

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

**EXECUÇÃO E CONTROLE DE OBRAS DE CASAS TÉRREAS EM
ALVENARIA ESTRUTURAL**

Diego Lopes Moreira

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Departamento de
Engenharia Civil da Universidade
Federal de São Carlos como parte dos
requisitos para a conclusão da
graduação em Engenharia Civil

Orientador: Guilherme Aris Parsekian

São Carlos
2022

DEDICATÓRIA

Dedico esta monografia aos meus pais, Osmar e Zilda, e à minha irmã, Francielle, que sempre me apoiaram e incentivaram a seguir as vocações e caminhos que tomei na vida.

AGRADECIMENTOS

Meus sinceros agradecimentos ao Prof. Dr. Guilherme Aris Parsekian pela dedicação na orientação prestada neste trabalho, sempre com muita disponibilidade, disposição e profissionalismo ao propor melhorias.

Agradeço aos meus pais que me proporcionaram a educação que tanto prezo.

Agradeço a todos os profissionais da área de engenharia que me deram conhecimento tanto do mundo prático quanto teórico, moldando e potencializando o profissional que estou me tornando.

Agradeço profundamente a todos os meus colegas de graduação e, em especial, à República Dauhma, por me dar as melhores experiências e convivências que um universitário pode querer.

Por fim, agradeço a todos os demais, que, de algum modo, colaboraram com a realização deste trabalho.

RESUMO

Embora de maneira tardia, a alvenaria estrutural ganhou espaço nos processos construtivos utilizados no Brasil devido, principalmente, ao seu alto grau de racionalização e maior velocidade de execução quando comparado ao sistema construtivo tradicional (concreto armado e alvenaria de vedação). Porém, para garantir as vantagens desse processo é necessário que os meios de execução sejam aperfeiçoados, de modo a atingir a maior eficiência possível. Além disso, é essencial que haja um correto controle tecnológico dos procedimentos e materiais utilizados que garanta a segurança das edificações de alvenaria estrutural. Contudo, é visto que em diversas construções essas exigências não são corretamente seguidas, muitas vezes por serem encaradas como onerosas ou irrelevantes, sobretudo quando aplicadas em edificações de pequeno porte. Dessa forma, esse trabalho objetiva identificar os principais métodos de execução e controle de obras de alvenaria estrutural de casas térreas e avaliar (através de formulários padronizados) se as ações tomadas por construtoras de algumas cidades do interior do estado de São Paulo seguem as instruções da norma brasileira atualizada NBR 16868-2/2020. Utilizando a metodologia de estudo de caso, foi verificado o nível de atendimento de empresas de portes distintos às demandas das normas técnicas vigentes e foram analisadas as formas de gestão das empresas ligadas à execução e controle de obras. Ao fim, foi notado que as empresas com mais experiência de mercado tendem a atender melhor aos critérios de execução. Já construtoras que passam por processos de auditoria se preocupam mais com os procedimentos de controle por meio de ensaios laboratoriais. De maneira geral, as potencialidades da alvenaria estrutural ainda não são totalmente atingidas pelas construtoras de casas térreas.

Palavras-chave: alvenaria estrutural; execução; controle de obras; gestão de obras; normas técnicas; casas térreas; NBR 16868-2.

ABSTRACT

Although late, structural masonry gained ground in the construction processes used in Brazil, mainly due to its high level of rationalization and greater speed of execution when compared to the traditional construction system (reinforced concrete and sealing masonry). However, to guarantee the advantages of this process, it is necessary that the means of execution get improved, in order to achieve the greatest possible efficiency. In addition, it is essential that there is a correct technological control of the procedures and materials used to ensure the safety of structural masonry buildings. However, it is seen that in many constructions these requirements are not correctly followed, often because they are seen as onerous or irrelevant, especially when applied to small buildings. Thus, this work aims to identify the main methods of execution and control of structural masonry works for one-story houses and to assess (through standardized forms) whether the actions taken by construction companies in the interior of the state of São Paulo follow the instructions of the updated Brazilian standard NBR 16868-2/2020. Using the case study methodology, the level of service of companies of different sizes to the demands of current technical standards was verified and the forms of management of companies linked to the execution and control of works were analyzed. In the end, it was noticed that companies with more market experience tend to meet the execution criteria better. Construction companies that undergo audit processes are more concerned with control procedures through laboratory tests. In general, the potential of structural masonry is still not fully achieved by the builders of single-story houses.

Keywords: structural masonry; execution; works control; construction management; technical standards; one-story houses; NBR 16868-2.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação do grauteamento sem a utilização de fôrmas	9
Figura 2 - Necessidade de compatibilização entre projeto elétrico e estrutural	10
Figura 3 – Principal bloco da família 29 com paredes maciças	18
Figura 4 – Principal bloco da família 39 com paredes vazadas	19
Figura 5 - Exemplo de amarração direta	20
Figura 6 - Exemplo de amarração indireta	21
Figura 7 - Cintas em parede externa.....	22
Figura 8 - Detalhe da canaleta J	23
Figura 9 - Vigota protendida.....	24
Figura 10 - Detalhe da laje de cobertura (apoio deslizante)	25
Figura 11 - Detalhe da laje de cobertura com canaleta J (isopor e apoio deslizante)	25
Figura 12 - Detalhe da laje de cobertura com beiral (apoio deslizante)	26
Figura 13 - Banheiro com instalações prediais aparentes	27
Figura 14 - Instalação hidrossanitária com enchimento de tijolos.....	28
Figura 15 – <i>Shaft</i> de banheiro.....	28
Figura 16 - Tubulação horizontal sob a laje (a ser oculta por forro de gesso)	29
Figura 17 - Camadas de revestimento argamassado.....	30
Figura 18 - Aplicação de pasta de gesso em paredes e teto	30
Figura 19 - Casa de alvenaria com blocos aparentes	31
Figura 20 - Ferramentas utilizadas na alvenaria estrutural.....	33
Figura 21 - Variação do nível da superfície de apoio da alvenaria	34
Figura 22 - Marcação com linha traçante	34
Figura 23 - Eixos de referência para cotas acumuladas.....	35
Figura 24 - Uso do nível alemão durante referência de nível	36
Figura 25 - Escantilhão	37
Figura 26 - Fixação de gabaritos nos vãos das portas	38
Figura 27 - Gabaritos de janelas instalados	38
Figura 28 - Umedecimento da base e aplicação da argamassa na primeira fiada.....	39
Figura 29 - Espessuras das juntas de assentamento	40
Figura 30 - Assentamento sobre toda a face (A) e em cordões laterais (B)	40
Figura 31 - Principais ferramentas para assentamento de blocos com argamassa	41
Figura 32 - Limites de desaprumo, desalinhamento e variação do pé-direito.....	42
Figura 33 - Limites de descontinuidade entre paredes	43
Figura 34 - Preparação de blocos com caixas elétricas	43
Figura 35 - Detalhe de fixação da caixa elétrica.....	44
Figura 36 - Vergas e contravergas com canaletas	45
Figura 37 - Régua de ajuste para modulação de vãos verticais	45
Figura 38 - Verga pré-moldada	46
Figura 39 - Espaçadores para armaduras verticais (A) e horizontais (B).....	47
Figura 40 - Desobstrução dos furos dos blocos	48
Figura 41 – Detalhes do grauteamento.....	49
Figura 42 - Diagrama de ensaios para argamassa, graute e prismas por lote em obra	58
Figura 43 - Fluxograma das etapas do estudo	61
Figura 44 - Visão geral do empreendimento da obra "A".....	67
Figura 45 - Planta da edificação da obra "A"	68
Figura 46 - Cotas internas do quarto dos fundos	69
Figura 47 - Juntas de assentamento irregulares	69
Figura 48 - Especificações de materiais e detalhes da argamassa	70
Figura 49 - Parede hidráulica executada no banheiro	71
Figura 50 - Instalações hidrossanitárias saindo das paredes estruturais.....	72
Figura 51 - Canteiro de obras da obra "A"	73

Figura 52 - Visão geral do empreendimento da obra "B".....	73
Figura 53 - Planta da edificação da obra "B".....	74
Figura 54 - Cotas internas da cozinha e sala de jantar	75
Figura 55 - Uso de blocos de paredes vazadas e maciças	75
Figura 56 - Detalhe do projeto estrutural.....	76
Figura 57 - Instalações hidrossanitárias alocadas nas paredes estruturais.....	76
Figura 58 - Canteiro de obras da obra "B"	77
Figura 59 - Visão geral do empreendimento da obra "C"	78
Figura 60 - Plantas das edificações da obra "C"	78
Figura 61 - Juntas de assentamento irregulares e espessas	79
Figura 62 - Cortes nas paredes estruturais para instalações hidráulicas.....	80
Figura 63 - Locação do canteiro de obras da obra "C" durante a segunda etapa.....	81
Figura 64 - Canteiro de obras da obra "C"	81
Figura 65 - Frequência dos processos de execução da obra "A"	88
Figura 66 - Frequência dos procedimentos de controle de obras da obra "A"	89
Figura 67 - Frequência dos processos de execução da obra "B"	94
Figura 68 - Frequência dos procedimentos de controle de obras da obra "B"	95
Figura 69 - Frequência dos processos de execução da obra "C"	100
Figura 70 - Frequência dos procedimentos de controle de obras da obra "C"	101
Figura 71 - Médias das obras na escala de Likert para execução e controle de obras.....	101

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Limitações de uso de fundações	14
Tabela 2 - Largura mínima dos blocos estruturais.....	19
Tabela 3 - Número mínimo de corpos de prova usados na caracterização prévia.....	51
Tabela 4 - Definição de lote para controle de blocos e tijolos.....	53
Tabela 5 - Tamanho da amostra para blocos e tijolos cerâmicos.....	53
Tabela 6 - Tamanho da amostra para blocos de concreto	53
Tabela 7 - Variáveis de controle geométrico na produção da alvenaria	59
Tabela 8 - Formulário de verificação de processos de execução	63
Tabela 9 - Formulário de verificação dos procedimentos de controle de obras	65
Tabela 10 – Legenda de conversão da escala de cinco pontos de Likert.....	82
Tabela 11 - Respostas do formulário de processos de execução da obra "A".....	83
Tabela 12 - Comentários acerca da execução na obra "A"	85
Tabela 13 - Respostas do formulário de procedimentos de controle da obra "A"	86
Tabela 14 - Comentários acerca do controle na obra "A"	87
Tabela 15 - Respostas do formulário de processos de execução da obra "B".....	89
Tabela 16 - Comentários acerca da execução na obra "B"	91
Tabela 17 - Respostas do formulário de procedimentos de controle da obra "B"	91
Tabela 18 - Comentários acerca do controle na obra "B"	93
Tabela 19 - Respostas do formulário de processos de execução da obra "C"	95
Tabela 20 - Comentários acerca da execução na obra "C"	97
Tabela 21 - Respostas do formulário de procedimentos de controle da obra "C"	98
Tabela 22 - Comentários acerca do controle na obra "C".....	99

1. INTRODUÇÃO.....	8
1.1 OBJETIVOS.....	11
1.2 JUSTIFICATIVA.....	11
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
2.1 PREMISSAS DE PROJETO	13
2.1.1 FUNDAÇÕES.....	13
2.1.2 BLOCOS ESTRUTURAIS.....	17
2.1.3 DISTRIBUIÇÃO DE PAREDES ESTRUTURAIS	20
2.1.4 AMARRAÇÃO ENTRE PAREDES.....	20
2.1.5 CINTAS	21
2.1.6 LAJES	23
2.1.7 INSTALAÇÕES PREDIAIS.....	26
2.1.8 REVESTIMENTOS.....	29
2.2 PROCESSOS DE EXECUÇÃO.....	31
2.2.1 REQUISITOS	32
2.2.2 MARCAÇÃO DA ALVENARIA	34
2.2.3 REFERÊNCIA DE NÍVEL	35
2.2.4 NIVELAMENTO DAS FIADAS.....	36
2.2.5 INTALAÇÃO DE GABARITOS.....	37
2.2.6 ELEVAÇÃO DA ALVENARIA	38
2.2.7 INSTALAÇÕES ELÉTRICAS.....	43
2.2.8 EXECUÇÃO DE VERGAS, CONTRAVERGAS E CINTAS.....	44
2.2.9 GRAUTEAMENTO	47
2.3 PROCEDIMENTOS DE CONTROLE DE OBRAS.....	49
2.3.1 CONTROLE DA RESISTÊNCIA DOS MATERIAIS, COMPONENTES E DAS ALVENARIAS À COMPRESSÃO AXIAL.....	50
2.3.1.1 CARACTERIZAÇÃO PRÉVIA.....	50
2.3.1.2 CONTROLE DOS MATERIAIS, COMPONENTES E ALVENARIA EM OBRA	52
2.3.1.2.1 BLOCOS OU TIJOLOS	52
2.3.1.2.2 ARGAMASSAS E GRAUTES.....	54
2.3.1.2.3 RESISTÊNCIA DA ALVENARIA POR ENSAIO DE PRISMA	56
2.3.2 CONTROLE DO PROCESSO DE EXECUÇÃO DA ALVENARIA.....	58
2.3.3 ACEITAÇÃO DA ALVENARIA.....	59
3. METODOLOGIA E COLETA DE DADOS.....	61
3.1 FORMULÁRIOS DE VERIFICAÇÃO.....	62
3.2 OBRAS DO ESTUDO DE CASO	66
3.2.1 OBRA “A”	66
3.2.2 OBRA “B”	73
3.2.3 OBRA “C”	77
3.3 APLICAÇÃO DO ESTUDO DE CASO	82
4. RESULTADOS	83
4.1 RESPOSTAS DOS FORMULÁRIOS DE VERIFICAÇÃO	83
4.1.1 OBRA “A”	83
4.1.2 OBRA “B”	89
4.1.3 OBRA “C”	95

4.2	DISCUSSÕES GERAIS	101
5.	CONCLUSÕES.....	103
6.	REFERÊNCIAS	105

1. INTRODUÇÃO

Segundo Tauil e Nesse (2010), a alvenaria, de uma maneira geral, se trata de um conjunto de componentes (blocos) unidos lado a lado por algum tipo de argamassa dando origem a um elemento vertical. Sua função seria de:

[...] vedar espaços, resistir a cargas oriundas da gravidade, promover segurança, resistir a impactos, à ação do fogo, isolar e proteger acusticamente os ambientes, contribuir para a manutenção do conforto térmico, além de impedir a entrada de vento e chuva no interior dos ambientes. (TAUIL; NESSE, 2010).

Para Marinoski (2011), quando a alvenaria agrega a função de resistir a cargas além de seu peso próprio, ela pode ganhar o título de alvenaria estrutural. Soares (2011) acrescenta que o sistema de alvenaria estrutural é racionalizado, concluindo ser mais econômico que os sistemas construtivos tradicionais.

Segundo Tauil (2018), o uso de alvenaria como sistema estrutural é observado em construções há centenas de anos. Porém a exploração do viés racional da técnica foi dificultada pela falta de trabalhabilidade dos materiais maciços que eram utilizados nas construções (CAMPOS, 1993). Assim, apenas após o período da Segunda Guerra Mundial, com o enorme déficit habitacional criado, começaram a ser feitos estudos com o objetivo de tornar a alvenaria estrutural mais competitiva e eficaz, como explica Parsekian (2014a).

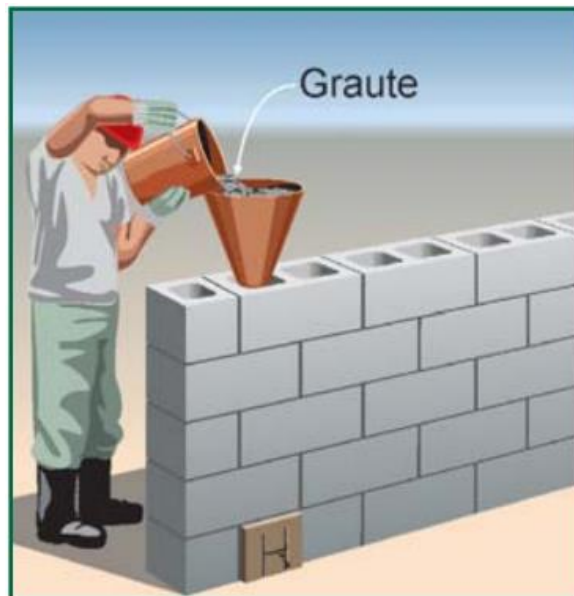
No Brasil, esse sistema começou a ser utilizado de forma rudimentar no período colonial, com blocos de barro cru e pedras. Todavia, somente nos anos 1960 a alvenaria estrutural com blocos vazados foi introduzida como sistema construtivo técnico através de influências estadunidenses e europeias (SANTOS, 1998).

Segundo Soares (2011), o fato de as paredes coexistirem nos sistemas de vedação e estrutura, proporciona maior simplicidade ao processo de alvenaria estrutural, dando vantagens construtivas como melhor racionalização e, por conseguinte, prazos e custos de execução enxutos.

Embora sejam várias, podem ser indicadas cinco principais vantagens do sistema: redução de fôrmas (uma vez que não são utilizados pilares e vigas moldados no local, como demonstrado na Figura 1); redução dos custos com revestimentos (já que os blocos estruturais têm melhor qualidade, demandando menor quantidade de revestimento

cimentício ou outros); redução de desperdícios de material e mão de obra; redução de especialidades (como armadores e carpinteiros, por exemplo); e agilidade na execução.

Figura 1 - Representação do grauteamento sem a utilização de fôrmas



Fonte: ABCP (2012).

Para Canato (2015), a alvenaria estrutural incentiva o desenvolvimento tecnológico, aumenta o nível de qualidade das construções e possui um elevado potencial de racionalização, o que melhora a eficiência dos processos, garantindo maior competitividade das construtoras no mercado imobiliário.

Pereira (2015) ressalta que a racionalização do sistema de alvenaria estrutural depende de fatores de projeto (modulação dos cômodos com medidas proporcionais aos blocos) e de execução (evitar cortes em blocos e execução de instalações prediais junto à elevação da alvenaria).

Para Ramalho e Corrêa (2003), o sistema de alvenaria estrutural tem três principais desvantagens: dificuldade de adaptação da arquitetura a um novo uso; alta interferência entre subsistemas; e a necessidade de mão de obra qualificada.

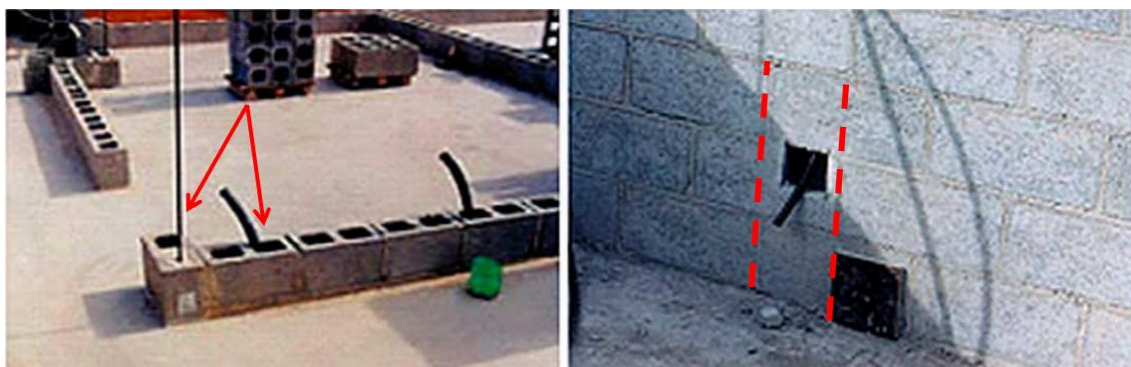
Pereira (2015) exalta a importância de um bom projeto estrutural que preveja possíveis alterações na construção, de modo a atender às necessidades de mudança arquitetônica dos clientes.

Segundo Nichele (2014), a mão de obra empregada na execução de alvenaria estrutural demanda treinamento específico e mais rigoroso quando comparado ao sistema

tradicional, uma vez que é esperado que tenham um alto nível de precisão e produtividade no trabalho. Chrysler (2010) ainda acrescenta que para qualquer projeto de construção é imprescindível que haja inspeção de trabalho, uma vez que é função do inspetor aplicar seus conhecimentos e discernimentos críticos a fim de garantir que os materiais da construção estão sendo utilizados da forma designada no projeto.

Nichele (2014) também expõe a importância da compatibilidade dos projetos de diferentes subsistemas, pois as instalações prediais elétricas, por exemplo, geralmente são alocadas nas aberturas verticais dos blocos de alvenaria (Figura 2).

Figura 2 - Necessidade de compatibilização entre projeto elétrico e estrutural



Fonte: Adaptado de Tauil e Nesse (2010).

Os requisitos para empreendimentos com o sistema de alvenaria estrutural trouxeram ao setor da construção civil a cultura da indispensabilidade de boas execuções, respeito a tolerâncias técnicas, compatibilidade de projetos e utilização de materiais e componentes certificados (CANATO, 2015).

É necessário ter um controle tecnológico dos componentes e métodos construtivos aplicados na alvenaria estrutural afim de garantir um bom desempenho do sistema (CANATO, 2015). Segundo Nichele (2014), o controle de obra deve ser feito de forma a evitar o maior número possível de falhas, uma vez que a alvenaria é responsável por suportar as solicitações de projeto.

Soares (2011) indica que as vantagens econômicas do uso da alvenaria estrutural incentivam as construtoras a adotarem boas práticas de execução e controle de forma a minimizar as patologias construtivas. Ademais, os erros gerados pela má execução e controle deficiente dão ao construtor a imagem de servidor despreparado, além de acarretar custos com reparo de patologias (NICHELE, 2014).

Embora seja conhecida a importância de boas práticas de execução e controle de obras, Canato (2015) expõe que o custo dos procedimentos de controle técnico é visto como oneroso pelos responsáveis de obras e executores (mesmo representando uma parte pequena do custo total da obra). Além disso, por muitas vezes as tolerâncias previstas em norma são encaradas como desnecessárias, principalmente quando tratado de construções de pequeno porte.

Assim, é estabelecido o questionamento se as construtoras que executam empreendimentos de edificações térreas estão seguindo as exigências executivas e de controle de obras segundo a norma brasileira atualizado NBR 16868-2/2020 e, caso não estejam seguindo, quais são os motivos para tanto.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo principal deste trabalho é avaliar se os métodos de execução e procedimentos de controle de obras de alvenaria estrutural, atualizados pela NBR 16868-2/2020, já foram assimilados e estão sendo seguidos por construtoras de casas térreas do interior do estado de São Paulo.

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- a) Identificar e organizar os métodos para execução de alvenaria estrutural conforme especificado na normalização técnica atualizada e em outras referências;
- b) Identificar e organizar os procedimentos de controle de obras de alvenaria estrutural conforme especificado na normalização técnica atualizada;
- c) Avaliar, através de estudos de caso, se as especificações estão sendo seguidas pelas construtoras, procurando identificar eventuais benefícios e críticas que a atualização da norma técnica trouxe à prática executiva de alvenaria estrutural em casas térreas.

1.2 JUSTIFICATIVA

Segundo Oliveira (2016), o uso de materiais não qualificados, o emprego de mão de obra não especializada e processo indevido de armazenamento de insumos podem ocasionar manifestações patológicas nas edificações. Já Canato (2015) afirma que muitos profissionais da construção não têm o conhecimento dos corretos métodos executivos e formas de controle de obra, o que afeta a segurança das edificações.

Ademais, com a recente atualização das normas brasileiras de alvenaria estrutural ocorrida em 2020, muitas empresas e equipes de mão de obra podem ainda não ter assimilado as mudanças relacionadas à execução e controle tecnológico, sobretudo quando se trata de construções de menor exigência estrutural, como casas térreas.

Portanto, justifica-se a importância de averiguar a implantação das diretrizes da norma brasileira de alvenaria estrutural nas construtoras que executam edificações de pequeno porte.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesse trabalho serão estudados os principais processos executivos e procedimentos de controle de obras de alvenaria estrutural. Porém, a fim de trazer maior qualidade na análise dessas técnicas, também foi necessário realizar revisões sobre as premissas dos projetos ligados a edificações do método construtivo estudado. Dessa forma, os levantamentos bibliográficos serão agrupados em tais itens.

2.1 PREMISSAS DE PROJETO

Ao início de cada projeto de edificação, devem-se definir premissas que norteiem cada um dos projetistas envolvidos no processo. Premissas são todas as limitações de planejamento e execução do projeto que são de exclusiva imposição ou opção do gerente de projetos. Assim, podem ser definidas, de forma genérica, como escolhas pressupostas que devem ser assumidas como verdadeiras (PMBOK, 2008). De maneira aplicada, essas escolhas podem estar envolvidas na definição do sistema construtivo, na alocação dos sistemas prediais, na determinação das interdependências entre diferentes disciplinas construtivas etc.

Segundo Bonfim *et al* (2012), é necessário que as premissas estejam bem estabelecidas pois podem ser uma das causas dos riscos atrelados aos projetos. Ademais, acrescenta que o gerenciamento de tais riscos é essencial para que sejam minimizados todos os impactos negativos que possam vir a ocorrer e maximizados os impactos positivos provindos da correta execução dos projetos.

2.1.1 FUNDAÇÕES

Segundo Hachich e Falconi (1998), para a escolha do tipo de fundação não existe uma regra básica a ser seguida, pois depende de diversos fatores, interligados ou não. Para Cintra (2011) e Sena (2016), a escolha deve levar em consideração a topografia da área, as características do solo, os dados da superestrutura a ser construída, dados sobre as edificações vizinhas e aspectos econômicos.

Como item determinante para a concepção de um projeto de fundações, Albuquerque e Garcia (2020) explicam que todas as fundações apresentam alguma

limitação no seu emprego, sendo do ponto de vista executivo, econômico, regional ou devido às características do solo, como mostrado na Tabela 1.

Tabela 1 - Limitações de uso de fundações

(continua)

Tipo de Fundação	Limitação de uso
Sapatas, sapatas corridas, blocos de fundação, radiers*	<ul style="list-style-type: none"> - Em solos potencialmente colapsíveis e com possibilidade do aumento do teor de umidade, o que pode ser um fator impeditivo para adoção desta solução; - Abaixo do N.A. (nível d'água) necessitam de esgotamento e/ou rebaixamento do lençol; - Aterros não controlados e/ou de materiais não convencionais (resíduos).
Tubulões a céu aberto	<ul style="list-style-type: none"> - Estabilidade das paredes da escavação, necessitando de revestimentos; - Abaixo do N.A.; - Operários não habilitados para a atividade (NR 18).
Tubulões a ar comprimido	<ul style="list-style-type: none"> - Custo elevado; - Limitados em profundidades elevadas abaixo do N.A. por causa da pressão de ar interna da câmara (campânula); - Operários não habilitados para a atividade (NR 18); - Doenças de compressivas.
Estacas brocas (trado manual)	<ul style="list-style-type: none"> - Abaixo do N.A.; - Para estabilidade das paredes da escavação é recomendável sua execução em solos coesivos; - Alívio da escavação (redução da resistência) pela demora na concretagem; - Limitação da profundidade da escavação e no diâmetro do fuste em razão da resistência do solo; - Limitação no emprego em vista da reduzida capacidade de carga geotécnica.

Tabela 1 - Limitações de uso de fundações

(continuação)

Tipo de Fundação	Limitação de uso
Estaca escavadas a seco (trado mecânico)	<ul style="list-style-type: none"> - Abaixo do N.A.; - Para estabilidade das paredes da escavação é recomendável sua execução em solos coesivos;
Estaca escavadas com fluido estabilizante	<ul style="list-style-type: none"> - Elevada geração de resíduos da escavação; - Destinação adequada dos resíduos; - Disponibilidade de área no canteiro de obras para instalação dos equipamentos; - Custo elevado; - Demandam cuidados com a concretagem.
Estaca Strauss	<ul style="list-style-type: none"> - Limitação no comprimento; - Revestimento obrigatório; - Demanda cuidados na concretagem; - Presença de solos moles.
Estaca Franki	<ul style="list-style-type: none"> - Elevada vibração; - Presença de matacões; - Presença de solos moles; - Construções vizinhas em estado precário; - Limitação no comprimento; - Baixa velocidade de execução.
Estaca hollowauger	<ul style="list-style-type: none"> - Torque da máquina; - Limitação no comprimento e diâmetro; - Custo Elevado.

Tabela 1 - Limitações de uso de fundações

(continuação)

Tipo de Fundação	Limitação de uso
Estaca raiz	<ul style="list-style-type: none"> - Elevado consumo de água; - Elevada geração de resíduos da escavação; - Destinação adequada dos resíduos; - Custo elevado.
Estaca hélice continua	<ul style="list-style-type: none"> - Mobilização; - Proximidade de usina de concreto; - Demanda terreno plano e de fácil acesso; - Colocação de armadura; - Comprimento limitado para armadura.
Estaca hélice de deslocamento	<ul style="list-style-type: none"> - Mobilização; - Proximidade de usina de concreto; - Limitação de diâmetro; - Terreno plano e de fácil acesso; - Comprimento limitado para armadura; - Torque da máquina; - Solos resistentes.
Estaca mega	<ul style="list-style-type: none"> - Sistema de reação para cravação; - Custo elevado.
Estaca pré-moldada de concreto	<ul style="list-style-type: none"> - Mobilização; - Transporte dos elementos estruturais (estacas); - Presença de camadas resistentes; - Vibração.

Tabela 1 - Limitações de uso de fundações

(conclusão)

Tipo de Fundação	Limitação de uso
Estaca metálica	- Mobilização; - Vibração reduzida; - Desvio durante a cravação em terreno com presença de matacões (interferências); - Custo.
Estaca de madeira	- Não indicada para obras permanentes, exceto se forem realizados estudos para essa destinação.

* Como fundação de edificações de múltiplos andares, por envolver elevado custo de concreto e aço.

Fonte: Albuquerque e Garcia (2020).

Segundo Santos (2016), o uso de alvenaria estrutural para edificações de pequeno e médio porte (até oito pavimentos) pode levar à escolha do radier como tipo de fundação, caso o solo tenha uma resistência compatível. Isso se dá devido à melhor distribuição dos esforços da superestrutura para a fundação (uma vez que não existem cargas pontuais, como no caso de pilares) além da minimização do efeito de recalque diferencial no solo, já que com o uso do radier os recalques são uniformizados ao longo de toda a extensão da estrutura (RIBEIRO, 2010).

2.1.2 BLOCOS ESTRUTURAIS

Segundo Accetti (1998), a escolha do tipo de bloco a ser usado na alvenaria estrutural de uma edificação depende de fatores relacionados tanto ao próprio material quanto aos processos logísticos relacionados ao seu uso. Freire (2007) explica que algumas das variáveis que podem influenciar na definição do tipo de bloco são a altura do edifício, a disponibilidade de fornecedores no local do empreendimento, a cultura da empresa construtora, comparativos de custos, produtividade dentre outras. Segundo Machado (2014), no Brasil, os principais tipos de blocos estruturais encontrados são os cerâmicos e os de concreto. Aqui vale ressaltar que embora o tipo de bloco seja uma premissa, o projetista estrutural deve especificar a resistência característica dos blocos a serem utilizados.

Os blocos cerâmicos têm as vantagens de serem cerca de 40% mais leves que os blocos de concreto (aumentando a produtividade de execução de alvenaria e diminuindo esforços para a fundação), possuírem melhor desempenho térmico-acústico e terem baixo índice de absorção inicial de água (ACCETTI, 1998; FREIRE, 2007; POYASTRO, 2008).

Já os blocos de concreto possuem uma maior resistência ao impacto, o que pode gerar menos perdas de materiais no canteiro de obras. Além disso, por serem fornecidos no mercado com resistências mais elevadas, podem ser utilizados em edificações mais altas, chegando até a 24 pavimentos (FREIRE, 2007).

Quanto às dimensões dos blocos, as premissas de projeto giram em torno da escolha da família dos blocos (que define a modulação) e da largura dos blocos. As principais famílias de blocos são família 29 (com modulação de 15 cm) e família 39 (com modulação de 20 cm). As duas famílias estão representadas na Figura 3 e Figura 4, respectivamente.

Figura 3 – Principal bloco da família 29 com paredes maciças



Fonte: Cerâmica City (2022).

Figura 4 – Principal bloco da família 39 com paredes vazadas



Fonte: Cerâmica City (2022).

Para Machado (2014), o uso de blocos da família 29 é vantajoso quando aliado à largura de 14 cm, uma vez que a largura e comprimento sendo múltiplos entre si garante uma facilitação entre a amarração dos blocos, o que evita o uso de blocos especiais. Já o uso da família 39 é indicado para alvenarias de grandes extensões por aumentar a produtividade de assentamento dos blocos.

Embora os blocos de largura 14 cm sejam os mais utilizados, o mercado oferece outras diversas dimensões que podem ser exploradas pelos projetistas e construtores (sobretudo em relação a construções de pequeno porte), o que podem gerar economias com materiais. No entanto, para a escolha da largura dos blocos, o projetista deve atender aos valores mínimos exigidos pela NBR 15270-1 e NBR 6136, referentes, respectivamente, aos blocos cerâmicos e aos de concreto para alvenaria. Um resumo e compilação entre as duas normas é tido na Tabela 2.

Tabela 2 - Largura mínima dos blocos estruturais

Altura total do edifício	Largura mínima dos blocos (mm)	
	Blocos Cerâmicos	Blocos de Concreto
1 pavimento	90	90
Até 2 pavimentos	115	115
Acima de 2 pavimentos	140	140

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 15270-1 (2017) e ABNT NBR 6136 (2016).

2.1.3 DISTRIBUIÇÃO DE PAREDES ESTRUTURAIS

A concepção estrutural se inicia na definição de quais serão as paredes estruturais da edificação e quais servirão para fins apenas de vedação, ou seja, que não deverão receber cargas verticais e/ou horizontais (RAUBER, 2005). Essa escolha deve levar em consideração aspectos de utilização do edifício, simetria, estabilidade dentre outros.

Segundo Machado (2014), a fim de garantir a estabilidade em relação às cargas horizontais, as paredes estruturais devem ser distribuídas igualmente ao longo de toda a planta e nas duas principais direções. Além disso, é importante que a distribuição das paredes seja a mais simétrica possível, pois assim será atenuado o surgimento de tensões de cisalhamento resultantes de torções (RAUBER, 2005).

De maneira geral, um alto número de paredes de vedação prejudica o sistema estrutural, uma vez que pode sobrecarregar as demais paredes (ACCETTI, 1998). Assim, deve-se sempre priorizar a utilização de uma grande quantidade de paredes estruturais no edifício.

2.1.4 AMARRAÇÃO ENTRE PAREDES

Segundo a NBR 16868-1 (2020a), a amarração entre paredes pode ser feita de duas maneiras: amarração direta; e amarração indireta. A amarração direta (Figura 5) é feita com a interpenetração alternada de 50% das fiadas de uma parede na outra ao longo das interfaces comuns. A amarração indireta (Figura 6) se dá com junta vertical a prumo entre as paredes, sendo necessário a utilização de grampos metálicos ancorados em furos verticais adjacentes grauteados ou de telas metálicas ancoradas nas juntas de assentamento.

Figura 5 - Exemplo de amarração direta

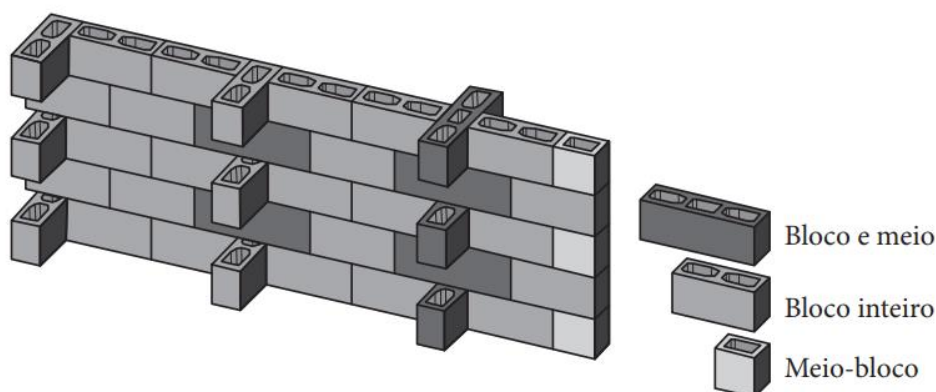
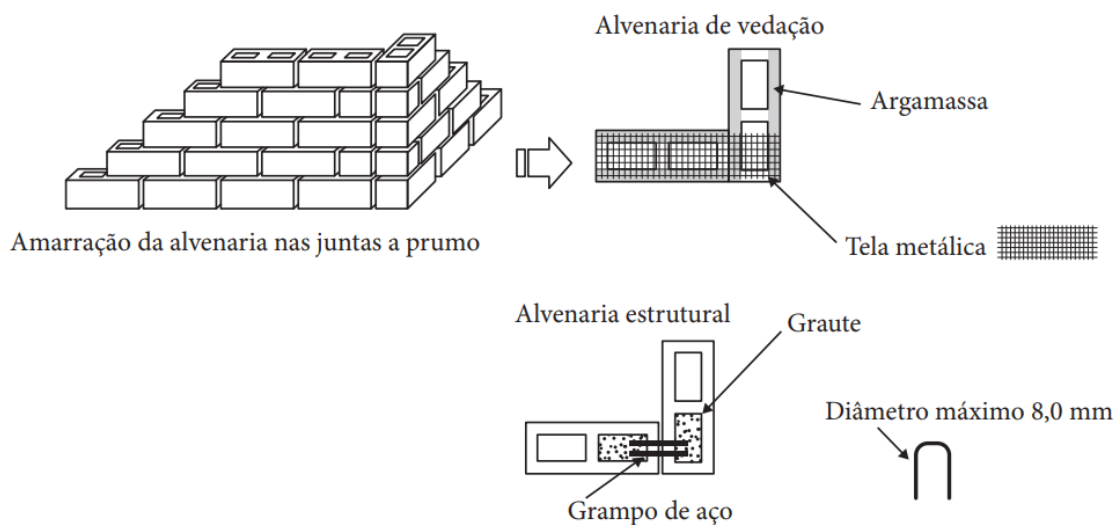


Figura 6 - Exemplo de amarração indireta



Fonte: Pasekian e Medeiros (2021a).

Por melhorar a distribuição das cargas verticais e possibilitar a consideração de que exista interação entre paredes, a amarração direta é a mais indicada (ABNT, 2020a; PARSEKIAN e MEDEIROS, 2021a). Porém, caso seja necessária a utilização de amarração indireta (como na união entre paredes estruturais e de vedação, por exemplo), Parsekian e Medeiros (2021a) indicam que durante a construção devem ser previstos apoios laterais temporários que evitem o tombamento das paredes devido à ação do vento.

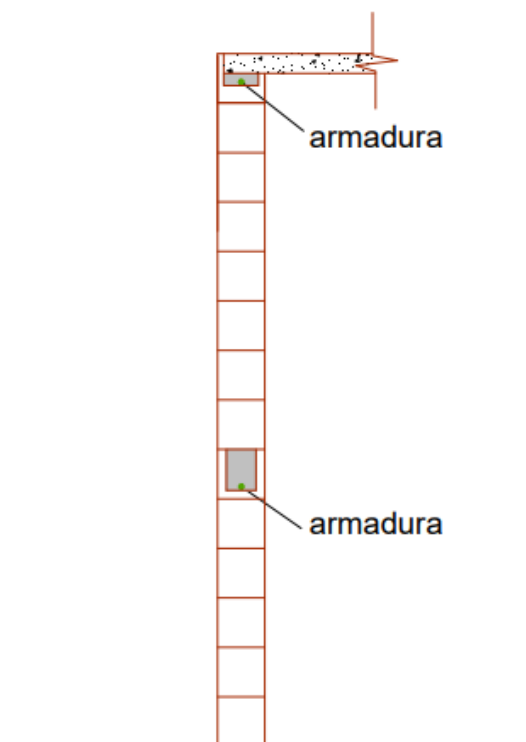
Moreira (2007) reforça que o uso de amarração indireta implica em menor resistência ao cisalhamento das paredes estruturais, indicando que essa solução deve ser evitada. Também constata que, ao comparar o método de telas metálicas e grampos na amarração indireta, o uso de telas se mostrou mais atrativo, tanto do ponto de vista econômico quanto executivo, por não demandar mais pontos de graute, como explicam também Medeiros e Franco (1999).

2.1.5 CINTAS

As cintas são elementos estruturais armados apoiados continuamente nas paredes (ABNT, 2020a). Usualmente, são preenchidas com graute e armadura construtiva com uma barra de 10 mm. Segundo Freire (2007), as cintas têm função de travar o edifício, distribuir a reação da laje à alvenaria e diminuir o efeito provocado por variações volumétricas. Nas edificações de alvenaria estrutural existem basicamente dois tipos: cintas de respaldo; e cintas intermediárias (exemplificadas pela Figura 7). As cintas de respaldo são alocadas,

sempre que possível, logo abaixo à laje e sua utilização é indicada em todas as paredes estruturais. Já as cintas intermediárias geralmente são alocadas na 5ª ou 6ª fiada da alvenaria (na mesma altura das contravergas das janelas) e não necessariamente precisam estar em todas as paredes.

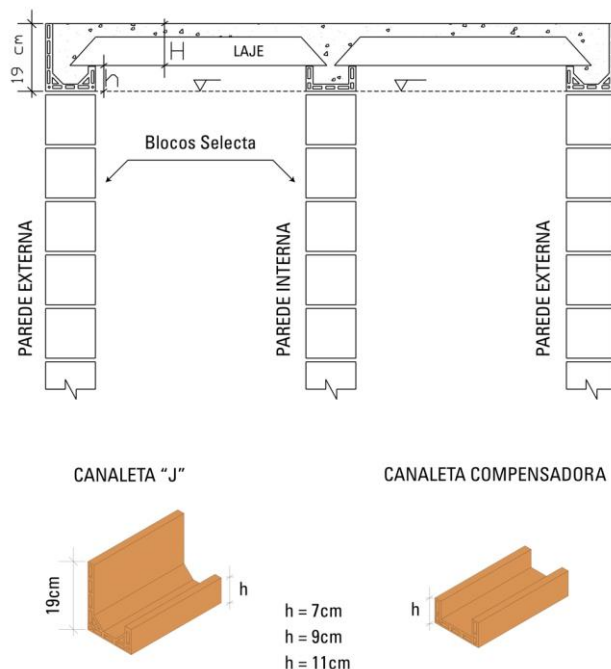
Figura 7 - Cintas em parede externa



Fonte: Accetti (1998).

As cintas de respaldo externas podem ser feitas com canaletas tipo “U” ou tipo “J”. A utilização da canaleta J (Figura 8) favorece a produtividade da construção devido a uma de suas abas já servir de fôrma para a concretagem da laje. Porém, Figueiró (2009) afirma que seu uso está limitado aos materiais disponibilizados pelos fornecedores de cada região, uma vez o formato da canaleta depende da espessura da laje utilizada. Em caso de falta desse material no mercado, Ramalho e Corrêa (2003) apontam que sua obtenção pode ser feita no próprio canteiro de obras através do corte de uma das abas de canaletas comuns (utilizando ferramentas adequadas).

Figura 8 - Detalhe da canaleta J



Fonte: Selecta (2022).

Parsekian e Medeiros (2021a) recomendam o uso de cinta intermediária armada com uma barra de 10 mm em: paredes externas com comprimento acima de 6,0 m (7,0 m para blocos curados a vapor); e paredes internas com comprimento acima de 10,0 m (12,0 m para blocos curados a vapor).

Segundo os estudos de Capuzzo Neto (2000), apesar de o uso da cinta intermediária ter pouca influência sobre a distribuição das ações verticais, sua importância se faz mais presente sob a perspectiva das ações horizontais, providas, majoritariamente, das ações do vento e desaprumo (RAMALHO e CORRÊA, 2003).

2.1.6 LAJES

Existem várias possibilidades de lajes que podem ser utilizadas nos pavimentos de construções em alvenaria estrutural. A escolha de sua tipologia deve levar em conta aspectos como o número total de andares, o tamanho do empreendimento, a disponibilidade de equipamentos, a rigidez esperada, o prazo de execução dentre outros (FREIRE, 2007; MACHADO, 2014). Os principais tipos de lajes são: laje maciças moldadas no local; painéis maciços pré-moldados; pré-lajes em painéis pré-moldados; lajes com vigotas pré-moldadas; lajes com vigotas pré-moldadas protendidas.

Segundo Accetti (1998) e Machado (2014), para edifícios mais altos, em que as ações do vento são mais significativas, o uso de lajes armadas em duas direções e moldadas no local (como no caso das lajes maciças) é mais vantajoso por garantir o efeito de diafragma à edificação. Entretanto, Machado (2014) aponta que, apesar de apresentar maior segurança estrutural, o uso desse tipo de laje é economicamente desfavorável e tem menor teor de racionalização por utilizar grandes quantidades de fôrmas, escoramentos e armações.

Para edifício baixos, em que o efeito do vento não exerce influência significativa, o uso de lajes com vigotas pré-moldadas é o mais indicado (ACCETTI, 1998). Ademais, o uso de vigotas protendidas (exemplificada pela Figura 9) tem a vantagem de possibilitar a eliminação de escoramentos para vãos de até 3,20 m, o que aumenta ainda mais a economia com materiais, produtividade e racionalização total da construção (TATU, 2017).

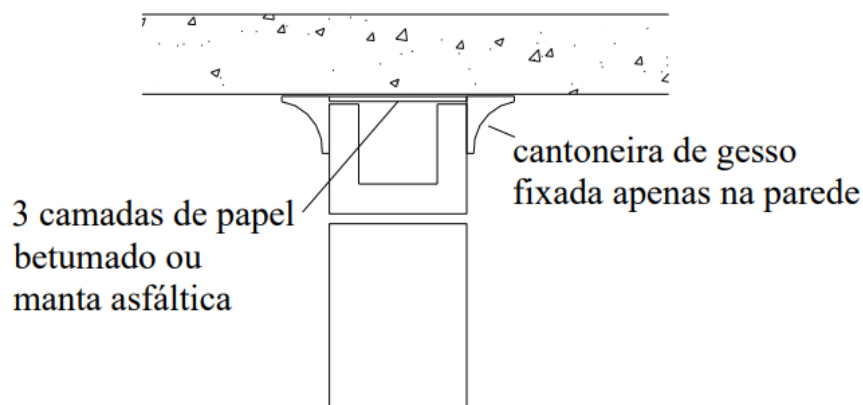
Figura 9 - Vigota protendida



Fonte: Tatu (2017).

Independentemente do tipo de laje adotada, no pavimento de cobertura, ela deve ser executada simplesmente apoiada nas paredes, a fim de proporcionar livre movimentação no plano, evitando possíveis fissuras causadas pela alta variação térmica nesse andar (FREIRE, 2007). A separação entre a laje de cobertura e a alvenaria do último pavimento pode ser feita através da utilização de apoios deslizantes (exemplo na Figura 10), que podem ser uma combinação de mantas asfálticas, PVC, lonas plásticas, perfis de borracha, fórmicas, papeis betumados dentre outros (PARSEKIAN e MEDEIROS, 2021a; FREIRE, 2007; ACCETTI, 1998). Além disso, Parsekian e Medeiros (2021a) apontam que a livre movimentação da laje pode ser substituída por uma proteção térmica na laje de cobertura, embora seja mais onerosa e menos comum.

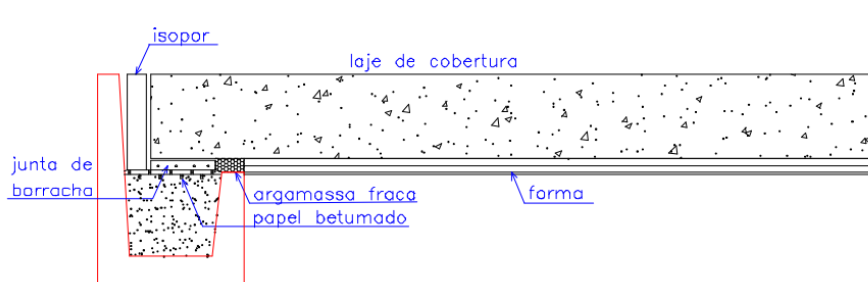
Figura 10 - Detalhe da laje de cobertura (apoio deslizante)



Fonte: Freire (2007).

Para os casos em que for utilizada a canaleta J como cinta de respaldo da alvenaria do último andar, é recomendada a colocação de uma placa de isopor entre a terminação da laje de cobertura e a parede da canaleta (como exemplificado na Figura 11), a fim de, também, minimizar as patologias geradas pela movimentação térmica da laje (ACCETTI, 1998). O uso de beirais no último pavimento, elimina a necessidade desse detalhe construtivo, como mostra o exemplo de Parsekian (2014b) na Figura 12.

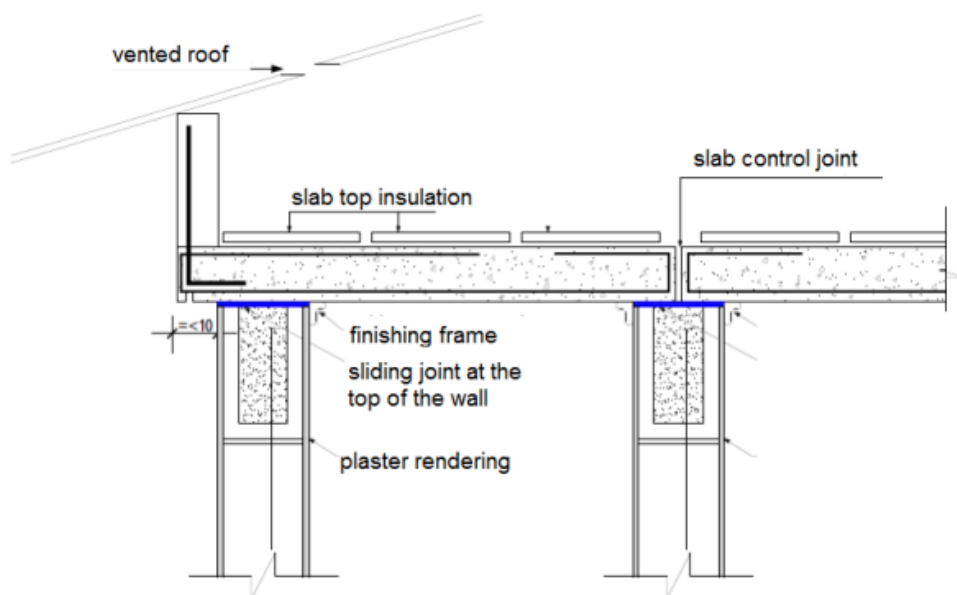
Figura 11 - Detalhe da laje de cobertura com canaleta J (isopor e apoio deslizante)



Fonte: Adaptado de Franco *et al* (1991)¹ *apud* Accetti (1998).

¹ FRANCO, L. S. et al. Desenvolvimento de um novo processo construtivo em alvenaria estrutural não-armada de blocos de concreto. Manual do processo construtivo Poli-ENCOL: projeto. São Paulo. 184p. Convênio EPUSP / CPqDCC – Projeto EP / EM-5, Relatório técnico R5-25/91. 1991.

Figura 12 - Detalhe da laje de cobertura com beiral (apoio deslizante)



Fonte: Parsekian (2014b).

2.1.7 INSTALAÇÕES PREDIAIS

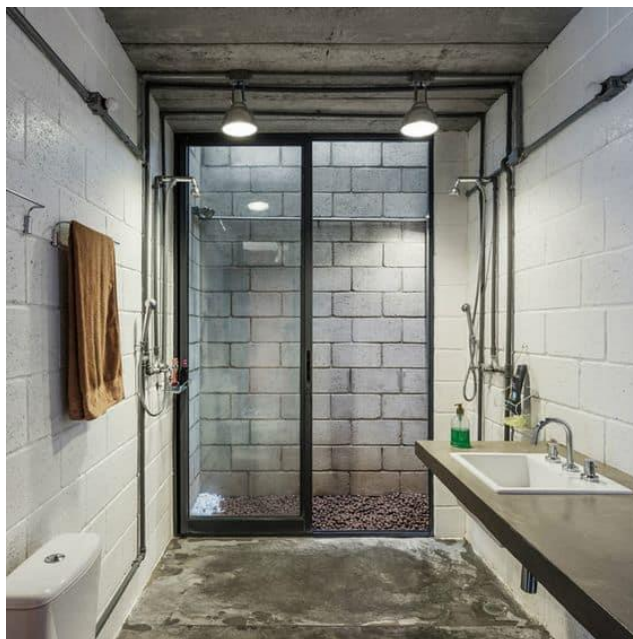
De acordo com Parsekian (2014b), os eletrodutos para instalações elétricas, de TV, de telefonia etc. usualmente são alocados dentro dos furos verticais dos blocos e sua execução é feita concomitantemente à elevação das paredes. Porém, em alguns casos, também é possível que todas essas instalações sejam feitas de maneira externa, eliminando interferências entre os subsistemas. Accetti (1998) acrescenta que o projetista estrutural deve ser informado das dimensões e posicionamento do quadro geral de distribuição, de forma que possam ser detalhados reforços estruturais, se necessário, e/ou redução das áreas resistentes da alvenaria.

Já para as instalações hidrossanitárias, a NBR 16868-1 determina que não é permitido o embutimento de condutores de fluido em paredes estruturais, a menos que seja previsto que sua manutenção não exija cortes na alvenaria (ABNT, 2020a). Algumas das principais soluções que podem ser empregadas são a utilização de *shafts*, enchimentos, embutimento em paredes não-estruturais (de vedação) e uso de tubulação aparente.

A passagem de tubulações por paredes não-estruturais pode ser cômoda e simples, porém ocorre uma grande perda de racionalização de todo o processo, uma vez que implica em retrabalhos e desperdícios com materiais e mão de obra, além de que o menor número de paredes estruturais pode prejudicar o sistema estrutural do edifício (ACCETTI, 1998).

A utilização de tubulações hidrossanitárias aparentes (Figura 13) permite uma total independência entre os subsistemas prediais e maior facilidade nos processos de manutenção. Porém, depende da aceitabilidade arquitetônica, uma vez que gera grande influência estética, e da determinação de procedimentos específicos que garantam o desempenho do sistema (NEVES, 2010).

Figura 13 - Banheiro com instalações prediais aparentes



Fonte: Doce Obra (2022).

A instalação através de enchimentos consiste em posicionar as tubulações de forma aparente adjacente às paredes estruturais e, posteriormente, escondê-las com enchimentos de argamassa e/ou blocos/tijolos de vedação de pequena espessura (SANTOS, 1998). O preenchimento pode ser parcial (Figura 14), cobrindo apenas as regiões com tubulação, ou totais, cobrindo toda a parede.

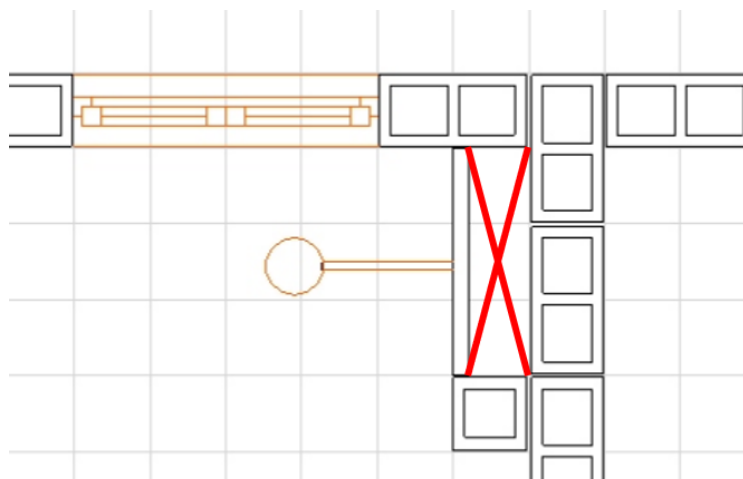
Figura 14 - Instalação hidrossanitária com enchimento de tijolos



Fonte: Santos (1998).

Por fim, as aberturas verticais do tipo *shafts* (Figura 15) são as melhores alternativas para instalações hidrossanárias tanto do ponto de vista construtivo quanto estrutural (TAUIL, 2010). O fechamento pode ser feito com placas pré-moldadas, gesso acartonado, tijolos maciços dentre outros.

Figura 15 – Shaft de banheiro



Fonte: Adaptado de Roman e Parizotto Filho (2017).

Para vencer, especificamente, os trechos horizontais das tubulações, outras soluções podem ser adotadas, como o uso de sancas ou forros de gesso sob as lajes, exemplificado na Figura 16.

Figura 16 - Tubulação horizontal sob a laje (a ser oculta por forro de gesso)



Fonte: Santos (2004)² *apud* Rauber (2005).

2.1.8 REVESTIMENTOS

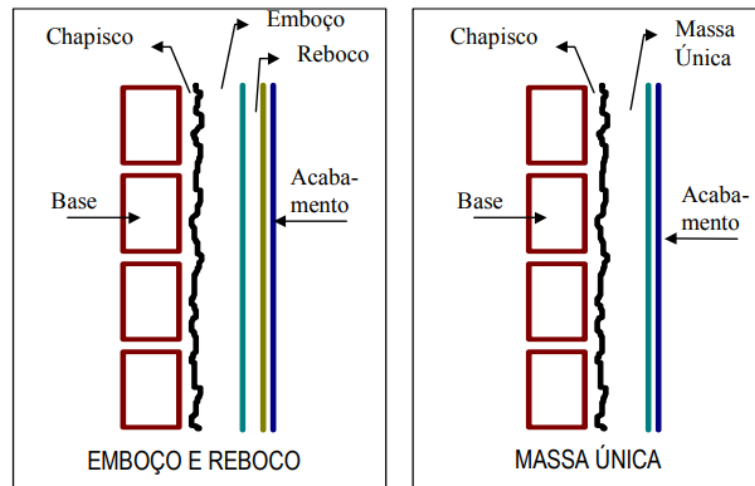
Nas construções de alvenaria estrutural, não existem restrições quanto ao tipo de revestimento a ser utilizado nas paredes, podendo ser empregadas as principais opções também utilizadas nos sistemas construtivos convencionais, ressaltando o uso de revestimento argamassado, pastas de gesso e até mesmo a escolha por alvenaria aparente, ou seja, finalização de paredes sem qualquer revestimento (RAUBER, 2005).

Segundo Pastro (2007), nas construções de alvenaria estrutural, os gastos com revestimentos argamassados e de gesso tendem a ser reduzidos quando comparados a construções convencionais, devido, principalmente, à maior precisão dimensional dos blocos utilizados e a maior exigência construtiva quanto a prumo e imperfeições.

O revestimento argamassado geralmente é composto por 3 camadas: chapisco, emboço e reboco. Suas funções são, respectivamente: aumentar a aderência do revestimento ao substrato; regularizar a superfície; e dar o acabamento do revestimento. Porém, é comum a utilização da chamada “camada única” ou “massa única” que substitui as camadas de emboço e reboco, conciliando as funções de regularização e acabamento (MACIEL *et al*, 1998). Ambos os métodos são exemplificados na Figura 17.

² SANTOS, M. D. F. S. **Relatórios técnicos:** Monitoramento de obras de Alvenaria Estrutural. Santa Maria: UFSM/GPDAE, 2004.

Figura 17 - Camadas de revestimento argamassado



Fonte: Maciel *et al* (1998).

Já o revestimento de gesso é composto por uma única camada aplicada diretamente na base, dispensando a utilização de chapisco (Figura 18). Assim, todo o processo ganha maior agilidade, produtividade e menores custos de execução (CARVALHO, 2018). Além disso, possui superfície lisa, proporcionando um melhor acabamento quando comparado aos revestimentos argamassados (BREITSAMETER, 2012).

Figura 18 - Aplicação de pasta de gesso em paredes e teto



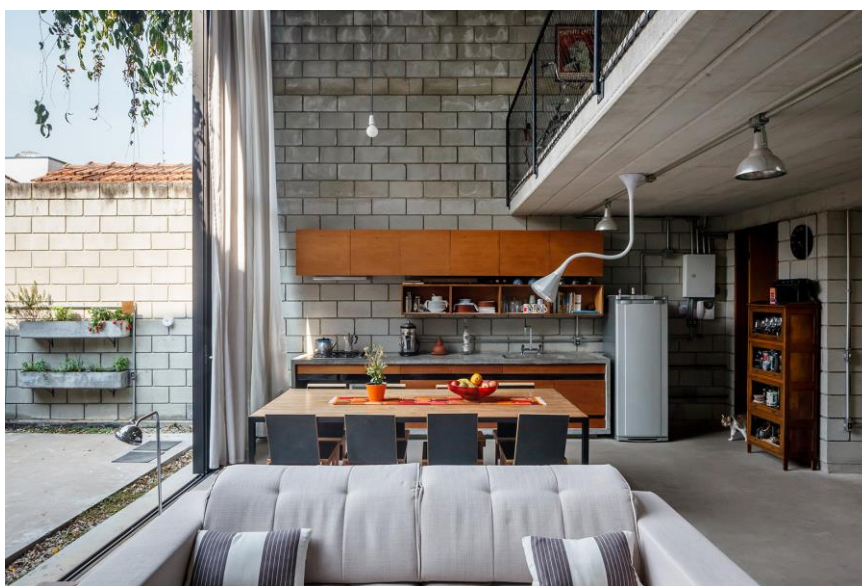
Fonte: Obra Expertise (2019).

Todavia, como verificado por Breitsameter (2012), o uso das pastas de gesso acarreta um expressivo volume de resíduos sólidos na obra, muito maior que o de revestimentos argamassados. Esse fato é justificado pelo curto tempo de trabalho do gesso,

o que acaba por gerar grandes desperdícios de materiais. Outra questão que Bispo e Fróis (2017) ressaltam é que como o gesso, em contato com a água, pode se dissolver, ele não é indicado como revestimento externo de paredes e/ou em áreas molháveis, exceto quando aplicado algum tratamento especial de proteção contra umidade.

A alvenaria de blocos aparentes (Figura 19) é uma opção vantajosa por reduzir resíduos da construção, custos com revestimentos e etapas de trabalho (TRAJANO, 2016). Chagas Júnior (2021) salienta a importância da escolha dos blocos em construções de alvenaria aparente, uma vez que características como aparência, acabamento, dimensões e geometria dos blocos são essenciais para garantir uma boa estética do conjunto. Ademais, acrescenta que todas as juntas de assentamento devem ser limpas e arrematadas, demandando uma mão de obra mais especializada.

Figura 19 - Casa de alvenaria com blocos aparentes



Fonte: Terra e Tuma (2011).

2.2 PROCESSOS DE EXECUÇÃO

De acordo com Parsekian (2014a), nos sistemas construtivos tradicionais, embora não adequado, é comum notar que erros executivos são aceitos. Porém, para o caso de alvenaria estrutural em que o sistema executivo é bastante simples, esses tipos de erros não são tolerados.

Segundo Roman e Parizotto Filho (2017), existem 4 principais frentes que definem uma boa execução da alvenaria estrutural: comunicação projeto/obra; sequência executiva e interdependências entre atividades; layout da obra; e treinamento da mão de obra.

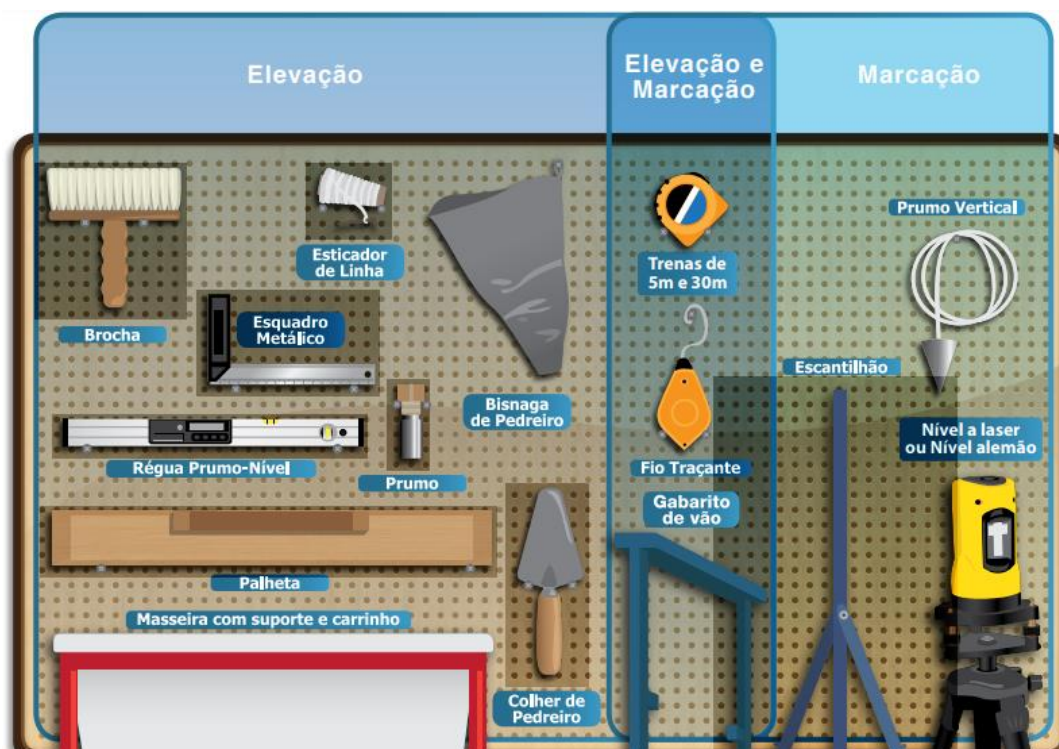
A comunicação projeto/obra deve ser rápida e precisa, de modo a sanar quaisquer dúvidas que possa haver e repassar as mudanças de projeto e/ou execução entre ambas as partes. A sequência executiva das atividades deve ser clara para os envolvidos no processo, evitando perda de produtividade por retrabalhos. O layout do canteiro de obras deve favorecer o processo construtivo, prevendo as melhores posições para preparação de materiais e equipamentos, por exemplo. Por fim, o treinamento da mão de obra vem como pré-requisito para a execução da alvenaria estrutural, na medida em que nesse sistema construtivo itens como prumo, nivelamento e alinhamento são de extrema importância (ROMAN e PARIZOTTO FILHO, 2017). Além disso, Camacho (2006) salienta que a qualidade da mão de obra tem grande influência na resistência final da alvenaria, assim, precisa ser treinada de maneira adequada.

A execução da alvenaria estrutural deve seguir todas as etapas especificadas na ABNT NBR 16868-2 (2020b) e descritas a seguir.

2.2.1 REQUISITOS

Segundo ABCP (2012), antes de iniciar o processo de execução da alvenaria, alguns procedimentos devem ser realizados e serviços pré-existentes checados. Todos os envolvidos na execução devem utilizar os respectivos equipamentos de proteção individual (EPI), a fim de garantir a segurança dos trabalhadores. As ferramentas a serem utilizadas nas etapas de execução já devem também estar definidas e presentes na obra. Algumas das principais ferramentas usadas no processo de alvenaria estrutural são mostradas na Figura 20.

Figura 20 - Ferramentas utilizadas na alvenaria estrutural

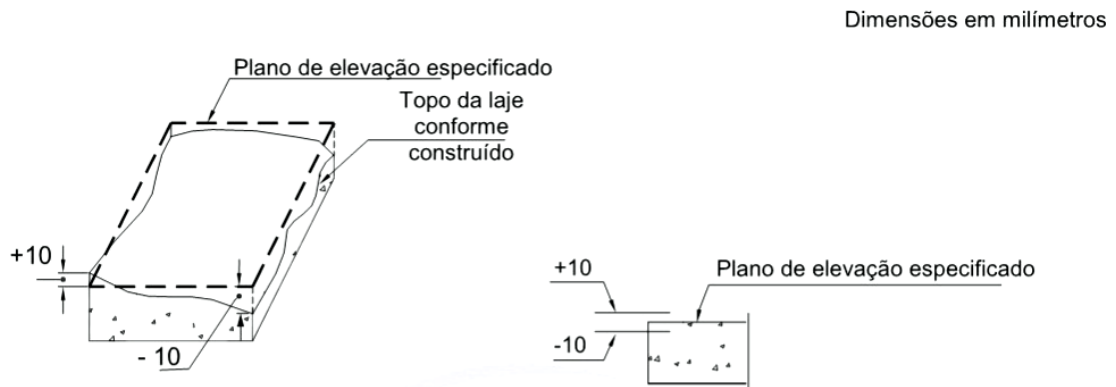


Fonte: ABCP (2012).

Além disso, o líder da equipe deve estudar a fundo os projetos arquitetônicos, estruturais e complementares e verificar as posições dos pontos de instalações prediais, a fim de explorar todas as possíveis interferências entre subsistemas (NICHELE, 2014).

A NBR 16868-2 especifica, ainda, que a base de apoio da alvenaria (seja ela laje, viga etc.) deve estar com seus esquadros verificados, nivelada (com variação máxima de ± 10 mm, conforme Figura 21) e limpa, de forma a retirar quaisquer materiais que possam prejudicar a aderência da argamassa de assentamento entre os blocos e base. Ademais, devem ser assegurados os posicionamentos dos arranques e reforços de aço de acordo com o projeto (ABNT, 2020b).

Figura 21 - Variação do nível da superfície de apoio da alvenaria



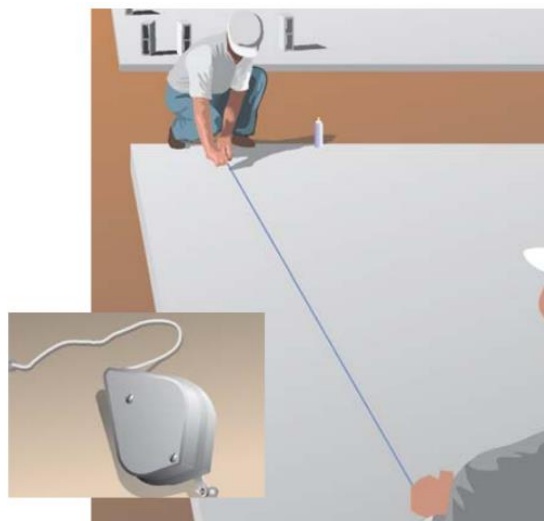
Fonte: Adaptado de ABNT NBR 16868-2 (2020b).

2.2.2 MARCAÇÃO DA ALVENARIA

A marcação da primeira fiada é um dos pontos cruciais de todo o processo, uma vez que ela influencia na precisão geométrica de todas as paredes da alvenaria (ABNT, 2020b).

Segundo Selecta (2022), a marcação pode ser feita com linha guia ou linha com pó colorido (linha traçante) para delimitar a posição das paredes sobre o pavimento (Figura 22).

Figura 22 - Marcação com linha traçante

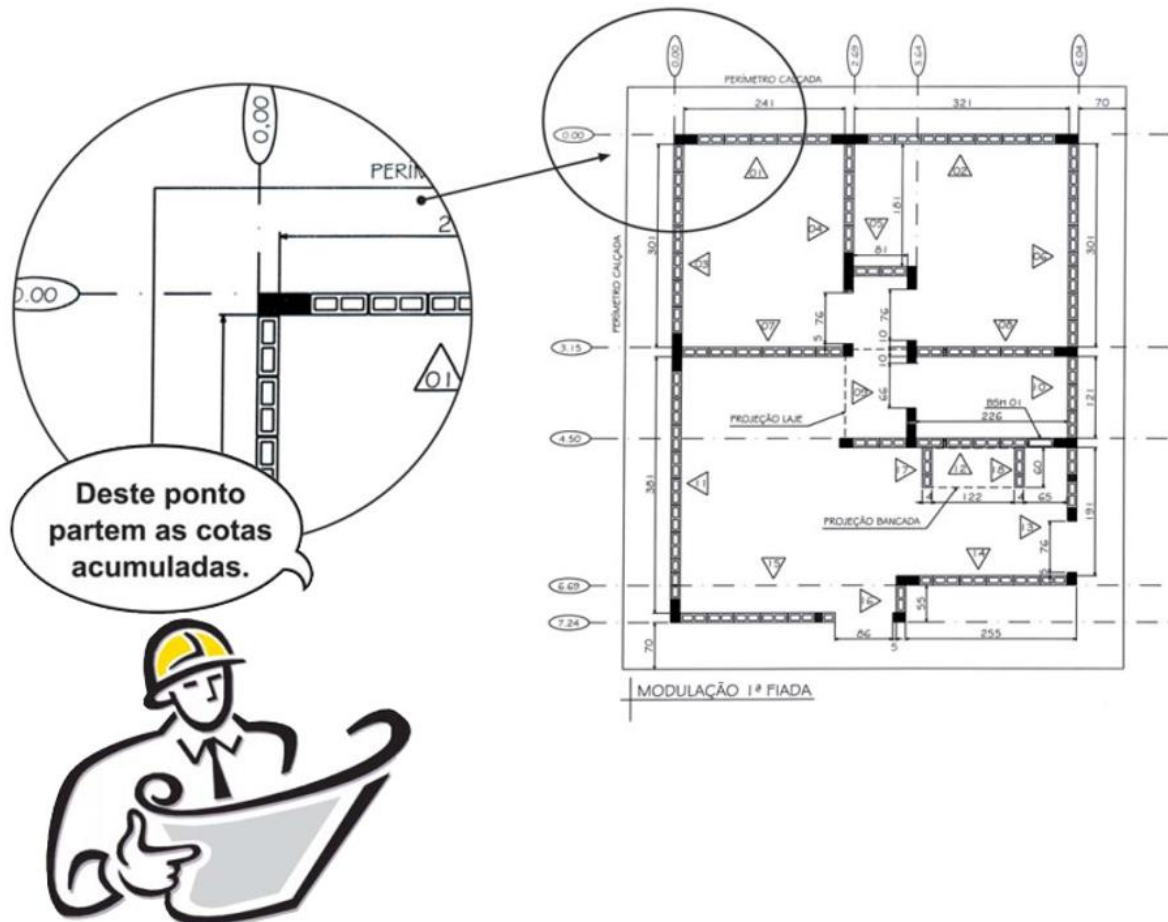


Fonte: ABCP (2010).

O posicionamento das paredes deve estar indicado no projeto através de cotas acumuladas, que especificam a distância de uma das faces do bloco até um eixo de

referência pré-definido, auxiliando a evitar erros progressivos de medidas (Figura 23). Nesse processo é importante garantir o correto esquadro entre paredes perpendiculares verificando as medidas diagonais de espaços retangulares (as quais devem ser iguais) ou utilizando relações de medidas 3, 4 e 5 de triângulos retângulos (ABCP, 2012; SELECTA, 2022).

Figura 23 - Eixos de referência para cotas acumuladas



Fonte: Adaptado de ABCP (2010).

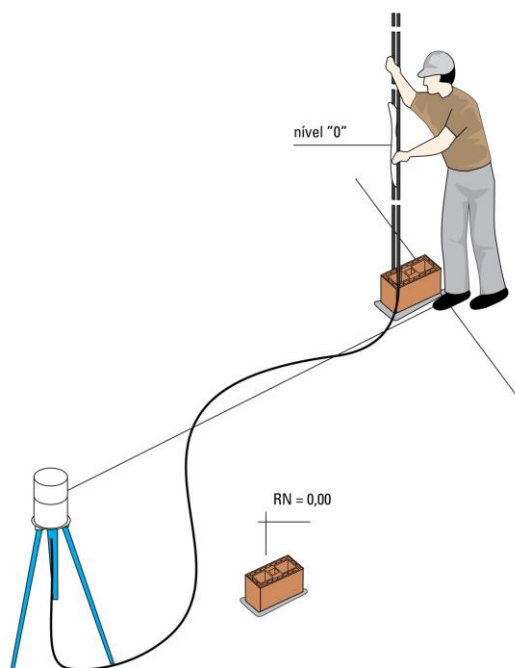
Além das paredes, também devem ser marcadas as posições das esquadrias, passagens e *shafts* presentes na edificação, sempre seguindo as especificações do projeto (ABCP, 2012).

2.2.3 REFERÊNCIA DE NÍVEL

Segundo Selecta (2022), deve-se assentar um único bloco no nível mais alto do pavimento, o qual pode ser encontrado com o uso de nível a laser ou nível alemão. Esse bloco servirá como referência de nível para todos os demais da primeira fiada (como

exemplificado na Figura 24). De acordo com a NBR 16868-2, a junta horizontal de assentamento dos blocos da primeira fiada deve ser de no mínimo 5 mm e no máximo 20 mm, sendo permitidas juntas de 30 mm em trechos de até 50 cm. Ainda acrescenta que, caso for necessária a utilização de junta superior ao valor estabelecido, deve ser feito um nivelamento com material de mesma resistência da base de apoio da alvenaria (ABNT, 2020b).

Figura 24 - Uso do nível alemão durante referência de nível



Fonte: Selecta (2022).

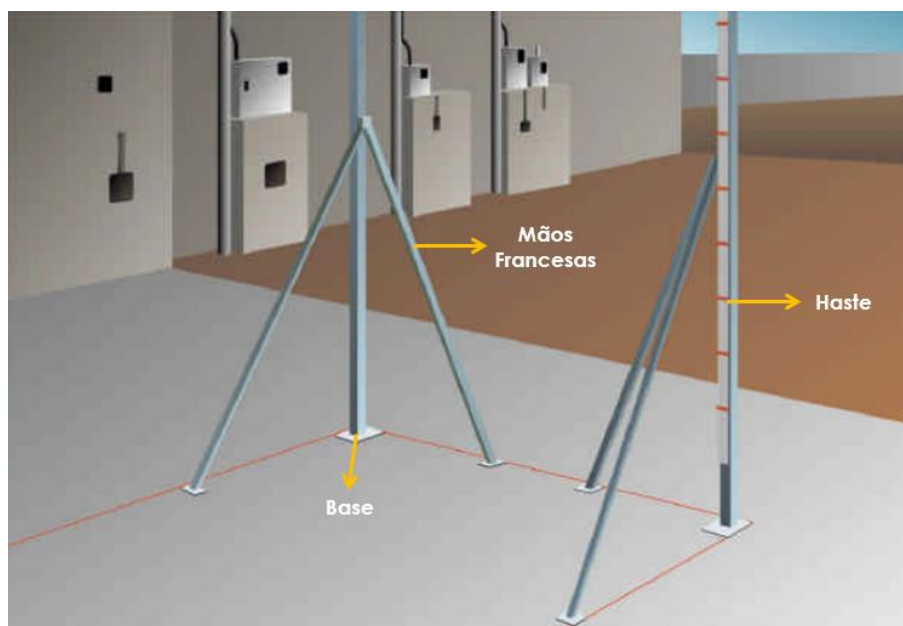
2.2.4 NIVELAMENTO DAS FIADAS

A Associação Brasileira de Cimento Portland (2012) indica o uso de escantilhões para nivelar as fiadas da alvenaria. Esses aparelhos, ilustrados na Figura 25, que podem ser tanto industrializados quanto feitos na obra, são posicionados nos cantos da edificação e têm a finalidade de fixar as alturas das fiadas, garantindo o nivelamento entre elas de forma simples e prática. Os escantilhões devem ser fixados na base de assentamento da alvenaria com pregos ou bucha e parafuso e sua instalação deve ser feita com o auxílio de nível de bolha e prumo ou régua prumo-nível (ABCP, 2012).

Nas hastes dos escantilhões devem existir marcações verticais graduadas condizentes ao módulo vertical da alvenaria (geralmente de 20 cm). A cada fiada a ser

executada deve ser esticada uma linha que uma dois escantilhões posicionada na altura referente a tal fiada.

Figura 25 - Escantilhão



Fonte: Adaptado de ABCP (2010).

2.2.5 INSTALAÇÃO DE GABARITOS

Durante a fixação dos escantilhões, ABCP (2010) indica que também devem ser instalados os gabaritos das portas nos vãos já marcados no pavimento (Figura 26). Esses aparelhos facilitam e agilizam a execução da alvenaria por delimitar e fixar os pontos de aberturas das paredes, evitando checagens constantes das dimensões dos vãos durante a elevação.

Figura 26 - Fixação de gabaritos nos vãos das portas



Fonte: ABCP (2010).

Ao longo da elevação da alvenaria, ao atingir a fiada do peitoril das janelas indicada em projeto, o processo análogo deve ser realizado, fixando os gabaritos das janelas nas paredes (Figura 27) (ABCP, 2012).

Figura 27 - Gabaritos de janelas instalados



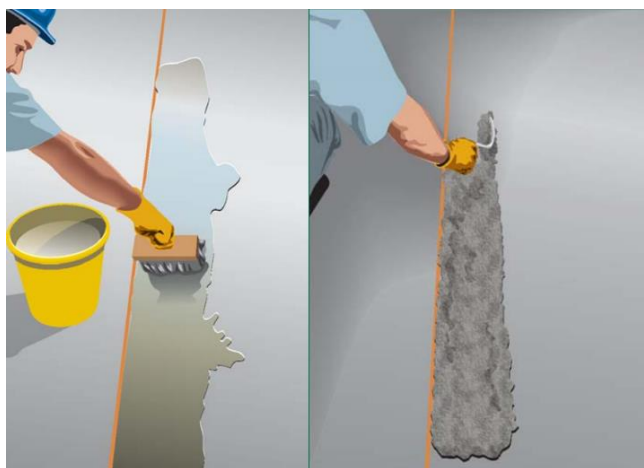
Fonte: ABCP (2010).

2.2.6 ELEVÇÃO DA ALVENARIA

Richter (2007) diz que a elevação da alvenaria estrutural é uma etapa fundamental para garantir a qualidade do edifício, conformidade, confiabilidade, desempenho e durabilidade.

Para o assentamento da primeira fiada, deve-se umedecer o local da base de assentamento com brocha e a argamassa deve ser aplicada em toda a extensão da largura dos blocos com colher de pedreiro, exceto nos pontos a serem grauteados (ABCP, 2012; SOARES, 2011). Nichele (2014) explica que no assentamento dessa fiada deve ser utilizada uma argamassa de apenas areia e cimento, com o objetivo de preencher possíveis imperfeições na base de apoio das paredes. Selecta (2022) indica que o assentamento da primeira fiada deve ser iniciado pelos blocos estratégicos, ou seja, os localizados em cantos, intersecções de paredes e determinantes das aberturas de portas.

Figura 28 - Umedecimento da base e aplicação da argamassa na primeira fiada

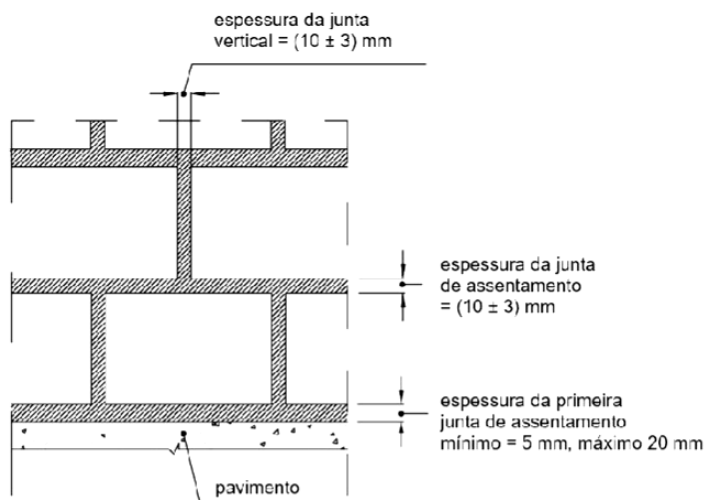


Fonte: Adaptado de ABCP (2010).

Durante a elevação das paredes, devem ser seguidas as modulações de blocos presentes em projeto (o que inclui as devidas amarrações entre as paredes), além de ser imprescindível o cumprimento das tolerâncias de prumo, nível e a correta execução das espessuras de juntas verticais e horizontais (ABNT, 2020b).

Seguindo a ABNT NBR 16868-2 (2020b), todas as juntas de assentamento horizontais e verticais devem possuir 10 mm de espessura com tolerância de ± 3 mm, exceto a junta horizontal da primeira fiada, conforme Figura 29. Ressalta-se que juntas descontínuas e/ou com espessuras fora dos valores estabelecidos podem comprometer o desempenho térmico e acústico das paredes e sua estanqueidade.

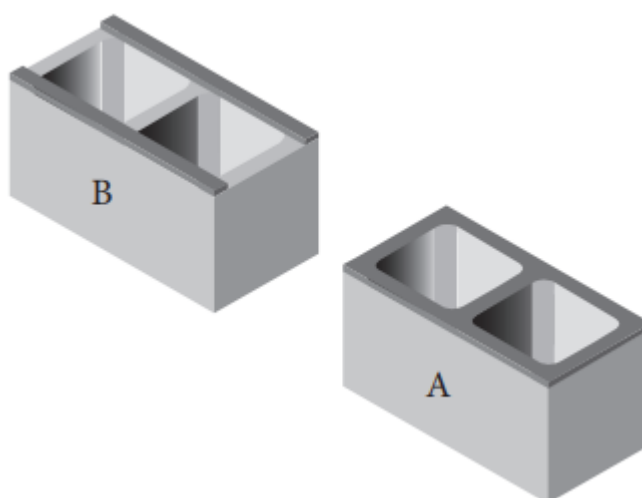
Figura 29 - Espessuras das juntas de assentamento



Fonte: Adaptado da ABNT NBR 16868-2 (2020b).

A partir da segunda fiada, as juntas de assentamento horizontal podem seguir dois modelos: argamassa sobre toda a face do bloco; ou dois cordões de argamassa nas paredes longitudinais dos blocos (Figura 30). O modelo de assentamento a ser utilizado em obra deve ser o indicado em projeto. Caso não indicado, adota-se o modelo de toda a face, aplicando argamassa tanto nas paredes longitudinais quanto nas transversais (ABNT, 2020b). Ressalta-se a importância de seguir o modelo de assentamento considerado em projeto, uma vez que a utilização de apenas cordões laterais resulta em uma diminuição de 20% da resistência da alvenaria (PARSEKIAN e MEDEIROS, 2021a).

Figura 30 - Assentamento sobre toda a face (A) e em cordões laterais (B)



Fonte: Parsekian e Medeiros (2021a).

ABCP (2012) indica que a aplicação de argamassa nas paredes transversais dos blocos pode ser feita com colher de pedreiro, porém nas paredes longitudinais deve ser utilizada uma ferramenta que controle o posicionamento da argamassa, a impedindo de cair nos furos verticais dos blocos e/ou para fora da alvenaria. As principais ferramentas utilizadas nesse caso são a paleta (ou palheta), colher meia cana e a bisnaga de pedreiro, cada uma com sua forma de manuseio específica (Figura 31).

Figura 31 - Principais ferramentas para assentamento de blocos com argamassa



Fonte: Adaptado de Equipaobra (2022).

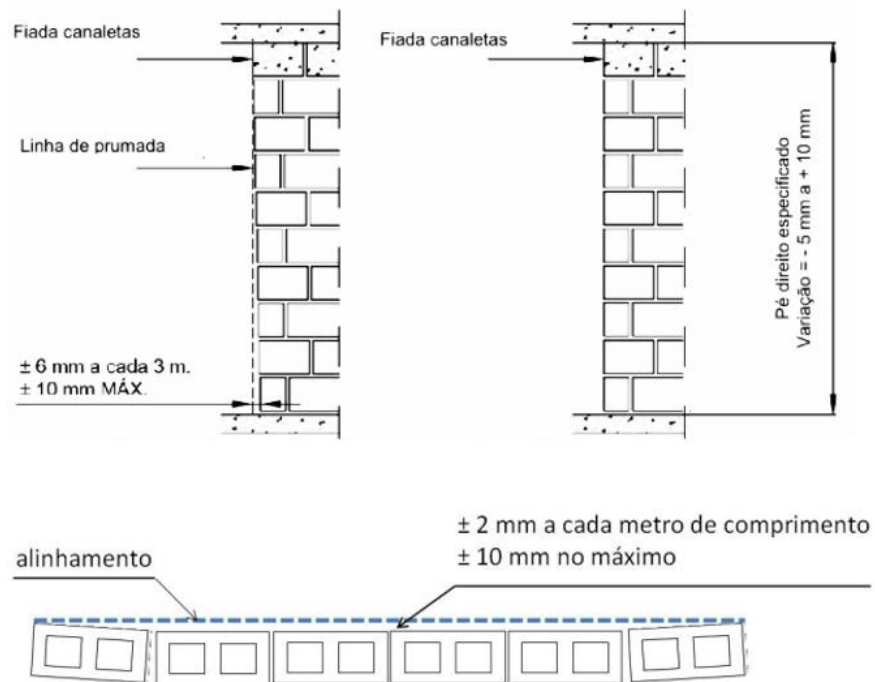
A NBR 16868-2 ressalta que em todas as edificações as juntas verticais devem ser preenchidas com dois filetes de argamassa de, ao menos, 30 mm de espessura. Porém, para edifícios de até 5 pavimentos, o preenchimento pode ser feito após a elevação das paredes mediante o uso de bisnaga aplicada com compressão suficiente que garanta a largura mínima de argamassa. Além disso, a argamassa deve ser não retrátil e a resistência ao cisalhamento da parede deve ser reduzida (ABNT, 2020b). Parsekian e Medeiros (2021a) ainda acrescentam que tal preenchimento deve ser feito 15 após a construção da parede. Nos demais casos, o preenchimento das juntas verticais deve ser feito junto à elevação da alvenaria.

Segundo a ABNT NBR 16868-2 (2020b), as paredes recém elevadas devem ser protegidas da chuva de modo que a argamassa de assentamento nas juntas não seja removida. Além disso o respaldo exposto ao tempo também desse ser protegido da chuva, seja por concretagem/grauteamento ou por proteção de topo.

As paredes devem respeitar o limite de o desaprumo e desalinhamento máximo de 10 mm por pavimento e 2 mm por metro, conforme Figura 32. Já na altura total do edifício, o

limite máximo de desaprumo é de 25 mm. Ao final do assentamento da fiada de respaldo, o pé-direito obtido não deve ultrapassar a variação de 5 mm a menos ou 10 mm a mais do que a altura especificada em projeto (Figura 32) (ABNT, 2020b).

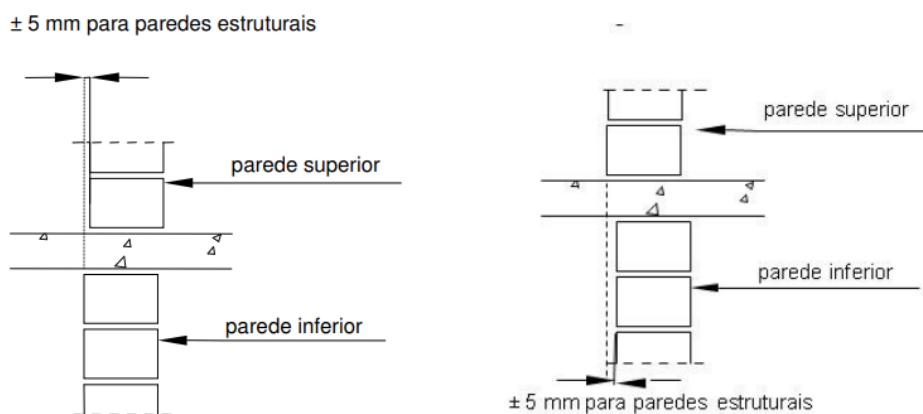
Figura 32 - Limites de desaprumo, desalinhamento e variação do pé-direito



Fonte: Adaptado de ABNT NBR 16868-2 (2020b).

A NBR 16868-2 (ABNT, 2020b) ainda especifica que a descontinuidade vertical entre paredes de pavimentos adjacentes não deve ser superior a 5 mm, conforme demonstrado na Figura 33. Para paredes periféricas a tolerância de descontinuidade com a borda da laje também é de 5 mm.

Figura 33 - Limites de descontinuidade entre paredes



Fonte: Adaptado de ABNT NBR 16868-2 (2020b).

2.2.7 INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

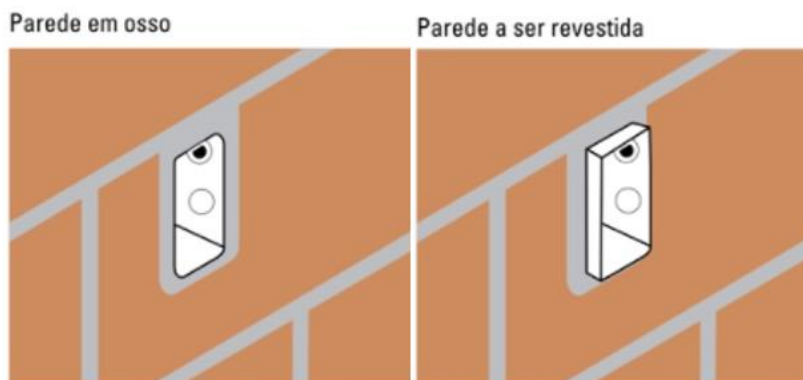
Caso os eletrodutos verticais forem alocados dentro dos furos dos blocos estruturais, ABCP (2010) indica que as caixas elétricas para tomadas e interruptores devem ser fixadas nos blocos antes da execução da alvenaria, conforme Figura 34.

Figura 34 - Preparação de blocos com caixas elétricas



Fonte: Adaptado de ABCP (2010).

O posicionamento das caixas elétricas deve estar previsto e explícito nas pranchas de elevações do projeto estrutural. Além disso, a fixação das caixas em paredes que receberão revestimento deve prever um afastamento em relação à face da alvenaria (Figura 35) de forma a acomodar tal revestimento (SELECTA, 2022).

Figura 35 - Detalhe de fixação da caixa elétrica

Fonte: Adaptado de Selecta (2022).

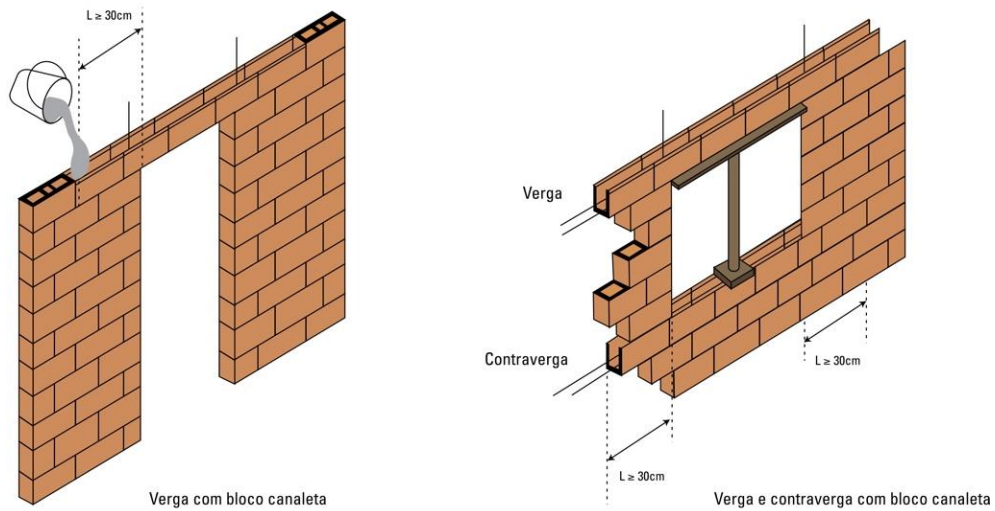
Outra solução disponível no mercado é o uso de caixas elétricas circulares. Com o auxílio de serra-copo diamantada, essas caixas podem ser embutidas na alvenaria após sua elevação, sem nenhum tipo de material complementar, como pregos, parafusos, buchas ou argamassas (NANOPLASTIC, 2022).

2.2.8 EXECUÇÃO DE VERGAS, CONTRAVERGAS E CINTAS

Segundo a NBR 16868-1, vergas são vigas sobre aberturas na alvenaria que têm a função de transmitir as cargas verticais para os apoios adjacentes às aberturas; já as contravergas são elementos estruturais armados alocados sob aberturas na alvenaria e sua função é de prevenir fissuras nos cantos (ABNT, 2020a). Para Oliveira *et al* (2016), a não execução de contravergas sob janelas e vergas sobre portas e janelas pode ocasionar patologias na edificação como fissuras geradas por acúmulo de tensões.

A NBR 16868-2 (ABNT, 2020b) traz que as vergas e contravergas podem ser feitas com o uso de canaletas preenchidas com graute e armadura (Figura 36), peças moldadas no local com o uso de fôrmas ou peças pré-moldadas, seguindo as indicações do projeto estrutural pré-estabelecidas.

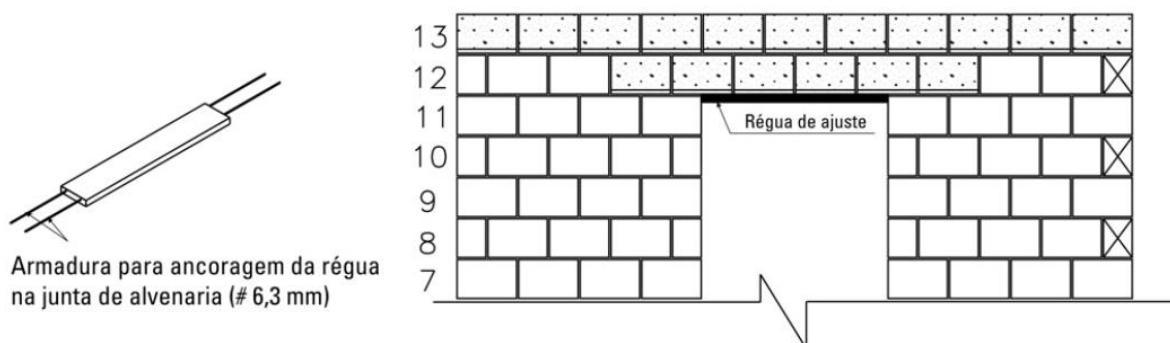
Figura 36 - Vergas e contravergas com canaletas



Fonte: Selecta (2022).

No caso das portas, como as dimensões comerciais não segue a coordenação modular vertical da alvenaria (com múltiplos de 20 cm + 1 cm de argamassa), pode ser utilizada uma régua de ajuste pré-moldada associada às canaletas das vergas (conforme Figura 37). A régua é assentada no nível da altura da porta (geralmente na 11ª fiada) e pode ser utilizada como apoio no assentamento das canaletas, sendo necessário apenas um escoramento provisório no centro do vão (Selecta, 2022).

Figura 37 - Régua de ajuste para modulação de vãos verticais

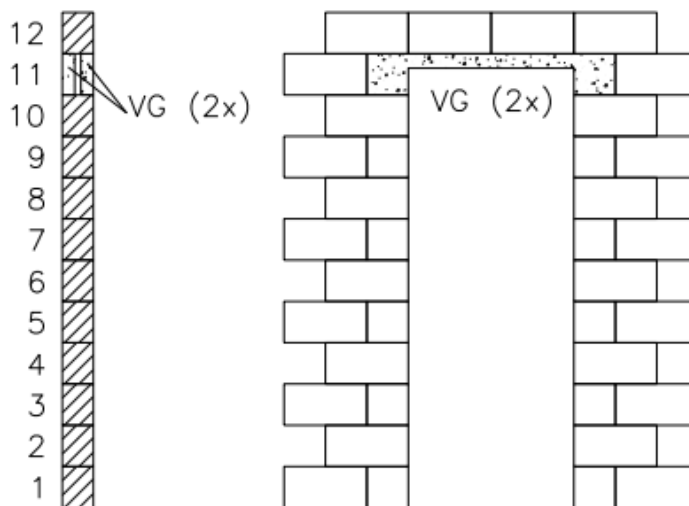


Fonte: Selecta (2022).

Outra maneira de possibilitar o acerto dos vãos verticais das portas é a utilização de vergas pré-moldadas especiais (Figura 38). Essa solução também facilita a execução pois

elimina a necessidade de canaletas grauteadas e, portanto, de escoramentos provisórios (PARSEKIAN, 2020).

Figura 38 - Verga pré-moldada

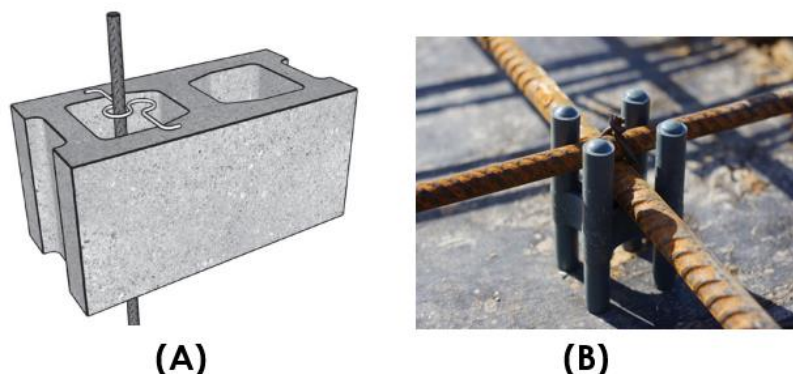


Fonte: Parsekian (2020).

Segundo Parsekian e Medeiros (2021a), nos projetos de alvenaria estrutural, a armadura das vergas deve sempre ser dimensionada, já a armadura das contravergas é apenas construtiva e pode ser adotada como uma barra de aço de 10 mm ou uma treliça TR 08. Ainda acrescentam que o comprimento de apoio das contravergas deve ser de pelo menos 30 cm; e das vergas de 15 cm para aberturas até 1 metro de comprimento e 30 cm para aberturas com mais 1 metro de comprimento. Com esses detalhes, os autores indicam que o uso de grauteamento e armadura vertical ao lado das aberturas deixa de ser essencial.

A NBR 16868-1 indica que todas as armaduras envolvidas em graute devem respeitar um cobrimento mínimo de 15 mm considerando apenas a região grauteada (ABNT, 2020a). Parsekian e Medeiros (2021a) especificam o uso de espaçadores para resolver essa questão de posicionamento, que podem ser tanto para armadura vertical quanto horizontal (Figura 39).

Figura 39 - Espaçadores para armaduras verticais (A) e horizontais (B)



Fonte: A: National Concrete Masonry Association (2003)³ *apud* Parsekian e Medeiros (2021a); B: Jeruel Plásticos (2022).

Preferencialmente na última fiada de todas as paredes da alvenaria deve ser executada uma cinta contínua, que permita a solidarização das paredes. Essa cinta pode ser executada com canaleta preenchidas com graute ou moldada no local com o uso de fôrmas, sempre garantindo seu total preenchimento. O grauteamento dessa cinta dever ocorrer antes da montagem das fôrmas da laje, exceto quando for garantida a não movimentação dos blocos durante o processo de execução (ABNT, 2020b).

Soares (2011) indica que antes do grauteamento da cinta de respaldo, devem ser verificadas e garantidas que todas as passagens elétricas especificadas em projeto estejam em suas corretas posições.

2.2.9 GRAUTEAMENTO

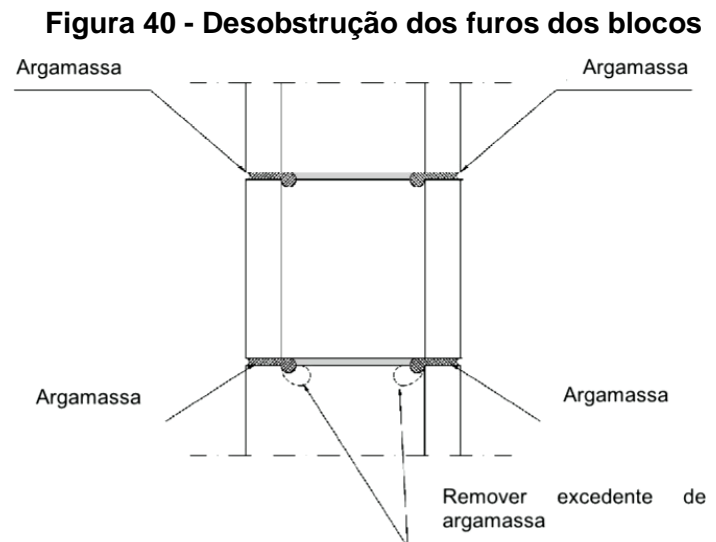
Nichele (2014) expõe que o processo de grauteamento geralmente é feito em 2 etapas: a primeira quando a alvenaria atinge metade de sua altura final; e a segunda quando é atingida a última fiada da parede. Já ABCP (2012) indica a execução a cada 6 fiadas. Essas divisões são endossadas pelo limite de 1,6 m na altura de lançamento de graute estabelecido pela NBR 16868-2, a fim de evitar segregação dos materiais. Tal limite pode ser excedido caso o graute possua aditivo que garanta a coesão sem segregação (ABNT, 2020b).

Nos pontos de grauteamento, tanto nas paredes longitudinais dos blocos quanto nas transversais, deve ser aplicada argamassa de assentamento horizontal, independentemente

³ National Concrete Masonry Association. **Annotated design and construction details for concrete masonry**. Herndon: NCMA, 2003

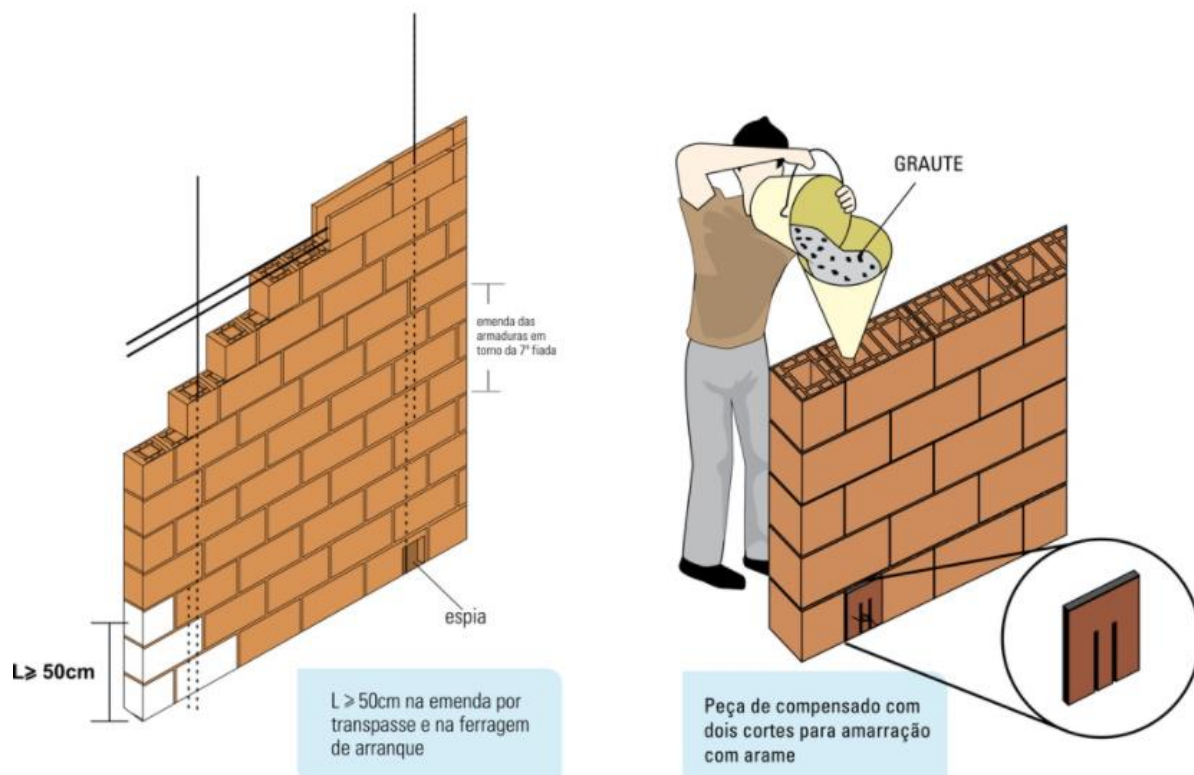
do modelo utilizado no assentamento dos demais blocos. Além disso, devem ser verificadas as ligações das armaduras por transpasse, conforme indicado em projeto (ABNT, 2020b).

Antes do grauteamento, devem ser retiradas as rebarbas de argamassa presentes nos septos dos blocos que receberão o graute (Figura 40). Assim, os resíduos devem ser retidos por uma janela de inspeção (também chamada de visita ou espia) pré-executada na base do ponto (como exemplificado pela Figura 41) e o local molhado. Segundo Selecta (2022), a janela de inspeção deve ser fechada com o uso de uma peça de compensado que permita o confinamento do graute a ser lançado. Após o lançamento, o graute deve ser adensado de forma manual com uma barra de aço com diâmetro de 10 a 15 mm, diferente da utilizada como armadura; no caso de graute autoadensável, isto não se aplica (ABNT, 2020b; ABCP, 2012).



Fonte: Adaptado de ABNT NBR 16868-2 (2020b).

Figura 41 – Detalhes do grauteamento



Fonte: Selecta (2022).

2.3 PROCEDIMENTOS DE CONTROLE DE OBRAS

Segundo Canato (2015), a implementação de inovações em métodos e práticas construtivas demandam garantias quanto aos seus níveis de eficiência e segurança. Explica, ainda, que, conceitualmente, nenhum método construtivo aceita erros, porém, no caso da alvenaria estrutural, existe um teor mais crítico.

Devido ao fato de as paredes resistirem a diferentes tipos de carregamento, no sistema de alvenaria estrutural é fundamental que haja um controle de obras desde o recebimento dos materiais utilizados até a finalização da construção, garantindo qualidade, durabilidade e segurança aos usuários (PARSEKIAN; MEDEIROS, 2021b).

A NBR 16868-2 (ABNT, 2020b) define que para haver um controle eficiente da execução de alvenaria estrutural ele deve ser planejado sob 5 principais aspectos:

- 1) atendimento a um projeto estrutural elaborado conforme a ABNT NBR 16868-1 e devidamente compatibilizado com os projetos das demais especialidades técnicas;
- 2) determinação dos responsáveis pela execução do controle e circulação das informações;

- 3) determinação dos responsáveis pelo tratamento e resolução das não conformidades;
- 4) definição da forma de registro e arquivamento das informações;
- 5) estabelecimento de procedimentos específicos para o controle dos materiais e componentes, do processo de execução da alvenaria e para a sua aceitação. (ABNT, 2020b).

2.3.1 CONTROLE DA RESISTÊNCIA DOS MATERIAIS, COMPONENTES E DAS ALVENARIAS À COMPRESSÃO AXIAL

2.3.1.1 CARACTERIZAÇÃO PRÉVIA

Segundo a NBR 16868-2, antes do início da obra, é necessário fazer uma caracterização da resistência dos materiais, componentes e alvenaria a serem utilizados (ABNT, 2020b). Parsekian e Medeiros (2021a) explicam que a caracterização prévia tem como objetivo diminuir as incertezas das propriedades dos materiais utilizados nos primeiros pavimentos de edificações em alvenaria estrutural, que suportam maiores tensões. Ainda acrescentam que essa prática evita a ocorrência de não conformidades e a necessidade de reforços estruturais, o que comumente acontece nas obras atuais.

Devem ser caracterizados os blocos/tijolos, argamassas de assentamento, grautes e elementos representativos da alvenaria, como prismas, pequenas paredes ou paredes. Nos casos em que forem utilizadas argamassas industrializadas ou produzidas na obra com o uso de aditivos, deve-se realizar também ensaio de resistência à tração na flexão, determinado por prismas de 5 fiadas (ABNT, 2020b). Parsekian e Medeiros (2021a) indicam a realização do ensaio de tração na flexão em todos os casos em que existir dúvida sobre a aderência bloco-argamassa, uma vez que a baixa aderência pode causar patologias na edificação. A Tabela 3 traz a quantidade mínima de corpos de prova empregados nos ensaios exigidos.

Tabela 3 - Número mínimo de corpos de prova usados na caracterização prévia

Material ou Elemento	Ensaio	Corpos de Prova	Método de Ensaio ABNT
Bloco de Concreto	Análise Dimensional	6	NBR 12118
	Resistência à Compressão		
Bloco Cerâmico	Análise Dimensional	13	NBR 15270-2
	Resistência à Compressão		
Tijolo Cerâmico	Análise Dimensional	13	NBR 15270-2
	Resistência à Compressão		
Argamassa	Resistência à Compressão	6	NBR 16868-2 ou NBR 13279
Graute	Resistência à Compressão	6	NBR 5739
Prisma (2 fiadas)	Resistência à Compressão	6	NBR 16868-3
Pequena Parede	Resistência à Compressão	6 (opcional)	NBR 16868-3
Parede	Resistência à Compressão	3 (opcional)	NBR 16868-3
Prisma (5 fiadas)	Resistência à Tração na Flexão	6 (recomendado)	NBR 16868-3

Fonte: Adaptado de Parsekian e Medeiros (2021a) e ABNT NBR 16868-2 (2020b).

A NBR 16868-2 salienta que para projetos em que for especificado graute para aumento da resistência à compressão da alvenaria, os ensaios de elementos da alvenaria (prismas, pequenas paredes e paredes) devem ser realizados em igual número e com corpos de prova totalmente grauteados (ABNT, 2020b).

No caso de já ter sido realizada caracterização prévia dos mesmos materiais a serem utilizados dentro do prazo de 360 dias que antecedem o início da obra, podem ser utilizados os resultados destes ensaios anteriores (ABNT, 2020b). Tais ensaios podem ter sido feitos em empreendimentos anteriores da mesma construtora ou feitos pelos próprios fornecedores dos materiais (PARSEKIAN e MEDEIROS, 2021a). Porém, sempre que ocorrer mudança dos tipos dos materiais (seja por resistência, fornecedor ou outras propriedades), deve ser feita nova caracterização (ABNT, 2020b).

2.3.1.2 CONTROLE DOS MATERIAIS, COMPONENTES E ALVENARIA EM OBRA

Oliveira *et al* (2016) explicita que o correto armazenamento dos materiais utilizados na alvenaria estrutural é de extrema importância para a segurança estrutural, devendo-se desenvolver controle de estoque dos componentes que influenciam na resistência da alvenaria.

No caso da argamassa de assentamento e graute, deve haver controle em seu processo de produção, garantindo a adequada dosagem de materiais e procedimentos de mistura destes (ABNT, 2020b).

Canato (2015) indica que argamassas industrializadas possuem controle tecnológico mais preciso e recomenda seu uso no assentamento dos blocos estruturais, uma vez que o produto possui maior constância e homogeneidade.

De maneira geral, a NBR 16868-2 exige que seja feito um controle sistemático dos blocos, argamassas e grautes utilizados, além de garantir as resistências dos prismas oco e cheio, quando aplicáveis (ABNT, 2020b).

2.3.1.2.1 BLOCOS OU TIJOLOS

Os blocos e tijolos utilizados na alvenaria estrutural devem sempre atender às resistências e características especificadas no projeto estrutural. Além disso, todas as especificações dadas pela NBR 15270-1 (ABNT, 2017) e NBR 6136 (ABNT, 2016) devem ser respeitadas, respectivamente, para blocos/tijolos cerâmicos e de concreto (ABNT, 2020b).

A NBR 16868-2 explica que o controle dos blocos na obra pode ser dispensado caso 3 condições forem contempladas: os blocos possuírem certificação de conformidade; o f_{bk} dos blocos for menor ou igual a 14 MPa; e a obra realizar ensaios de prismas em todos os pavimentos da edificação (ABNT, 2020b).

Caso qualquer uma das condições não seja atendida, a obra deve controlar as dimensões e resistências características à compressão dos blocos de cada lote de obra (que deve ser especificado de acordo com a Tabela 4). Também podem ser feitos ensaios de absorção de água e área líquida, a critério do responsável pela obra (ABNT, 2020b). Parsekian e Medeiros (2021a) acrescentam que, mesmo no caso da dispensa desse controle, é recomendado que seja realizada ao menos a inspeção visual de cada entrega.

Tabela 4 - Definição de lote para controle de blocos e tijolos

Número de pavimentos acima do considerado para controle (até a cobertura)	Área construída em planta (m²)
0 a 4	1800
5 a 9	1200
10 ou acima	600

Fonte: ABNT NBR 16868-2 (2020b).

A NBR 16868-2 ainda explica que os lotes de obra podem ser compostos de mais de um lote de fábrica. Porém, nesse caso, deve ser assegurada que na amostragem dos ensaios existam ao menos 5 exemplares de cada lote de fábrica (ABNT, 2020b). O número de amostras utilizadas nos ensaios de blocos e tijolos cerâmicos é mostrado na Tabela 5 e nos ensaios de blocos de concreto na Tabela 6.

Tabela 5 - Tamanho da amostra para blocos e tijolos cerâmicos

Quantidade mínima de blocos para ensaio de características geométricas e resistência à compressão	Quantidade mínima de blocos para ensaio de absorção de água
13	6

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 15270-1 (2017).

Tabela 6 - Tamanho da amostra para blocos de concreto

Quantidade de blocos do lote	Quantidade mínima de blocos para ensaio dimensional e resistência à compressão axial		Quantidade de blocos para ensaios de absorção e área líquida
	Desvio-padrão desconhecido	Desvio-padrão conhecido	
Até 5000	6	4	3
5001 a 10000	8	5	3
Acima de 10000	10	6	3

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 6136 (2016).

O lote de blocos ou tijolos é aceito quando as dimensões condizem com as especificações da NBR 15270-1 (ABNT, 2017) e NBR 6136 (ABNT, 2016) e a resistência característica à compressão estimada for maior ou igual à especificada em projeto (ABNT, 2020b).

Na obra, esses materiais devem ser descarregados em superfície plana e nivelada, assegurando a estabilidade das pilhas de blocos. Seu armazenamento pode ser tanto sobre lajes com cimbramento quanto sobre solo, desde que seja evitada a contaminação dos blocos por ação da capilaridade da água. Os blocos devem ser protegidos da chuva e identificados quanto a sua resistência e lote de obra (ABNT, 2020b).

2.3.1.2.2 ARGAMASSAS E GRAUTES

As argamassas de assentamento utilizadas na alvenaria estrutural devem sempre atender às resistências e características especificadas no projeto estrutural. Além disso, todas as especificações dadas pela NBR 13279 (ABNT, 2005) devem ser respeitadas (ABNT, 2020b).

O graute deve atender à resistência especificada no projeto estrutural e ter características no estado fresco que garantam o preenchimento completo dos furos dos blocos sem apresentar segregação de materiais e nem retração que prejudique a interação entre graute e as paredes dos blocos (ABNT, 2020b).

Durante o recebimento e armazenamento dos insumos para produção de argamassa e grautes não industrializados, deve-se averiguar se os ensacados (cimento e cal) estão dentro do prazo de validade e se os sacos estão íntegros e secos. Ademais, os ensacados devem ser armazenados em pilhas de até 10 sacos de altura em locais cobertos, protegidos da chuva e da umidade do solo (sobre superfícies impermeáveis, de preferência pisos argamassados) e sem contato direto com paredes e tetos. Se estiverem úmidos, devem ser descartados. Nos casos em que for assegurada a utilização dos ensacados em até 15 dias, são permitidas pilhas de até 15 sacos de altura (ABNT, 2020b).

Para o caso de argamassas e grautes industrializados a granel secos, as exigências de recebimento são as mesmas dos demais ensacados já citados, ou seja, conferir o prazo de validade, integridade dos sacos e se não apresentam umidade. O armazenamento também deve ser feito distante de paredes e tetos, em local coberto, sobre superfície impermeável, protegido da ação do tempo e da umidade do solo. O empilhamento pode seguir as recomendações do fabricante, desde que não ultrapasse 10 sacos de altura. Além disso, deve-se garantir que produtos diferentes sejam separados por lotes e por tipos,

impedindo misturas acidentais. A forma do armazenamento deve permitir que os sacos mais antigos sejam utilizados antes que os mais novos (ABNT, 2020b).

O uso de argamassas e grautes dosados em central deve assegurar o atendimento à NBR 16868-2 (ABNT, 2020b) quanto às suas especificações, procedimentos de armazenamento, prazos e formas de utilização.

A argamassa de assentamento deve ser utilizada até 2 h 30 min após sua produção, a menos que seja utilizado aditivo retardador de pega. A trabalhabilidade deve ser compatível com as características dos componentes da alvenaria e com os equipamentos empregados na mistura, transporte e aplicação. Caso necessário, a consistência da argamassa pode ser ajustada com a adição de água apenas uma vez durante o período de uso. Em regiões com clima propício à evaporação, recomenda-se que o recipiente da argamassa seja coberto. Durante a dosagem da argamassa de assentamento, com materiais medidos em massa ou volume, o cimento, a cal hidratada, a água, os agregados miúdos e os produtos a granel possuem uma tolerância de 3%. Já um eventual aditivo tem tolerância de 5% em sua medida. O processo de mistura dos materiais deve ser feito de forma mecânica garantindo um produto homogêneo. Após transportada ao local de aplicação, é recomendado que a argamassa seja remisturada manualmente (ABNT, 2020b).

O graute deve ser utilizado até 2 h 30 min após a inserção da água na mistura, a menos que seja utilizado aditivo retardador de pega. São considerados grautes estruturais apenas aqueles que atingem resistência à compressão característica de no mínimo 15 MPa. Os agregados utilizados devem ter dimensão inferior a 1/4 da menor dimensão dos vazados que serão preenchidos. A dosagem deve considerar a absorção de água dos blocos e juntas de argamassa, o que pode resultar em uma redução na quantidade de água da mistura. Durante a dosagem do graute, com materiais medidos em massa ou volume, o cimento, a cal hidratada, a água, os agregados miúdos e os produtos a granel possuem uma tolerância de 3%. Já um eventual aditivo tem tolerância de 5% em sua medida. O graute deve ser misturado mecanicamente e transportado ao local de aplicação evitando a segregação e perda de componentes (ABNT, 2020b).

A NBR 16868-2 (ABNT, 2020b) especifica que o ensaio de resistência à compressão da argamassa pode ser feito conforme o Anexo A da mesma norma ou conforme a NBR 13279 (ABNT, 2005). A amostra de argamassa deve conter 6 exemplares por lote, cada um constituído por um único corpo de prova. O lote de argamassa é aceito quando a resistência média à compressão desses exemplares é maior ou igual à especificada em projeto e seu coeficiente de variação for menor que 20%. Caso a resistência for uma vez e meia maior que a especificada, deve-se monitorar o aparecimento de fissuras na alvenaria. Parsekian e

Medeiros (2021a) explicam que argamassas muito rígidas podem acabar não acomodando deformações e causando patologias na construção.

Já para a determinação da aderência da argamassa com o bloco, pode ser utilizada a NBR 16868-3 (ABNT, 2020c), que define o método de ensaio de resistência à tração na flexão de prismas. Esses procedimentos devem ser atendidos tanto para argamassas dosadas no canteiro de obras quanto para argamassas industrializadas (ABNT, 2020b).

Para o ensaio de resistência à compressão do graute, devem ser seguidos os métodos contidos na NBR 5739 (ABNT, 2018). São necessários 6 exemplares por lote, compostos de 1 corpo de prova cada. No caso de graute dosado em central (com controle sistemático), podem ser utilizados os critérios estabelecidos pela NBR 12655 (ABNT, 2015). O lote de graute é aceito quando a resistência à compressão característica dos exemplares for maior ou igual à especificada no projeto estrutural (ABNT, 2020b).

Parsekian e Medeiros (2021a) indicam a execução de ensaio de abatimento (*slump test*) para verificação da trabalhabilidade do graute. Porém, sendo utilizado graute autoadensável, esse ensaio não é necessário.

Segundo a NBR 16868-2 (ABNT, 2020b), o tamanho do lote para ensaios de argamassas e graute é definido pelo critério mais limitante dentre os seguintes:

- 600 m² de área construída em planta;
- 2 pavimentos (para blocos/tijolos com $fbk \leq 6$ MPa);
- 1 pavimento (para blocos/tijolos com $fbk > 6$ MPa);
- 2 semanas consecutivas de produção;
- argamassa ou graute fabricados com matéria-prima de mesma procedência, mesma dosagem e mesmo processo de preparo.

2.3.1.2.3 RESISTÊNCIA DA ALVENARIA POR ENSAIO DE PRISMA

A NBR 16868-2 especifica que, para o controle da resistência da alvenaria, devem ser construídos no mínimo seis exemplares de prismas ocós por lote. Para projetos em que for exigido grauteamento para aumento da resistência à compressão da alvenaria, também devem ser feitos no mínimo 6 exemplares de prismas completamente grauteados (ABNT, 2020b). Segundo a NBR 16868-3, o número de exemplares pode cair para três, porém é aplicado um coeficiente mais rigoroso no cálculo do valor característico da resistência (ABNT, 2020c).

Para o caso de obras com repetição de construções, como várias casas ou prédios, a NBR 16868-2 estabelece que após o ensaio de pelo menos 4 lotes com coeficiente de variação inferior à 15% em todos eles, podem ser dispensados os ensaios de prismas já construídos. Porém, esse caso apenas é válido se: os blocos forem do mesmo fabricante, classe de resistência, espessura e família; a produção das construções levar até um ano; e se forem utilizadas nas alvenarias os mesmos materiais, componentes e procedimentos de execução. Uma vez que qualquer uma das condições não seja atendida, devem ser executados ensaios de prismas de todos os lotes (ABNT, 2020b).

Quando a resistência característica do prévia obtida pelos ensaios de caracterização prévia for maior ou igual ao dobro da resistência prevista em projeto, os ensaios de prismas em obra podem ser dispensados. Ressalta-se que essa dispensa não retira a obrigatoriedade do controle de recebimento de blocos/tijolos, argamassas e grautes (ABNT, 2020b).

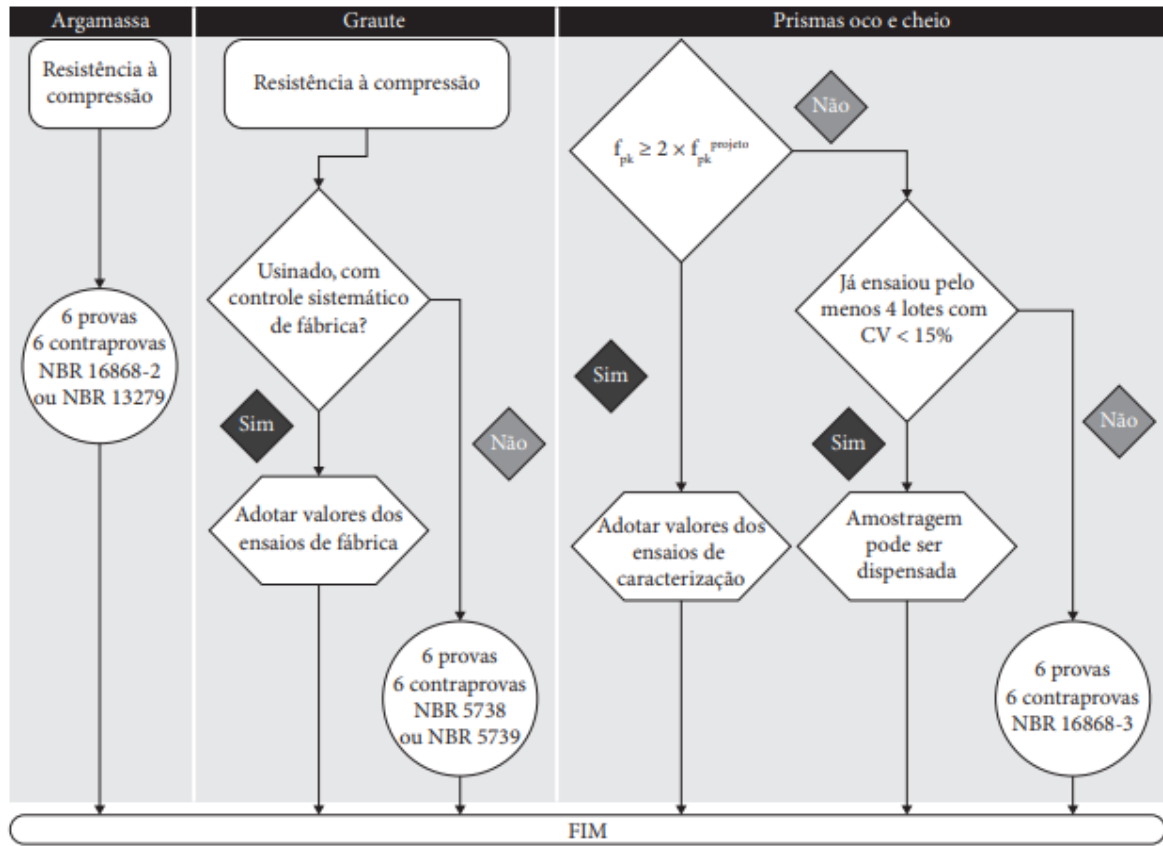
Segundo a NBR 16868-2 (ABNT, 2020b), o tamanho do lote para ensaios de prismas é definido pelo critério mais limitante dentre os seguintes:

- 600 m² de área construída em planta;
- um pavimento quando foi dispensado o controle de blocos na obra; dois pavimentos quando os blocos foram controlados;
- blocos/tijolos do mesmo fabricante, classe de resistência, espessura e família;
- um ano de produção;
- alvenarias que utilizem os mesmos materiais, componentes e procedimentos para execução.

O ensaio de prismas é aceito quando a resistência característica à compressão de corpos de prova com 28 dias de idade for maior ou igual à especificada em projeto estrutural (ABNT, 2020b). Parsekian e Medeiros (2021a) indicam que, para prismas ocos, a idade do ensaio pode ser de 14 dias, mesmo que a data de referência continue sendo de 28 dias.

Com base na NBR 16868-2 (ABNT, 2020b), Parsekian e Medeiros (2021a) elaboraram um diagrama que compila os procedimentos de controle de argamassas, grautes e prismas na obra (Figura 42).

Figura 42 - Diagrama de ensaios para argamassa, graute e prismas por lote em obra



Fonte: Parsekian e Medeiros (2021a).

2.3.2 CONTROLE DO PROCESSO DE EXECUÇÃO DA ALVENARIA

Os procedimentos de controle devem contemplar o controle da execução da alvenaria estrutural no tocante à locação das paredes, sua elevação e posterior grauteamento. Sobre tais processos, a NBR 16868-2 (ABNT, 2020b) traz exigências mínimas e tolerâncias que devem ser seguidas à risca a fim de garantir um bom desempenho da edificação. Neste trabalho, tais exigências foram tratadas no capítulo 2.2 em suas respectivas etapas de execução. Um resumo das variáveis de controle pode ser visto na Tabela 7.

Tabela 7 - Variáveis de controle geométrico na produção da alvenaria

	Fator	Tolerância
Junta horizontal	Espessura	± 3 mm
	Nível	2 mm/m
		10 mm no máximo
Junta vertical	Espessura	± 3 mm
	Alinhamento vertical	2 mm/m
		10 mm no máximo
Alinhamento e locação da parede	Vertical (desaprumo)	± 2 mm/m
		± 10 mm no máximo por piso
	± 25 mm na altura total do edifício	
	Horizontal (desvio em relação à locação e desalinhamento)	2 mm/m
± 10 mm no máximo		
Nível superior das paredes	Nivelamento da fiada de respaldo	± 10 mm

Fonte: ABNT NBR 16868-2 (2020b).

2.3.3 ACEITAÇÃO DA ALVENARIA

Segundo a NBR 16868-2 (ABNT, 2020b), a aceitação parcial ou total da alvenaria está atrelada ao atendimento dos processos de controle de materiais, componentes, alvenaria e execução de alvenaria. Assim, para a alvenaria ser aceita, deve-se atender a todos os requisitos referentes aos blocos/tijolos, produção de argamassa e graute, controle da resistência de prismas e execução de alvenaria.

No caso de algum dos critérios não ser atingido, o projeto deve ser revisto, conforme o construído, e avaliada sua aceitação ou não pelo projetista. Se necessário, podem ser requisitados ensaios que comprovem a resistência da alvenaria executada, que podem ser feitos no local ou por meio da extração de testemunhos (ABNT, 2020b).

Uma vez que a alvenaria não for aceita, total ou parcialmente, devido ao não cumprimento às condições já citadas, três possíveis ações podem ser tomadas: restringir os usos da estrutura; executar reforços estruturais; ou demolir as estruturas em desacordo. Caso seja especificada a restrição ao uso, tais informações devem estar explícitas nos

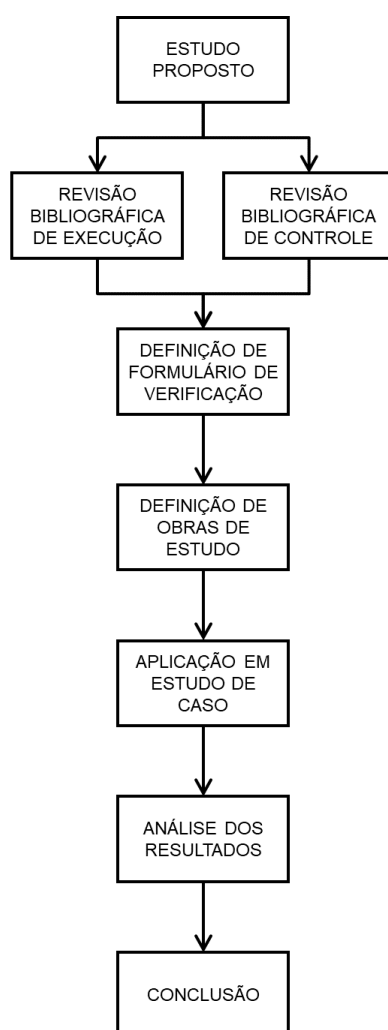
documentos entregues aos usuários da edificação, como documentos “*as built*” (como construído) e manuais de uso, operação e manutenção da edificação (ABNT, 2020b).

3. METODOLOGIA E COLETA DE DADOS

A metodologia utilizada para este trabalho é pautada em pesquisas bibliográficas/documentais e estudos de caso, visando o levantamento de dados que embasem o estudo proposto de forma descritiva e qualitativa.

As etapas constituintes no desenvolvimento da pesquisa em questão são descritas na Figura 43.

Figura 43 - Fluxograma das etapas do estudo



A revisão bibliográfica relacionada às diretrizes de execução consistiu no estudo de trabalhos acadêmicos, manuais, livros técnicos e referências de normas técnicas que definem exigências construtivas e boas práticas de execução de alvenaria estrutural. A partir dessa revisão são definidos procedimentos que direcionam e elencam as melhores práticas construtivas para essas edificações.

Já a revisão relacionada ao processo de controle de obras visou estudar as orientações dadas pela NBR 16868-2: Alvenaria Estrutural - Parte 2: Execução e controle de obras. Após uma análise total do procedimento, pode ser formulado um roteiro que facilite e esclareça os processos de controle de obras.

Com o material bibliográfico recolhido, foi construído um formulário de questões relacionadas às etapas de execução e controle de obras de alvenaria estrutural. Esse formulário tem a intenção de coletar informações das condutas tidas por construtoras que executam edificações de menor exigência estrutural.

Formado com estrutura de *checklist*, o formulário foi direcionado aos engenheiros responsáveis de obras e percorreu os principais métodos e detalhes construtivos das edificações, modos de controle tecnológico utilizados e espaços para eventuais observações pertinentes, além de comentários dos respondentes acerca dos assuntos tratados.

Assim, foram escolhidas três empresas do interior do estado de São Paulo que praticam esse tipo de construção para aplicar o questionário em uma obra de cada empresa. Os resultados obtidos foram então analisados e comparados com as exigências e melhores práticas anteriormente detalhadas, de forma a encontrar os índices de adesão das obras às exigências de execução e controle de obras vistos nas normas brasileiras atualizadas. Além disso, também serão analisadas as razões pelas quais os responsáveis pelas obras lidam com a execução e controle da maneira expressa, buscando encontrar padrões de decisões e/ou sugestões de melhoria.

3.1 FORMULÁRIOS DE VERIFICAÇÃO

Para a aplicação do estudo de caso foram criados formulários de verificação com base na bibliografia estudada. Tais formulários foram subdivididos entre as frentes de processos de execução e procedimentos de controle, aqui expressos na Tabela 8 e Tabela 9, respectivamente.

Tabela 8 - Formulário de verificação de processos de execução

(continua)

1	REQUISITOS
1.1	Utilização de EPI por toda a equipe participante da execução
1.2	Ferramentas definidas e já presentes na obra
1.3	Projetos arquitetônicos e complementares presentes na obra e estudados pelo líder de equipe
1.4	Base de apoio da alvenaria limpa, com esquadros verificados e nivelada (com variação máxima de ± 10 mm)
2	MARCAÇÃO DA ALVENARIA
2.1	Marcação das paredes com linha guia ou linha traçante
2.2	Verificação dos esquadros entre paredes perpendiculares
2.3	Marcação das esquadrias, passagens e <i>shafts</i>
3	REFERÊNCIA DE NÍVEL
3.1	Assentamento de um único bloco no ponto mais alto do pavimento, encontrado com nível a laser ou nível alemão (com junta de espessura mínima de 5 mm)
4	NIVELAMENTO DAS FIADA
4.1	Fixação de escantilhões nos cantos da edificação com nível de bolha e prumo ou régua prumo-nível
5	INSTALAÇÃO DE GABARITOS
5.1	Fixação de gabaritos em portas e janelas
6	ELEVAÇÃO DA ALVENARIA
6.1	Umedecer a base de apoio dos blocos da primeira fiada
6.2	Aplicar argamassa em toda a extensão da largura do bloco, exceto nos pontos de grauteamento
6.3	Início do assentamento pelos blocos estratégicos (de canto, em intersecções de parede e delimitado por aberturas)
6.4	Seguir a modulação de blocos expressa no projeto
6.5	Utilizar juntas horizontais da primeira fiada com espessura mínima de 5 mm e máxima de 20 mm
6.6	Utilizar juntas verticais e horizontais das demais fiadas com espessuras de 10 mm (com variação máxima de ± 3 mm)
6.7	Seguir o modelo de assentamento expresso em projeto (seja em toda a face dos blocos ou apenas em dois cordões)
6.8	Aplicar argamassa nas paredes longitudinais com o uso de paleta, canaleta ou bisnaga de pedreiro
6.9	Aplicar argamassa nas paredes transversais com o uso de colher de pedreiro
6.10	Preenchimento das juntas verticais da alvenaria durante a elevação ou 15 dias após a construção das paredes
6.11	Proteção de paredes recém elevadas contra chuva
6.12	Proteção de respaldos não grauteados contra chuva (evitando a entrada de umidade nos furos dos blocos)

Tabela 8 - Formulário de verificação de processos de execução

(conclusão)

7	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS
7.1	Fixação de caixas elétricas nos blocos antes da elevação das paredes ou de caixas elétricas circulares após a elevação total das paredes (com uso de serra-copo diamantada)
8	EXECUÇÃO DE VERGAS, CONTRAVERGAS E CINTAS
8.1	Uso de vergas armadas e grauteadas sobre portas e janelas
8.2	Uso de contravergas armadas e grauteadas sob janelas
8.3	Para aberturas de até 1 m de comprimento, deixar apoio das vergas com ao menos 15 cm para cada lado
8.4	Para aberturas com mais de 1 m de comprimento, deixar apoio das vergas com ao menos 30 cm para cada lado
8.5	Deixar apoio de contravergas com ao menos 30 cm para cada lado das janelas
8.6	Respeito ao cobrimento mínimo da armadura de 15 mm com o uso de espaçadores
8.7	Execução de cinta de respaldo grauteada e contínua em todas as paredes
9	GRAUTEAMENTO
9.1	Aplicação de argamassa nas paredes longitudinais e transversais dos pontos de graute
9.2	Verificação dos transpasses das armaduras, quando houver previsão no projeto
9.3	Desobstrução dos furos dos blocos com barra de aço
9.4	Retirada de resíduos através de janelas de visita na base dos pontos de graute
9.5	Molhagem do local
9.6	Fechamento da janela de visita
9.7	Lançamento do graute com limite de altura de 1,6 m (exceto quando possuir aditivo que garanta coesão dos agregados)
9.8	Adensamento com barra de aço (exceto que tratar-se de graute autoadensável)

Fonte: Autor (2022).

Tabela 9 - Formulário de verificação dos procedimentos de controle de obras

(continua)

1	CONTROLE DA RESISTÊNCIA DOS MATERIAIS, COMPONENTES E DAS ALVENARIAS À COMPRESSÃO AXIAL
1.1	Realização de ensaios de caracterização prévia dos blocos, argamassas, grautes e prismas antes do início do empreendimento (exceto se já realizado nos 360 dias anteriores em outro empreendimento com os mesmos materiais)
1.2	Realização de ensaios de análise dimensional e resistência à compressão dos blocos durante a obra (exceto se os blocos forem certificados, possuírem $f_{bk} \leq 14$ MPa e forem feitos ensaios de prismas em todos os pavimentos)
1.3	Realização de ensaio de resistência à compressão da argamassa durante a obra
1.4	Realização de ensaio de resistência à compressão do graute durante a obra (exceto quando se trata de graute usinado com controle sistemático de fábrica)
1.5	Realização de ensaio de resistência à compressão de prismas oco e cheio durante a obra (exceto quando a resistência da caracterização prévia for maior ou igual ao dobro da especificada em projeto ou quando já tiverem sido ensaiados 4 lotes com coeficiente de variação inferior à 15%)
1.6	Descarregamento e armazenamentos dos blocos em locais afastados do solo e protegidos da chuva
1.7	Checagem da data de validade e integridade dos ensacados (graute, argamassas, cimento, cal etc.) no recebimento
1.8	Armazenamento dos ensacados em pilhas de até 10 unidades de altura (exceto quando forem utilizados em menos de 15 dias) em locais cobertos, livres de umidade e sem contato direto com paredes e tetos
1.9	Utilização da argamassa de assentamento até 2 h 30 min após sua produção
1.10	Utilização do graute até 2 h 30 min após a adição de água na mistura

Tabela 9 - Formulário de verificação dos procedimentos de controle de obras

		(conclusão)
2	CONTROLE DO PROCESSO DE EXECUÇÃO DA ALVENARIA	
2.1	Utilizar juntas horizontais da primeira fiada com espessura mínima de 5 mm e máxima de 20 mm	
2.2	Utilizar juntas verticais e horizontais das demais fiadas com espessuras de 10 mm (com variação máxima de ± 3 mm)	
2.3	Respeitar limite de desaprumo de ± 2 mm por metro, de ± 10 mm por pavimento e de ± 25 mm na altura total da edificação	
2.4	Respeitar limite de desalinhamento de ± 2 mm por metro e de ± 10 mm por pavimento	
2.5	Respeitar a altura do pé-direito do pavimento especificada em projeto (com variação máxima de - 5 mm a + 10 mm)	
2.6	Respeitar limite de descontinuidade entre paredes de pavimentos adjacentes de ± 5 mm	
3	ACEITAÇÃO DA ALVENARIA	
3.1	Aceitar total ou parcialmente a alvenaria apenas se todos os demais processos de controle forem aprovados	

Fonte: Autor (2022).

Aqui vale ressaltar que no formulário referente aos processos de execução expressos na Tabela 8 não foram consideradas atividades relacionadas às instalações hidrossanitárias pois, como visto, o sistema hidrossanitário não deve ser atrelado diretamente ao de alvenaria estrutural, sendo demandadas soluções de engenharia que evitem seus conflitos. Todavia, como a existência de tais conflitos podem trazer prejuízos ao sistema estrutural, essas situações foram analisadas nos estudos de caso.

3.2 OBRAS DO ESTUDO DE CASO

O estudo de caso ocorreu em três obras de alvenaria estrutural no interior do estado de São Paulo em cidades distintas executadas por construtoras distintas. Em todas as obras houve pesquisa de campo executada pelo autor, sendo suas descrições e particularidades apresentadas nos tópicos seguintes.

3.2.1 OBRA “A”

A obra “A” está localizada na cidade de Serrana/SP. É uma obra de pequeno porte, sendo constituída de uma única casa térrea, mostrada na Figura 44. Essa unidade foi a primeira feita pela empresa em alvenaria estrutural e foi usada tanto como um estudo para replicar o método construtivo em empreendimentos maiores quanto como aplicação em

auditoria de obra em processo de certificação PBQP-H nível A (Programa Brasileira da Qualidade e Produtividade do Habitat) e ISO-9001 (Sistemas de Gestão da Qualidade), as quais garantem a qualidade e produtividade no fornecimento de habitações de interesse social (PBQP-H, 2022; ABNT, 2015). A duração total da obra, desde a execução do muro de arrimo até a finalização da pintura, foi de aproximadamente 6 meses.

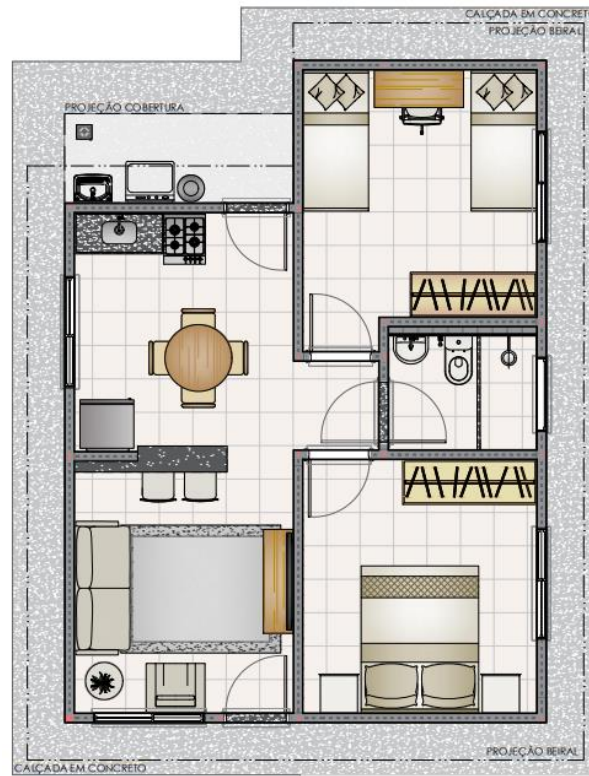
Figura 44 - Visão geral do empreendimento da obra "A"



Fonte: Acervo pessoal do autor (2021).

A casa de 55,68 m² conta com sala, cozinha, 2 dormitórios, 1 banheiro e área de serviço, como mostrado na Figura 45. A construção foi feita com blocos cerâmicos estruturais da família de dimensões 11,5 x 19 x 39 cm sobre fundação de radier.

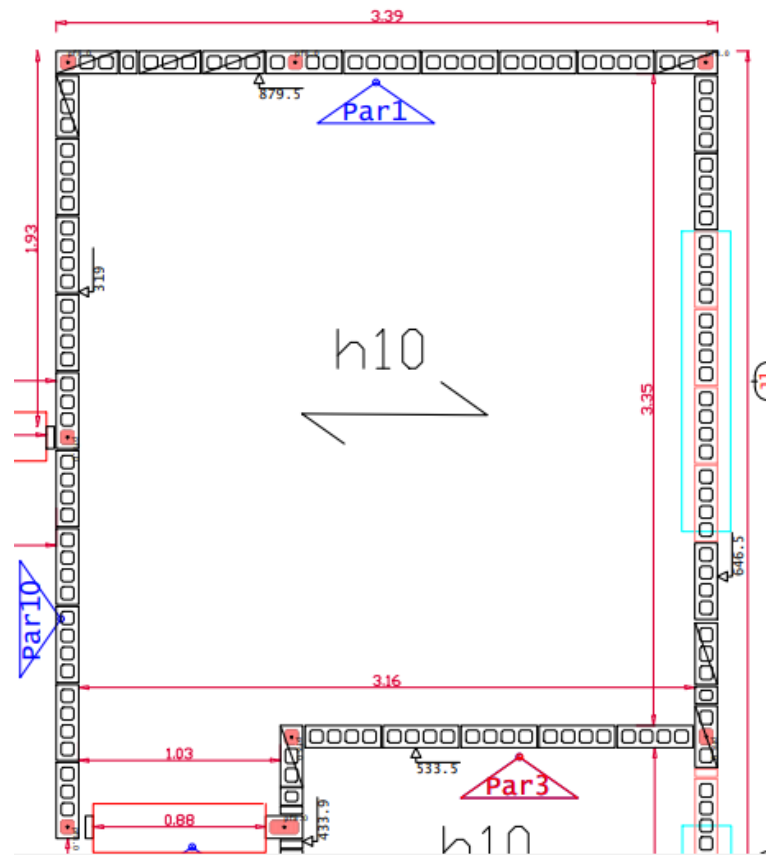
Figura 45 - Planta da edificação da obra "A"



Fonte: Construtora da obra "A" (2021).

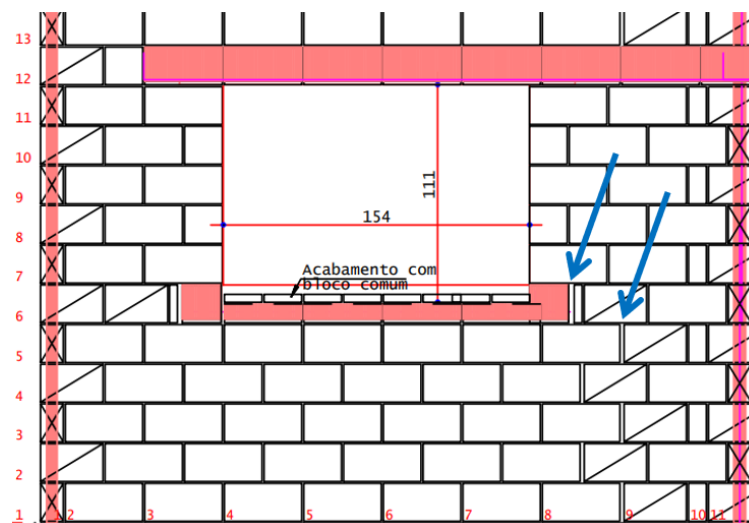
Apesar da concepção arquitetônica ter sido feita junto com a estrutural, a construção não é totalmente modular, fato constatado pelas cotas internas dos cômodos não seguirem o módulo do bloco usado (Figura 46) e pelas espessuras irregulares de argamassa de assentamento vertical (Figura 47).

Figura 46 - Cotas internas do quarto dos fundos



Fonte: Construtora da obra "A" (2021).

Figura 47 - Juntas de assentamento irregulares



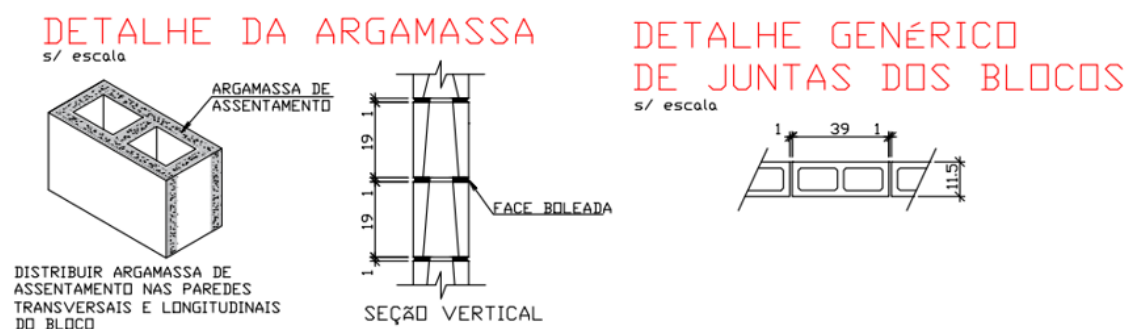
Fonte: Adaptado da construtora da obra "A" (2021).

O projeto de alvenaria estrutural prevê a distribuição de argamassa de assentamento sobre toda a face do bloco, como mostrado em detalhe na Figura 48, além de juntas verticais e horizontais de 1 cm. A resistência dos materiais utilizados também é expressa na mesma figura. Aqui vale ressaltar que a NBR 15812-2/2010, citada no projeto, está desatualizada e foi substituída pela NBR 16868-2/2020, objeto de estudo deste trabalho, o que pode indicar que as atualizações das normas de alvenaria estrutural ainda não foram totalmente assimiladas por projetistas de estruturas.

Figura 48 - Especificações de materiais e detalhes da argamassa

TABELA DE RESISTENCIA DOS COMPONENTES DA ALVENARIA					
LANÇE DO PAVIMENTO	Prisma Oco	Prisma Cheio	Bloco	Graute	Argamassa
	f _{pk} (MPa)	f _{pk} (MPa)	f _{bk} (MPa)	f _{gk} (MPa)	f _a (MPa)
L.1	2,08	5,80	4,0	15,0	4,0

f_{pk} - RESISTÊNCIA CARACTERÍSTICA DO PRISMA (ÓCO E CHEIO) A COMPRESSÃO (ÁREA BRUTA), DE ACORDO COM A NBR 15812-2 / 2010.
 f_{bk} - RESISTÊNCIA CARACTERÍSTICA DO BLOCO A COMPRESSÃO (SUGESTÃO PARA OBTENÇÃO DO PRISMA).
 f_{gk} - RESISTÊNCIA CARACTERÍSTICA DO GRAUTE A COMPRESSÃO.
 f_a - RESISTÊNCIA MÉDIA DA ARGAMASSA A COMPRESSÃO.



Fonte: Construtora da obra "A" (2021).

A fim de evitar cortes na alvenaria estrutural para a passagem de tubulações hidrossanitárias, no banheiro foi prevista a execução de uma parede hidráulica adjacente à parede estrutural, na qual foram feitas todas as instalações do banheiro, como pode ser visto na Figura 49. Porém, a Figura 50 mostra que o mesmo procedimento não foi feito para as instalações da cozinha e área de serviço, sendo as tubulações alocadas dentro dos furos verticais dos blocos estruturais.

Figura 49 - Parede hidráulica executada no banheiro



Fonte: Acervo pessoal do autor (2021).

Figura 50 - Instalações hidrossanitárias saindo das paredes estruturais



Fonte: Acervo pessoal do autor (2021).

O canteiro de obras foi alocado no terreno vizinho ao da construção. Foi observado canteiro estruturado com separação, armazenamento e identificação de materiais e especificação de locais para execução de serviços, conforme demonstrado na Figura 51.

Figura 51 - Canteiro de obras da obra "A"



Fonte: Acervo pessoal do autor (2021).

3.2.2 OBRA "B"

A obra "B" está localizada na cidade de Altinópolis/SP. É uma obra de médio porte, sendo constituída de 44 casas térreas, mostrada na Figura 52. Durante a construção não houve nenhum processo de auditoria externa, como processo de certificação PBQP-H, por exemplo. A obra foi subdividida em 4 etapas, sendo que as 3 primeiras etapas já haviam sido concluídas no momento da aplicação da pesquisa (28 casas). A duração total da construção das casas finalizadas foi de aproximadamente 1 ano.

Figura 52 - Visão geral do empreendimento da obra "B"



Fonte: Construtora da obra "B" (2022).

A casa de 47,75 m² conta com sala, cozinha, 2 dormitórios, 1 banheiro e área de serviço, como mostrado na Figura 53. A construção foi feita com blocos cerâmicos estruturais da família de dimensões 11,5 x 19 x 39 cm sobre fundação de radier.

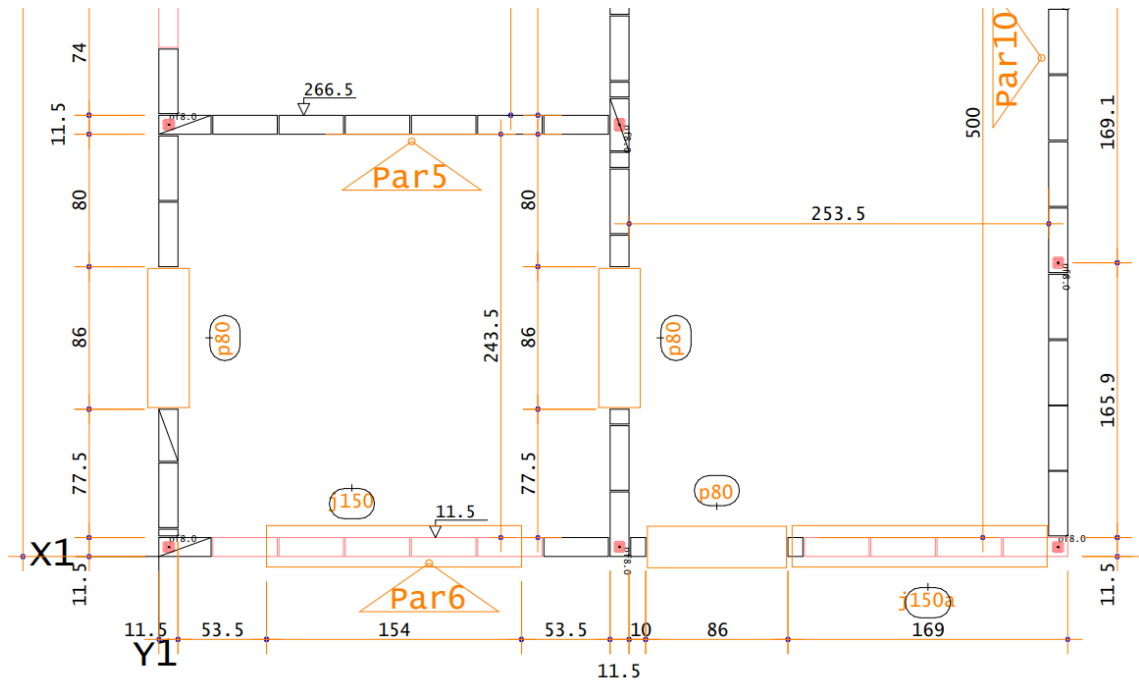
Figura 53 - Planta da edificação da obra "B"



Fonte: Construtora da obra "B" (2022).

Como pode ser visto na Figura 54, o projeto estrutural não seguiu medidas modulares nos cômodos e, durante pesquisa em campo, foi notado que houve mistura entre blocos cerâmicos de paredes vazadas e paredes maciças (Figura 55) os quais possuem características distintas. Além disso, assim como na obra "A", o projeto prevê aplicação de argamassa de assentamento sobre toda a face do bloco, como pode ser visto na Figura 56.

Figura 54 - Cotas internas da cozinha e sala de jantar



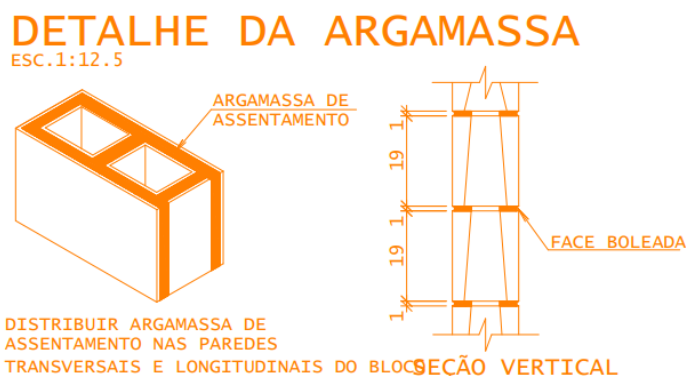
Fonte: Construtora da obra "B" (2022).

Figura 55 - Uso de blocos de paredes vazadas e maciças



Fonte: Acervo pessoal do autor (2021).

Figura 56 - Detalhe do projeto estrutural



Fonte: Construtora da obra "B" (2022).

Outra questão observada foi que não foram previstas paredes hidráulicas desconectadas às paredes da estrutura, ou seja, que as instalações hidrossanitárias foram todas alocadas dentro das paredes estruturais, como mostrado na Figura 57, fazendo com que futuros processos de manutenção dessas redes impliquem no corte e interferência na alvenaria estrutural. Além disso, durante a própria execução das instalações hidráulicas, foram feitos cortes horizontais nos blocos para a passagem dos canos.

Figura 57 - Instalações hidrossanitárias alocadas nas paredes estruturais



Fonte: Acervo pessoal do autor (2021).

Na obra "B", embora existam alguns containers e instalação provisória feita em alvenaria, não foi observado canteiro de obras bem definido, sendo que o armazenamento

de materiais e os postos de trabalho foram alocados sobre toda a obra nos lotes das residências, exemplificado na Figura 58.

Figura 58 - Canteiro de obras da obra "B"



Fonte: Construtora da obra "B" (2022).

3.2.3 OBRA "C"

A obra "C" está localizada na cidade de Ribeirão Preto/SP. É uma obra de grande porte, sendo constituída de 432 casas térreas, mostrada na Figura 59. Durante a construção houve auditoria externa de obra em processo de certificação PBQP-H. A obra foi subdividida em 2 etapas e já se encontra totalmente finalizada. A duração da construção da segunda etapa (41 casas) foi de aproximadamente 1 ano e 6 meses.

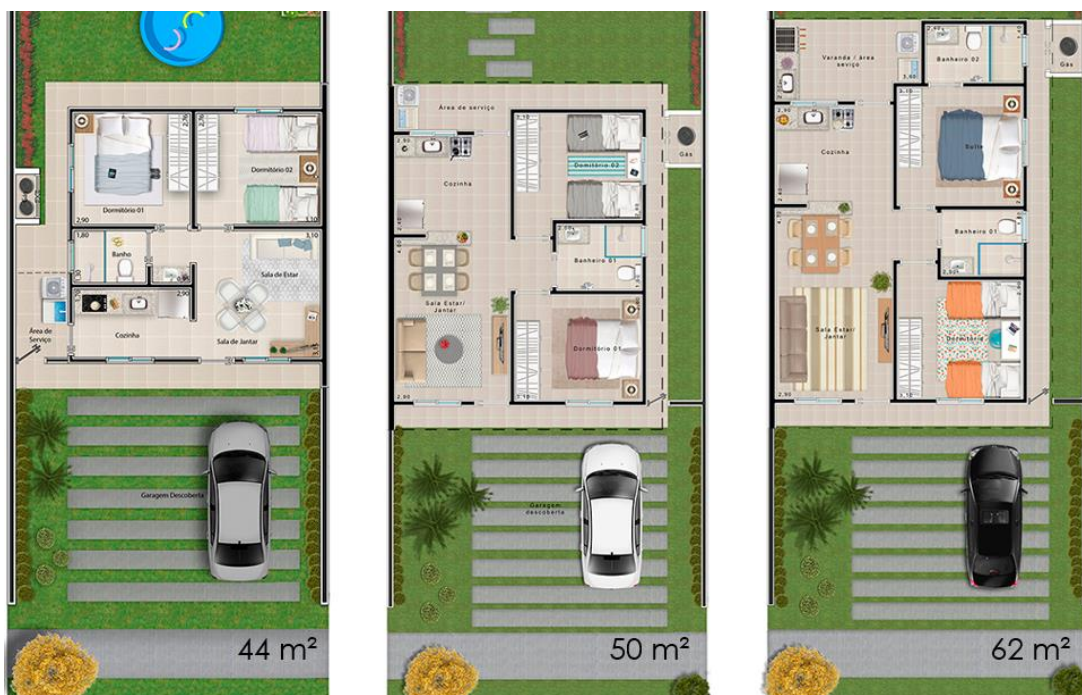
Figura 59 - Visão geral do empreendimento da obra "C"



Fonte: Construtora da obra "C" (2022).

O empreendimento da obra "C" possui três tipologias de casas térreas, com 44 m², 50 m² e 62 m². As casas de 44 m² e 50 m² possuem sala, cozinha, 2 dormitórios, 1 banheiro e área de serviço; já a casa de 62 m² possui um banheiro a mais, como mostrado na Figura 60. A construção foi feita com blocos cerâmicos estruturais da família de dimensões 11,5 x 19 x 39 cm sobre fundação de radier.

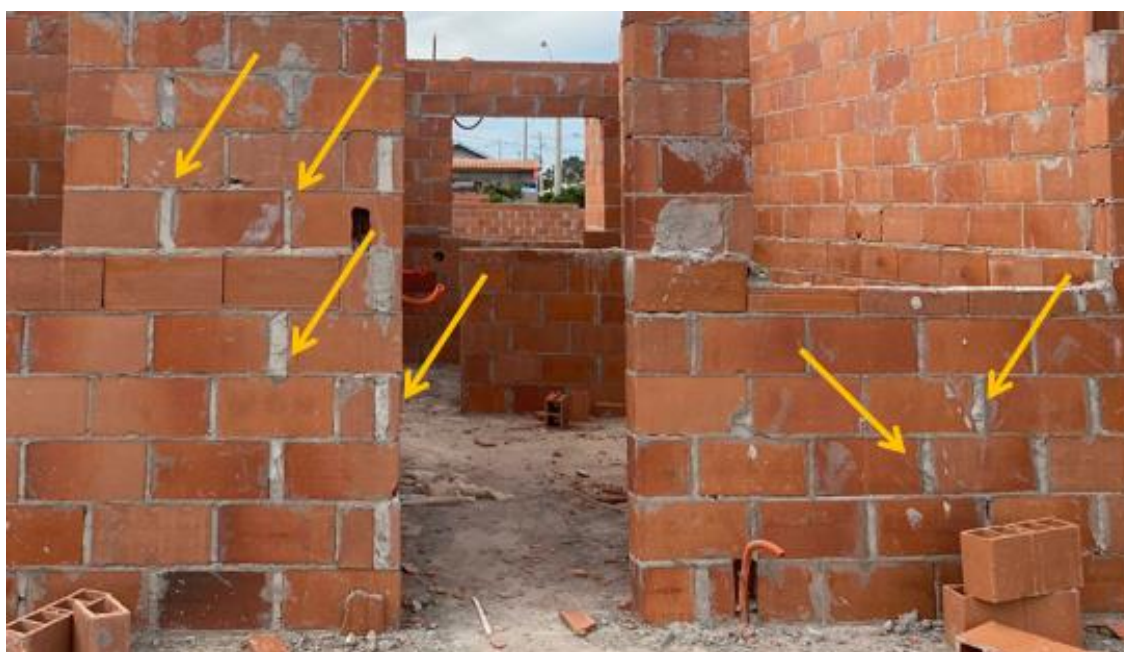
Figura 60 - Plantas das edificações da obra "C"



Fonte: Construtora da obra "C" (2022).

Para essa obra não se teve acesso ao projeto de alvenaria estrutural. Porém, durante a pesquisa em campo, foram observados possíveis indícios de falta de modulação dos cômodos, como por exemplo a espessura irregular das juntas verticais de assentamento, indicada na Figura 61.

Figura 61 - Juntas de assentamento irregulares e espessas



Fonte: Acervo pessoal do autor (2021).

Nessa obra não foram previstas paredes hidráulicas, assim, da mesma forma que a obra “B”, as instalações hidrossanitárias foram alocadas nas paredes estruturais sendo observados diversos cortes horizontais extensos para assentamento das tubulações hidráulicas, como visto na Figura 62.

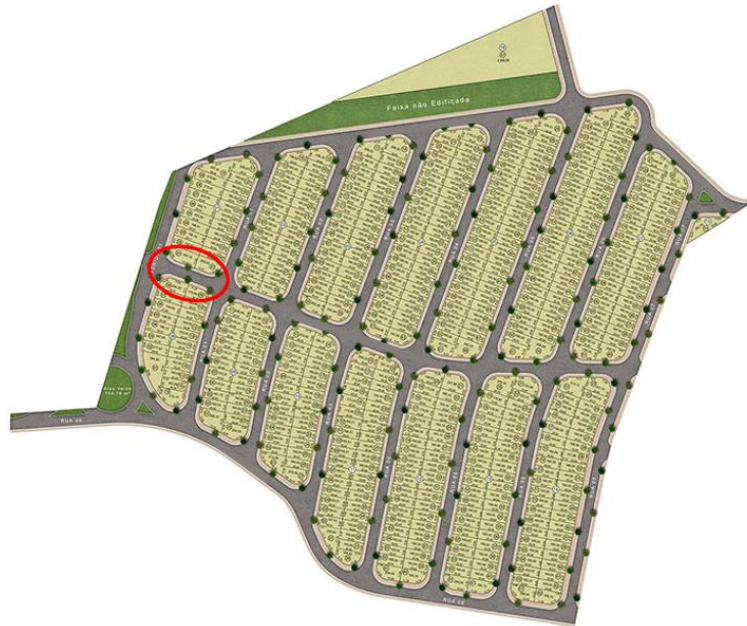
Figura 62 - Cortes nas paredes estruturais para instalações hidráulicas



Fonte: Acervo pessoal do autor (2021).

Durante a segunda etapa de construções, o canteiro de obras da obra “C” foi alocado em 4 terrenos não destinados a construção de residência, com posicionamento conforme Figura 63. Foi observado canteiro bem estruturado com separação, armazenamento e identificação de materiais e especificação de locais para execução de serviços, conforme demonstrado na Figura 64.

Figura 63 - Localização do canteiro de obras da obra "C" durante a segunda etapa



Fonte: Construtora da obra "C" (2022).

Figura 64 - Canteiro de obras da obra "C"



Fonte: Acervo pessoal do autor (2021).

3.3 APLICAÇÃO DO ESTUDO DE CASO

O método escolhido para obtenção das respostas ao formulário proposto foi baseado na escala Likert de cinco pontos, conforme os seguintes critérios que relacionam a frequência com que as atividades são realizadas em obra:

- Sempre: quando o procedimento é realizado 100% das vezes;
- Quase sempre: quando realizado entre 66% e 100% das vezes;
- Muitas vezes: quando realizado entre 33% e 66% das vezes;
- Raramente: quando realizado entre 0% e 33%;
- Nunca: quando o procedimento não é realizado em nenhuma ocasião.

Os cinco pontos da escala foram convertidos em números para avaliação, conforme Tabela 10.

Tabela 10 – Legenda de conversão da escala de cinco pontos de Likert

5	Sempre
4	Quase sempre
3	Muitas vezes
2	Raramente
1	Nunca

Fonte: Autor (2022).

Além dos itens a serem verificados, também foi disponibilizado espaço para apontamento de observações e eventuais comentários acerca da temática.

A forma de aplicação do formulário foi por meio de entrevista direta com os responsáveis de cada uma das três obras.

4. RESULTADOS

4.1 RESPOSTAS DOS FORMULÁRIOS DE VERIFICAÇÃO

4.1.1 OBRA "A"

O formulário de verificação foi aplicado a um dos responsáveis pelo gerenciamento da obra "A". As avaliações e observações coletadas acerca dos processos executivos são expressas na Tabela 11 e Tabela 12, respectivamente. Já as avaliações e observações acerca dos procedimentos de controle de obras são tidas na Tabela 13 e Tabela 14, respectivamente.

Tabela 11 - Respostas do formulário de processos de execução da obra "A"

PROCESSOS DE EXECUÇÃO		(continua) AVALIAÇÃO
1	REQUISITOS	-
1.1	Utilização de EPI por toda a equipe participante da execução	3
1.2	Ferramentas definidas e já presentes na obra	4
1.3	Projetos arquitetônicos e complementares presentes na obra e estudados pelo líder de equipe	4
1.4	Base de apoio da alvenaria limpa, com esquadros verificados e nivelada (com variação máxima de ± 10 mm)	2
2	MARCAÇÃO DA ALVENARIA	-
2.1	Marcação das paredes com linha guia ou linha traçante	5
2.2	Verificação dos esquadros entre paredes perpendiculares	4
2.3	Marcação das esquadrias, passagens e <i>shafts</i>	1
3	REFERÊNCIA DE NÍVEL	-
3.1	Assentamento de um único bloco no ponto mais alto do pavimento, encontrado com nível a laser ou nível alemão (com junta de espessura mínima de 5 mm)	1
4	NIVELAMENTO DAS FIADAS	-
4.1	Fixação de escantilhões nos cantos da edificação com nível de bolha e prumo ou régua prumo-nível	1
5	INSTALAÇÃO DE GABARITOS	-
5.1	Fixação de gabaritos em portas e janelas	1
6	ELEVAÇÃO DA ALVENARIA	-
6.1	Umedecer a base de apoio dos blocos da primeira fiada	5

Tabela 11 - Respostas do formulário de processos de execução da obra "A"

		(continuação)
PROCESSOS DE EXECUÇÃO		AVALIAÇÃO
6	ELEVAÇÃO DA ALVENARIA	-
6.2	Aplicar argamassa em toda a extensão da largura do bloco, exceto nos pontos de grauteamento	5
6.3	Início do assentamento pelos blocos estratégicos (de canto, em intersecções de parede e delimitado por aberturas)	5
6.4	Seguir a modulação de blocos expressa no projeto	4
6.5	Utilizar juntas horizontais da primeira fiada com espessura mínima de 5 mm e máxima de 20 mm	4
6.6	Utilizar juntas verticais e horizontais das demais fiadas com espessuras de 10 mm (com variação máxima de ± 3 mm)	3
6.7	Seguir o modelo de assentamento expresso em projeto (seja em toda a face dos blocos ou apenas em dois cordões)	1
6.8	Aplicar argamassa nas paredes longitudinais com o uso de paleta, canaleta ou bisnaga de pedreiro	1
6.9	Aplicar argamassa nas paredes transversais com o uso de colher de pedreiro	1
6.10	Preenchimento das juntas verticais da alvenaria durante a elevação ou 15 dias após a construção das paredes	4
6.11	Proteção de paredes recém elevadas contra chuva	1
6.12	Proteção de respaldos não grauteados contra chuva (evitando a entrada de umidade nos furos dos blocos)	1
7	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	-
7.1	Fixação de caixas elétricas nos blocos antes da elevação das paredes ou de caixas elétricas circulares após a elevação total das paredes (com uso de serra-copo diamantada)	1
8	EXECUÇÃO DE VERGAS, CONTRAVERGAS E CINTAS	-
8.1	Uso de vergas armadas e grauteadas sobre portas e janelas	5
8.2	Uso de contravergas armadas e grauteadas sob janelas	5
8.3	Para aberturas de até 1 m de comprimento, deixar apoio das vergas com ao menos 15 cm para cada lado	5
8.4	Para aberturas com mais de 1 m de comprimento, deixar apoio das vergas com ao menos 30 cm para cada lado	5
8.5	Deixar apoio de contravergas com ao menos 30 cm para cada lado das janelas	5
8.6	Respeito ao cobrimento mínimo da armadura de 15 mm com o uso de espaçadores	5
8.7	Execução de cinta de respaldo grauteada e contínua em todas as paredes	5
9	GRAUTEAMENTO	-
9.1	Aplicação de argamassa nas paredes longitudinais e transversais dos pontos de graute	4
9.2	Verificação dos transpasses das armaduras, quando houver previsão no projeto	4
9.3	Desobstrução dos furos dos blocos com barra de aço	3

Tabela 11 - Respostas do formulário de processos de execução da obra "A"

		(conclusão)
PROCESSOS DE EXECUÇÃO		AVALIAÇÃO
9	GRAUTEAMENTO	-
9.4	Retirada de resíduos através de janelas de visita na base dos pontos de graute	3
9.5	Molhagem do local	2
9.6	Fechamento da janela de visita	5
9.7	Lançamento do graute com limite de altura de 1,6 m (exceto quando possuir aditivo que garanta coesão dos agregados)	3
9.8	Adensamento com barra de aço (exceto que tratar-se de graute autoadensável)	2

Fonte: Autor (2022).

Tabela 12 - Comentários acerca da execução na obra "A"

ITEM	AVALIAÇÃO	OBSERVAÇÃO
1.4	2	O radier era muito irregular devido ao baixo slump do concreto e agregados de grande diâmetro, não sendo possível o nivelamento.
2.3	1	As aberturas somente eram marcadas durante a elevação.
6.4	4	Em alguns momentos a alvenaria teve que ser refeita por não ter seguido a modulação de projeto.
6.7	1	No projeto era especificado aplicação de argamassa em toda a face do bloco, porém só foi executado dois cordões.
6.8	1	Na elevação da casa foi utilizada apenas colher de pedreiro, o que ocasionou muitas perdas de material.
6.10	4	Em alguns pontos as juntas verticais não haviam sido preenchidas, porém foram após a elevação da alvenaria com o uso de colher de pedreiro.
7.1	1	As caixinhas elétricas utilizadas eram do tipo circular, porém foram assentadas após a elevação das paredes sem serra-copo, apenas com martelo.

Fonte: Autor (2022).

Tabela 13 - Respostas do formulário de procedimentos de controle da obra "A"

		(continua)
PROCEDIMENTOS DE CONTROLE DE OBRAS		AVALIAÇÃO
1	CONTROLE DA RESISTÊNCIA DOS MATERIAIS, COMPONENTES E DAS ALVENARIAS À COMPRESSÃO AXIAL	-
1.1	Realização de ensaios de caracterização prévia dos blocos, argamassas, grautes e prismas antes do início do empreendimento (exceto se já realizado nos 360 dias anteriores em outro empreendimento com os mesmos materiais)	1
1.2	Realização de ensaios de análise dimensional e resistência à compressão dos blocos durante a obra (exceto se os blocos forem certificados, possuírem $f_{bk} \leq 14$ MPa e forem feitos ensaios de prismas em todos os pavimentos)	5
1.3	Realização de ensaio de resistência à compressão da argamassa durante a obra	5
1.4	Realização de ensaio de resistência à compressão do graute durante a obra (exceto quando se trata de graute usinado com controle sistemático de fábrica)	5
1.5	Realização de ensaio de resistência à compressão de prismas oco e cheio durante a obra (exceto quando a resistência da caracterização prévia for maior ou igual ao dobro da especificada em projeto ou quando já tiverem sido ensaiados 4 lotes com coeficiente de variação inferior à 15%)	5
1.6	Descarregamento e armazenamentos dos blocos em locais afastados do solo e protegidos da chuva	3
1.7	Chechagem da data de validade e integridade dos ensacados (graute, argamassas, cimento, cal etc.) no recebimento	5
1.8	Armazenamento dos ensacados em pilhas de até 10 unidades de altura (exceto quando forem utilizados em menos de 15 dias) em locais cobertos, livres de umidade e sem contato direto com paredes e tetos	5
1.9	Utilização da argamassa de assentamento até 2 h 30 min após sua produção	5
1.10	Utilização do graute até 2 h 30 min após a adição de água na mistura	5
2	CONTROLE DO PROCESSO DE EXECUÇÃO DA ALVENARIA	-
2.1	Utilizar juntas horizontais da primeira fiada com espessura mínima de 5 mm e máxima de 20 mm	4
2.2	Utilizar juntas verticais e horizontais das demais fiadas com espessuras de 10 mm (com variação máxima de ± 3 mm)	3
2.3	Respeitar limite de desaprumo de ± 2 mm por metro, de ± 10 mm por pavimento e de ± 25 mm na altura total da edificação	4
2.4	Respeitar limite de desalinhamento de ± 2 mm por metro e de ± 10 mm por pavimento	4
2.5	Respeitar a altura do pé-direito do pavimento especificada em projeto (com variação máxima de - 5 mm a + 10 mm)	1
2.6	Respeitar limite de descontinuidade entre paredes de pavimentos adjacentes de ± 5 mm	4

Tabela 13 - Respostas do formulário de procedimentos de controle da obra "A"

		(conclusão)
PROCEDIMENTOS DE CONTROLE DE OBRAS		AVALIAÇÃO
3	ACEITAÇÃO DA ALVENARIA	-
3.1	Aceitar total ou parcialmente a alvenaria apenas se todos os demais processos de controle forem aprovados	2

Fonte: Autor (2022).

Tabela 14 - Comentários acerca do controle na obra "A"

ITEM	AVALIAÇÃO	OBSERVAÇÃO
1.1	1	Não foram realizados ensaios prévios.
1.6	3	Os blocos eram armazenados sobre paletes, porém sem cobertura da chuva.
2.5	1	O pé-direito ficou 50 mm acima do previsto por conta das juntas horizontais da alvenaria.

Fonte: Autor (2022).

Pode ser visto na Tabela 11 que durante os processos de execução da alvenaria estrutural os serviços relacionados à referência de nível, nivelamento das fiadas, instalação de gabaritos e instalações elétricas não foram atendidos em nenhum momento. Além desses, outros itens que também nunca foram realizados dizem respeito ao não seguimento de especificações de projeto, como a forma de aplicação da argamassa de assentamento. Como explicado na Tabela 12, o projeto estrutural previu a aplicação de argamassa total nas faces dos blocos, porém somente foi aplicada nas paredes longitudinais. Segundo Parsekian e Medeiros (2021a), esse modo de aplicação pode causar redução na resistência da alvenaria em até 20%. Outro possível abalo na estrutura pode ter ocorrido devido à instalação de caixinhas elétricas através de quebras com martelo e pela falta de proteção da alvenaria contra umidade (tanto em paredes recém elevadas quanto em topos não grauteados). Sendo assim, a alvenaria sofreu influências negativas não previstas devido a erros de execução.

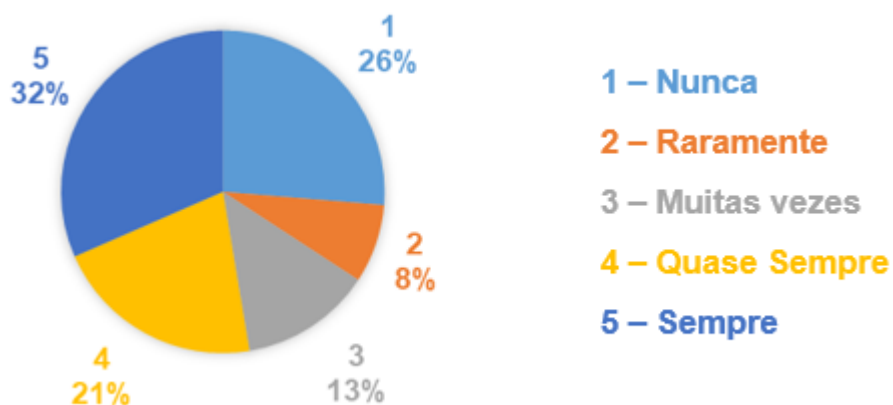
Aqui vale menção à execução de vergas, contravergas e cintas, em que foram realizados constantemente todos os processos destacados pelo formulário. Além disso, as

etapas iniciais de marcação e elevação da primeira fiada foram seguidas de maneira criteriosa.

Para os procedimentos de controle de obras, é mostrado pela Tabela 13 que grande parte dos itens elencados foram frequentemente executados pela obra, sobretudo os relacionados ao controle da resistência dos materiais e componentes da alvenaria. Porém, não foi observada a realização de ensaios de caracterização prévia dos materiais, sendo as resistências comprovadas apenas em ensaios realizados durante o andamento da obra. Ademais, devido à não conferência constante das juntas horizontais das fiadas, o pé-direito da edificação extrapolou os limites estabelecidos por norma, como explicado na Tabela 14.

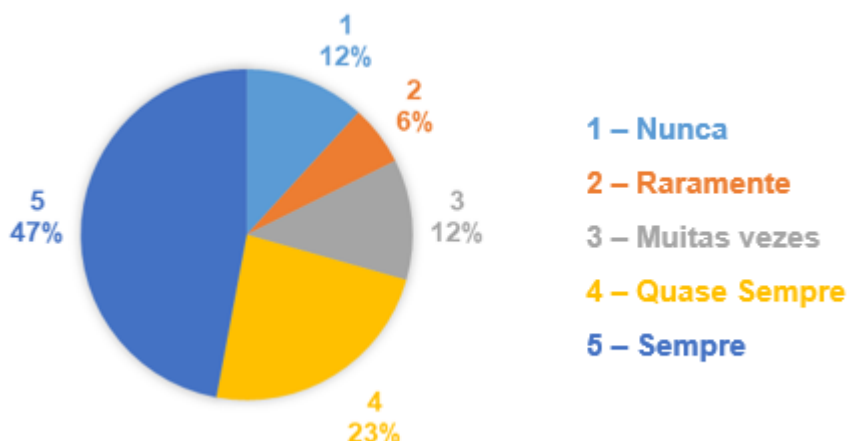
Como pode ser vista na Figura 65, a obra "A" segue sempre ou quase sempre cerca de 53% dos processos listados no formulário proposto e nunca ou raramente 34%. Em análise quantitativa, a média de frequência em execução da obra "A" na escala de Likert é de 3,24. Já quanto aos procedimentos de controle de obras, a Figura 66 mostra que 70% dos itens são seguidos sempre ou quase sempre e 18% nunca ou raramente. Na escala Likert, a média da frequência está em 3,88.

Figura 65 - Frequência dos processos de execução da obra "A"



Fonte: Autor (2022).

Figura 66 - Frequência dos procedimentos de controle de obras da obra "A"



Fonte: Autor (2022).

4.1.2 OBRA "B"

O formulário de verificação foi aplicado ao engenheiro responsável pela obra "B". As avaliações e observações coletadas acerca dos processos executivos são expressas na Tabela 15 e Tabela 16, respectivamente. Já as avaliações e observações acerca dos procedimentos de controle de obras são tidas na Tabela 17 e Tabela 18, respectivamente.

Tabela 15 - Respostas do formulário de processos de execução da obra "B"

PROCESSOS DE EXECUÇÃO		AVALIAÇÃO
1	REQUISITOS	-
1.1	Utilização de EPI por toda a equipe participante da execução	3
1.2	Ferramentas definidas e já presentes na obra	5
1.3	Projetos arquitetônicos e complementares presentes na obra e estudados pelo líder de equipe	5
1.4	Base de apoio da alvenaria limpa, com esquadros verificados e nivelada (com variação máxima de ± 10 mm)	5
2	MARCAÇÃO DA ALVENARIA	-
2.1	Marcação das paredes com linha guia ou linha traçante	5
2.2	Verificação dos esquadros entre paredes perpendiculares	5
2.3	Marcação das esquadrias, passagens e shafts	1
3	REFERÊNCIA DE NÍVEL	-
3.1	Assentamento de um único bloco no ponto mais alto do pavimento, encontrado com nível a laser ou nível alemão (com junta de espessura mínima de 5 mm)	1

Tabela 15 - Respostas do formulário de processos de execução da obra "B"

		(continuação)
	PROCESSOS DE EXECUÇÃO	AVALIAÇÃO
4	NIVELAMENTO DAS FIADA	-
4.1	Fixação de escantilhões nos cantos da edificação com nível de bolha e prumo ou régua prumo-nível	1
5	INSTALAÇÃO DE GABARITOS	-
5.1	Fixação de gabaritos em portas e janelas	5
6	ELEVAÇÃO DA ALVENARIA	-
6.1	Umedecer a base de apoio dos blocos da primeira fiada	5
6.2	Aplicar argamassa em toda a extensão da largura do bloco, exceto nos pontos de grauteamento	5
6.3	Início do assentamento pelos blocos estratégicos (de canto, em intersecções de parede e delimitado por aberturas)	5
6.4	Seguir a modulação de blocos expressa no projeto	5
6.5	Utilizar juntas horizontais da primeira fiada com espessura mínima de 5 mm e máxima de 20 mm	5
6.6	Utilizar juntas verticais e horizontais das demais fiadas com espessuras de 10 mm (com variação máxima de ± 3 mm)	5
6.7	Seguir o modelo de assentamento expresso em projeto (seja em toda a face dos blocos ou apenas em dois cordões)	1
6.8	Aplicar argamassa nas paredes longitudinais com o uso de paleta, canaleta ou bisnaga de pedreiro	5
6.9	Aplicar argamassa nas paredes transversais com o uso de colher de pedreiro	1
6.10	Preenchimento das juntas verticais da alvenaria durante a elevação ou 15 dias após a construção das paredes	5
6.11	Proteção de paredes recém elevadas contra chuva	1
6.12	Proteção de respaldos não grauteados contra chuva (evitando a entrada de umidade nos furos dos blocos)	1
7	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	-
7.1	Fixação de caixas elétricas nos blocos antes da elevação das paredes ou de caixas elétricas circulares após a elevação total das paredes (com uso de serra-copo diamantada)	5
8	EXECUÇÃO DE VERGAS, CONTRAVERGAS E CINTAS	-
8.1	Uso de vergas armadas e grauteadas sobre portas e janelas	5
8.2	Uso de contravergas armadas e grauteadas sob janelas	5
8.3	Para aberturas de até 1 m de comprimento, deixar apoio das vergas com ao menos 15 cm para cada lado	5
8.4	Para aberturas com mais de 1 m de comprimento, deixar apoio das vergas com ao menos 30 cm para cada lado	5
8.5	Deixar apoio de contravergas com ao menos 30 cm para cada lado das janelas	5
8.6	Respeito ao cobrimento mínimo da armadura de 15 mm com o uso de espaçadores	5
8.7	Execução de cinta de respaldo grauteada e contínua em todas as paredes	5

Tabela 15 - Respostas do formulário de processos de execução da obra "B"

		(conclusão)
	PROCESSOS DE EXECUÇÃO	AValiação
9	GRAUTEAMENTO	-
9.1	Aplicação de argamassa nas paredes longitudinais e transversais dos pontos de graute	5
9.2	Verificação dos transpasses das armaduras, quando houver previsão no projeto	5
9.3	Desobstrução dos furos dos blocos com barra de aço	5
9.4	Retirada de resíduos através de janelas de visita na base dos pontos de graute	5
9.5	Molhagem do local	3
9.6	Fechamento da janela de visita	5
9.7	Lançamento do graute com limite de altura de 1,6 m (exceto quando possuir aditivo que garanta coesão dos agregados)	5
9.8	Adensamento com barra de aço (exceto que tratar-se de graute autoadensável)	5

Fonte: Autor (2022).

Tabela 16 - Comentários acerca da execução na obra "B"

ITEM	AValiação	OBSERVAÇÃO
2.3	1	Executadas a partir da elevação de meia alvenaria
4.1	1	Nivelamento feito com mangueira de nível, jogando o mesmo nível para os cantos da alvenaria. Vergalhão fixado nos cantos auxilia na execução de marcação do nível
5.1	3	Exceto em portas

Fonte: Autor (2022).

Tabela 17 - Respostas do formulário de procedimentos de controle da obra "B"

		(continua)
	PROCEDIMENTOS DE CONTROLE DE OBRAS	AValiação
1	CONTROLE DA RESISTÊNCIA DOS MATERIAIS, COMPONENTES E DAS ALVENARIAS À COMPRESSÃO AXIAL	-
1.1	Realização de ensaios de caracterização prévia dos blocos, argamassas, grautes e prismas antes do início do empreendimento (exceto se já realizado nos 360 dias anteriores em outro empreendimento com os mesmos materiais)	1
1.2	Realização de ensaios de análise dimensional e resistência à compressão dos blocos durante a obra (exceto se os blocos forem certificados, possuírem fbk ≤ 14 MPa e forem feitos ensaios de prismas em todos os pavimentos)	1

Tabela 17 - Respostas do formulário de procedimentos de controle da obra "B"

		(conclusão)
	PROCEDIMENTOS DE CONTROLE DE OBRAS	AValiação
1	CONTROLE DA RESISTÊNCIA DOS MATERIAIS, COMPONENTES E DAS ALVENARIAS À COMPRESSÃO AXIAL	-
1.3	Realização de ensaio de resistência à compressão da argamassa durante a obra	1
1.4	Realização de ensaio de resistência à compressão do graute durante a obra (exceto quando se trata de graute usinado com controle sistemático de fábrica)	1
1.5	Realização de ensaio de resistência à compressão de prismas oco e cheio durante a obra (exceto quando a resistência da caracterização prévia for maior ou igual ao dobro da especificada em projeto ou quando já tiverem sido ensaiados 4 lotes com coeficiente de variação inferior à 15%)	1
1.6	Descarregamento e armazenamentos dos blocos em locais afastados do solo e protegidos da chuva	1
1.7	Checagem da data de validade e integridade dos ensacados (graute, argamassas, cimento, cal etc.) no recebimento	5
1.8	Armazenamento dos ensacados em pilhas de até 10 unidades de altura (exceto quando forem utilizados em menos de 15 dias) em locais cobertos, livres de umidade e sem contato direto com paredes e tetos	5
1.9	Utilização da argamassa de assentamento até 2 h 30 min após sua produção	5
1.10	Utilização do graute até 2 h 30 min após a adição de água na mistura	5
2	CONTROLE DO PROCESSO DE EXECUÇÃO DA ALVENARIA	-
2.1	Utilizar juntas horizontais da primeira fiada com espessura mínima de 5 mm e máxima de 20 mm	5
2.2	Utilizar juntas verticais e horizontais das demais fiadas com espessuras de 10 mm (com variação máxima de ± 3 mm)	4
2.3	Respeitar limite de desaprumo de ± 2 mm por metro, de ± 10 mm por pavimento e de ± 25 mm na altura total da edificação	5
2.4	Respeitar limite de desalinhamento de ± 2 mm por metro e de ± 10 mm por pavimento	5
2.5	Respeitar a altura do pé-direito do pavimento especificada em projeto (com variação máxima de - 5 mm a + 10 mm)	5
2.6	Respeitar limite de descontinuidade entre paredes de pavimentos adjacentes de ± 5 mm	5
3	ACEITAÇÃO DA ALVENARIA	-
3.1	Aceitar total ou parcialmente a alvenaria apenas se todos os demais processos de controle forem aprovados	2

Fonte: Autor (2022).

Tabela 18 - Comentários acerca do controle na obra "B"

ITEM	AVALIAÇÃO	OBSERVAÇÃO
1.1	1	Não foram realizados ensaios prévios, somente o que o fabricante fornece
2.2	4	Em determinados pontos, o próprio projeto estrutural previa juntas de argamassa maiores que 10 mm
3.1	2	As alvenarias são aceitas apenas aprovando os processos de produção e de recebimento de materiais

Fonte: Autor (2022).

Através da Tabela 15 pode ser visto que, assim como na obra "A", os processos de referência de nível e método de aplicação de argamassa de assentamento não são executados pela obra "B". O projeto de alvenaria estrutural seguido pela obra não apresentava a forma de aplicação da argamassa, assim, deveria ser aplicada tanto nas paredes longitudinais quanto nas transversais (ABNT, 2020b), o que não ocorreu na prática. Já quanto à etapa de nivelamento das fiadas, embora não feito da maneira mais indicada com o uso de escantilhões, a execução da obra propôs um método alternativo utilizando somente nível de mangueira e vergalhões que auxiliam na fixação de linhas guias, como expresso na Tabela 16. Aqui vale ressaltar que esse método pode trazer imprecisões nas medidas, podendo acarretar em desnivelamento entre paredes.

É importante destacar que muitos dos processos de execução listados no formulário foram totalmente seguidos pela obra "B", em especial sobre as etapas de elevação da alvenaria, execução de vergas, contravergas e cintas e grauteamento. Porém, ainda é visto que os procedimentos de proteção contra a umidade não são seguidos, o que pode acarretar em perda de argamassa ou então patologias relacionadas a infiltrações (ABNT, 2020b).

Sobre os procedimentos de controle de obras, a Tabela 17 destaca que muitos dos itens elencados nunca ou raramente são seguidos. Nenhum ensaio laboratorial dos materiais e componentes é realizado (como visto na Tabela 18), o que gera uma grande incerteza sobre as reais resistências das alvenarias executadas. O único componente que possui alguma forma de controle de resistência são os blocos estruturais, que possuem laudos de resistência à compressão realizados pelos próprios fornecedores. Vale ressaltar que o graute e a argamassa de assentamento utilizados foram produzidos em obra com

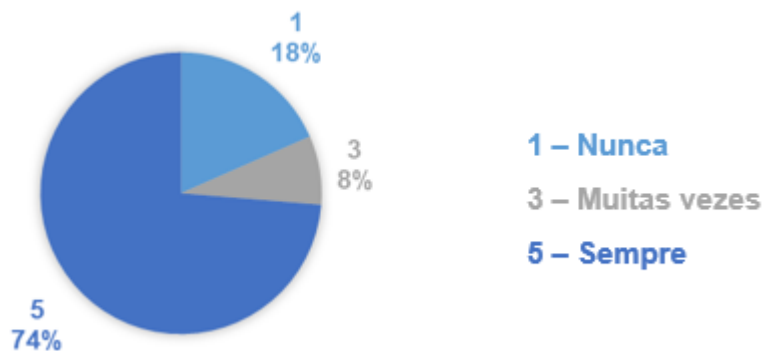
traços próprios, assim, não passaram por nenhum processo de controle sistemático, como poderia ocorrer com materiais usinados, por exemplo.

Em contrapartida, os itens relacionados ao controle de execução da alvenaria foram bem avaliados, ou seja, eram frequentemente seguidos em obra, com exceção do respeito à espessura das juntas verticais de assentamento, que somente não foram totalmente seguidas devido a falhas de modulação do projeto estrutural.

Em geral, percebe-se que a obra "B" tem seu foco nos processos de execução, porém peca no cumprimento aos procedimentos de controle tecnológico, o que invariavelmente pode afetar a durabilidade da alvenaria estrutural.

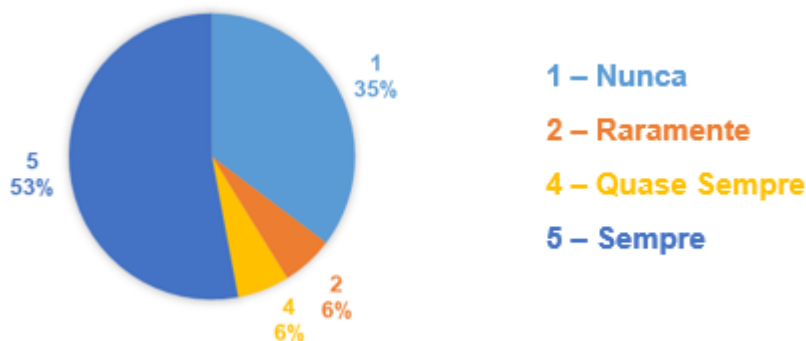
Como pode ser vista na Figura 67, a obra "B" segue sempre cerca de 74% dos processos listados no formulário proposto e nunca 18%. Em análise quantitativa, a média de frequência em execução da obra "B" na escala de Likert é de 4,11. Já quanto aos procedimentos de controle de obras, a Figura 68 mostra que 59% dos itens são seguidos sempre ou quase sempre e 41% nunca ou raramente. Na escala Likert, a média da frequência está em 3,35.

Figura 67 - Frequência dos processos de execução da obra "B"



Fonte: Autor (2022).

Figura 68 - Frequência dos procedimentos de controle de obras da obra "B"



Fonte: Autor (2022).

4.1.3 OBRA "C"

O formulário de verificação foi aplicado ao engenheiro responsável pela obra "C". As avaliações e observações coletadas acerca dos processos executivos são expressas na Tabela 19 e Tabela 20 Tabela 16, respectivamente. Já as avaliações e observações acerca dos procedimentos de controle de obras são tidas na Tabela 21 e Tabela 22, respectivamente.

Tabela 19 - Respostas do formulário de processos de execução da obra "C"

PROCESSOS DE EXECUÇÃO		AVALIAÇÃO
1 REQUISITOS		-
1.1	Utilização de EPI por toda a equipe participante da execução	5
1.2	Ferramentas definidas e já presentes na obra	4
1.3	Projetos arquitetônicos e complementares presentes na obra e estudados pelo líder de equipe	5
1.4	Base de apoio da alvenaria limpa, com esquadros verificados e nivelada (com variação máxima de ± 10 mm)	5
2 MARCAÇÃO DA ALVENARIA		-
2.1	Marcação das paredes com linha guia ou linha traçante	5
2.2	Verificação dos esquadros entre paredes perpendiculares	5
2.3	Marcação das esquadrias, passagens e shafts	2
3 REFERÊNCIA DE NÍVEL		-
3.1	Assentamento de um único bloco no ponto mais alto do pavimento, encontrado com nível a laser ou nível alemão (com junta de espessura mínima de 5 mm)	1

Tabela 19 - Respostas do formulário de processos de execução da obra "C"

		(continuação)
PROCESSOS DE EXECUÇÃO		AVALIAÇÃO
4	NIVELAMENTO DAS FIADA	-
4.1	Fixação de escantilhões nos cantos da edificação com nível de bolha e prumo ou régua prumo-nível	1
5	INSTALAÇÃO DE GABARITOS	-
5.1	Fixação de gabaritos em portas e janelas	1
6	ELEVAÇÃO DA ALVENARIA	-
6.1	Umedecer a base de apoio dos blocos da primeira fiada	3
6.2	Aplicar argamassa em toda a extensão da largura do bloco, exceto nos pontos de grauteamento	5
6.3	Início do assentamento pelos blocos estratégicos (de canto, em intersecções de parede e delimitado por aberturas)	5
6.4	Seguir a modulação de blocos expressa no projeto	4
6.5	Utilizar juntas horizontais da primeira fiada com espessura mínima de 5 mm e máxima de 20 mm	5
6.6	Utilizar juntas verticais e horizontais das demais fiadas com espessuras de 10 mm (com variação máxima de ± 3 mm)	3
6.7	Seguir o modelo de assentamento expresso em projeto (seja em toda a face dos blocos ou apenas em dois cordões)	1
6.8	Aplicar argamassa nas paredes longitudinais com o uso de paleta, canaleta ou bisnaga de pedreiro	5
6.9	Aplicar argamassa nas paredes transversais com o uso de colher de pedreiro	1
6.10	Preenchimento das juntas verticais da alvenaria durante a elevação ou 15 dias após a construção das paredes	3
6.11	Proteção de paredes recém elevadas contra chuva	1
6.12	Proteção de respaldos não grauteados contra chuva (evitando a entrada de umidade nos furos dos blocos)	1
7	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	-
7.1	Fixação de caixas elétricas nos blocos antes da elevação das paredes ou de caixas elétricas circulares após a elevação total das paredes (com uso de serra-copo diamantada)	5
8	EXECUÇÃO DE VERGAS, CONTRAVERGAS E CINTAS	-
8.1	Uso de vergas armadas e grauteadas sobre portas e janelas	5
8.2	Uso de contravergas armadas e grauteadas sob janelas	5
8.3	Para aberturas de até 1 m de comprimento, deixar apoio das vergas com ao menos 15 cm para cada lado	5
8.4	Para aberturas com mais de 1 m de comprimento, deixar apoio das vergas com ao menos 30 cm para cada lado	5
8.5	Deixar apoio de contravergas com ao menos 30 cm para cada lado das janelas	5
8.6	Respeito ao cobrimento mínimo da armadura de 15 mm com o uso de espaçadores	5

Tabela 19 - Respostas do formulário de processos de execução da obra "C"

		(conclusão)
PROCESSOS DE EXECUÇÃO		AVALIAÇÃO
8	EXECUÇÃO DE VERGAS, CONTRAVERGAS E CINTAS	-
8.7	Execução de cinta de respaldo grauteada e contínua em todas as paredes	5
9	GRAUTEAMENTO	-
9.1	Aplicação de argamassa nas paredes longitudinais e transversais dos pontos de graute	5
9.2	Verificação dos transpasses das armaduras, quando houver previsão no projeto	5
9.3	Desobstrução dos furos dos blocos com barra de aço	3
9.4	Retirada de resíduos através de janelas de visita na base dos pontos de graute	3
9.5	Molhagem do local	3
9.6	Fechamento da janela de visita	5
9.7	Lançamento do graute com limite de altura de 1,6 m (exceto quando possuir aditivo que garanta coesão dos agregados)	5
9.8	Adensamento com barra de aço (exceto que tratar-se de graute autoadensável)	3

Fonte: Autor (2022).

Tabela 20 - Comentários acerca da execução na obra "C"

ITEM	AVALIAÇÃO	OBSERVAÇÃO
4.1	1	Não eram usados escantilhões, mas o nivelamento das fiadas era feito parede a parede.
6.4	4	Após conferência, se fosse visto um erro de modulação, o trecho era desmontado e refeito.
6.6	3	Foi executada a modulação expressa em projeto. Como existiam pontos em que eram previstas juntas de 2 ou 3 cm, assim foi feito. As medidas das casas não eram 100% modulares.
6.7	1	O modelo de assentamento usado foi o de argamassa em 2 cordões, diferente do detalhado em projeto. Essa escolha levou em conta a economia de material e a maior velocidade e praticidade de execução. Esse método foi aprovado pelo projetista em reunião, porém o projeto continuou o mesmo.
6.10	3	Em algumas situações nem todas as juntas eram preenchidas durante a elevação, sendo feita na própria fase de reboco.

Fonte: Autor (2022).

Tabela 21 - Respostas do formulário de procedimentos de controle da obra "C"

(continua)

	PROCEDIMENTOS DE CONTROLE DE OBRAS	AVALIAÇÃO
1	CONTROLE DA RESISTÊNCIA DOS MATERIAIS, COMPONENTES E DAS ALVENARIAS À COMPRESSÃO AXIAL	-
1.1	Realização de ensaios de caracterização prévia dos blocos, argamassas, grautes e prismas antes do início do empreendimento (exceto se já realizado nos 360 dias anteriores em outro empreendimento com os mesmos materiais)	5
1.2	Realização de ensaios de análise dimensional e resistência à compressão dos blocos durante a obra (exceto se os blocos forem certificados, possuírem $f_{bk} \leq 14$ MPa e forem feitos ensaios de prismas em todos os pavimentos)	5
1.3	Realização de ensaio de resistência à compressão da argamassa durante a obra	5
1.4	Realização de ensaio de resistência à compressão do graute durante a obra (exceto quando se trata de graute usinado com controle sistemático de fábrica)	5
1.5	Realização de ensaio de resistência à compressão de prismas oco e cheio durante a obra (exceto quando a resistência da caracterização prévia for maior ou igual ao dobro da especificada em projeto ou quando já tiverem sido ensaiados 4 lotes com coeficiente de variação inferior à 15%)	5
1.6	Descarregamento e armazenamentos dos blocos em locais afastados do solo e protegidos da chuva	3
1.7	Checagem da data de validade e integridade dos ensacados (graute, argamassas, cimento, cal etc.) no recebimento	5
1.8	Armazenamento dos ensacados em pilhas de até 10 unidades de altura (exceto quando forem utilizados em menos de 15 dias) em locais cobertos, livres de umidade e sem contato direto com paredes e tetos	5
1.9	Utilização da argamassa de assentamento até 2 h 30 min após sua produção	5
1.10	Utilização do graute até 2 h 30 min após a adição de água na mistura	5
2	CONTROLE DO PROCESSO DE EXECUÇÃO DA ALVENARIA	-
2.1	Utilizar juntas horizontais da primeira fiada com espessura mínima de 5 mm e máxima de 20 mm	5
2.2	Utilizar juntas verticais e horizontais das demais fiadas com espessuras de 10 mm (com variação máxima de ± 3 mm)	3
2.3	Respeitar limite de desaprumo de ± 2 mm por metro, de ± 10 mm por pavimento e de ± 25 mm na altura total da edificação	5
2.4	Respeitar limite de desalinhamento de ± 2 mm por metro e de ± 10 mm por pavimento	5
2.5	Respeitar a altura do pé-direito do pavimento especificada em projeto (com variação máxima de - 5 mm a + 10 mm)	5

Tabela 21 - Respostas do formulário de procedimentos de controle da obra "C"

		(conclusão)
PROCEDIMENTOS DE CONTROLE DE OBRAS		AVALIAÇÃO
2	CONTROLE DO PROCESSO DE EXECUÇÃO DA ALVENARIA	-
2.6	Respeitar limite de descontinuidade entre paredes de pavimentos adjacentes de ± 5 mm	5
3	ACEITAÇÃO DA ALVENARIA	-
3.1	Aceitar total ou parcialmente a alvenaria apenas se todos os demais processos de controle forem aprovados	4

Fonte: Autor (2022).

Tabela 22 - Comentários acerca do controle na obra "C"

ITEM	AVALIAÇÃO	OBSERVAÇÃO
1.1	5	Existiam ensaios disponíveis de empreendimento anterior.
1.2	5	Ensaio de bloco é descartado por cumprir os requisitos.
1.6	3	Os blocos não estavam protegidos da chuva. Porém, o serviço de alvenaria não era feito caso os blocos estivessem saturados.

Fonte: Autor (2022).

Com os resultados obtidos na Tabela 19, foi visto que em mais uma obra os processos de referência de nível e nivelamento de fiadas não foram feitos seguindo os métodos de boas práticas levantados. Também pode ser comentado que os procedimentos de proteção da alvenaria contra a chuva não são executados.

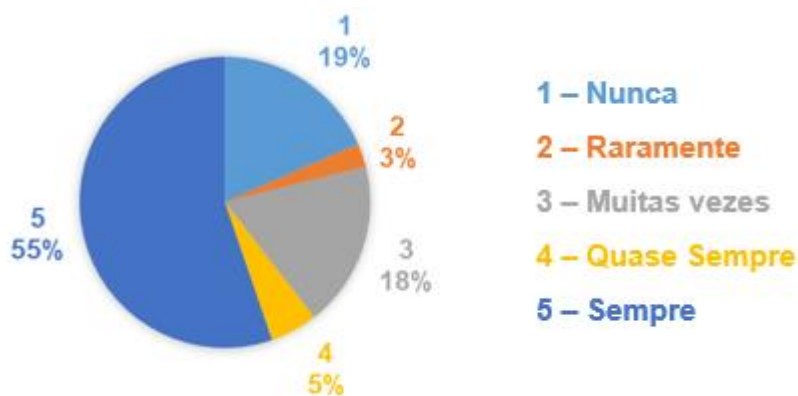
Quanto ao não cumprimento do método de aplicação de argamassa, o responsável pela obra explica na Tabela 20 que o modo expresso no projeto não foi seguido na prática por uma questão de economia e velocidade, pontuando que a decisão foi endossada pelo projetista. Aqui vale ressaltar que, embora o projetista tenha aprovado a utilização de argamassa em apenas 2 cordões no assentamento dos blocos ao invés de argamassa sobre toda a face, o projeto deveria ser reanalisado, considerando a perda de 20% na resistência da alvenaria, de acordo com a NBR 16868-1 (ABNT, 2020a).

Outra questão observada foi a frequente ausência de argamassa em juntas verticais na elevação da alvenaria, ou seja, a presença de juntas secas, o que vai contra as exigências da NBR 16868-2 (ABNT, 2020b), a qual diz que todas as juntas verticais devem ser preenchidas com 2 cordões de argamassa.

Já em relação aos procedimentos de controle de obras, foi visto que a obra “C” segue constantemente as etapas levantadas pelo formulário proposto. Os únicos pontos em desacordo mostrados na Tabela 21 e explicados na Tabela 22, são em relação à falta de proteção contra a chuva dos blocos cerâmicos durante seu armazenamento e por extrapolar a espessura de juntas verticais de assentamento. Como justificado na Tabela 22, embora os blocos não possuam proteção, eles não são usados quando molhados, o que ameniza a problemática. Ainda assim, devido a isso, existe perda de produtividade no processo construtivo. Já quanto às juntas verticais, o inconveniente é tido desde o próprio projeto, o qual não é concebido de maneira totalmente modular.

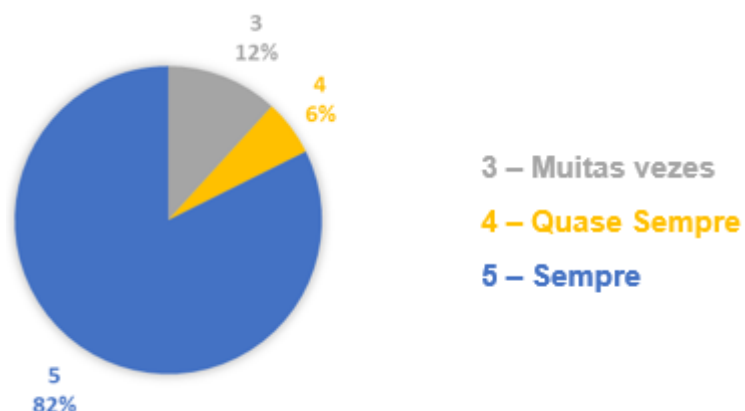
Como pode ser vista na Figura 69, a obra “C” segue sempre ou quase sempre cerca de 60% dos processos listados no formulário proposto e nunca ou raramente 22%. Em análise quantitativa, a média de frequência em execução da obra “C” na escala de Likert é de 3,76. Já quanto aos procedimentos de controle de obras, a Figura 70 mostra que 88% dos itens são seguidos sempre ou quase sempre e 0% nunca ou raramente. Na escala Likert, a média da frequência está em 4,71.

Figura 69 - Frequência dos processos de execução da obra "C"



Fonte: Autor (2022).

Figura 70 - Frequência dos procedimentos de controle de obras da obra "C"

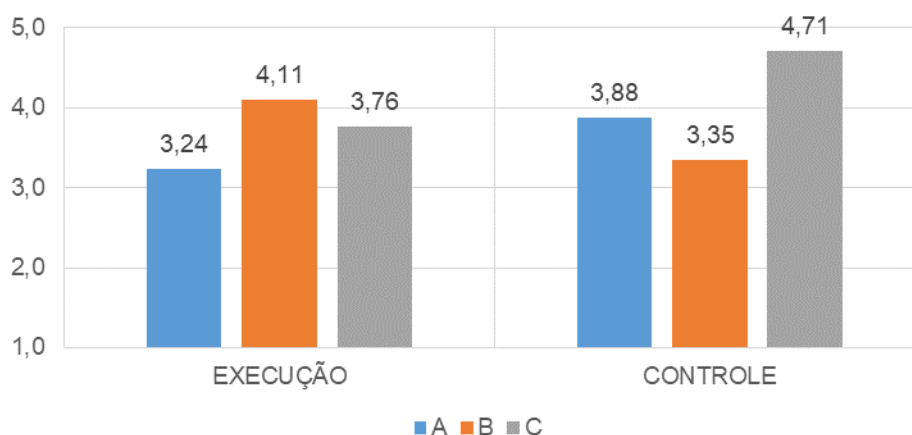


Fonte: Autor (2022).

4.2 DISCUSSÕES GERAIS

A Figura 71 mostra um comparativo entre as médias das obras "A", "B" e "C" quanto às suas frequências de atendimento aos processos de execução e procedimentos de controle de obras.

Figura 71 - Médias das obras na escala de Likert para execução e controle de obras



Fonte: Autor (2022).

Nesse levantamento, é possível observar que a obra "A" possui a menor das médias no quesito execução. Uma possível justificativa para tal pode ser embasada pela pouca experiência da empresa com o método construtivo de alvenaria estrutural. Como essa foi a

primeira unidade construída pela empresa, os processos ainda não eram totalmente conhecidos e não estavam especializados. Porém, para com os procedimentos de controle de obras, houve certo destaque, o que se dá pela execução de ensaios laboratoriais exigidos nos processos de auditoria externa PBQP-H, pela qual a empresa estava passando.

A obra “B” possui a maior média em termos de execução, porém a menor em termos de controle. A pequena média em controle de obras se dá devido à não execução de nenhum ensaio laboratorial dos materiais e componentes da alvenaria. O controle da obra se limita aos itens exigidos pelos processos de execução, como, por exemplo, limites de desaprumo da alvenaria, data de validade de ensacados, tempo de pega de graute e similares. Tal controle com viés executivo confirma o foco da obra “B” como sendo o meio de execução propriamente dito.

Já para a obra “C” é visto o grande destaque da média de controle de obras. Por ser a maior das empresas estudadas, e também com maior número de empreendimentos, o processo de controle de obra é mais completo e repleto de ensaios laboratoriais. Isso, todavia, não impede que existam diversas problemáticas com o modo de operação empregado. Como visto, não são previstas passagens específicas para as tubulações hidrossanitárias da residência, fazendo com que as paredes estruturais fossem totalmente cortadas vertical e horizontalmente, retirando a resistência da alvenaria. Essa ocorrência junto com a falta de modulação dos cômodos acaba por tornar a alvenaria estrutural frágil e faz com que seja perdido seu teor de racionalização.

5. CONCLUSÕES

Neste trabalho foi visto que as potencialidades do sistema construtivo de alvenaria estrutural não foram totalmente alcançadas pelas construtoras estudadas. Falta de modulação, racionalização e até mesmo o não seguimento de exigências estruturais tornam o processo de execução muito parecido com um sistema de alvenaria de vedação, em que os demais subsistemas, como elétrico e hidrossanitário, não se comunicam, são repletos de cortes, perda de materiais e caracterizados por retrabalho. Assim, os benefícios que podem ser trazidos pelo sistema de alvenaria estrutural acabam sendo reduzidos.

A diversidade dos portes e características das empresas estudadas mostra também as diferentes vertentes que os processos de execução e procedimentos de controle de obras podem seguir. As empresas que passaram por auditoria externa para garantir certificação PBQP-H demonstraram maior preocupação em seguir os regimentos de controle através de ensaios laboratoriais dos materiais e componentes utilizados na construção. Já as empresas com maior número de empreendimentos e unidades construídas demonstraram maior acuidade nos meios executivos, visando também maior produtividade em massa.

Todavia, muitos dos problemas encontrados acabaram tendo suas origens nas etapas de projeto. Nenhum dos casos estudados possuíam cotas modulares compatíveis com a alvenaria estrutural. Além disso, apenas uma das empresas se propôs a criar soluções que viabilizassem o conjunto dos sistemas e subsistemas, prevendo suas interferências e ao menos tentando evitá-las. Os projetos das diferentes áreas da construção foram pensados de maneira separada e não integrada.

Alguns resultados pertinentes encontrados podem ser comentados. O procedimento de referência de nível, em que se deve encontrar o ponto mais alto na base de apoio da alvenaria e assentar um único bloco que é usado como referência para o nível da primeira fiada simplesmente nunca é seguido pois é visto como trabalhoso e pouco relevante. Outro que também jamais é feito é o processo de proteção da alvenaria recém elevada contra a água de chuva.

Por outro lado, é consenso entre as empresas que alguns processos são tidos como primordiais e devem sempre serem seguidos. Esse é o caso, por exemplo, da marcação com linha guia; início do assentamento pelos blocos estratégicos; todos os itens relacionados à execução de vergas, contravergas e cintas; os procedimentos de recebimento e estocagem de ensacados; e respeito aos tempos limites para utilização de

argamassa e graute. Todos esses processos e procedimentos sempre foram atendidos pelas construtoras do estudo.

Com todos os resultados apresentados, conclui-se que a execução de obras em alvenaria estrutural de casas térreas pode apresentar falhas construtivas quando não observada compatibilização entre projetos e busca por soluções tecnológicas que valorizem o sistema construtivo. Sem a aceitação das exigências de normas técnicas e adoção de melhores práticas construtivas, as vantagens da alvenaria estrutural dificilmente serão globalmente endossadas.

6. REFERÊNCIAS

ACCETTI, K. M. **Contribuições ao projeto estrutural de edifícios em alvenaria**. 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1998.

ALBUQUERQUE, P. J. R. DE; GARCIA, J. R. Engenharia de fundações. Rio de Janeiro: LTC, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). **Alvenaria Estrutural - Passo a Passo**. São Paulo: ABCP, 2012. Cartilha.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). **Metodologia de execução** - Passo a passo para construir alvenarias de blocos vazados de concreto. São Paulo: ABCP, 2010. Apostila.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13279**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão, Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15270-1**: Componentes cerâmicos – Blocos e tijolos para alvenaria – Parte 1: Requisitos, Rio de Janeiro, 2017.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 16868-2**: Alvenaria Estrutural - Parte 2: Execução e controle de obras, Rio de Janeiro, 2020b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 16868-3**: Alvenaria Estrutural - Parte 3: Métodos de ensaio, Rio de Janeiro, 2020c.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5739**: Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos, Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6136**: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Requisitos, Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO 9001**: Sistemas de gestão da qualidade – Requisitos, Rio de Janeiro, 2015.

BOMFIN, D. F.; NUNES, P. C. A.; HASTENREITER, F. Gerenciamento de projetos segundo o Guia PMBOK: desafios para os gestores. **Revista de gestão e projetos – GeP**, São Paulo, 3(3), 2012, p. 58-87.

BREITSAMETER, B. **Revestimento interno de paredes e tetos**: Estudo comparativo dos sistemas pasta de gesso e argamassa do tipo massa única. 2012. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

CAMACHO, J. S. **Projeto de Edifícios de Alvenaria Estrutural**. Ilha Solteira, 2006.

CAMPOS, F. T. N. **Alvenaria armada em blocos de concreto: Um estudo comparativo**. 1993. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 1993.

CANATO, R. L. **Considerações para o controle tecnológico de obras em alvenaria estrutural**. 2015. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2015.

CAPUZZO NETO, V. **Estudo teórico e experimental da interação de paredes de alvenaria estrutural submetidas a ações verticais**. 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.

CARVALHO, R. R. **Comparação entre o revestimento argamassado e o revestimento em gesso**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – FUCAMP, Monte Carmelo, 2018.

CERÂMICA CITY. Catálogo Técnico City. Disponível em: <<https://www.ceramicacity.com.br/download>>. Acesso em jan. 2022.

CHAGAS JÚNIOR, R. J. **Estudo de caso de execução de edificação de sistema misto de alvenaria estrutural e aço: Análise da técnica construtiva e suas particularidades**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2021.

CHRYSLER, J. **Reinforced concrete masonry construction: inspector's handbook**. 7 ed. Los Angeles: Masonry Institute of America, 2010. 423 p.

CINTRA, J. C. A. **Fundações diretas**. São Paulo: Oficina de Textos. 2011.

DOCE OBRA. Tubulação Aparente. Disponível em: <<https://casaconstrucao.org/projetos/tubulacao-aparente/>>. Acesso em jan. 2022.

EQUIPAOBRA. Catálogo de produtos. Disponível em: <<http://equipaobra.com.br/plus/modulos/catalogo/>>. Acesso em fev. 2022.

FIGUEIRÓ, W. O. **Racionalização do Processo Construtivo de Edifícios em Alvenaria Estrutural**. Monografia (Curso de Especialização em Construção Civil) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

FRANCO, L. S. **Aplicação de diretrizes de racionalização construtiva para a evolução tecnológica dos processos construtivos em alvenaria estrutural não armada**. 1992. Tese (Doutorado), Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992.

FREIRE, A. S. **Indicadores de projeto para edifícios em alvenaria estrutural**. 2007. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2007.

HACHICH, W.; FALCONI, F. F. **Fundações - Teoria e Prática**. 2 a Edição ed. São Paulo: Editora Pini, São Paulo, 1998.

JERUEL PLÁSTICOS. Espaçadores Modelo ETP. Disponível em: <<https://jeruelplast.com.br/produto/Ls5tJ/Modelo-ETP>>. Acesso em fev. de 2022.

MACHADO, J. F. **Diretrizes para projetos em alvenaria estrutural** – Modulação e detalhamentos. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.

MACIEL, L.L.; BARROS, M.M.S.B; SABBATINI, F.H. **Recomendações para a execução de revestimentos de argamassa para paredes de vedação internas e exteriores e tetos**. São Paulo, EPUSP/PCC, 1998. (Convênio EPUSP/SENAI).

MARINOSKI, D. **Alvenarias: conceitos, alvenaria de vedação, processo executivo**. Aula de Tecnologia de Edificação III da UFSC. Florianópolis. 2011.

MEDEIROS, J. S.; FRANCO, L. S. **Prevenção de trincas em alvenarias através do emprego de telas soldadas como armadura e ancoragem**. TT/PCC/22. Texto Técnico - Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, 1999.

MOREIRA, E. M. S. **Análise experimental em escala reduzida de ligações entre paredes de alvenaria estrutural de blocos cerâmicos submetidas a ações verticais**. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

NANOPLASTIC. Caixa para instalação elétrica – Lockbox 2. Disponível em: <<https://www.nanoplastic.com.br/caixa-eletrica-4x2-lockbox2>>. Acesso em fev. de 2022.

NEVES, F. M. **Estudo do sistema hidrossanitário aparente com relação à norma de desempenho 15575-6/2008**. 2010. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

NICHELE, B. P. **Alvenaria estrutural de blocos cerâmicos: controle na execução para evitar manifestações patológica**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

OBRA EXPERTISE. Reboco de gesso: Vantagens e Desvantagens – Passo a passo. 2019. Disponível em: <<https://obraexpertise.com.br/reboco-de-gesso/>>. Acesso em: jan. 2022.

OLIVEIRA, F. D. *et al.* Principais patologias em edifícios de alvenaria estrutural. **Revista Mirante**, Anápolis (GO), v. 9, n. 2, p. 294-310, dez. 2016.

PARSEKIAN, G. A. **Alvenaria Estrutural**. São Carlos. 2020. Apostila da Disciplina de Alvenaria Estrutural de Engenharia Civil da Universidade Federal de São Carlos.

PARSEKIAN, G. A. Edificações em Alvenaria Estrutural: prática, pesquisa e desafios. **Revista IBRACON de Concreto e Construções**, dez. 2014a.

PARSEKIAN, G. A. The success of masonry structures in Brazil: practice, research and challenges. In: International Masonry Conference, 9., 2014, Guimarães, 2014b.

PARSEKIAN, G. A.; MEDEIROS, W. A. **Parâmetros de projeto de alvenaria estrutural com blocos de concreto**. São Carlos: EdUFSCar, 2021a. 2 ed. 147p.

PARSEKIAN, G. A.; MEDEIROS, W. A. Quality control according to the new brazilian standard for structural masonry: ABNT NBR 16868-2. In: Canadian Masonry Symposium, 14., 2021b, Montreal, maio 2021b.

PASTRO, R. Z. **Alvenaria estrutural sistema construtivo**. 2007. Trabalho de Conclusão

de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade São Francisco, Itatiba, 2007.

PBQP-H. Ministério do Desenvolvimento Regional. Apresentação. Disponível em: <<https://pbqp-h.mdr.gov.br/o-pbqp-h/apresentacao/>>. Acesso em: abr. 2022.

PEREIRA, T. S. et al. Estudo comparativo entre alvenaria estrutural e alvenaria de vedação comum, p.25-26. In: **Anais do 8º Encontro de Tecnologia: [Blucher Engineering Proceedings, v.1, n.3]**. São Paulo: Blucher, 2015.

PMBOK. Conjunto de Conhecimentos em Gerenciamento de Projetos. [Manual]. Global Standard. Campus Boulevard: Newtown Square, 2008.

POYASTRO, P. C. **Comparação entre blocos cerâmicos e em concreto, quanto a custo e produtividade, quando utilizados em alvenaria estrutural**. 2008. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

RAMALHO, M. A.; CORRÊA, M. R. S. **Projeto de Edifícios de Alvenaria Estrutural**, 1ª Edição. São Paulo: Pini, 2003. 174p.

RAUBER, F. C. **Contribuições ao projeto arquitetônico de edifícios em alvenaria estrutural**. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

RIBEIRO, M. A. A. **Análise Comparativa de Métodos Utilizados no Cálculo da Interação Solo-Radier**. 2010. Projeto de Graduação (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

RICHTER, C. **Qualidade da alvenaria estrutural em habitações de baixa renda: uma análise da confiabilidade e da conformidade**. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

ROMAN, H.; PARIZOTTO FILHO, S. F. **Manual da alvenaria estrutural com blocos cerâmicos**. 2017.

SANTOS, M. D. F. S. **Técnicas construtivas em alvenaria estrutural: Contribuição ao uso**. 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1998.

SANTOS, M. V. *et al.* A utilização da fundação do tipo radier. In: Congresso de Iniciação Científica, 5., Semana Nacional de Ciência e Tecnologia, 2016, Aracaju, 2016.

SANTOS, W. J. *et al.* Avaliação da influência da resistência da argamassa de assentamento na resistência de prisma de alvenaria estrutural. In: Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, 21., 2014, Cuiabá. Cuiabá: [s. n.], 2014. p. 2430-2437.

SELECTA. Soluções em Blocos. Guia Técnico. Disponível em: <<http://www.grupoestrutural.com.br/selecta/guia-tecnico/>>. Acesso em jan. 2022.

SENA, L. **Estudo de caso sobre projeto de fundações por sapatas e por estacas**. Monografia (Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC: UFSC, 2016.

SOARES, M. M. M. **Especificação, execução e controle de alvenaria estrutural em blocos cerâmicos de acordo com a NBR 15812**. 2011. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2011.

TATU. Lajes pré-fabricadas protendidas. 2017. Disponível em: <https://www.tatu.com.br/pdf_novo/vigotas-utilizacao_das_tabelas_de_lajes_protendidas.pdf>. Acesso em jan. 2022.

TAUIL, C. A. História da alvenaria estrutural no Brasil. **Revista IBRACON de Concreto e Construções**, jun. 2018.

TAUIL, C. A.; NESSE, F. J. M. **Alvenaria Estrutural**. São Paulo: Pini, 2010. 183 p.

TERRA E TUMA. Casa Maracanã. 2011. Disponível em: <<https://terraetuma.com/portfolio/casa-maracana/>>. Acesso em: jan. 2022.

TRAJANO, M. D. C. **Aplicabilidade, habitabilidade e sustentabilidade da alvenaria com bloco de concreto aparente em instituições de ensino**. 2016. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2016.