modulação de piso a teto (em função do pé direito) é adotada, geralmente, quando se faz uso de lajes maciças pré-moldadas e içadas, pois nesses casos as lajes são montadas sobre as canaletas já concretadas e solidarizadas por meio de argamassa. Nesses casos, empregam-se os blocos canaletas U altas e não há a necessidade, segundo Franca (2016), de usar tábuas para fazer o arremate entre a laje e a alvenaria, visto que, não teremos a concretagem da laje *in loco*. Caso sejam utilizadas lajes moldadas *in loco*, as tábuas para arremate lateral passam a ser necessárias (figura 02).

A modulação de piso a piso (em função do pé esquerdo) é a mais utilizada, pois é indicada para todos os demais tipos de lajes. Nesses casos, são utilizados os blocos canaletas U baixa (canaletas compensadoras) nas paredes internas, enquanto que os blocos canaletas J são usados nas paredes externas (figura 03).

O ideal é que as lajes tenham espessuras de 12, 10 ou 8 cm, já que existem canaletas J com a menor altura de 7, 9 e 11 cm, respectivamente, totalizando os 19 cm necessários para a modulação. Se as lajes apresentarem valores superiores a 12 cm, é possível quebrar as abas da parte mais baixa da canaleta J para fazer o encaixe devido. Porém, os vãos de projetos em alvenaria estrutural dificilmente vão requerer lajes com espessuras maiores que 12 cm.

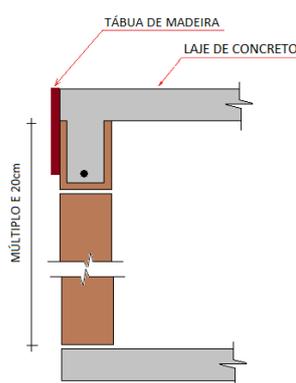


Figura 02 - Modulação vertical: piso a teto.

Fonte: Franca (2016).

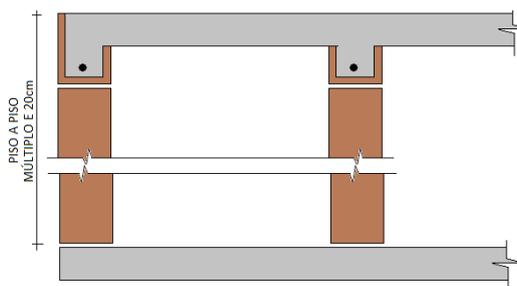


Figura 03 - Modulação vertical: piso a piso.

Fonte: Franca (2016).

Caso os arquitetos não obedeam a modulação, as vantagens do sistema de alvenaria estrutural não são evidenciadas. Os aspectos técnicos e econômicos são comprometidos, já que para corrigir a modulação seria necessário a quebra de blocos ou a variação da espessura das juntas, o que favorece o aparecimento de patologias, como mostra a figura 04.



Figura 04- Preenchimento das juntas de forma inadequada.

Fonte: Pozzobon (2003 apud SILVA, 2013).

Quanto às esquadrias, é preciso destacar que os vãos livres ideais de portas e janelas seriam aqueles cujas medidas são múltiplas da unidade modular. Observa-se, todavia, que as dimensões de portas usuais, geralmente, não são compatíveis com os módulos da alvenaria estrutural, tanto na dimensão vertical quanto na horizontal, o que torna indispensável o uso de algumas soluções técnicas para realizar tal adaptação.

No caso da modulação horizontal, uma solução consiste em adotar esquadrias sob medidas, porém o custo desta solução aumentaria bastante. Assim, a alternativa mais econômica seria realizar o ajustamento do vão, por meio de blocos compensadores ou de régua de ajuste pré-moldadas.

Na figura 05 é apresentada a elevação de uma parede com unidade modular de 15 cm, cujo vão livre da porta possui 71 cm, valor não compatível com a modulação (70 não é

múltiplo de 15). Assim, na situação da figura 04 optou-se por usar o bloco compensador (4 cm) em toda extensão da abertura, totalizando os 76 cm compatíveis com a modulação.

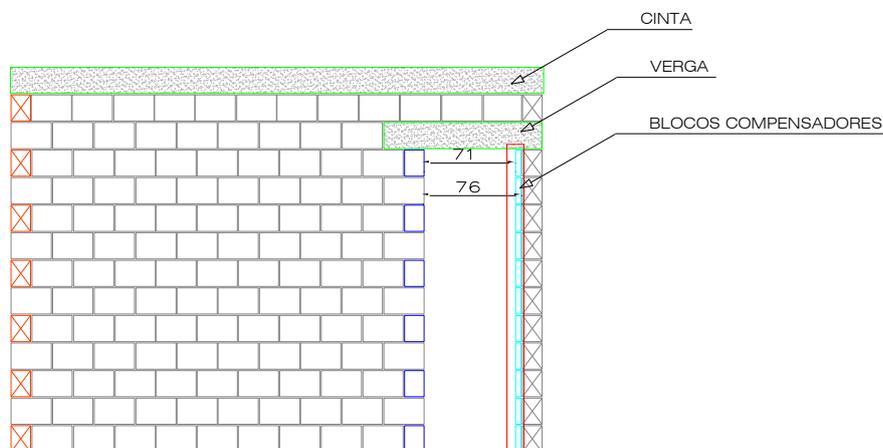


Figura 05 - Ajuste na modulação horizontal usando blocos compensadores.

Fonte: Autoria própria.

Além de ajustar a modulação, a solução apresentada anteriormente, aproveita os blocos compensadores ou a régua de ajuste para servir de “boneca”, possibilitando o emprego do alisar das portas. Sem o uso desses elementos só seria possível obter “bonecas” com comprimento mínimo de 15 cm.

Na vertical, Franca (2016) descreve duas soluções: a verga pré-moldada ou a régua de ajuste (figura 06). A figura 07 mostra a verga pré-moldada ajustando o comprimento vertical da porta, cujo vão livre é de 2,10 m, que somado a espessura do revestimento resulta em uma folga, a qual é preenchida pela verga. Um exemplo dessa verga pré-moldada é visto na figura 08.

As régua de ajuste são soluções simples e baratas, todavia não dispensam o uso de vergas (FRANCA, 2016). Já as vergas pré-moldadas, além de cumprir a função estrutural, também exercem o papel de modular os vãos, pois são fabricadas com as dimensões dos módulos horizontais e verticais do bloco, além de possuírem um ajuste para regular a altura das portas, eliminando eventuais preenchimentos de argamassa.



Figura 06 - Exemplo em obra da utilização da régua pré-moldada.

Fonte: Autoria própria.

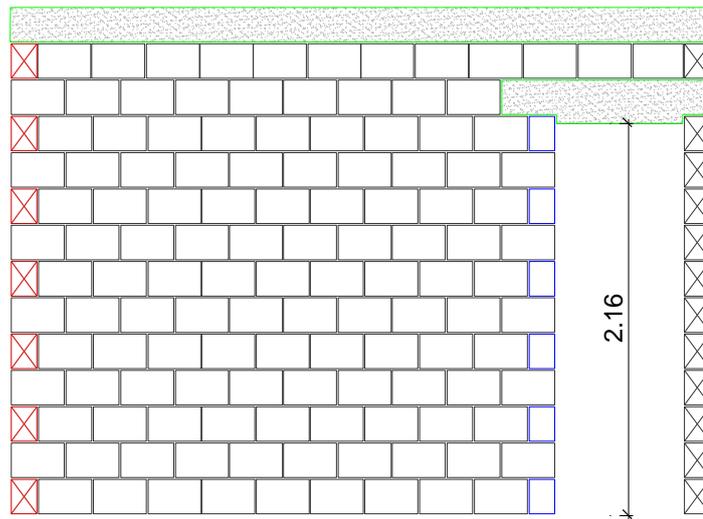


Figura 07 - Ajuste na modulação vertical das portas usando verga pré-moldada.

Fonte: Autoria própria.



Figura 08 - Exemplo em obra da utilização da verga pré-moldada.

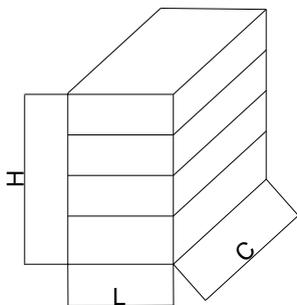
Fonte: Figueró (2009).

2.1.2 Geometria do edifício

Rauber (2005) ressalta a importância das relações entre as dimensões do edifício em alvenaria estrutural, tanto em planta como em relação a sua altura. Essas relações vão definir a volumetria do prédio e, conseqüentemente, a sua robustez. É importante ressaltar que quanto mais robusta for a edificação, maior será a sua capacidade de resistir aos esforços provocados pelas forças horizontais provenientes do vento e do desaprumo.

Na tabela 02 estão apresentadas as relações dimensionais que indicam a situação quanto a robustez do edifício.

Tabela 02 - Relações entre as dimensões do edifício.



| Situação | C/L | H/L |
|-----------|----------|----------|
| Ideal | 1 | ≤ 1 |
| Aceitável | ≤ 4 | ≤ 3 |
| Má | > 4 | > 3 |

Fonte: Gallegos (1988 apud Rauber, 2005) adaptado.

Essas recomendações estão relacionadas com a inviabilidade econômica do uso da alvenaria estrutural para certas dimensões da edificação, devido ao grande número de pontos com graute e armadura que serão necessários para combater esforços de tração. (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

Outro fator que prejudica a robustez do prédio é a presença de aberturas, principalmente nos andares inferiores. Parsekian e Soares (2014) afirmam que a eliminação de parte das lajes e das paredes nesses níveis tem um grande impacto na robustez, pois reduz bastante a rigidez do prédio por criar um pavimento flexível em sua parte de baixo.

Ao definir a volumetria do prédio, o arquiteto deve ter conhecimento dessas relações ótimas, para que a edificação por ele projetada apresente rigidez suficiente para suportar os carregamentos impostos, sem que, para isso, seja necessário lançar mão de uma alvenaria excessivamente armada ou mesmo de protensão. A garantia da estabilidade da edificação, por meio da introdução de armaduras de aço, além de aumentar o custo financeiro da estrutura, também reduz a velocidade de execução, prejudicando a racionalidade do processo construtivo.

2.1.3 Simetria

A simetria na distribuição das paredes de uma edificação em alvenaria estrutural, também influencia na sua capacidade de absorção dos esforços oriundos das cargas horizontais. Edificações com formatos em planta não simétricas e em formatos não convencionais facilitam o aparecimento dos esforços de torção.

Quando o sistema estrutural não tem o centro de torção coincidindo com o ponto de aplicação da carga de vento, surge uma excentricidade, gerando um momento torsor. Assim, quando a ação do vento incide segundo um eixo que não seja de simetria, tendem a surgir rotações. Já a incidência segundo eixos de simetria, as lajes apenas transladam na direção do vento (ACCETTI, 1998).

A presença de núcleos de rigidez posicionados em planta de forma assimétrica, também contribuem com o aparecimento de esforços de torção na torre das edificações. Desse modo, para garantir um bom desempenho das edificações frente aos esforços de vento, os núcleos de rigidez devem ser posicionados, em planta, de maneira simétrica.

2.1.4 Aspectos das alvenarias

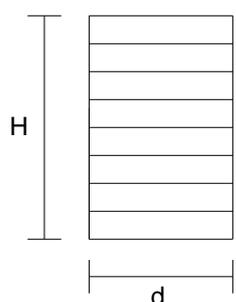
A análise de alguns parâmetros quantitativos é essencial para conceber o projeto arquitetônico e otimizar a estrutura. Gallegos (1988 apud KALIL, s.d.) afirma que em cada direção - longitudinal e transversal - é necessário, no mínimo, 4,2% da área total construída de metros lineares de paredes estruturais, para que se garanta a estabilidade em relação aos esforços laterais.

Existem sistemas que projetam paredes estruturais em apenas uma direção. Porém, segundo Accetti (1998), existem duas desvantagens em tal metodologia de projeto: o comprometimento dos apoios das lajes, que ficariam restringidas a uma direção, e a distribuição das cargas horizontais e verticais que se dariam em um número menor de paredes. Por isso, em edificações altas, as paredes estruturais devem estar distribuídas nas duas direções, para garantir um contraventamento eficiente de qualquer um dos lados.

Uma boa distribuição das paredes é fundamental, pois tende a uniformizar as cargas verticais, tornando o dimensionamento mais econômico e ocasionando uma melhor produtividade. O motivo é devido à metodologia de cálculo, pois este é realizado para que, via de regra, todas as paredes de um pavimento utilizem blocos de mesma resistência e, para aquelas mais solicitadas se faça o uso de grauteamento e de armadura. A razão é evitar possíveis trocas de blocos e uma parede ser executada com uma resistência menor do que a especificada.

Outro parâmetro que auxilia o projetista a potencializar sua estrutura é observar a relação da altura da parede total no prédio e o seu comprimento. Gallegos (1988, apud KALIL, s.d.) apresenta essas relações na tabela 03. Estas não devem ser muito altas, para evitar tensões elevadas quando da atuação dos esforços de vento. Esse parâmetro garante que a parede tenha um bom desempenho estrutural.

Tabela 03 - Relações entre a altura total e o comprimento das paredes estruturais.



O diagrama mostra uma parede estrutural representada por um retângulo dividido em sete seções horizontais. À esquerda, uma linha vertical com traços de extremidade indica a altura total, rotulada com o símbolo 'H'. À base, uma linha horizontal com traços de extremidade indica o comprimento, rotulado com o símbolo 'd'.

| Situação | Relações |
|-----------|--------------------------------|
| Ideal | $2 < H/d < 4$ |
| Aceitável | $1 < H/d < 2$ ou $4 < H/d < 5$ |
| Ruim | $H/d < 1$ ou $H/d > 5$ |

Fonte: Gallegos (1988, apud Rauber, 2005) adaptado.

2.1.5 Arranjo das paredes

O arquiteto também deve pensar no comportamento estrutural da sua concepção. Ao distribuir suas paredes na planta, ele deve ter em mente que esse arranjo escolhido deve fazer com que uma parede atue como enrijecedor e estabilizador da outra, dando maior rigidez ao edifício e potencializando sua estrutura (ROMAN, 1999 apud RAUBER, 2005). Além disso, Hendry (1981 apud ACCETTI, 1998) afirma que o arranjo também é importante para evitar um colapso progressivo, caso a estrutura venha a ser acometida de um possível dano localizado.

Rauber (2005) afirma que o arranjo de paredes que apresentam formas de L, T, C e duplo T, produzem uma maior estabilidade da estrutura, pois formarão elementos de contraventamento mais eficientes.

2.2 PROJETO ESTRUTURAL

Depois da concepção do projeto arquitetônico é dado início à produção da estrutura do prédio. Se o projeto arquitetônico obedeceu os itens relatados, o projeto estrutural será produzido com maior agilidade e demandando um menor custo executivo. A não ocorrência de mudanças no projeto arquitetônico acelera o processo de produção dos demais projetos. Quanto à economia, essa é garantida pela minimização de esforços não compatíveis com a alvenaria estrutural, evitando o reforço excessivo através do uso de armadura e graute.

2.2.1 Elaboração das plantas da 1º e 2º fiada

Com o conhecimento dos conjuntos dos blocos de cada família, da modulação utilizada e das amarrações das paredes são elaboradas as plantas de formas da primeira e segunda fiada. As outras fiadas são uma repetição dessas duas, todas as fiadas ímpares serão iguais a primeira e todas as fiadas pares iguais a segunda. A exceção fica por conta das fiadas que interceptam esquadrias, vergas e contravergas.

Como é preferível a amarração direta entre as paredes, a elaboração das fiadas deve levar em consideração esse aspecto.

A primeira fiada é realizada sobre uma malha, modulando os blocos principais sobre os eixos das alvenarias até o encontro de paredes, onde efetua-se as amarrações. Posteriormente, elabora-se a segunda fiada, partindo do mesmo ponto inicial adotado na

primeira fiada e defasando meio bloco, garantindo o travamento entre paredes e a amarração dos blocos no plano da própria alvenaria através da defasagem das juntas verticais.

No projeto, essas plantas devem possuir: as cotas dos ambientes, as quantidades de blocos empregados com suas respectivas legendas, a identificação de cada parede, a localização de portas e janelas, detalhes construtivos, detalhe das amarrações e após o cálculo, a localização dos pontos de graute.

Se o projeto arquitetônico apresenta-se totalmente modulado, há uma grande facilidade na elaboração dessas plantas. Caso não, é necessário adaptar o projeto ou ainda, fazer o uso de blocos compensadores ou de juntas verticais com comprimentos especiais (figura 09). Essa última solução pode gerar perda de produtividade na execução da obra.

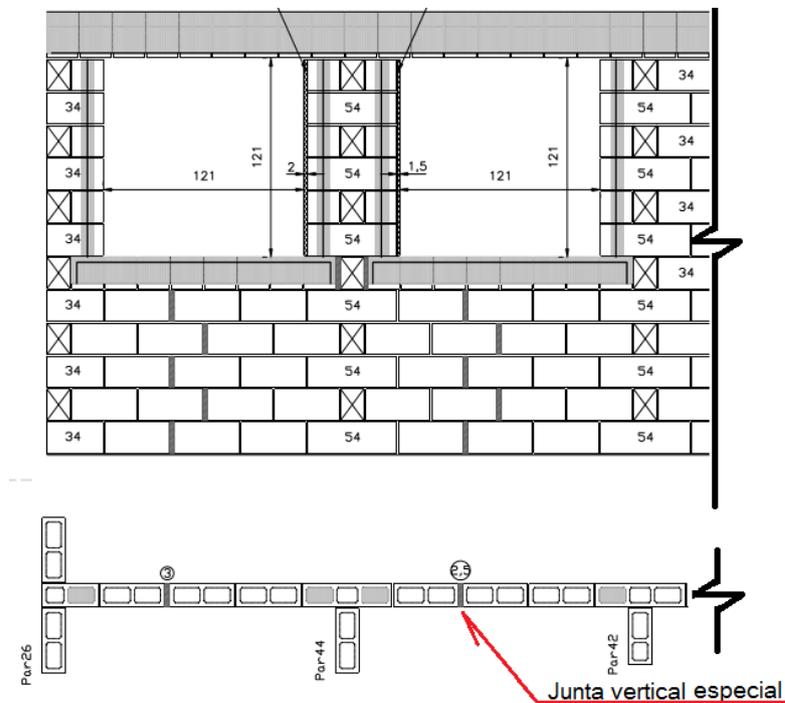


Figura 09 - Uso de juntas de assentamento especiais.

Fonte: MRV (s.d.)

2.2.2 Amarração entre paredes

A amarração das paredes pode ser feita de forma direta ou indireta. É preferível a amarração direta, visto que, há uma economia de material advindo da homogeneização dos esforços nas alvenarias, além do ganho de produtividade e da menor possibilidade de aparecimento de patologias.

A amarração direta, conforme Parsekian e Soares (2014), é quando ocorre a intercalagem dos blocos de 50% das fiadas entre uma parede e outra. Elas podem ser amarração de canto, amarração em T e amarração em X, como mostra a figura 10. Os blocos especiais de amarração (bloco e meio) servem para fazer as ligações em T e em X, porém, em algumas situações, eles são necessários fora das amarrações para evitar as juntas a prumo.

A amarração indireta é necessária quando não há esse intertravamento dos blocos e as juntas ficam a prumo, havendo necessidade de colocar grampos ou telas de aço para fazer a ligação. Isso ocorre quando a modulação não é eficiente, sendo impossível fazer o interpenetramento dos blocos. Em portas de canto com blocos compensadores é muito comum essa ligação, já que, esse bloco forma uma junta a prumo com a outra parede.

As paredes de vedação não podem ser amarradas diretamente às paredes estruturais, pois não deve haver interação entre elas. Isso acontece pois a alvenaria de vedação não pode receber os carregamentos que são repassados para as alvenarias estruturais. Desta feita, entre essas paredes também são empregadas as amarrações indiretas, como mostrada na figura 11.

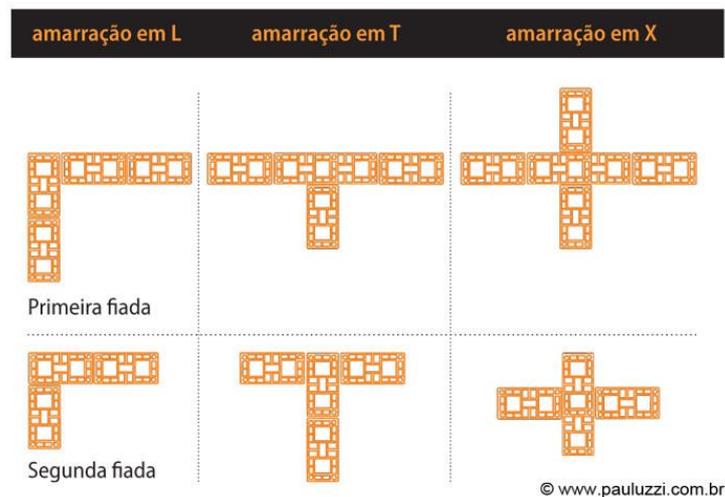


Figura 10 - Tipos de amarrações diretas entre paredes estruturais.

Fonte: Pauluzzi Blocos Cerâmicos (2012).

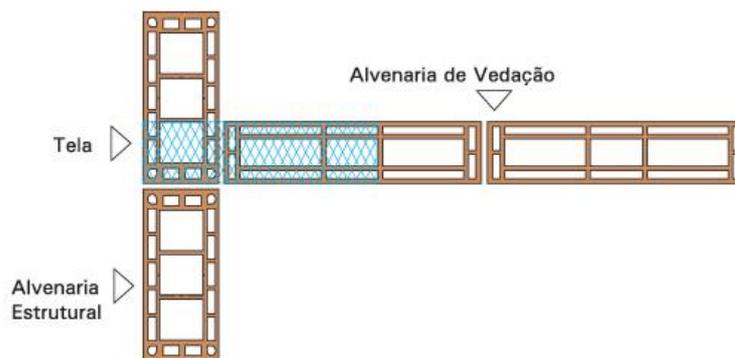


Figura 11 - Amarração indireta utilizando tela de aço.

Fonte: Selecta - Soluções em Blocos (2009).

As amarrações influenciam no processo de dimensionamento. Este processo pode ser realizado de três formas a depender da consideração das interações entre as paredes. Essas interações ocorrem pois as cargas compressivas, concentradas ou distribuídas, tendem a se espalhar ao longo da altura da parede segundo um ângulo de 45 graus, conforme expõe a NBR 15961-1/2011.

A primeira forma é não computar essa interação. De acordo com Franca (2016), se o dimensionamento for realizado sem considerar as interações entre as paredes, o cálculo fica a favor da segurança, considerando que ele seja sucedido com base na parede que suporta mais carga. Porém, é preciso dar especial atenção às fundações, já que algumas poderiam ficar subdimensionadas, pois não foram consideradas cargas provenientes de outras paredes pelo espalhamento do carregamento. Além disso, para Tauil (2010), no cálculo considerando paredes isoladas há um prejuízo econômico, pois blocos mais resistentes são também mais onerosos.

A outra forma de dimensionamento é por grupos de paredes, admitindo a interação através das amarrações diretas. Nesse método as cargas são consideradas totalmente uniformizadas em cada grupo. Estes grupos são limitados pela presença de aberturas de portas e janelas, de juntas de controle e de amarrações indiretas (FRANCA, 2016). Quando ocorre o aparecimento desses elementos, não surgem forças de interação e o espalhamento é prejudicado, não sendo possível considerar a interação. Trata-se de um método mais racional e coerente que o método por paredes isoladas, já que a NBR 15961-1/2011 afirma que deve-se considerar as interações em amarrações diretas.

Tauil (2010) ainda menciona um método mais sofisticado, que considera interações entre os grupos, ou seja, considera a existência de forças de interação, também, sobre as aberturas. Essa forma de dimensionamento só é permitida se comprovadas experimentalmente

essas interações. É recomendado que esse método seja computadorizado, por serem definidas taxas de interação entre cada grupo, tornando-o um método muito mais operoso que os anteriores. Em contrapartida, quando bem utilizado, torna-se seguro e principalmente econômico, já que tende a uniformizar as cargas.

2.2.3 Paginações

Cada parede necessitará ser paginada para complementar suas informações, visto que, na planta baixa não é possível mostrar todos os detalhes. Nas paginações deverão estar presentes os seguintes elementos: posição das aberturas com as respectivas cotas, posição das vergas, contravergas e cintas e a localização das armaduras.

Após conceber os projetos complementares, deve haver uma compatibilização entre eles, ou seja, é desejável mostrar nas elevações das alvenarias os elementos de origem desses projetos, tais como: as tubulações, os pontos de interruptores e tomadas e os quadros de distribuição presentes em cada parede.

Para que o pedreiro execute as paredes, ele deve saber em qual local passa cada tubulação, podendo assim encaixá-la devidamente e não precisar fazer rasgos que possam prejudicar a função estrutural da parede. Além disso, Richter (2007) recomenda que nos pontos que existam interruptores e tomadas, os cortes nos blocos sejam realizados antes do seu assentamento.

2.2.4 Juntas verticais e transversais

As juntas verticais devem ser sempre preenchidas no assentamento das paredes estruturais. Estas são essenciais em vários aspectos, tais como afirmam Thomaz e Helene (2000): nas resistências ao cisalhamento, ao fogo e às cargas laterais, ao desempenho acústico e na redistribuição das tensões.

Em relação às juntas transversais, há vantagens e desvantagens ao seu preenchimento. Quanto à resistência, é evidente que haverá uma redução caso não preenchidas essas juntas. A NBR 15961-1/2011 reitera que se a resistência foi estabelecida pelo ensaio de prisma ou ensaio de pequena parede, com argamassa aplicada em toda a área líquida dos blocos, a resistência à compressão da alvenaria deve ser reduzida, considerando apenas 80% da resistência estabelecida.

Os pontos positivos do não preenchimentos das juntas transversais são a facilidade da execução, determinando uma maior rapidez na elevação das paredes e, de acordo com Franca (2016), a eliminação de um elo entre os cordões de argamassa, impedindo a transferência de umidade da parte de fora para a parte interna do ambiente, no caso das paredes externas.

Cabe portanto, ao calculista, analisar os parâmetros citados de acordo com cada projeto e decidir o que se torna mais vantajoso para a execução da estrutura.

2.2.5 Juntas de dilatação

As juntas de dilatação são uma separação física da estrutura que faz com que as partes ligadas a elas atuem como elementos independentes, não causando tensão uma na outra devido às movimentações a que estão sujeitas. Elas são responsáveis por controlar efeitos de contração e de dilatação térmica, resultantes das diferentes temperaturas a que as edificações estão submetidas e também efeitos da retração do concreto.

A NBR 15961-1/2011, em seu item 10.1.4.2, especifica que devem ser previstas juntas de dilatação, no máximo, a cada 24 m da edificação em planta. Caso seja realizada uma avaliação mais precisa do comportamento térmico e da retração, esse valor pode ser alterado.

As juntas de dilatação separam toda a estrutura, incluindo lajes e vigas, visto que, essa junta está relacionada com as variações volumétricas não apenas da alvenaria, mas também do concreto.

A figura 12 apresenta a execução de uma junta de dilatação. Esta deve ser indicada no projeto, como mostra a figura 13.



Figura 12 - Execução de uma junta de dilatação.

Fonte: Pauluzzi Blocos Cerâmicos (2012).

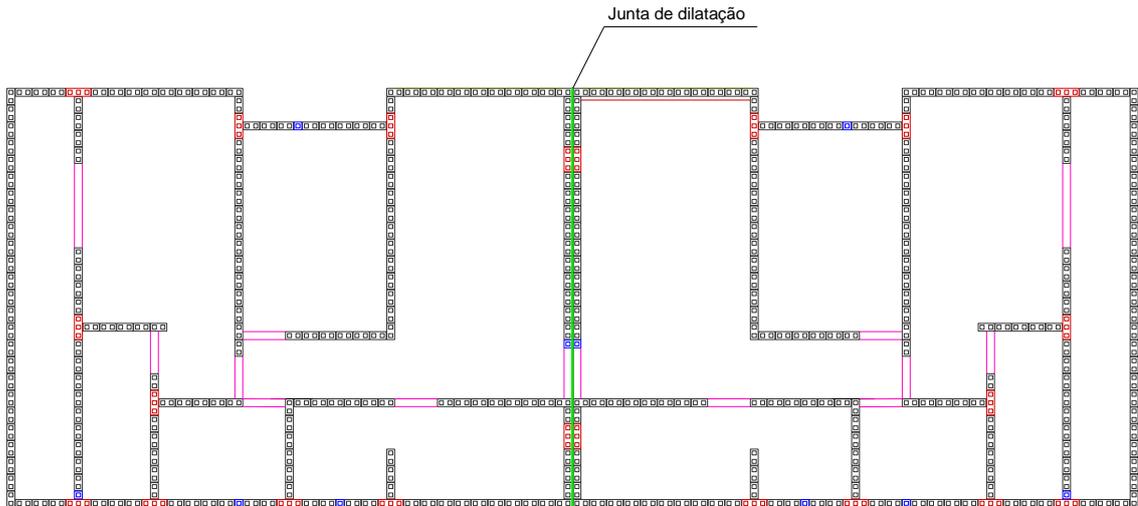


Figura 13 - Indicação da junta de dilatação no projeto estrutural.

Fonte: Autoria própria.

Para impedir a entrada de água ou de outros elementos nocivos que possam prejudicar o revestimento, as juntas devem ser preenchidas com materiais resistentes e elásticos, a exemplo dos selantes de poliuretano.

2.2.6 Juntas de controle

Ao contrário das juntas de dilatação, onde há a separação física de toda a estrutura, as juntas de controle constituem a separação apenas da alvenaria, não passando pelas estruturas de concreto, como lajes e vigas.

Os seus objetivos são controlar os efeitos das variações dimensionais advindos dos gradientes térmicos da parede, as retrações dos blocos de concreto e a expansão dos blocos cerâmicos por absorção de umidade.

As juntas de controle são recomendadas, a cada limite de comprimento da parede. Nos blocos de concreto, esses limites dependem do tipo de alvenaria, se é externa ou interna e da presença ou não de armadura horizontal (tabela 04). Nos cerâmicos, os comprimentos limites são função do tipo da alvenaria e da espessura dos blocos (tabela 05). A norma faz ainda a ressalva de que esses limites podem ser alterados caso haja inclusão de armaduras horizontais, desde que justificado tecnicamente.

Tabela 04 - Valores máximos de espaçamentos de juntas de controle em blocos de concreto.

| Localização do elemento | Limite (m) | |
|-------------------------|-----------------------------------|---|
| | Alvenaria sem armadura horizontal | Alvenaria com taxa horizontal maior ou igual a 0,04 % da altura vezes a espessura |
| Externa | 7 | 9 |
| Interna | 12 | 15 |

Obs.: os limites devem ser reduzidos em 15% caso a parede possua abertura.

Fonte: NBR 15961-1 (2011).

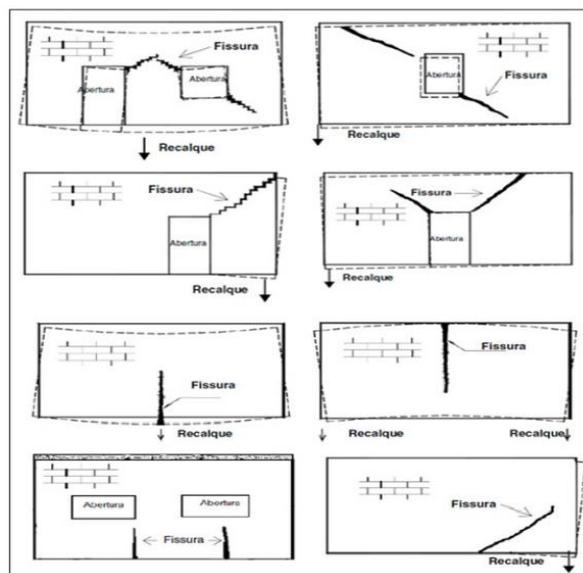
Tabela 05 - Valores máximos de espaçamentos de juntas de controle em blocos cerâmicos.

| Localização do elemento | Limite (m) | |
|-------------------------|----------------|------------------|
| | $t \geq 14$ cm | $t \geq 11,5$ cm |
| Externa | 10 | 8 |
| Interna | 12 | 10 |

Obs.: os limites devem ser reduzidos em 15% caso a parede possua abertura.

Fonte: NBR 15812-1 (2010).

Os projetistas, desde as fases iniciais de concepção, precisam estar cientes da necessidade dessas juntas, de forma a evitar a improvisação no momento de executar, trazendo dificuldade na modulação ou impondo ao projeto estrutural a utilização de armadura horizontais nas juntas de assentamento. Além disso, sua ausência torna a alvenaria mais susceptível ao surgimento de patologias relacionadas a problemas de umidade e de recalques, provocando fissuras com uma maior facilidade. A figura 14 apresenta exemplos de fissuras provocadas por problema de recalques. Estas tendem a se inclinarem para o ponto onde ocorreu o maior recalque.

**Figura 14**- Fissuras obtidas devido ao processo de recalque.

Fonte: Alexandre (2008 apud SILVA, 2013)

2.2.7 Dessolidarização da laje da cobertura

A laje do último pavimento é a que mais sofre problemas advindos de variações térmicas e por isso, merece alguns cuidados especiais.

Para evitar o surgimento de patologias pela manifestação de esforços de cisalhamento e de tração, a laje da cobertura deve ser executada de forma dessolidarizada das paredes, afim de que se garanta a sua livre movimentação. Para isso, são usados diversos materiais, como: borracha, PVC, manta asfáltica, entre outros. A figura 15 mostra as opções dessas juntas deslizantes.

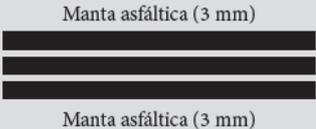
| Opção | Tipo de junta deslizante | Detalhe | Observação |
|-------|--|---|--|
| 1 | Manta + manta + manta |  <p>Manta asfáltica (3 mm)</p> <p>Manta asfáltica (3 mm)</p> <p>Manta asfáltica (3 mm)</p> | Manter o filme plástico da manta. Pode haver problema de durabilidade da manta. |
| 2 | Manta + PVC + manta |  <p>Manta asfáltica (3 mm)</p> <p>PVC</p> <p>Manta asfáltica (3 mm)</p> | Manter o filme plástico da manta na face do PVC. Pode haver problema de durabilidade da manta. |
| 3 | Fórmica + fórmica |  <p>Fórmica</p> <p>Fórmica</p> | Manter as faces de fórmica para dentro (fórmica em contato com fórmica). |
| 4 | Perfil de borracha |  | Deve-se conhecer o esforço na parede para verificar o perfil. Exemplo de fabricante: Borindus®. |
| 5 | Lona preta + PVC + lona preta + PVC + lona preta |  | |

Figura 15 - Tipos de juntas deslizantes para utilizar sobre a laje da cobertura.

Fonte: Parsekian et al. (2012).

Outra solução para os projetistas seria elevar a quantidade de armadura na cinta do último pavimento, aumentando, assim, a capacidade da cinta de absorver esforços e deformações provenientes das variações de temperatura. Ou ainda, prever uma proteção térmica sobre a laje. Parsekian et al. (2012) sugere dois tipos de proteção: a aplicação de argila expandida sobre a laje em, no mínimo, 5cm ou o assentamento de blocos de concreto celular com espessura mínima de 15 cm sobre a laje.

Caso o projetista não efetue os devidos cuidados com a laje de cobertura, o encurvamento excessivo da laje poderá acarretar esforços de cisalhamento e de tração nas alvenarias, surgindo trincas e fissuras na edificação. Estas podem assumir diversas configurações, mas a forma mais comum é no sentido horizontal e, nas paredes transversais, inclinadas em direção à laje do teto, como mostra a figura 16 (SAMPAIO, 2010).

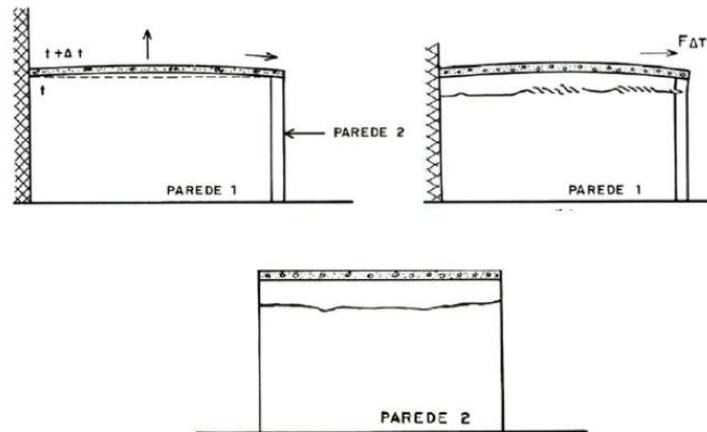


Figura 16- Fissuras provocadas pela movimentação térmica da laje de cobertura.

Fonte: Thomaz (2001 apud SAMPAIO, 2010)

2.2.8 Elementos de reforço

Nas paginações é necessária a presença de alguns elementos de reforço, que evitarão a formação de fissuras e garantirão um bom desempenho da parede. O principal objetivo desses elementos é distribuir as cargas de forma homogênea.

As vergas e contravergas se localizam em uma fiada acima da abertura e uma abaixo, respectivamente. Elas evitarão o surgimento de fissuras (figura 17) no canto das portas e janelas, visto que, a medida em que a carga encontra uma abertura, ela tende a migrar para os cantos, concentrando tensão nesses pontos. Assim, esses dois elementos são executados ultrapassando, no mínimo, em 30 cm cada lado do vão. Vergas e contravergas podem ser construídas de blocos canaletas concretados ou com elementos de concreto pré-moldados.



Figura 17- Fissuras no canto de janelas.

Fonte: Sampaio (2010)

As armaduras das vergas, segundo Parsekian et al. (2012), devem ser sempre calculadas. Já as armaduras das contravergas são construtivas, sendo recomendando uma ferragem de 1 Ø 10 mm ou 2 Ø 8 mm, ou ainda a utilização de armação treliçada, que possui uma boa eficiência ao combate do cortante. É fundamental posicionar corretamente essas ferragens: nas vergas elas devem se localizar na sua parte inferior e nas contravergas na parte superior.

As cintas são elementos que se apoiam sobre as paredes e terão dois objetivos: amarrar as alvenarias, tornando-as um só elemento, garantindo maior estabilidade da estrutura e distribuir uniformemente as tensões. As cintas também são responsáveis por absorver deformações provenientes de dilatações térmicas da laje. Nas paredes internas, adota-se a canaleta U baixa ou compensadora para fazer o cintamento. Já nas paredes externas, adota-se a canaleta J. As cintas devem ser dotadas de armaduras construtivas, com ferragem sugerida de 1 Ø 10 mm.

Os coxins são estruturas, geralmente de concreto simples, que devem ser previstas quando há cargas concentradas nas paredes. Esses elementos vão evitar o aparecimento de fissuras (figura 18) e o esmagamento das alvenarias causadas por essas cargas. A altura dos coxins deve ter valor igual ou maior que a altura da viga que nele se apoia. Além disso, o seu comprimento deve garantir tensões normais inferiores às tensões admitidas (KALIL, s.d.).

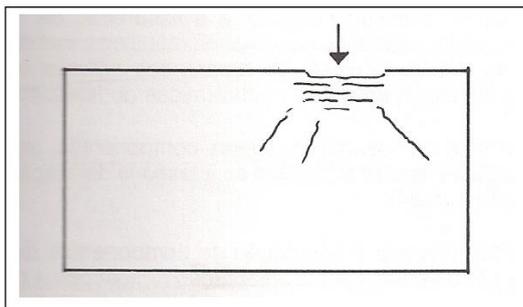


Figura 18- Fissuras provocadas por cargas concentradas.

Fonte: Valle (2008)

2.2.9 Armaduras verticais e pontos de graute

Parsekian et al. (2012) afirmam que em todos os cantos externos do edifício, inclusive nas reentrâncias, necessitam de uma armadura vertical construtiva. Recomenda-se uma barra de 10 mm para cada canto. Para solidarizar essas armaduras às alvenarias é necessário realizar o grauteamento desses pontos. A adoção de pontos armados grauteados nos cantos das paredes auxiliam no combate ao colapso progressivo.

Os pontos de graute também são necessários quando, no cálculo estrutural de cada parede, a tensão no bloco for maior que a sua tensão admissível sem o grauteamento. Isso ocorre porque ao dimensionar, padronizamos o bloco a ser empregado. Com isso, não seria economicamente viável se utilizássemos a parede mais solicitada para determinar o bloco a ser adotado. Assim, para atingir a sua resistência especificada, as paredes mais solicitadas, como aquelas que recebem as cargas do reservatório, apresentarão determinados furos preenchidos com graute.

As armaduras verticais e os pontos de graute também estarão presentes para combater possíveis esforços de tração, ocasionados pela ação do vento (PARSEKIAN et al, 2012). Outra situação em que se aplicam esses elementos, ocorre quando as portas estão no canto das paredes e a verga só pode transpassar 15 cm de um lado, quando o recomendado é 30 cm. Então, para reforçar o ponto de apoio, grautea-se o encontro das paredes. Essa situação é demonstrada na figura 19.

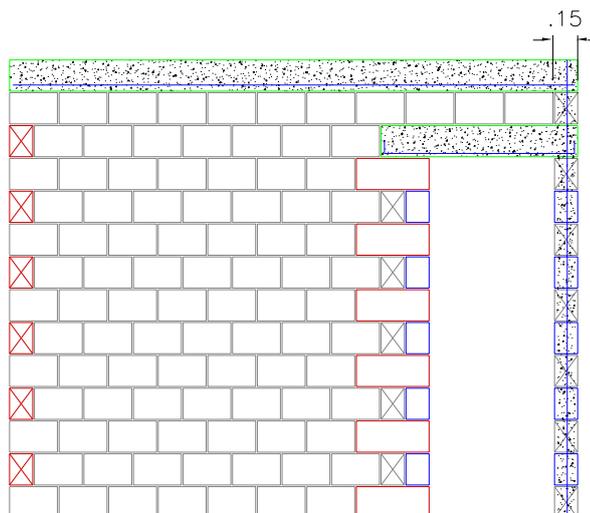


Figura 19 - Ponto de graute para reforçar o apoio da verga.

Fonte: Autoria própria.

Em outros locais, o preenchimento com graute também pode ser recomendado. Muitos projetistas, por exemplo, colocam pontos de graute próximo as aberturas, pelo fato dessas regiões apresentarem altos pontos de concentração de tensão. Já outros, adotam esses pontos em paredes com comprimentos elevados ou em paredes isoladas, sem travamento lateral.

A norma não define nenhum critério sobre onde estabelecer os pontos de graute, ela só afirma que o grauteamento dos furos aumenta a capacidade resistente das paredes. Assim, cabe ao projetista estrutural definir onde esses pontos são necessários ao dimensionar a estrutura.

2.2.10 Escadas

As escadas podem ser pré-moldadas ou moldadas no local. Figueró (2009) apresenta três tipos de escadas para esse sistema construtivo, discorrendo sobre suas vantagens e desvantagens.

As pré-moldadas podem ser maciças ou do tipo “jacaré”. As pré-moldadas maciças (figura 20) são escadas pesadas de lances únicos que para sua instalação e transporte é necessário o investimento em equipamento de içamento. Porém, há a vantagem de ser um sistema com extrema rapidez na execução.

As escadas do tipo “jacaré” (figura 21) podem ser uma ótima alternativa para a alvenaria estrutural, pois há uma grande facilidade de execução. Contudo, só podem ser adotadas quando da existência de paredes centrais entre os lances para servir de apoio. São

formadas por vigas dentadas, degraus, espelhos e patamares pré-moldados. As vigas dentadas são fixadas nas alvenarias por chumbadores, que devem ser reforçadas com pontos de graute, como mostrado na figura 22.

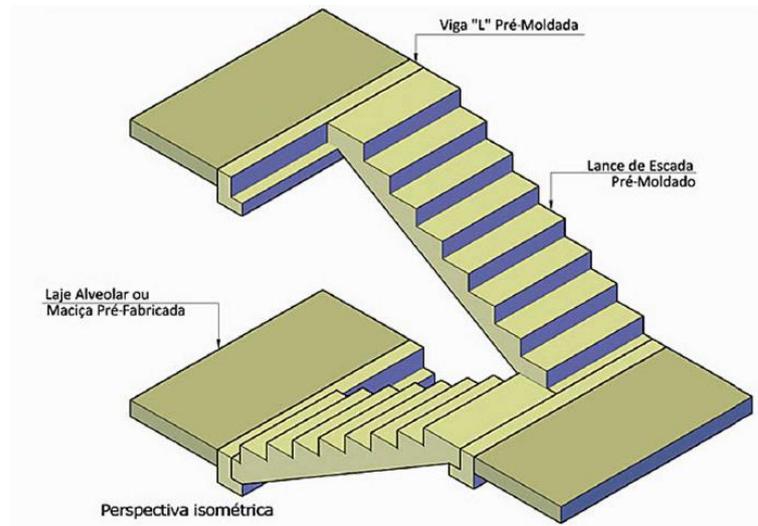


Figura 20 - Escada pré-moldada maciça.

Fonte: Tauil (2010).



Figura 21 - Escada tipo “jacaré”.

Fonte: Autoria própria.

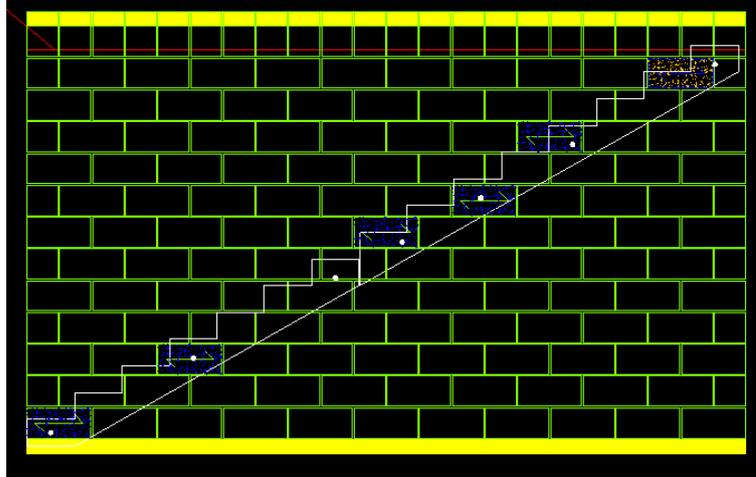


Figura 22 - Reforço com graute para fixação do chumbador.

Fonte: Franca (2016).

As escadas moldadas no local não necessitam de equipamentos especiais, mas, por outro lado, a execução é lenta e pouco produtiva, pois existe a necessidade da utilização de formas e escoramentos.

Vale salientar que, para a fixação do patamar intermediário das escadas nas alvenarias, é necessário prever uma cinta intermediária nas paredes.

Franca (2016) ainda cita as escadas formadas por lajes com nervuras treliçadas. Esta é recomendada em razão da presença de elementos com peso reduzido e pela sua facilidade na execução. Porém, apresentam o inconveniente na conformação dos degraus, o que pode demandar um certo trabalho. Um exemplo desse tipo de escada é apresentado na figura 23.



Figura 23 - Escada pré-moldada treliçada.

Fonte: Autoria própria.

2.3 PROJETOS COMPLEMENTARES

A forma de execução das instalações prediais é o fator diferencial de cada sistema construtivo (ANJOS, 2012).

Ao contrário das estruturas convencionais de concreto armado, cujas prumadas são inseridas executando cortes nas paredes de vedação, as instalações elétricas em alvenaria estrutural são executadas concomitantemente à construção das alvenarias, por meio da passagem vertical dos eletrodutos pelos furos dos blocos. Porém, a realização do projeto elétrico pouco difere do que é feito em concreto armado.

A diferença é apenas no encaminhamento horizontal das tubulações, já que a NBR 15812-1/2010 proíbe rasgos horizontais superiores a 40 cm em paredes estruturais, por diminuir a capacidade resistente da estrutura. Enquanto no concreto armado as tubulações podem ser encaminhadas horizontalmente por rasgos nas próprias paredes, na alvenaria estrutural essas só podem caminhar pela laje ou pelo espaço entre a laje e o forro. Ao chegar no alinhamento do seu ponto elétrico, a tubulação sobe ou desce para o respectivo ponto, evitando quebra de blocos e os rasgos nas paredes.

Os cortes realizados para instalação de caixas de passagens para interruptores e tomadas não atingem o limite normativo de 40 cm, podendo ser executados sem prejuízo da capacidade resistente da parede.

Já o projeto hidrossanitário requer mais habilidade do projetista, visto que, a NBR 15961-1/2011 afirma que não é permitido a passagem de condutores de fluidos nas paredes estruturais. O motivo dessa proibição é a necessidade de corte dessas paredes para possíveis manutenções ao aparecimento de vazamentos.

Assim, esse tópico será majoritariamente dedicado aos projetos hidrossanitários, com a apresentação de alternativas que solucionem esse impasse.

Os *shafts* são estruturas ideais para a passagem das tubulações hidrossanitárias e também para passagens de tubulações elétricas de grandes diâmetros.

Na concepção do projeto arquitetônico, é essencial enquadrar *shafts* em planta, procurando reduzir sua quantidade através do agrupamento ao máximo das instalações hidrossanitárias. Os *shafts* facilitarão bastante a execução das instalações prediais e solucionarão os problemas das passagens das tubulações que transportam fluido. Esses elementos podem se sobressair das paredes (boneca) (figura 24) ou ter a espessura destas (figura 25). No primeiro caso, o inconveniente seria a perda de espaço. Já no segundo, o calculista teria

que prever no seu cálculo essas aberturas, as quais devem apresentar dimensões compatíveis com a modulação.



Figura 24 - *Shaft* sobressaindo da parede.

Fonte: Omnia (2002).



Figura 25 - *Shaft* com a mesma espessura da parede.

Fonte: Autoria própria.

Outra alternativa é o estabelecimento pelo engenheiro calculista de paredes não estruturais. Geralmente, essas paredes são previstas em banheiros, áreas de serviço e cozinhas, por serem áreas molhadas. No cálculo, essas paredes são consideradas de vedação, assim, se houver necessidade de manutenção, podem ser rasgadas sem problemas para a estrutura.

As paredes não-estruturais podem ser executadas com blocos hidráulicos pertencentes a cada família de blocos, com as respectivas dimensões modulares. Estes possuem aberturas para passagem das tubulações, evitando a quebra de blocos (ACCETTI, 1998). A figura 26 apresenta um exemplo desses blocos pertencentes a família 29.

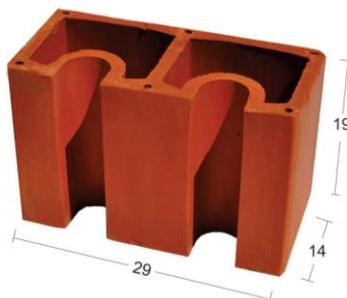


Figura 26 - Bloco hidráulico da família 29.

Fonte: Cerâmica 6 (s.d.).

Convém ressaltar que a racionalidade do processo é comprometida com a inserção de paredes não portantes, pois o processo construtivo dessas paredes e das estruturais são diferentes. Desse modo o tempo de execução fica prejudicado (ACCETTI, 1998). Ademais, existe a impossibilidade de se executar amarrações diretas com as paredes estruturais, tornando-se obrigado o uso de grampos ou telas de aço para realizar a ligação.

Apesar desse inconveniente, a utilização de paredes não estruturais é importante tanto para os projetos hidrossanitários, como também para execução de possíveis reformas. O engenheiro deve ter a sensibilidade de conceber paredes não portantes em ambientes passíveis de mudanças, para o cliente ter uma maior flexibilidade no *layout* arquitetônico.

Segundo Accetti (1998), só não deve exagerar na quantidade das paredes de vedação, pois isso pode afetar o sistema estrutural por sobrecarregar as paredes resistentes e também por reduzir as possíveis trajetórias de força, contribuindo para o colapso progressivo.

Os projetos hidráulicos são concebidos da seguinte forma: as subidas das prumadas principais são realizadas pelos *shafts*, o encaminhamento horizontal é feito pelo espaço entre a laje do teto e o forro, chegando em cada ponto de utilização, onde deverão subir pelas paredes hidráulicas. Conforme Richter (2007), existem alternativas ao uso dessas paredes hidráulicas, como a adoção de tubulações aparentes rentes às alvenarias, com o fechamento ou não de painéis removíveis (figura 27).

A figura 28 mostra um exemplo do encaminhamento das tubulações hidrossanitárias, com a adoção do *shaft* sobressaindo na parede e optando-se pela passagem das tubulações rentes as alvenarias.



Figura 27 - Tubulação de esgoto coberta por um painel removível.

Fonte: Omnia (2002).



Figura 28 - Concepção de um sistema hidrossanitário em alvenaria estrutural.

Fonte: Mercado Construção (2016)

Ainda, de acordo com Franca (2016), admite-se embutir essas tubulações nas paredes, desde que esses trechos sejam considerados como aberturas no cálculo da estrutura. E o sistema construtivo desses locais pode se manter o mesmo, utilizando os blocos estruturais,

porém para efeito de cálculo esses trechos não foram considerados estruturais, podendo rasgá-los para uma eventual manutenção.

Uma outra solução seria posicionar o *shaft* na parede atrás do chuveiro, visto que, sua tubulação é a mais delicada por ocupar grande amplitude vertical da alvenaria.

A compatibilização dos projetos é mais uma vez evidenciada, em razão do engenheiro calculista precisar da concepção do projeto hidrossanitário para realizar o dimensionamento, pois é preciso inserir todas as aberturas previstas.

3. CONCEPÇÃO DE UM PROJETO

O projeto utilizado é de autoria arquitetônica de Matheus Napy de Mello Lula e de autoria estrutural de Marcelo Pessoa de Aquino Franca com a colaboração do autor. Ambos os projetos obtiveram algumas modificações para atender os propósitos do trabalho.

O projeto arquitetônico apresenta um edifício de três pisos (térreo mais 2 pavimentos tipos), com dois apartamentos por andar, totalizando seis apartamentos.

Na figura 29 é mostrada a planta baixa e a figura 30 apresenta um corte longitudinal do edifício.

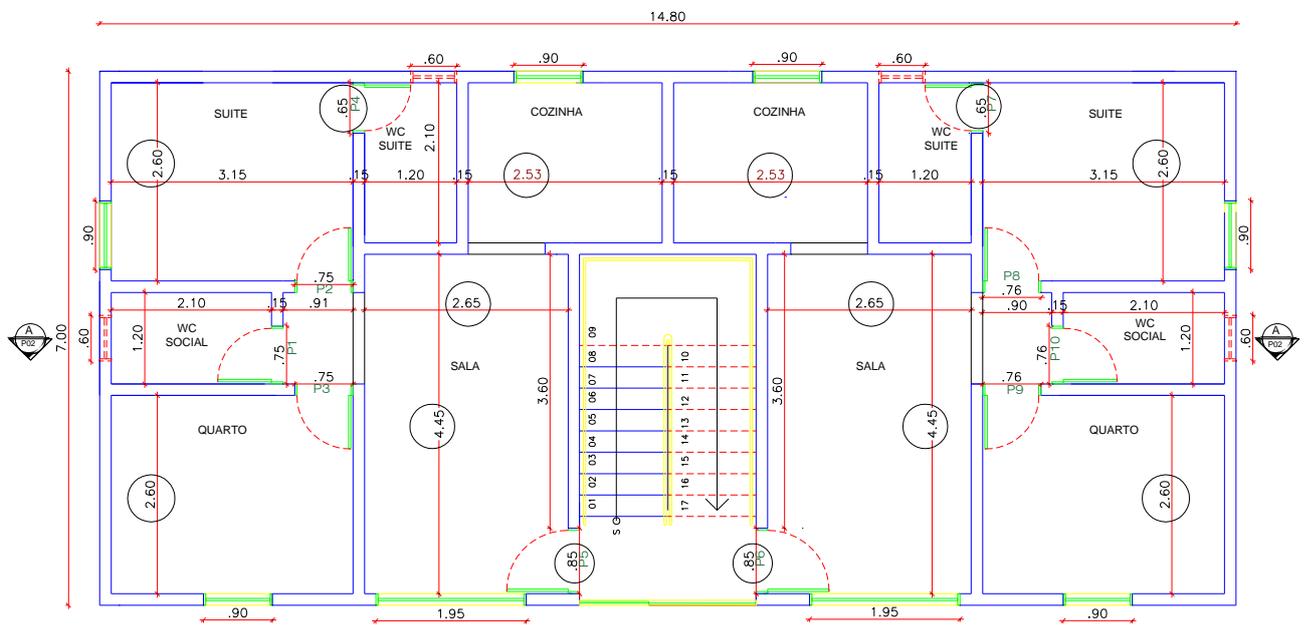


Figura 29 - Planta baixa do projeto arquitetônico.

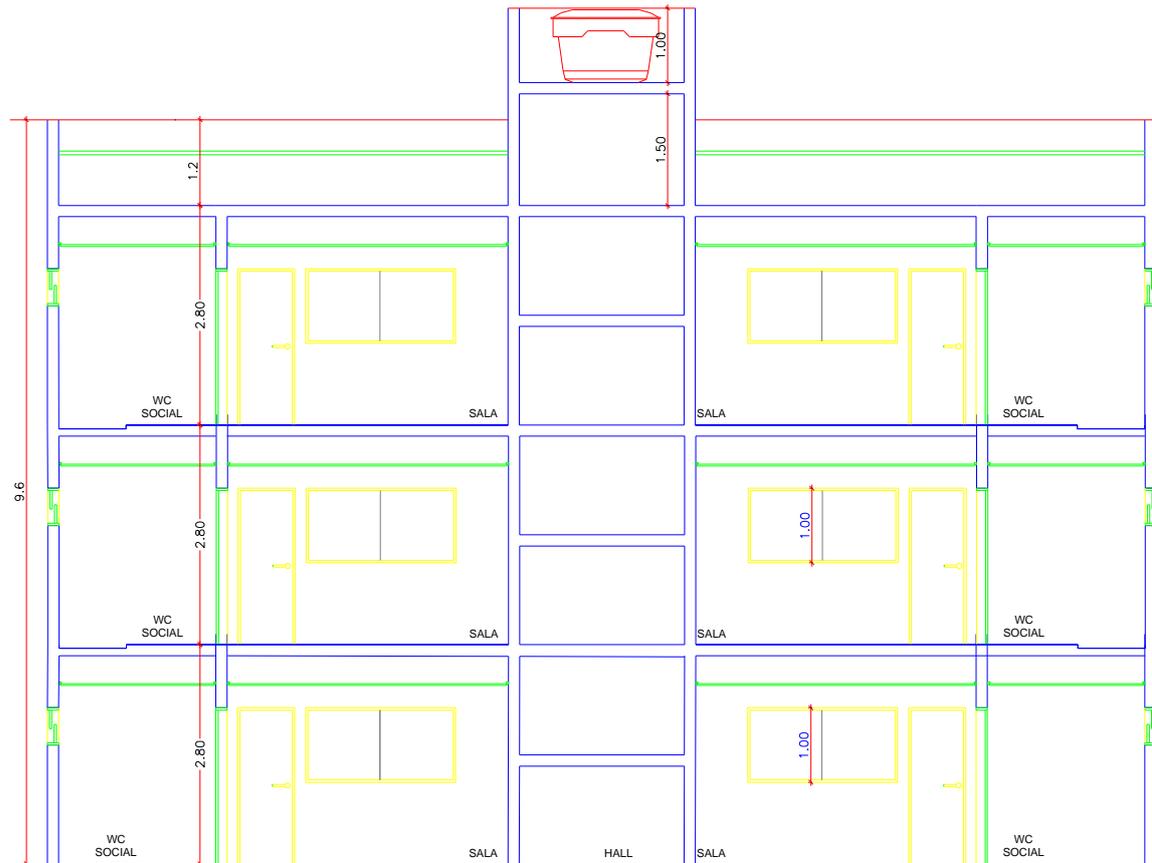


Figura 30 - Corte longitudinal do projeto arquitetônico.

3.1 DEFINIÇÃO DA FAMÍLIA DE BLOCOS

A família de blocos utilizada foi a de blocos cerâmicos 14 x 19 x 29 (figura 31).

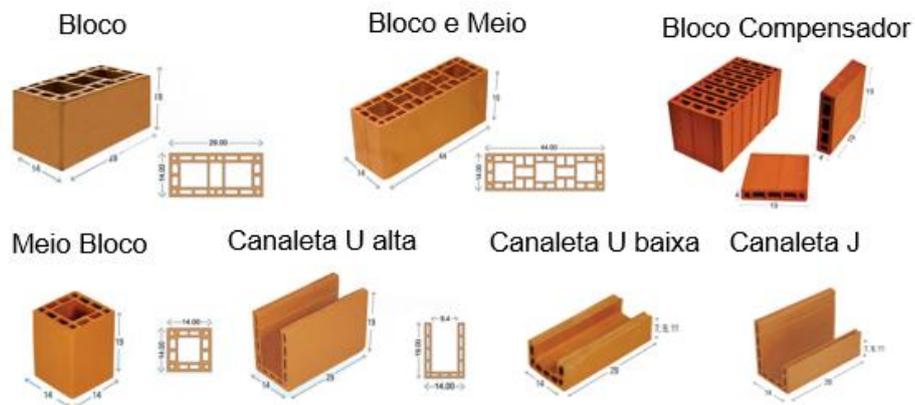


Figura 31 – Blocos pertencentes à família 14 x 19 x 29.

Tabela 06 – Características dos blocos pertencentes à família 14 x 19 x 29.

| Bloco | Largura (cm) | Altura (cm) | Comprimento (cm) |
|----------------------------------|---------------------|--------------------|-------------------------|
| Bloco principal | 14 | 19 | 29 |
| Meio bloco | 14 | 19 | 14 |
| Bloco e meio | 14 | 19 | 44 |
| Bloco compensador | 14 | 19 | 4 |
| Canaleta U alta | 14 | 19 | 29 |
| Canaleta U baixa ou compensadora | 14 | 7, 9 ou 11 | 29 |
| Canaleta J | 14 | 7, 9 ou 11 e 19 | 29 |

Fonte: Autoria própria.

O bloco principal é o mais usado no projeto. O meio bloco é necessário para defasar as juntas de assentamento, sendo fundamental na modulação. O bloco e meio é uma unidade de amarração, porém pode ser inserido fora desses locais para evitar possíveis juntas a prumo.

O bloco canaleta U alta será utilizado na construção de vergas e contravergas. O bloco canaleta U baixa e o canaleta J são empregados para execução das cintas. Os compensadores servirão para ajustar possíveis dimensões que fogem da modulação de 15cm.

3.2 MODULAÇÃO

Conforme a tabela apresentada no tópico 2.1.1, reproduzimos o módulo horizontal e o módulo vertical utilizado no projeto (tabela 07). Baseado no módulo horizontal é dado início à modulação em planta.

Tabela 07 – Módulo horizontal e vertical da família adotada.

| BLOCO | DIMENSÕES DO BLOCO (cm) (L x A x C) | DIMENSÕES DO MÓDULO (CM) | MÓDULO HORIZONTAL (cm) | MÓDULO VERTICAL (cm) | MALHA EM PLANTA |
|-----------------|--|---------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|------------------------|
| CERÂMICO | 14 x 19 x 29 | 15 x 20 x 30 | 15 | 20 | 15 x 15 |
| | 14 x 19 x 39 | 15 x 20 x 40 | 20 | 20 | 20 x 20 |
| | 19 x 19 x 39 | 20 x 20 x 40 | 20 | 20 | 20 x 20 |
| | 11,5 x 19 x 39 | 12,5 x 20 x 40 | 20 | 20 | 20 x 20 |

Ao observar a planta baixa, nota-se que algumas dimensões não são múltiplas de 15 cm (cotas circuladas na planta baixa). Sendo assim, é preciso prever alguma solução. Inicialmente, pode-se pensar em adaptar todo o projeto arquitetônico, o que seria ideal. Porém, muitas vezes, isso não é possível, sendo necessário trabalhar com os blocos compensadores.

Nesse projeto, a única medida ajustada foi a cota, que se encontra em vermelho na planta baixa, visto que tal medida não é ajustável nem com blocos compensadores, sendo necessário adaptar o projeto arquitetônico. As demais dimensões foram corrigidas com os blocos compensadores, como veremos mais adiante.

A dimensão do pé esquerdo do prédio é de 280 cm, um valor múltiplo de 20, atendendo a modulação vertical.

A laje empregada foi a laje treliçada de altura 12 cm, valor que atende a modulação utilizando o bloco canaleta U baixa de altura 7 cm e o bloco canaleta J de altura menor 7cm e altura maior 12 cm, como ser visto na figura 32.

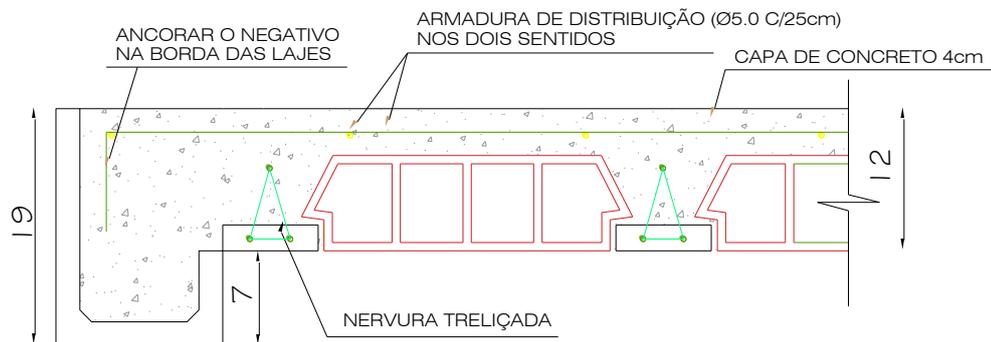


Figura 32 – Detalhe da canaleta J solidarizada à laje.

Em relação à modulação das esquadrias, a grande maioria está com valores múltiplos de 15 cm, exceto P4 e P5 (P6 e P7). Nesses casos, a modulação foi corrigida com inserção de blocos compensadores no decorrer da parede.

Nas portas de canto P1, P2 e P3 (P8, P9 e P10) foram adotadas portas com vão livre de 71 cm. Desse modo, para ajustar a modulação, foram empregados blocos compensadores de 4 cm que, além de cumprir essa função, fizeram o papel das “bonecas”. Esses ajustes serão apresentados posteriormente.

3.3 GEOMETRIA DO EDIFÍCIO

A partir da planta baixa e do corte, obteve-se as dimensões do edifício. Este apresenta comprimento de 14,8 m, largura de 7 m e altura de 9,6 m. Obtidas as relações abaixo, classificamos o projeto como mostra a tabela 08.

$$C / L = 14,8 / 7 = \mathbf{2,11}$$

$$H / L = 9,6 / 7 = \mathbf{1,37}$$

Tabela 08 – Classificação do projeto relacionando as dimensões da edificação.

| SITUAÇÃO | C / L | H / L |
|------------------|-------------|----------|
| IDEAL | ≈ 1 | ≤ 1 |
| ACEITÁVEL | ≤ 4 | ≤ 3 |
| RUIM | > 4 | > 3 |

Os parâmetros desse edifício se enquadram em uma situação aceitável, o que significa que o projeto apresenta uma volumetria adequada para execução em alvenaria estrutural.

3.4 SIMETRIA

A planta baixa possui um formato retangular e com distribuição simétrica das paredes em relação a um dos eixos (figura 33). Na direção “y”, a resultante do ponto de aplicação da carga de vento tende a coincidir com o centro de torção da edificação, o que ameniza o aparecimento dos esforços de torção. Assim, a torção da torre se restringe ao momento gerado pela excentricidade mínima da carga de vento, prescritas na NBR 6123/1988. Já com o vento agindo na direção x, o centro de torção não coincide com o ponto de aplicação da carga de vento, devido a não distribuição das paredes de forma simétrica, gerando um aumento do momento torsor.

O ideal seria apresentar uma planta quadrada e com distribuição das paredes simétricas em relação aos dois eixos. Todavia, essa concepção tornou-se adequada por não apresentar uma assimetria acentuada e pelo fato da edificação apresentar uma pequena altura.

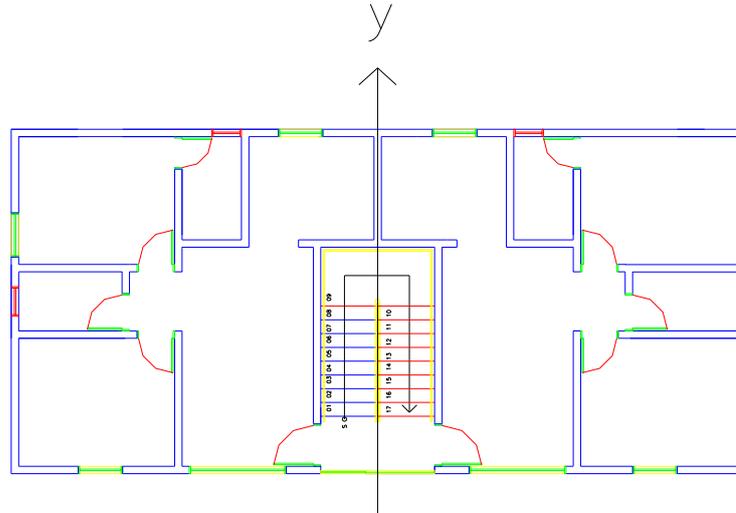


Figura 33 – Eixo de simetria.

3.5 ASPECTOS DA ALVENARIA

A área de um pavimento da edificação é de 103,6 m². Multiplicando esse valor pela quantidade de pavimentos e pelo parâmetro recomendado no tópico 2.1.4, se estabelece um comprimento mínimo de parede estrutural em cada direção.

$$\left(\frac{4,2}{100}\right) * 103,6 * 3 = 13 \text{ m}$$

Contabilizando a quantidade de metros lineares em cada direção, se obteve os valores da tabela 09.

Tabela 09 – Comprimento total de paredes em cada direção.

| Direção | Metros lineares de parede | Situação |
|----------------|----------------------------------|-----------------|
| Horizontal | 52 m | Aceitável |
| Vertical | 45 m | Aceitável |

Como a quantidade de metros lineares é bem superior a 13 m, em ambas as direções o edifício possui paredes suficientes para absorver as cargas verticais e as laterais em qualquer uma delas.

3.6 PLANTAS DA 1ª E 2ª FIADA

A primeira fiada é lançada com base na metodologia descrita no tópico 2.2.1. Como a planta é simétrica em relação ao eixo y, traçou-se metade da planta e espelhou o outro lado. A figura 34 e 35 mostra a primeira e segunda fiada do pavimento tipo, respectivamente, com os devidos itens fundamentais, tais como: cotas dos ambientes, numeração das paredes e a localização das aberturas.

Percebe-se o uso de blocos compensadores para ajustar a modulação em algumas paredes e o emprego do bloco e meio fora das amarrações.

Nessas plantas também devem ser mostrados os blocos que necessitam de pontos de graute, sejam por motivos de tensão excessiva, sejam por motivos construtivos.

Ademais, devem ser indicados os locais onde será necessário o uso de telas para fazer amarrações indiretas.

3.7 AMARRAÇÕES

O projeto estrutural foi todo concebido para utilizar apenas as amarrações diretas, exceto em portas de canto, onde foi preciso inserir telas de aço para fazer a ligação dos blocos compensadores com as paredes (figura 36). As amarrações diretas empregadas nesse projeto foram as amarrações em T e em L (figura 37).

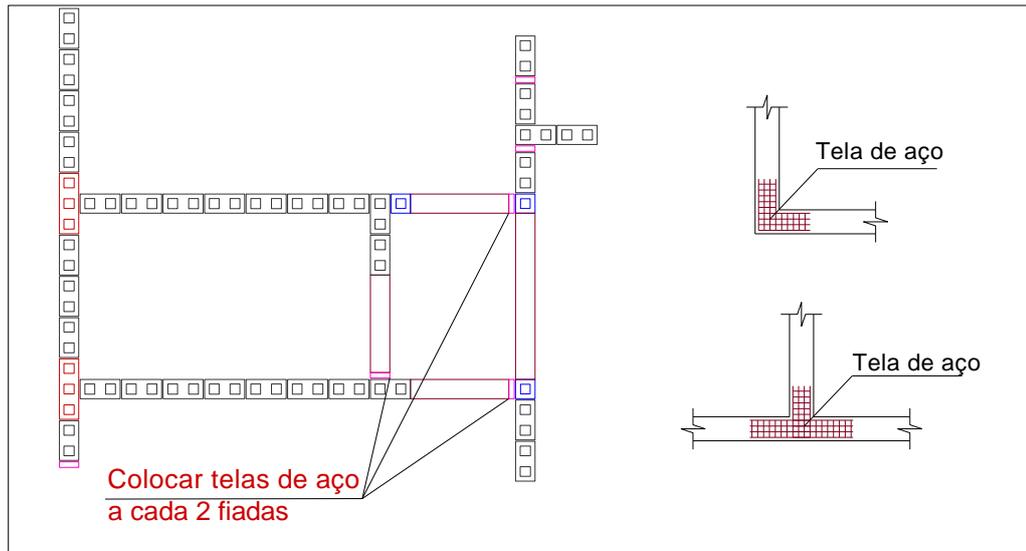


Figura 36 – Detalhe das amarrações indiretas utilizada nas portas de canto.

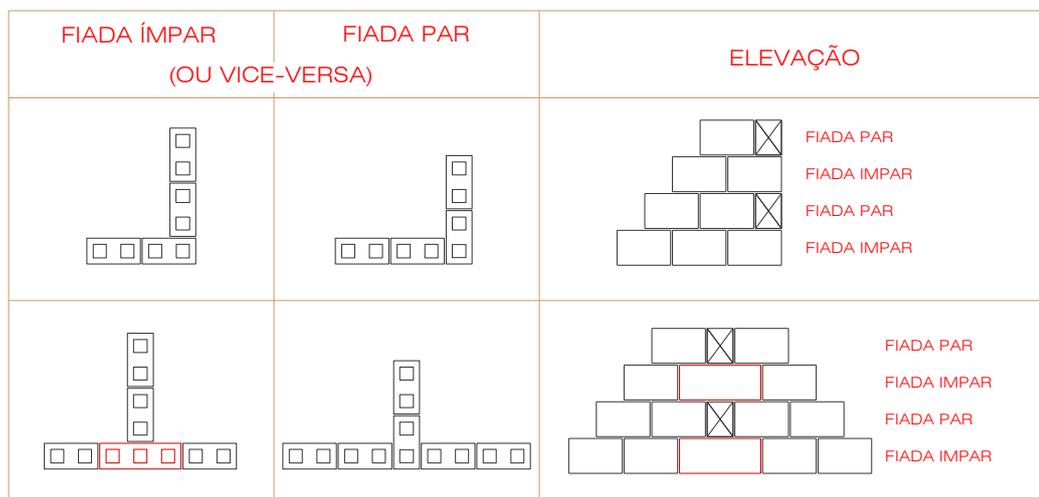


Figura 37 – Amarrações diretas empregadas no projeto.

Supondo que o dimensionamento será executado levando em consideração as interações das paredes com amarrações diretas, há o agrupamento das paredes com limitações nas ligações indiretas e nas aberturas. Apesar do objetivo do trabalho não ser o

dimensionamento da estrutura, mas sim toda a concepção projetual, na figura 38 é mostrado como se comportaria as divisões desses grupos de alvenaria para um posterior cálculo estrutural considerando as cargas verticais.

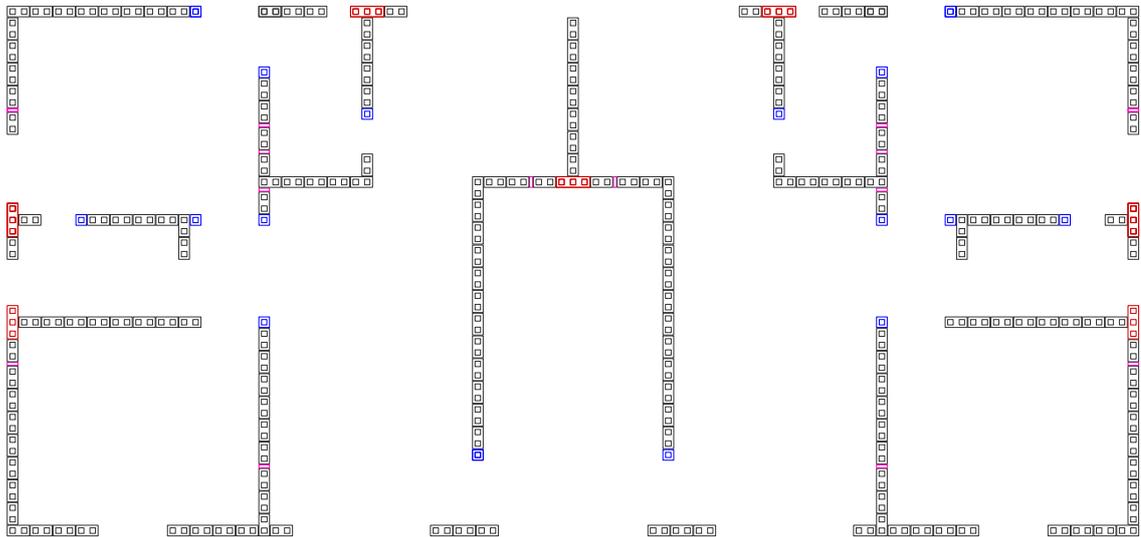


Figura 38 – Formação de grupos considerando interações entre as paredes com amarração direta.

3.8 PAGINAÇÕES

As paginações são detalhes do projeto estrutural que objetivam minimizar erros na execução das alvenarias. As posições das aberturas devem estar presentes com as respectivas cotas. Os elementos de reforço citados no tópico 2.2.8 também devem ser mostrados com suas devidas armaduras construtivas. Ademais, os pontos de graute e as armaduras verticais, previstos no dimensionamento, devem estar presentes nas elevações.

Na figura 39, são apresentadas as paginações de algumas paredes. Convém ressaltar que, quando da concepção dos projetos complementares, os pontos e as tubulações desses projetos devem ser compatibilizados e apresentados na elevação da parede a qual faz parte.

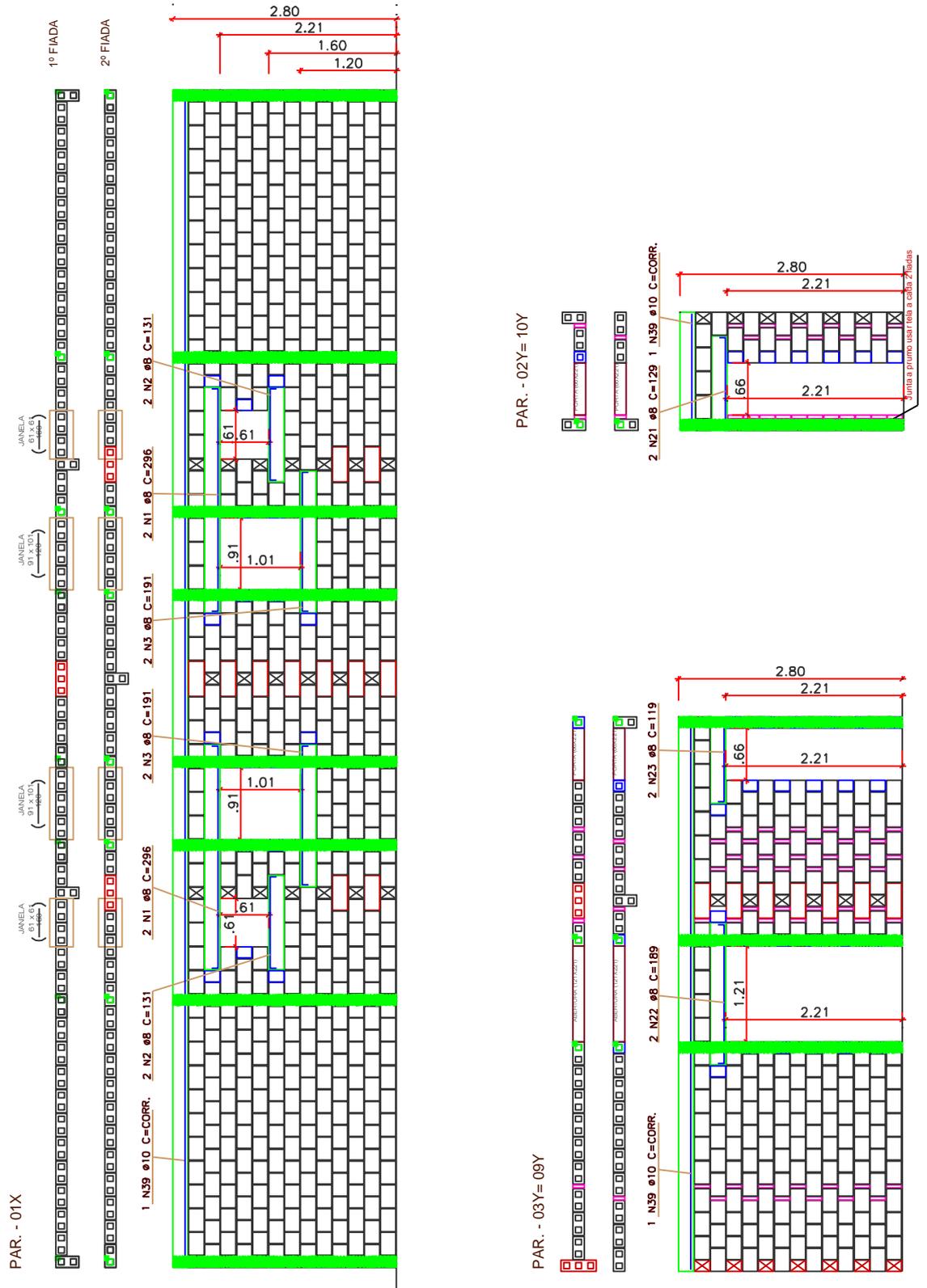


Figura 39 – Paginações.

3.9 JUNTAS DE DILATAÇÃO E DE CONTROLE

Como no edifício não há nenhuma dimensão maior que 24 metros, não houve necessidade do uso de juntas de dilatação.

Quanto às juntas de controle, foi necessária sua utilização na parede PAR-07X e na PAR-01X, já que estas possuem um painel de alvenaria, em um único plano, com comprimento superior ao limitado pela norma. Por ser uma parede externa em blocos cerâmicos e apresentar aberturas (redução de 15% do valor tabelado), o seu limite é de 8,5 metros de comprimento, para não precisar dispor de uma junta de controle, como observado na tabela 05. Por apresentar um comprimento de quase 15 m, será preciso prever uma junta de controle nesse painel de alvenaria.

A figura 40 mostra o posicionamento da junta de controle em elevação. A posição dessa junta deve ser tal que os comprimentos dos painéis de alvenaria formados não ultrapassem 8,5 metros. A espessura mínima das juntas de controle, de acordo com a NBR 15812-1/2010, é de 0,13 % do espaçamento das juntas. Recomenda-se adotar uma espessura de 10 mm, mantendo a modulação.

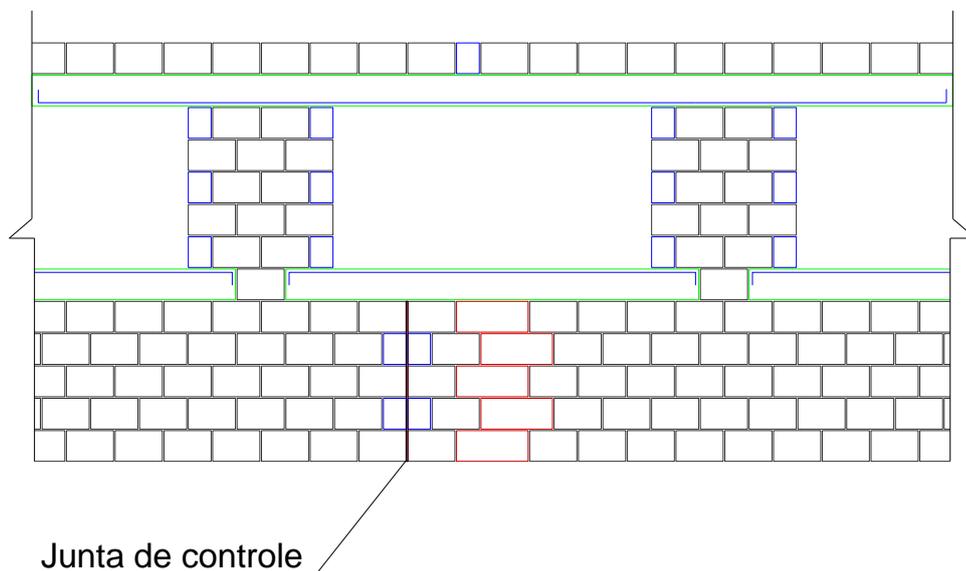


Figura 40 – Representação da junta de controle na paginação da PAR-07X.

3.10 JUNTAS TRANSVERSAIS E JUNTAS DE DESSOLIDARIZAÇÃO

Como foi exposto no tópico 2.2.4, o preenchimento ou não das juntas transversais influenciam no dimensionamento, já que se essas juntas não forem preenchidas, deve-se reduzir

em 80% a resistência da parede. O projetista estrutural deve especificar em seu projeto o critério adotado para o cálculo, pois o procedimento executivo está interligado ao dimensionamento.

O detalhe das juntas de dessolidarização também deve estar presente em planta. Para esse projeto, a primeira opção da figura 15 foi adotada: três camadas de manta asfáltica com espessuras de 3mm. Além disso, para garantir que a cinta absorva de forma mais eficiente os efeitos térmicos, foi empregado mais um ferro de 10 mm na cinta do último pavimento de todas as paredes. Essa junta é detalhada na figura 41.

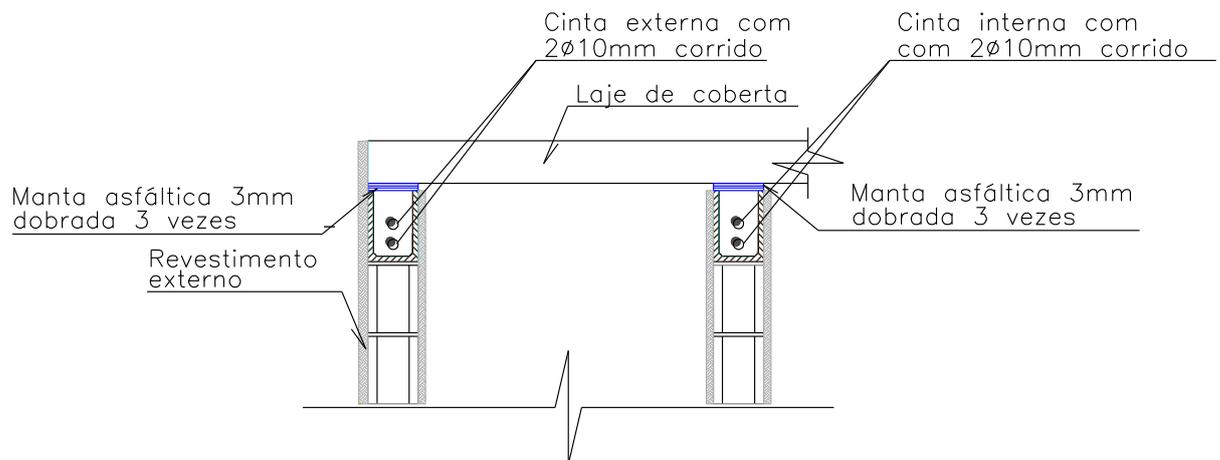


Figura 41 – Detalhe das juntas de dessolidarização.

3.11 ESCADA

A escada adotada foi a pré-moldada com nervuras treliçadas, visto que a escada do tipo jacaré não seria possível, pois o projeto arquitetônico não estabeleceu uma parede central para servir de apoio para escada. A figura 42 mostra o esquema dessa escada.

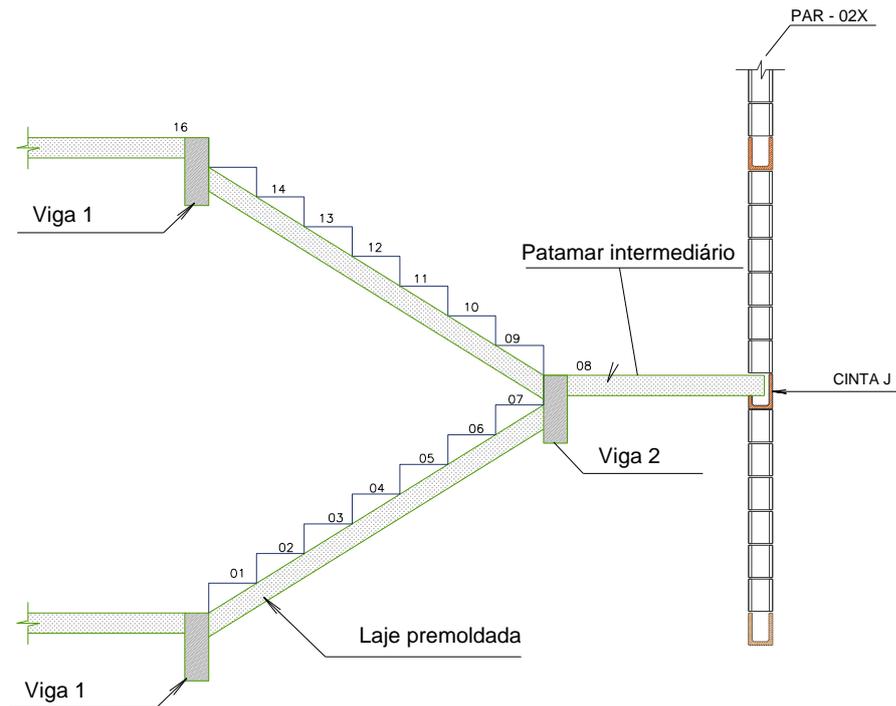


Figura 42– Esquema da escada pré-moldada treliçada.

Alguns detalhes devem ser destacados, tais como:

- Presença da cinta intermediária para fixação do patamar intermediário na alvenaria. Nota-se a presença de uma canaleta J na cinta intermediária, assim como na cinta superior. Essa cinta deve ser mostrada na elevação da parede PAR-02X. (figura 43).

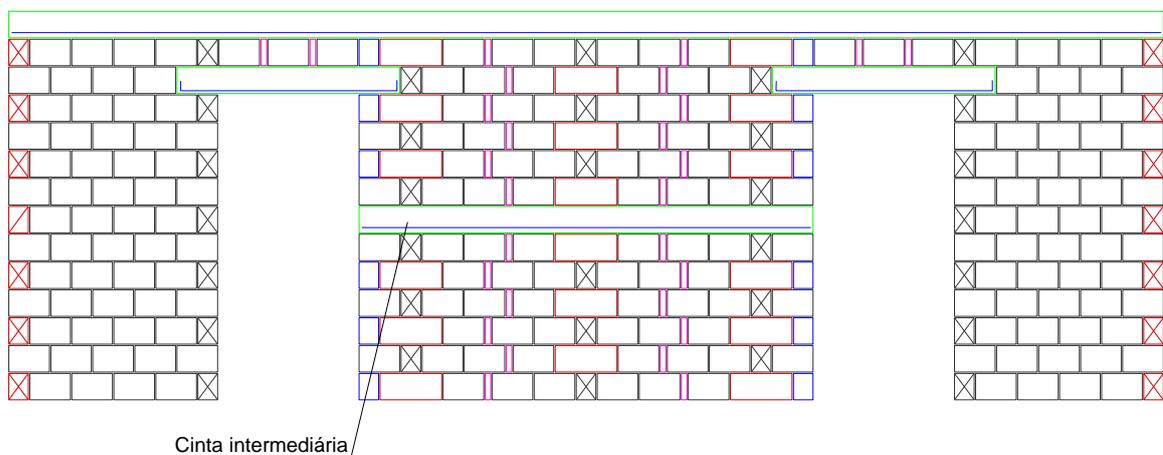


Figura 43 – Elevação da PAR-02X com a presença da cinta intermediária.

- Presença de duas vigas para apoiar a escada. Essas vigas vão aliviar seu carregamento nas paredes 05Y e 07Y. Assim, devem ser adotadas soluções para distribuir essa carga pontual. Uma opção, como já foi comentando, é a adoção dos coxins. Uma segunda alternativa é o grauteamento nos pontos de apoio da viga. A figura 44 mostra esses elementos nas elevações dessas paredes, adotando o grauteamento para receber a viga 2 e os coxins para a viga 1.

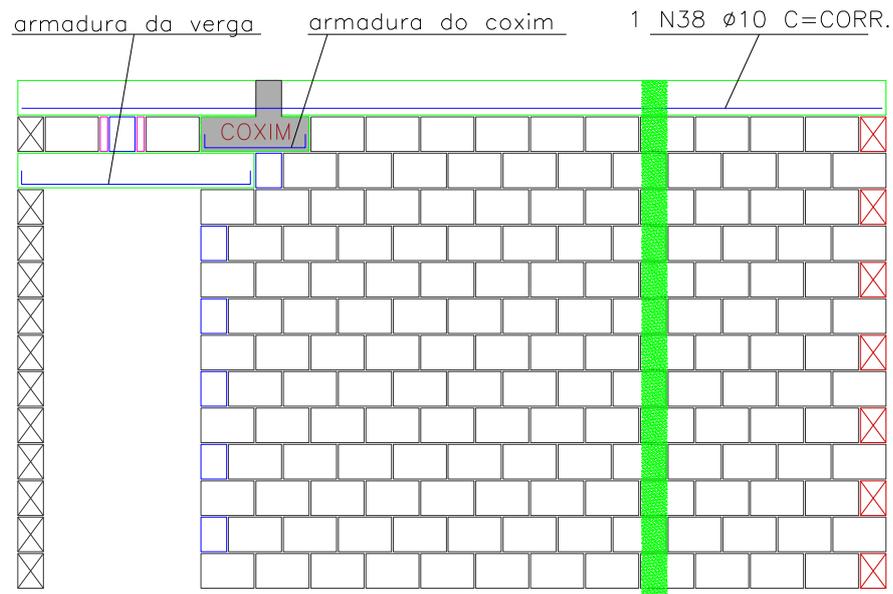


Figura 44 – Elevação da PAR-05Y e 07Y com a presença de elementos de reforço.

3.12 PROJETOS HIDROSSANITÁRIOS

Nesse projeto a solução sugerida pelo arquiteto foi a inserção de quatro shafts, dois para cada apartamento, como apresentado na figura 45. Um deles para atender o banheiro social e outro para satisfazer o banheiro da suíte e a cozinha. Os shafts foram apresentados com a mesma espessura das paredes, evitando a perda de espaço.

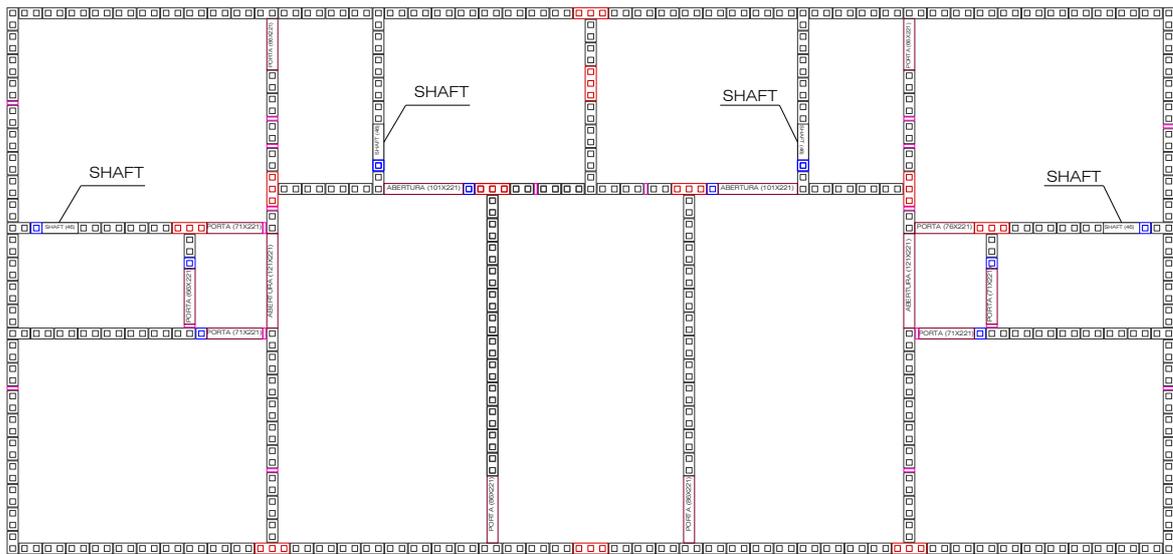


Figura 45 – Posição dos *shafts* na planta de forma da primeira fiada.

Não se optou pela colocação de paredes de vedação para passagem dessas tubulações. O recurso empregado foi a passagem das prumadas das tubulações pelos shafts, o caminhamento horizontal pelo espaço entre o forro e o teto e ao chegar no alinhamento dos pontos de utilização, subir com os condutos faceando as paredes, assim como foi mostrado na figura 28. Os shafts foram posicionados no trecho atrás do chuveiro, resolvendo o inconveniente de subir a tubulação do chuveiro por toda a parede.

4. CONCLUSÃO

O sistema de alvenaria estrutural, desde que desenvolvido dentro de uma boa prática de elaboração de projetos e com um rigoroso controle durante a execução, traz grande rapidez, qualidade e conseqüentemente um menor custo, quando comparado a outros sistemas construtivos. Isso é confirmado por estudos comparativos realizados por construtoras para analisar o custo econômico dos sistemas construtivos. A construtora MZM, por exemplo, levantou os custos de duas opções: o tradicional concreto armado com fechamento de blocos de concreto, e alvenaria estrutural. Segundo o estudo elaborado por essa empresa, a alvenaria estrutural apresentou-se 15,19% mais barata em relação à estrutura de concreto armado. Além disso, concluíram que o prazo de execução da alvenaria seria reduzido em 20% comparado à estrutura convencional (Mercado Construção, 2013).

As definições arquitetônicas tomadas de formas conscientes e já visando a utilização da alvenaria estrutural enquanto sistema construtivo, influenciam positivamente o desenvolvimento dos demais projetos e, por consequência, a execução do empreendimento. Isso ocorre porque todo projeto de alvenaria estrutural parte da consideração de que as paredes suportam elevadas cargas de compressão mas que, ao mesmo tempo são muito sensíveis às tensões de tração e cisalhamento.

Assim, um projeto arquitetônico mal elaborado está susceptível ao aparecimento desses esforços, havendo necessidade de investir em alvenaria armada, o que acaba irracionalizando esse processo construtivo por tornar o dimensionamento mais oneroso e dificultar a execução.

Mais do que em outros sistemas construtivos, a relação do arquiteto e do engenheiro calculista deve ser extremamente estreita, especialmente em se tratando de edificações mais altas ou esbeltas. As paredes são posicionadas pelos arquitetos e dimensionadas pelos engenheiros, sendo o ponto chave da relação desses dois projetistas e o elemento principal da alvenaria estrutural.

A parede estrutural é projetada para ser o elemento de suporte, ou seja, ser a própria estrutura da edificação. Por isso, projetos de alvenaria estrutural requerem muitos cuidados especiais, além do próprio cálculo estrutural. As recomendações apresentadas no trabalho proporcionarão um melhor desempenho da estrutura, objetivando aumentar a durabilidade da construção.

Os projetos hidrossanitários também guardam uma forte relação com a arquitetura e a estrutura. Prova disso é a função do arquiteto em implementar soluções criativas para as

instalações prediais, como a criação de *shafts* em determinados locais e o papel do calculista em estabelecer paredes hidráulicas ou ter o prévio conhecimento de aberturas dos *shafts* para proceder seu cálculo estrutural.

A comunicação entre todos os projetistas é fundamental durante a fase de elaboração dos projetos no intuito da integração destes, evitando-se retrabalhos ou mesmos ajustes e/ou adaptações no canteiro de obra, o que descaracteriza a racionalização construtiva.

Assim, com o conhecimento dos parâmetros mencionados neste trabalho, os projetistas tendem a racionalizar a execução dos empreendimentos por meio da aplicação dessas contribuições no desenvolvimento dos projetos, efetivando a relação entre a fase de projetos e a fase de execução.

Para continuação dessa pesquisa, uma sugestão para futuros trabalhos seria quantificar a influência de determinados parâmetros, como a simetria e a geometria, no dimensionamento da estrutura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACCETTI, Kristiane Mattar. **Contribuição ao Projeto Estrutural de Edifícios em Alvenaria Estrutural**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Estruturas - Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Carlos, 1998.

ANJOS, Luciano Rodrigues. **Instalações Prediais em Alvenaria Estrutural**. Monografia ao Curso de Engenharia Civil. Universidade de Uberaba. Uberaba, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15961-1**: Alvenaria Estrutural - Blocos de Concreto, Parte 1: Projeto. Rio de Janeiro, 2011.

_____. **NBR 15812-1**: Alvenaria Estrutural - Blocos Cerâmicos, Parte 1: Projeto. Rio de Janeiro, 2010.

_____. **NBR 15270-1**: Componentes cerâmicos, Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação — Terminologia e requisitos. 1 ed. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 6136**: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria — Requisitos. 4 eds. Rio de Janeiro, 2014.

_____. **NBR 6123**: Forças devidas ao vento em edificações. 1 ed. Rio de Janeiro, 1988.

CERÂMICA 6 (São Paulo). **Bloco Hidráulico**. Disponível em: <<http://www.ceramica6.com.br/bloco-hidraulico.php>>. Acesso em: 11 out. 2016.

FIGUEIRÓ, Wendell Oliveira. **Racionalização do Processo Construtivo de Edifícios em Alvenaria Estrutural**. Monografia ao Curso de Especialização em Construção Civil- Escola de Engenharia. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2009.

FRANCA, Marcelo Pessoa de Aquino. **Alvenaria Estrutural: Do projeto à Construção Racionalizada**. João Pessoa, 2016. (Apostila).

OLIVEIRA JUNIOR, Valdir. **Recomendações para Projeto Estrutural de Edifícios em Alvenaria Estrutural**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Estruturas- Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Carlos, 1992.

KALIL, Sílvia Maria Baptista. **Alvenaria Estrutural**. Apostila João Pessoa, s.d. (Apostila).

MERCADO, Construção. **Construção**. 2016. Disponível em: <<http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/177/veja-o-que-considerar-para-a-execucao-das-instalacoes-prediais-369750-1.aspx>>. Acesso em: 03 out. 2016.

MERCADO, Construção. **Custos e Suprimentos**. 2013. Disponível em: <<http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/145/artigo299688-1.aspx>>. Acesso em: 26 nov. 2016.

OMNIA (Espírito Santo). **Instalações hidráulicas**: Muito além do PVC e do quebra-quebra na obra. 2002. Disponível em: <<http://omniapcp.com.br/site/dicas/pex/>>. Acesso em: 10 out. 2016

PARSEKIAN, Guilherme Aris; SOARES, Marcia Melo. **Comportamento e dimensionamento de alvenaria estrutural**. 2. Ed. São Carlos: EdUFSCar, 2014.

PARSEKIAN, Guilherme Aris et al. **Parâmetros de projeto de alvenaria estrutural com blocos de concreto**. São Carlos: EdUFSCar, 2012.

PAULUZZI BLOCOS CERÂMICOS (Rio Grande do Sul). **Alvenaria estrutural**. 2012. Disponível em: <<http://www.pauluzzi.com.br/alvenaria.php>>. Acesso em: 15 out. 2016.

RAMALHO, Marcio A.; CORRÊA, Márcio R. S. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. 1. Ed. São Paulo: Pini, 2003.

RAUBER, Felipe Claus. **Contribuição ao Projeto Arquitetônico de Edifícios em Alvenaria Estrutural**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil- Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2005.

RICHTER, Cristiano. **Qualidade da alvenaria estrutural em habitações de baixa renda: uma análise da confiabilidade e da conformidade**. Dissertação ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil- Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2007.

SAMPAIO, Marliane Brito. **Fissuras em edifícios residenciais em alvenaria estrutural**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Carlos, 2010.

SILVA, Leandro Bernardo. **Patologias em alvenaria estrutural: causas e diagnóstico**. Trabalho Final do Curso de Engenharia Civil - Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, 2013.

SELECTA - SOLUÇÕES EM BLOCOS (São Paulo). **Detalhes Construtivos: Situações especiais**. 2009. Disponível em: <http://www.selectablocos.com.br/alvenaria_estrutural_detalhes_construtivos_03.html>. Acesso em: 23 out. 2016.

TAUIL, Carlos Alberto; NESE, Flávio José Martins. **Alvenaria Estrutural**. 1. ed. São Paulo: Pini, 2010.

THOMAZ, Ercio; HELENE, Paulo. **Qualidade no projeto e na execução de alvenaria estrutural e de alvenarias de vedação em edifícios**. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP – Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, 2000.

VALLE, Juliana Borges de Senna. **Patologia das Alvenarias**. Monografia para obtenção do título de Especialização em Tecnologia da Construção Civil – Escola de Engenharia. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2008.