CENTRO UNIVERSITÁRIO DAS FACULDADES METROPOLITANAS UNIDAS - FMU
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE O SISTEMA DE FACHADA AQUAPANEL® E O SISTEMA DE FACHADA CONVENCIONAL EM ALVENARIAS DE BLOCOS CERÂMICOS

EDUARDA CARNEIRO DE AGUIAR
PAULA GONÇALVES MOLINA
THAIENE BACHA POZZER

São Paulo
2015

CENTRO UNIVERSITÁRIO DAS FACULDADES METROPOLITANAS UNIDAS - FMU

CURSO DE GRADUAÇÃO E ENGENHARIA CIVIL

EDUARDA CARNEIRO DE AGUIAR

R.A.: 5778901

PAULA GONÇALVES MOLINA

R.A.: 5846073

THAIENE BACHA POZZER

R.A.: 5744578

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE O SISTEMA DE FACHADA AQUAPANEL® E O SISTEMA DE FACHADA CONVENCIONAL EM ALVENARIAS DE BLOCOS CERÂMICOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil do Centro Universitário das Faculdades Metropolitanas Unidas – FMU.

Orientadora: Prof.ª Me Anneliese de Oliveira Lozada.

São Paulo

2015

Aguiar, Eduarda Carneiro de.

Análise comparativa entre o sistema de fachada Aquapanel® e o sistema de vedação convencional / Eduarda Carneiro de Aguiar, Paula Gonçalves Molina, Thaiene Bacha Pozzer. – São Paulo, 2015.

89 p.

Orientador: Anneliese de Oliveira Lozada

Trabalho de Conclusão de Curso, Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário das Faculdades Metropolitanas Unidas – FMU, 2015.

1. Aquapanel ®. 2.Vedação. 3. Fachada. I. Aguiar, Eduarda Carneiro de. II. Molina, Paula Gonçalves. III. Pozzer, Thaiene Bacha. IV. Centro Universitário das Faculdades Metropolitanas Unidas. V. Análise comparativa entre o sistema de fachada Aquapanel® e o sistema de vedação convencional.

CDD ___

CENTRO UNIVERSITÁRIO DAS FACULDADES METROPOLITANAS UNIDAS – FMU

FOLHA DE APROVAÇÃO

EDUARDA CARNEIRO DE AGUIAR

PAULA GONÇALVES MOLINA

THAIENE BACHA POZZAR

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE O SISTEMA DE FACHADA AQUAPANEL® E O SISTEMA DE VEDAÇÃO CONVENCIONAL

Trabalho de Conclusão de curso apresentado como exigência parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil do Centro Universitário das Faculdades Metropolitanas Unidas – FMU

Data da Aprovação: ___/___/_____

BANCA EXAMINADORA

_____

Prof.ª Me. Anneliese de Oliveira Lozada (Orientadora)

_____

Prof. Ariston da Silva Melo Júnior

_____

Prof.ª Patrícia Cacho do Nascimento

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus por nos dar força e saúde para superar todas as dificuldades que surgiram.

Agradecemos a nossos pais/padrasto Francisco Pozzer, José Antônio Barbosa e José Luis Molina e nossas mães Zurah Bacha Pozzer, Alessandra Maria da Silva Carneiro e Patrícia Magali Gonçalves Molina (in memorian) que estiveram presente nos apoiando e nos dando forças para continuar na luta durante essa etapa de nossas vidas.

Um agradecimento especial à nossa orientadora Anneliese de Oliveira Lozada por gentilmente ter nos ajudado e guiado no decorrer deste trabalho.

Obrigada também à Fernanda Nunes da empresa Knauf por toda simpatia e empenho em nos ajudar neste trabalho.

Agradecemos à empresa BKO por nos fornecer os dados contidos neste trabalho.

Muito obrigada também aos nossos namorados Renato Santos Gonçalves Correa, Wayner Luis Pedro e Rodolfo D'Alessio que compartilharam este momento conosco, sendo pacientes em nossas ausências e nos dando apoio moral.

E finalmente, agradecemos á FMU e a todas as pessoas que caminharam ao nosso lado durante essa jornada de cinco anos de faculdade.

RESUMO

A construção civil brasileira vem passando por grande evolução devido à busca de projetos imobiliários mais modernos e com execução mais rápida, o que fez necessário a elaboração de nossas técnicas construtivas que buscam uma construção mais rápida, limpa e que seja economicamente viável para o empreendimento. Com isso, as empresas começaram dar maior atenção às etapas construtivas de seus empreendimentos, adotando técnicas que visam resultados mais rápidos e econômicos. Com o passar dos anos as exigências de desempenho acústico e energético nas fachadas dos edifícios tornaram-se mais rígidos em busca do conforto e qualidade de vida das pessoas, fazendo com que fique cada vez mais difícil atender as exigências com sistemas tradicionais. Para atender as novas exigências construtivas foi criado um sistema chamado Sistema de fachada Knauf AQUAPANEL®. Essa técnica que chegou ao Brasil em 2011 foi desenvolvida na Alemanha com a finalidade de construir e recuperar fachadas utilizando o princípio de construção a seco, oferecendo vantagens como leveza, rapidez na execução, versatilidade e flexibilidade, podendo ter seu desempenho variando de acordo com a opção de fachada escolhida. Este trabalho faz uma comparação aprofundada entre o sistema de vedação convencional que utiliza alvenaria e o sistema AQUAPANEL®, buscando mostrar as vantagens que esse novo sistema pode trazer para uma obra em aspectos econômicos, sustentáveis e de desempenho. Segundo a Knauf (2015), o sistema consiste em uma estrutura metálica, composta por guias e montantes, na qual serão aparafusadas chapas cimentícias (na face da parede voltada para o exterior) e chapas de drywall (na face voltada para o interior). Entre a camada de chapas cimentícias e a estrutura, deverá ser colocada uma manta Tyvek (membrana que funciona como uma barreira para a água). É também essencial a colocação de uma lã mineral no interior da parede.

Palavras – chave: Aquapanel ®; Vedação; Drywall; Construção; Revestimento; Desempenho.

ABSTRACT

The Brazilian construction industry has been passing by a great evolution due to the pursuit of more modern and faster execution real estate projects, which are made necessary the development of our construction techniques seeking for a faster, cleaner and economically viable construction to the enterprise. Thus, companies began to give more attention to the construction stages, adopting techniques which aim faster and economic results. Over the years, acoustic and energetic performance demands in the facades of buildings have become stricter in search of comfort and quality of life, causing it to become more difficult to attend the requirements of traditional systems. To attend the new construction requirements has created a system called Facade system Knauf AQUAPANEL®. This technique which arrived in Brazil in 2011 was developed in Germany in order to build and retrieve facades using the principle of dry construction, offering advantages such as light weight, speed of execution, versatility and flexibility, may having their performance varies according to the chosen facade. This article makes a thorough comparison between the convectional sealing system which uses masonry and AQUAPANEL® system, trying to show advantages which the new system can bring to a construction in economic, sustainable and performance aspects. According to Knauf (2015), the system consists of a metal structure, composed by tabs and amounts, which are screwed cement plates (on the wall facing the exterior) and drywall plates (on the wall facing the interior). Between the layer of cement plates and the structure, a Tyvek blanket should be placed (membrane that acts like a barrier to water). It is also essential to place a mineral wool inside the wall.

Keywords: Aquapanel ®; Sealing; Drywall; Construction; Coating; Performance.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Fachada executada em placa cimentícia: sistema Knauf Aquapanel. 21
Figura 2 - Blocos cerâmicos. 25
Figura 3 - Camadas de revestimento em argamassa: emboço e reboco; camada única. 26
Figura 4 - Tela eletro soldada. 30
Figura 5 - Equipamentos para a execução das alvenarias. 31
Figura 6 - Ferramentas, materiais e EPIs para a execução do revestimento da alvenaria. 31
Figura 7 - Ilustração do armazenamento correto de blocos cerâmicos. 32
Figura 8 - Esquema de armazenamento de materiais fornecidos em sacos. 33
Figura 9 - Esquema representativo da marcação das paredes a partir dos eixos de referência. 35
Figura 10 - Ligação entre alvenaria de fachada e alvenaria interna. 36
Figura 11 - Verga e contraverga em vão de janela. 38
Figura 12 - Exemplo de encunhamento de parede. 38
Figura 13 - Planta de balancim. 41
Figura 14 - Esquema de fixação do balancim. 41
Figura 15 - Chapisco convencional. 43
Figura 16 - Chapisco desempenado. 43
Figura 17 - Chapisco rolado. 43
Figura 18 - Esquema de locação e descida dos arames. 44
Figura 19 - Esquema dos pontos para mapeamento da fachada. 44
Figura 20 - Ponto adequado para iniciar o sarrafeamento da argamassa. 47
Figura 21 - Demonstração de controle da qualidade. 49
Figura 22 - Estrutura básica do SVVE – fechamento interno com uma chapa de gesso. 52
Figura 23 - Estrutura básica do SVVE – fechamento com duas chapas de gesso....52
Figura 24 - Estrutura básica do SVVE - dupla camada de perfis metálicos e chapa de gesso entre essas camadas. 53
Figura 25 - Estrutura básica do SVVE - com dupla camada de perfis metálicos sem chapa de gesso entre essas camadas. 53
Figura 26 - Esquematização da chapa cimentícia. 56
Figura 27 - Guia e Montante. 57
Figura 28 - Barreira impermeável colocada diretamente atrás da chapa cimentícia. 58
Figura 29 - Absorvente Acústico, exemplo Lã de Vidro. 59
Figura 30 - Parafusos AQUAPANEL® SB 25 e SB 39. 61
Figura 31 - Fita para tratamento das juntas AQUAPANEL®. 61
Figura 32 - Malha de reforço AQUAPANEL®. 62
Figura 33 - Peças em PVC fornecidas pela Knauf. 62
Figura 34 - Peças em PVC fornecidas pela Knauf. 63
Figura 35 – Manuseio, movimentação e proteção das placas. 64
Figura 36 - Estrutura do sistema - Posicionamento das guias e montantes. 66

Figura 37 - Detalhamento da junção entre os tecidos - sobreposição de 10 cm. 67
Figura 38 - Fixação da membrana. 67
Figura 39 - Membrana Tyvek fixada. 67
Figura 40 - Esquema do posicionamento das placas e distanciamento dos parafusos. 68
Figura 41 - Forma correta do posicionamento das placas quando há existência de vãos. 68
Figura 42 - O espaçamento entre as placas com auxílio de espaçadores. 69
Figura 43 - Tratamentos das juntas. 70
Figura 44 - Revestimento protetivo com aplicação da malha de reforço e o basecoat. 71
Figura 45 - Isolamento. 71
Figura 46 - Chapas de gesso com tratamento das juntas. 72
Figura 47 - Fachada do empreendimento BK30 Alto da Boa Vista. 77
Figura 48 - Fachada do empreendimento em construção. 80

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Relação dos cimentos e suas respectivas normas.....27
Quadro 2 - Influência da granulometria nas propriedades da areia.....29
Quadro 3 - Função dos aditivos na produção de argamassa. 29
Quadro 4 - Composição básica do SVVE, sem função estrutural, em perfis leves de aço, multicamadas, com fechamento em chapas delgadas. 54
Quadro 5 - Caracterização dos perfis metálicos utilizados nos SVVE.....57
Quadro 6 - Tipos de placas de gesso para drywall e suas características. 60
Quadro 7 - Comparação da emissão de CO2. 84
Quadro 8 - Comparação de tempo de construção entre os sistemas.....85

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Critérios mínimos de espessura para cada tipo de base. 45
Tabela 2 - Orçamento e comparação dos custos diretos.....81
Tabela 3 - Orçamento do custo indireto - Alvenaria.....82
Tabela 4 - Orçamento do custo indireto - Aquapanel.....82

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

LSF – Light Steel Frame

SVVE – Sistema de vedação vertical externa

SVVIE – Sistema de vedação interna e externa

NBR – Norma Brasileira

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 16
1.1. JUSTIFICATIVA 18
1.2. OBJETIVO 19
2. FACHADA 20
2.1. DEFINIÇÕES 20
2.2. HISTÓRICO 21
2.3. MANUTENÇÃO 22
3. SISTEMA DE FACHADA CONVENCIONAL EM ALVENARIAS DE BLOCOS CERÂMICOS 24
3.1. DESCRIÇÃO 24
3.2. COMPONENTES DO SISTEMA 24
3.2.1. BLOCO CERÂMICO 25
3.2.2. ARGAMASSA 25
3.2.2.1. MATERIAIS CONSTITUINTES DA ARGAMASSA 27
3.2.3. TELA METÁLICA 30
3.3. EQUIPAMENTOS E FERRAMENTAS 30
3.4. TRANSPORTE E ESTOCAGEM 31
3.4.1. BLOCOS CERÂMICOS 32
3.4.2. AÇO 33
3.4.3. CIMENTO, CAL E ARGAMASSA INDUSTRIALIZADA 33
3.4.4. AREIA 34
3.5. ETAPAS EXECUTIVAS 34
3.5.1. EXECUÇÃO DA ELEVAÇÃO DAS ALVENARIAS EXTERNAS 34
3.5.1.1. VERIFICAÇÃO DAS CONDIÇÕES INICIAIS 34
3.5.1.2. PRIMEIRA FIADA OU FIADA DE MARCAÇÃO 35
3.5.1.3. ELEVAÇÃO DA ALVENARIA 36
3.5.1.4. ENCUNHAMENTO 38
3.5.2. EXECUÇÃO DO REVESTIMENTO EXTERNO 39
3.5.2.1. VERIFICAÇÃO DAS CONDIÇÕES INICIAIS 39
3.5.2.2. MONTAGEM DE BALANCINS 40
3.5.2.3. PREPARO DA BASE 41
3.5.2.4. LOCAÇÃO E DESCIDA DOS ARAMES 43

3.5.2.5. MAPEAMENTO 44
3.5.2.6. REPROJETO 45
3.5.2.7. TALISCAMENTO 45
3.5.2.8. APLICAÇÃO DA ARGAMASSA 46
3.5.2.9. EXECUÇÃO DO ACABAMENTO 46
3.5.2.9.1. SARRAFEAMENTO 46
3.5.2.9.2. DESEMPENAMENTO 47
3.6. PRODUTIVIDADE E QUALIDADE 47
3.7. VANTAGENS E DESVANTAGENS 49
4. SISTEMA DE FACHADA KNAUF AQUAPANEL® 51
4.1. DESCRIÇÃO 51
4.1.1. CONDIÇÕES E LIMITAÇÕES DE USO 54
4.2. COMPONENTES DO SISTEMA 55
4.2.1. CHAPA CIMENTÍCIA AQUAPANEL® 55
4.2.2. GUIA E MONTANTE 56
4.2.3. BARREIRA IMPERMEÁVEL 58
4.2.4. ABSORVENTES ACÚSTICOS 58
4.2.5. CHAPAS DE DRYWALL 59
4.2.6. ARGAMASSAS, ACESSÓRIOS E COMPONENTES DE ACABAMENTO 60
4.3. EQUIPAMENTOS E FERRAMENTAS 63
4.4. MANUSEIO, TRANSPORTE E ARMAZENAMENTO 64
4.5. ETAPAS EXECUTIVAS 64
4.5.1. MAPEAMENTO DA ESTRUTURA 65
4.5.2. ESTRUTURAÇÃO 65
4.5.3. PLAQUEAMENTO EXTERNO 66
4.5.4. TRATAMENTO DE JUNTAS E EXECUÇÃO DE ACABAMENTO 69
4.5.5. PLAQUAMENTO INTERNO 71
4.6. PRODUTIVIDADE E QUALIDADE 72
4.7. VANTAGENS E DESVANTAGENS 74
5. ESTUDO DE CASO 76
5.1. DESCRIÇÕES DO EMPREENDIMENTO 76
5.1.1. ASPECTOS GERAIS 76
5.1.2. ASPECTOS TÉCNICOS 78

5.2. JUSTIFICATIVA DA ESCOLHA POR FACHADA EM SISTEMA AQUAPANEL 78
5.3. TÉCNICAS CONSTRUTIVAS 79
5.4. CUSTOS E INVESTIMENTOS 80
5.4.1. CUSTO DIRETO 80
5.4.2. CUSTO INDIRETO 81
5.5. CANTEIRO DE OBRA E LOGÍSTICA 83
5.6.1. GANHOS NO CUSTO 83
5.6.2. GANHOS NA SUSTENTABILIDADE 84
5.6.3. GANHOS NO TEMPO 84
5.6.4. GANHOS NO PRODUTO 85
6. CONCLUSÃO 86
7. REFERÊNCIAS 88

1. INTRODUÇÃO

Durante muito tempo, o ramo da construção civil no Brasil ficou estagnado e fez com que seus engenheiros se perguntassem se era possível que um dia as construções deixariam de ter seu caráter artesanal para seguir o caminho da industrialização e modernização.

Segundo CILIANA (2009), a indústria da construção, mais especificamente no setor de edificações, apresenta particularidades singulares que a diferencia da indústria de transformação. Estas particularidades criam obstáculos para que se processe uma introdução mais agressiva de máquinas e equipamentos nos canteiros de obras. “Processos predominantemente artesanais, onde são marcantes baixa produtividade e enorme desperdício, ainda compõem a maior parcela da construção civil brasileira” (SANTIAGO e ARAUJO, 2008).

Há anos a construção civil é citada como um dos setores que possui maior desperdício de materiais. Com o passar do tempo, houve a necessidade de realizar obras mais sustentáveis e com isso a industrialização foi inevitável.

Com a industrialização, os processos construtivos ficaram mais rápidos e simples e este processo vem ganhando espaço no Brasil. Fora do País este sistema já é muito utilizado, desde projetos residenciais populares até grandes prédios comerciais, devido suas vantagens de custo x benefício, agilidade e praticidade. Não podemos esquecer que este sistema nos volta a uma construção sustentável, pois proporciona uma obra mais limpa.

Segundo ROSSO (1980 apud CILIANA, 2009), no domínio da edificação pode se passar de uma produtividade de 80 homens hora/m² em um processo artesanal primitivo, a uma de 10 homens hora/m² em um processo industrializado. PICCHI (1993 apud CILIANA, 2009) afirma que a produtividade no Brasil é menor que um quinto da produtividade dos países industrializados.

Ainda, segundo FIGUEIRÓ (2009), a alvenaria é considerada como uma etapa da construção responsável pelos maiores índices de desperdício de materiais de uma obra. Diante disso, surgem novos métodos de construção, em que o desperdício é extremamente reduzido tornando a obra limpa e ainda reduzindo o

prazo e custo da construção, Portanto as construtoras estão aderindo à industrialização da construção civil.

O sistema Knauf AQUAPANEL® desenvolveu um conceito de construção totalmente inovador: sistema de fachada leve, versátil e de grande rendimento. Os componentes desse sistema industrializado são produzidos pela própria Knauf, onde passam por um rígido controle de qualidade, ficando assim garantido o atendimento as normas técnicas. Superando a construção convencional o AQUAPANEL® conta com uma exclusiva combinação de economia, sustentabilidade e desempenho ao que diz respeito às exigências construtivas atuais.

Tratando-se de economia, o sistema Knauf AQUAPANEL® traz prazos de construção mais curto gerando assim uma economia de até 30% no tempo até o final de acabamento de superfície, em comparação com a alvenaria convencional. Através dessa antecipação da vedação externa devido à economia no tempo possibilita-se menos tempo de locação de andaime, e o adiantamento das etapas de acabamento interno como paredes, que podem ser executadas em drywall, contra pisos, tetos, instalações hidráulicas e elétricas, por exemplo. Ainda na economia pode-se citar um ganho de área útil de até 5% a mais devido a sua menor espessura em comparação com a alvenaria convencional, a redução dos custos de materiais e mão de obra, um menor consumo de energia durante a construção devido à redução no tempo de secagem e a possibilidade de uma estrutura mais leve devido ao seu peso ser até 75% menor.

Nos tempos atuais, a sustentabilidade vem ganhando força e tornando-se uma das grandes preocupações das indústrias construtivas. Sendo assim o AQUAPANEL® passa a ser um grande investimento sustentável na construção civil atual. A redução de energia primária, menor emissão de CO2 na fabricação e menor impacto ambiental devido ao menor uso de recursos naturais provam isso.

Além de economia e sustentabilidade, outro ponto importante e crucial para a decisão de um sistema a ser introduzido em um empreendimento é o desempenho, pois ele, além de ter que atender exigências das normas brasileiras traz qualidade ao empreendimento. O AQUAPANEL® em relação à alvenaria convencional traz maior resistência ao fogo, melhor isolamento acústico e térmico (podendo incluir isolamento térmico adicional), maior liberdade de design e flexibilidade para criar curvas e renovação da fachada sem a necessidade de reforçar a estrutura do edifício.

1.1. JUSTIFICATIVA

Segundo COLTRI (2012), a escassez de mão de obra na construção civil e a necessidade de ganhos de produtividade empurram o setor em direção à inovação e aos processos industriais. Diante das exigências que o setor da construção civil vem impondo em relação à modernização de suas tecnologias, o sistema industrializado de fachada Knauf AQUAPANEL® traz propostas inovadoras que podem facilitar, modernizar e acelerar a produção de edifícios de formas mais sustentáveis e econômicas ao passo que as placas cimentícias são impermeáveis, incombustíveis, resistentes à flexão e a intempéries.

A sustentabilidade passa a ser o foco principal na construção civil, pois é o setor que mais devasta insumos naturais que são a base dos sistemas convencionais utilizados na produção de empreendimentos, gerando assim resíduos em grande escala. O novo sistema proposto é totalmente industrializado e limpo reduzindo em cerca de 30% a emissão de CO2 e levando o desperdício perto de zero.

O presente trabalho teve como motivação a inovação trazida pelo novo sistema e o conceito de obra seca da Knauf, onde a produtividade o valor econômico e o desempenho do sistema passam a influenciar diretamente no produto final, passando assim a elevar o patamar da construção de edifícios através do uso de tecnologias que agridam cada vez menos os recursos naturais se comparado com o sistema convencional que ainda é forte quando se trata de tomara de decisão das construtoras.

Nesse contexto, a proposta desse trabalho visa comparar e analisar as características de ambos os sistemas fazendo com que o setor da construção civil deixe de tratar o desenvolvimento tecnológico desse segmento como um obstáculo e passe a consolidar técnicas para acelerar a produção e reduzir o impacto nos canteiro.

1.2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é apresentar um estudo de caso do sistema Knauf AQUAPANEL® através de uma descrição, detalhamento e comparação do novo sistema com o sistema de fachada convencional, apontando assim quais as vantagens e desvantagens que essa nova tecnologia construtiva pode trazer para um empreendimento do ponto de vista econômico, sustentável, produtivo e de desempenho.

Através dessa comparação pretende-se encontrar viabilidade técnica e econômica no AQUAPANEL®, mostrando assim que com a ajuda de produtos industrializados a construção civil pode se tornar mais inteligente, trazendo uma validação cultural de métodos que fogem dos sistemas tradicionais de construção, acelerando assim a produção e reduzindo os impactos nos canteiros.

2. FACHADA

O objetivo desse item é falar de uma maneira geral sobre fachadas, mostrando as definições, histórico e manutenção necessária.

2.1. DEFINIÇÕES

De acordo com a NBR 15575 (ABNT, 2013), os sistemas de vedação vertical interno e externo (SVVIE) são partes da edificação habitacional que limitam verticalmente a edificação e seus ambientes, como as fachadas e as paredes ou divisórias internas.

Fazem parte da composição do sistema de vedações verticais:

- Paredes: caracteriza a vedação vertical;
- Esquadrias: caracteriza o controle de acesso de pessoas e agentes externos (no caso das janelas) aos ambientes;
- Revestimentos: caracteriza o acabamento decorativo da vedação.

A fachada tem uma posição de destaque no projeto e construção de um edifício, pois além de ser a parte mais importante para proteger a edificação de fatores e agentes externos, ela é um elemento chave para a definição da estética, tendo assim uma participação significativa nos custos da obra. (MEDEIROS et al., 2014).

Ainda, segundo MEDEIROS et al. (2014), as vedações externas ou de fachadas são assim chamadas por não terem função estrutural, ou seja, não fazem parte da estrutura principal do edifício. Sendo assim, elas precisam ser dimensionadas para resistir aos esforços resultantes da ação do vento, cargas acidentais e o seu peso próprio, transmitindo-as à estrutura.

Existem três tipologias de soluções construtivas para a vedação e revestimento de fachadas de edifícios de acordo com MEDEIROS et al. (2014), sendo elas:

a) Alvenaria de vedação e revestimento em argamassa;
b) Alvenaria ou divisória leve de vedação com revestimento tipo cortina ou ventilado;

c) Fachada cortina e seus subtipos como painéis de concreto, LSF com placas cimentícias, pele de vidro e módulos de vidro unitizados.

Para qualquer tipo de solução de fachada, é necessário considerar a capacidade de acomodar as deflexões, expansão e contração térmicas, deslocamentos relativos entre os pavimentos e oscilação dos edifícios causados pelo vendo e cargas sísmicas, sendo necessário considerar estas ações de modo local e global.

Figura 1 - Fachada executada em placa cimentícia: sistema Knauf Aquapanel.

Fonte: http://www.aecweb.com.br/ - Acessado em: 19/10/2015.

2.2. HISTÓRICO

Podemos definir Alvenaria como estruturas e paredes unidas entre si por argamassa. Estas unidades podem ser feitas de blocos e de pedras. A alvenaria iniciou-se com as primeiras civilizações, cerca de 9000 a 7000 A.C., surgindo como uma técnica de construção. Devido sua simplicidade do método, permitiu a sobrevivência dos povos antigos, naturalmente teve o aperfeiçoamento dos materiais e tecnologias ao longo dos tempos. A pedra, o tijolo de barro seco, o saibro, o betume, o gesso, entre outros, que anteriormente eram utilizados no processo total da construção foram deixados para trás e hoje deram lugar a materiais mais modernos.

A solução estrutural surgiu a partir do século XIX, quando teve início a produção de vigas e pilares em ferro fundido, eliminando a necessidade de paredes

de grande espessura nos pisos inferiores. Entretanto o início do século XX foi o marco da transição com a introdução do concreto armado que se trata de um material mais durável, resistente e econômico (http://www.ruadireita.com/servicos-construcao/info/alvenaria-um-servico-de-construcao-civil-com-10-000-anos/ - Acessado em 20/10/2015).

2.3. MANUTENÇÃO

De acordo com a NBR 5674 (ABNT, 2012), as edificações são construídas para atender seus usuários durante muitos anos, e ao longo desse tempo de serviço, devem apresentar condições adequadas ao uso que se destinam, resistindo assim aos agentes ambientais e de uso que alteram suas propriedades técnicas iniciais. Isto exige que a manutenção das edificações seja levada em conta tão logo elas sejam colocadas em uso. A omissão em relação à necessária atenção para a manutenção das edificações pode ser constatada nos frequentes casos de edificações retiradas de serviço muito antes de cumprida a sua vida útil projetada (VUP), causando muitos transtornos aos seus usuários e um sobre custo intensivo dos serviços de recuperação ou construção de novas edificações.

Ainda seguindo a NBR 5674 (ABNT, 2012), existe diferentes tipo de manutenção necessária, a saber:

a) Manutenção rotineira: é caracterizada por um fluxo constante de serviços, padronizados e cíclicos, citando-se, por exemplo, limpeza geral e lavagem das áreas comuns.
b) Manutenção corretiva: é caracterizada por serviços que demandam ação ou intervenção imediata a fim de permitir a continuidade do uso dos sistemas, elementos ou componentes das edificações, ou evitar graves riscos ou prejuízos pessoais e/ou patrimoniais aos seus usuários ou proprietários.
c) Manutenção preventiva: é caracterizada por serviços cuja realização seja programada com antecedência, priorizando as solicitações dos usuários, estimativas da durabilidade esperada dos sistemas, elementos ou

componentes das edificações em uso, gravidade e urgência, e relatórios de verificações periódicas sobre o seu estado de degradação.

Sendo assim, a manutenção não pode ser feita de modo improvisado, esporádico ou casual. Ela deve ser entendida como um serviço técnico perfeitamente programável e como um investimento de prevenção do valor patrimonial.

3. SISTEMA DE FACHADA CONVENCIONAL EM ALVENARIAS DE BLOCOS CERÂMICOS

Este item tem como objetivo dissertar sobre o sistema de fachada convencional em alvenaria de blocos cerâmicos apontando assim as vantagens e desvantagens do seu emprego nas edificações.

3.1. DESCRIÇÃO

O sistema convencional pode ser explicado como um sistema que não é dimensionado para resistir a ações além de seu próprio peso e possui a função de fechamento da edificação. Atualmente a maioria das edificações executadas pelo processo construtivo convencional utiliza este método para o fechamento dos vãos entre vigas e pilares.

Para Bauer (2005), os substratos que compõem as fachadas podem ser classificados de diferentes formas, são elas:

a) Pela natureza dos materiais constituintes: alvenaria de blocos cerâmicos, blocos de concreto, blocos de concreto celular e os elementos estruturais em concreto (pilar, vigas e lajes);
b) Pela função: elementos de vedação, estruturais;
c) Por suas caraterísticas físicas: textura, porosidade, capacidade de sucção da água (absorção capilar), propriedades mecânicas.

3.2. COMPONENTES DO SISTEMA

Nos subitens a seguir serão apresentados os componentes básicos que constituem o sistema de fachada convencional.

3.2.1. BLOCO CERÂMICO

Segundo a NBR 15270 (ABNT, 2005), bloco cerâmico de vedação é um componente de alvenaria de vedação que possui furos prismáticos perpendiculares às faces que os contém. Os blocos cerâmicos para vedação constituem as alvenarias externas ou internas que não têm a função de resistir a outras cargas verticais, além do peso da alvenaria da qual faz parte.

São considerados dois tipos de blocos quanto ao tipo e número de furos dos blocos, conforme mostram as figuras a seguir:

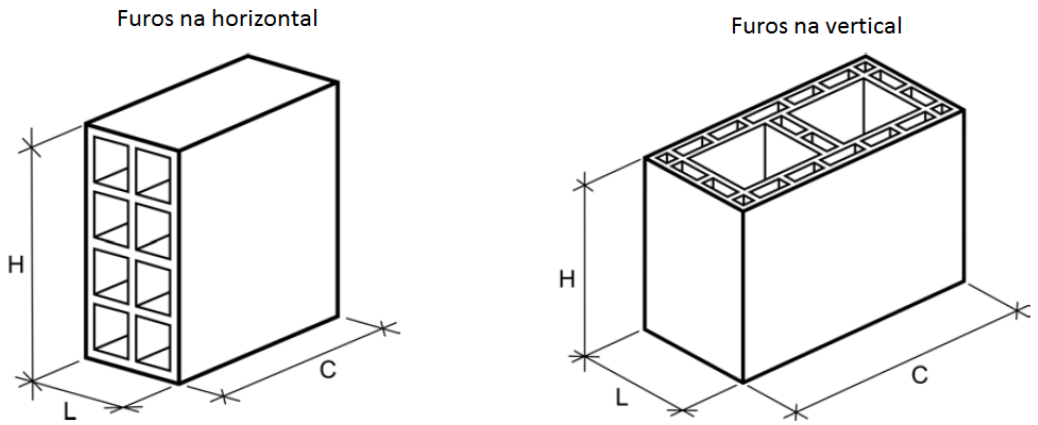


Figura 2 - Blocos cerâmicos.

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR 15270-1, 2005

3.2.2. ARGAMASSA

De acordo com a ABCP (2003), a argamassa é um material de construção por uma mistura homogênea de um ou mais aglomerantes (cimento ou cal), agregado miúdo (areia) e água. Podem ainda ser adicionamos alguns produtos especiais (aditivos ou adições) com a finalidade de melhorar ou conferir determinadas propriedades ao conjunto.

Dependendo das proporções entre os constituintes da mistura e sua aplicação no revestimento, eles recebem diferentes nomes em seu emprego (conforme NBR 13529/2013):

a) Chapisco: camada de preparo da base, constituída de mistura de cimento, areia e aditivos, aplicada de forma contínua ou descontínua, com a finalidade de uniformizar a superfície quanto à absorção e melhorar a aderência do revestimento.

b) Emboço: camada de revestimento executada para cobrir e regularizar a superfície da base com ou sem chapisco, propiciando uma superfície que permita receber outra camada de reboco ou de revestimento decorativo, ou que se constitua no acabamento final.

c) Reboco: camada de revestimento utilizada para o cobrimento do emboço, propiciando uma superfície que permita receber o revestimento decorativo ou que se constitua no acabamento final.

d) Massa Única (emboço paulista): revestimento executado numa camada única, cumprindo as funções do emboço e reboco.

e) Argamassa colante: a argamassa colante é um produto industrializado, à base de cimento, areia e aditivos, cujo preparo em obra exige apenas a adição de água nas proporções indicadas pelo fabricante, formando uma massa viscosa, plástica e aderente empregada no assentamento de peças cerâmicas para revestimentos de paredes e pisos.

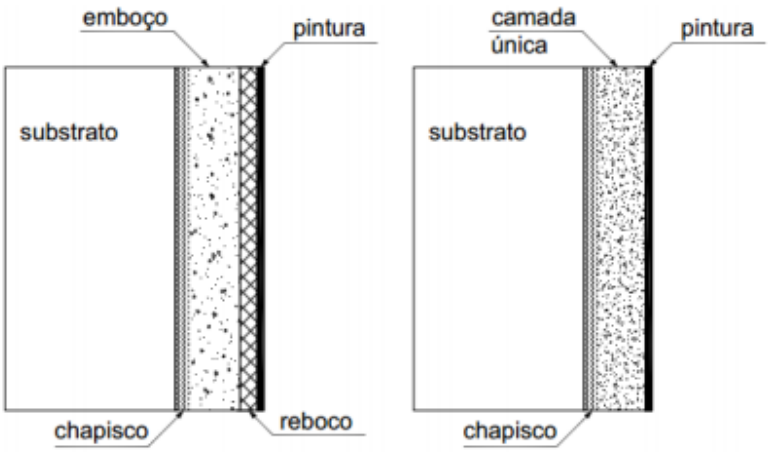


Figura 3 - Camadas de revestimento em argamassa: emboço e reboco; camada única.

Fonte: Materiais de Construção Civil e princípio de ciência e engenharia de materiais. IBRACON. In: CARASEK, Helena. Argamassas. 2010.

3.2.2.1. MATERIAIS CONSTITUINTES DA ARGAMASSA

De acordo com a ABCP (2003), podemos citar como constituintes da argamassa, os itens abaixo:

a) Cimento Portland

O cimento Portland possui propriedade aglomerante desenvolvida pela reação de seus constituintes com a água, sendo assim denominado aglomerante hidráulico. A contribuição do cimento nas propriedades das argamassas está voltada, sobretudo para a resistência mecânica. Além disso, o fato de ser composto por finas partículas contribui para retenção da água de mistura e para a plasticidade. Se, por um lado, quanto maior a quantidade de cimento presente na mistura, maior é a retração, por outro lado, maior também será a aderência à base. De acordo com suas características, os cimentos são classificados em diferentes tipos por normas específicas, relacionadas no quadro abaixo:

Quadro 1 - Relação dos cimentos e suas respectivas normas.

Denominação	Sigla	Norma
Portland comum	CP I	NBR - 5732
Portland composto com escória	CP II-E	NBR - 11578
Portland composto com pozolana	CP II-Z	NBR - 11578
Portland composto com filler	CP II-F	NBR - 11578
Portland de alto forno	CP III	NBR - 5735
Portland pozolânico	CP IV	NBR - 5736
Portland de alta resistência inicial	CP V-ARI	NBR - 5733

Fonte: Associação Brasileira de Cimento Portland, 2003.

b) Cal Hidratada

Numa argamassa onde há apenas a presença de cal, sua função principal é funcionar como aglomerante da mistura. Neste tipo de argamassa, destacam-se as

propriedades de trabalhabilidade e a capacidade de absorver deformações. Entretanto, são reduzidas as suas propriedades de resistência mecânica e aderência.

Em argamassas mistas, de cal e cimento, devido à finura da cal há retenção de água em volta de suas partículas e consequentemente maior retenção de água na argamassa. Assim, a cal pode contribuir para uma melhor hidratação do cimento, além de contribuir significativamente para a trabalhabilidade e capacidade de absorver deformações.

c) Água

A água confere continuidade à mistura, permitindo a ocorrência das reações entre os diversos componentes, sobretudo as do cimento. A água, embora seja o recurso diretamente utilizado pelo pedreiro para regular a consistência da mistura, fazendo a sua adição até a obtenção da trabalhabilidade desejada, deve ter o seu teor atendendo ao traço pré-estabelecido, seja para argamassa dosada em obra ou na indústria.

Considera-se a água potável como a melhor para elaboração de produtos à base de cimento Portland. Não devem ser utilizadas águas contaminadas ou com excesso de sais solúveis. Em geral, a água que serve para o amassamento da argamassa é a mesma utilizada para o concreto e deve seguir a NBR NM 137.

d) Areia

As areias utilizadas na preparação de argamassas podem ser originárias de: rios; cava; britagem (areia de brita, areia artificial). O agregado miúdo ou areia é um constituinte das argamassas de origem mineral, de forma particulada, com diâmetros entre 0,06 e 2,0 mm. A granulometria do agregado tem influência nas proporções de aglomerantes e água da mistura. Desta forma, quando há deficiências na curva granulométrica (isto é, a curva não é contínua) ou excesso e finos, ocorre maior consumo de água de amassamento, reduzindo a resistência mecânica e causando maior retração por secagem na argamassa

Quadro 2 - Influência da granulometria nas propriedades da areia.

Propriedade	Quanto mais fino	Quanto mais descontínua for a granulometria	Quanto maior o teor de grãos angulosos
Trabalhabilidade	Melhor	Pior	Pior
Retenção de água	Melhor	-	Melhor
Retração na secagem	Aumenta	Aumenta	-
Porosidade	-	Aumenta	-
Aderência	Pior	Pior	Melhor
Resistência mecânica	-	Pior	-
Impermeabilidade	Pior	Pior	-

Fonte: Associação Brasileira de Cimento Portland, 2003.

e) Aditivos

Os aditivos são compostos adicionados em pequena quantidade à mistura, com a finalidade de melhorar uma ou mais propriedades da argamassa no estado fresco e no estado endurecido e sua quantidade é expressa em porcentagem do aglomerante. Usualmente, através do uso de aditivos, procura-se diminuir a retração na secagem (para diminuir fissuração), aumentar o tempo de pega e manter a plasticidade (para facilitar a trabalhabilidade), aumentar a retenção de água e por fim, aumentar a aderência da argamassa ao substrato.

Quadro 3 - Função dos aditivos na produção de argamassa.

Tipos de aditivos	
Redutores de água (plastificante)	São utilizados para melhorar a trabalhabilidade da argamassa sem alterar a quantidade de água.
Retentores de água	Reduzem a evaporação e a exsudação de água da argamassa fresca e conferem capacidade de retenção de água frente à sucção por bases absorventes.
Incorporador de ar	Formam microbolhas de ar, estáveis, homogeneamente distribuídas na argamassa, aumentando a trabalhabilidade e atuando a favor da permeabilidade.
Retardadores de pega	Retardam a hidratação do cimento, proporcionando um tempo maior de utilização.
Aumentadores da aderência	Proporcionam a aderência química ao substrato.
Hidrofugantes	Reduzem a absorção de água da argamassa, mas não a tornam impermeável e permitem a passagem de vapor d'água.

Fonte: Associação Brasileira de Cimento Portland, 2003

3.2.3. TELA METÁLICA

Recomenda-se que as telas utilizadas na ligação alvenaria-pilar sejam telas metálicas eletro soldadas, galvanizadas, e dotadas de fios com diâmetro em torno de 1 mm e malha quadrada de 15 mm. As telas devem atender às especializações da norma NBR 10118 (2013).

Figura 4 - Tela eletro soldada.

Fonte: www.telashop.com.br – Acessado em 23/10/2015

3.3. EQUIPAMENTOS E FERRAMENTAS

O Código de Práticas da Construção Civil nº01 (2009) diz que para a elevação as alvenarias, devem estar disponíveis todos os equipamentos e ferramentas necessárias para o assentamento dos blocos, incluindo colher de pedreiro, meia-cana, bisnaga, linha, esticadores de linha, réguas de alumínio, prumo de face, escantilhões, broxa, nível de bolha e nível de mangueira, esquadros de braço longo, furadeira elétrica, pistola finca-pinos, etc.

Tomando por referência a primeira fiada, assentada com os cuidados anteriormente mencionados, podem ser marcadas nos próprios pilares as cotas das demais fiadas; é interessante, contudo, o emprego de escantilhões, suportados por tripés ou introduzidos sob pressão no reticulado vertical da estrutura (escantilhão telescópico).

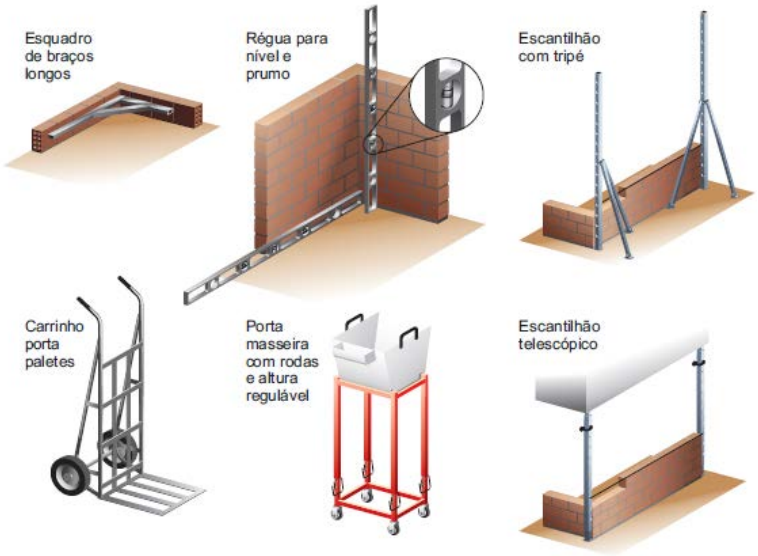


Figura 5 - Equipamentos para a execução das alvenarias.

Fonte: Código de novas práticas nº 01, 2009

Figura 6 - Ferramentas, materiais e EPIs para a execução do revestimento da alvenaria.

Fonte: CHICHINELLI, 2013. Disponível em: http://equipedeobra.pini.com.br/construcao-reforma/55/artigo275577-1.aspx

3.4. TRANSPORTE E ESTOCAGEM

Segundo o CÓDIGO DE PRÁTICAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL Nº 01 (2009), o transporte e estocagem dos materiais devem seguir de acordo com o descrito nos itens seguintes.

3.4.1. BLOCOS CERÂMICOS

A estocagem dos blocos cerâmicos deve ser feita em pilhas com uma altura máxima de 1,80 m, apoiadas sobre superfície plana, limpa e livre de umidade ou materiais que possam impregnar a superfície dos blocos. As pilhas não devem ser apoiadas diretamente sobre o terreno, sendo necessário o uso paletes para o apoio. Em estocagem feita a céu aberto, é necessário proteger a pilhas de blocos contra chuvas por meio de uma cobertura impermeável, impedindo assim que os blocos sejam assentados com excessiva umidade. Na formação da pilha, os blocos devem ser sobrepostos com juntas em amarração, conforme ilustrado na figura a seguir.

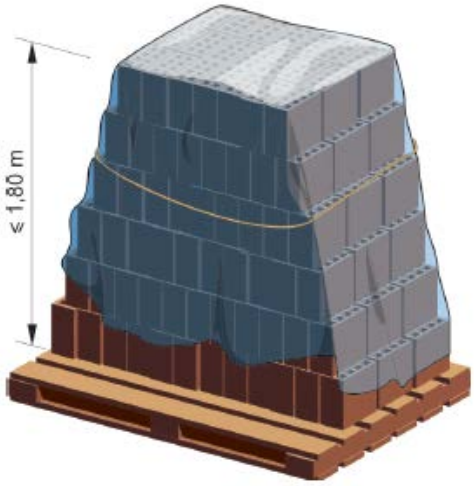


Figura 7 - Ilustração do armazenamento correto de blocos cerâmicos.
Fonte: CÓDIGO DE PRÁTICAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL Nº 01, 2009.

É recomendável que os blocos sejam fornecidos em paletes, sendo os mesmos embalados com o auxílio de fitas metálicas ou de plástico, pois assim, os paletes podem ser transportados em carrinhos porta-paletes até o local de aplicação dos blocos, reduzindo então a mão-de-obra e risco de quebra ou danos. Recomenda-se também que o fornecedor disponha de plataformas acopláveis à estrutura dos pavimentos, facilitando o transporte dos paletes por meio de gruas. Qualquer que seja o sistema de transporte dos blocos cerâmicos deve-se evitar que os mesmos sofram impactos que venham a provocar danos físicos.

3.4.2. AÇO

O aço deve ser armazenado em local coberto, protegido de intempéries e afastado do solo, para que não fique em contato com umidade. O armazenamento deve ser feito em feixes separados para cada bitola, facilitando o uso.

3.4.3. CIMENTO, CAL E ARGAMASSA INDUSTRIALIZADA

Os materiais fornecidos em sacos, devem ser armazenados em locais protegidos da ação das intempéries e da umidade do solo, devendo as pilhas ficarem afastadas de paredes ou do teto do depósito. Não é recomendada a formação de pilhas superior a 15 sacos. No caso da utilização da cal virgem, recomenda-se sua extinção imediatamente após chegada em obra, podendo ser armazenada em tonéis ou no próprio queimador.

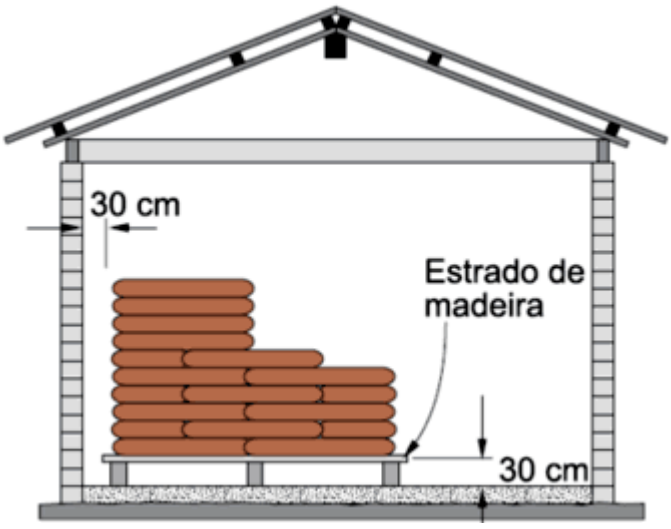


Figura 8 - Esquema de armazenamento de materiais fornecidos em sacos.

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND,

3.4.4. AREIA

A estocagem de areia deve ser feita em local limpo, de fácil drenagem e sem possibilidade de contaminação por materiais estranhos que possam prejudicar sua qualidade. As pilhas devem ser cobertas ou contidas lateralmente, de forma que a areia não seja arrastada por enxurrada.

3.5. ETAPAS EXECUTIVAS

Neste tópico será apresentada de forma detalhada e as etapas de execução da elevação das alvenarias e execução do revestimento externo.

3.5.1. EXECUÇÃO DA ELEVAÇÃO DAS ALVENARIAS EXTERNAS

Para a elevação das alvenarias externas, serão apresentadas as etapas que fazem parte da execução deste serviço, como: verificação das condições iniciais, fiada de marcação, elevação das alvenarias e encunhamentos. As etapas a seguir são descritas de acordo com o Código de Práticas na Construção Civil, 2009.

3.5.1.1. VERIFICAÇÃO DAS CONDIÇÕES INICIAIS

Para o início dos serviços de elevação de alvenarias deve-se observar se todas as providências de logísticas foram tomadas, como por exemplo, instalação no andar de guarda-corpos ou bandejas de proteção, eventual fixação de plataforma de recepção de blocos e outros materiais, disponibilidade de carrinhos porta paletes, esquema de distribuição e empilhamento dos blocos, forma de transporte e

preparação da argamassa de assentamento, disponibilidade de gabaritos para vãos de portas e janelas, disponibilidade de andaimes, prévio recorte de telas para as ligações com pilares ou ligações entre paredes com juntas a prumo e outras.

Outros pontos a serem destacados como condições iniciais de serviço, são:

- Providenciar com antecedência os dispositivos de ligação dos pilares;
- O chapisco nos pilares, lajes e vigas deve ter sido concluído a pelo menos 3 dias;

3.5.1.2. PRIMEIRA FIADA OU FIADA DE MARCAÇÃO

O assentamento da primeira fiada deve ser executado após rigorosa locação das alvenarias, feita com base na transferência de cota e dos eixos de referência para o andar onde estão sendo realizados os serviços (Figura 9); relativamente à cota, deve ser observada aquela prevista para o piso acabado de cada pavimento, valendo em geral para os edifícios multi pisos a cota das soleiras das portas dos elevadores, com tolerância menor ou igual a 5 mm. A posição de cada parede deve ser delimitada independentemente dos eventuais desvios da estrutura. Caso o projeto de estrutura ou de alvenaria preveja a constituição de juntas de dilatação ou de controle, a marcação da alvenaria deve respeitar com todo rigor o posicionamento e a abertura das juntas. A modulação horizontal prevista para a primeira fiada no projeto de alvenaria deve ser rigorosamente observada.

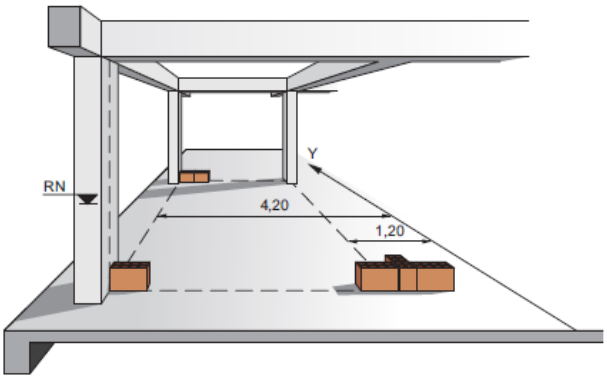


Figura 9 - Esquema representativo da marcação das paredes a partir dos eixos de referência.

Fonte: Código de Práticas da Construção Civil nº 01, 2009.

Com base nos eixos de referência, e em cotas acumuladas a partir deles, as posições das paredes são marcadas inicialmente pelos seus eixos, e depois pelas suas faces. A marcação deve ser iniciada pelas paredes de fachada e pelas paredes internas principais, podendo ser feita com linhas distendidas entre blocos extremos, giz de cera ou fio traçante, isto é, linha impregnada com pó colorido.

O assentamento da primeira fiada deve, portanto, ser realizado com todo o cuidado, utilizando-se equipamentos de precisão como teodolito ou nível lazer, trena metálica, prumo de face ("fio de prumo"), régua de alumínio, esquadros de braços longos, prumo de face / réguas com bolhas de nível nas duas direções, etc.

3.5.1.3. ELEVAÇÃO DA ALVENARIA

Recomenda-se que as paredes do mesmo pavimento sejam executadas simultaneamente, a fim de não sobrecarregar a estrutura de forma desbalanceada; é aconselhável promover o levantamento de meia-altura da parede num dia e complementá-la no dia seguinte, quando a primeira metade já ganhou certa resistência. É aconselhável também iniciar-se a construção pelas paredes de fachada, trecho inicial com 1m de altura, a fim de liberar bandejas, grades de proteção e outros. Para as ligações das paredes de fachada com as respectivas paredes internas recomenda-se que sejam simultaneamente construídos trechos das paredes internas na forma de "escada", desaconselhando-se a manutenção de vazios para posterior amarração dos blocos das alvenarias internas, conforme figura.

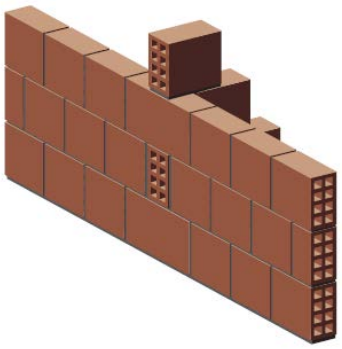


Figura 10 - Ligação entre alvenaria de fachada e alvenaria interna.

Fonte: Código de Práticas da Construção Civil nº 01, 2009.

A argamassa de assentamento deve ser estendida sobre a superfície horizontal da fiada anterior e na face lateral do bloco a ser assentado, em cordões ou ocupando toda a superfície, mas em quantidade suficiente para que certa porção seja expelida quando o bloco é assentado sob pressão. O bloco é conduzido à sua posição definitiva mediante forte pressão para baixo e para o lado; os ajustes de nível, prumo e espessura da junta só podem ser feitos antes do início de pega da argamassa, ou seja, logo após o assentamento do bloco.

No máximo a cada duas ou três fiadas recomenda-se verificar o nivelamento e o prumo da parede, utilizando-se prumo de face, régua e nível de bolha; tais verificações, além da conferência da cota, devem ser procedidas com mais cuidado ainda na fiada que ficará imediatamente abaixo dos vãos de janela. O alinhamento e o prumo devem também ser verificados com o máximo cuidado nas laterais dos vãos de portas e janelas.

De acordo com BUSIAN (2013), os vão na alvenaria que recebem janelas e portas são considerados regiões de concentração de tensões. Para reduzir o risco de surgirem fissuras nas paredes, é preciso, portanto, melhorar a distribuição das cargas. Isso é obtido através das verga e contravergas. Tais elementos podem ser pré-moldados ou moldados no local, com o uso de vigas ou blocos canaleta.

a) Contravergas

As contravergas ficam localizadas na parte inferior no vão, sendo assim, só é necessária para vãos de janela. O comprimento das contravergas deve ser pelo menos, 40% maior que o vão, ficando assim, 20% de cada lado, apoiadas na alvenaria, consolidando o conjunto.

b) Vergas

As vergas ficam localizadas na parte superior do vão e são utilizadas para portas e janelas, exigindo uma escora de madeira com a mesma altura do vão apoiada na contraverga ou no piso. O tempo de cura é de até dez dias e deve ser informado pelo projetista.

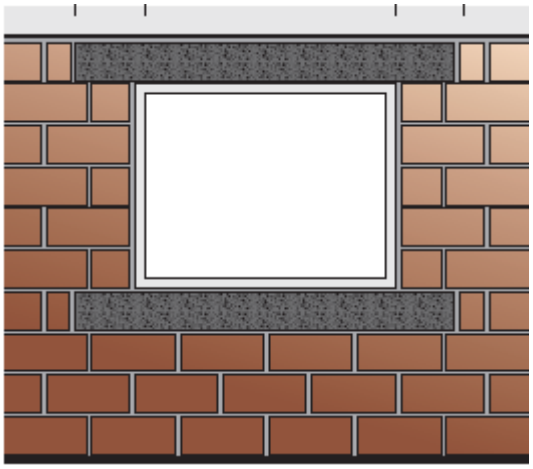


Figura 11 - Verga e contraverga em vão de janela.

Fonte: Código de práticas da construção civil, 2009

3.5.1.4. ENCUNHAMENTO

O encunhamento pode ser entendido como a ligação entre o topo da parede de alvenaria e a viga ou laje que se situam acima. É mais usual o encunhamento com tijolos maciços, assentados de forma inclinada, fazendo pressão entre a última fiada e a viga ou laje superior. Para evitar esforços não previstos nas alvenarias, o encunhamento deve ser feito somente depois de executada a elevação do último pavimento, iniciando o encunhamento por este último andar e descendo-se na direção do térreo. CONSTRUFÁCILRJ (2013).

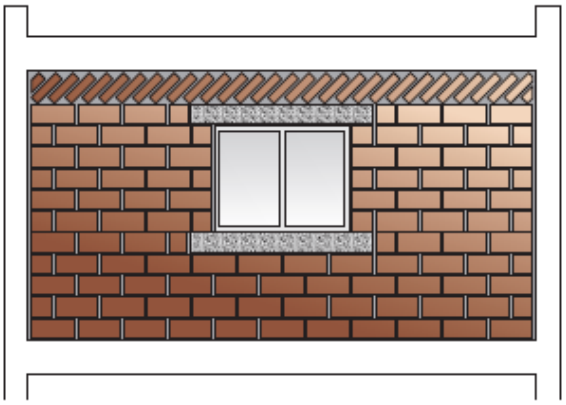


Figura 12 - Exemplo de encunhamento de parede.

Fonte: Código de Práticas de Construção Civil nº01, 2009.

3.5.2. EXECUÇÃO DO REVESTIMENTO EXTERNO

Após a finalização da elevação da alvenaria em todo o edifício, dá-se início a execução do revestimento externo que consiste basicamente no comprimindo de algumas etapas como: verificação das condições iniciais, montagem de balancins, preparo da base, locação e descida dos arames, mapeamento, reprojeto, taliscamento, aplicação da argamassa, execução do acabamento e detalhes construtivos. Os tópicos a seguis descrevem essas etapas de acordo com a Associação Brasileira de Cimento Portland, 2003.

3.5.2.1. VERIFICAÇÃO DAS CONDIÇÕES INICIAIS

As condições iniciais para a execução dos serviços de revestimento externo são as seguintes:

- Todas as alvenarias devem estar concluídas há pelo menos 30 dias e fixadas internamento há pelo menos 15 dias;
- A estrutura deve estar concluída há pelo menos 120 dias, à exceção dos 3 últimos pavimentos onde se admite 60 dias;
- Contramarcos e batentes (se for o caso) devem estar chumbados ou os referenciais de vão devem estar definidos;
- Quaisquer dutos que passem pelas alvenarias de fachada devem estar fixados;
- É recomendável que contrapisos e revestimentos verticais internos também estejam concluídos.

Além disso, é necessário que procedimentos ligados ao planejamento, gestão da qualidade e atendimento às normas de segurança sejam contemplados, como por exemplo:

- A fachada deve ser protegida por tela plástica;

- Todos os equipamentos individuais e coletivos de proteção devem estar instalados e disponíveis;
- O projeto de produção deve estar disponível;
- A estrutura, alvenaria e esquadrias devem estar formalmente liberadas por parte do controle de produção;
- A argamassa a ser utilizada deve estar definida e a central de produção de argamassa deve ser implantada, se for o caso. Neste caso, deve haver contratos de fornecimento de insumos e areia, o cimento e a cal precisam estar escolhidos;
- No caso de aquisição de argamassas industrializadas devem estar estabelecidas todas as condições contratuais para o bom atendimento da obra.

3.5.2.2. MONTAGEM DE BALANCINS

O fornecedor do balancim em conjunto com a construtora e o empreiteiro de mão-de-obra, deve elaborar um projeto para a montagem do balancim. Sua disposição pode interferir diretamente na produtividade. Assim, o posicionamento das vigas metálicas de sustentação e sua fixação devem estar definidas e marcadas em projeto.

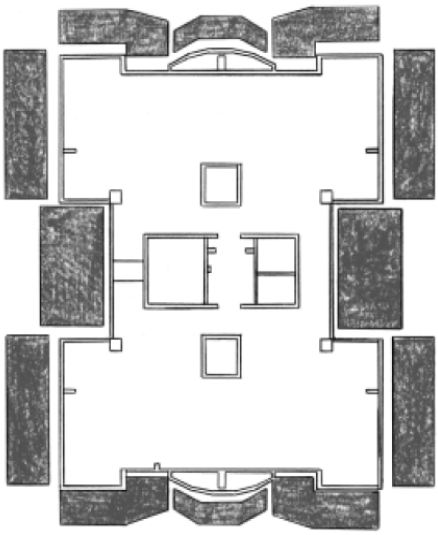


Figura 13 - Planta de balancim.

Fonte: Associação Brasileira de Cimento Portland, 2003.

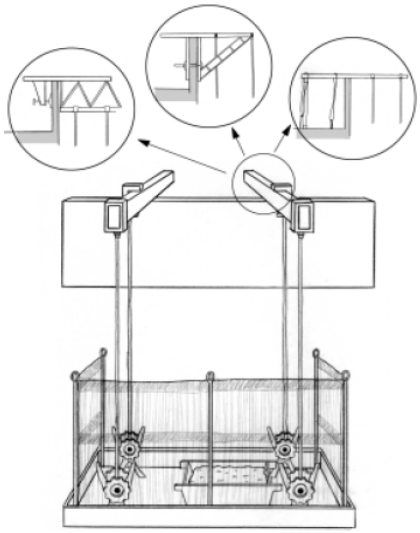


Figura 14 - Esquema de fixação do balancim.

Fonte: Associação Brasileira de Cimento Portland, 2003.

O balancim deve contar com cordas de bombeiro independentes onde o funcionário pode fixar o trava-quedas e a ele o seu cinto de segurança tipo paraquedas.

3.5.2.3. PREPARO DA BASE

O preparo da base envolve 4 atividades distintas, são elas:

1) Remoção de sujeira:

A limpeza tem como objetivo eliminar os elementos que venham a prejudicar a aderência da argamassa à base, tais como: pó, fuligem, graxas, óleos, desmoldantes, fundos, musgos e eflorescências. Podem ser adotados, em sequência, pelo grau de complexidade e custo, os seguintes procedimentos: escovação com vassoura de piaçava; escovação com escova de fios de aço; escovação seguida de lavagem com mangueira; lavagem com mangueira pressurizada (com ou sem o acréscimo de detergentes ou desengordurantes) e por fim jateamento de areia.

2) Remoção de irregularidades:

Devem ser removidas todas as irregularidades localizadas que sobressaiam mais de 10 mm (aproximadamente), tais como rebarbas de concretagem e excesso de argamassa nas juntas de assentamento da alvenaria. As incrustações não aderentes devem ser eliminadas. As irregularidades superficiais devem ser removidas com talhadeiras, ponteiros ou outras ferramentas manuais ou mecânicas (lixadeiras, por exemplo) de maneira que não danifiquem a integridade estrutural da base. As irregularidades metálicas (pregos, fios e barras de tirantes de fôrma) devem ser removidas.

3) Preenchimento de furos

Todos os furos provenientes de rasgos, depressões localizadas, quebra parcial para acerto da estrutura e falhas de concretagem (“bicheiras”, que não comprometa a função estrutural) devem ser preenchidos com argamassa. Falhas nos elementos de vedação com profundidade superior a 5 cm devem ser encasquilhadas. Os rasgos de tubulação que porventura aflorem na fachada (o que deve ser evitado) devem ser tratados com tela de aço galvanizada.

4) Chapiscamento

O chapisco pode ser realizado de diversas maneiras. O modo convencional consiste no lançamento vigoroso de uma argamassa fluida sobre a base, utilizando-se de uma colher de pedreiro. O modo desempenado é usualmente aplicado sobre a estrutura de concreto e é feito com uma argamassa industrializada para esse fim e usa-se para sua aplicação a desempenadeira denteada. O chapisco rolado pode ser aplicado tanto na estrutura como na alvenaria, usando-se rolo para textura acrílica.

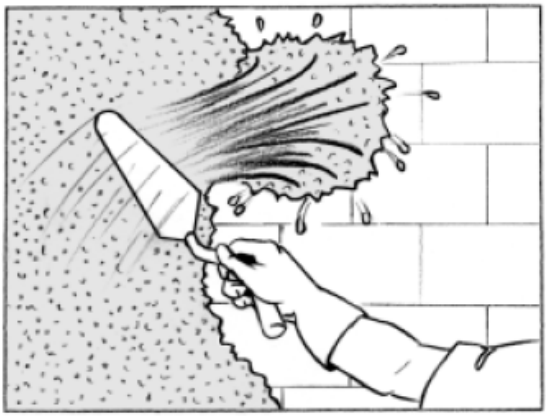


Figura 15 - Chapisco convencional.

Fonte: Associação Brasileira de Cimento Portland, 2003.

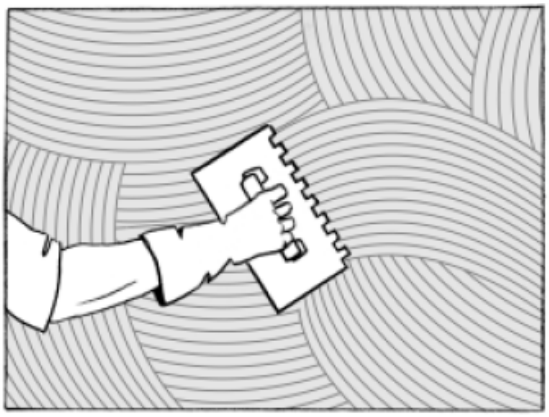


Figura 16 - Chapisco desempenado.

Fonte: Associação Brasileira de Cimento Portland, 2003

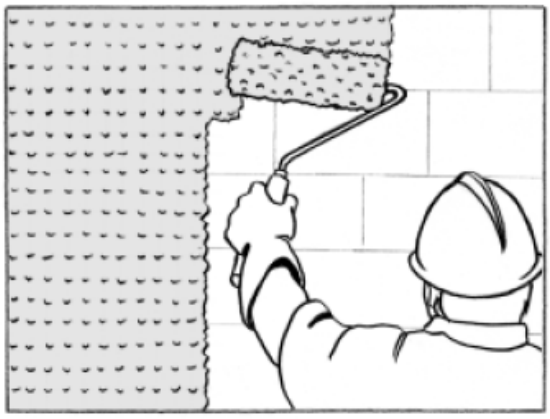


Figura 17 - Chapisco rolado.

Fonte: Associação Brasileira de Cimento Portland, 2003.

3.5.2.4. LOCAÇÃO E DESCIDA DOS ARAMES

Os eixos principais, definidos no projeto estrutural, devem ser transferidos para a cobertura e platibandas do edifício. Os arames de fachada devem estar perfeitamente alinhados e dispostos a uma distância de 1,5 m e 1,8 m entre eles, sendo posicionados da seguinte maneira:

- De cada lado das janelas;
- Nas quinas externas e cantos internos, deslocados de 10 a 15 cm de um eixo, um em cada face do diedro;
- Nos eixos das juntas estruturais ou de outros detalhes alinhados.

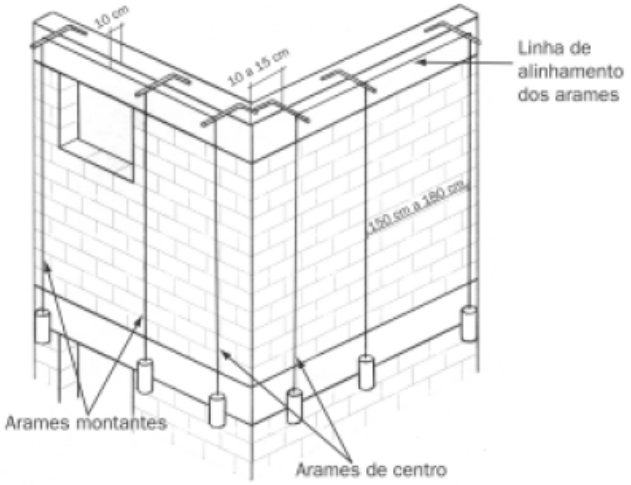


Figura 18 - Esquema de locação e descida dos arames.

Fonte: Associação Brasileira de Associação Brasileira de Cimento Portland, 2003.

3.5.2.5. MAPEAMENTO

O mapeamento envolve a medição das distâncias entre cada arame e a superfície da facha em pontos específicos:

- Vigas;
- Alvenaria, na meia distância do pé direito do andar;
- Pilares, na meia distância do pé direito do andar.

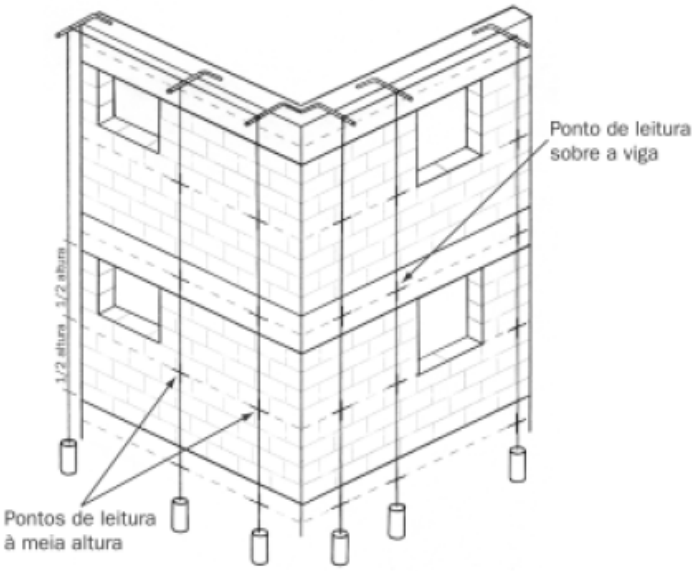


Figura 19 - Esquema dos pontos para mapeamento da fachada.

Fonte: ABCP, 2013

Para determinar o plano das taliscas, deve-se analisar o mapa, considerando o edifício como um todo, adotando a espessura mínima de 25 mm e utilizando critérios mínimos como apresentados na tabela abaixo:

Tabela 1 - Critérios mínimos de espessura para cada tipo de base.

Tipo de Base	Espessura Mínima do Revestimento
Estrutura de concreto em pontos localizados	10 mm
Vigas e pilares em regiões extensas	15 mm
Alvenaria em regiões externas (uma parede, por exemplo)	20 mm
Alvenaria em pontos localizados	15 mm

Fonte: ABCP, 2003.

3.5.2.6. REPROJETO

Observado o ponto de menor espessura, deve ser feito o reprojeto do revestimento que deverá conter as novas espessuras de revestimento e consequentemente os novos volumes de argamassa de projeto e eventual reprogramação de execução.

3.5.2.7. TALISCAMENTO

O taliscamento é feito usualmente com cacos cerâmicos ou de azulejos, fixando-os com a mesma argamassa que será utilizada no revestimento. As taliscas devem ser espaçadas de 1,5 m a 1,8 m em ambas as direções, considerando o comprimento da régua de alumínio e da altura do trecho sobre o balancim. As

taliscas devem ser fixadas em toda a fachada, para apoiarem e serviram de referência para a execução das mestras.

3.5.2.8. APLICAÇÃO DA ARGAMASSA

Os balancins devem ser abastecidos de maneira que o tempo útil de utilização da argamassa não ultrapasse 3 horas. O início do trabalho ocorre com a execução de mestras entre as taliscas, com faixas de argamassa de aproximadamente 15 cm de largura.

A aplicação da argamassa sobre a superfície deve ser feita pro projeção enérgica do material sobre a base, manual ou mecânica, não excedendo 3 cm de espessura. No caso de espessuras superiores a 3 cm, o revestimento deve ser executado em etapas. Para espessuras entre 3 cm e 5 cm, a argamassa deve ser aplicada em duas camadas; para espessuras entre 5 cm e 8 cm, a argamassa deve ser aplicada em três camadas, encasquilhando-se as duas primeiras. Neste caso, deve-se prever ainda, o uso de tela metálica para estruturar o revestimento. Deve-se aguardar um intervalo de pelo menos 16 horas entre as camadas (ou conforme especificação do fabricante, no caso de argamassa industrializada), executando-se a mestra imediatamente antes da última cheia.

3.5.2.9. EXECUÇÃO DO ACABAMENTO

O acabamento da fachada convencional se dá através do sarrafeamento e desempenamento, como descrevem os itens abaixo.

3.5.2.9.1. SARRAFEAMENTO

O sarrafeamento é a atividade que irá definir o plano de revestimento, a partir das taliscas e mestras previamente executadas. Consiste assim, no aplainamento

revestimento, utilizando-se uma régua de alumínio apoiada em referenciais de espessura, descrevendo um movimento de vaivém de baixo para cima. Esse procedimento deve ser realizado quando a argamassa apresenta uma consistência mais firme, como ilustra a figura.

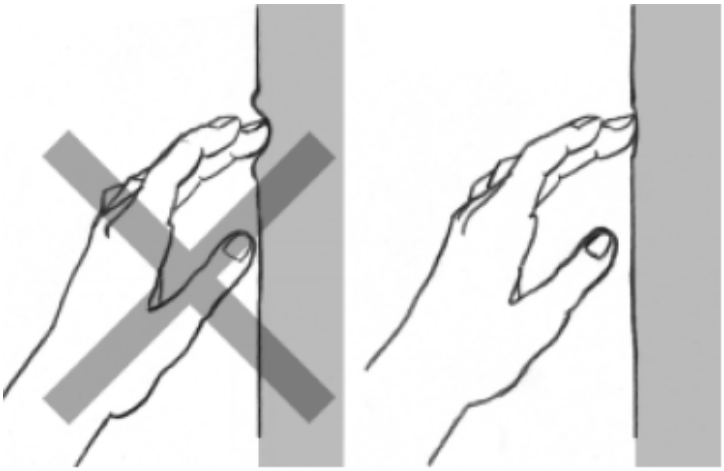


Figura 20 - Ponto adequado para iniciar o sarrafeamento da argamassa.

Fonte: ABCP, 2003

3.5.2.9.2. DESEMPENAMENTO

Acabamento obtido através da movimentação circular de uma ferramenta de madeira, denominada desempenadeira, sobre a superfície do revestimento, imprimindo-se certa pressão. Essa operação pode exigir uma aspersão de água sobre a superfície. O desempenamento é a atividade seguinte do sarrafeamento, porém não deve ocorrer imediatamente após sua conclusão, pois pode haver o aparecimento de fissuras de retração no revestimento, em função da argamassa ainda se encontrar muito úmida.

3.6. PRODUTIVIDADE E QUALIDADE

Atualmente as principais utilizações da alvenaria são para divisões internas, fachadas e muros e o principal material usado para fabricação dos blocos usados

são cerâmica e concreto. Os trabalhos de alvenaria, com os respectivos revestimentos, correspondem a cerca de 15% do valor total de uma obra de construção.

Com um treinamento adequado, um profissional pode chegar a produzir 50m2/dia, sem contar que, após o término da parede, a mesma está pronta para ser revestida, não havendo mais a necessidade de rasgá-la para passagem de eletrodutos.

A elaboração do projeto de alvenaria de vedação é fundamental para a racionalização. O objetivo principal é promover a organização da execução pela prévia tomada de decisões, evitando que elas sejam tomadas no canteiro e gere possíveis perdas de materiais. (http://www.pauluzzi.com.br/vedacao.php - acessado em 20/10)

Para um plano de controle de qualidade ser eficiente é necessário que haja:

- Procedimentos para a execução;
- Os responsáveis pelo controle e circulação das informações;
- Os responsáveis pelo tratamento e resolução das não conformidades;
- A forma de registro e arquivamento das informações

Itens a serem inspecionados:

- Locação da primeira fiada de blocos;
- Prumo de escantilhões;
- Preenchimento correto das juntas dos blocos, conforme projeto;
- Locação de todos os pontos hidráulicos e elétricos nas paredes de alvenaria;
- Prumo e esquadro das paredes;

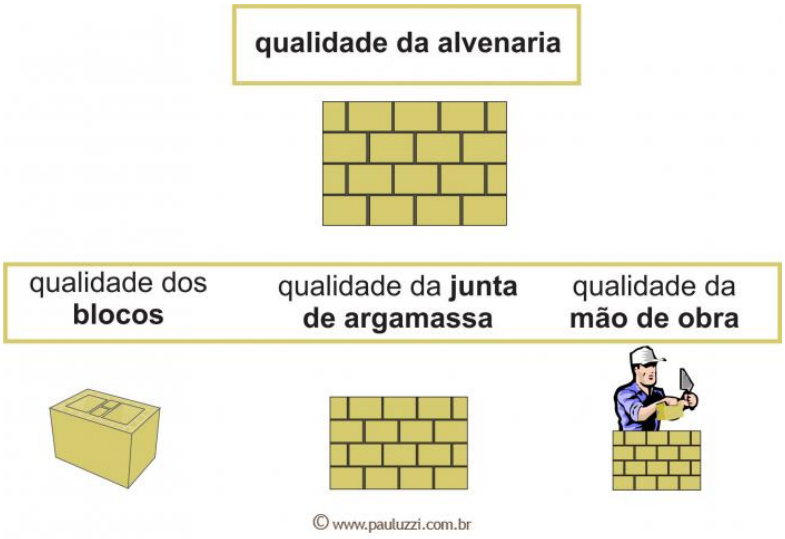


Figura 21 - Demonstração de controle da qualidade.

Fonte: (http://www.pauluzzi.com.br/vedacao.php - acessado em 20/10)

3.7. VANTAGENS E DESVANTAGENS

Como todo o sistema dentro da construção civil, o sistema convencional também contém vantagens e desvantagens que podem ser citadas como principais para a escolha ou não do sistema no empreendimento.

Como vantagens do sistema, temos:

- Desempenho funcional da parede de alvenaria como vedação;
- Bom isolamento térmico;
- Boa estanqueidade à água;
- Resistência ao fogo;
- Excelente resistência mecânica;
- Alta durabilidade;
- Facilidade de composição de elementos de qualquer forma e dimensão;
- Sem limitações de uso em relação às condições ambientais;
- Disponibilidade de matérias primas, em qualquer região de terra;
- Facilidade de produção;

- Maior aceitação pelo usuário;
- Não polui o meio ambiente quando descartado. Se necessário é 100% reaproveitado.

Como desvantagens podem ser citadas:

- Grande desperdício de material;
- Mão de obra pouco qualificada que executa os serviços com facilidade, mas nem sempre com a qualidade desejada;
- Retrabalho na maioria dos casos, devido às secções feitas nas paredes para passagem de instalações e embutimento de caixa, necessitando assim, remendos com a utilização da argamassa para o preenchimento dos vazios;
- Necessidade de revestimentos adicionais para ter textura lisa;
- Problemas de ligação da estrutura com a alvenaria.

4. SISTEMA DE FACHADA KNAUF AQUAPANEL®

Segundo a KNAUF (2015), o sistema Aquapanel® foi desenvolvido para a construção e recuperação de fachadas e reúne todos os elementos necessários para a montagem das paredes externas de vedação: chapas cimentícias, perfis metálicos e acessórios, além de chapas de drywall e suas respectivas massas, fitas e parafusos. Utilizando o princípio da construção a seco, o sistema oferece vantagens como leveza, rapidez de execução, versatilidade, flexibilidade e seu desempenho varia de acordo com a opção de fachada escolhida, de modo a se adequar aos requisitos do cliente.

4.1. DESCRIÇÃO

O sistema de Fachada KNAUF Aquapanel® é um sistema que é utilizado para fazer o fechamento externo, quando não utilizadas como função estrutural, conhecido como sistemas de vedação vertical externa (SVVE). Esse sistema é composto basicamente por uma estrutura metálica, composta por guias e montantes, suportando as chapas cimentícias para o fechamento exterior e chapas de drywall para o fechamento interior. Entre as a placa cimentícia e a estrutura, usa-se uma membrana que funciona como barreira para a água, chamada de manta Tyvek. No interior do sistema é utilizada uma lã mineral para isolamento acústico. Para o tratamento das juntas são utilizadas massa à base de cimento e tela de fibra de vidro. Para o acabamento é utilizada uma massa chamada Basecoat, onde após a sua finalização, a parede está pronta para receber qualquer tipo de acabamento ou revestimento.

As chapas de cimento e fibras também conhecidas como chapas cimentícias apresentam características que podem ser associadas tanto para acabamento de fachadas como com o sistema steel framing. Um aspecto particular do Steel Framing que o diferencia de outros sistemas construtivos tradicionais é sua composição por elementos ou subsistemas (estruturais, de isolamento, de acabamentos exteriores, de instalações, etc.) funcionando em conjunto (RODRIGUES, 2006).

As possíveis formações do sistema são ilustradas nas Figuras 22 a 25, a seguir.

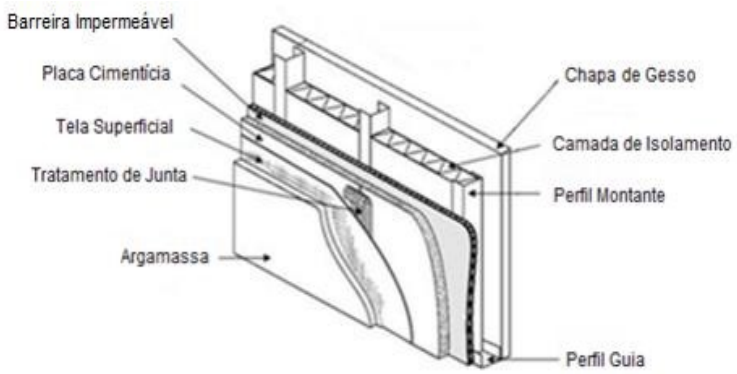


Figura 22 - Estrutura básica do SVVE – fechamento interno com uma chapa de gesso.

Fonte: Diretrizes SINAT – nº 009 – 2012.

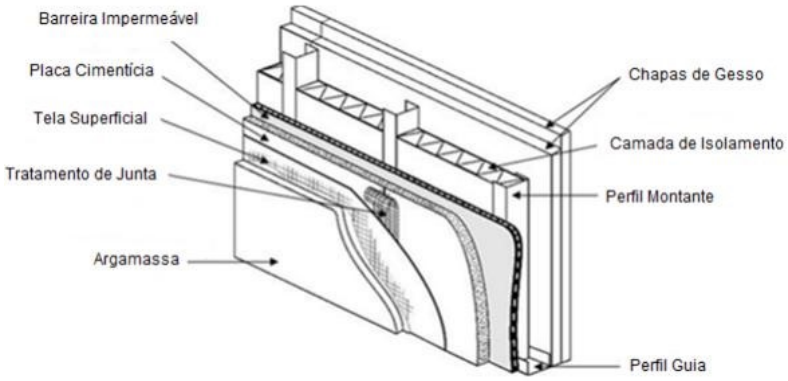


Figura 23 - Estrutura básica do SVVE – fechamento com duas chapas de gesso.

Fonte: Diretrizes SINAT – nº 009 – 2012

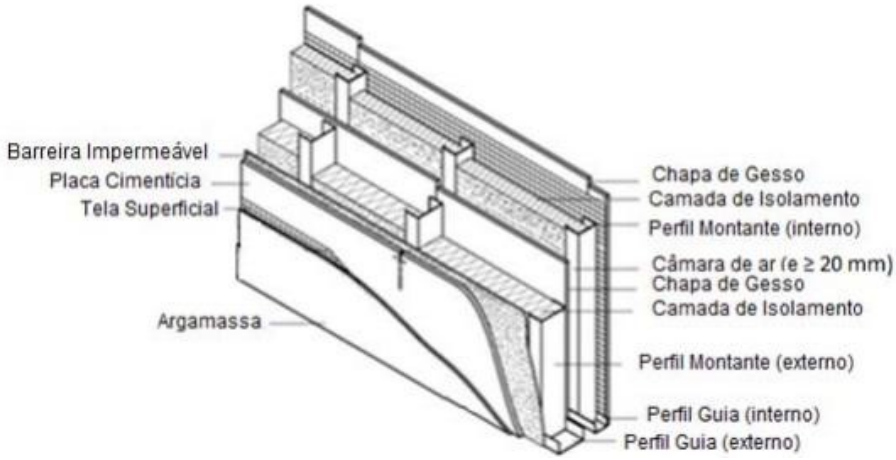


Figura 24 - Estrutura básica do SVVE - dupla camada de perfis metálicos e chapa de gesso entre essas camadas.

Fonte: Diretrizes SINAT– nº 009 – 2012.

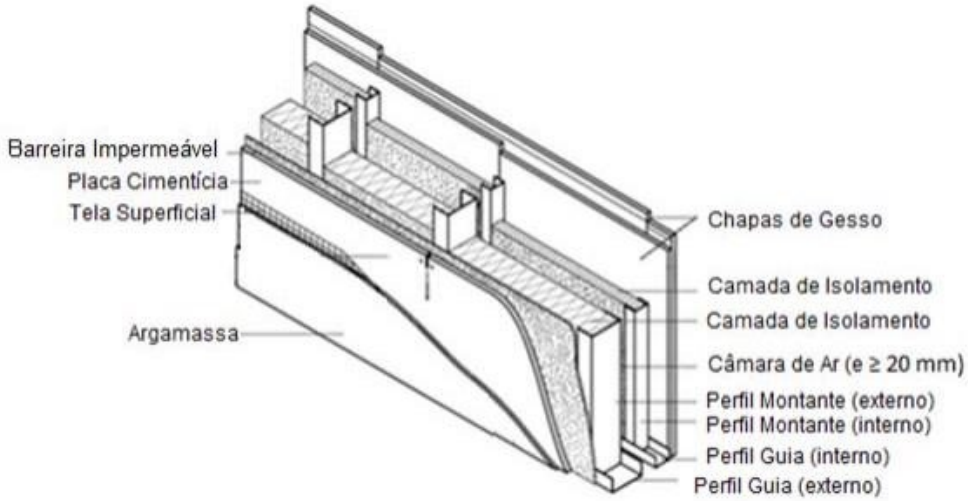


Figura 25 - Estrutura básica do SVVE - com dupla camada de perfis metálicos sem chapa de gesso entre essas camadas.

Fonte: Diretrizes SINAT – nº 009 – 2012.

No quadro abaixo temos um resumo por camadas os componentes do sistema de fachada KNAUF Aquapanel®.

Quadro 4 - Composição básica do SVVE, sem função estrutural, em perfis leves de aço, multicamadas, com fechamento em chapas delgadas.

Camada	Descrição	Componentes
1ª camada	Face exterior	Placa cimentícia Elementos de fixação Tratamento de juntas da face externa Tela e argamassa
2ª camada	Camada impermeável	Barreira impermeável Elemento de fixação da lâmina ou membrana
3ª camada	Estrutura metálica	Perfis montantes e perfis guias (camada simples ou dupla, com ou sem chapa de gesso entre as camadas)
4ª camada	Isolamento	Produtos para isolamento térmico ou acústico
5ª camada	Face interna	Chapas de gesso para *drywall* (camada simples ou dupla) Elementos de fixação Tratamento de juntas da face interna

Fonte: Diretrizes SINAT - Diretrizes para avaliação técnica de produtos – nº 009 – 2012.

4.1.1. CONDIÇÕES E LIMITAÇÕES DE USO

O sistema KNAUF Aquapanel® não se aplica à execução de guarda-corpos.

De acordo com o documento de Avaliação Técnica da KNAUF, alterações no sistema, como abertura de vão e corte para instalações hidráulicas e elétricas deve se basear em projeto e cálculo estrutural esquecífico a ser feito por empresa especializada com emissão de ART do responsável.

Os cuidados na utilização do sistema devem contar do Manual de Operações, Uso e Manutenção (Manual do Proprietário), que deve se basear nas informações técnicas fornecidas de KNAUF.

Pode-se destacar ainda o seguinte:

- O SVVE não tem função estrutural, ou seja, não contribui com o sistema estrutural do edifício, mas sua estrutura deve ser projetada para resistir aos esforços gerados pelo vento e também às cargas de uso do edifício, como cargas suspensas internas (armários, etc.) e externas (letreiros), além de suportar o próprio sistema;

- O projeto também deve levar em conta a capacidade do sistema no que diz respeito aos vãos máximos a serem vencidos e a possibilidade de desvios de prumo, de linearidade e de nivelamento na estrutura do edifício. Nesses casos, podem ser necessárias estruturas auxiliares de apoio;
- As estruturas de suporte – vigas, lajes e pilares – devem ter a resistência e estabilidade adequados para suportar os esforços transmitidos pelo Sistema de Fachada KNAUF AQUAPANEL®. As ancoragens do SVVE ao suporte devem ser escolhidas em função da estrutura ao qual o sistema será fixado e dos esforços aos quais será submetido;
- As interfaces do sistema com sistemas elétricos, hidráulicos, de ar condicionado devem estar previstas no projeto. Tendo em vista que o SVVE pode servir como câmara para o acumulo de gases, não se permite a passagem de tubulação de gás pelo SVVE.

4.2. COMPONENTES DO SISTEMA

Todos os componentes são produzidos pela KNAUF de acordo com as normas técnicas e sob rígido controle de qualidade, e foram projetados para serem compatíveis entre si. Nos itens a seguir, são descritos todos os componentes que constituem esse sistema.

4.2.1. CHAPA CIMENTÍCIA AQUAPANEL®

CICHINELL (2007, p 54) declara que as chapas cimentícias, surgiram na década de 1970, mas foi a partir do desenvolvimento do mercado de construção a seco que começaram a ser mais usadas no país.

Segunda a KNAUF (2015), as chapas KNAUF Aquapanel ® são compostas por cimento Portland e agregados leves e possuem uma tela de reforço embutida que lhes confere maior resistência, e bordas arredondadas que facilitam o tratamento das juntas. As placas são disponíveis nas dimensões 1200x2400mm, as chapas têm 12,5mm de espessura, pesam 16 kg/m² e podem atingir um raio de curvatura de até 1m.

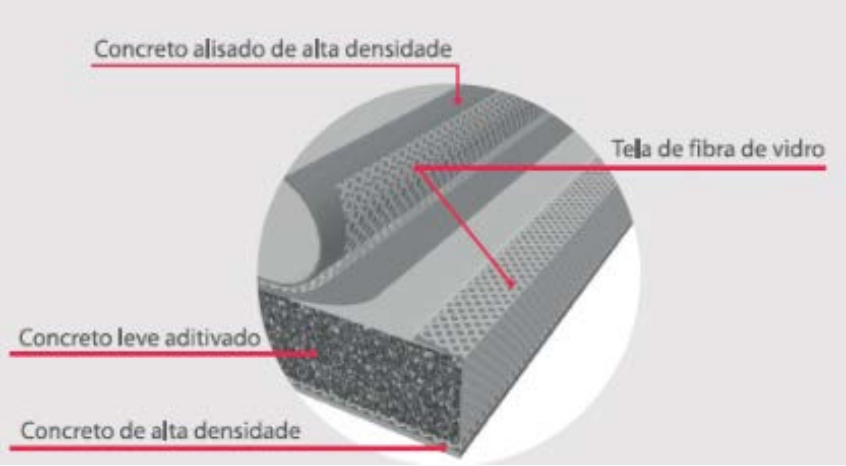


Figura 26 - Esquematização da chapa cimentícia.

Fonte: Disponível em: http://www.bricka.com.br/ Acessado em: 23 set. 2015

4.2.2. GUIA E MONTANTE

Guia é o perfil utilizado como base e topo de paredes para travamento lateral nas vigas e montantes, e também pode ser utilizado horizontalmente no limite inferior das aberturas (janelas e outras). O Montante é o perfil utilizado verticalmente na composição da parede, sendo dimensionadas à flexo-compressão e à flexo-tração, levando em consideração a ação do vento e suas direções.

Os guias e montantes são chapas de aço galvanizado (LSF) com revestimento zincado Z275. As larguras dos perfis variam entre 70 e 200 mm e a espessura do aço deve ser de 0,65mm, 0,80mm ou 0,95mm. O espaçamento entre montantes poderá ser de 400 ou 600 mm (KNAUF, 2015).

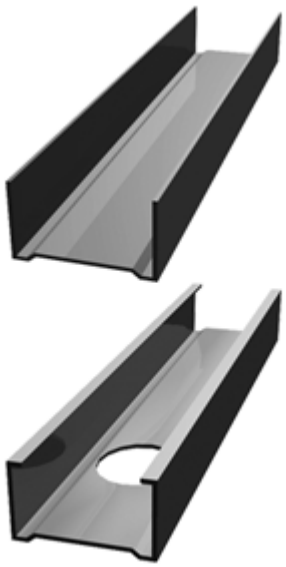


Figura 27 - Guia e Montante.

Fonte: http://inkgessoacartonado.com.br Acesso em: 23/09/2015.

Abaixo temos um quadro que caracteriza os perfis metálicos e indica suas respectivas normas brasileiras fim de especificar a utilização em vedações externas.

Quadro 5 - Caracterização dos perfis metálicos utilizados nos SVVE.

Requisito	Indicador de conformidade	Norma
Resistência mínima de escoamento	230 Mpa	NBR 6673
Proteção contra corrosão – massa do revestimento por unidade de área	Mínimo de 275 g/m^2 (Z275)	NBR 7008
Proteção contra corrosão – aderência do revestimento	Após o ensaio, não pode haver destacamento da camada de zinco	NBR 7398
Proteção contra corrosão – uniformidade do revestimento	Após 4 imersões em solução de sulfato de cobre não deve aparecer depósito de cobre	NBR 7400
Resistência à corrosão	360 horas de salt spray sem corrosão vermelha	NBR 8094
Espessura mínima	≥ 0,80 mm	

Fonte: Diretrizes SINAT - nº 009 – 2012.

4.2.3. BARREIRA IMPERMEÁVEL

Barreira impermeável ou Tyvek ® é uma espécie de tecido composto por finas fibras, que entrelaçadas, formam uma espessa e resistente estrutura. São colocadas diretamente por trás das chapas cimentícias para impedir a entrada de água e ao mesmo tempo permitir a saída de ar, evitando a condensação no interior da parede. O requisito que devem constar no projeto do DATEC especifica, são a gramatura, passagem de vapor e absorção de água (DIRETRIZES SINAT, 2012).

Figura 28 - Barreira impermeável colocada diretamente atrás da chapa cimentícia.

Fonte: Relatório Técnico de Avaliação – Knauf.

4.2.4. ABSORVENTES ACÚSTICOS

Absorção acústica significa retirar energia sonora do ambiente. Qualquer elemento que faça com que as ondas sonoras percam forca ou saiam do ambiente, é um absorvente acústico. Os mais comuns são elementos específicos feitos de espuma, algum outro polímero ou composto mineral (TREVISAM, 2004).

Figura 29 - Absorvente Acústico, exemplo Lã de Vidro.

Fonte: http://www.blog.artesana.com.br Acesso em: 23/09/2015

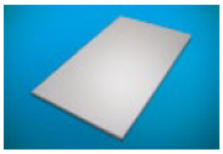
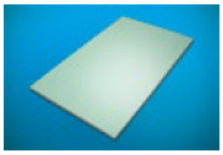
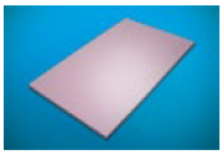
4.2.5. CHAPAS DE DRYWALL

Na década de 1970 houve um crescimento contínuo no setor da construção civil, principalmente nos setores de edificações, com o objetivo de implantar novas tecnologias e processos racionalizados de construção e sistemas com emprego de componentes pré-fabricados. Nessa década teve a primeira fábrica no Brasil para produção de gesso acartonado, atualmente conhecidas como chapas de gesse para sistemas drywall.

São chapas fabricadas industrialmente mediante um processo de laminação continua de uma mistura de gesso, água, e aditivos entre duas lâminas de cartão, em que uma é virada sobre as bordas longitudinais e colada sobre a outra (Catalogo, KNAUF http://www.knauf.com.br/ Acesso em: 24/09/2015).

No quadro abaixo são ilustradas e caraterizadas os tipos de chapas de gesso para drywall.

Quadro 6 - Tipos de placas de gesso para drywall e suas características.

Chapas Knauf ST, RU e RF	Denominação	Características	Espessura (mm)	Largura (mm)	Comprimento (mm)
	Chapa Standard - ST	Aplicação em áreas secas	9,50 12,50 15,00	600 / 1.200	1.800 a 3.600
	Chapa Resistente à Umidade - RU	Também conhecidas como "chapas verdes", contêm elementos hidrofugantes e são indicadas para uso em áreas úmidas como banheiros, cozinhas e áreas de serviço	12,50	1.200	1.800 a 3.600
	Chapa Resistente ao Fogo - RF	Também conhecidas como "chapas rosa", contêm retardantes de chama em sua fórmula, sendo indicadas para uso em áreas especiais (saídas de emergência, escadas enclausuradas, etc.)	12,50 15,00	1.200	1.800 a 3.600

Fonte: Catálogo Knauf. Disponível em: http://www.knauf.com.br/ Acesso em: 23/09/2015.

4.2.6. ARGAMASSAS, ACESSÓRIOS E COMPONENTES DE ACABAMENTO

De acordo com a KNAUF (2015), serão citados abaixo os acessórios do sistema AQUAPANEL ®.

- Parafusos AQUAPANEL® – Utilizados para a fixação das chapas na estrutura, e possuem camada de proteção especial que lhes confere garantida resistência à corrosão por 720h em teste salt spray. Adequam-se a diferentes espessuras de aço ou madeira. A figura a seguir ilustra os parafusos do sistema.

Figura 30 - Parafusos AQUAPANEL® SB 25 e SB 39.

Fonte: Folder Aquapanel Knauf, 2015.

- Massa para tratamento de juntas AQUAPANEL® – Massa à base de cimento para preenchimento das juntas entre as chapas.

- Fita para tratamento de juntas AQUAPANEL® – Tela de fibra de vidro com tratamento anti-alkali e 33 cm de largura que ficará embutida na massa para tratamento de juntas.

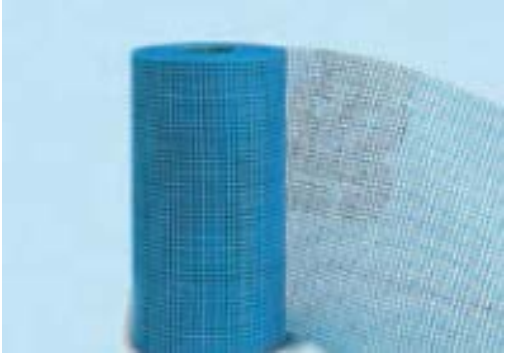


Figura 31 - Fita para tratamento das juntas AQUAPANEL®.

Fonte: Folder Aquapanel Knauf, 2015.

- AQUAPANEL® Basecoat – Massa para acabamento à base de cimento reforçado com resina sintética que deverá ser aplicada de modo a obter uma camada de aproximadamente 5 mm antes da colocação da malha de reforço e de 2mm após esta colocação. Pode ser aplicada manualmente ou com uma máquina de projeção de argamassa.

- Malha de reforço AQUAPANEL® – Ampla malha de fibra de vidro com gramatura 160g/m², resistente à alcalinidade e com largura igual a 1m.

Projetada para distribuir tensões na superfície e assim combater possíveis fissuras, a malha deverá ficar embutida na massa Basecoat.

Figura 32 - Malha de reforço AQUAPANEL®.

Fonte: Folder Aquapanel Knauf, 2015.

- Peças em PVC – São juntas de dilatação, estruturas de reforço de cantos e peças cuja função é auxiliar no gerenciamento de água e proteção da fachada.

Figura 33 - Peças em PVC fornecidas pela Knauf.

Fonte: Folder Aquapanel Knauf, 2015.

Após a finalização com a última camada da massa Basecoat, a superfície pode permanecer por até 6 meses sem revestimento se necessário for. Não há restrições para o tipo de acabamento a ser aplicado - pintura, textura, cerâmica, pedras – o sistema suporta até 40 kg/m². (KNAUF, Disponível em: http://knauf.com.br/ Acesso em: 24/09/2015)

4.3. EQUIPAMENTOS E FERRAMENTAS

Para o sistema ser executado com um rígido controle de qualidade, é preciso mão de obra qualificada e as principais ferramentas utilizadas para a execução de fachada em placa cimenticia estão descritos na figura abaixo.

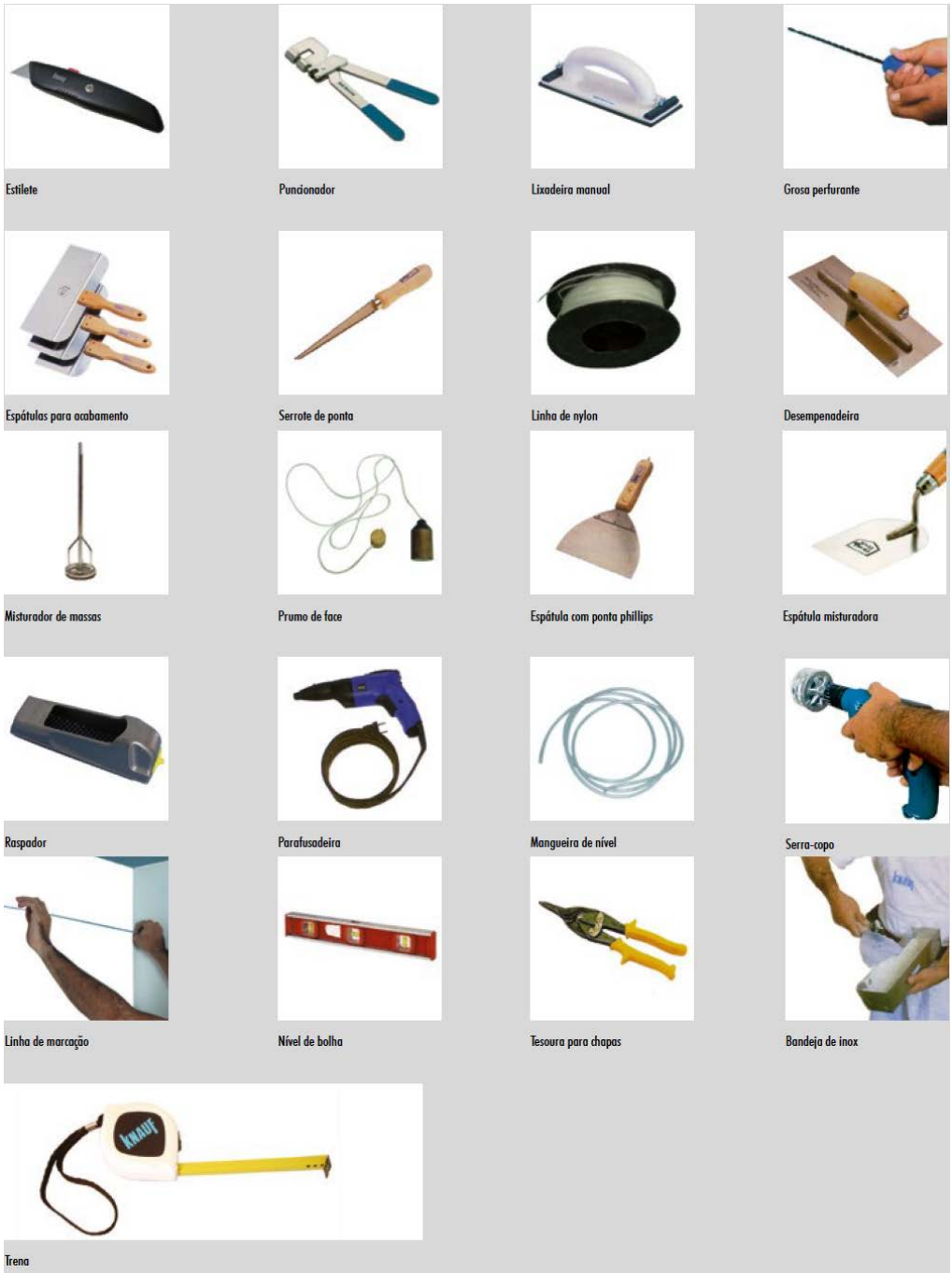


Figura 34 - Peças em PVC fornecidas pela Knauf.

Fonte: KNAUF, http://knauf.com.br/ Acesso em: 25/09/2015.

4.4. MANUSEIO, TRANSPORTE E ARMAZENAMENTO

Todos os componentes dos sistemas devem ser estocados em local seco e abrigado. No recebimento do produto deve-se verificar a sua integridade antes de iniciar a descarga, devendo ser transportados em paletes com cantoneiras de proteção nos pontos em contato com cordas e fitas de amarração. As chapas podem ser transportadas manualmente ou por empilhadeiras, mas no caso de transporte manual, as chapas devem ser levadas na posição vertical.

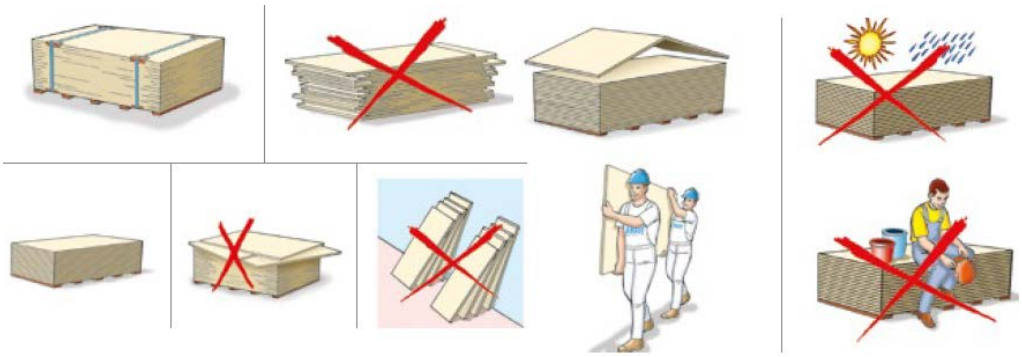


Figura 35 – Manuseio, movimentação e proteção das placas.

Fonte: KNAUF, http://www.knauf.com.br/ Acesso em: 25/09/2015.

4.5. ETAPAS EXECUTIVAS

O sistema consiste em uma estrutura metálica, composta por guias e montantes, na qual serão aparafusadas chapas cimentícias (na face da parede voltada para o exterior) e drywall (na face voltada para o interior). Entre a camada de chapas cimentícias e a estrutura, deverá ser colocada uma barreira impermeável. É também essencial a colocação de um revestimento no interior da parede atendendo aos requisitos de isolamento termoacústico vigente. (KNAUF - www.knauf.com.br - Acesso em: 29/10/2015)

A instalação procede com o tratamento das juntas (massa e fita), aplicação de massa superficial e colocação de malha de reforço. A parede finalizada está pronta para receber qualquer tipo de revestimento ou acabamento (KNAUF - www.knauf.com.br - Acesso em: 29/10/2015)

As etapas executivas dos itens que se seguem foram baseadas nas recomendações KNAUF e em técnicas já utilizadas por construtoras que adotam esse sistema.

4.5.1. MAPEAMENTO DA ESTRUTURA

O mapeamento se dá através da descida de arames no perímetro das lajes seguida de medição das distâncias da borda até os arames. O resultado desta etapa é uma planilha com os dados compilados onde se podem identificar os pontos críticos da estrutura (variações no prumo e alinhamento).

Após o mapeamento é aconselhável executar o sóculo do pavimento térreo, este elemento trata-se de uma estrutura de concreto com a função de garantir a estanqueidade no “pé da torre”.

As guias com a banda acústica devem ser fixadas em cima do sóculo, onde o mesmo é composto por um rodapé moldado in loco. Sua geometria foi pensada justamente para que a placa cimentícia cubra a junta entre o sóculo e guia, garantindo assim a estanqueidade do conjunto.

4.5.2. ESTRUTURAÇÃO

Antes da fixação das guias é de suma importância a aplicação da banda acústica, que é um elemento de vedação acústica do sistema, na face entre a guia e a estrutura de concreto. Procede-se com a fixação das guias na laje, inferior e superior, e em alguns casos, em pilares. Esta fixação é feita com pistolas “finca-pinos” ou buchas e parafusos.

Destaca-se que as guias podem ser instaladas em “balanço” desde que o mesmo seja de no máximo 1/3 de sua largura, proporcionando uma flexibilidade em relação à adaptação com a estrutura de concreto armado, caso haja alguma variação das bordas ou desaprumos. Essa possibilidade de correção em imperfeições da estrutura é um grande diferencial do processo, garantindo um produto final de melhor qualidade.

Os montantes devem respeitar a modulação de projeto e os detalhes de montagem em relação à estruturação de vãos, reforços estruturais (montante duplo),

especificações de parafusos e seus respectivos pontos de fixação, não ultrapassando assim o espaçamento máximo entre os montantes que é de 600mm.

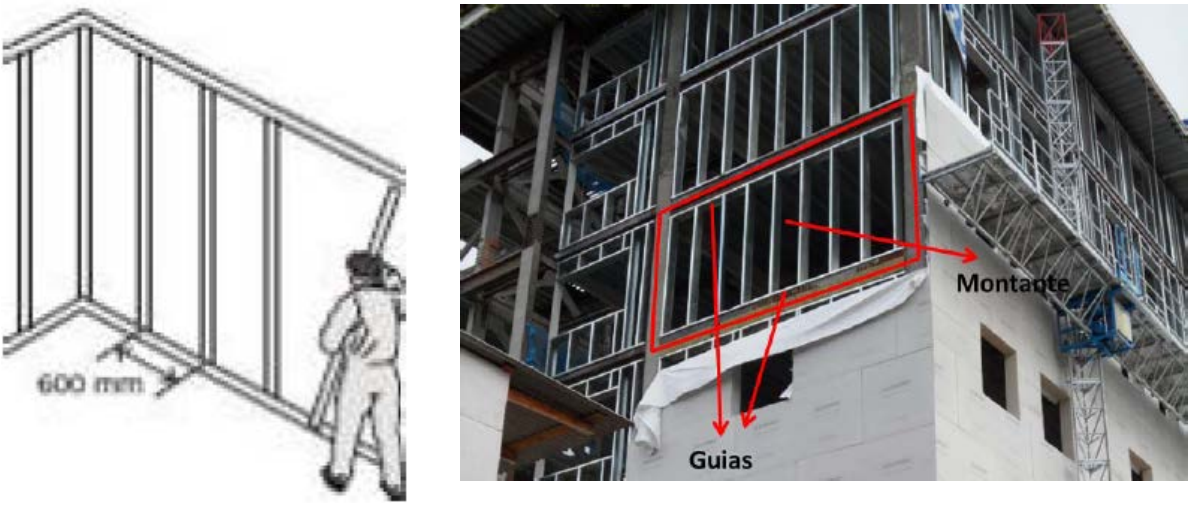


Figura 36 - Estrutura do sistema - Posicionamento das guias e montantes.

Fonte: Relatório Técnico de Avaliação – Knauf Aquapanel.

4.5.3. PLAQUEAMENTO EXTERNO

a) Membrana impermeável

A membrana impermeável ou Tyvek deve ser fixada após o posicionamento dos perfis metálicos e no lado externo onde serão fixadas as placas cimetícias Aquapanel. As junções entre os tecidos devem ser executas com uma sobreposição de 10 cm e a fixação deve ser feita através de fitas adesivas. Sua instalação antecede o plaqueamento externo.

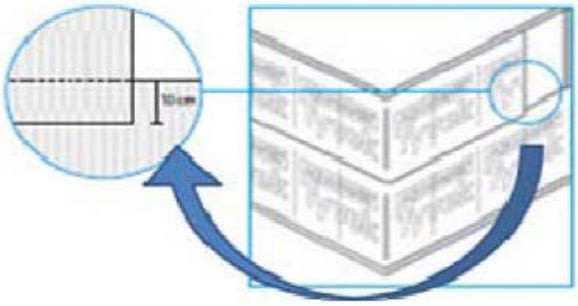


Figura 37 - Detalhamento da junção entre os tecidos - sobreposição de 10 cm.
Fonte: Relatório de Avaliação Técnica – Knauf Aquapanel.

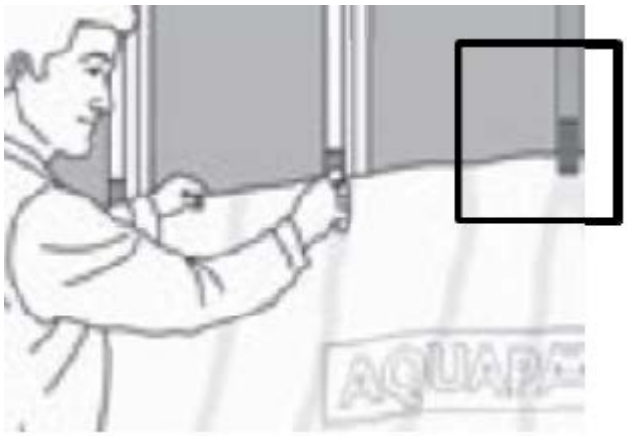


Figura 38 - Fixação da membrana.
Fonte: Relatório de Avaliação Técnica – Knauf Aquapanel.

Figura 39 - Membrana Tyvek fixada.

Fonte: Relatório de Avaliação Técnica – Knauf Aquapanel.

b) Placa Cimentícia

O plaqueamento externo é feito pela montagem de placa cimentícias por meio da fixação de parafusos, modelos SB 25 ou SB 39. As placas devem ser fixadas com sua maior dimensão no sentido horizontal e os parafusos devem ser fixados a 15 mm das extremidades e 25 cm entre eles (Figura 40). Quando existirem vãos de janelas ou portas as placas devem ser instaladas em desencontro com o alinhamento dos vãos (Figura 41). As juntas entre as placas cimentícias devem ter de 3 a 5 mm (Figura 42). Para tanto, deve-se fazer uso de espaçadores compatíveis.

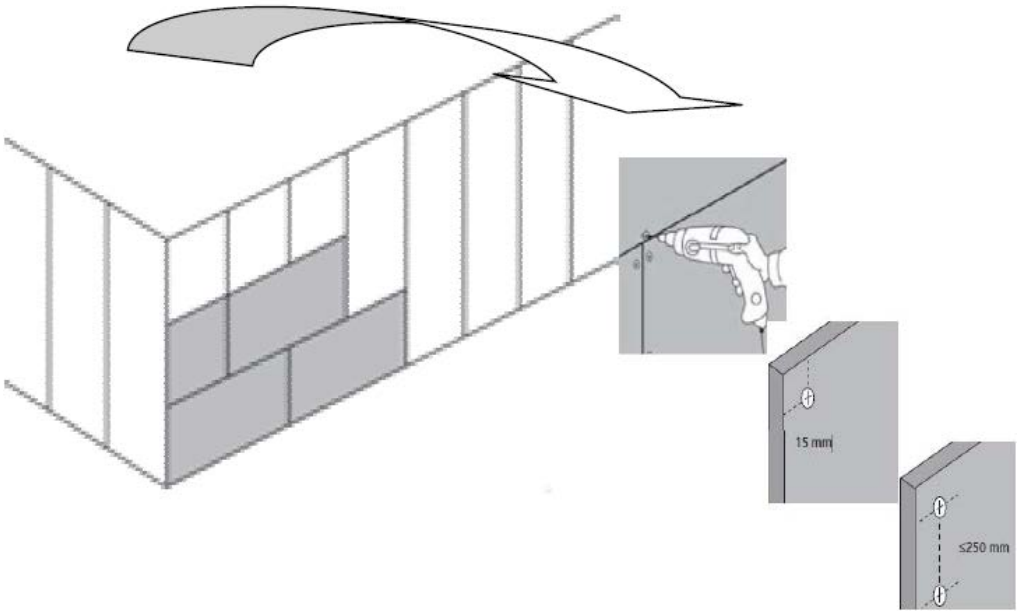


Figura 40 - Esquema do posicionamento das placas e distanciamento dos parafusos.

Fonte: Relatório de Avaliação Técnica – Knauf Aquapanel.

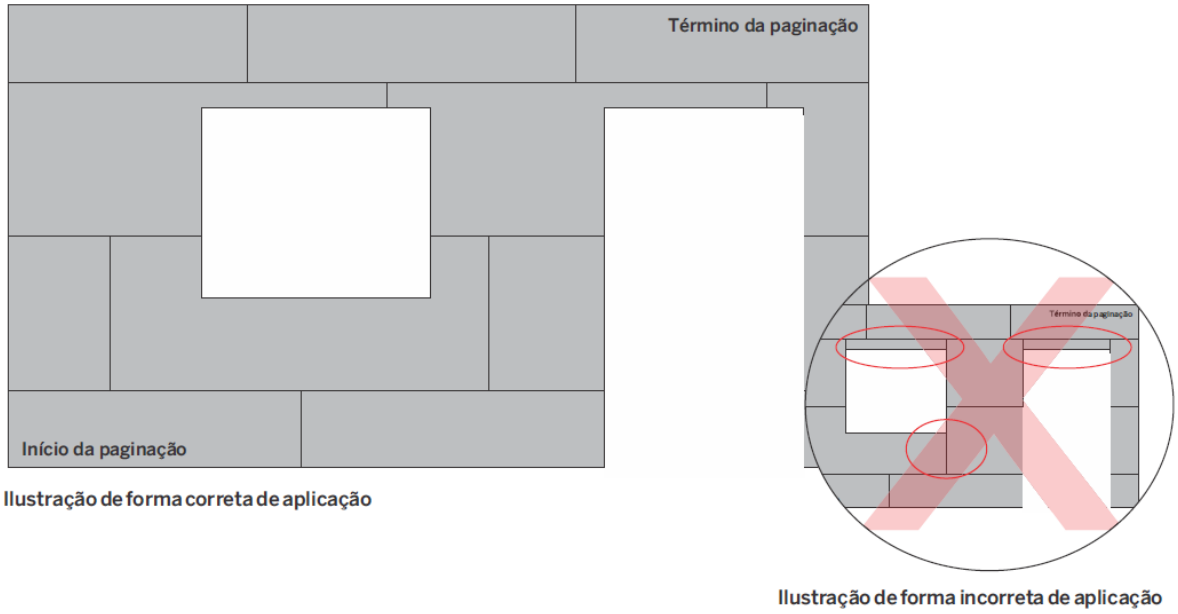


Figura 41 - Forma correta do posicionamento das placas quando há existência de vãos.

Fonte: Relatório de Avaliação Técnica – Knauf Aquapanel.

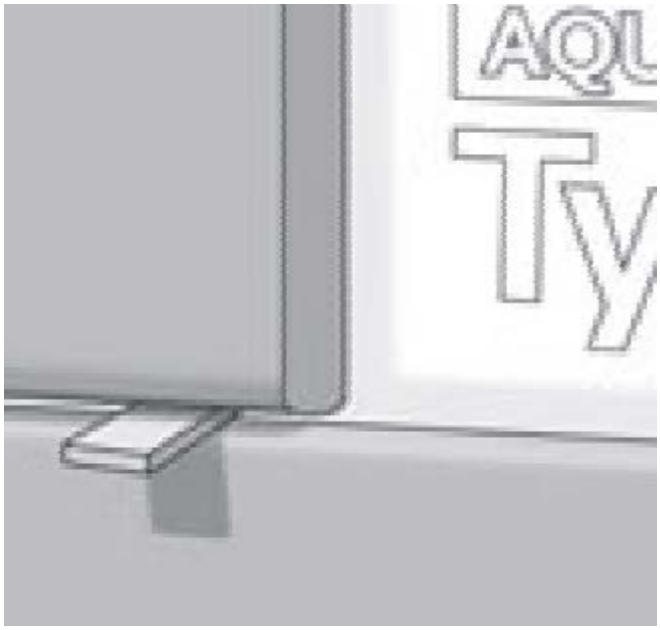


Figura 42 - O espaçamento entre as placas com auxílio de espaçadores.

Fonte: Relatório de Avaliação Técnica – Knauf Aquapanel.

4.5.4. TRATAMENTO DE JUNTAS E EXECUÇÃO DE ACABAMENTO

Imediatamente após a montagem das placas é executado o tratamento de juntas, aplicando a argamassa específica para o tratamento em toda a extensão das juntas, seguida da colocação da tela para tratamento de juntas AQUAPANEL de 33 cm. Após a aplicação da fita deve-se cobrir a mesma com uma fina camada da argamassa usada nas juntas. Deve-se também cobrir os parafusos com a mesma massa (Figura 43).

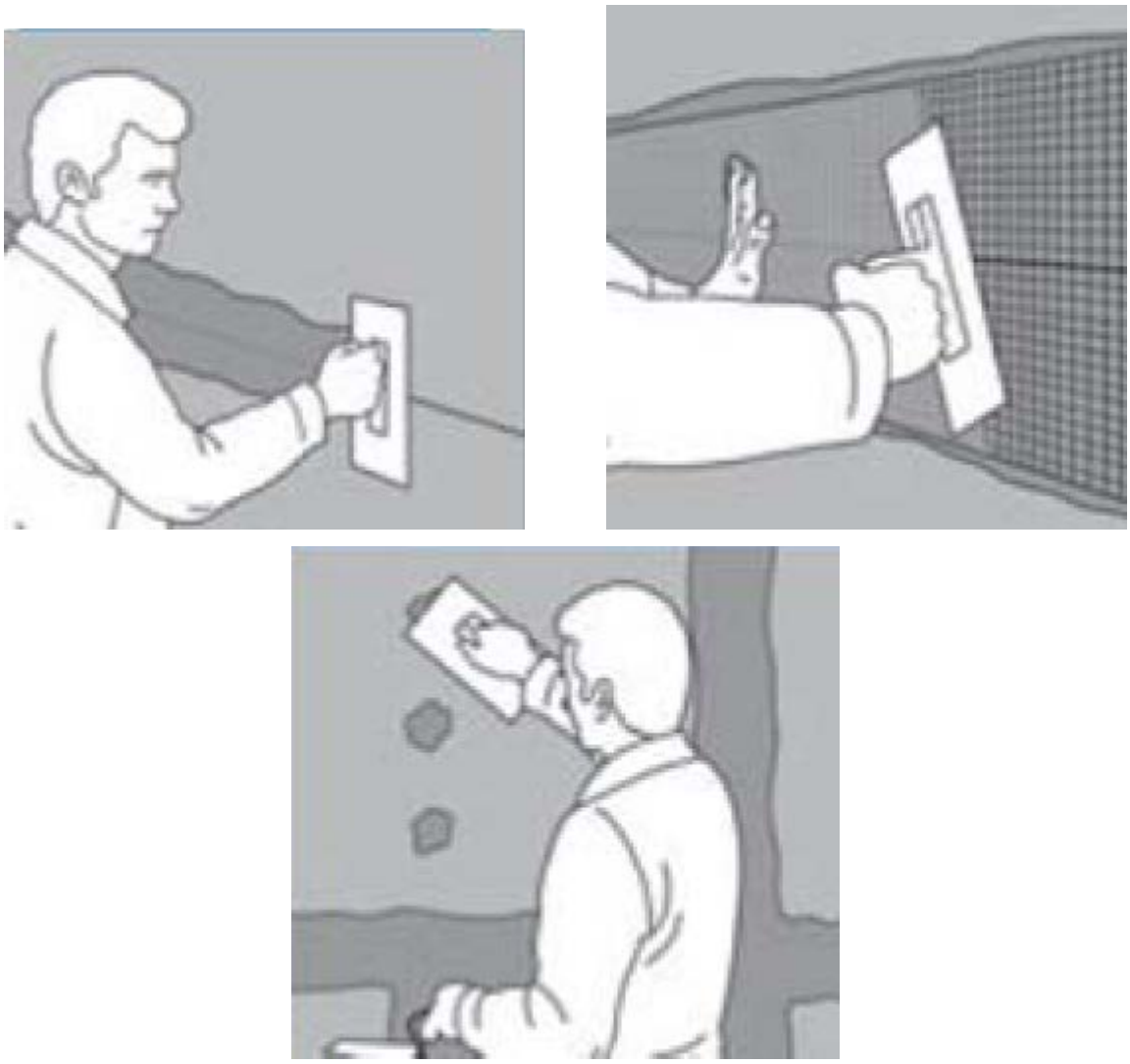


Figura 43 - Tratamentos das juntas.

Fonte: Relatório de Avaliação Técnica – Knauf Aquapanel.

Posteriormente, é realizado o revestimento protetivo, utilizando-se a massa Basecoat + malha de proteção superficial AQUAPANEL. O Basecoat é aplicado de modo a obter uma camada de aproximadamente 5 mm antes da colocação da malha de reforço e de 2mm após esta colocação. A malha de reforço ou de proteção tem 1 m de largura e deve revestir toda a superfícea da placa (Figura 44). A aplicação do revestimento final deve ser feita no máximo em 6 meses após a conclusão do sistema Knauf AQUAPANEL.

Figura 44 - Revestimento protetivo com aplicação da malha de reforço e o basecoat.

Fonte: Relatório de Avaliação Técnica – Knauf Aquapanel.

4.5.5. PLAQUAMENTO INTERNO

a) Isolamento

O plaqueamento interno tem início com a instalação dos isolantes (Ex.: Lã de rocha), que são colocados no interior do sistema entre as placas cimentícias e as de gesso.

Figura 45 - Isolamento.

Fonte: Relatório de Avaliação Técnica – Knauf Aquapanel.

b) Placa Gesso Acartonado

O fechamento da face interna do sistema Knauf AQUAPANEL é feito por placas de gesso acartonado, massa e tela para tratamento das juntas. O tratamento é feito nas juntas entre as placas, no encontro entre as chapas e o suporte (alvenarias ou estruturas de concreto), além do tratamento das cabeças dos parafusos.

Figura 46 - Chapas de gesso com tratamento das juntas.

Fonte: Relatório de Avaliação Técnica – Knauf Aquapanel.

4.6. PRODUTIVIDADE E QUALIDADE

Por se tratar de um sistema industrializado e com rápida execução, necessita-se de uma quantidade menor de mão do obra porém mais qualificada.

O Sistema de fachadas executadas com placa cimentícia pode diminuir a equipe efetiva de mão de obra. Um comparativo realizado pela revista CONSTRUÇÃO (2014) apontou cerca de 4,5% de economia no método de fachada com placa cimentícia em relação ao método tradicional de alvenaria e argamassa. “O tempo para executar essa fachada é similar ao tempo da fachada convencional. Não tem os custos com equipamentos porque são os mesmos, ao mesmo tempo. A grande vantagem é que se faz com menos pessoas”. Ainda segundo a revista, “esse

modelo tende a trabalhar com menos pessoas e uma equipe mais especializada e também tem tudo a ver com a sustentabilidade porque é um sistema industrializado".

Para a revista "Construção" (2014), desperdiçar menos material é uma outra grande vantagem. "A fachada executada da forma convencional tem desperdício de material muito superior à de placas cimentícias. A falta de mão de obra vivida nos últimos anos também não gerou preocupações neste caso, tendo em vista que o número de profissionais para executar a fachada é menor."

Apesar da aplicação recente dessa tecnologia, a expectativa é um aumento rápido desse tipo de construção em virtude da demanda habitacional do país e da velocidade de construção que esse produto confere. É um sistema limpo, uma vez que reduz os desperdícios de materiais e otimiza o uso a mão de obra. Esses atributos podem tornar a obra até 40% mais barata. É uma opção para construir com qualidade, baixa geração de entulho e principalmente, com preocupação ambiental.

Abaixo, temos os requisitos de qualidade no que tange ao uso de placa cimentícia para fachadas (KNAUF - www.knauf.com.br - Acesso em: 31/07/2015).

a) Desempenho térmico: o desempenho térmico das fachadas varia conforme o sistema utilizado, podendo atingir isolamentos de até 0,18W/m²K.

b) Desempenho acústico: a performance acústica das paredes também varia conforme o sistema utilizado, e alcança isolamentos Rw de 45dB a 65dB.

c) Resistência mecânica: as fachadas são dimensionadas para resistir a ventos com intensidades de até 200km/h (que caracterizam furacões classe 3), além de resistir aos impactos normais de corpo mole, corpo duro e carga suspensa.

d) Estanqueidade à água: o sistema é estanque à água proveniente de chuvas e outras fontes, considerando-se a ação dos ventos com pressões estáticas superiores a 50Pa, o que atende a todas às regiões do país.

e) Segurança ao fogo: as chapas são Incombustíveis, o TRRF (Tempo Requerido de Resistência ao Fogo) do sistema pode variar de 30 a 120 minutos, dependendo do tipo utilizado.

4.7. VANTAGENS E DESVANTAGENS

Como vantagens do Sistema Knauf Aquapanel, podemos citar:

- Prazos de construção mais curtos: até 30% de economia de tempo até o final da etapa de acabamento de superfície. A antecipação da vedação externa proporciona maior proteção contra variações climáticas e possibilita o início mais rápido do acabamento interno;
- Ganho de área útil: até 5% em comparação com a alvenaria convencional, graças a sua menor espessura. Como resultado, podem-se vender mais metros quadrados, obtendo melhor retorno sobre o investimento;
- Melhor desempenho térmico: com 25% de economia de espaço em comparação com a alvenaria convencional, obtém-se o mesmo valor U (coeficiente de transferência de calor), permitindo melhor isolamento térmico externo;
- Redução de até 30% na emissão de CO2 na fabricação, graças à construção mais esbelta e à menor massa de materiais de construção;
- Menor impacto ambiental devido ao menor uso de recursos naturais;
- Maior resistência ao fogo (30-120 min.), com fachada mais delgada e leve; Acesso facilitado à infraestrutura e às instalações do edifício;
- Material ideal para recuperação de fachadas, pois não exige reforços na estrutura do edifício em razão de seu peso reduzido;
- Maior liberdade de design e flexibilidade para criar curvas (com raio de até 1 m);
- Menos tempo de locação de andaimes na obra;
- Menos necessidade de mão-de-obra, pois utiliza-se mão-de-obra especializada;
- Maior facilidade de logística dentro do canteiro, com entregas just-in-time;
- Flexibilidade de layout;
- Material 75% mais leve o que permite utilizar uma estrutura mais leve;
- Custos mais baixos de transporte e energia devido ao menor peso do sistema;
- Economia de água devido ao uso de construção a seco na obra;
- Reciclagem mais fácil dos materiais empregados;

- Isolamento acústico: o sistema pode alcançar facilmente os 65 dB com um peso de 47,50 kg/m². E como se trata de um sistema integrado, basta alterar um só componente para alcançar um melhor isolamento acústico.

Além de suas inúmeras vantagens, pode-se citar algumas desvantagens do sistema, são elas:

- Choque cultural: todos são mais acostumados com sistema de blocos e revestimento de massa externa, o preconceito com a nova tecnologia é uma barreira a se enfrentar dentro e fora das empresas.
- A execução obriga uma mão-de-obra bastante qualificada, a fim de minimizar patologias executivas.
- O custo depende muito do tipo da obra e do cliente, levando principalmente em consideração o prazo para entrega. Em alguns casos, o sistema de Light steel frame pode ser considerado menos vantajoso economicamente.

5. ESTUDO DE CASO

Neste item, será apresentado um estudo de caso que faz uma comparação entre o sistema de fachadas convencional e sistema Knauf Aquapanel, mostrando assim como essa nova tecnologia vem ganhando espaço e admiração dentro da construção civil.

5.1. DESCRIÇÕES DO EMPREENDIMENTO

Aqui será apresentada uma descrição dos aspectos gerais e técnicos do empreendimento e questão.

5.1.1. ASPECTOS GERAIS

O BK30 Alto da Boa Vista é o empreendimento que usaremos como base neste estudo de caso. Planejado e desenvolvido pela construtora BKO, fica localizado em um bairro de São Paulo com grande expansão imobiliária que fica na Zona Sul da capital, chamado de Santo Amaro. É construído com o conceito de montagem utilizando sistemas construtivos com racionalização como, por exemplo, o sistema estrutural com menos vigas e o Aquapanel. Quando comparado com o convencional temos uma melhor eficiência de produção e bônus da liberdade arquitetônica.

A combinação dos sistemas construtivos utilizando esse conceito, trazem algumas vantagens segundo a construtora como podemos observar na descrição do empreendimento demonstrada no site da BKO: Ganho de área útil, em função da menor espessura das paredes, obra mais sustentável com pouca geração de resíduos, melhor desempenho térmico e acústico, redução de cargas nas estruturas e fundações, devido ao menor peso por m² de parede acabada, as instalações elétricas, hidráulicas, entre outras são executadas no interior das paredes e antes do fechamento destas, facilitando o trabalho e eliminando a perda de materiais, ótimo acabamento das paredes montadas, estando prontas para receber os revestimentos

finais, tais como: azulejo, granito, mármore, siding de PVC, etc., maior qualidade de execução, obra mais segura e rápida e menor custo de manutenção.

O projeto foi concebido após um estudo de aproximadamente dois anos das vantagens e desvantagens do novo material. Segundo o texto escrito por Aline Mariane, “Diminuir a equipe efetiva de mão de obra e também o desperdício de materiais foram os dois pontos que levaram a construtora e incorporadora BKO a iniciar um estudo comparativo de custos de fachadas. A construtora sempre utilizou em suas obras o sistema convencional de fachada de alvenaria com revestimento externo de argamassa e decidiu compará-lo com o sistema de fachada com placa cimentícia para ser executado no empreendimento BK30 Alto da Boa Vista, localizado em São Paulo”.

A construção conta com um terreno de 978m², sendo uma única torre de 12 pavimentos que abrigará 117 apartamentos que área variando de 32 m² a 35 m² e duplex 58 m² e 70 m². Além disso, o condomínio oferece como infraestrutura, espaço gourmet e espaço fitness, além de serviços básicos e exclusivos como: Concierge, recepção 24h, coleta programada e seletiva de lixo, manobrista, internet banda larga, arrumação básica das unidades, posto de coleta de lavanderia e car sharing.

Figura 47 - Fachada do empreendimento BK30 Alto da Boa Vista.

Fonte: www.bko.com.br – Acessado em 11/11/2015

5.1.2. ASPECTOS TÉCNICOS

No que tange a fundação, a base do prédio foi realizada pelo método de estaca contínua e sua estrutura em concreto e laje plana. Todas as divisórias internas do empreendimento foram feitas com o Drywall, contando com a utilização do Sistema PEX para a passagem da rede hidráulica do prédio.

Tratando de vedação externa, foi utilizado o sistema de placas cimentícias Aquapanel da empresa KNAUF. Conforme descrito anteriormente, esse sistema utiliza estrutura metálica Steel Frame (guias e montantes de aço galvanizado), onde são fixadas as composições do sistema, como, chapas cimentícias, membranas tyvek e chapas de drywall. O sistema conta ainda com um tratamento com argamassas e telas de reforço, garantindo assim alto desempenho e maior rapidez na execução se comparado com o sistema convencional, além de um excelente acabamento final.

Podemos concluir que esta construção é uma inovação no ramo da construção civil na cidade de São Paulo, portanto podemos dizer que as construções estão seguindo a modernização pelos novos sistemas construtivos disponíveis no exterior reduzindo assim os custos, a mão de obra e o tempo gasto para a edificação ser executada, e buscando cada vez mais a sustentabilidade e o menor desperdício de materiais.

5.2. JUSTIFICATIVA DA ESCOLHA POR FACHADA EM SISTEMA AQUAPANEL

Durante o estudo percebeu-se uma economia de cerca de 4,5% no método da fachada com placa cimentícia. Os gastos com equipamentos não foram considerados no estudo. “O tempo para executar essa fachada é similar ao tempo da fachada convencional. Não tem os custos com equipamentos porque são os mesmos, ao mesmo tempo. A grande vantagem é que se faz com menos pessoas”, explica José Roberto Leite, gerente de incorporação da BKO.

Ainda segundo José Roberto Leite, a fachada executada da forma convencional tem desperdício de material muito superior à de placas cimentícias. A

falta de mão de obra vivida nos últimos anos também não gerou preocupações neste caso, tendo em vista que o número de profissionais para executar a fachada é menor. “Esse modelo tende a trabalhar com menos pessoas e uma equipe mais especializada e também tem tudo a ver com a sustentabilidade porque é um sistema industrializado”, destaca o gerente de incorporação.

Portanto concluímos que os fatores financeiro, sustentabilidade e prazo foram decisivos para a escolha deste método inovador.

5.3. TÉCNICAS CONSTRUTIVAS

As etapas executivas para a realização deste método foram descritas no item 4.5 citado anteriormente neste trabalho. Assim, pode-se observar a diferença no modo de execução da vedação externa se compararmos com o método convencional.

“Todos são mais acostumados com sistema de blocos e revestimento de massa externa e nós fomos para um caminho de executar steel frame com placas cimentícias e placas internas em gesso acartonado. Essa foi a grande diferença que a gente sabia que ia enfrentar, até dentro da empresa; era essa validação cultural do método executivo”, relata José Roberto Leite ao abordar as dificuldades enfrentadas com relação à cultura brasileira.

A mão de obra utilizada para a execução desse sistema é reduzida e qualificada, portanto a construtora juntamente com a KNAUF fizeram treinamentos para capacitar uma empresa que já executava um sistema similar em parceria com a BKO.

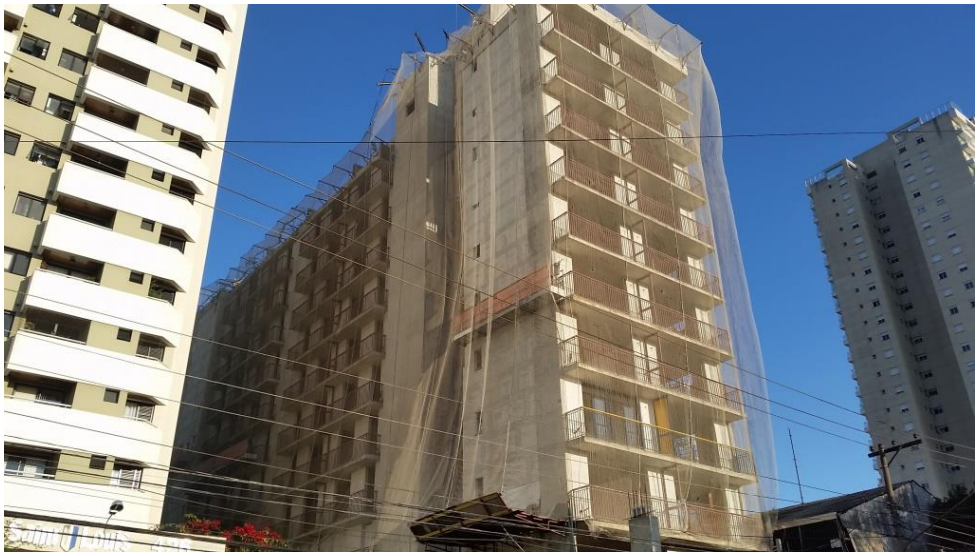


Figura 48 - Fachada do empreendimento em construção.

Fonte: www.bko.com.br – Acessado em 11/11/2015

5.4. CUSTOS E INVESTIMENTOS

Aqui serão apresentados os custos diretos e indiretos que foram analisados para a comparação dos dois sistemas.

5.4.1. CUSTO DIRETO

Para analisarmos os custos diretos, foi feito um estudo comparativo no qual foram considerados o serviço de mão de obra e materiais necessários para cada sistema. Neste custo não foram considerados os valores e materiais para os revestimentos necessários.

Ao analisarmos a tabela 2, podemos verificar que o custo direto do método convencional é muito menor em relação ao do Aquapanel, mostrando uma diferença de R$384.475,40, gerando assim um grande acréscimo no valor investido.

Tabela 2 - Orçamento e comparação dos custos diretos.

AQUAPANEL	
Mão de obra	R$ 228.960,00
Material	R$ 295.338,00
TOTAL	R$ 524.298,00

ALVENARIA	
Mão de obra	R$ 60.690,00
Material	R$ 79.132,60
TOTAL	R$ 139.822,60

DIFERENÇA		
TOTAL	524.298,00 - 139.822,60 =	R$ 384.475,40

Fonte: BKO Construtora e Incorporadora – BK30 Alto da Boa Vista.

5.4.2. CUSTO INDIRETO

Observamos no item anterior que o gasto com material e mão de obra para o sistema de placa cimentícia é aproximadamente cinco vezes maior em relação ao sistema convencional. Entretanto ao verificarmos de modo amplo ambos sistemas, verificamos que a utilização do Aquapanel dispensa diversos tipos de serviços na fachada, como por exemplo a aplicação de gesso do lado interno e argamassa do lado externo.

As tabelas a seguir demonstram os serviços que devem ser executados de acordo com cada sistema construtivo e seus respectivos custos levantados pela empresa BKO.

Tabela 3 - Orçamento do custo indireto - Alvenaria.

Descrição	Unidade	Quantidade	Custo unitáro (R$)		Custo Total (R$)	
			Material	Mão de obra	Material	Mão de obra
ALVENARIA						
Mão de obra para alvenaria de bloco cerâmico 14cm	m²	2.023,00		30,00		60.690,00
Bloco cerâmico de vedação de 14 x 19 x 39 cm	Unidade	15.354,57	1,75		26.901,21	
Bloco cerâmico de vedação de 14 x 19 x 19 cm	Unidade	13.958,70	1,08		15.005,60	
Bloco cerâmico de vedação de 14 x 19 x 9 cm	Unidade	22.333,92	0,72		16.013,42	
Argamassa industrializada para encunhamento/assentamento de alvenaria (saco 50 kg)	Unidade	1.092,42	10,64		11.623,35	
Argamassa adesiva para chapisco (saco 25 kg)	Unidade	80,92	9,00		728,28	
Tela soldada para ligação de alvenaria/estrutura (trama = 15 x 15 mm / comp = 500 mm/larg = 105 mm/Ø fio = 1,5 mm)	m²	50,58	16,8		849,66	
Pino de aço galvanizado com arruela	Unidade	4.046,00	1,98		8.011,08	
REVESTIMENTO EXTERNO						
PREPARO DA FACHADA						
Mão de obra para chapisco convencional + limpeza da fachada	m²	2.160,00		16,03		34.618,32
CHAPISCO + MASSA ÚNICA						
Cimento Portland CP II 32 (posto obra)	Unidade	82,08	20,92		1.717,11	
Areia média lavada	m³	9,75	75,00		729,00	
Argamassa adesiva para chapisco (saco 25 kg)	Unidade	151,20	9,00		1360,80	
Argamassa industrializada para revestimento externo (saco 50 kg)	Unidade	3.283,20	10,85		35622,72	
Revestimento impermeabilizante semiflexível, bicomponente, à base de cimentos especiais, aditivos minerais e polímeros	m²	432	16,5		7128,00	
Tela metálica # 1/2" fio 14, larg. 50 cm (perímetro x nº de andares + 10%)	m	1.080,00	19,96		18316,80	
Mão de obra para execução dos panos da fachada	m²	5.929,10		35,00		207.530,36
Mão de obra para execução das faixas da fachada	m	4.541,97		17,50		79.489,02
Mão de obra para execução dos frisos da fachada	m	1.294,50		13,42		17.372,19
Mão de obra para execução das pingadeiras da fachada	m	1.110,41		4,30		14.901,70
Mão de obra para instalação das telas metálicas da fachada	m	1.080,00				4.641,62
REVESTIMENTO INTERNO						
Revestimenro de gesso liso sarrafeado, incluso pontos e faixas - material + mão de obra	m²	2.023,00	4,60	16,20	9.305,80	32,772,60
Custo Total (R$)					**153.312,83**	**452.015,81**
Custo Total Geral (R$)						**605.328,64**

Fonte: BKO Construtora e Incorporadora – BK30 Alto da Boa Vista.

Tabela 4 - Orçamento do custo indireto - Aquapanel.

Descrição	Unidade	Quantidade	Custo unitáro (R$)		Custo Total (R$)	
			Material	Mão de obra	Material	Mão de obra
PROJETO						
Projeto específico de fachada	vb	1,00		55.000,00		55.000,00
PELE EXTERNA E ESTRUTURA						
Chapas cimentícias (comprimento: 2.400 mm/espessura: 12,5 mm/largura: 1.200 mm); Tyvek; Massa para preenchimento das juntas entre chapas; Massa para acabamento à base de cimento reforçado com resina sintética; Malha de filha de vidro (gramatura: 160 g/m²); Fita para tratamento de juntas; Parafuso autobrocante cabeça chata phillips 4,2 x 39 mm, ponta broca nº 2; Guias em aço galvanizado com proteção zincada (largura: entre 70 mm e 200 mm/espessura: 0,65 mm, 0,80 mm ou 0,95 mm); Montantes em aço galvanizado com proteção zincada (largura: entre 70 mm e 200 mm/espessura: 0,65 mm, 0,80 mm ou 0,95 mm)	m²	2.160	91,00		196.560,00	
PELE INTERNA						
Painel de gesso acartonado (larg.: 1,20 m/comp.: 2,40 m/esp.: 15 mm); Parafuso para fixação dos painís de gesso acartonado; Massa em pó para tratamento de juntas em chapas de gesso acartonado; Fita de papel microperfurado para tratamento de junta em gesso acartonado	m²	2.023	36,00		72,828,00	
ACESSÓRIOS						
Perfil para juntas de dilatação em PVC; Perfil para pingadeiras em PVC; Perfil para proteção de quinas em PVC	vb	1,00	26.000,00		26.000,00	
MÃO DE OBRA						
Mão de obra para execução de fachada com placas cimentícias	m²	2.160,00		106,00		228.960,00
Custo total (R$)					**295.388,00**	**283,960,00**
Custo total Geral (R$)						**579.348,00**

Fonte: BKO Construtora e Incorporadora – BK30 Alto da Boa Vista.

Ao visualizar ambas as projeções de custos, verificamos que no resultado final o sistema de fachada de placas cimentícias gerou uma economia de R$25.980,64, pois despreza a utilização de serviços posteriores como impermeabilização e argamassa de revestimento.

5.5. CANTEIRO DE OBRA E LOGÍSTICA

Comparando o método construtivo de fachadas em Aquapanel e o sistema com alvenaria de blocos cerâmicos, observa-se um canteiro mais organizado e limpo, já que o primeiro sistema é mais industrializado que o segundo e gera menos resíduos. Além disso, necessita-se de menos espaço de armazenamento de materiais já que o sistema Aquapanel trabalha com sistema just-in-time de entrega, o que facilita a organização do canteiro.

5.6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas considerações finais, serão abordados os ganhos que a utilização do sistema Aquapanel trouxe para o empreendimento com o estudo que foi apresentado.

5.6.1. GANHOS NO CUSTO

Conforme apresentado anteriormente, verificamos que apesar do custo direto do material e mão de obra do Aquapanel ser maior do que o sistema convencional, o resultado final é a favor do Aquapanel pois este material aceita o revestimento direto em sua superfície sem a necessidade de executar um preparativo.

5.6.2. GANHOS NA SUSTENTABILIDADE

Segundo dados do fabricante, o sistema de placas cimentícias contém melhor desempenho térmico com fachadas com menor espessura: com 25% de economia de espaço em comparação com a alvenaria tradicional, obtém-se o mesmo valor U (coeficiente de transferência de calor), permitindo melhor isolamento térmico externo. Necessidade de energia primária até 50% menor e emissão de CO2 na fabricação até 30% menor graças à construção mais esbelta e à menor massa de materiais de construção. Menor impacto ambiental devido ao menor uso de recursos naturais.

Menos emissões de CO2 O cálculo comparativo mostra que a emissão de CO2 é reduzida em aproximadamente 30% por m2 de área de fachada em comparação com uma vedação similar em alvenaria convencional. O cálculo é baseado na emissão na fase de produção industrial dos diferentes materiais.

Quadro 7 - Comparação da emissão de CO2.

	CO_2 / m²
Sistema 1 Fachada KNAUF AQUAPANEL® + acabamento	21,33 kg
Sistema 2 Bloco cerâmico + acabamento	40,20 kg

Fonte: Catálogo Knauf Aquapanel – Disponível em: www.knauf.com.br.

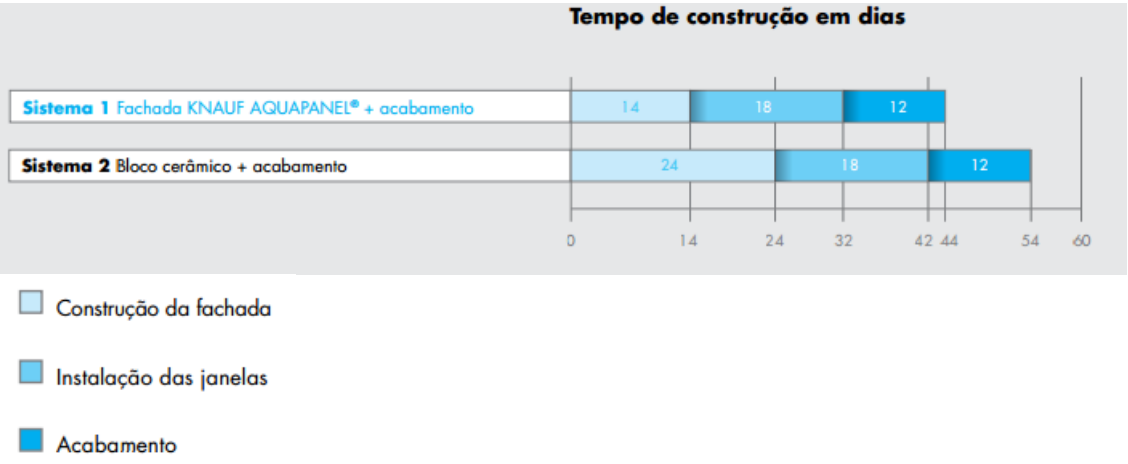
Uso reduzido dos recursos naturais e menos poluição. O menor uso de recursos naturais durante a fabricação contribui consideravelmente para uma construção sustentável. Custos mais baixos de transporte e energia devido ao menor peso do sistema. Economia de água devido ao uso de construção a seco na obra e reciclagem mais fácil dos materiais empregados.

5.6.3. GANHOS NO TEMPO

Segundo o fabricante “o uso reduzido dos recursos naturais e menos poluição O menor uso de recursos naturais durante a fabricação contribui consideravelmente para uma construção sustentável. Custos mais baixos de transporte e energia

devido ao menor peso do sistema. Economia de água devido ao uso de construção a seco na obra. Reciclagem mais fácil dos materiais empregados".

Quadro 8 - Comparação de tempo de construção entre os sistemas.



Fonte: Catálogo Knauf Aquapanel – Disponível em: www.knauf.com.br.

5.6.4. GANHOS NO PRODUTO

"Possibilidade de fachadas curvas a chapa cimentícia KNAUF AQUAPANEL® pode ser curvada facilmente a seco durante a colocação para criar vedações convexas ou côncavas. Também podem ser executadas formas diferenciadas como cúpulas ou arcos. Opções de acabamento Podem ser criadas superfícies perfeitamente lisas, sem juntas visíveis. Também pode ser aplicado praticamente qualquer tipo de acabamento, agregando cor, estilo e personalidade ao projeto", segundo informações do fabricante.

Portanto podemos elencar as seguintes características do material:

a) Garantia de nivelamento, esquadro e alinhamento das paredes, reduzindo o consumo de material para pintura e qualidade final do produto;

b) Elevado desempenho térmico, acústico e contra incêndio;

c) Instalações elétricas e hidráulicas já embutidas;

d) Rapidez na execução.

e) Liberdade arquitetônica para o projetista;

f)Facilidade na manutenção da fachada.

6. CONCLUSÃO

A evolução tecnológica em materiais de construção no Brasil vem acompanhando o avanço econômico do País e as demandas por parte das empreiteiras, construtoras, governo e sociedade por produtos que propiciem maior racionalização dos processos de execução no canteiro de obra, redução de custos, menos tempo de obra e durabilidade. Contudo, esses itens aliados à racionalização do consumo de matérias-primas, energia e outros, vêm ao encontro dos modernos princípios da sustentabilidade.

O embasamento teórico do trabalho nos possibilitou a compreender melhor o sistema construtivo de fachada com Aquapanel e suas particularidades, demonstrando uma visão ampla sobre as vantagens e desvantagens da aplicação do sistema, frente ao sistema construtivo convencional de alvenaria de blocos cerâmicos.

De modo geral, podemos observar que o sistema de fachada Aquapanel apresenta grandes vantagens técnicas e construtivas, que vem se mostrando uma alternativa viável e racional conforme mostrados no estudo de caso em relação à fachada em alvenaria de blocos cerâmicos, onde mesmo sendo mais comum entre construtoras, ultimamente vem com o sinônimo de desperdício e baixa qualidade no produto final. Por outro lado, mesmo com esse sistema tendo grandes vantagens ainda existe uma barreira cultural, tratando em sistemas inovadores no Brasil, é normal surgirem dúvidas, mas todos estão acostumados com o sistema convencional, e o preconceito com a nova tecnologia passa ser uma barreira a se enfrentar dentro e fora das empresas, apesar disso é esperado o reconhecimento do sistema e seu desempenho podendo ser superiores ao mercado atual.

Por outro lado, pelo fato do sistema não ser muito conhecido no Brasil e pouco utilizado nas obras acaba ficando mais difícil encontrar mão de obra qualificada para a execução do sistema, problema que pode ser resolvido com um treinamento específico, mas que caso não seja feito certamente irá prejudicar o desempenho e qualidade da técnica construtiva. Já para o sistema

convencional, em contrapartida, a mão de obra acaba sendo de fácil acesso e muitas vezes menos específica.

Por fim, o resultado desse estudo demonstra além das diferenças de custos entre o sistema convencional e o sistema de fachada Aquapanel, também produtividade, qualidade, tempo. É um sistema leve, eficaz e limpo, uma vez que os desperdícios de materiais é bem reduzido e que necessita de um aperfeiçoamento na mão de obra. A expectativa é que tenha um aumento rápido desse tipo de construção em virtude da velocidade de construção que esse sistema oferece. É uma opção para construir com alta qualidade, baixa geração de entulho e principalmente, com preocupação ambiental. Especialmente em projetos onde é preciso otimizar o espaço físico, tempo e qualidade de acabamento, o uso do Aquapanel agrega valor a obra. É uma alternativa rápida, limpa e econômica para a construção civil.

7. REFERÊNCIAS

- Site knauf – **Fachadas Aquapanel: características técnicas.** Disponível em: http://knauf.com.br/?id=726 acesso: 04/2015
- CILIANA, R. C.; BAZZO, W. **O Desperdício na construção civil e a questão habitacional: em enfoque CTS.** Disponível em: http://www.oei.es/salactsi/colombobazzo.htm Acessado em: 23 set. 2015.
- SANTIAGO, A. K.; ARAÚJO, E. C. **Sistema Light Steel Framing como fechamento externo vertical industrializado.** CONSTRUMETAL. São Paulo, 2008.
- FIGUEIRÓ, W. O. **Racionalização do processo produtivo de edifícios em alvenaria estrutural.** Minas Gerais, 2009. Monografia – Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais. Departamento de Engenharia de materiais e Construção. Curso de Especialização em Construção Civil.
- KNAUF. **Fachada Aquapanel**. Disponível em: www.knauf.com.br. Acessado em: 23 set. 2015.
- COLTRI, G. **O apelo das técnicas não convencionais de construção.** Radar imobiliário, 2012. Disponível em: http://economia.estadao.com.br/blogs/radar-imobiliario - Acesso em: 25 set. 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Edificações habitacionais – Desempenho – NBR 15575**. Rio de Janeiro, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Manutenção de edificações – Requisitos para o sistema de gestão de manutenção – NBR 5674**. Rio de Janeiro, 2012.
- MEDEIROS, J.S. et al. **Tecnologias de vedação e revestimento para fachada.** Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil / CBCA – Centro Brasileiro da Construção em Aço, 2014.
- BIJÓIAS, M. **Alvenaria – um serviço de construção civil com 10.000 anos**. Disponível em: http://www.ruadireita.com/servicos-construcao/info/alvenaria-um-servico-de-construcao-civil-com-10-000-anos/. Acessado em: 20 out. 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Componentes Cerâmicos Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação – Terminologia e requisitos. NBR 15270-1.** Rio de Janeiro, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas. NBR 13529.** Rio de Janeiro, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). Manual de revestimento de argamassa. São Paulo, 2003.

- ANTUNES, G. R. **Estudo de manifestações patológicas em revestimentos de fachada em Brasília – Sistematização da incidência de casos.** 2010. xxi, 178 f., il. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil)- Universidade de Brasília, Brasília, 2010.
- CÓDIGOS DE PRÁTICAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL Nº01. **Alvenaria de vedação em blocos cerâmicos.** São Paulo, 2009.
- BUSIAN, F. **Verga e Contraverga**. Site: Equipe de Obra. Disponível em: http://www.equipedeobra.pini.com.br Acessado em: 23 set. 2015.
- BAUER, E. **Revestimento de argamassa: características e peculiaridades.** SINDUSCON. Brasília, 2005.
- BUSIAN, F. **Verga e Contraverga.** Revista "Como construir na prática. Equipe de Obra." 2013. Disponível em: http://www.equipedeobra.pini.com.br Acessado em: 23 set. 2015.
- CONSTRUFÁCIL RJ. **Paredes de Alvenaria: Marcação, Amarração e execução.** Site: www.construfacilrj.com.br Acessado em 15 out. 2015.
- PAULUZZI. **Alvenaria de vedação.** Site: www.pauluzzi.com.br Acessado em 20 out. 2015.
- RODRIGUES, F. C. **Steel Framing: Engenharia** – Rio de Janeiro, IBS/CBCA, 2006.
- DIRETRIZES SINAT – **Diretrizes para avaliação técnica de produtos** – nº 009 – Ano: 2012.
- Relatório Técnico TESIS 1245/RT019C **Avaliação dos Sistemas Knauf Aquapanel.**
- MARIANE, A. **Fachada de alvenaria com revestimento externo em argamassa x Fachada com placa cimentícia**. Revista "Construção". Ed. 154. Editora: PINI. 2014.