FUNDAÇÃO PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS - FUPAC
FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS DE UBÁ
ENGENHARIA CIVIL

VICTOR HENRIQUE PEREIRA DE SOUZA

SISTEMA CONSTRUTIVO DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO COM NÚCLEO DE POLIESTIRENO EXPANDIDO

UBÁ/MG
2015

VICTOR HENRIQUE PEREIRA DE SOUZA

SISTEMA CONSTRUTIVO DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO COM NÚCLEO DE POLIESTIRENO EXPANDIDO

Trabalho de Conclusão de curso apresentado ao curso de Graduação Engenharia Civil, da Fundação Presidente Antônio Carlos, para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador (a): Msc. Israel Iasbik

UBÁ/MG

2015

SISTEMA CONSTRUTIVO DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO COM NÚCLEO DE POLIESTIRENO EXPANDIDO

Resumo

Este trabalho tem como objetivo apresentar as técnicas de execução do sistema construtivo Monolite, mostrando as características de cada elemento que compõe o sistema e comparando com o sistema de alvenaria convencional. O sistema construtivo de alvenaria com núcleo de Poliestireno Expandido foi desenvolvido na Itália, criado para atender às exigências técnicas, construtivas e climáticas de sua região, atendendo necessidades específicas locais, com altas temperaturas, com invernos rigorosos, sendo conhecido como sistema Monolite, tendo grande facilidade de manuseio, mesmo tendo painéis de grandes dimensões. Suas características construtivas possibilitam rapidez de execução, flexibilidade de aplicação, racionalização do processo construtivo e redução dos desperdícios na obra. O aspecto final desse tipo de construção é praticamente igual ao de uma obra convencional em alvenaria, mas os ganhos de conforto para o usuário, tempo estimado para construção, flexibilidade de aplicações, facilidade na execução de instalações elétrica e hidro-sanitária, resistência à compressão, resistência à abalos sísmicos, transmitância térmica, resistência acústica, custo e qualidade estrutural serão maiores.

Palavras-chave: Alvenaria Convencional. Sistema construtivo. Monolite. Poliestireno Expandido.

SEALING MASONRY CONSTRUCTION SYSTEM WITH EXPANDED POLYSTYRENE CORE

Abstract

This work aims to present the constructive system of technical implementing Monolite, showing the characteristics of each element that makes up the system and comparing with the conventional masonry system. Constructive masonry system with core of expanded polystyrene was developed in Italy, created to meet the technical, constructive and climatic requirements in your area, meeting specific local needs, with high temperatures, with harsh winters, is known as Monolite system, having great ease of handling even with large panels. Their construction enables speed of execution, application flexibility, rationalization of the construction process and reduce waste in the work. The final aspect of this type of construction is almost the same as a conventional work in masonry, but the comfort gains to the user, estimated time for construction, application flexibility, ease of application of electrical installations and hydro-sanitary, compressive strength, resistance to earthquakes, thermal transmittance, acoustic resistance, cost and structural quality will be higher.

Keywords: Conventional masonry. construction system. Monolite. Expanded Polystyrene

1 INTRODUÇÃO

A construção civil é um dos mercados mais relevantes da economia brasileira, com elevado número de empresas atuantes, onde temos exigências no setor por melhorias contínuas em tecnologia e formas construtivas, para suprir a demando do mercado.

No setor da construção, cada vez mais, surge a necessidade de ter processos construtivos mais desenvolvidos, buscando garantir maior eficiência, como por exemplo, as alvenarias utilizadas na construção civil, que demonstram uma constante evolução. BERTOLDI (2007) comenta as alvenarias de vedação utilizadas nas construções, ao longo da história, vêm sofrendo mudanças na sua composição, substituindo as antigas vedações como pedras e até mesmo os tijolos. Mudanças que surgiram com o desenvolvimento das indústrias de matérias de construção e a descoberta de novas tecnologias, estas inovações ocorreram junto com as necessidades do mercado e exigências dos habitantes, que buscavam qualidade, economia, segurança e durabilidade.

Outra exigência do setor é a sustentabilidade, já que o setor é responsável por grande parte da emissão de carbono e gases estufa na atmosfera, um fato discutido até mesmo pela Organização das Nações Unidas (ONU).

O desenvolvimento sustentável na construção civil pode ser gerado, através de construção de edificações com menos perda de energia, reduzindo os impactos ambientais, e com o melhor aproveitamento dos recursos naturais, elaborando sistemas construtivos alternativos, utilizando produtos recicláveis.

O Poliestireno Expandido (EPS) é utilizado como material para construção civil, devido à sua baixa densidade e capacidade de isolamento térmico e acústico. Sua incorporação permite reduzir a potência de refrigeração dos sistemas de condicionares de ar, buscando maiores condições de conforto aliada à economia nos gastos anuais com energia elétrica.

Esse sistema de vedação teve seu início na Itália, devido às exigências estruturais e climáticas bastante severas. No Brasil, esse sistema adaptou-se muito bem apesar de não haver condições tão desfavoráveis. Esse novo sistema de alvenaria chega ao Brasil, por volta do ano 1990, quando sofreu várias análises do IPT (Instituto de Pesquisa Tecnológica de São Paulo), que gerou dados bastante

favoráveis a esta tecnologia, porém até o presente momento, esse sistema de alvenaria vem sendo muito pouco utilizado no país.

O mencionado sistema construtivo apresenta redução dos prazos de execução, adequando-se às exigências atuais, podendo ser aplicado às mais variadas formas arquitetônicas. Este sistema contribui, ainda, para melhorar o desempenho térmico dos ambientes construídos, por possuir baixa condutibilidade térmica e com grande racionalização, reduzindo o desperdício no processo de construção, comparado aos sistemas convencionais. A utilização desse sistema possibilita uma economia desde as fundações, por ser mais leve que outros tipos de vedação.

O presente trabalho tem por objetivo apresentar as técnicas de execução do sistema monolite, mostrar as características de cada elemento que compõe o sistema e fazer um comparativo com o sistema de alvenaria convencional.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Caracteristicas das vedações

As características que compõem as vedações estão diretamente relacionadas às exigências a elas submetidas e ao desempenho necessário dos elementos de vedação.

A evolução dos sistemas de vedação, acompanharam a necessidade do homem, à medida que seus hábitos sofreram alterações e seus níveis de exigência aumentaram, buscando mais conforto com ambientes termicamente confortáveis e acústicos.

No Brasil, a construção civil é predominantemente constituída por elementos de vedação cerâmicos, pois a sociedade brasileira tem ainda certa barreira cultural quanto à aplicação de sistemas diferentes do tradicional em que a baixa produtividade é sua principal característica, principalmente pelo desperdício considerado de materiais. O mercado vem rebatendo dando sinais de que essa situação deve mudar de forma mais coerente com o panorama mundial, que busca a sustentabilidade, uso racional de energia e a maior eficiência tanto nas fases de projeto, construção e na ocupação das edificações. Para responder às crescentes exigências de desempenho térmico das edificações que estão descritas na NBR 15.575/2013, que está intimamente associada as preocupações com a habitabilidade, o consumo de energia e proteção ambiental, é necessário minimizar as trocas de calor com o exterior. Características da utilização do EPS no sistema construtivo, onde segundo a ACEPE (2015), “A estrutura de células fechadas, cheias de ar, dificultam a passagem do calor o que confere ao EPS um grande poder isolante. ”

No que se refere ao assunto ABIKO discorre que:

> Com o desenvolvimento das habilidades humanas, o homem começou a empregar diversos materiais para construir os seus abrigos: a pedra, as peles, a madeira e a terra, tanto crua como queimada, a cerâmica. Este abrigo se tornou cada vez mais elaborado, e, no entanto, continuava primordialmente com a sua função básica, isto é, constituía-se em um espaço que protege o homem dos intrusos e das intempéries (ABIKO, 1995, p.3).

A necessidade de se ter execuções mais rápidas e processos construtivos mais leves, ocupando menos espaço, obtendo-se ganhos de área nos ambientes

construídos, forçados pela redução das áreas disponíveis nos grandes centros urbanos e pelo seu alto custo, são fatores que contribuem para desenvolvimento de produtos com estas características.

2.2 Vedações com elementos cerâmicos

Segundo BERTOLDI (2007) “As vedações com elementos cerâmicos, em função do seu bom desempenho, economia e durabilidade, aliada às estruturas de concreto armado, representam um grande percentual das construções executados, em nosso país. ”

A alvenaria de vedação, não é dimensionada para resistir a ações além do seu peso próprio. Segundo a NBR 15270 (ABNT, 2005), os blocos cerâmicos para vedação formam as alvenarias externas ou internas, como demostrado na FIGURA 1, sem a função de resistir a outras cargas verticais, além do peso da alvenaria da qual faz parte.

Pode-se encontrar no mercado uma grande variação de elementos cerâmicos, em suas formas, tipos de matéria-prima, colorações e resistências. A Norma Brasileira NBR 7170 (1988), afirma que o tijolo é um componente maciço. Já a Norma Brasileira NBR 7171 (1992) trata da definição de blocos cerâmicos, como sendo: “Componente de alvenaria que possui furos prismáticos e/ou cilindros perpendiculares às faces que os contém”.

FIGURA 1 - Assentamento e alinhamento dos tijolos.

Fonte: Disponível em: <http://www.ufrgs.br/eso/content/?cat=13>. Acesso em 10 out. 2015.

2.3 Histórico do sistema construtivo

Segundo BERTOLDI (2007), o sistema construtivo, tipo sanduíche com núcleo de poliestireno expandido e telas de aço soldada, foi desenvolvido por uma empresa italiana chamada Monolite, por volta do ano de 1980 e que, na ocasião, denominou-o como Sistema Monolite. O sistema criado, então, fora desenvolvido, para atender às exigências técnicas, construtivas e climáticas de sua região, atendendo às necessidades específicas locais, com altas temperaturas e com invernos rigorosos, chegando a temperaturas negativas, atender, também, às solicitações estruturais críticas, como o caso de regiões, com abalos sísmicos. Da sua criação, a Monolite passou a implantar unidades de produção espalhadas por diversos países e hoje, com mais de vinte e cinco anos de experiência, possui vinte e cinco linhas de produção espalhadas pelo mundo. Está presente na Itália, Portugal, Espanha, Rússia, Turquia, Líbia, Egito, Equador, Bósnia, Argentina, Chile, Venezuela, Guatemala, Costa Rica, México, Panamá, Nigéria, Moçambique, França, Malásia, Qatar e Filipinas. No Brasil, o sistema chega à década de noventa, quando foi analisado, pelo Instituto de Pesquisa Tecnológico de São Paulo, onde foram feitos todos os ensaios necessários, de acordo com as Normas Brasileiras, os quais atingiram desempenho satisfatório. Por questões não conhecidas, a empresa para suas atividades, anos depois, ficando a utilização da tecnologia, restrita às pessoas que, na ocasião, tiveram acesso a ela. Assim, desde então, a tecnologia está sendo aplicada, de forma bastante restrita.

2.4 Sistema construtivo com painéis de poliestireno expandido

O sistema construtivo foi desenvolvido pela Monolite, que passou a denominar o processo construtivo como Sistema Monolite, de acordo com SOUZA (2009) Monolite se define como um sistema construtivo, antissísmico, isolante termo acústico, com o qual é possível realizar-se construções de vários pavimentos e edifícios arquitetônicos do mais simples aos mais complexos. Sua tecnologia é baseada em conceitos da engenharia em que se obtêm peças estruturais mais leves consideravelmente delgadas e de alta resistência.

> O processo Monolite representa atualmente um dos sistemas construtivos mais avançados do ponto de vista técnico, em termos de tempo, qualidade e economia. A ideia básica consiste na possibilidade de atender, no mesmo sistema, exigências normativas de desempenho estrutural, de conforto térmico e de impermeabilidade, o que geralmente é um desafio complexo nos processos convencionais de construção (MAMMINI, 1998, p.53).

O método construtivo Monolite é composto de uma placa poliestireno expandido e por duas tramas de aço leve de alta resistência, unidas por barras de aço eletrossoldadas, produzidas de forma a garantir a qualidade e desempenho, as propriedades estruturais e isolantes necessárias, com espessura mínima de 55 mm, podendo chegar a 110 mm, dependendo das necessidades do projeto. Assim seus principais componentes são a argamassa estrutural e o Painel Monolite (MAMMINI, 1998).

> Aos painéis, após executadas as etapas de montagem, travamento e instalações, se aplica o revestimento que irá conferir rigidez. Conforme a função de aplicação do painel, seu revestimento poderá ser composto por: 1ª demão de concreto e 2ª demão de argamassa, quando aplicado com finalidade estrutural; ou com duas demãos de argamassa, quando utilizado sem finalidade estrutural (BERTOLDI, 2007, p.11).

A função estrutural, é garantida por duas malhas de aço, unidas entre si, por conectores, localizadas nas faces da chapa de poliestireno. Com a variação dimensional das telas, das malhas, da espessura de seus fios e com a variação das características de seu núcleo como, densidade, espessura e comprimento, o painel pode ser produzido com comprimento de até quatro metros. Os painéis, desta forma, possibilitam materializar todos e cada um dos elementos estruturais, de fechamento e de acabamento necessários para executar, totalmente, uma obra, apresentando, assim, absoluta flexibilidade aos projetos e grande poder de integração a outros sistemas construtivos (BERTOLDI, 2007).

> A utilização destes painéis possibilita a racionalização do processo de fabricação, na indústria e sua montagem, no canteiro, podendo possibilitar economia no custo das fundações, por ser mais leve que outro tipo de vedação. Minimiza os desperdícios e incrementa o controle de execução com aumento de qualidade, na sua produção. Diminui, ainda, o custo com mão-de-obra para sua aplicação, com o uso de equipamentos que proporcionam ganhos de produtividade e qualidade, além de reduzir o tempo de execução, com maior confiabilidade nos prazos de entrega (Souza, 2009, p.44).

FIGURA 2 - Painel simples do Sistema Monolite.

Fonte: Disponível em: <http://www.monolite.com.br/>. Acesso em 10 out. 2015.

2.4.1 Características gerais do sistema construtivo

Como característica do sistema construtivo, pode-se citar elevada capacidade estrutural, é monolítico, sismo resistente e de elevada resistência térmica, podendo proporcionar, ao mesmo tempo, economia e rapidez na execução das fundações. Após a colocação das instalações, pode-se aplicar o reboco diretamente sobre os painéis. Sob estes aspectos pode-se também verificar as vantagens deste sistema, com respeito aos demais sistemas, sendo que as telas presentes nas superfícies dos painéis permitem a execução de uma grande diversidade de tipos de reboco. O reboco aplicado sobre as paredes reforçadas, pela presença da tela metálica, apresentará um resultado monolítico, minimizando e até excluindo possíveis problemas como o de fissuração, causados por esforços mecânicos e/ou térmicos. Assim, apresentando um reboco homogêneo e de qualidade superior, inclusive, no que se refere ao resultado estético. No que se refere às instalações (hidráulica, sanitária, elétrica, telefônica.), é de grande simplificação na realização, a facilidade de execução dos sulcos para acomodar as instalações, confirma uma vez mais a validez do sistema. A operação requer pouco

tempo, não necessita de assistência de pedreiros e ajudantes, podendo ser executado pelo próprio instalador e é uma operação absolutamente limpa. Numa primeira fase traça-se na parede o trajeto das instalações, logo se preparam os sulcos no poliestireno mediante um gerador de ar quente ou qualquer outra fonte de calor. Para terminar, colocam-se as tubulações por detrás das telas metálicas. Em caso de tubos rígidos, ou semirrígidos, se abre à tela metálica na medida necessária, com alicates normais, para, logo em seguida, fechar-se após a colocação dos tubos (BERTOLDI, 2007).

Os painéis oferecem, para a execução de obras, elementos de um mesmo sistema construtivo, facilitando a execução dos trabalhos e, ao mesmo tempo, com compatibilidade a outros sistemas construtivos, com diversos materiais de acabamento, tendo grande flexibilidade de aplicação. É constituído por materiais de grande durabilidade e leveza, sendo de fácil manuseio e transporte aos locais de aplicação. Sua montagem ocorre de forma simples, podendo-se colocar os painéis de forma manual e conectarem-se uns aos outros, mediante o uso de uma pistola pneumática (grampeadeira), ou com uso de arame recozido e alicate. Pela continuidade do poliestireno presente nos painéis, vedação com o sistema construtivo, possui alta capacidade isolante, evitando qualquer possibilidade de pontes térmicas (BERTOLDI, 2007).

2.4.2 Composição do painel

O sistema Monolite é composto por um painel industrializado modular, pré-fabricado, leve, tipo “sanduíche”, com núcleo de EPS, reforçado com telas eletrossoldadas em suas duas faces, ligadas ao EPS por conectores de aço, recebe revestimento de concreto ou argamassa, que são aplicados nas obras (ABRAPEX, 2015).

2.4.3 Poliestireno Expandido

EPS é a sigla internacional do Poliestireno Expandido. No Brasil, é mais conhecido como "Isopor®", marca registrada da Knauf Isopor Ltda., e designa, comercialmente, os produtos de poliestireno expandido, comercializados por essa empresa (ABRAPEX, 2015).

Segundo SOUZA (1992). O EPS é um plástico celular rígido, composto de pérolas milimétricas, capazes de expandir até 60 vezes o seu tamanho original, através de vapor, fundindo-se e moldando-se em formas diversas. Segundo a NBR 11752 (1993), o EPS é um “Material fabricado pela expansão de pérolas pré-expandidas de poliestireno, moldadas em sua forma definitiva ou cortadas de blocos produzidos por um processo contínuo ou descontínuo. ”

Segundo a NBR 11752 (1993), os produtos de EPS podem ser fabricados nas condições de não retardante à chama ou retardante à chama.

De acordo com ABRAPEX (2015), estima-se que anualmente, são consumidos no mundo uma quantia de 2,5 milhões de toneladas de EPS, deste montante o Brasil consome aproximadamente 40 mil toneladas por ano de EPS, sendo que deste total utilizado ficam subdivididos em 45% foram destinados à construção civil nas diversas formas de uso do material, outra parte chegando a 42% destinada a embalagens industriais, e cerca de 13% destinado a artigos de consumo.

A espuma de poliestireno expandido é um material considerado ecologicamente correto, pois o mesmo não contamina o solo, a água e o ar, além de ser reciclável e reaproveitado, voltando à condição de matéria-prima.

2.4.4 Tela Soldada

O aço utilizado poderá ser do tipo comum, zincado, galvanizado a quente e inoxidável, adequados às necessidades de aplicação e que garantam estabilidade e integridade ao longo do tempo.

2.5 Utilização do sistema construtivo

As aplicações do sistema construtivo são variadas, desde a execução de obras simples, como casas de conjuntos habitacionais horizontais, até a execução de obras verticalizadas.

2.6 Processo de montagem dos painéis de Poliestireno

A primeira etapa é preparar as fundações, para pequenas obras é aconselhável o uso de sapatas corridas ou baldrames e para edificações de maior porte ou com solos menos resistentes é satisfatória a utilização de radies.

As ligações entre os painéis de Poliestireno e a fundação é importante, pois, essa ligação garante a continuidade estrutural, entre fundações e paredes. Na figura 3, demonstra os arranques para o início de montagem dos painéis. O montador deve fixar os painéis nos arranques previamente colocados com o auxílio de um grampeador ou simplesmente com arame recozido e torquês.

FIGURA 3 - Montagem de painéis.

Fonte: Disponível em: <http://www.cassaforma.com.ar/>. Acesso em 10 out. 2015

As figuras 3 e 4 são orientações, com relação ao posicionamento dos elementos de travamento e fixação dos painéis montados, como também, a forma de fixá-los. As telas de aço são sobrepostas no encontro dos painéis para que sejam solidarizadas.

Para garantir o prumo e o alinhamento dos painéis são utilizadas réguas de alumínio, que se fixam, horizontalmente nos painéis, a cerca de 2 m do piso.

As escoras reguláveis são colocadas na diagonal e perpendicular às réguas, reguladas para garantir a verticalidade dos painéis. Alternativamente, nas regiões onde as réguas e escoras metálicas não são encontradas com facilidade, podem-se usar simplesmente sarrafos de madeira. Após a colocação de todos os painéis de

uma parede sobre a base e procede ao reforço de cantos e encontros com cantoneiras da mesma malha de aço utilizada nos painéis, estas são fornecidas no mesmo lote. Nos cantos das aberturas destinadas a portas e janelas, devem-se colocar pedaços da malha em posição diagonal em relação aos fios do painel - procedimento previsto para absorver tensões comuns nesses pontos e evitar trincas eventuais.

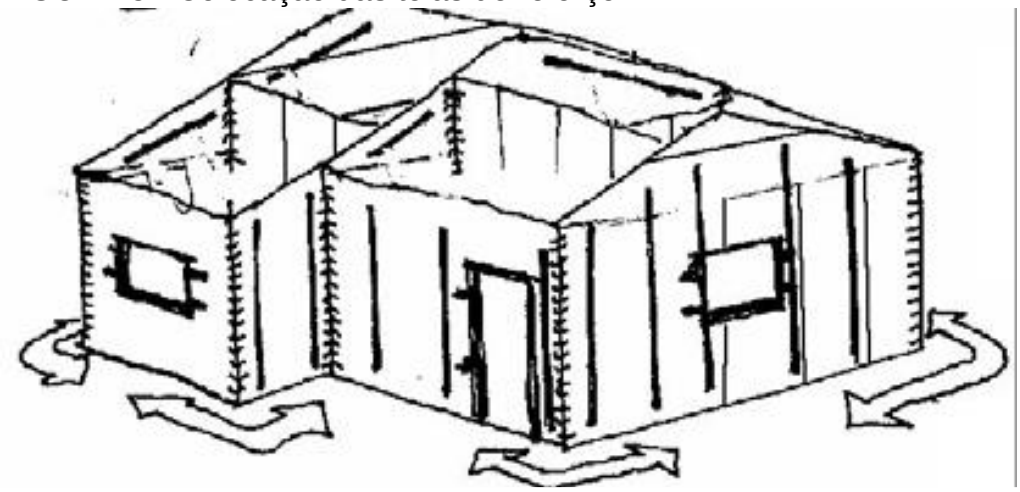
FIGURA 4 – Montagem.

Fonte: Disponível em: <http://www.monolite.com.br/sistema-monolite>. Acesso em 10 out. 2015.

2.6.1 Colocação das armaduras de reforços

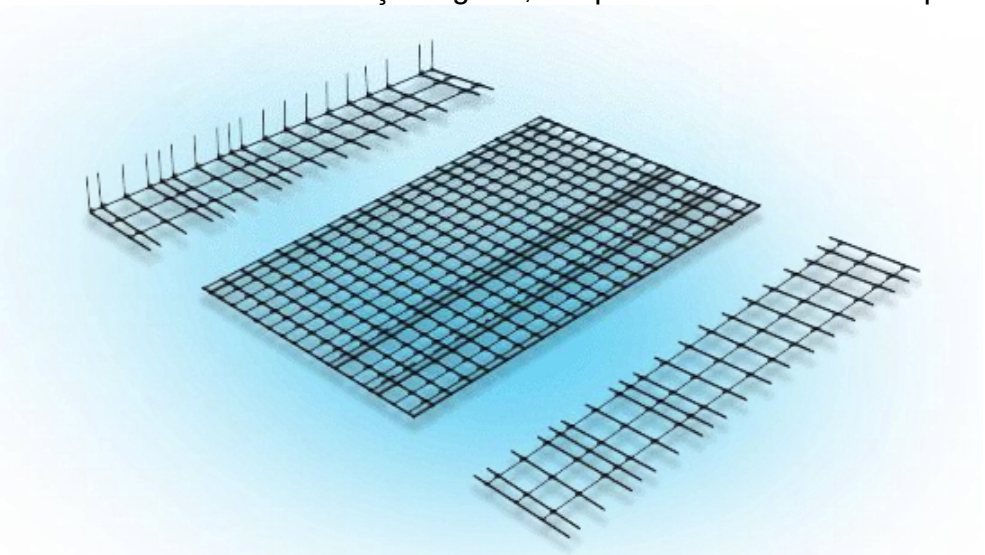
Segundo BERTOLDI (2007), após a montagem e correto posicionamento dos painéis constituintes dos elementos de vedação é necessário efetuar a instalação de telas de reforço, em locais específicos, como demonstrado, na FIGURA 5, pois, elas irão dar continuidade estrutural aos elementos, tornando a estrutura metálica contínua.

FIGURA 5 - Colocação das telas de reforço.



Fonte: Disponível em: <http://www.cassaforma.com.ar/>. Acesso em 10 out. 2015

FIGURA 6 - Telas de reforço angular, traspasse de telas e Telas planas de reforço.



Fonte: Disponível em: <http://www.cassaforma.com.ar/>. Acesso em 10 out. 2015

E para reforço nas aberturas feitas na alvenaria VON KRUGUER (2000) discorre que: “Para o reforço de cantos e vãos de portas e janelas, coloca-se trechos de tela soldada fixados na diagonal, possibilitando absorção das tensões comuns nestes pontos e evitando eventuais trincas. ”

2.6.2 Colocação das instalações elétricas e hidro-sanitárias

Segundo MAMMINI (1998), com o conjunto de painéis e reforços instalados, a próxima fase é o posicionamento das tubulações embutidas das instalações elétricas e hidráulicas como demostrado nas FIGURAS 7 e 8. Inicialmente, marca-se

de acordo com o projeto, o traçado dos tubos com uma simples tinta em spray. Com um gerador de ar quente ou um maçarico a gás, que recebe um tubo metálico na ponta cobrindo a chama viva que poderá queimar o EPS, rapidamente são abertas as fendas por onde a tubulação vai passar, seguindo as marcas da tinta.

FIGURA 7 - Riscando e cortando o EPS com soprador de ar quente para colocar a tubulação elétrica e hidráulica.

Fonte: Disponível em: <http://www.monolite.com.br/sistema-monolite>. Acesso em 10 out. 2015.

FIGURA 8 - Fixação dos elementos de elétrica e hidráulica antes do revestimento.

Fonte: Disponível em: <http://www.monolite.com.br/sistema-monolite>. Acesso em 10 out. 2015.

> Os tubos serão colocados sob a malha e, através dela, montando-se todo o conjunto em pouco tempo. As saídas de hidráulica e as caixas da instalação elétrica devem ser fixadas na malha de aço e reguladas, para que fiquem no mesmo plano da face concluída do revestimento. Concluídas as instalações das tubulações, pode-se iniciar o revestimento (MAMMINI, 1998, p.54).

FIGURA 9 - Corte do painel e colocação da tela de reforço em detalhe.

Fonte: Disponível em: <http://www.monolite.com.br/sistema-monolite>. Acesso em 10 out. 2015.

2.6.3 Projeção e concretagem dos painéis

O revestimento é aplicado em duas camadas: a primeira preenche a superfície do EPS até facear com a malha de aço.

Após a cura total dessa primeira camada, inicia-se a colocação dos batentes e caixilhos. Uma vez fixados, nivelados e aprumados, os batentes e caixilhos devem ser protegidos, para que não sejam danificados pela argamassa projetada da segunda e última camada. Esta deve ser aplicada da mesma forma que a primeira, até atingir a espessura indicada em projeto e desempenada para acabamento.

Nas áreas determinadas, a aplicação dos azulejos é feita com argamassa industrializada, nas outras, se a especificação é de acabamento fino, aplica-se gesso ou massa corrida, como ocorreria em uma alvenaria convencional.

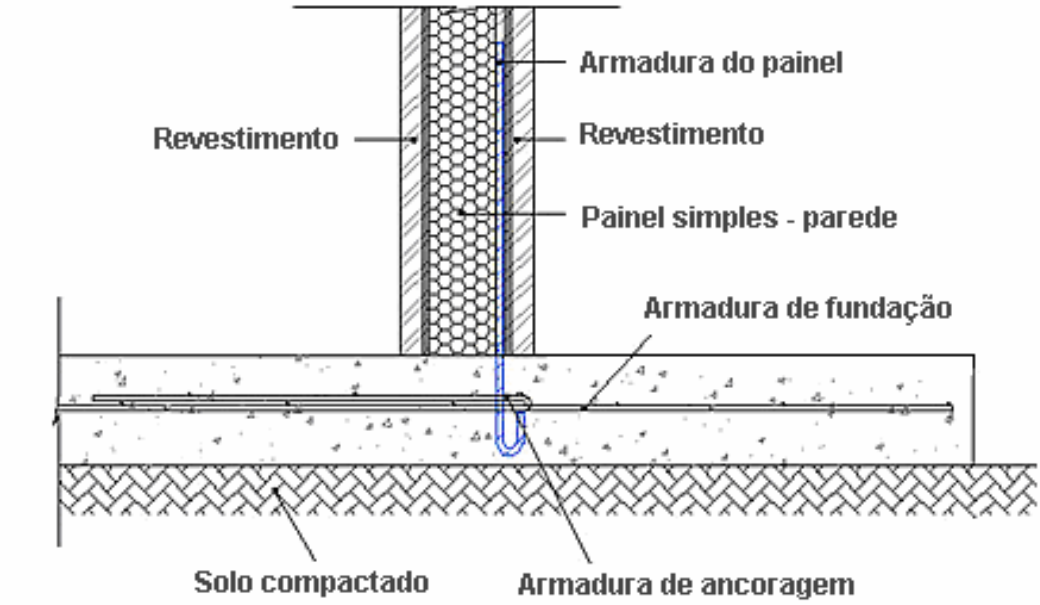
Outros acabamentos como pisos e pinturas, poderão ser feitos pelos processos convencionais. O aspecto final desse tipo de construção é praticamente igual ao de uma obra convencional em alvenaria, mas os ganhos de conforto para o usuário, tempo de construção, custo e qualidade estrutural serão maiores.

2.7 Detalhes construtivos

Os detalhes construtivos e de armadura são importantes para que se passem aos executores, os conhecimentos mínimos necessários para a perfeita execução do processo e construção, pois, eles irão garantir, desde as fundações e ao longo do processo construtivo, a ancoragem, entre os elementos constituintes do processo, como a interligação, entre os painéis, como a sua união com outros elementos, no caso das esquadrias.

As ancoragens, nas fundações, poderão ocorrer, colocando-se as esperas alinhadas, em uma única face, de onde estará a parede, como demonstra a figura 10.

FIGURA 10 - Detalhe de ancoragem do painel a fundação.

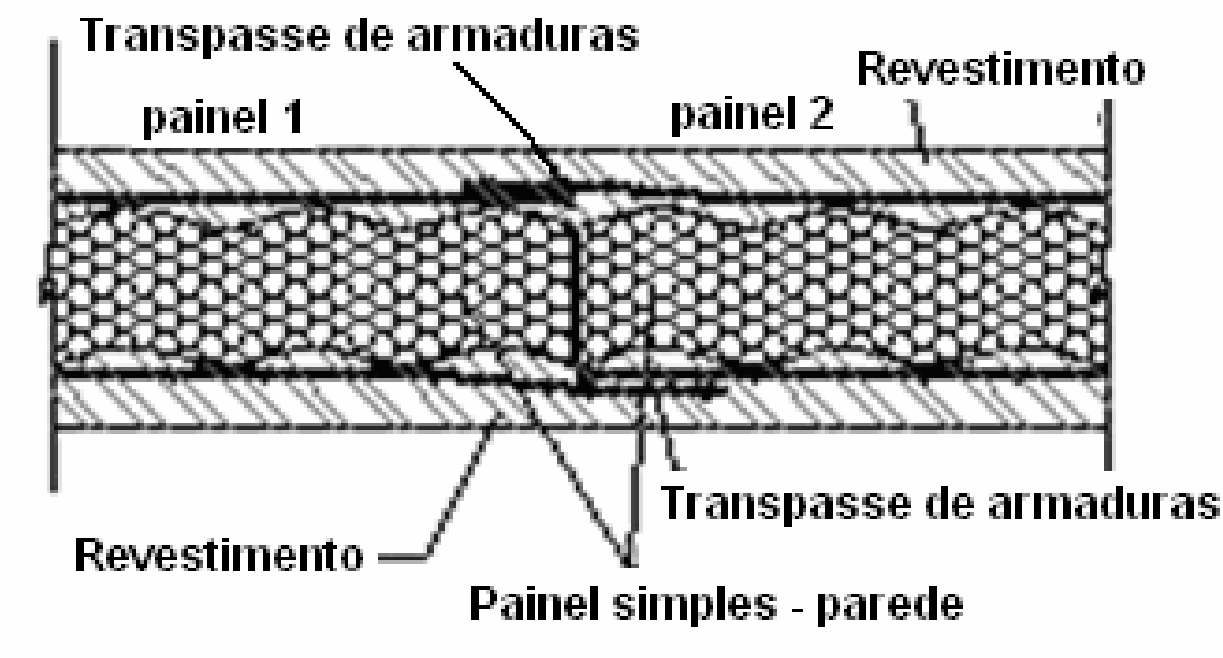


Fonte: Disponível em: < http://www.fridulsa.com.uy/>. Acesso em 10 out. 2015.

O encontro entre os painéis pode ocorrer de várias formas, encontro de painéis contínuos, de canto, em forma de “L” e perpendicular, em forma de “T”. Na primeira situação ocorre um transpasse das telas dos próprios painéis, como demonstra a figura 11, em situações de encontro de canto, internamente, a própria tela do painel é suficiente para execução do transpasse, sendo necessário, somente externamente, a colocação de malhas auxiliares, figura 12. Em situação de encontro de painéis perpendiculares, como se vê na figura 13, deve-se executar o reforço, em

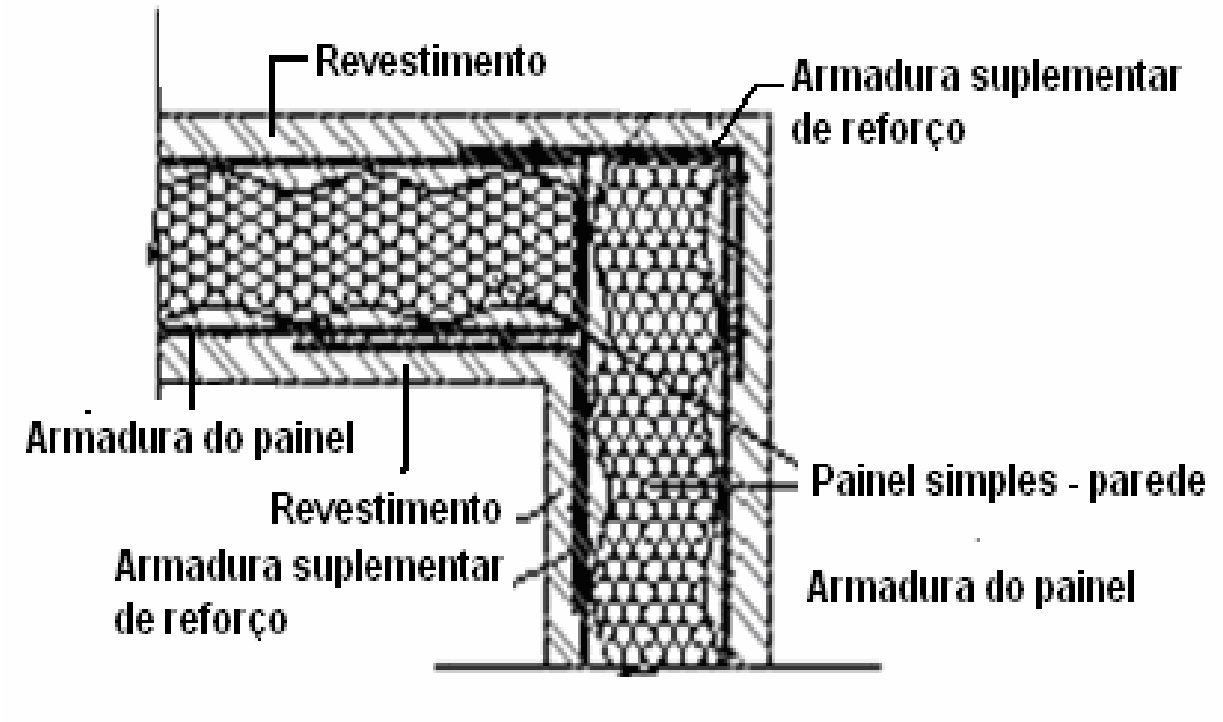
ambas as faces, aproveitando a existente de um lado do painel, adicionando como no caso anterior o do lado oposto.

FIGURA 11 - Encontro de painéis paredes.



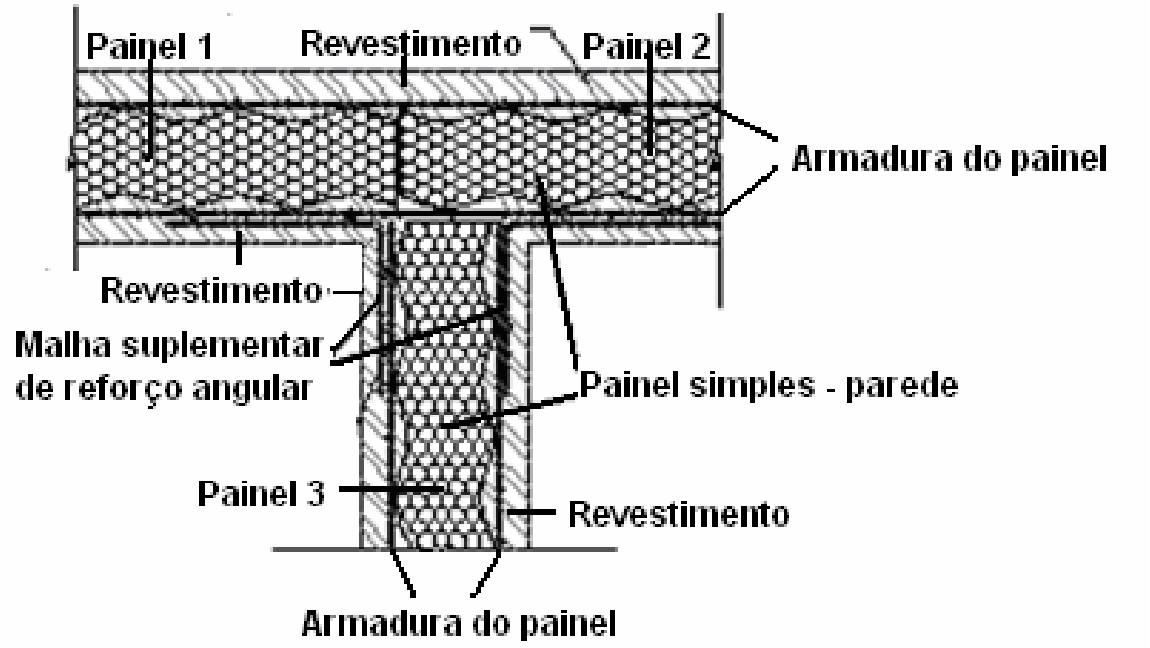
Fonte: Disponível em: < http://www.fridulsa.com.uy/>. Acesso em 10 out. 2015.

FIGURA 12 - Encontro de painéis parede de canto.



Fonte: Disponível em: < http://www.fridulsa.com.uy/>. Acesso em 10 out. 2015.

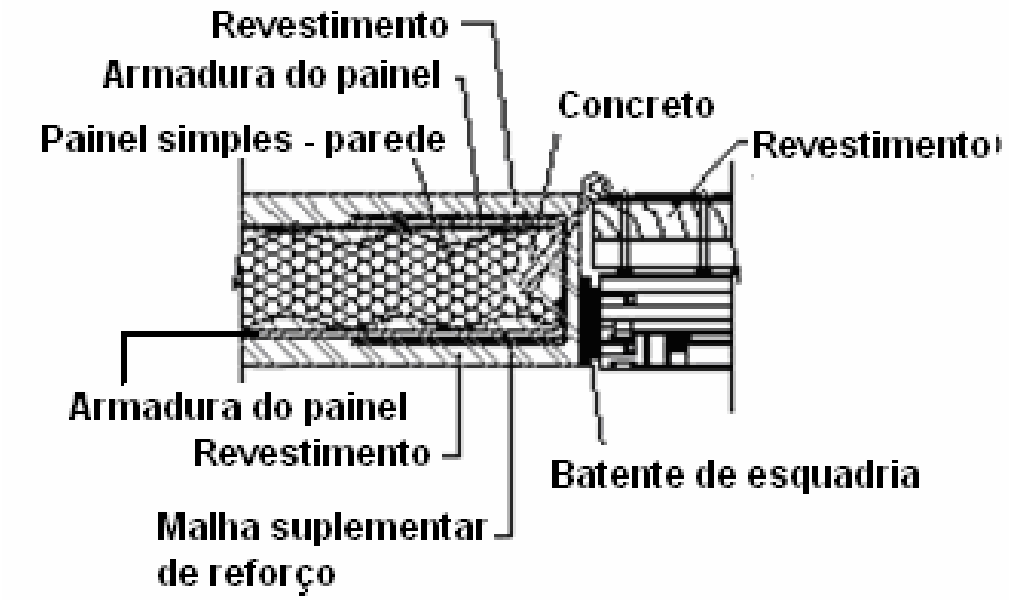
FIGURA 13- Encontro de painéis parede em forma de “T”



Fonte: Disponível em: < http://www.fridulsa.com.uy/>. Acesso em 10 out. 2015.

Nos vãos, para a colocação de esquadrias, deve-se colocar, ao longo do perímetro exposto do painel, onde sofreu seu recorte, uma malha de reforço em forma de “U”, a qual irá dar continuidade à malha, entre as faces interna e externa. Desta forma dando resistência aos vãos recebendo as esquadrias conforme se vê, na figura 14.

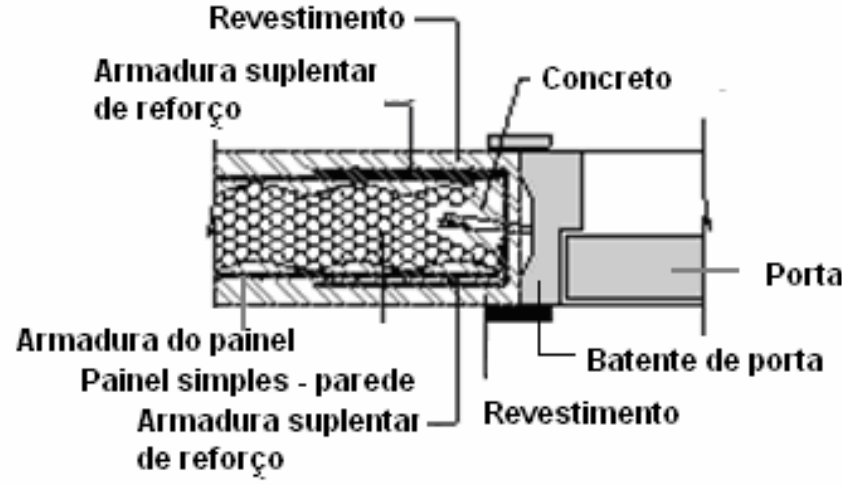
FIGURA 14 - Encontro do painel parede e esquadria.



Fonte: Disponível em: < http://www.fridulsa.com.uy/>. Acesso em 10 out. 2015.

Da mesma forma que nos vãos de janelas, os de porta deverão ser reforçados com malhas de reforço, em forma de “U”, dando continuidade às telas das faces do painel, protegendo o núcleo de poliestireno e reforçando-o de forma a ter resistência para receber a esquadria.

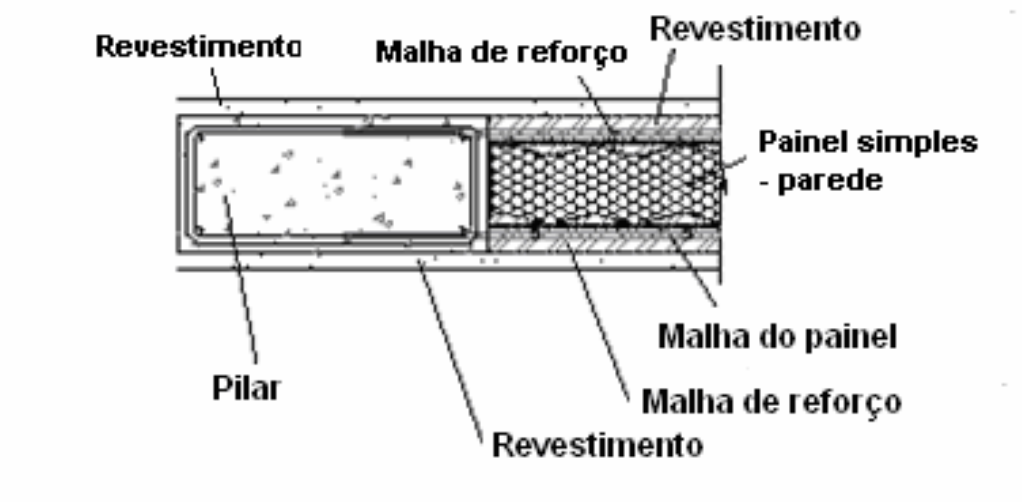
FIGURA 15 - União de painel parede e esquadria



Fonte: Disponível em: < http://www.fridulsa.com.uy/>. Acesso em 10 out. 2015.

No encontro dos painéis com elementos estruturais de concreto armado, pilares e vigas, é necessária a execução de sua ancoragem, como se vê, na figura 16, pois, elas darão continuidade estrutural às telas existentes nas faces dos painéis e os outros elementos. A figura 16 é um detalhe, em planta, que mostra ancoragem de um painel parede com um pilar.

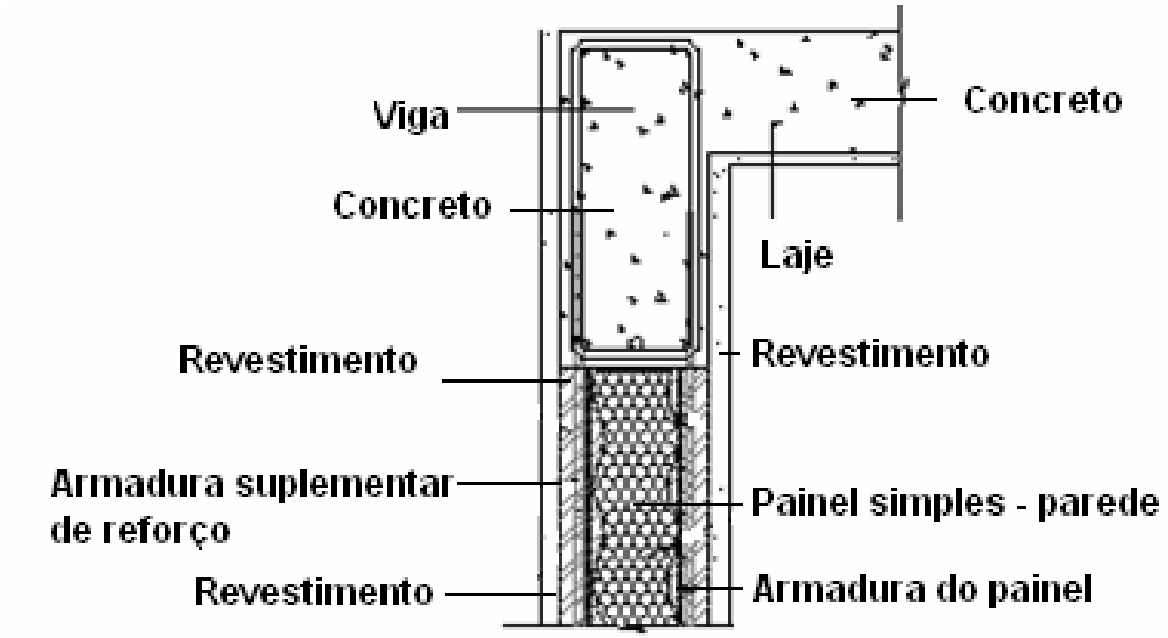
FIGURA 16 - União de painel parede com pilar.



Fonte: Disponível em: < http://www.fridulsa.com.uy/>. Acesso em 10 out. 2015.

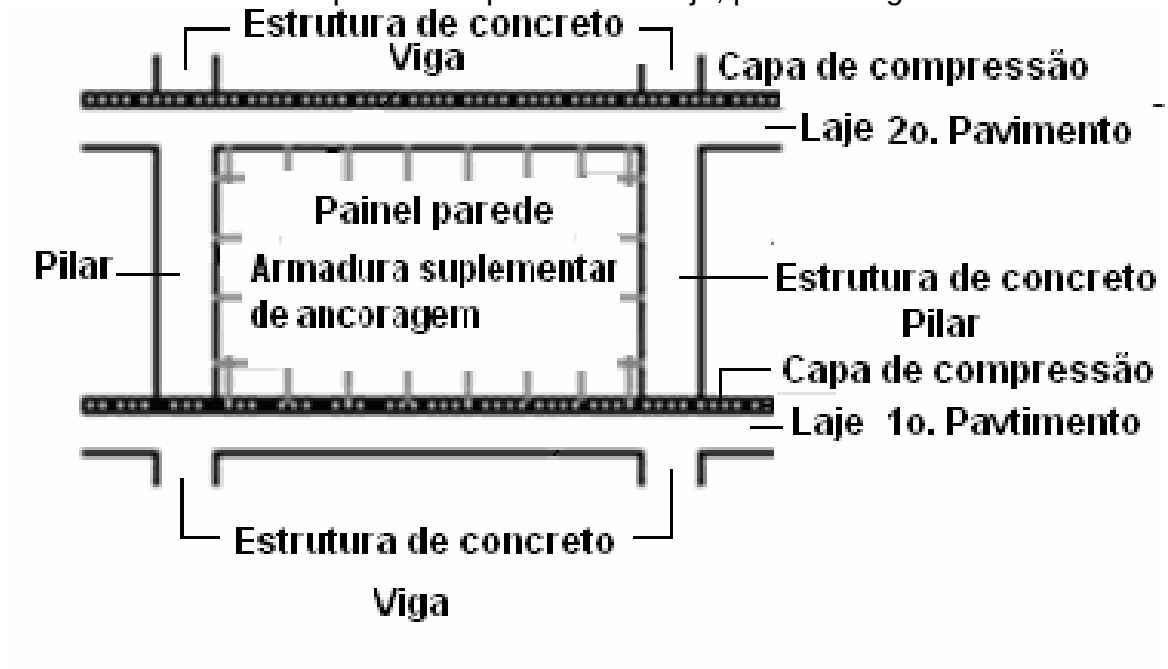
A figura 17 mostras, em corte, a ancoragem do painel parede, em uma viga. A figura 18, mostra os quatro lados do painel parede, ancorado nos pilares laterais, piso e viga de teto.

FIGURA 17 - União de painel parede com viga do pavimento superior – vista em corte.



Fonte: Disponível em: < http://www.fridulsa.com.uy/>. Acesso em 10 out. 2015.

FIGURA 18 - União de parede de painéis com laje, pilares e viga – vista frontal



Fonte: Disponível em: < http://www.fridulsa.com.uy/>. Acesso em 10 out. 2015.

2.8 Desempenho térmico

Segundo BERTOLDI (2007), o desempenho térmico de uma edificação, é função do desempenho térmico das partes que a compõem, vedações e cobertura.

De acordo com a ACEPE (2015), a estrutura de células fechadas, cheias de ar, dificultam a passagem do calor o que confere ao EPS um grande poder isolante.

O uso do EPS como isolante térmico representa grande economia de energia no aquecimento ou resfriamento de ambientes.

2.9 Desempenho ambiental

Segundo LEITE (2001) a reciclagem de resíduos sólidos provenientes da construção civil tem sido uma boa alternativa de redução de impactos ambientais diminuindo a extração desordenada de matéria-prima do meio natural e contribuindo também com a diminuição de áreas de disposição, como aterros e lixões. Desta forma, pode ser reaproveitado de forma sustentável dentro do próprio setor da construção civil isso é um grande desafio para o meio técnico – científico, no sentido de inovar esse quadro.

A prática da construção civil é um dos principais geradores de resíduos sólidos, sendo em grande quantidade e diversificada, isso se dá devido à falta de conscientização ambiental assim como a falta de planejamento e a mão de obra não qualificada, contribuindo para o acréscimo dos problemas ambientais.

Segundo TESSARI (2006), para alcançar um estágio de sustentabilidade é fundamental uma mudança de postura por parte da sociedade com ênfase para os atores envolvidos na cadeia produtiva da construção civil, com a adoção de ações efetivas que possibilitem a eles aprender a avaliar seu bem-estar e as condições ambientais, implementar medidas corretivas a curto prazo com o objetivo de reduzir os danos ambientais e também, o uso dos recursos naturais não renováveis, priorizando a eficiência e a reciclagem.

De acordo com informações da ABRAPEX (2015), o EPS é caracterizado como um material plástico na forma de espuma com microcélulas fechadas, composto basicamente de 2% de poliestireno e 98% de vazios contendo ar, na cor branca, inodoro, 100% reciclável e não poluente.

2.10 Comparações

Em BERTOLDI (2007) na tabela a seguir, são demonstradas as diferentes espessuras de vedações necessárias para se obter uma mesma transmitância térmica, com painéis do sistema construtivo e sua equivalência em vedações executadas, com alvenaria de blocos cerâmicos.

TABELA 1 – Comparações entre as espessuras das placas de EPS e Alvenaria Cerâmica

Descrição	**Espessura EPS (mm)**	**Desnsidade EPS (Kg/m³)**	**Espessura painel Argamassado (mm)**	**Espessura equivalente alvenaria cerâmica (mm)**	**Transmitencia Termica (w/m²k)**
Painel-25	25	10	80	280	1,26633
Painel-50	50	10	110	550	0,720
Painel-90	90	10	150	980	0,430
Painel-140	140	10	200	1510	0,289

Fonte: BERTOLDI (2007), p. 61.

Os painéis demonstram um desempenho térmico satisfatório, possibilitando adequá-la às mais variadas condições climáticas, a fim de proporcionar conforto, com um ganho significativo na espessura da alvenaria quando comparada com alvenaria de vedação cerâmica.

SOUZA (2009) apresenta resultados de análises sobre uma edificação com 42,30 m², em termos de produtividade de mão de obra para cada sistema construtivo estudado sem a consideração da existência de revestimento de argamassa sobre as paredes de alvenaria de vedação cerâmica, considerando apenas o sistema construtivo em EPS com revestimento, já que não há hipótese de sua execução sem este revestimento. A tabela 2 e 3 apresenta o custo de mão de obra, apenas

pedreiro e servente dos sistemas construtivos, não entraram no custo do consumo de mão de obra desta tabela a infraestrutura, esquadrias e instalações.

TABELA 2 – Consumo de mão de obra, sem revestimento.

Profissional	**Quantidade de horas trabalhadas**	
	Alvenaria Cerâmica	**EPS**
Pedreiro	174,33	203,04
Servente	342,12	361,20
Total	516,45	564,24
h/m²	12,21	13,34

Fonte: SOUZA (2009), p. 142.

Esta diferença na quantidade de mão de obra do sistema EPS pode ser atribuída devido às características do sistema que demanda maior tempo na execução e montagem dos painéis, visto que o mesmo já recebe revestimento, enquanto o outro sistema foi analisado sem a consideração da existência de revestimento de argamassa.

A tabela 3 a seguir considera a existência de revestimentos de argamassa nos sistemas construtivos.

TABELA 3 – Consumo de mão de obra, com revestimento.

Profissional	**Quantidade de horas trabalhadas**	
	Alvenaria Cerâmica	**EPS**
Pedreiro	304,91	203,04
Servente	519,33	361,20
Total	824,24	564,24
h/m²	19,49	13,34

Fonte: SOUZA (2009), p. 143.

O que conclui SOUZA (2009), ao analisar a tabela 3 é que o sistema construtivo que apresentou menor consumo de mão de obra na sua execução foi o sistema Monolite em EPS, com 564,24 horas, enquanto o sistema construtivo com blocos de vedação cerâmico apresentou um consumo de 824,24 horas, representando um acréscimo de 46%.

SOUZA (2009), apresenta na tabela 4 a seguir, os custos diretos de cada sistema construtivo estudado, sem a consideração de revestimento de argamassa sobre as paredes de alvenaria de vedação cerâmica.

TABELA 4 – Custos diretos dos sistemas construtivos, sem revestimento:

Sistema construtivo	**Alvenaria Cerâmica**	**EPS**
Material (R$)	16.211,57	19.918,40
Mão de Obra (R$)	8.712,94	8.933,15
Custo Total (R$)	24.924,51	28.851,55
Custo R$/m²	589,23	682,07

Fonte: SOUZA (2009), p. 144.

Verifica-se que o sistema que apresentou maior custo foi o sistema em EPS. Deve-se considerar, entretanto que o mesmo já contempla o revestimento nas paredes.

A tabela a seguir SOUZA (2009), apresenta os custos diretos dos sistemas, considerando revestimento de argamassa sobre as paredes.

TABELA 5 – Custos diretos dos sistemas construtivos, com revestimento:

Sistema construtivo	**Alvenaria Cerâmica**	**EPS**
Material (R$)	17.136,06	19.918,40
Mão de Obra (R$)	10.552,03	8.933,15
Custo Total (R$)	27.688,09	28.851,55
Custo R$/m²	654,56	682,07

Fonte: SOUZA (2009), p. 145.

TABELA 6 – Súmula dos dados técnicos dos sistemas estudados com revestimento:

Item	SISTEMA CONSTRUTIVO ESTUDADO	
	Alvenaria Cerâmica	**EPS**
Custos diretos (em 1.000 R$)	27,69	28,85
Custos por m² (R$/m²)	654,56	682,07
Consumo de mão de obra	824,24	564,24
Resistencia à Compressão (MPa)	1,50	15,50
Prazo de construção (dias)	18	11
Transmitância Térmica (U) – W/m²K	2,38	0,54
Resistência Térmica (RT) – m²K/W	0,42	1,84

Fonte: SOUZA (2009), p. 148.

Com a utilização de vedação cerâmica há um tempo estimado para a construção do modelo arquitetônico estudado por (SOUZA, 2009) de 18 dias, em contrapartida o sistema em EPS apresentou tempo estimado para a construção de 11 dias, tendo um ganho de quase 40% em relação ao tempo gasto na construção de vedação cerâmica, esta diferença pode ser atribuída pelo fato destes blocos cerâmicos necessitarem de rasgos e enchimento para passagem das tubulações, assim como de chapisco para poder ser rebocada. O sistema em EPS também apresenta elevada resistência à compressão 15,50 Mpa, enquanto a vedação cerâmica oferece uma resistência de 1,50 Mpa, sendo o EPS 10 vezes mais resistente, com resistência e transmitância térmica mais eficientes que o sistema de vedação cerâmica, com custo compatível com outros sistemas construtivos, segundo análise de R$ 682,07/m², enquanto o sistema construtivo em alvenaria de vedação cerâmica apresenta um custo segundo análise de R$ 654,564/m², 2% mais caro que o sistema convencional em vedação cerâmica.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema construtivo formado por argamassa projetada, em painéis compostos por núcleo de poliestireno e telas de aço eletrossoldadas, mostrou ser de grande facilidade de manuseio, mesmo tendo painéis de grandes dimensões. Apresenta boa produtividade na execução de obras com painéis do sistema construtivo, utilizando poucos equipamentos e ferramentas para sua execução, além de possibilitar redução de desperdícios de materiais na obra, com o reduzido uso de madeira e também com reduzida quantidade de entulho. Acredita-se que este sistema construtivo, além da sua viabilidade técnica, possibilita uma execução rápida e racionalizada, de modo a atender às exigências das construções contemporâneas e das normas vigentes.

O aspecto final desse tipo de construção é praticamente igual ao de uma obra convencional em alvenaria, mas os ganhos de conforto para o usuário, tempo estimado para construção, flexibilidade de aplicações, facilidade na execução de instalações elétrica e hidro sanitária, resistência à compressão, resistência à abalos sísmicos, transmitância térmica, resistência acústica, custo e qualidade estrutural serão maiores.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ABNT. **NBR 11752** – Materiais celulares de poliestireno para isolamento térmico na construção civil e em câmaras frigoríficas**.** Rio de Janeiro. ABNT. 1993. 5 p.

ABNT. **NBR 15.575** – Edificações habitacionais — desempenho – Método de ensaio. Rio de Janeiro. ABNT. 2013.

ABNT. **NBR 15270**: Componentes Cerâmicos Parte 1: Blocos Cerâmicos para alvenaria de vedação — Terminologia e requisitos**.** Rio De Janeiro: ABNT, 2005. 11 p.

ABNT. **NBR 7171** – Bloco cerâmico para alvenaria - Especificação. Rio de Janeiro. ABNT. 1992.

ABNT. **NBR 7170** – Tijolo maciço cerâmico para alvenaria. Rio de Janeiro. ABNT. 1983. 4 p.

ABIKO, Alex Kenya. **Introdução à gestão habitacional.** 1995. Disponível em: http://www.pcc.usp.br/files/text/publications/TT_00012.pdf. Acesso em 10 out. 2015.

ABRAPEX - Associação Brasileira do Poliestireno Expandido. Disponível em: <http://www.abrapex.com.br/>. Acesso em 10 out. 2015.

ACEPE - Associação Industrial do Poliestireno Expandido. 2015. Disponível em: http://www.acepe.pt/. Acesso em 10 out. 2015.

BERTOLDI, Renato Hercílio. **Caracterização de sistema construtivo com vedações constituídas por argamassa projetada revestindo núcleo composto de poliestireno expandido e telas de aço: dois estudos de caso em Florianópolis.** 2007. 144 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

LEITE, M. B. **Avaliação de propriedades mecânicas de concretos poduzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição**. Porto Alegre. Tese De Doutorado Em Engenharia Civil, Programa De Pós-Graduação Em Engenharia Civil, Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul, 2001.

MAMMINI, Osmar. O processo Monolite de construção com painéis de EPS. Techne, São Paulo, v. 37. 11/1998. Disponível em: http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/37/artigo285124-1.aspx. Acesso em 10 out. 2015.

SOUZA, M. (1992). A mágica da expansão. **Téchne 1**, Pini, p. 14-16, São Paulo.

SOUZA, A. C. A. G. **Análise comparativa de custos de alternativas tecnológicas para construção de habitações populares.** Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Católica de Pernambuco. UCS. Pernambuco, 2009.

TESSARI, Janaina. **Utilização de poliestireno expandido e potencial de aproveitamento de seus resíduos na construção civil.** 2006. 102 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

VON KRUGER, Paulo Gustavo. **Análise de painéis de vedação nas edificações em estrutura metálica.** 2000. 167 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2000.