FESP
FACULDADE DE ENGENHARIA SÃO PAULO

BRUNO FRAGOSO GLÉRIA
CAROLINE F. SAVEGNAGO
HENRIQUE AKIRA ARMAROLLI
IGOR MAZZONI SILVA
MARIANA SCHAEFFER DOS SANTOS
NATHALIA MATHEUS BERNARDINO

TÉCNICAS DE RACIONALIZAÇÃO CONSTRUTIVA EMPREGADAS NA EXECUÇÃO DE EDIFICAÇÕES, ATRAVÉS DA INTEGRAÇÃO DO SISTEMA DE INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS PEX À ELEVAÇÃO DA ALVENARIA DE VEDAÇÃO

São Paulo
2017

BRUNO FRAGOSO GLÉRIA
CAROLINE F. SAVEGNAGO
HENRIQUE AKIRA ARMAROLLI
IGOR MAZZONI SILVA
MARIANA SCHAEFFER DOS SANTOS
NATHALIA MATHEUS BERNARDINO

TÉCNICAS DE RACIONALIZAÇÃO CONSTRUTIVA EMPREGADAS NA EXECUÇÃO DE EDIFICAÇÕES, ATRAVÉS DA INTEGRAÇÃO DO SISTEMA DE INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS PEX À ELEVAÇÃO DA ALVENARIA DE VEDAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil, da Faculdade de Engenharia São Paulo, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Civil.

Coordenador do curso: Prof. Antônio R. Martins

Orientadora: Prof. Elizabeth Montefusco

São Paulo
2017

BRUNO FRAGOSO GLÉRIA
CAROLINE F. SAVEGNAGO
HENRIQUE AKIRA ARMAROLLI
IGOR MAZZONI SILVA
MARIANA SCHAEFFER DOS SANTOS
NATHALIA MATHEUS BERNARDINO

TÉCNCAS DE RACIONALIZAÇÃO CONSTRUTIVA EMPREGADAS NA EXECUÇÃO DE EDIFICAÇÕES, ATRAVÉS DA INTEGRAÇÃO DO SISTEMA DE INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS PEX À ELEVAÇÃO DA ALVENARIA DE VEDAÇÃO

Monografiaapresentada à Faculdade de Engenharia São Paulo, como parte das exigências para a obtenção do título de graduação em Engenharia Civil.

São Paulo, 05 de Dezembro de 2017.

BANCA EXAMINADORA

_____
Prof.ª Eng.ª Mestre Elizabeth Montefusco
Orientadora - FESP

_____
Eng.ª Mestre Cristiana Furlan
Engenheira convidada - FAAP

_____
Eng.º Marcelo Sporkens
Engenheiro convidado – Tigre S/A

AGRADECIMENTOS

A Deus por nos ter dado saúde e força para superar as dificuldades.

A esta faculdade, seu corpo docente, direção e administração que oportunizaram a janela que hoje vislumbramos.

A nossa orientadora Professora Elizabeth Montefusco, pelo suporte, paciência e pelo tempo que lhe coube, pelas suas correções e incentivos.

Aos nossos pais, pelo amor, inventivo e apoio incondicional.

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da nossa formação, o nosso Muito obrigado.

RESUMO

Este trabalho sugere ao leitor procedimentos adequados em relação a projetos, materiais e técnicas construtivas de edifícios, para que os mesmos possam ser executados dentro dos conceitos da racionalização construtiva.

Esta estratégia de ação proporciona uma redução nos prazos, tendo em vista que parte da integração multidisciplinar, através da compatibilização dos projetos que compõe a edificação, reduz o desperdício de materiais e trabalhos, e consequentemente, traz melhorias na qualidade do produto final.

Considerando-se que a alvenaria de vedação interage com todos os subsistemas da edificação, como estrutura, instalações, impermeabilização, esquadrias, revestimentos, considera-se relevantes as ações voltadas à sua execução, reduzindo o impacto ambiental negativo devido à geração de entulho decorrente de falhas.

Assim sendo, esta monografia apresenta as premissas para que a alvenaria de vedação seja projetada e executada integrada ao sistema de instalações hidráulicas PEX, proporcionando uma melhoria contínua nas construções.

Palavras-chave: Racionalização. Alvenaria de vedação. Instalação hidráulica. PEX.

ABSTRACT

This dissertation suggests to the reader adequate procedures in relation to constructive projects, materials and techniques of buildings, so that they can be executed within the concepts of constructive rationalization.

This strategy of action provides a reduction in the deadlines, since part of the multidisciplinary integration, through the compatibilization of the projects that make up the building, reduces the waste of materials and work, and consequently, brings improvements in the quality of the final product.

Considering that the masonry walls interacts with all the subsystems of the building, such as structure, installations, waterproofing, frames, coatings, it is considered relevant the actions aimed at its execution, reducing the negative environmental impact due to the generation of debris arising from failures.

Thus, this monograph presents the premises for the masonry of the fence to be designed and executed integrated to the system of PEX hydraulic installations, providing a continuous improvement in the constructions.

Key words: Rationalization. Masonry. Hydraulic Installations. PEX.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 12
2. OBJETIVO 14
3. JUSTIFICATIVA 15
4. RACIONALIZAÇÃO 17
4.1 Aplicação à etapa de projeto 19
4.2. Aplicação à escolha das tecnologias 20
4.3. Aplicação ao setor de suprimentos 21
4.4. Aplicação à organização do canteiro 21
4.5. Aplicação à gestão da mão-de-obra 22
4.6. Aplicação à etapa de execução 23
4.6.1. Infraestrutura eficiente para o canteiro de obras 23
4.6.2. Definição das tecnologias de produção 23
4.6.3. Planejamento e programação das atividades 24
4.6.4. Controle de qualidade 24
5. ALVENARIA DE VEDAÇÃO 26
5.1 Alvenaria de vedação convencional 26
5.2 Alvenaria de vedação racionalizada 30
5.3 Projeto de alvenaria de vedação 35
5.3.1 Projeto hidráulico 41
5.3.2 Polietileno reticulado (PEX) 43
5.3.3 Componentes da alvenaria de vedação 46
5.3.4 Processo construtivo da alvenaria de vedação racionalizada 63
5.3.5 Componentes e ferramentas do PEX 70
5.3.6 Processo construtivo das instalações hidráulicas com PEX 72
6. ESTUDO DE CASO 79

6.1 Descrição da obra 79
6.2 Processo executivo da alvenaria de vedação 85
6.2.1 Marcação da primeira fiada 86
6.2.2 Elevação de alvenaria 91
6.3 Instalações hidráulicas com sistema PEX 98
6.3.1 Instalação do PEX 101
6.4 Considerações finais 107
7. CONCLUSÃO 108
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 111

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Alvenaria de vedação convencional 27
Figura 2 - Tijolo tipo "baiano" 27
Figura 3 - Anomalia devido à ausência de verga junto com material de baixa qualidade 29
Figura 4 - Rasgos e remendos na alvenaria convencional 29
Figura 5 - Blocos de cerâmica racionalizados 31
Figura 6 - Blocos de concreto racionalizados 32
Figura 7 - Parede de alvenaria racionalizada com blocos cerâmicos 32
Figura 8 - Parede de alvenaria racionalizada com blocos de concreto 32
Figura 9 - Argamassa aplicada em blocos de forma racionalizada 33
Figura 10 - Projeto de alvenaria racionalizada 34
Figura 11 - Planta de marcação da primeira fiada 38
Figura 12 - Planta detalhada da parede P53A 39
Figura 13 - Planta detalhada da parede P17A 39
Figura 14 - Planta de elevação da alvenaria da parede P16 40
Figura 15 - Planta de elevação da parede P05A 41
Figura 16 - Planta das instalações hidráulicas com PEX. Destaca-se todo o encaminhamento hidráulico do apartamento, a partir do manifold instalado na área de serviço 45
Figura 17 - Planta de distribuição hidráulica no banheiro 46
Figura 18 - Blocos cerâmicos 47
Figura 19 - Verificações para aceitação do lote de bloco cerâmico 49
Figura 20 - Blocos de concreto 50
Figura 21 - Tipologia e tamanho dos blocos 52
Figura 22 - Bloco compensador de cerâmica 53
Figura 23 - Meio-bloco de cerâmica 53
Figura 24 - Blocos canaleta de cerâmica 54
Figura 25 - Bloco de amarração de cerâmica 54
Figura 26 - Bloco 45° de cerâmica 55
Figura 27 - Bloco elétrico de cerâmica 55
Figura 28 - Bloco elétrico de cerâmica 56

Figura 29 - Bloco hidráulico de cerâmica 56
Figura 30 - Aplicação de argamassa de assentamento com bisnaga..... 58
Figura 31 - Aplicação de argamassa com colher meia-cana 58
Figura 32 - Aplicação de argamassa de assentamento com colher de pedreiro 59
Figura 33 - Argamassadeira 60
Figura 34 - Transporte de blocos no carrinho porta-palete 60
Figura 35 - Escantilhão 61
Figura 36 - Esquadro metálico 62
Figura 37 - Nível alemão 62
Figura 38 - Nível a laser 63
Figura 39 - Verificação do prumo 63
Figura 40 - Verificação do prumo e nível para elevação da parede..... 68
Figura 41 - Mesa andaime 69
Figura 42 - PEX multicamada 71
Figura 43 - Crimpagem de conexão PEX..... 72
Figura 44 - Prumada hidráulica com estrutura metálica para vedação do shaft..... 73
Figura 45 - Shaft vedado com gesso acartonado 74
Figura 46 - Manifold com instalações hidráulicas em PEX 75
Figura 47 - Exemplo de distribuição da rede hidráulica de água quente e fria utilizando sistema PEX a partir do manifold 76
Figura 48 - Chanfrador para tubos com diâmetro dos de 16, 20 e 25 mm 77
Figura 49 - Parede e shaft finalizados com revestimento em azulejo..... 78
Figura 50 - Fachada das torres Aruba e Barbados 80
Figura 51 - Piscina adulto..... 81
Figura 52 - Espaço Beauty..... 81
Figura 53 – Opção de apartamento decorado 81
Figura 54 – Opção de apartamento decorado 82
Figura 55 - Planta apartamento tipo - Opção A..... 83
Figura 56 - Planta apartamento tipo - Opção B..... 83
Figura 57 - Planta apartamento tipo - Opção C 84
Figura 58 - Planta apartamento tipo - Opção D 84
Figura 59 - Laje 100% escorada 86
Figura 60 - Marcação da primeira fiada 87
Figura 61 - Aplicação de chapisco rolado no pilar de concreto..... 88

Figura 62 - Assentamento da primeira fiada 88
Figura 63 - Marcação da primeira fiada 89
Figura 64 – Aplicação de argamassa com bisnaga 90
Figura 65 - Distribuição de blocos por parede no andar 90
Figura 66 - Distribuição de blocos por parede no andar 91
Figura 67 - Marcação e fixação das telas metálicas 92
Figura 68 - Escantilhão aprumado na extremidade com linhas de náilon fixadas servindo de guia para o assentamento 92
Figura 69 - Assentamento do bloco da extremidade..... 93
Figura 70 - Assentamento dos blocos no meio do vão 93
Figura 71 - Vergas e contravergas pré-moldadas..... 94
Figura 72 - Carrinho caçamba com argamassa de assentamento 95
Figura 73 - Elevação da parede 95
Figura 74 - Execução da última fiada com blocos compensadores de 1/8 96
Figura 75 - Execução das fiadas mais altas com o auxilio de mesa andaime 96
Figura 76 - Preenchimento das juntas verticais 97
Figura 77 - Encunhamento com bisnaga 98
Figura 78 - Prumada hidráulica na área de serviço 99
Figura 79 - Kit chicote 100
Figura 80 - Kit chuveiro 100
Figura 81 - Projeto hidráulico com caminhamento das tubulações..... 101
Figura 82 - Manifold fixado por estrutura metálica na área de serviço 102
Figura 83 - Distribuidores especificados para água quente e fria 102
Figura 84 - Distribuição das tubulações em PEX saindo do manifold..... 103
Figura 85 - Tubulação no teto do banheiro preso por sancas..... 103
Figura 86 - Kit chicote para pia e filtro..... 104
Figura 87 - Fixação do kit chuveiro 105
Figura 88 - Vedação do shaft 106
Figura 89 - Paredes e shaft revestidos 106

1. INTRODUÇÃO

Tendo em vista o atual cenário do país em relação à construção civil, as empresas deste setor têm buscado diferentes caminhos para tornarem-se mais competitivas e atrativas. Dentre as estratégias mais comuns que estão sendo adotadas, dispondo como objetivos principais a redução de custos, a garantia de prazos e a intensificação da qualidade de seus produtos, destaca-se a racionalização dos métodos, processos e sistemas construtivos.

Os princípios da racionalização construtiva levam à aplicação de todos os recursos envolvidos no processo de produção, por meio de adequação tecnológica e da mudança nos processos tradicionais de construção, e é considerada como o conjunto de ações que tem por objetivo otimizar o uso de todos os recursos disponíveis, em todas as fases do empreendimento.

Conforme Sala (2008), diante da necessidade de viabilizar as edificações quanto à aceitação do mercado e da competitividade econômica, somados ao *déficit* habitacional, a alvenaria racionalizada acaba se tornando uma alternativa importante para o processo de construção, agregando qualidade ao produto, redução dos custos devido ao ganho de produtividade e diminuição de desperdícios de material e mão-de-obra, eliminando retrabalhos.

A alvenaria está intimamente ligada aos demais subsistemas da edificação. Assim sendo, o aprimoramento desta etapa gera grandes ganhos em produtividade e redução de custos por falhas. Segundo Figueiró (2009), a alvenaria é considerada como uma etapa da construção responsável pelos maiores índices de desperdício de materiais de uma obra. Sendo assim, cada vez mais o mercado tenta controlar e reduzir estes desperdícios através de procedimentos de execução racionalizados. Assim sendo, a alvenaria de vedação possui um papel fundamental na racionalização construtiva de uma edificação.

Portanto, é imprescindível a interação entre o projeto e o método construtivo. O projeto deve se articular com os subsistemas existentes da edificação, de forma a prever interferências e sanar possíveis conflitos dessas relações.

Uma das premissas do sistema construtivo racionalizado é erradicar improvisos na obra, como rasgos na alvenaria para o encaixe das instalações, preenchimento e acertos de nível com argamassa, entre outros. Essas práticas significam maior desperdício de materiais, retrabalho, demanda maior tempo de mão-de-obra e diminuição na qualidade final do produto. Portanto, a escolha de um sistema hidráulico racionalizado e a integração do projeto hidrossanitário com o projeto de alvenaria, permite prever o caminhamento e diâmetro das tubulações, evitando quebras desnecessárias. Há ainda a possibilidade da adoção de prumadas externas para passagem das tubulações e a utilização de blocos próprios para o embutimento das instalações.

O mercado atual de materiais de construção está se adequando às necessidades das construtoras, disponibilizando novas alternativas que proporcionam ganhos na execução, instalação e manutenção, tornando o processo de racionalização de construções uma solução cada vez mais efetiva e tangível.

2. OBJETIVO

O presente trabalho tem por objetivo principal apresentar a importância da racionalização construtiva empregada nas técnicas de execução da alvenaria de vedação e instalações hidráulicas, utilizando o sistema PEX, que dentre suas características, destaca-se a flexibilidade do material, a dispensa do uso de conexões e acessórios, e a facilidade de instalação, definindo também detalhes de projeto, materiais e processos de forma a compatibilizar todos os subsistemas envolvidos em edificações.

O objetivo secundário aponta as vantagens desses sistemas dentro dos conceitos de racionalização construtiva bem como a multidisciplinaridade desde a fase preliminar de um projeto até sua execução evitando que se tomem decisões inadequadas em obra retrabalhos e adaptações.

3. JUSTIFICATIVA

Diante de um mercado altamente competitivo e uma situação econômica desfavorável, o setor de construção civil no Brasil se vê hoje pressionado a buscar soluções para redução de custos e atendimento ao desempenho especificado, ao mesmo tempo em que é necessário investir continuamente em melhorias na qualidade de seus produtos e processos para erradicar patologias, de modo a atender às necessidades dos clientes e atender ao desempenho especificado, mantendo a atratividade do setor.

Em uma análise aos diversos subsistemas constituintes de uma edificação, destaca-se a vedação vertical (que conglomera vedo, esquadrias e revestimentos), pois está intimamente ligada aos demais subsistemas, como estruturas, instalações elétricas e hidrossanitárias, vedações horizontais e impermeabilização. Além disso, sua execução corresponde a cerca de 60% do tempo gasto sendo pela mão-de-obra, sendo, portanto, um elemento de fundamental importância para a otimização e harmoniosa execução do edifício.

Conforme SALA (2008), a alvenaria de vedação, empregada nas diversas construções, se torna um dos principais subsistemas indutores da racionalização construtiva, devido a sua atuação entre as etapas subsequentes e na precisão geométrica que influirá no resultado final do processo, na questão do desperdício do material e ganhos na produtividade e qualidade do serviço.

Silva (2003) afirma que tendo em vista a importância estratégica dos serviços de execução das alvenarias pela grande influência que exerce na execução de vários outros serviços, a introdução dos conceitos e procedimentos da racionalização construtiva, pode ser um passo decisivo para a organização das atividades de projeto e de produção de um edifício e, por consequência, para a evolução de suas técnicas, métodos e processos construtivos, refletindo diretamente na estrutura organizacional da empresa como um todo.

A compatibilização dos projetos e serviços garante uma redução geral nos custos da obra, além do ganho de tempo, redução de desperdícios e retrabalhos. A integração da vedação vertical com um sistema hidráulico de forma racionalizada converte muitos ganhos para a edificação, visto que as instalações

interferem diretamente nas alvenarias. Neste trabalho destaca-se essa relação, apresentando as vantagens da utilização do método racionalizado de execução.

A grande maioria dos problemas ocorridos em construções são decorrentes de disfunções oriundas das instalações hidrossanitárias, sendo os mais habituais vazamentos, infiltrações e alto custo de manutenção. Há ainda o grande desperdício de material gerado pelo sistema hidráulico na execução de edificações, que pode atingir quase 18% do total de uma obra. Esse desperdício é causado principalmente por cortes e furos na tubulação, quebra de alvenaria e reparos com argamassa.

O correto planejamento hidráulico permite reduzir em média até 20% do custo da obra, e ainda assegurar durabilidade e manutenção da rede hidrossanitária. Neste âmbito, destaca-se o sistema PEX, mostrando-se ser mais vantajoso do que outros materiais existentes no mercado.

Além de suas características físicas, o processo de instalação das tubulações com o sistema PEX é muito mais prático e rápido, aumentando a produtividade da execução e diminuindo prazos. Não há perda de material por desperdício de tubulação ou devido a furtos, garante estanqueidade e permite a manutenção não-destrutiva, reduzindo os custos e assegurando mais qualidade à edificação.

4. RACIONALIZAÇÃO

Em um contexto puro, o dicionário Aurélio traz a palavra racionalizar nos seguintes termos: “1. Tornar racional. 2. Tornar mais eficiente os processos de (trabalho, produção, plano, etc.), pelo emprego de métodos científicos, ou mais adequados.”, mas pode-se encontrar diferentes definições para a palavra racionalizar, se, colocada em um contexto específico, neste caso, Testa (1972) entende que as ações ligadas à racionalização construtiva são baseadas no esforço para o aumento do desempenho e produtividade, pela aplicação de todas as possíveis medidas para incrementar a produção, para garantir a melhor utilização de materiais, equipamentos e mão-de-obra, no canteiro de obras e no processo de produção.

Tentando resumir de forma abrangente, esses conceitos, mesmo não havendo uma definição consensual entre as mesmas, Segundo Gehbauer (2004), “Racionalização construtiva é também, analisar metodicamente as estruturas e processos existentes, com a finalidade de descobrir pontos fracos, como exemplo, tempos de espera desnecessários, falhas na preparação e transmissão de informações, estoques intermediários evitáveis e percursos de transporte demasiadamente longos, depois, é perceber as possibilidades de melhoria, analisá-las e introduzi-las para assim testá-las e serem aceitas pelos envolvidos. A melhoria no sistema é a principal evolução da racionalização implantada.

Separando as palavras para entender o contexto de racionalização construtiva, encontram-se palavras chaves que podem complementar o tema: processo, sistema, técnica e método.

Sabbatini (1989) traz as melhores definições: “A técnica construtiva pode ser definida como um conjunto de operações empregadas por um particular ofício para produzir parte de uma construção.”

O método construtivo é um conjunto de técnicas construtivas interdependentes e adequadamente organizadas, empregado na construção de uma parte (subsistema ou elemento) de uma edificação.

O processo construtivo é um organizado e bem definido modo de se construir um edifício. Um específico processo construtivo caracteriza-se pelo seu particular

conjunto de métodos utilizado na construção da estrutura e das vedações do edifício.

O sistema construtivo é um processo de elevados níveis de industrialização e de organização, constituído por um conjunto de elementos e componentes inter-relacionados e completamente integrados pelo processo.

Separando a racionalização em etapas, encontram-se três importantes processos que visam à verificação dos pontos falhos da empresa, a análise da possibilidade de melhorias e a implantação destas, cada uma dessas etapas possuem os seus próprios métodos de aplicabilidade. Na indústria da construção civil, cumpri-los pode ser um dos principais fatores que delimitam o sucesso no ramo, por ser na maioria das vezes, vista pela quantidade de resíduos produzidos diariamente e por ter uma imagem de agressora ao meio ambiente.

Atualmente, no contexto de limitações de recursos e na concorrência, cada vez mais acirrada entre as empresas, pode-se perceber que, para um empreendimento ter sucesso é necessário usar como fonte de sobrevivência o raciocínio, e utilizar fatores simples dentro da empresa como estratégias marcantes para o sucesso. Para isso, é necessário o máximo de racionalidade na realização de projetos e nas atividades produtivas, com o menor dispêndio de trabalho visando os custos mais favoráveis possíveis, com a mais alta taxa de produtividade e um máximo de segurança no ambiente de trabalho. A união do planejamento, aquisição, administração, marketing e postura orientada ao cliente é o caminho para o sucesso almejado (Cf. Gehbauer, 2004).

Para se obter resultados positivos com a racionalização de processos construtivos, é preciso que alguns recursos e setores sejam bem planejados e estejam integrados entre si, desde o estudo de viabilidade até a entrega do empreendimento.

Pode-se dizer que existem 5 fatores determinantes para o bom andamento da execução de uma obra, e que dependem de investimentos iniciais para sua otimização. São eles:

- Projetos;
- Tecnologia;

- Suprimentos;
- Organização da produção;
- Gestão da mão-de-obra.

4.1 Aplicação à etapa de projeto

A fase de concepção de um projeto identifica todas as necessidades dos clientes e a análise da viabilidade. É nesta fase que as alterações podem ser feitas sem majoração, buscando atender à solicitação do cliente e seu orçamento. É nesta fase também, que deve ser observada a melhor maneira de compatibilizar todos os projetos referentes à obra. Mais uma vez, ressalta-se a necessária comunicação entre profissionais de diversas áreas, já que os envolvidos possuem formações e características essenciais a cada especialidade.

Levando em consideração a cultura da racionalização construtiva, que tem como princípio a utilização de todos os recursos existentes na obra em todas as suas etapas de forma ótima, o projeto se coloca como uma etapa de extrema importância e que precisa de atenção privilegiada.

Nos projetos de construções que tem como princípio a racionalização, tudo deve ser pensado com antecedência, por profissionais capacitados e um time multidisciplinar, envolvendo várias áreas do conhecimento.

A coordenação dos projetos, busca garantir a comunicação e troca de informação entre os setores e seus integrantes; coordenar os processos, solucionando eventuais interferências nas interações; conduzir as decisões a serem tomadas no desenvolvimento do projeto; controlar as etapas do desenvolvimento da obra, de modo que o que está sendo executado esteja de acordo com o que foi concebido, incluindo prazos, custos e especificações técnicas.

O que acontece na maioria das vezes em obras convencionais, é que calculistas e projetistas são chamados apenas quando há falhas na execução, porém a racionalização também tem como princípio a não existência de retrabalhos, para isso é necessário que o projeto seja muito bem feito e bem pensado por pessoas que entendem como tudo funciona em um canteiro de obra e como os

futuros problemas já podem ser levados em consideração e estudados para que sejam evitados, ainda na etapa de projeto.

O projeto de um empreendimento merece ênfase especial, pois define as características da edificação e tem influência direta na execução racional e qualidade da construção bem como nos custos finais. Cada edifício é único em sua concepção, e apesar da presença de elementos repetitivos na obra, cada um deles é singular. O projeto é, portanto, fundamental para o sucesso de qualquer empreendimento, e deve ser encarado pela equipe não como finalidade, mas como um meio de se obter bons resultados na execução da obra.

4.2. Aplicação à escolha das tecnologias

Os avanços tecnológicos na construção civil ocorreram no campo de projeto, de materiais, com a introdução e difusão de tecnologias inovadoras, e em relação às técnicas construtivas. Em busca de reformulações frente a vantagens competitivas, as empresas buscam com isso, melhorias na qualidade e redução de desperdícios, propiciando ganhos na produtividade, confiabilidade e desempenho ante ao cliente.

A necessidade das empresas de pequeno, médio e grande porte de inovar neste setor, segundo Conte (2008), é também a possibilidade de redução de custos e a diferenciação competitiva.

Baseado em uma análise econômica, é definido então a solução a ser adotada diante das vastas técnicas existentes, selecionando os equipamentos e os tipos de materiais a serem utilizados. Sabbatini (1989) define tecnologia como “um conjunto sistematizado de conhecimentos empregados na criação, produção e difusão de bens e serviços”.

A aplicação das técnicas construtivas para a execução da edificação delimita, portanto, o método construtivo. O planejamento dessas atividades impacta diretamente na gestão e no controle de materiais e equipamentos, competência do setor de suprimentos.

4.3. Aplicação ao setor de suprimentos

O planejamento e controle de materiais e atividades estão relacionados à coordenação e gestão do fluxo de materiais, equipamentos e mão-de-obra é responsabilidade do setor de suprimentos, sendo fundamental em qualquer empresa.

Cabe a este setor, o planejamento na aquisição de materiais, controle da qualidade e recebimento dos mesmos, coordenação de armazenamento e controle de estocagem no canteiro, dentre outras funções.

Slack (1993) salienta que a rede de suprimentos deve ser bem administrada, pois “nenhuma operação ou parte da mesma existe isoladamente. Cada pedaço é parte de uma rede mais ampla e interconectada de operações. Materiais, partes, montagens, informações, ideias e dinheiro fluem através das ligações consumidor/fornecedor”.

Para Silva (2009), a competitividade está nas estratégias estabelecidas de motivação e comprometimento dos funcionários nos processos de mudanças das empresas. A valorização e dignificação dos funcionários é essencial para que se tenha êxito em todas os processos da construção. O setor de suprimentos, frente à tamanha importância, merece um grau maior de atenção para que os demais setores atuem com plenitude.

4.4. Aplicação à organização do canteiro

Uma obra limpa possibilita um ambiente de trabalho agradável, além do benefício financeiro face à organização, pois todo o material é visto e utilizado, não ficando esquecido. Desenvolvimento da responsabilidade individual dos trabalhadores, benefícios como a rapidez da obra, flexibilidade dos serviços e identificação antecipada de possíveis erros construtivos são conseguidos com a limpeza do canteiro.

O canteiro de obras recebe influências de diversas atividades, sofrendo modificações ao longo de todo o processo de implantação do empreendimento. A racionalização no canteiro de obras busca pela melhor disposição dos materiais, a

integração dos elementos, a diminuição das distâncias e o uso mais adequado dos espaços, e é essencial para a racionalização e aumento da produtividade da construção.

Romano (2010) afirma que o gerenciamento do canteiro de obras deve otimizar toda a logística dos fluxos de produção, como: planejar o *layout* do canteiro de obras focando no recebimento, armazenamento, transporte horizontal e vertical dos materiais. Na construção civil, não é o produto que se movimenta, mas são os trabalhadores que se deslocam ao redor e mesmo no interior do produto principal.

4.5. Aplicação à gestão da mão-de-obra

A escassez da mão de obra qualificada tornou-se um problema para diversas empresas, incluindo as do ramo da construção civil. Para solucionar este problema, a qualificação precisa ser estimulada. Segundo Marcelo Ulsenheimer, “O ideal é que seja uma ação conjunta entre empresas, governo e profissionais”. De acordo com Marcio Alencoi, o perfil do profissional de construção civil vem mudando ao longo dos anos, “Há alguns anos era o peão de obra, mas hoje é um colaborador da empresa. Temos mais garantias, então precisamos oferecer cada vez mais um trabalho melhor”.

É uma situação alarmante, pois a maioria dos operários não são totalmente alfabetizados e mal sabem fazer operações matemáticas básicas. A qualidade da obra também depende da competência dos funcionários. O treinamento e constante motivação é fundamental para que se obtenha êxito no processo de racionalização. A diminuição da complexidade e o aumento da continuidade de tarefas a serem executadas aumentam a produtividade dos operários.

Para que se os operários tenham boa produtividade, considera-se que é necessário que eles sejam constantemente motivados. A bonificação ao bom funcionário e a penalização ao que tenha um comportamento abaixo do esperado, divide opiniões entre muitos especialistas.

4.6. Aplicação à etapa de execução

Para os objetivos estabelecidos na fase de projeto serem considerados bem-sucedidos, é necessário que os profissionais que executam o produto e o processo sejam capacitados para seguir as delimitações de cada tarefa. Incorpora-se então, o conceito de construtibilidade.

Segundo Rodrígues e Heineck (2002), construtibilidade pode ser entendida como "a colocação adequada do conhecimento e da experiência técnica em diversos níveis para racionalizar a execução dos empreendimentos, enfatiza-se a inter-relação entre as etapas de projeto e execução". De forma mais sucinta, de acordo com Sabbatini (1989), construtibilidade é "habilidade (de algo) em ser construtivel" ou "qualidade do que é capaz de ser construído".

A etapa de execução demanda um maior investimento de recursos materiais e humanos. Sua organização é um guia essencial para a prosperidade tecnológica na construção civil, que deve acontecer por meio de melhoria na qualidade dos processos e dos produtos.

Esta organização pode possui medidas como:

4.6.1. Infraestrutura eficiente para o canteiro de obras

O canteiro de obras é um dos pontos fundamentais para que a racionalização construtiva seja implantada. As áreas de estoque devem estar bem definidas e as áreas de produção devem ser estudadas para que influenciem o mínimo nas demais partes envolvidas. As instalações provisórias para os operários também são de grande valor, pois propiciam a eles maior conforto no ambiente de trabalho, aumentando a motivação e, consequentemente, a produtividade.

4.6.2. Definição das tecnologias de produção

A definição das tecnologias de produção engloba as preferências e desempenho dos equipamentos e tipos de materiais a serem utilizados na obra. Esta escolha deve ser feita levando em conta as necessidades da obra e a análise econômica. A padronização das técnicas construtivas busca desenvolver atividades

de forma mais eficiente e racional, e a simplificação e organização de procedimentos podem aumentar a produtividade.

4.6.3. Planejamento e programação das atividades

A elaboração do cronograma deve considerar o espaço de tempo entre as atividades e a sequência das mesmas, integrando-as. A margem de tempo de cada atividade é estabelecida de acordo com experiências anteriores ou índices estabelecidos pela construção civil. Porém, quando as atividades são consideradas de modo isoladas, qualquer contratempo gera um atraso cumulativo no cronograma, ocasionando custos adicionais e perdas na qualidade.

A quantificação do material a ser utilizado é importante não só para a compra, mas para o armazenamento e transporte. Seu estudo é de suma importância para que não cause atrasos nem desperdícios à obra.

O planejamento é, portanto, um ciclo permanente, realizado durante toda a obra.

4.6.4. Controle de qualidade

O controle da qualidade deve ser visto além de uma ferramenta de verificação. Ao longo dos anos, o conceito de qualidade foi sendo aperfeiçoado com definições e normatizações. Taylor enfatizou a inspeção final do produto e a supervisão do trabalho. Já nos anos 50, Deming defendeu o controle da qualidade em todas as áreas da empresa: “qualidade é tudo aquilo que melhora o produto do ponto de vista do cliente”. Ele ainda considera o consumidor como a peça mais importante da linha de produção. Conforme destacado por Juran&Gryna (1991), qualidade pode ser entendida como características do produto que vão de encontro às necessidades dos clientes, proporcionando satisfação. E ainda como “ausência de falhas”. A ISO 8401, por sua vez, define qualidade como sendo “a totalidade das propriedades e características de um produto ou serviço, que lhe conferem capacidade de satisfazer necessidades explícitas ou implícitas”.

Picchi (1993) aponta que a qualidade do produto é resultante de elementos que atuam ao longo do processo de produção, destacando-se o projeto, a conformação e os serviços. A qualidade do projeto pode ser percebida pelo grau em que sua concepção e especificações atendem às necessidades do cliente. A qualidade de conformação abrange aspectos referentes ao cumprimento dessas especificações e à eficiência do processo, como por exemplo, redução nos defeitos e no desperdício. Finalmente, a qualidade de serviços envolve o atendimento, informação e assistência ao consumidor.

Com um conceito tão amplo, para a indústria da construção civil, qualidade deixa de ser vista como um adjetivo e passa a ser compreendida como uma “função gerencial”, capaz de provocar mudanças nas organizações. Seguindo esta linha, a qualidade faz parte do produto e do serviço, englobando todos os departamentos e processos da empresa.

5. ALVENARIA DE VEDAÇÃO

Figueiró (2009) define que a alvenaria é um subsistema construtivo cuja utilização remota do início da atividade humana, há cerca de 4.000 a.C., na produção para vários fins, assumindo funções estruturais ou apenas de preenchimento de vãos. Apresenta-se exposta ou revestida, feita de modo artesanal ou com incorporação tecnológica, executada por profissionais do ofício ou por mão-de-obra desqualificada.

A partir da década de 30, com a expansão urbana e a intensificação da especulação imobiliária, a estrutura feita pelo tradicional tijolo cerâmico foi perdendo a condição de elemento estrutural, dando lugar ao concreto armado e às estruturas metálicas, restringindo-se ao preenchimento de vãos, como vedações internas e externas.

A alvenaria de vedação não é dimensionada para resistir a ações não mais do que seu próprio peso. Além da proteção contra agentes físicos, como chuva e vento, também é responsável pelo fechamento da estrutura da obra entre colunas e vigas, e compartimentação dos ambientes internos, não contribuindo de forma direta para a estrutura.

Sabbatini (1989) aponta que a principal vantagem da alvenaria de vedação tradicional é a relação custo-benefício dentre os outros materiais para vedação existentes.

5.1 Alvenaria de vedação convencional

Apesar da alvenaria de vedação convencional, conforme apresentada na figura 01, caracterizar-se pela boa durabilidade, bom desempenho térmico e estabilidade, é um tipo de vedo rudimentar, visto que na grande maioria das obras não se utiliza de um projeto específico para sua produção, ficando sua execução a critério do conhecimento prático da mão-de-obra.

Figura 1 - Alvenaria de vedação convencional. Fonte: site UFRGS - ESO

Pode ainda ser constituída por material igualmente rudimentar, popularmente conhecido como “tijolo baiano”, que dependendo de seu fabricante apresenta pouca precisão geométrica, menor resistência física, quebrando-se mais facilmente, como é possível observar na figura 02, e com isso, gerando maior grau de desperdício.

Figura 2 - Tijolo tipo "baiano". Fonte: site Habitissimo

Assim sendo, esta execução pode apresentar desvantagens, como:

- A baixa qualidade de execução devido à mão-de-obra desqualificada e displicente responsável pelo serviço;

- O retrabalho, devido aos rasgos na alvenaria para a passagem de instalações e caixas embutidas. Para preencher os vazios, utiliza-se argamassa, aumentando o gasto e ocasionando desníveis e patologias no futuro;
- A falta de controle na execução. Geralmente, os problemas na execução são expostos na conferência do prumo, que é feita apenas após a execução do revestimento externo. Para corrigir, aumenta-se a espessura do revestimento, gerando mais gastos;
- Problemas na ligação da estrutura com a alvenaria;
- O desperdício de materiais, gerado por conta da quebra no transporte dos componentes e na execução da alvenaria, onde fica evidenciada a utilização de marretas para a abertura dos rasgos e a frequente retirada de caçambas de entulho gerado, devido à falta de compatibilização dos projetos.

Entretanto, apesar do desperdício de materiais ser responsável pela maior quantia de dinheiro gasto, as perdas se dão em um contexto mais amplo, abrangendo também a metodologia utilizada nos processos construtivos e nos demais componentes da obra.

Formoso (1996) entende por desperdício “qualquer ineficiência que se reflita no uso de equipamentos, materiais, mão de obra e capital em quantidades superiores àquelas necessárias para a produção da edificação”.

Outras anomalias aparentes nas alvenarias têm surgido devido às falhas de projeto, como a utilização de balanços em grandes vãos e seções transversais reduzidas, ausência ou inadequação de vergas e contravergas, deficiência causada por materiais de baixa qualidade e execução de maneira incorreta, como ilustra-se nas figuras 03 e 04.A deficiência da qualidade do material e do produto final também ocasiona perdas à construção.

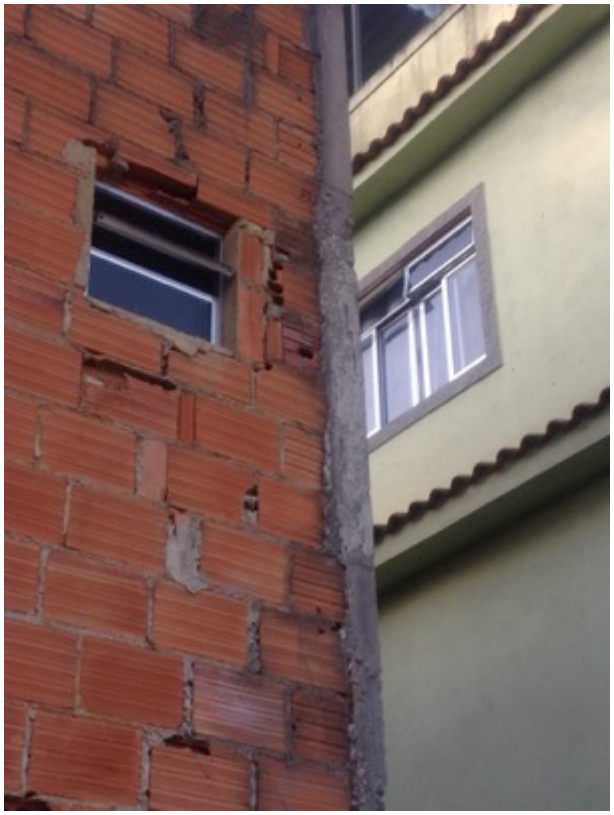

Figura 3 - Anomalia devido à ausência de verga junto com material de baixa qualidade. Fonte: site Asbuilt – Arquitetos Associados

Figura 4 - Rasgos e remendos na alvenaria convencional. Fonte: site Custo da Construção

O processo convencional de produção de alvenaria é composto por atividades que são divididas em: conversão e fluxo. Enquanto a primeira é a transformação dos materiais em produtos acabados, a segunda é representada pelas atividades que

não agregam valor direto aos materiais, como inspeção, controle dimensional e treinamento da mão de obra. Contudo, ambas influenciam no custo total da obra e devem ser estudadas e levadas em conta. A execução da alvenaria corresponde a 60% do tempo gasto pela mão de obra, segundo aponta Formoso (1996), e muitas vezes as atividades de fluxo são negligenciadas pois não incorporam valor direto à obra e é dificilmente percebida a curto prazo. Considerando uma concepção mais ampla das perdas de uma construção, é possível otimizar o tempo e obter resultados mais satisfatórios em relação à qualidade e aos gastos finais do empreendimento.

A alta competitividade e retração da indústria da construção civil obrigaram as empresas a desenvolverem estratégias para enfrentar a concorrência e melhorar a qualidade de suas obras. Surgiu então a necessidade de aprimorar os métodos construtivos, racionalizando a forma de produção de edifícios, resolvendo alguns desses problemas através da qualificação dos elementos e melhoria da metodologia adotada.

Segundo Barros (1998), alvenaria de vedação racionalizada é caracterizada como “elemento usualmente empregado como vedo de elevado grau de organização e otimização das atividades envolvidas em sua produção”.

5.2 Alvenaria de vedação racionalizada

Devido à necessidade, cada vez maior, de redução de custos e do cumprimento de prazos apertados em uma obra, a racionalização dos sistemas visando otimizar todos os recursos de um ambiente construtivo, tem se tornado cada vez mais comum.

Segundo Sala (2008), na década de 90, devido à retração e elevada competitividade que passava a indústria da construção civil, o mercado se viu obrigado a investir em programas de desenvolvimento tecnológicos como a estratégia de ação para enfrentar a concorrência.

Os objetivos destes programas eram desenvolver métodos e processos construtivos que racionalizassem e melhorassem a produção dos edifícios que estavam sendo construídos com o processo convencional de alvenaria.

Diante da necessidade de viabilizar as edificações, a alvenaria racionalizada acaba se tornando uma solução importante para esta etapa no processo, agregando na qualidade do produto e na redução dos custos associados a ganho de produtividade e diminuição de desperdícios e retrabalhos, Sala (2008).

Quando pretende-se implantar conceitos de racionalização em uma construção, primeiro deve-se iniciar pela estrutura da edificação e depois priorizar a alvenaria. Isso porque o subsistema da vedação vertical também interfere em outros subsistemas muito importantes como as esquadrias, instalações elétricas, de comunicação e instalações hidrossanitárias. Todos esses subsistemas juntos podem representar 20% do custo total dos edifícios, Sala (2008).

Portanto, a alvenaria racionalizada é constituída por blocos cerâmicos ou blocos de concreto, conforme ilustra-se nas figuras 5 e 6, de ótima qualidade, condicionados com argamassa que formam painéis que seguem uma modulação prevista em projeto tanto na horizontal como na vertical, como nas figuras 7 e 8 a seguir, levando-se em conta tudo o que interfere na alvenaria (abertura de portas e janelas, impermeabilização, instalações).

Figura 5 - Blocos de cerâmica racionalizados. Fonte: site Pini

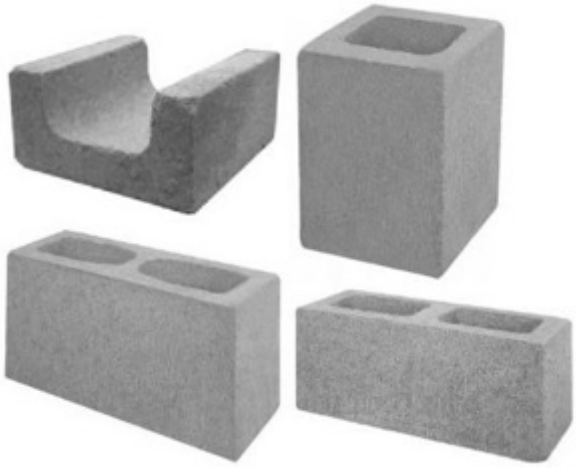

Figura 6 - Blocos de concreto racionalizados. Fonte: site Comunidade da Construção

Figura 7 - Parede de alvenaria racionalizada com blocos cerâmicos. Fonte própria

Figura 8 - Parede de alvenaria racionalizada com blocos de concreto. Fonte: site Pedreirão

O gasto da argamassa também é bem menor, pois aplica-se apenas às espessuras das paredes dos blocos, conforme figura 9. Além disso, de 10% a 15% dos tijolos não qualificados ou racionalizados quebram durante a entrega e manuseio. Já os blocos racionalizados não quebram com tanta facilidade como os convencionais, porque o transporte é feito por meio de paletes.

Figura 9 - Argamassa aplicada em blocos de forma racionalizada.
Fonte: site Revista Edificar

Todo o projeto e serviço de alvenaria racionalizada deve ser compatibilizado com os projetos e serviços dos demais subsistemas (estrutural, elétrico, hidráulico, etc.) e paginado com um projeto específico para a alvenaria que determinará a posição exata de cada componente, como mostra a Figura 10, otimizando os processos.

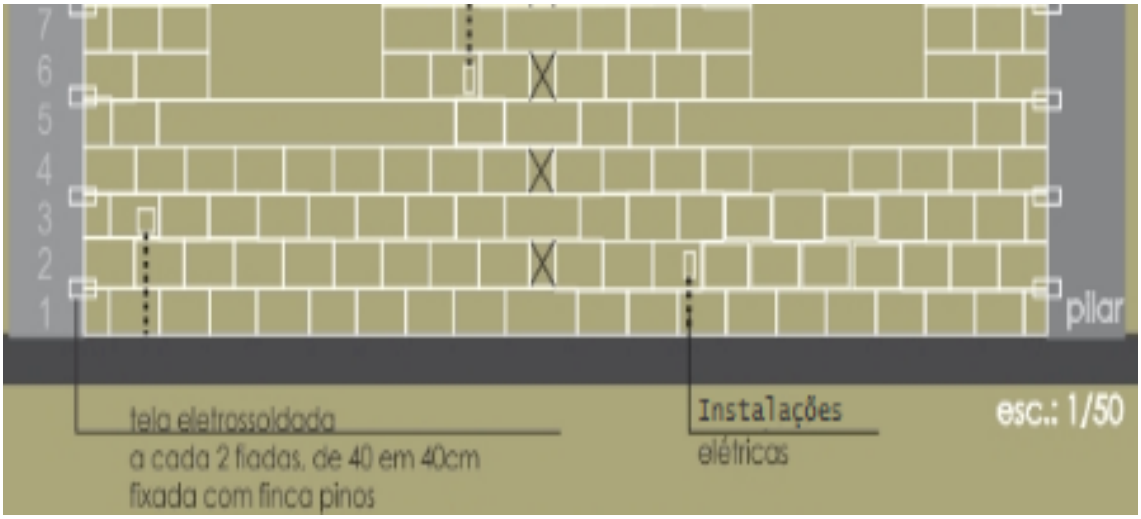

Figura 10 - Projeto de alvenaria racionalizada. Fonte: site Canal do Engenheiro

Uma das principais vantagens de se fazer um planejamento prévio da alvenaria é quantificar os blocos que serão necessários para a execução de determinado painel de vedação, acarretando assim um melhor controle no transporte de componentes para o local de trabalho garantindo melhor produtividade em cada pavimento.

Para que um projeto de alvenaria racionalizada seja bem executado, é necessário o uso de mão-de-obra especializada, ou seja, os funcionários devem receber treinamento, o que pode acarretar no início uma redução na produtividade. No entanto, com o passar do tempo, os funcionários se adaptam aos novos procedimentos e a produtividade é alavancada em função da aplicação mais racional e eficiente dos recursos utilizados para a execução desse serviço.

Segundo Sala (2008), uma alvenaria executada dentro das tolerâncias geométricas determinadas viabiliza maior precisão na dimensão dos ambientes, menores espessuras de revestimentos, folgas adequadas dos vãos para encaixe das esquadrias e o resultado final é uma redução geral nos custos da obra, além do ganho de tempo e redução da necessidade de retrabalhos.

No processo construtivo desta alvenaria em edificações, sob a ótica do método racionalizado e economicamente viável, é imprescindível a perfeita interação entre projeto e a metodologia construtiva. O procedimento construtivo juntamente

com o projeto e a adequada mão-de-obra caracterizaram os fundamentos deste sistema e influirão para a otimização do processo.

5.3 Projeto de alvenaria de vedação

Diferentemente do processo construtivo convencional, onde os projetos são feitos de modo sequencial, no processo racionalizado há a integração entre o processo e o produto, ou seja, entre o projeto e a construção. Fabrício e Melhado (2000) coligam três atividades que compõem essa simultaneidade: diferentes atividades de projeto realizadas em paralelo, comunicação e envolvimento entre as diferentes áreas envolvidas, e concepção orientada ao ciclo de vida da edificação.

Thompson e Perry (1992) complementam que é necessário comprometimento dos profissionais que tomem parte nas decisões do projeto, de forma que todos se sintam corresponsáveis pelo seu desenvolvimento e resultado final.

Para que o projeto contemple todas as informações necessárias, ele deve conter as características dos materiais a serem empregados, atender às normas e procedimentos de execução, sequência de produção, logística, dentre outras informações pertinentes.

A apresentação adotada deve obedecer a um único padrão e de modo que a mão-de-obra seja capaz de compreender a integração entre os demais projetos, não apenas a produção da parede. A execução da alvenaria, quando orientada pelo projeto, permite que os operários se concentrem em sua atividade, valorizando-a e estimulando-a ao aprimoramento e otimização de sua produção.

O projeto da edificação deve conter as informações que o caracterizam, como:

- Seus componentes e as especificações de cada produto;
- Detalhamento construtivo, com as diretrizes de montagem e a interface com outros subsistemas;
- O parâmetro esperado de desempenho;
- O padrão de qualidade.

O projeto de produção, conforme definido por Sabbatini (1989), é “o conjunto de informações que define todas as atividades necessárias para produzir um produto”, e ela deve conter:

- Definições dos materiais e equipamentos;
- Definições das técnicas e métodos construtivos;
- Sequência de produção;
- Logística do canteiro de obras;
- Métodos para o controle da execução;
- Produtividade esperada.

Antes de iniciar o projeto de alvenaria, é realizado um estudo dos demais projetos, que foram coordenados na fase inicial do empreendimento. A prévia definição deste projeto é fundamental para a racionalização, e evita que sejam tomadas decisões no canteiro. É uma ferramenta de extrema importância para a coordenação de todos os projetos envolvidos.

O projeto arquitetônico da edificação fornece para o projeto de alvenaria de vedação as dimensões internas dos cômodos e das paredes acabadas, a localização e dimensão das aberturas (portas e janelas), as juntas de controle, o tipo de revestimento interno e externo que será utilizado e detalhes arquitetônicos como sacadas e beirais.

Do projeto estrutural, obtêm-se o dimensionamento dos elementos estruturais (vigas e pilares), a extensão entre as faces dos pilares e a altura do pé-direito estrutural.

No projeto elétrico, as informações relevantes são a localização da passagem de eletrodutos, a locação dos pontos de luz, tomadas, interruptores e do quadro de luz, e a utilização de *shafts* nas prumadas das áreas comuns.

O projeto hidráulico contempla a rede de distribuição, indicando a localização das peças sanitárias, das instalações e suas especificações técnicas, como materiais, tamanho e diâmetro dos tubos, e informa sobre a utilização ou não de *shafts* para as tubulações. Este projeto abrange também as instalações de gás, coleta de esgoto e águas pluviais, proteção contra incêndio e impermeabilização.

Após a consolidação dos projetos de cada especialidade, é elaborado o projeto da alvenaria de vedação, composto por:

- Planta de numeração das paredes;
- Planta da primeira fiada;
- Locação da primeira fiada;
- Elevação das paredes contendo instalações ou aberturas;
- Especificações quanto às vergas e contravergas;
- Especificação e quantificação dos blocos e dosagem de argamassa de assentamento;
- Especificação das juntas entre os blocos e da ligação parede/pilar;
- Detalhamento das ligações estrutura/alvenaria;
- Detalhamento das passagens das instalações.

O Manual de Escopo de Projetos para Produção da Vedação Vertical, proposto pela AGESC (2008) estabelece que os itens citados anteriormente são serviços essenciais a serem observados. E traz ainda outros dois tipos que estruturam o projeto de alvenaria de vedação: serviços específicos e opcionais. Dentre os específicos, citam-se:

- Planta de amarração da estrutura;
- Levantamento da área das vedações;
- Especificações da execução dos componentes complementares à vedação.

E dentre os opcionais, ressaltam-se:

- Especificações da execução dos componentes que serão produzidos em obra;
- Planta da segunda fiada;
- Locação da segunda fiada.

Nas plantas de marcação e locação da primeira fiada apresentam a identificação cada parede do pavimento tipo, contemplando a localização das mesmas e os vãos horizontais, conforme apresentado na figura 11, dando destaque para alguns detalhes específicos, como onde estarão as telas metálicas para amarração, espessura das juntas de argamassa de assentamento, etc. Todas as

paredes de um projeto de alvenaria devem ser detalhadas separadamente, conforme pode-se observar nas figuras 12 e 13.

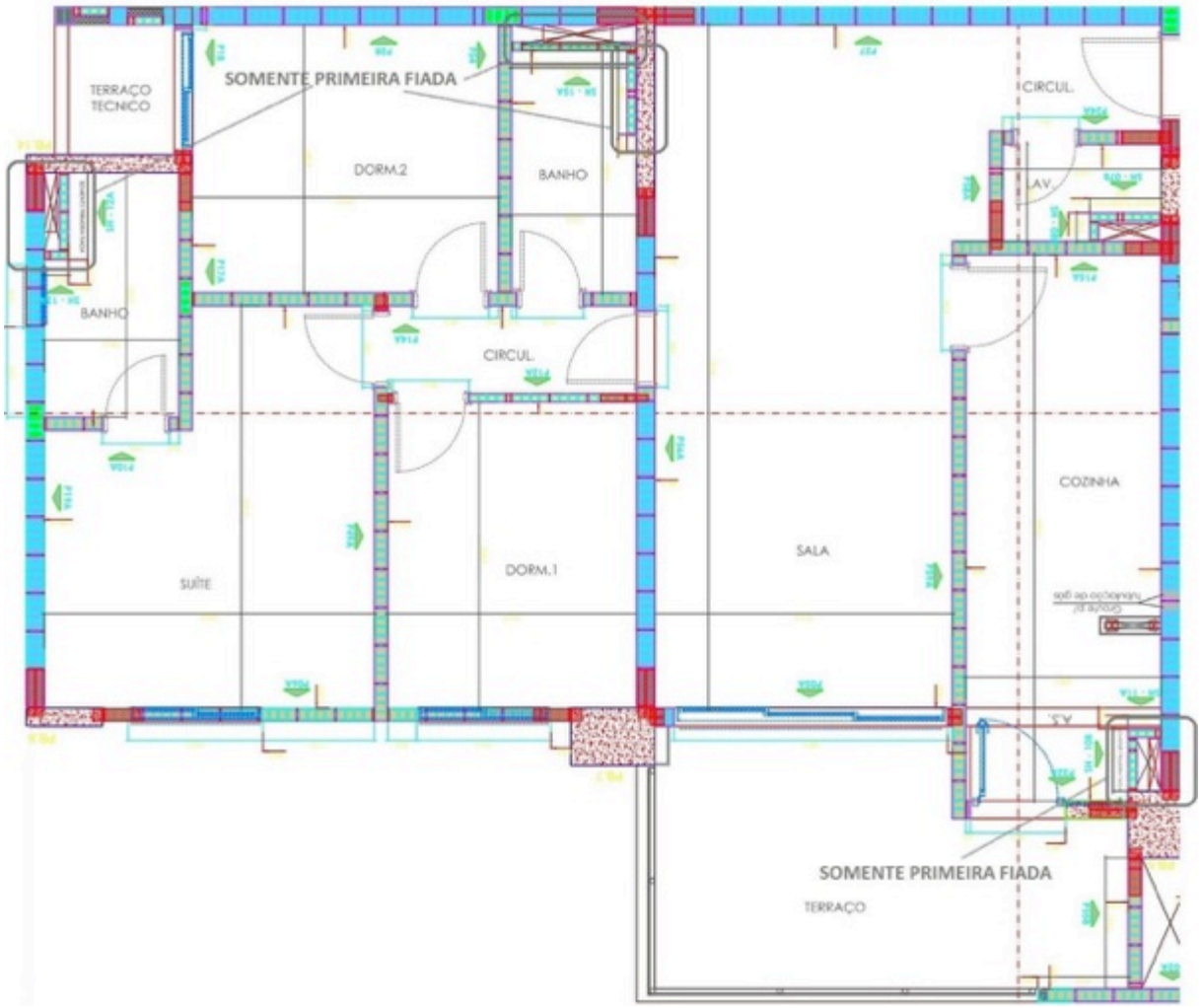

Figura 11 - Planta de marcação da primeira fiada. Fonte própria - Tecnologys. Projetista Roberta Roque

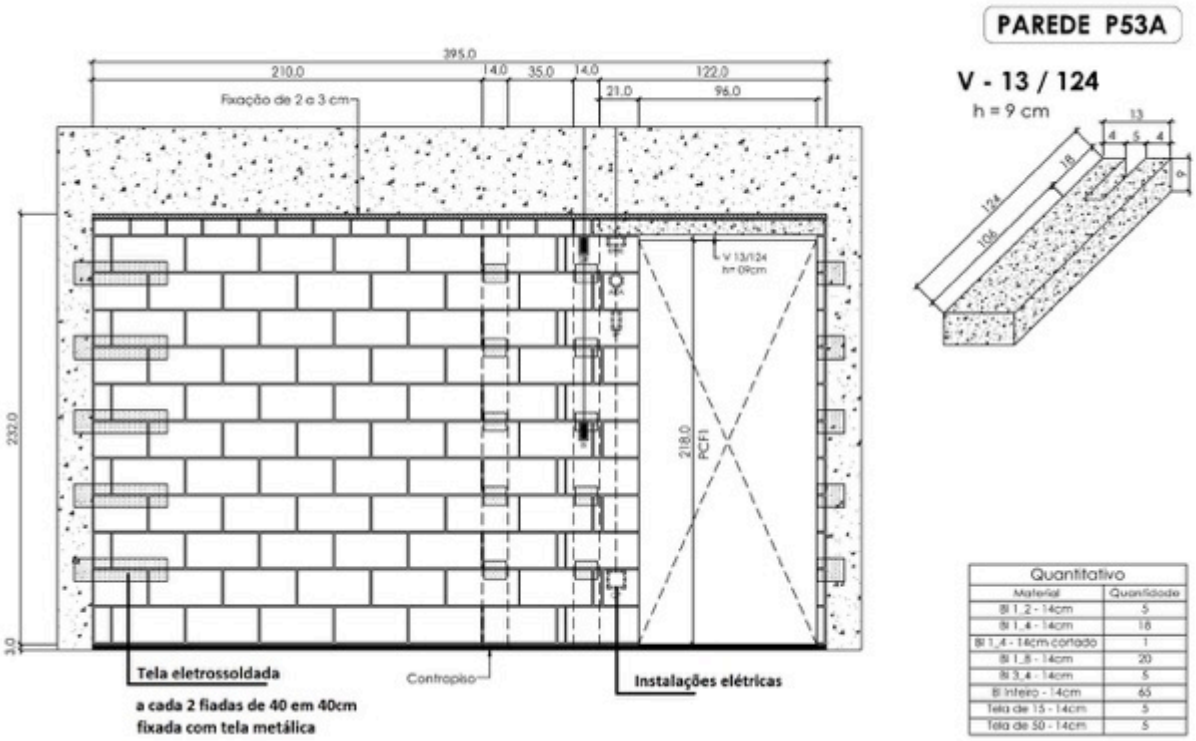

Figura 12 - Planta detalhada da parede P53A. Fonte própria - Tecnologys. Projetista Roberta Roque

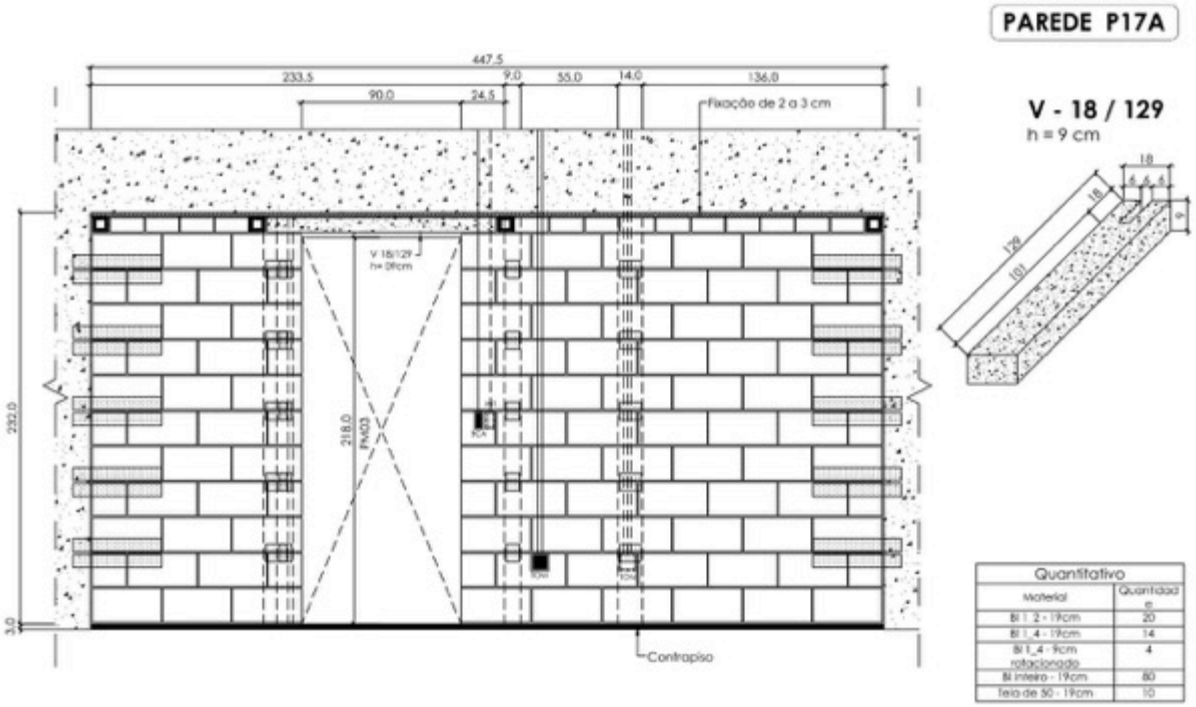

Figura 13 - Planta detalhada da parede P17A. Fonte própria - Tecnologys. Projetista Roberta Roque

Na planta de elevação das paredes, com o objetivo de observar a disposição dos subsistemas presentes na alvenaria, é apresentado mais detalhadamente onde a estrutura e as instalações estão implantadas e traz o posicionamento das esquadrias, além de especificar os componentes a serem utilizados, e se há reforços de vergas e contravergas, como pode ser observado nas figuras 14 e 15 a seguir.

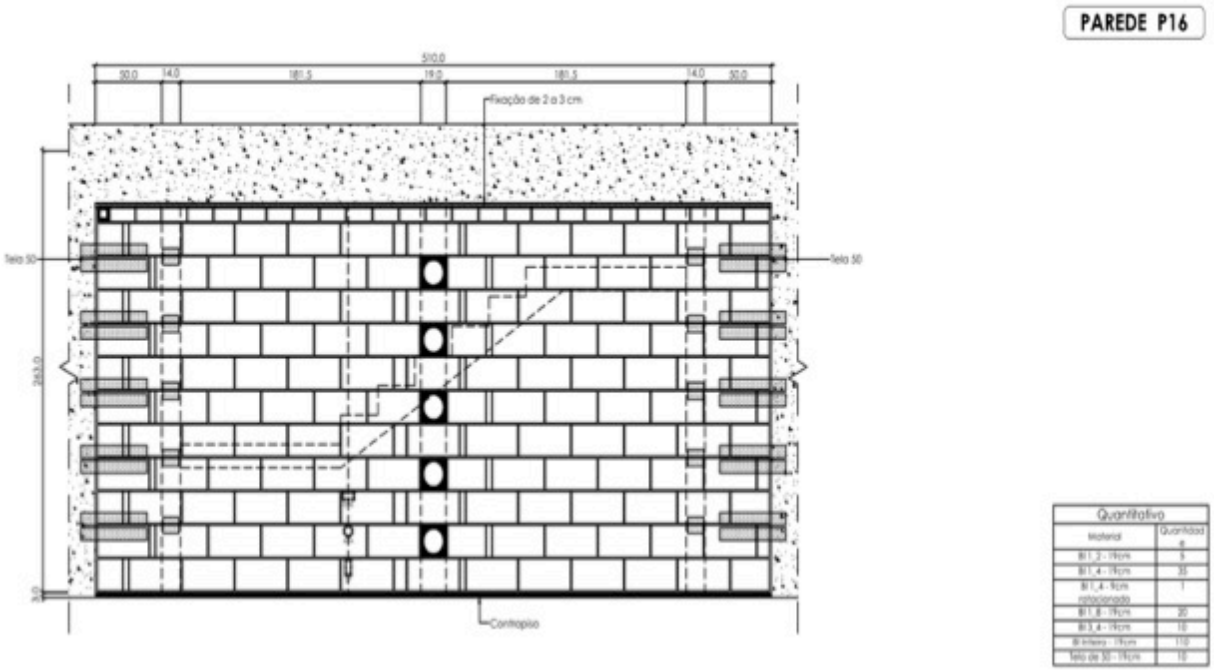

Figura 14 - Planta de elevação da alvenaria da parede P16. Fonte própria - Tecnologys. Projetista Roberta Roque

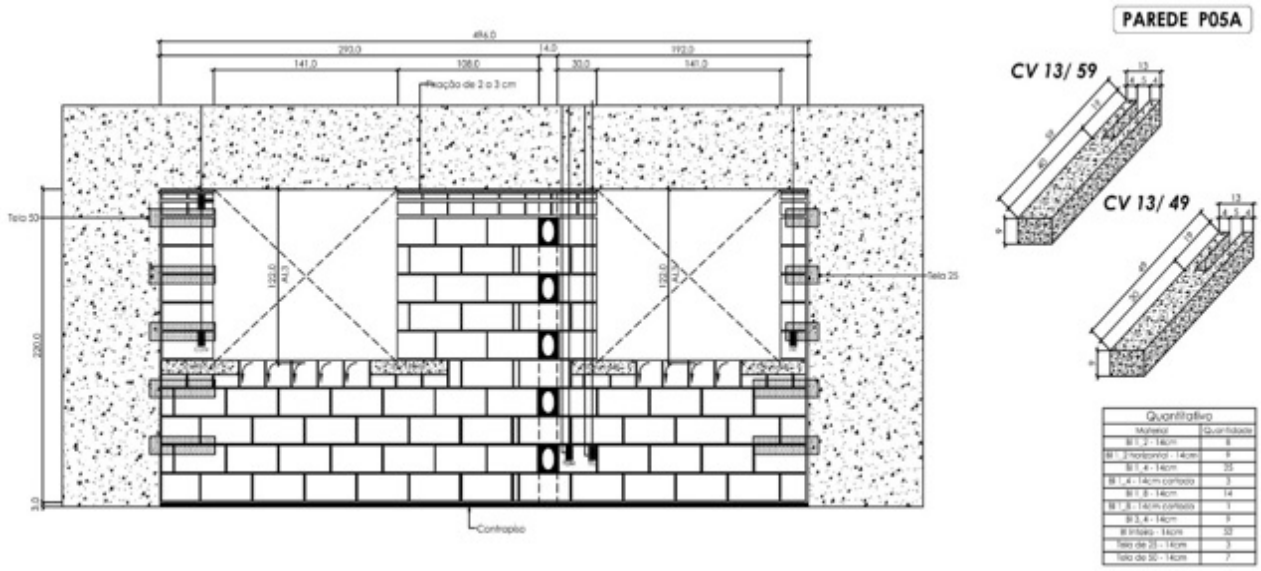

Figura 15 - Planta de elevação da parede P05A. Fonte própria - Tecnologys. Projetista Roberta Roque

Para se evitar a quebra dos blocos para a instalação elétrica, o projeto de furações elétricas é de grande importância. Nele está contido a localização dos furos necessários para embutir as instalações.

Para a parte hidráulica, o mesmo se faz necessário. Orientado pelo projeto, é possível saber previamente as dimensões necessárias para embutir as instalações, já posicionando os blocos cortados ou o bloco canaleta, (um pré-fabricado vazado com passagem para dutos).

5.3.1 Projeto hidráulico

Em obras onde não há o projeto hidrossanitário para guiar o executor, a execução é feita de acordo com as preferências e experiência prática que ele julga como certas. Em decorrência disso, pode ocorrer excesso na compra de materiais e improvisação na escolha dos tubos e conectores, gerando ineficiência de pressão da água. Outra adversidade causada pela falta de projeto das instalações hidráulicas é a dificuldade em identificar o local exato da infiltração de água e ter que demolir toda a parede para consertar. Ou ainda, em caso de reformas e troca de materiais

envelhecidos, enfrenta-se o mesmo inconveniente onde não é possível prever a disposição das instalações.

Em estudo realizado pelo Corpo de Bombeiros do estado de Goiás em 2006, 75% dos problemas das construções são provenientes das disfunções oriundas das instalações de água e de esgoto, ou seja, apenas um quarto desses problemas não são causados pela rede hidráulica. A professora Cláudia Gurjão, do Departamento de Engenharia Civil e Ambiente da Universidade de Brasília (UnB), aponta vazamentos, infiltrações, pressão insuficiente e custo alto de manutenção como os transtornos mais corriqueiros das instalações hidráulicas convencionais.

Segundo Spinelli (2005), a taxa média de desperdício representada pela parte hidráulica, corresponde a 15% do total de uma obra, podendo atingir 18%. Esse desperdício engloba a perda nas tubulações (com cortes e furos), quebra da alvenaria, reparos com argamassa e aumento da espessura do revestimento. De acordo com estudo de Henrique Diógenes (2017), do Instituto Militar de Engenharia (IME), a elaboração do projeto hidráulico, em média, pode reduzir 20% do custo total de uma obra.

A professora Cláudia Gurjão, do Departamento de Engenharia Civil e Ambiente da Universidade de Brasília (UnB), afirma que o projeto e a manutenção relacionam-se diretamente. E que esta última juntamente com a durabilidade, dependem entre outros fatores, de um bom projeto. Os atuais projetos utilizados pelas construtoras que buscam otimizar seus processos, melhorar a produtividade e reduzir custos, tanto de construção como de reformas, trazem tecnologias capazes de facilitar a manutenção nas futuras obras.

Além disso, o desenvolvimento da construção civil brasileira eclodiu a necessidade de enquadrar sistemas aos prazos das construtoras garantindo eficiência e qualidade. Desta forma, despontaram novas formas de construções e instalações, obrigando fornecedores de materiais a se aperfeiçoarem, visando dinamismo e simplificação em seus serviços.

5.3.2 Polietileno reticulado (PEX)

Adequando-se a essas necessidades, surgiu o material polietileno reticulado, mais comumente conhecido como PEX. Um produto inovador no setor da construção, capaz de dinamizar processos e apresentando ser mais benéfico quando comparado aos outros tipos de materiais para tubulações de instalações hidráulicas existentes no mercado.

Desenvolvido na Europa durante a década de setenta, chegou ao Brasil somente em 1990, associado aos processos de racionalização de obras. Respaldado em um projeto hidráulico que detalhe o seu caminhamento e linha de execução, os produtos utilizados devem atender a *NBR 15.939/11 – Sistemas de tubulações plásticas para instalações prediais de água quente e fria – Polietileno reticulado (PEX)*.

O PEX distingue-se por apresentar expectativa de vida útil superior a 50 anos, aumentando a garantia oferecida pelos fornecedores. Dentre suas principais características, é um material muito flexível, garantindo a possibilidade de diversos traçados para as tubulações, sem que haja a necessidade de uso de conexões ou acessórios. Ressalta-se também que devido ao menor uso de conexões, as perdas de carga são menores e o sistema se torna mais rápido e fácil de instalar, colaborando para prazos mais curtos de obra. Em redes de água fria, é possível que tenham raio de seis a oito vezes de seu diâmetro, e em redes de água quente, em média duas vezes. O PEX apresenta ainda uma propriedade chamada de memória térmica, que o permite retornar à forma original quando aquecido à temperatura de amolecimento.

Este material também é resistente contra a radiação ultravioleta, efeitos do cloro e dos íons de cobre, além de apresentar uma ótima resistência à corrosão química e eletroquímica, pois não é um bom condutor de corrente elétrica. Por apresentar baixa condutividade térmica, dissipa pouco calor e o sistema mantém-se isolado.

Por não ser um material rígido, não ocasiona rachaduras devido a oscilações de expansão e retração. Sendo todo revestido por polietileno reticulado, pode ser

instalado diretamente na alvenaria, ou ainda, para facilitar a remoção e manutenção, dentro de *shafts* ou forros de gesso.

Outras prerrogativas observadas no uso deste material: redução de custos, pois não há qualquer desperdício de tubulação, eliminação no risco de furtos, já que diminui a quantidade de itens a serem gerenciados na obra, facilidade na instalação, garantia na qualidade da mão-de-obra devido às montagens serem realizadas em fábrica, garantia de estanqueidade, visto que após a montagem as conexões são testadas, padronização na obra e assessoria técnica personalizada.

Comparado aos outros materiais utilizados nas tubulações de instalações hidráulicas, como o policloreto de vinila (PVC), o policloreto de vinila clorado (CPVC), o polipropileno copolímero random (PPR), o cobre, o aço-carbono e o ferro-fundido, o PEX apresenta ser muito superior em relação ao tempo de utilização, de execução, produtividade e em relação à praticidade.

Seu processo de montagem é de forma simples e fria, não sendo necessária a utilização do fogo (como em tubulações de cobre), nem de outro equipamento específico, e de forma seca, pois não é utilizado nenhum tipo de cola.

O planejamento deve englobar além do caminhamento das tubulações, o local previsto do registro geral e dos aparelhos sanitários. O uso do sistema de tubulações de PEX em instalações hidráulicas apresenta melhores resultados e faz parte de estratégias de racionalização de edificações. Conforme se segue, é apresentado a planta arquitetônica da instalação hidráulica em PEX na figura 16 e uma vista da elevação do banheiro na figura 17, onde pode se observar detalhadamente a distribuição da tubulação hidráulica de água quente e fria a partir do shaft.

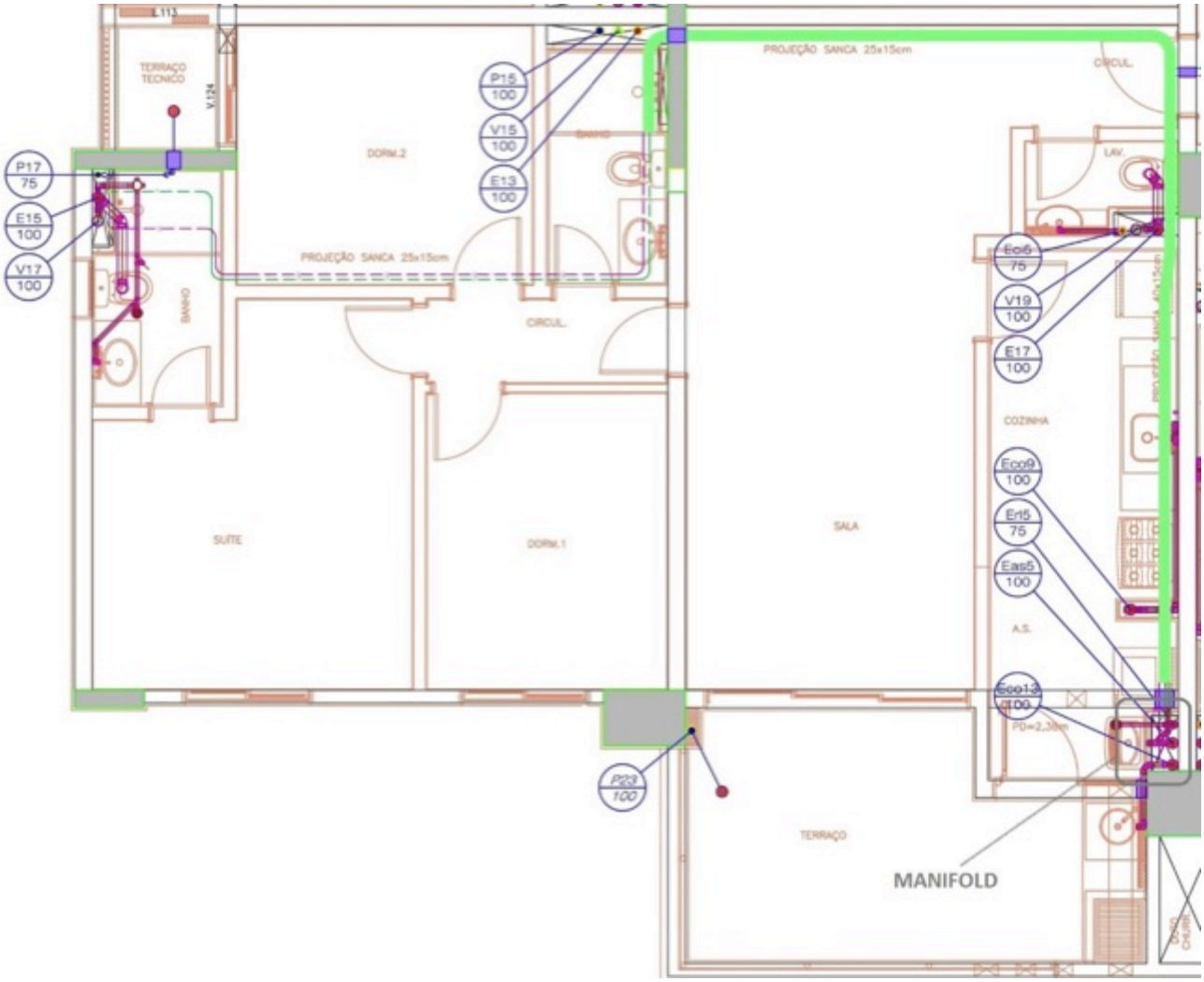

Figura 16 - Planta das instalações hidráulicas com PEX. Destaca-se todo o encaminhamento hidráulico do apartamento, a partir do *manifold* instalado na área de serviço. Fonte própria - SPHE. Projetista: Diogenes Borges

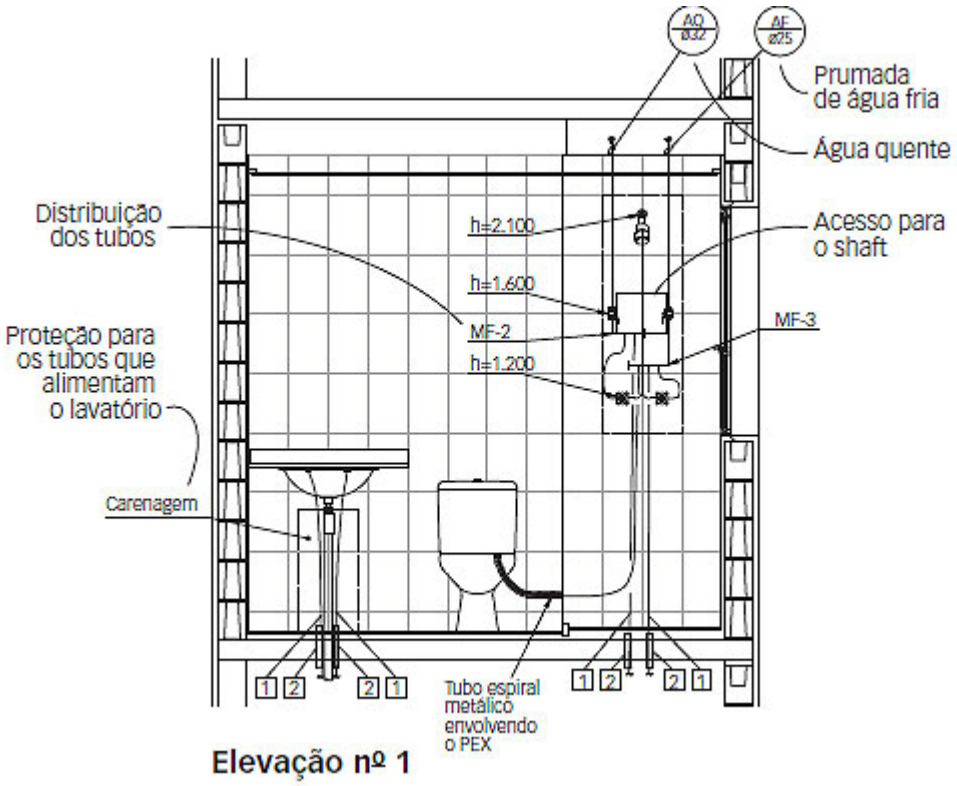

Figura 17 - Vista de distribuição hidráulica no banheiro. Fonte: site Vai Com Tudo

5.3.3 Componentes da alvenaria de vedação

A modulação é definida em fase de projeto e a escolha dos tipos de blocos visa atender à arquitetura. Integrando a racionalização à execução, o estudo do melhor tipo de bloco minimiza a quebra e o desperdício.

a) Blocos

Dentre os diversos componentes existentes no mercado, a alvenaria de vedação pode ser composta por:

- Tijolos cerâmicos;
- Blocos cerâmicos;
- Blocos de concreto;
- Blocos de concreto celular;
- Blocos de vidro, entre outros.

As ligações podem ser de juntas preenchidas com argamassa ou juntas secas (sem preenchimento de argamassa entre os elementos). Ela pode ainda estar aparente ou revestida nas construções.

Os tijolos cerâmicos tipo comum dividem-se em maciços e furados. Os maciços, também conhecidos como “tijolo comum” e ”tijolo de barro cozido”, são sólidos, não possuem espaços vazios, o que proporciona um bom conforto térmico e acústico. Por outro lado, ocasiona maior gasto com a mão de obra e com argamassa.

A *NBR 7170/83 – Tijolo maciço cerâmico para alvenaria* estabelece três categorias para o tijolo comum a partir dos valores estabelecidos para a resistência mínima à compressão. São eles: 1,5 MPa para categoria A; 2,5 MPa para categoria B; e 4,0 MPa para categoria C.

Os tijolos furados, ou blocos cerâmicos, popularmente conhecidos como “tijolo baiano”, são mais leves, mais baratos e garantem bom conforto térmico. São os mais utilizados atualmente na indústria da construção civil. Possuem ranhuras para facilitar a aderência da argamassa e furos prismáticos perpendiculares a uma de suas faces, como ilustrado na figura 18 a seguir.

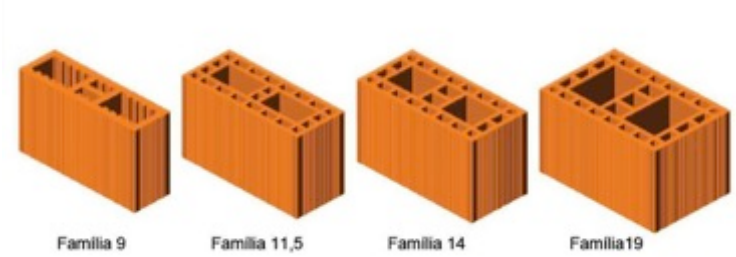

Figura 18 - Blocos cerâmicos. Fonte: site UFRGS

Os blocos visualmente não devem apresentar trincas, quebras, deformações ou irregularidades na superfície.

Os blocos cerâmicos para paredes de vedação possuem os furos dispostos no sentido de sua altura, resistindo somente ao próprio peso e a pequenas cargas de ocupação. Classificam-se quanto à resistência à compressão como:

Classe	10	15	25	45	60	70	100
Resistência à Compressão	1,0	1,5	2,5	4,5	6,0	7,0	10,0

Na superfície do bloco deve constar o nome do fabricante, a cidade em que foi fabricado e as dimensões em centímetros. As verificações que devem ser seguidas de acordo com a *NBR 7171/92 – Bloco cerâmico para alvenaria – Especificação* são:

- Verificação amostral nos lotes de materiais recebidos. Cada caminhão corresponde a um lote, onde são necessárias como amostras 24 blocos coletados aleatoriamente.
- Verificação visual: trincas, quebras, irregularidades, deformações, variações de cor;
- Dimensões: medir com trena todas as amostras;
- Planeza das faces: verificar com régua metálica todas as amostras. A flecha máxima admitida é de 3mm;
- Desvio de esquadro: o máximo admitido é de 3mm;
- Queima: som vibrante à percussão com objeto metálico indica boa queima, um som abafado indica que o bloco foi mal cozido. Em imersão com água por um período de 4horas, se o bloco desmanchar ou esfarelar, indica queima ruim.

As dimensões e formas de verificação estão ilustradas na figura 19 abaixo.

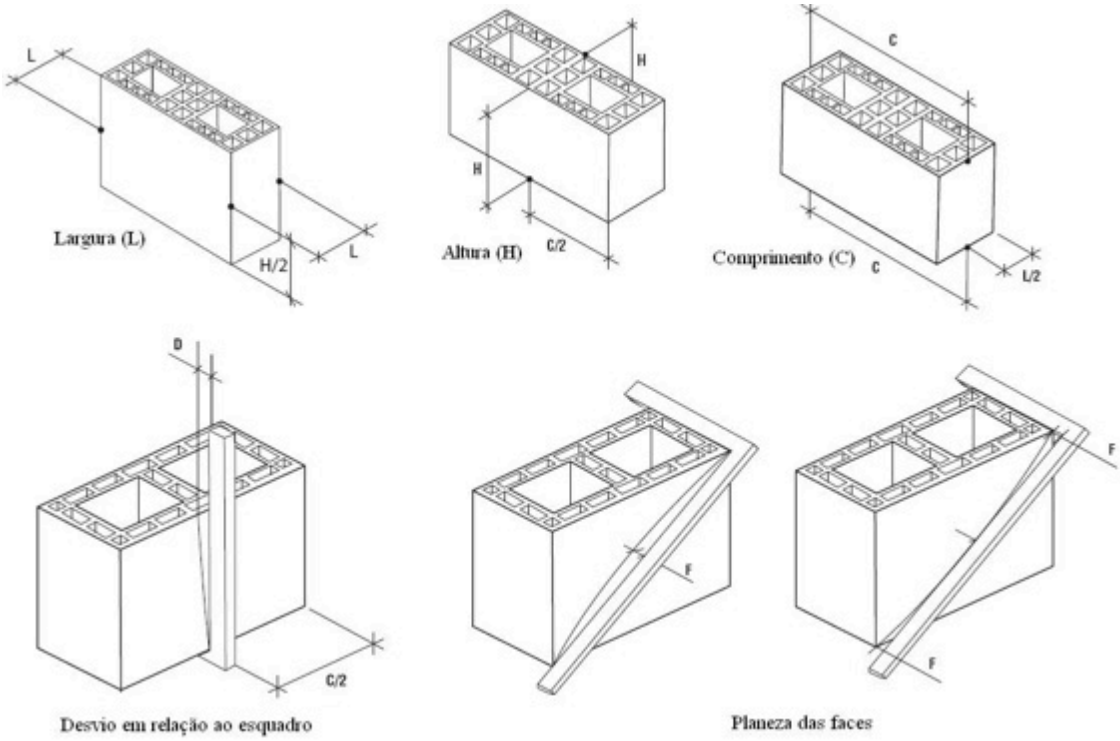

Figura 19 - Verificações para aceitação do lote de bloco cerâmico. Fonte UFRGS

Para a aceitação do lote, as dimensões não devem ultrapassar diferença de 3mm para mais ou para menos da medida especificada, até quatro blocos podem possuir defeitos na planeza e no esquadro, a absorção de água deve estar entre 8 e 25% (conforme *NBR 8947/85 – Telha cerâmica – Determinação da massa e da absorção de água*) e a resistência à compressão entre 1 e 10 MPa (conforme *NBR 6461/83 – Bloco cerâmico para alvenaria – Verificação da resistência à compressão*). Os blocos mal queimados e que possuírem defeitos visuais devem ser rejeitados.

Os blocos de concreto são mais resistentes à compressão do que os de cerâmica, com furos no sentido da altura, como mostra-se na figura 20. Devem ser assentados com os furos na vertical. A resistência mínima à compressão é de 2,0 MPa, conforme especificado em norma.

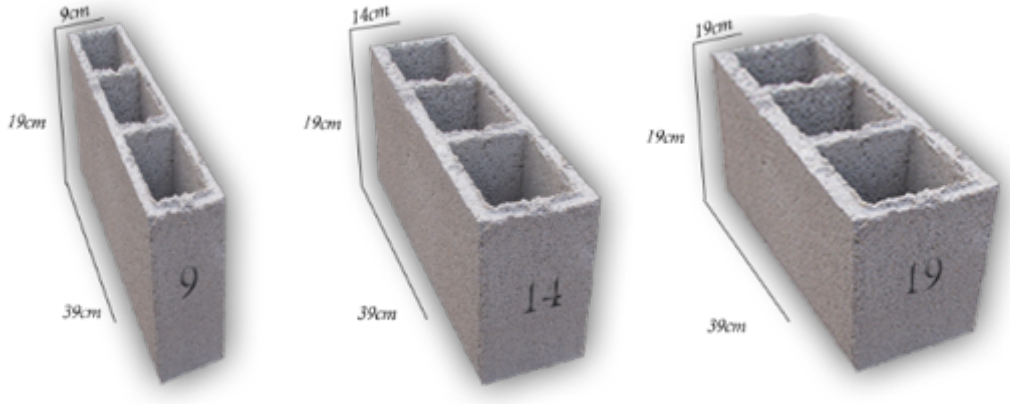

Figura 20 - Blocos de concreto. Fonte: site Contre Ara

A *NBR 7173/82 – Blocos vazados de concreto simples para alvenaria sem função estrutural* determina que devem ser verificados em amostras de 20 blocos aleatórios retiradas de um lote (caminhão):

- Verificação visual: trincas, fraturas, irregularidades, deformações, falta de homogeneidade e pequenas lascas;
- Dimensões: medir com trena 10 blocos de cada lote;
- Espessura: medir com trena a região mais estreita de 10 blocos de cada lote.

O lote será aceito se houver duas ou menos peças com defeitos visuais, se as dimensões diferirem em até 3mm a mais ou 2mm a menos do que a dimensão nominal e a espessura não for menor do que 15mm. Caso o bloco tenha uma quebra excessiva devido à cura deficiente ou baixa resistência, deve ser rejeitado.

Quando comparado ao bloco cerâmico, ele apresenta desempenho acústico um pouco superior e sofre menos perdas. Contudo, é mais pesado, podendo uma parede de blocos de concreto ser 20% mais pesada do que uma com cerâmicos, segundo Carlos Alberto Tauil, da Associação Brasileira da Indústria de Blocos de Concreto. O bloco cerâmico mostra-se superior no desempenho térmico, portanto movimentam-se menos, proporcionam maior conforto térmico e são mais baratos.

Os blocos de concreto celular autoclavado (CCA) são produzidos de forma ecológica, constituindo um produto leve, poroso, de alta resistência ao fogo e isolante termo-acústico. É facilmente serrado e furado, porém exige cuidado extra no

manuseio e armazenagem. Pode apresentar-se em blocos ou painéis, com dimensões e espessuras variadas.

Os blocos de vidro além de garantirem o fechamento dos ambientes também garantem a passagem de luz. São peças ocas, preenchidas com ar rarefeito, proporcionam bom isolamento acústico, térmico e podem ser encontradas em diversas cores.

Os tipo laminado, também conhecido como “tijolo 21 furos” por conta dos 21 orifícios que o modelo possui, são mais resistentes e menos porosos, com isso absorvem menos água. Sua superfície lisa é adequada para utilização em alvenaria aparente, pois proporciona um bom acabamento. Não recebem revestimento ou chapisco e em geral, possuem um custo mais elevado para o assentamento. Apresenta alta resistência e durabilidade.

Além do tipo de material, os blocos também se caracterizam por diferentes famílias. Algumas estão ilustradas na figura 21 a seguir.

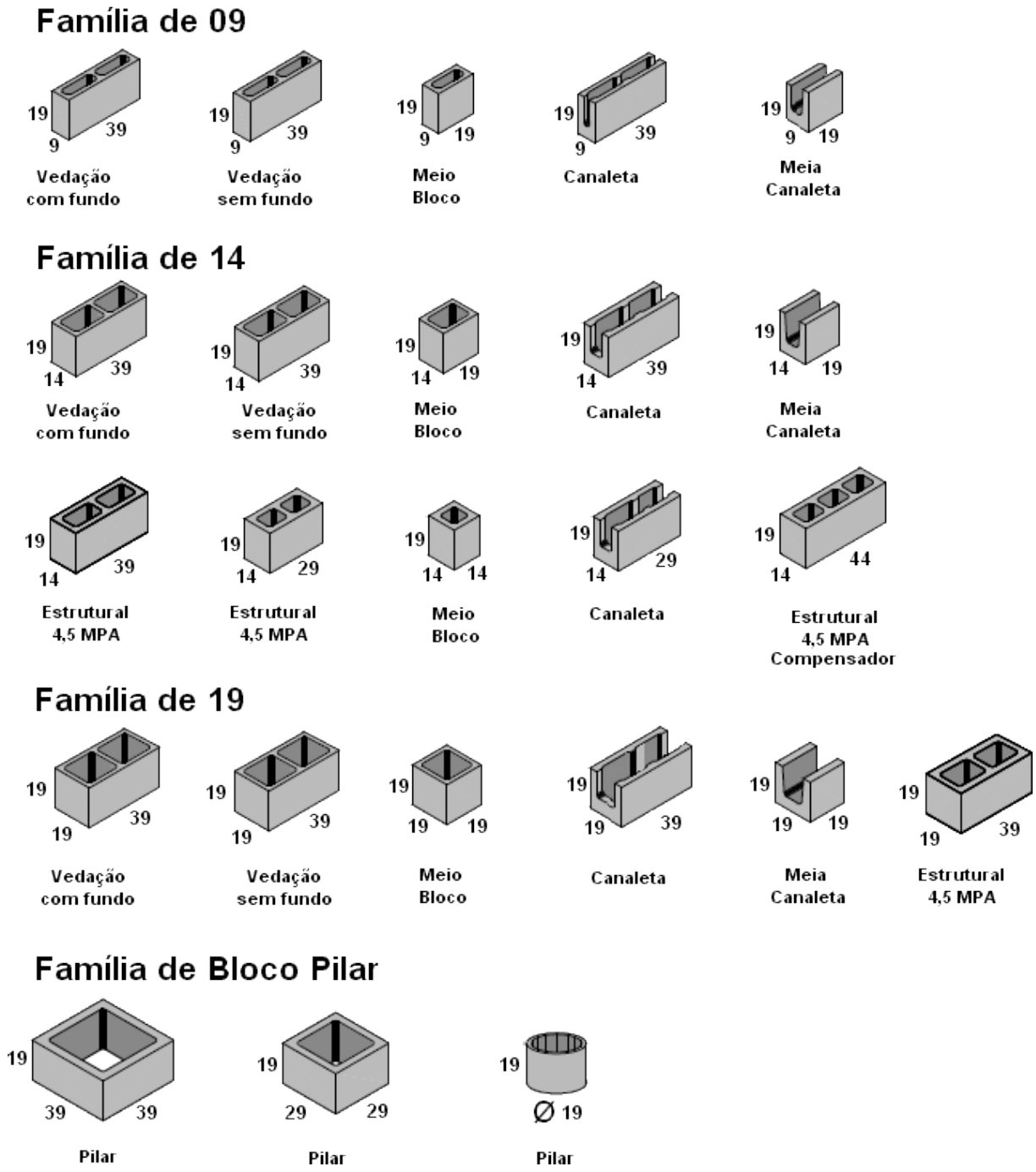

Figura 21- Tipologia e tamanho dos blocos. Fonte: site ConstruFácil RJ

Os blocos compensadores ilustrados na figura 22 são utilizados para complementar vãos entre o topo da parede e o forro. Possuem medidas equivalentes ao sub-módulo do comprimento do bloco padrão, sendo que o bloco padrão possui três módulos.

Figura 22 - Bloco compensador de cerâmica. Fonte: site Cerâmica Roque

O meio bloco ilustrado a seguir, é utilizado no acabamento final das paredes, promovendo a paginação, evitando que seja necessário quebrar o bloco padrão ao meio.

Com o prévio planejamento da alvenaria, é possível saber a quantidade exata e determinar os tipos de blocos a serem utilizados, evitando quebras e desperdícios.

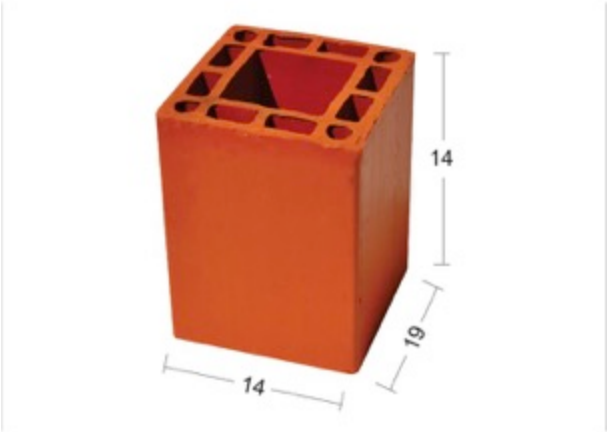

Figura 23 - Meio-bloco de cerâmica. Fonte: site Cerâmica 6

O bloco canaleta é como um bloco padrão, porém vazado no sentido do seu comprimento, sem paredes transversais. Pode possuir a forma de U, permitindo a construção de cintas de amarração, vergas e contravergas, ou a forma de J, como ilustrados abaixo. Quando no topo das paredes, permitem o apoio da laje, sem quebrar a modulação das fiadas, sendo que a canaleta em U é utilizada nas paredes internas e a canaleta em J, nas paredes de fachada.

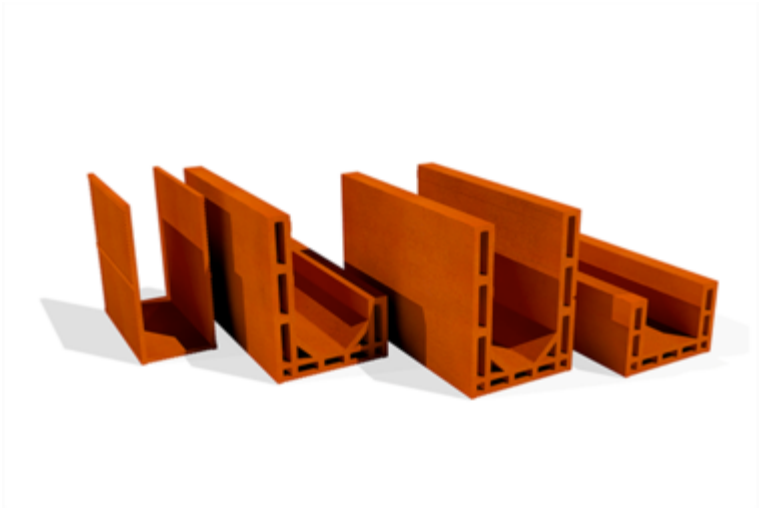

Figura 24 - Blocos canaleta de cerâmica. Fonte: site Diretão Cerâmica

Para realizar a junção entre as paredes em 90°, é utilizado o bloco de amarração. No encontro sem amarração, é utilizado o bloco 45°, que dá continuidade na outra direção sem impedir que as fiadas se intercalem. Ambos estão ilustrados a seguir.

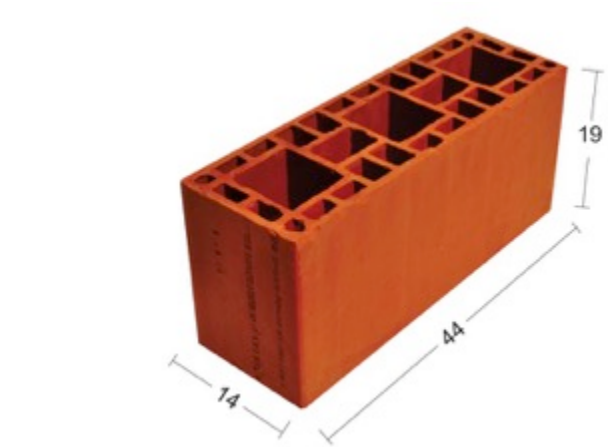

Figura 25 - Bloco de amarração de cerâmica. Fonte: site Cerâmica 6

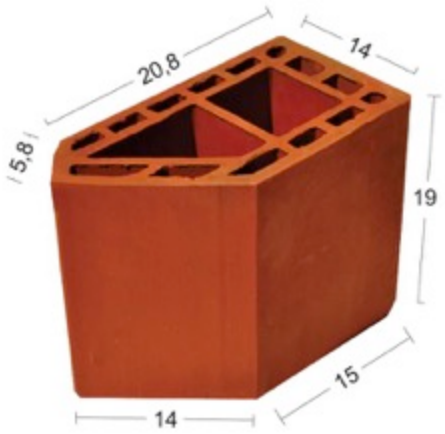

Figura 26 - Bloco 45° de cerâmica.Fonte: site Cerâmica 6

Nos locais por onde passam as tubulações da rede elétrica e hidráulica, pode-se otimizar a execução utilizando o bloco vazado, que não possui fundo, aproveitando os furos para a passagem das instalações. Existem ainda o bloco elétrico, ilustrado nas figuras 27 e 28 e o bloco hidráulico, ilustrado na figura 29, que já possuem furos e espessuras especiais e tem a mesma função do bloco vazado, facilitar a integração das instalações com a alvenaria. Estes tipos de blocos agilizam a construção e diminuem a quantidade de entulho gerado, pois no projeto da alvenaria, os caminhos das instalações já estão definidos e portanto não há quebra nem rasgos na parede.

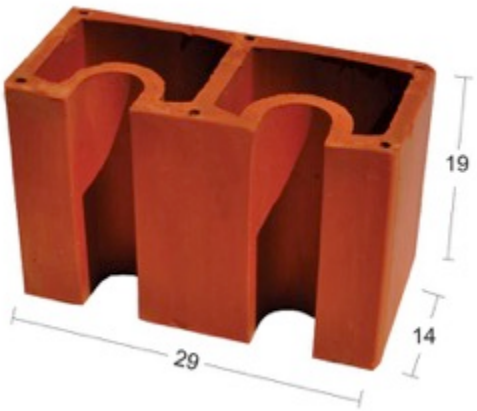

Figura 27 - Bloco elétrico de cerâmica. Fonte: site Cerâmica Vibeoli

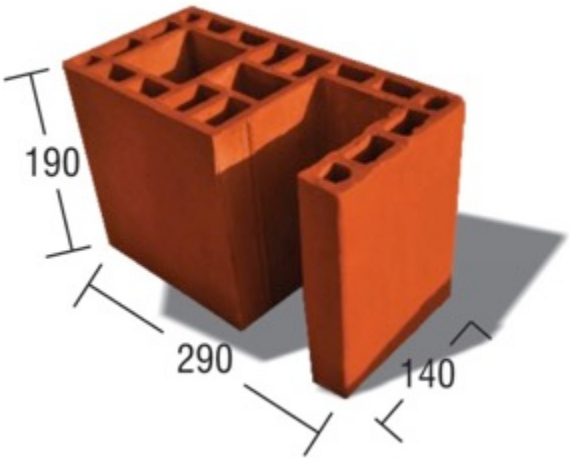

Figura 28 - Bloco elétrico de cerâmica. Fonte: site Cerâmica 6

Figura 29 - Bloco hidráulico de cerâmica. Fonte: site Cerâmica Palma de Ouro

b) Argamassa

A argamassa tem função de ligação entre os blocos, garantindo resistência à parede e propiciando aderência entre os elementos. A *NBR 13.529/13 – Revestimento de paredes e tetos* define como argamassa "uma mistura homogênea de agregado(s) miúdo(s), aglomerante(s) inorgânico(s) e água, contendo ou não aditivos com propriedades de aderência e endurecimento". É constituída normalmente por cimento, areia, cal e água, podendo conter aditivos.

Algumas características relevantes são:

- Trabalhabilidade. Deve ser de fácil aplicação, pois todos os blocos serão assentados um a um e manualmente;
- Adquirir resistência rapidamente, possibilitando que a parede seja erguida em poucas horas sem deformar ou cair;
- Ser resistente aos esforços atuantes ao longo da vida útil da construção.

O traço da argamassa, ou seja, a proporção entre os materiais que a compõem, determinam suas características. Os traços mais utilizados são 1:2:9 e 1:3:12. A água é acrescentada aos poucos, até que se chegue à trabalhabilidade desejada.

Ela pode ser preparada no canteiro, feita a mão ou na betoneira, ou adquirida a mistura pronta (argamassa industrializada), bastando apenas acrescentar a dosagem indicada de água. O método mais aderido é o preparo na própria obra, porém, quando sem prévias especificações de projeto, o operário faz a mistura de acordo com sua experiência, o que muitas vezes pode causar desperdício dos materiais e deficiência nas propriedades da argamassa. Para evitar que isso ocorra, o traço dos materiais deve estar especificado em projeto e, posteriormente, realizados os ensaios para verificação do atendimento do material aos requisitos da norma. Dosadores de areia e cimento garantem que se obtenha a quantidade certa.

A *NBR 13281/05 – Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos* recomenda que os ensaios para argamassa de assentamento devem atender aos seguintes pontos: resistência à compressão, densidade, resistência à tração na flexão, retenção de água, entre outros.

Outra alternativa para racionalizar a produção da argamassa no canteiro é a utilização de tecnologias inovadoras, como o dosador elétrico, que produz uma quantidade maior e em menos tempo, quando comparado ao processo convencional de mistura (manual ou na betoneira) e ainda com mais qualidade e homogeneidade. Este equipamento pode ser locado próximo ao ponto em que a argamassa será utilizada, otimizando o processo e evitando perdas de material no transporte e na ociosidade dos operários.

Segundo Pinto (1999), a perda de massa devido à deficiência na técnica de aplicação varia de 20 a 30% do total produzida. Este desperdício pode ser evitado utilizando bisnagas para assentar ou colher meia cana. As bisnagas são bolsas de

couro ou outro material resistente, em formato cônico, que forma cordões para o assentamento ou rejunte dos blocos, como ilustra-se a seguir. O tamanho do diâmetro do bico de saída define o cordão de argamassa.

Figura 30 - Aplicação de argamassa de assentamento com bisnaga.
Fonte: site Tecnologys

A colher meia-cana, como na figura 31, possui pequena largura, e recolhe a quantidade de argamassa necessária para a dimensão do cordão designado.

Figura 31 - Aplicação de argamassa com colher meia-cana. Fonte: site Portal dos Equipamentos

Mais comumente, é utilizada a colher de pedreiro para distribuir e aplainar a argamassa, como observa-se na figura a seguir. Essa ferramenta não permite mensurar a quantidade de massa aplicada no assentamento, ocasionando maior gasto de material e perdas por derramamento.

Figura 32 - Aplicação de argamassa de assentamento com colher de pedreiro.
Fonte: site Armazém de Tudo

Para obter um sistema de execução racionalizado, alguns equipamentos auxiliam na melhoria desta prática. É importante a integração com o setor de suprimentos, que irá garantir as máquinas, equipamentos e ferramentas necessárias para a realização dos serviços de forma eficiente, produtiva e segura para os colaboradores.

Segundo Gehbauer (2004), o transporte de materiais, embora não agregue valor direto à obra, corresponde à 80% do tempo de construção. Para diminuir esse índice, outros equipamentos auxiliam os operários, como a caixa de argamassa com rodas ilustrada a seguir, carro-plataforma, jerica, carrinho de ferramentas, entre outros.

Figura 33 – Argamassadeira. Fonte: site Engemac

Os blocos são melhores transportados em carrinhos porta-palete, como mostra-se a seguir. Os paletes são utilizados para empilhar os blocos, facilitando na hora do transporte e do içamento. A utilização dos carrinhos possibilita a movimentação de uma maior quantidade e de forma mais segura, evitando quebras e quedas.

Figura 34 - Transporte de blocos no carrinho porta-palete. Fonte: site Téchne

Para garantir a qualidade da parede de alvenaria, é necessário que ela esteja em nível com o pavimento e os elementos estruturais. Sua planicidade é de grande importância para que o revestimento fique com bom acabamento e não exerça a função de nivelamento, suprindo as divergências da superfície. Para tanto, alguns equipamentos são utilizados.

O escantilhão é uma régua metálica regulável, com subdivisões correspondentes à altura de cada fiada, e que serve como referência para o prumo, alinhamento das paredes e orientação à modulação vertical, como observa-se a seguir. Pode possuir tripé (suporte de três hastes articuladas verticais) ou um sistema de molas com regulagem telescópica da altura, que o permite encaixar-se e manter-se preso à estrutura.

Figura 35 – Escantilhão. Fonte: site Portal dos Equipamentos

O esquadro é uma régua em formato de “L”, com ângulo interno de 90°, conforme figura 36, utilizada para conferir os ângulos retos. Pode ser confeccionada em plástico, madeira ou metal.

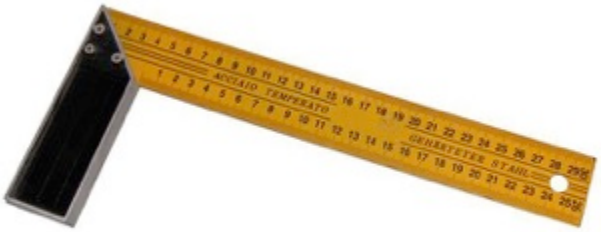

Figura 36 - Esquadro metálico. Fonte: site Extra

O nível do pavimento pode ser determinado por diversos equipamentos, como o nível de mangueira, o alemão e o nível a laser. O método da mangueira fundamenta-se no princípio dos vasos comunicantes, que consiste em utilizar uma mangueira transparente com pequeno diâmetro, cheia de água. Ao transportar as cotas, verifica-se o nível com base no nivelamento da água. O nível alemão, ilustrado na figura 37, possui processo semelhante, porém pode ser manuseado por apenas um operador. Neste método, eleva-se um reservatório de água, suspenso por um tripé, até a altura desejada e, da base do reservatório sai a mangueira. O nível a laser é um equipamento mais preciso e dinâmico. Ele utiliza o laser para marcação e medições dos níveis, conforme figura 38.

Figura 37 - Nível alemão. Fonte: site E-civil

Figura 38 - Nível a laser. Fonte: site Rhino Pisos

O prumo é determinado por um peso de metal preso a uma extremidade de um cordão de náilon. Para determiná-lo, encosta-se o cordão no local desejado e solta-se o peso, checando se o cordão está paralelo ao local. Caso esteja, significa que está no prumo, ou seja, a 90º em relação ao piso. Nas figuras a seguir, estão ilustrados o prumo do escantilhão, que servirá de guia para a elevação da alvenaria.

Figura 39 - Verificação do prumo. Fonte própria

5.3.4 Processo construtivo da alvenaria de vedação racionalizada

O projeto de execução de alvenaria de vedação deve ser compatível com os demais projetos integrantes da edificação. Ele deve apresentar:

- Planta da 1ª e 2ª fiadas;

- Coordenação dimensional com a estrutura e estudo das interferências;
- Necessidades de cintas para reforço;
- Paginação das paredes, detalhando forma e espessura das juntas de assentamento, posicionamento e dimensionamento dos vãos, instalações e juntas de controle;
- Detalhes da ligação entre a estrutura e a alvenaria, encontro das paredes, vergas, contravergas, entre outros.

A compatibilização com o projeto arquitetônico visa definir a modulação dos blocos com base nos distintos tipos existentes, vãos e tamanho da parede. A definição do pé-direito impacta na modulação vertical, que deve levar em conta a folga para o encunhamento. No caso de paredes de grandes alturas, deve-se prever o uso de cintas de amarração intermediárias.

O projeto de instalações deve ser desenvolvido concomitantemente ao projeto executivo de alvenaria. O posicionamento das instalações influi na modulação da parede, e é possível prever o uso de tipos específicos de blocos para embutir as tubulações na alvenaria, ou a utilização de *shafts* que são estruturas para a vedação das prumadas das instalações hidráulicas, enchimento sob tampos de pia, uso de forros rebaixados, pisos elevados etc.

A escolha dos materiais deve levar em conta o desempenho mecânico da alvenaria e exigências relacionadas à isolação térmica, acústica, resistência ao fogo, estanqueidade à água, entre outras características.

O início da execução da alvenaria depende diretamente do término da execução das estruturas. Para estruturas de concreto armado é recomendado iniciar os serviços de alvenaria após 28 dias da concretagem do pavimento e a completa retirada das escoras dos elementos estruturais. Com o pavimento desobstruído, realiza-se a limpeza e lavagem. Quando for utilizado desmoldante de fôrmas é necessário ainda a lavagem e escovação das estruturas.

Alguns problemas podem surgir na alvenaria ocasionados pela estrutura, como destacamento, fissuras ou rupturas devido aos esforços causados pelas deformações estruturais. Portanto, deve-se estudar a disposição das paredes em

relação aos pilares, para reforçar elementos caso necessário e para que não haja conflito com a arquitetura.

Os detalhes da ligação entre as paredes e a estrutura devem estar citados em projeto. Essa ligação deve receber atenção especial devido à diferença entre os materiais utilizados na edificação, o que implica em diferentes comportamentos ao longo de sua vida útil e que pode gerar deformações. As telas metálicas eletrossoldadas possuem a função de evitar fissuras, limitando as tensões atuantes entre os elementos e ainda servem de amarração entre as paredes. A utilização deste dispositivo aumenta a produtividade na execução das alvenarias.

Os eixos de referência são definidos na fase de projeto, de forma a evitar divergências na marcação. Os eixos utilizados para a alvenaria podem ser os mesmos utilizados pelo sistema de fôrmas. As adequadas transferências de eixos entre os pavimentos agilizam o processo de marcação das fiadas.

Após todo o nivelamento da laje, demarcam-se os pontos críticos (com maior desnível) que definirá a espessura da argamassa de assentamento da primeira fiada. Previamente à marcação, é aplicada uma camada de chapisco na face do pilar e na laje, para garantir maior aderência do bloco com os elementos estruturais. O chapisco é uma camada rugosa, realizada com argamassa que promove a melhor aderência e ligação dos elementos devido à sua porosidade e deve ser executado 3 dias antes do início da alvenaria. Os primeiros blocos a serem assentados são os das extremidades. A partir deles, aloca-se o escantilhão para servir de referência para as demais fiadas e estica-se um fio de náilon para servir de nível para os blocos intermediários.

No assentamento do bloco com o pilar, o bloco deve receber argamassa em toda sua face e ser fortemente pressionado contra o pilar, para obter compacidade da junta. Para prevenir futuras anomalias, a ligação da alvenaria com a estrutura deve estar definida em projeto. Em geral, utiliza-se telas metálicas. Em estruturas muito flexíveis ou paredes muito alongadas, adota-se juntas flexíveis e cantoneiras metálicas para ancoragem. Na ligação com estruturas metálicas, as ancoragens são executadas com barras de aço soldadas nos pilares e chumbadas nas juntas horizontais de assentamento, e, a fim de evitar deformações oriundas das diferenças das propriedades físicas dos materiais, também se adotam juntas flexíveis.

Em encontros de paredes em 90°, é recomendado o uso de juntas de amarração. Para evitar quebra de blocos, é ideal o emprego de blocos com comprimentos e ângulos adaptados para essas ligações e que permitem continuidade na modulação. Para auxiliar no melhor desempenho dos esforços nas paredes de alvenaria, também utilizam-se cintas de amarração na ligação entre as paredes. São geralmente metálicas ou de concreto armado e ficam sobre a alvenaria. Esse elemento faz com que as paredes trabalhem de forma solidária e firme.

Paredes longas, com mudança de espessura ou direção necessitam de juntas de controle, para evitar que a alvenaria fissure devido à movimentação oriunda da alteração de tamanho dos materiais com a variação da temperatura. Há ainda as juntas de movimentação, que também proporcionam alivio das tensões devido a essas deformações. Seu dimensionamento deve ser previsto na fase de projeto e, sempre que houver uma junta de movimentação na estrutura, deve haver outra correspondente na parede, com mesma localização e largura.

Executadas a 1ª e 2ª fiadas, inicia-se o processo de elevação da alvenaria. No caderno de elevação das paredes, consta o detalhamento individual de cada uma. É importante que o operário confira sempre o posicionamento dos elementos e dos vãos e todas as diretrizes para a execução. Dentre os detalhes de cada parede, contemplam-se os tipos e quantidades de bloco, a dimensão das aberturas e o posicionamento das vergas e contravergas. Define-se verga como um reforço, com material resistente à flexão e ao cisalhamento, alocada sobre os vãos como portas e janelas. Sua função é absorver os esforços que se concentram no entorno dessas aberturas, evitando que apareçam fissuras. A contraverga possui a mesma função, porém é utilizada nas partes inferiores nas janelas.

Na fase de elevação, os blocos são assentados com as juntas conforme definidas no projeto. A definição do tipo de junta de assentamento dos blocos a ser utilizada na modulação da alvenaria influencia na resistência da parede. As juntas de amarração são aquelas em que o bloco da fiada superior se projeta sobre as duas metades dos blocos da fiada inferior. Elas absorvem as deformações e redistribuem as tensões das cargas, otimizando a resistência ao cisalhamento, ao fogo, às cargas laterais e ao desempenho termo acústico. Nas juntas a prumo, os blocos da fiada superior projetam-se exatamente sobre os da fiada inferior, portanto as juntas ficam

alinhadas. Neste caso, não há redistribuição das tensões. Assim sendo, é recomendado o uso de cintas de amarração ou a introdução de telas metálicas ou barras de ferro em algumas juntas.

É necessário conferir a espessura da fiada e das juntas de assentamento para que estejam de acordo com o definido em projeto e nível e prumo da alvenaria, conforme a sequência de figuras a seguir.

Figura 40 - Verificação do prumo e nível para elevação da parede. Fonte própria

Deve-se observar a locação dos elementos, paginando a parede conforme especificado para o posicionamento dos vãos de portas e janelas. Com essas dimensões, devem ser previstos gabaritos metálicos para garantir a conformidade dos tamanhos e ângulos dos vãos, ou de contramarcos, que são molduras das esquadrias, servindo como gabarito para enquadramento do vão. No projeto há ainda indicação do uso de vergas e contravergas, detalhando a posição e dimensionamento.

Ao atingir a sétima fiada, o operário deve utilizar o andaime para prosseguir o assentamento das fiadas mais altas. É recomendado a utilização da mesa-andaime, uma estrutura montável e provisória, como ilustrada a seguir, que proporciona mais segurança ao trabalhador.

Figura 41 - Mesa andaime. Fonte: site Americanas

O encontro entre a estrutura do pavimento superior e a alvenaria está sujeito a fissuras, pois a estrutura pode transmitir os esforços aos quais está submetida para a alvenaria e também, pela retração da argamassa quando seca. Para que isso não ocorra, são utilizadas algumas técnicas que absorvem esses esforços e melhoram a aderência entre as partes da construção, como o encunhamento com argamassa expansiva ou espuma de poliuretano.

O encunhamento deve ser executado após 14 dias do término da alvenaria, a superfície deve estar totalmente limpa e desobstruída. A folga deixada entre a estrutura e a alvenaria é de 2 a 3 cm e é preenchida com argamassa fraca. Com o projeto de paginação da parede, detalhando o posicionamento e os tipos de blocos, é possível que a última fiada fique muito próxima à laje do pavimento superior.

Após a finalização da parede, preenche-se todas as juntas verticais entre os blocos.

Como fica aparente na execução da alvenaria, ela está diretamente ligada aos demais subsistemas da edificação: estrutura, arquitetura e instalações. Sem o prévio planejamento e a compatibilização dos projetos, ocorrem divergências que geram retrabalho, desperdício de material e atrasos, pois demandam mais tempo.

5.3.5 Componentes e ferramentas do PEX

Atualmente, o PEX é comercializado em duas versões: monocamada e multicamada. O monocamada é especificado para pressões máximas de 60 m.c.a. em temperatura de 80ºC. Não são afetados por aditivos derivados do cimento. Já o multicamada é mais resistente, especificado para pressões máximas de 100 m.c.a. e temperatura máxima de 95ºC. Os multicamadas possuem uma camada de alumínio em seu interior, que é separada com o auxílio de adesivo localizado entre as camadas de PEX e o alumínio, que absorvem a expansão térmica, evitando assim a formação de trincas nos tubos. A disposição das camadas desta versão está ilustrada a seguir.

O PEX multicamada é mais usual nas instalações a gás, pois a camada de alumínio evita a dispersão do gás através da camada de polietileno, sendo assim, para o menor custo nas instalações hidráulicas o ideal é a utilização o PEX monocamada.

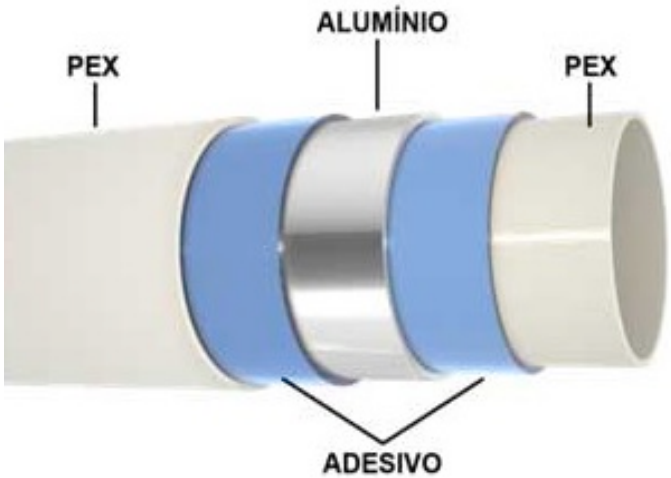

Figura 42 - PEX multicamada. Fonte: site Emaze

O sistema PEX apresenta-se na forma convencional ou em kits hidráulicos industrializados pré-montados: chicotes e chassis. Os chicotes são trechos de dutos com conexões hidro sanitárias. Os chassis podem ser de esgoto ou chuveiro. Os chassis de esgoto são compostos por chicotes e elementos que sustentam a passagem das tubulações de esgoto e hidráulica. Os de chuveiro possuem chicotes e estruturas metálicas que posicionam e suportam registros e o ponto do chuveiro.

Seus principais componentes, portanto, são as tubulações em PEX, inseridas em tubos guias protetores, caixas de distribuição e distribuidores de água quente e fria, dos quais partem as derivações para as peças de utilização e conexões responsáveis pela ligação entre o aparelho de utilização e a tubulação.

As caixas de distribuição, também conhecidas por *manifold* ou caixa de controle, centralizam os comandos de abertura e fechamento de água quente e fria. Os distribuidores partem das caixas de distribuição e distribuem a água de um ramal para tubos com diâmetro menor, ou seja, sub-ramais, até os equipamentos hidráulicos ponto a ponto em cada unidade predial.

As conexões podem ser metálicas ou de polissulfona (PSU), sendo esta última a mais indicada pois apresentam melhor desempenho hidráulico sob altas temperaturas e não sofrem corrosão. As conexões de PEX são simples de serem executadas, pois utilizam o método de crimpagem, que é um processo que utiliza alicate crimpador que conforma o anel da conexão ao tubo, dispensando adesivos, conforme apresentado na figura 43.

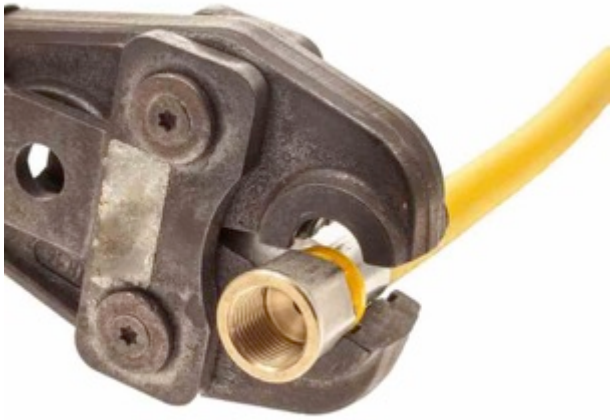

Figura 43 - Crimpagem de conexão PEX. Fonte: site Consigás Peças

As ferramentas utilizadas para a execução das tubulações em PEX são: cortador de tubos, alicate crimpador, anéis de crimpagem, chanfrador e curvador.

5.3.6 Processo construtivo das instalações hidráulicas com PEX

Na execução da alvenaria racionalizada, as partes influentes na edificação interagem de forma harmônica. Portanto, os locais de passagem das instalações já estão dispostos na alvenaria pelo uso de blocos específicos, quando elas foram embutidas nas paredes.

Buscando melhores opções para a execução das instalações hidráulicas, tendo em vista a otimização da produção e da funcionalidade do sistema, enquadra-se a utilização de *shafts*. Desta forma, as instalações ficam externas à alvenaria, protegidas por uma estrutura metálica fechada com gesso acartonado (*drywall*), como pode-se observar nas figuras 44 e 45.

A adoção desta alternativa facilita o acesso para manutenção das prumadas hidráulicas, facilitando a remoção e reparos na instalação.

Figura 44 - Prumada hidráulica com estrutura metálica para vedação do *shaft.*
Fonte própria

Figura 45 - *Shaft* vedado com gesso acartonado. Fonte própria

Associado à racionalização da rede hidráulica, a utilização de tubulações em polietileno reticulado (PEX) vem ganhando espaço no setor da construção civil. É um sistema com instalação simples e rápida, conhecida como “ponto a ponto”, que utiliza vinculações sob pressão e dispensa conexões.

Os procedimentos da execução do PEX dão-se de duas formas, por derivação ou por *manifold*. Na derivação, a instalação pode ser feita por ramais, sub-ramais e conexões como em tubulações rígidas. A vantagem deste método é que o percurso da tubulação que pode ser feito pelo próprio tubo, utilizando menos material.

O *manifold* é o método mais aderido e possui um conceito similar ao das instalações elétricas, podendo ser comparado ao um barrilete. A tubulação de PEX é introduzida em um tubo condutor que o guia da caixa de distribuição ao ponto de utilização. A adoção desta forma erradica as emendas, reduzindo a possibilidade de

vazamentos. A junção dos tubos pode se dar por roscas ou prensas. O *manifold* e um exemplo de sua distribuição estão ilustrados nas figuras a seguir.

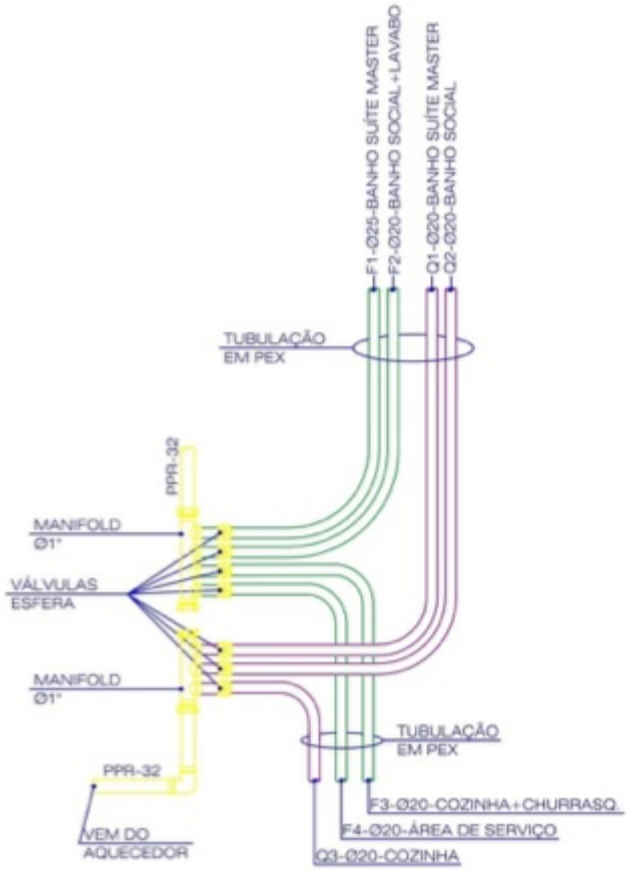

Figura 46 - Manifold com instalações hidráulicas em PEX. Fonte: Empresa: SPHE. Projetista Diogenes Borges

Figura 47 - Exemplo de distribuição da rede hidráulica de água quente e fria utilizando sistema PEX a partir do manifold. Fonte: site Pedreirão

A principal característica deste material é sua flexibilidade, que possibilita distintos trajetos para as tubulações, sem que haja a necessidade de conexões tipo “T”, joelhos, entre outros. Porém, para que este sistema tenha sua instalação bem-sucedida, são necessários cuidados desde a fase de planejamento, elaborando um projeto específico contemplando o uso do PEX. Antes do início da fabricação dos kits, realiza-se uma validação do projeto e da instalação em um apartamento modelo, para que se verifiquem as medidas, possíveis interferências pelos elementos estruturais e desvios.

A preparação dos kits hidráulicos ocorre na indústria. Após a validação realizada “in loco”, funcionários treinados em ambiente controlado realizam a montagem e testes para então, serem entregues na obra devidamente identificados. O local da prumada hidráulica deve estar definido em projeto, bem como todo o caminhamento e dimensões das tubulações.

A conexão da tubulação PEX aos distribuidores ou ao aparelho de utilização é feita com o anel de crimpagem correspondente ao diâmetro de cada tubo. É feito um

chanfro no interior do tubo com o chanfrador, ilustrado na figura 48, para facilitar a entrada no tubo na conexão e, em seguida, ele é inserido na conexão. Por fim, o alicate crimpador é utilizado para fazer a crimpagem do anel conector ao tubo, conectando-os de forma definitiva.

Figura 48 - Chanfrador para tubos com diâmetro dos de 16, 20 e 25 mm.Fonte: site VGS Saneamento

Depois de estabelecidas as instalações conforme indicado, realizam-se os testes para verificar o pleno funcionamento. Caso seja detectado algum vazamento após a instalação do produto, o fornecedor deve providenciar a troca total do trecho danificado.

As precauções para a instalação se dão na correta alocação dos terminais e testes de estanqueidade com pressurizador, para que se possa identificar e sanar possíveis vazamentos. Estas medidas garantem a eliminação de desperdícios, e consequentemente, reduzem os custos.

Após a aprovação da rede hidráulica, procede-se para o fechamento das instalações, seja por meio de *shafts*, forros de gesso no teto ou rebaixos no piso, e a execução dos revestimentos e acabamentos. Na figura 49 a seguir ilustra-se o *shaft* na área de serviço e a cozinha finalizados.

Figura 49 - Parede e *shaft* finalizados com revestimento em azulejo.
Fonte própria

6. ESTUDO DE CASO

A fim de analisar os resultados efetivos da aplicação do conceito de racionalização na alvenaria de vedação em edifícios multiandares com a utilização do sistema PEX nas instalações hidráulicas, realizou-se um estudo e acompanhamento da execução de um empreendimento com a adoção dessas práticas, apresentando o benefício desse sistema.

A seguir será apresentadaa descrição da obra, do processo construtivo da alvenaria de vedação racionalizada e da instalação hidráulica utilizando sistema PEX.

6.1 Descrição da obra

O empreendimento é composto por três subsolos, térreo inferior, térreo superior e duas torres de vinte e cinco pavimentos, conforme figuras a seguir, nomeadas Aruba e Barbados. Possui um total de 350 apartamentos, sendo de 80m² ou 105m² privativos. Na torre Aruba há8 apartamentos por andar, sendo 4 apartamentos de 80m² e 4 apartamentos de 105m². A torre Barbados possui 6 apartamentos por andar, sendo 4 de 80m² e 2 de 105m², estando os modelos decorados ilustrados nas figuras 53 e 54.

Figura 50 - Fachada das torres Aruba e Barbados. Fonte: site MPD Engenharia

O empreendimento está localizado na região metropolitana de São Paulo, na cidade de Barueri e o prazo de entrega previsto é Fevereiro de 2018.Conta com mais de 3.000m² de área de lazer, sendo alguns espaços ilustrados a seguir:

- Churrasqueira
- Espaço Gourmet
- Fitness
- Lazer Infantil
- Piscina Adulto
- Piscina Infantil
- Sauna
- Salão de Jogos
- Sauna
- Salão de festas
- Espaço para esportes
- Home Office
- Espaço Beauty

Figura 51 - Piscina adulto. Fonte: site MPD Engenharia

Figura 52 - Espaço Beauty. Fonte: site MPD Engenharia

Figura 53– Opção de apartamento decorado. Fonte: site MPD Engenharia

Figura 54 – Opção de apartamento decorado. Fonte: site MPD Engenharia

Disponibilizou-se aos clientes a possibilidade de realizar alterações e personalizações em planta.

As opções disponibilizadas de planta estão citadas e ilustradas a seguir:

- OPÇÃO A - Cozinha fechada com três dormitórios;
- OPÇÃO B - Cozinha semiaberta com duas suítes;
- OPÇÃO C - Cozinha fechada com sala ampliada;
- OPÇÃO D - Cozinha aberta com três dormitórios.

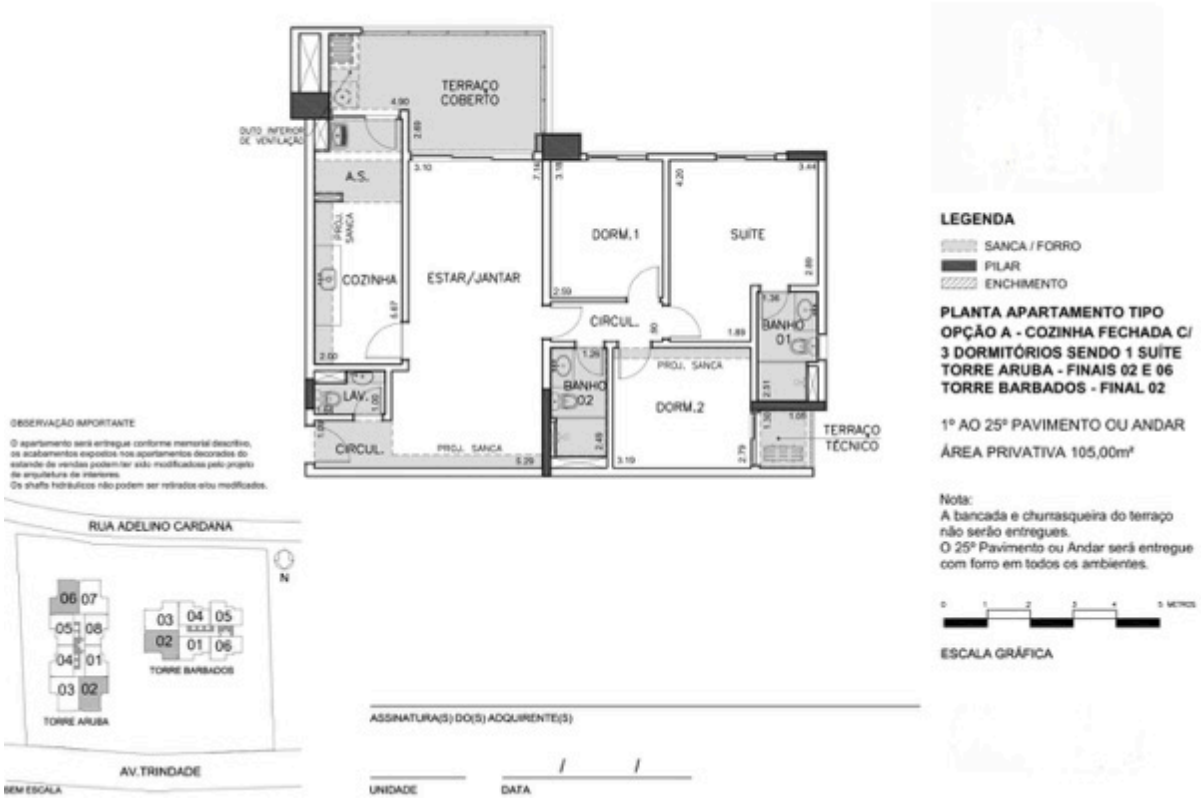

Figura 55 - Planta apartamento tipo - Opção A. Fonte própria

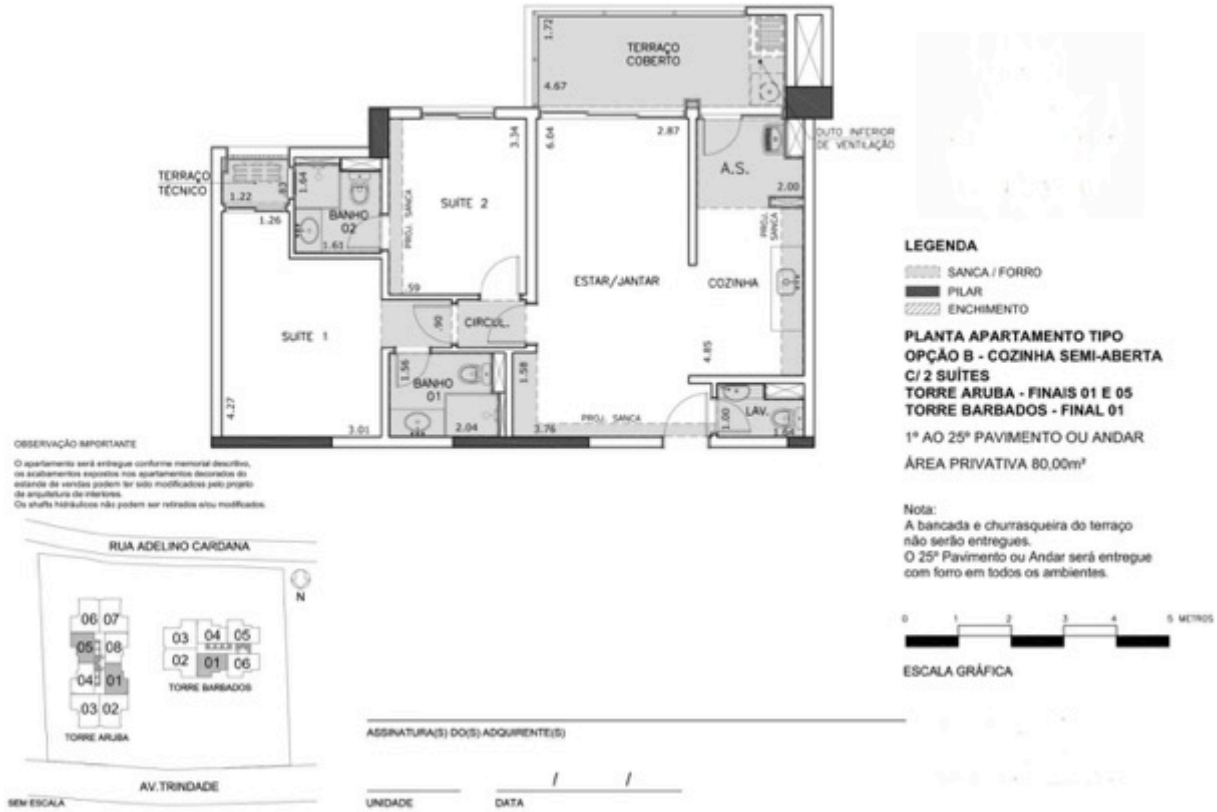

Figura 56 - Planta apartamento tipo - Opção B. Fonte própria

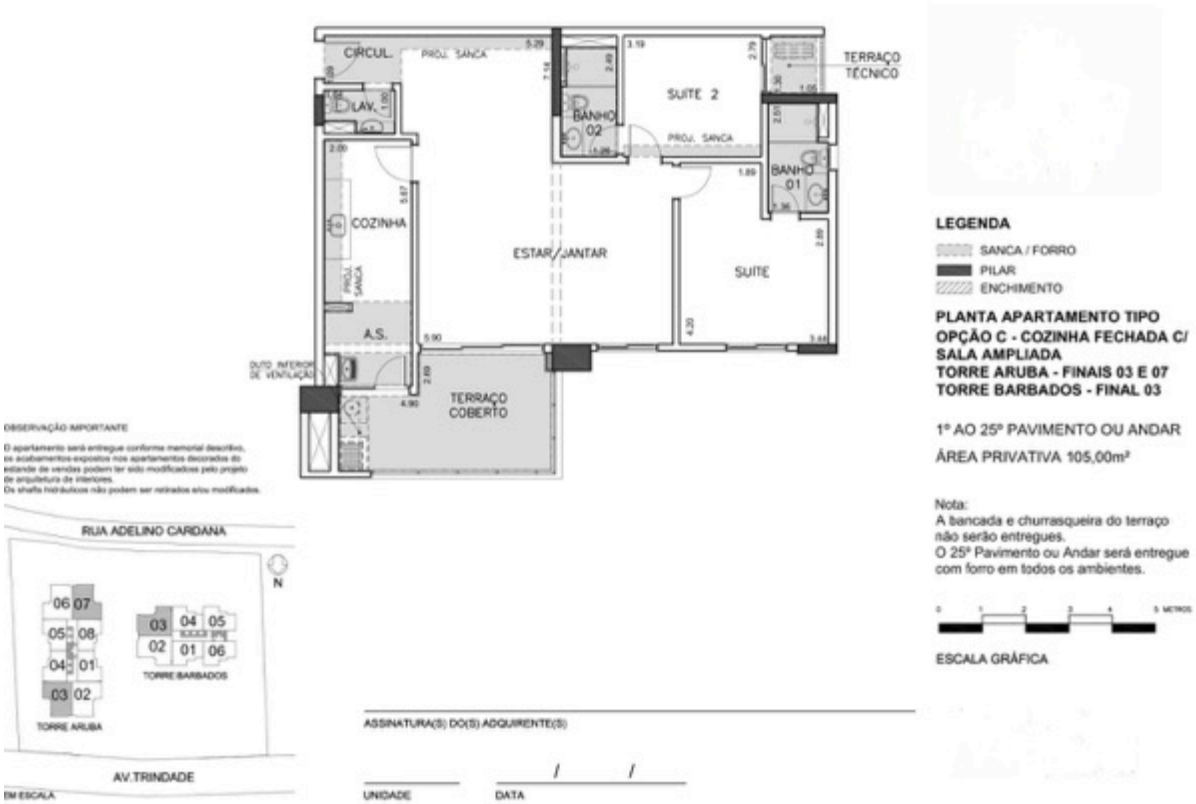

Figura 57 - Planta apartamento tipo - Opção C. Fonte própria

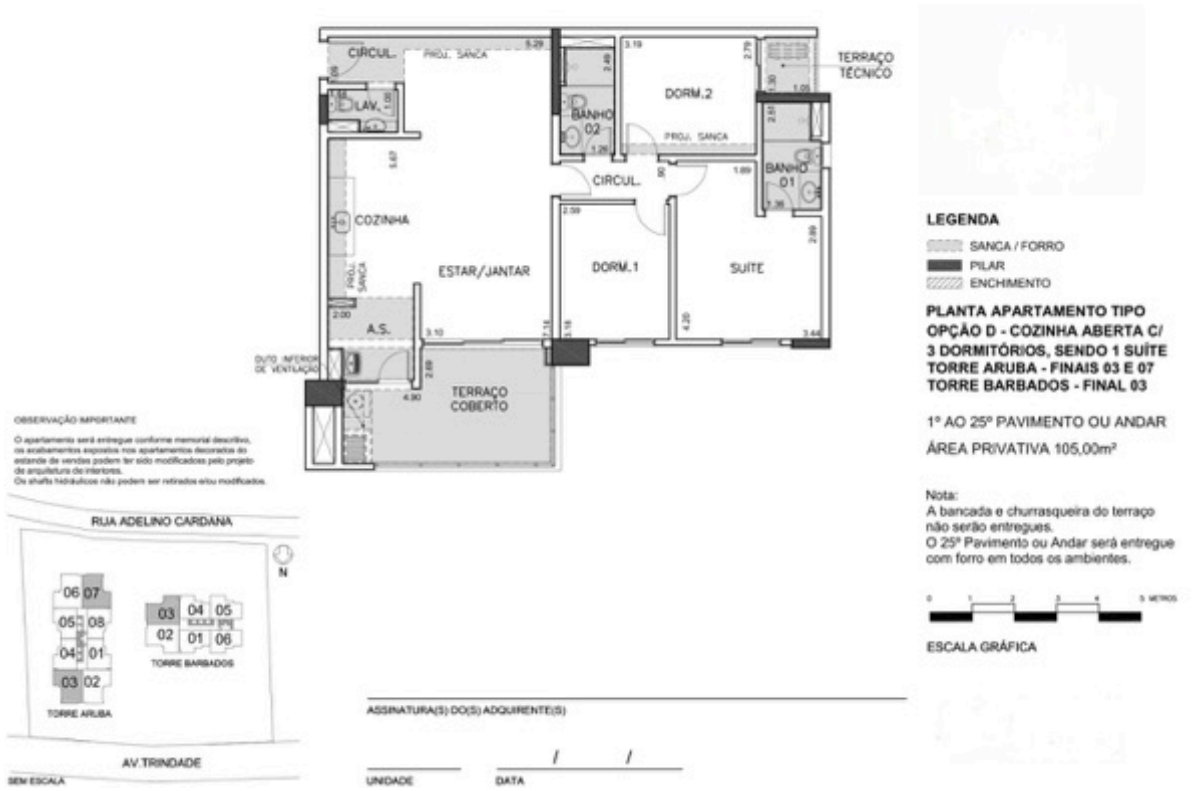

Figura 58 - Planta apartamento tipo - Opção D. Fonte própria

A obra iniciou-se em Setembro de 2015, com previsão de duração de 2 anos e meio.

Utilizando o conceito de racionalização, compatibiliza-se os projetos pela construtora, a fim de integrar os sistemas e erradicar eventuais dúvidas e futuros problemas na execução. O projeto de alvenaria de vedação está diretamente ligado aos projetos dos demais subsistemas constituintes de uma edificação, como o sistema estrutural, instalações elétricas, instalações hidráulicas, coberturas, impermeabilização, telefonia e segurança. A compatibilização de todos os subsistemas visa erradicar possíveis divergências e adversidades que poderiam surgir na execução da edificação.

Com as informações pertinentes obtidas em cada projeto, pode-se determinar a localização e disposição de todos os subsistemas que compõe a edificação. Neste trabalho, ressalta-se as instalações hidráulicas devido à grande relevância e interferência da mesma nas vedações.

Neste empreendimento, com o intuito de melhoria contínua, adotou-se alvenaria racionalizada para as vedações verticais e o sistema PEX para as instalações hidráulicas.

6.2 Processo executivo da alvenaria de vedação

Para cada etapa da obra executada, como, fundação, estrutura, alvenaria, instalação elétrica, instalação hidráulica e cobertura, a construtora optou por contratar empreiteiras técnicas e especializadas para cada seguimento.

O cronograma estabelece a duração de 12 meses para a conclusão da alvenaria, sendo que seu início deu-se em agosto de 2016,com os serviços de preparo do terreno e fundações já finalizados e 50% da estrutura executada.

A retirada do escoramento do pavimento deve acontecer 28 dias após a data da concretagem, tempo que corresponde à cura do concreto armado da estrutura, e essas deverão ser retiradas do centro do vão para as laterais. Somente então, pode-se iniciar a execução da alvenaria.

Inicia-se a alvenaria no terceiro subsolo com a estrutura até o térreo superior concluída. Portanto, o térreo superior possui 100% de escoramento, como pode ser visto na figura 59,o térreo inferior 75%, o primeiro subsolo 50% e o segundo subsolo 25%.

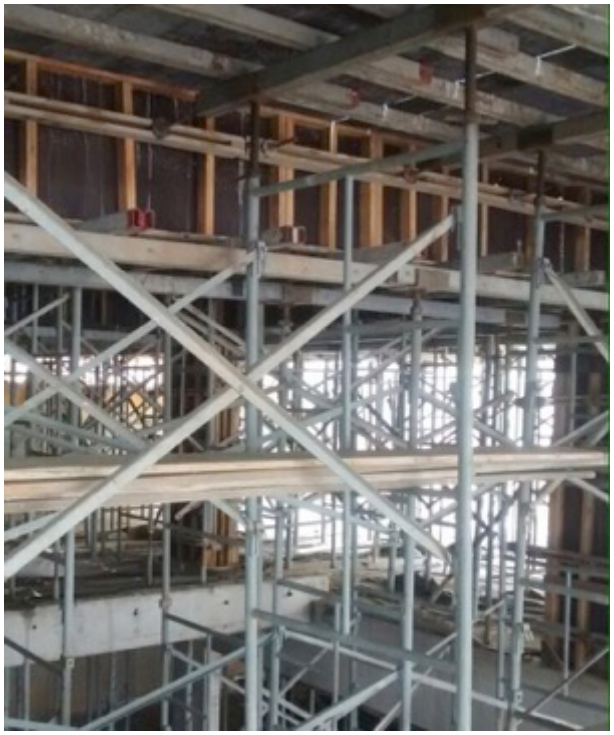

Figura 59 - Laje 100% escorada. Fonte própria

No processo de execução da alvenaria, os funcionários devem ter em mãos o projeto que contém os quantitativos por elevação e marcação da alvenaria, para consultar a sequência, tipos de componentes, amarrações e interferências, evitando que tomem decisões indevidas no canteiro.

6.2.1 Marcação da primeira fiada

Para executar a marcação da primeira fiada da alvenaria, os operários receberam treinamento, de forma a capacitá-los para evitar falhas e retrabalhos. No projeto consta-se as especificações dos métodos e materiais a serem utilizados em cada serviço.

Previamente ao início da marcação da alvenaria, realiza-se o mapeamento da laje utilizando nível alemão, a fim de nivelar completamente a laje.

Com base no nível de referência definido anteriormente durante a fase de concretagem pela equipe de fôrmas, demarca-se os pontos mais críticos (com maior desnível) para iniciar o contrapiso, eliminando completamente os desníveis. Somente após isso, realizou-se a marcação da primeira fiada de alvenaria.

A execução da primeira fiada de alvenaria no pavimento após a execução do contrapiso, evita o consumo excessivo de argamassa de assentamento dos componentes da fiada de marcação para regularizar o nivelamento.

Com o contrapiso concluído e a laje nivelada, inicia-se a marcação dos eixos no piso, conforme o projeto, e logo após a marcação da primeira fiada, como mostra a ilustração abaixo.

Figura 60 - Marcação da primeira fiada. Fonte própria

Antes do assentamento dos blocos, aplica-se chapisco rolado para garantir maior aderência da argamassa com a estrutura, conforme pode ser visto na figura 61.

Figura 61 - Aplicação de chapisco rolado no pilar de concreto. Fonte: Tecnologys

A execução se inicia com a colocação dos blocos nas extremidades juntamente a uma linha de náilon para seguir como referência da primeira fiada, e assim poder começar a assentar os demais blocos no mesmo nível, conforme ilustrado a seguir.

Figura 62 - Assentamento da primeira fiada. Fonte: Tecnologys

Figura 63 - Marcação da primeira fiada. Fonte: Tecnologys

A execução completa da marcação de um pavimento dura 5 dias, independente da torre e do ciclo estrutural do empreendimento, para que não houvesse atrasos, pois a liberação do escoramento também dura 5 dias.

Utiliza-se argamassa industrializada de assentamento convencional, conforme especificada em projeto, e preparada em um misturador elétrico. Este tipo de misturador aumenta a produtividade, pois a argamassa fica pronta quatro vezes mais rápido quando comparado com a executada em betoneira, e com maior homogeneidade e qualidade.

Realiza-se o preparo da argamassa no mesmo andar em que será feito o assentamento dos blocos diminuindo a inatividade dos operários, pois eles recebem a argamassa no momento em que necessitam.

A aplicação da argamassa nos blocos é feita com bisnagas, como na figura 64, para não gerar desperdício.

Figura 64 – Aplicação de argamassa com bisnaga. Fonte: Tecnologys

Em cada andar, dispuseram-se dos blocos já contabilizados com a quantidade exata a ser utilizada na produção e organizados próximos ao local de elevação da alvenaria, como ilustra-se nas figuras65 e 66. O transporte se realiza por carros porta-palete.

Figura 65 - Distribuição de blocos por parede no andar. Fonte própria

Figura 66 - Distribuição de blocos por parede no andar. Fonte própria

6.2.2 Elevação de alvenaria

Após a marcação da primeira fiada, inicia-se a elevação das paredes. A execução se fez por uma equipe de seis pedreiros e três ajudantes. Cada pedreiro responsabiliza-se pela alvenaria de um apartamento e os serventes, pela limpeza do pavimento, produção e transporte da argamassa.

Antes do início da elevação, confere-se a marcação, o chapisco entre a alvenaria e a estrutura e executa-se a fixação das telas metálicas a cada 40cm no encontro pilar/parede, como pode ser observado na figura a seguir.

Figura 67 - Marcação e fixação das telas metálicas. Fonte: site Eng e Cia

Como guia para o assentamento, apruma-se os escantilhões nas extremidades da alvenaria, conforme figura abaixo, nos encontros dos pilares e na intersecção das paredes e estica-se as linhas de náilon.

Figura 68 - Escantilhão aprumado na extremidade com linhas de náilon fixadas servindo de guia para o assentamento.Fonte: site Construção Mercado

As juntas verticais dos blocos devem ser preenchidas com argamassa no encontro com os pilares, como na figura 69. Os demais na horizontal recebem uma linha de massa aplicada com bisnaga, como na figura 70.

Figura 69 - Assentamento do bloco da extremidade. Fonte: site Construção Mercado

Figura 70 - Assentamento dos blocos no meio do vão. Fonte: Equipaobra

Utiliza-se de vergas e contravergas nos vãos de portas e janelas pré-moldadas em uma central de peças da própria empreiteira, como mostra a figura 71. Desta forma o processo torna-se mais rápido. As dimensões seguem as especificações de projeto.

Figura 71 - Vergas e contravergas pré-moldadas.Fonte própria

A argamassa de assentamento é transportada por carrinhos caçamba, ilustrados a seguir, que estão à disposição dos operários para movimentação por onde for necessário.

Figura 72 - Carrinho caçamba com argamassa de assentamento. Fonte própria

Figura 73 - Elevação da parede. Fonte própria

Executa-se a última fiada de elevação com blocos compensadores, como ilustra-se na figura 74, com a finalidade de facilitar o encunhamento. Foram dispostos aos operários mesas andaimes para o assentamento das últimas fiadas, ilustrado na figura 75.

Figura 74 - Execução da última fiada com blocos compensadores de 1/8. Fonte própria

Figura 75 - Execução das fiadas mais altas com o auxilio de mesa andaime. Fonte: Tecnologys

Após o término da elevação, preenchem-se as juntas verticais com argamassa aplicada em bisnaga, como exemplificada na figura a seguir.

Figura 76 - Preenchimento das juntas verticais. Fonte própria

O encunhamento, ilustrado na figura 77, é a ligação entre a estrutura e a alvenaria. Utiliza-se argamassa industrializada de baixo módulo de deformação para preencher a folga entre a viga e a alvenaria em toda a sua espessura. Essa espessura é especificada em projeto e possui entre 2 e 3centímetros, e estabelece aderência entre as partes.

Apenas realiza-se o encunhamento do primeiro pavimento, após a execução da alvenaria dos quatro pavimentos superiores a ele, e assim sucessivamente, pois os elementos estruturais sofrem deformação com o acréscimo de carga.

Inicia-se o encunhamento no 3º sub-solo com as lajes do 2º, do 1º, do térreo inferior e superior carregadas. Simultaneamente, inicia-se a elevação da alvenaria do 1º pavimento tipo.

1

Figura 77 - Encunhamento com bisnaga. Fonte própria

A execução das instalações iniciou-se após cerca de 10% de execução da alvenaria. Os vãos necessários e a marcação para o *shaft* já estavam previstos em projeto.

6.3 Instalações hidráulicas com sistema PEX

Definiu-se pela construtora que seria utilizado o sistema PEX para as instalações hidráulicas, buscando melhor atendimento às necessidades da obra. Uma obra com 350 apartamentos e um sistema hidráulico convencional aumentaria os custos com peças de ligação, como “joelhos”, “cotovelos”, “luvas” etc., demandaria maior tempo para a execução e a necessidade de manutenção futura com possíveis vazamentos nas ligações foram os motivos que levaram a escolha de uma instalação racionalizada. O PEX é formado por um conjunto de tubos reticulados flexíveis, sem conexões intermediárias, que praticamente elimina os possíveis vazamentos nas conexões, permite inspeção, troca e manutenção sem quebra de revestimentos ou alvenaria, e a sua instalação é feita de forma rápida e prática.

Realiza-se a distribuição hidráulica com tubulação PEX através de *manifolds*, que

são independentes e isolam cada ponto de abastecimento por apartamento aumentando a facilidade de manutenção.

No projeto, as prumadas hidráulicas, que são tubulações que abastecem ramais e sub-ramais com um alinhamento vertical em comum, como mostra a figura 78, passa pela área de serviço de cada apartamento, onde está instalado *manifold*. A partir daí, distribui-se para as áreas molhadas (cozinha e banheiro). Opta-se pelo uso dos kits hidráulicos pré-montados kit chicote e chuveiro (figura 79 e 80), que são compostos por trechos de tubulações PEX, conexões e componentes de acabamento prontos para a instalação sob medida para qualquer ambiente, visando a facilidade e praticidade na instalação.

Figura 78 - Prumada hidráulica na área de serviço. Fonte própria

Figura 79 - Kit chicote. Fonte própria

Figura 80 - Kit chuveiro. Fonte: Merc Kits

Disponibiliza-se pela empreiteira especializada para executar o serviço de instalação da rede hidráulica utilizando PEX, os projetos hidráulicos detalhando o caminhamento das tubulações, do distribuidor e dos kits para os seus técnicos, visando uma execução eficiente e eficaz, conforme apresentado a seguir.

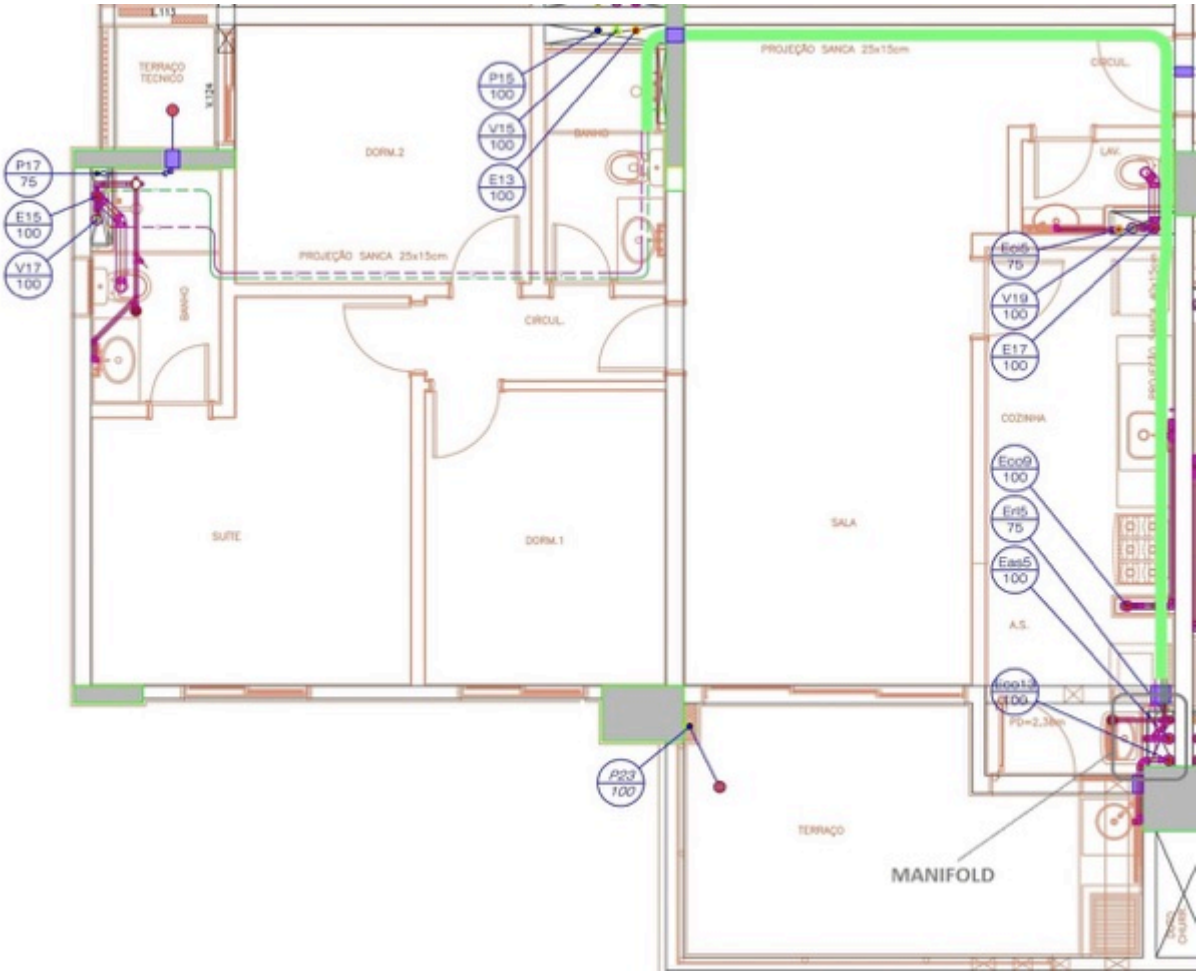

Figura 81 - Projeto hidráulico com caminhamento das tubulações. Fonte: Empresa SPHE. Projetista Diogenes Borges

6.3.1 Instalação do PEX

Com as alvenarias revestidas com o reboco e as imperfeições corrigidas, inicia-se a instalação da conexão principal com o distribuidor *manifold*, que é conectado por guias e montantes metálicas dentro do *shaft* de alvenaria na área de serviço.

No *manifold*, distingue-se as tubulações de água quente e fria com a fixação de “enforca gato” na cor vermelha para água quente e azul para água fria, conforme figuras a seguir.

Figura 82 - Manifold fixado por estrutura metálica na área de serviço. Fonte própria

Figura 83 - Distribuidores especificados para água quente e fria. Fonte própria

Após a fixação do *manifold*, distribuem-se as tubulações, como mostrado na figura 84, até os kits chicote e chuveiro. O kit chicote abastece o vaso sanitário e a pia, e o kit chuveiro abastece o chuveiro. O caminhamento das tubulações é feito pelo teto preso e por sancas, para que fiquem escondidas, como ilustrado na figura 85.

Figura 84 - Distribuição das tubulações em PEX saindo do manifold. Fonte própria

Figura 85 - Tubulação no teto do banheiro preso por sancas. Fonte própria

O kit chicote inicia-se por um duto de PVC que vem da laje do teto do pavimento inferior, e chega até parte inferior do *shaft*, conforme ilustrado a seguir. As conexões e componentes de acabamento já se encontram prontas para a posterior instalação da pia e do filtro.

Figura 86 - Kit chicote para pia e filtro. Fonte própria

O kit chuveiro é fixado nos montantes dentro *shaft* do banheiro, como mostrado na figura 82, e o kit chicote para o vaso sanitário vem da laje do apartamento inferior, da mesma forma que o kit o chicote para pia e filtro.

Figura 87 - Fixação do kit chuveiro. Fonte própria

Após a fixação e instalação da rede hidráulica, realiza-se o teste de estanqueidade, preenchendo o sistema com água e adicionando pressão por uma bomba. Também acopla-se um manômetro à tubulação por um período de 24h. Esses testes verificam se há problemas na vedação da tubulação e/ou se há alguma parte danificada. Após a realização do teste e aprovação, executa-se a vedação dos *shafts*, ilustrado na figura 88.

A execução dos revestimentos internos de parede, piso e teto, ilustrado na figura 89, teve início somente após 50% da alvenaria concluída, quando metade do empreendimento estava concluído, em dezembro de 2016.

Figura 88 - Vedação do *shaft.* Fonte própria

Figura 89 - Paredes e *shaft* revestidos. Fonte própria

6.4 Considerações finais

A aplicação dos conceitos de racionalização desde o início da concepção do empreendimento resultou em benefícios como a redução de prazos e custos pela diminuição do desperdício de materiais e aumento da praticidade de instalação, otimizando a produção da mão-de-obra, além da qualidade de execução refletida no produto final. Com a integração dos projetos, foi possível prever e sanar possíveis conflitos entre os subsistemas da edificação, evitando retrabalhos, tomadas de decisões improvisadas por falta de informações e favorecendo futuras manutenções.

O projeto de alvenaria bem concebido proporcionou à produção todas as informações necessárias para a plena execução das paredes. Os colaboradores bem treinados puderam seguir as especificações de projeto para a produção dos vedos, garantindo qualidade e precisão na execução, sem desperdícios e retrabalho principalmente na integração com os demais elementos interferentes, como vãos de portas e janelas e instalações.

O projeto hidráulico possibilita prever a localização das prumadas, dos aparelhos sanitários e do caminhamento das tubulações. A adoção do sistema PEX inserido em *shafts* externos à alvenaria possibilita uma instalação mais fácil, rápida e segura, pois os testes garantem a estanqueidade do sistema e não há qualquer desperdício de tubulação. Prevendo futuras manutenções, esta alternativa colabora para fácil remoção e substituições do material. Há ainda o ganho em economia, velocidade com a instalação e a redução da necessidade de estoque, uma vez que os kits são entregues conforme o planejamento da obra.

Em suma, a utilização de técnicas racionalizadas permitiu à empresa construtora a garantia de prazos e diminuição de custos por perdas. Tendo como premissa a segurança e a melhoria da produtividade, a adoção do sistema PEX para as tubulações de instalações hidráulicas propiciou o aperfeiçoamento do processo de instalação dos sistemas hidráulicos. Sendo assim, a escolha deste método de execução e de materiais mostrou-se vantajosa à empresa, em face do objetivo primordial de melhoria contínua.

7. CONCLUSÃO

A indústria da construção civil é a maior geradora de resíduos de uma sociedade em todas as atividades de seu processo: extração de matéria-prima, construção, manutenção e demolição. Com a premissa de responsabilidade ambiental e recentes e crescentes incentivos de órgãos competentes do setor, a priorização do aperfeiçoamento da construção civil está intimamente relacionada à sustentabilidade econômica, social e ambiental.

Deste princípio, destaca-se a importância do tema abordado neste trabalho. Diversas e distintas iniciativas vêm sendo adotadas para reduzir o consumo de materiais, o desperdício de recursos naturais, energéticos e humanos, ruídos, poeira, entulho e visando a otimização dos recursos utilizados, da execução de seus processos, da produtividade e eficiência de seus serviços.

Nesse contexto, desenvolveu-se neste trabalho a apresentação e caracterização de técnicas racionalizadas que contribuem para a melhoria contínua dos processos de uma empresa, através da homogeneização de procedimentos e padrões construtivos, possibilitando à empresa e seus funcionários de estarem capacitados para responderem às adversidades enfrentadas frequentemente nos projetos, no canteiro de obras e na manutenção do edifício durante sua vida útil.

Ressalta-se a partir daí a importância de um prévio e adequado planejamento. A compatibilização dos projetos que envolvem os diversos subsistemas de uma edificação permite prever possíveis interferências e sanar problemas que ocorreriam durante a execução do edifício. São observados também os efeitos benéficos que o projeto propicia para o executor. O correto detalhamento dos elementos e processos, conjuntamente ao treinamento da mão-de-obra para que se adeque às técnicas e possa compreender plenamente as informações contidas no projeto, reflete na maior qualidade e produtividade dos serviços executados.

Uma das maiores contrariedades enfrentadas na execução de obras, é a falta de informação no projeto, o que ocasiona ao executor incertezas e muitas vezes, falhas que geram retrabalhos. As técnicas de racionalização abordadas neste trabalho buscam pontualmente o contrário: redução de desperdícios de materiais e mão-de-obra, prazos e custos.

Destaca-se a importância da racionalização do subsistema de vedação vertical, visto que este se relaciona diretamente com os demais, traduzindo um melhor desempenho global para a edificação.

Conforme exposto no capítulo do estudo de caso, a adoção de técnicas racionalizadas na concepção do empreendimento possibilitou o cumprimento de prazos. O correto planejamento e a elaboração do projeto de alvenaria evitaram falhas, e com isso, retrabalhos, além de otimizar a produção e propiciar mais qualidade a execução, visto que as especificações técnicas de materiais e de métodos de execução estavam previamente determinadas, preservando-se de erros e desperdícios.

Dentre os subsistemas inter-relacionados à vedação, as instalações hidráulicas destacam-se pela maior interferência na mesma e possibilidade de complicações na execução. A falta ou incorreta concepção do projeto hidrossanitário influi de forma negativa na alvenaria, pois para a instalação das tubulações, poderá haver desperdício de materiais e mão-de-obra, aumentando custos e reduzindo a qualidade do produto. Uma das alternativas abordadas no trabalho para diminuir a influência das instalações hidráulicas na alvenaria, é a adoção de prumadas hidráulicas, ou *shafts*, como no empreendimento analisado no estudo de caso.

Além disso, a instalação dos componentes hidráulicos torna a indústria da construção civil vulnerável, pois a falta de padronização do trabalho ocasiona gastos excessivos e maior lentidão na execução, provocando atrasos no cronograma e a falha execução pode gerar vazamentos. Para solucionar estes problemas e acompanhar o desenvolvimento das técnicas de execução, os produtores de materiais de construção têm buscado inovar e otimizar seus produtos, de modo a garantir praticidade, economia, qualidade e auxiliar no ganho de produtividade de seus clientes.

O material polietileno reticulado (PEX) apresentado neste trabalho, além de apresentar características mais benéficas quando comparadas aos outros materiais existentes no mercado brasileiro atual, encaixa-se no propósito buscado pelas construtoras. Estima-se que a instalação hidráulica corresponda de 3 a 4% do custo

total de uma obra. A utilização de kits pré-fabricados gera em torno de 20% de economia e redução de prazo.

Como buscou-se retratar neste trabalho, a escolha de utilização do sistema PEX em obras de edifícios multiandares trouxe ganhos em qualidade, economia e velocidade de instalação. Com a adoção de técnicas racionalizadas para a execução da alvenaria de vedação, reduz-se a necessidade de retrabalhos, diminuindo perdas. A integração dessas duas práticas possibilita a obtenção dos principais objetivos do setor da construção civil: aumento da produtividade, da eficiência e da qualidade global do empreendimento e redução de custos e desperdícios, acarretando maior lucro para as empresas e reduzindo o impacto ambiental.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, A. R.; MARTINS, R. N. **Levantamento de melhorias em canteiros de obras de edificações goianas.** 2010. 55 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010.

BARROS, M. M. S. B. **O processo de produção das alvenarias racionalizadas.** In: Seminário Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios: Vedações Verticais, 1., 1998, São Paulo, Anais. Ed. por F.H. Sabbatini, M.M.S.B. de Barros. J.S. Medeiros. São Paulo, EPUSP/PCC, 1998.

BRANDÃO, R. G. **Estudo de Viabilidade da Utilização de PVC, PEX e PPR em Empreendimentos Multifamiliares.** Rio de Janeiro, 2010. Monografia (Graduação) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Escola Politécnica. Curso de Engenharia Civil. Rio de Janeiro.

CHALITA, A.C.C. **Estrutura de um Projeto para Produção de Alvenarias de Vedação com Enfoque na Construtibilidade e Aumento de Eficiência na Produção.** São Paulo, 2010. Dissertação (Mestrado), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Civil, p. 251, São Paulo.

CÓDIGO DE PRÁTICAS nº 01 – **Alvenaria de Vedação em Blocos Cerâmicos**. IPT. São Paulo.

CONSTRUFACIL RJ. **Materiais da Alvenaria, Tijolos, Blocos e Argamassa.** 2013. Disponível em: <https://construfacilrj.com.br/materiais-da-alvenaria/>. Acesso em: 20 ago. 2017.

CONTE, G. Goiânia: na esteira de 2008: Pesados investimentos realizados no ano passado garantem crescimento da região. **Revista Construção Mercado**, 2009. Disponível em <http://revista.construcaomercado.com.br/negocios>

FABRICIO, M.M. & MELHADO, S.B. **Projeto Simultâneo e a Qualidade ao Longo do Ciclo de Vida do Edifício.** In. VIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente

Construído: Modernidade e Sustentabilidade, 8., 2000, Salvador. Anais em CD-ROM: UFBA/UNEB/UEFS/ANTAC, Salvador, 2000.

EDIFICAR. **As vantagens da alvenaria racionalizada.** 2016. Disponível em: <https://revistaedificar.com.br/noticias/as-vantagens-da-alvenaria-racionalizada/>. Acesso em: 20 ago. 2017.

ESO. **Execução de Alvenaria: encunhamento.** 2011. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/eso/content/?tag=alvenaria>. Acesso em: 21 ago. 2017.

FAGUNDES, J. C. M. **Integração das Instalações Hidráulicas e Elétricas no Sistema Construtivo da Alvenaria Estrutural.** Itatiba, 2008. Monografia (Graduação) – Universidade São Francisco. Departamento de Engenharia Civil. Itatiba.

FERREIRA, R. **Bloco cerâmico X Bloco de concreto.** 2011. Disponível em: <http://construcaomercado17.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/123/artigo299119-1.aspx>. Acesso em: 20 ago. 2011.

FIGUEIRÓ, W. O. **Racionalização do processo produtivo de edifícios em alvenaria estrutural.** Minas Gerais, 2009. Monografia (Especialização em Construção Civil), Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais. Departamento de Engenharia de Materiais e Construção, Minas Gerais.

FORMOSO, Carlos et al. Perdas na construção civil. **Téchne.** São Paulo, n.23, p.30-33, jul-ago 1996.

GEHBAUER, F. **Racionalização na construção civil.** Projeto COMPETIR (SENAI, SEBRAE, GTZ), Recife, 2004.

JURAN, J. M. e GRYNA, Frank M. Juran. **Controle da qualidade handbook: conceitos, políticas e filosofia da qualidade.** Volume I, 4ª Edição, São Paulo: Makron Books do Brasil/McGraw Hill, 1991.

PICCHI, F. A. **Sistemas da qualidade: uso em empresas de construção de**

edifícios. São Paulo, 1993. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

RODRÍGUEZ, Marco A. A. HEINECK, Luiz F. M. **A construtibilidade no processo de projeto de edificações.** II Workshop Nacional. Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, 2., 2002, Porto Alegre. Rio Grande do Sul. 2002.

RODRIGUES, M. L. **Ganhos na Construção com a Adoção da Alvenaria Racionalizada.** Rio de Janeiro, 2013. Monografia (Graduação) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Escola Politécnica. Curso de Engenharia Civil. Rio de Janeiro.

ROMANO, I.; NÓBREGA, G. C.; BRANDSTETTER, M. C. G. O. **Aplicações de ferramentas de gestão e controle da qualidade e produtividade em empresas do setor da construção.** Goiânia, GO, 2010. In: VII CONPEEX - Congresso de Pesquisa, Ensino e Extensão – Conhecimento e Desenvolvimento Sustentável, 7., 2010, Goiânia, Anais. Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010. 13p.

SABBATINI, F. H. **A industrialização e o processo de produção de vedações: utopia ou elentode competividade empresarial.** In: Seminário Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios: Vedação Vertical, 1., 1998, São Paulo. Anais,; ed. por F.H. Sabbatini, M.M.S.B. de Barros J.S. Medeiros, São Paulo, EPUSP/PCC, 1998.

LORDSLEEM JÚNIOR, A. C.; MELHADO, S. B. **Manual de Escopo do Projeto para Produção da Vedação Vertical: Conformidade e Concordância**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2., 2011, Rio de Janeiro. **Anais... .** Rio de Janeiro: SBQP, 2011. p.1-11.

MARINOSKI, D. **ALVENARIAS: conceitos, alvenaria de vedação, processo executivo.** Florianópolis: UFSC - Departamento de Arquitetura e Urbanismo, 2011. 60 slides, color.

PINTO, T. P. **Gestão ambiental de resíduos da construção civil: A experiência do Sinduscon/SP.** 2005. Publicação Sinduscon/SP, 48p. São Paulo.

RODRÍGUEZ, Marco A. A. HEINECK, Luiz F. M. **A construtibilidade no processo de projeto de edificações.** II Workshop Nacional. Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios. Porto Alegre, Rio Grande do Sul. 2002.

SABBATINI, F. H. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos - formulação e aplicação de uma metodologia.** Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.

SALA, H. B. **Controle de qualidade geométrica de execução de alvenaria de vedação racionalizada em bloco cerâmico.** São Paulo, 2008. 95p. Monografia (MBA em Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Programa de Educação Continuada em Engenharia.

SILVA, E. R.**A importância da valorização do funcionário nas inovações das empresas.** Belo Horizonte, Abril, 2009.

SILVA, M. M. A. **Diretrizes para o Projeto de Alvenarias de Vedação.** São Paulo, 2003. Dissertação (Mestrado), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Civil. São Paulo.

SLACK, N. **Vantagem Competitiva em Manufatura.** São Paulo, Atlas, 1993.

TÉCHNE. **Como construir alvenaria racionalizada.** 2006. Disponível em: <http://www.dcc.ufpr.br/mediawiki/images/9/99/Texto_techne_alvenaria_racionalizada.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2017.

TESTA, C. **The industrialization of building.** s.l., Van Nostrand, 1972.

THOMPSON, P.A.; PERRY, J.G. **Engineering Construction Risks.**Londres, Inglaterra. 1992.

URZEDO, L. **Vale a pena usar alvenaria racionalizada?** 2017. Disponível em: <http://www.canaldoengenheiro.com/alvenaria-racionalizada-dicas-de-construcao-civil/>. Acesso em: 20 ago. 2017.

NORMAS UTILIZADAS

NBR 6461/83 – Bloco cerâmico para alvenaria – Verificação da resistência à compressão

NBR 7170/83 – Tijolo maciço cerâmico para alvenaria

NBR 7171/92 – Bloco cerâmico para alvenaria – Especificação

NBR 7173/82 – Blocos vazados de concreto simples para alvenaria sem função estrutural

NBR 8947/85 – Telha cerâmica – Determinação da massa e da absorção de água

NBR 13281/05 – Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos

NBR 13.529/13 – Revestimento de paredes e tetos

NBR 15.939/11 – Sistemas de tubulações plásticas para instalações prediais de água quente e fria – Polietileno reticulado (PEX)