



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

PÂMELA SOUZA DE OLIVEIRA

NOVAS TECNOLOGIAS PARA CONSTRUÇÃO DE PAREDES

UBÁ - MG
2018

PÂMELA SOUZA DE OLIVEIRA

NOVAS TECNOLOGIAS PARA CONSTRUÇÃO DE PAREDES

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil, da Faculdade Presidente Antônio Carlos de Ubá, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador (a): Dr.^a Suymara Toledo Miranda.

**UBÁ - MG
2018**

Dedico este trabalho a Deus.
À minha Família, em especial, aos meus pais.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus por ter me guiado, dado força e perseverança nos momentos difíceis que surgiram durante a graduação.

Agradeço também à minha querida orientadora, Dr^a. Suymara Toledo Miranda, pelo apoio e incentivos que me foram dados ao longo deste período de aprendizado e também, por ter acreditado na minha capacidade de desenvolver este trabalho.

Aos meus colegas da Graduação pelos bons momentos que compartilhamos. Agradeço ainda, de modo especial, a Beatriz, Wellington, Larissa e David, pelo companheirismo, conversas, e principalmente, pela amizade.

Agradeço aos queridos professores do Curso de Engenharia Civil, pelos conhecimentos transmitidos, visto que contribuíram muito para o meu desenvolvimento profissional e a melhora na elaboração deste trabalho.

À empresa Casa Jardim, em especial ao Eng. Felipe Augusto Mayrink Rocha, por valorizar o desenvolvimento e aprimoramento de seus colaboradores, além do apoio financeiro na realização desse curso.

Aos meus pais, Ronaldo e Lúcia, por todos os ensinamentos, amor e apoio incondicional em tudo. São os melhores pais do mundo e os tenho como espelho para minha vida.

Aos meus irmãos, Iago e Ícaro, companheiros de todas as horas, pelo incentivo e por sempre torcerem pelo meu sucesso.

Ao Ramiro, por estar sempre ao meu lado, desde o início desta jornada e que me ajuda a traçar minhas metas e sonhos.

De uma maneira geral, meus sinceros agradecimentos a todos aqueles que ajudaram de alguma forma em meu trabalho. Muito obrigada!

“A melhor maneira de prever o futuro é criá-lo.”

- Peter Drucker

RESUMO

O déficit habitacional continua sendo um desafio para o Brasil. Durante muitos anos, a construção civil fez o uso de sistemas de vedação convencionais em edifícios utilizando blocos cerâmicos, tijolos prensados de argila e blocos de concreto. Devido à facilidade, à disponibilidade no mercado, ao fator cultural e ao fato das pessoas estarem acostumadas a relacionar segurança estrutural à materiais maciços. No entanto, é relevante a necessidade de conhecer novas tecnologias para construção de paredes, em busca de condições de produção mais adequadas, tornando-as mais produtivas, racionais e sustentáveis. Nesse contexto, o trabalho de revisão bibliográfica abordou alguns dos novos sistemas que desempenham esta função, apresentando características, eficiências e sustentabilidade de cada sistema, tais como: parede de concreto, que tem como característica os elementos serem moldados na própria obra; sistema Monolite de painéis de Poliestireno Expandido (EPS), em que as paredes são revestida com telas de aço eletrossoldadas e posteriormente com argamassa lançada; *Light Steel Framing* (LSF), um método construtivo industrializado conhecido como “estrutura em aço leve”, que possui como principal elemento estrutural o aço galvanizado. Dessa forma, é fundamental o desenvolvimento de sistemas construtivos que atendam às características exigidas, tais como: mão de obra qualificada, simplificação dos processos e redução da execução, e que consigam suprir novas moradias à população em meio a uma pressão demográfica crescente.

Palavras-Chave: Parede de concreto. Parede de Poliestireno Expandido. *Light Steel Framing*.

ABSTRACT

The housing deficit remains a challenge for Brazil. For many years, construction has made use of conventional building fence systems using ceramic blocks, clay pressed bricks and concrete blocks. Due to the ease, market availability, cultural factor and consumption of people who are accustomed to relate a structural security to massive materials. However, it is necessary to know new technologies to build the walls, in search of longer production conditions, making them more productive, rational and sustainable. In this context, the work of bibliographic revision approached some of the new systems that stand out, presenting characteristics, efficiencies and sustainability of each system, such as: concrete wall, which has as characteristic the elements are molded in the work itself; Monolithic System of Expanded Polystyrene Panels (EPS), in which the walls are lined with welded steel screens and later with launched mortar; Light Steel Framing (LSF), an industrialized constructional method known as "light steel structure", which has as its main structural element galvanized steel. In this way, it is essential to develop constructive systems that meet the requirements, such as: skilled labor, simplification of processes and reduction of execution, and that can supply new housing to the population amid growing demographic pressure.

Keywords: Concrete wall. Expanded Polystyrene Wall. Lightweight steel frame.

1 INTRODUÇÃO

A partir da década de 70, com a necessidade de reduzir a escassez habitacional brasileira, verificou-se o surgimento de novos sistemas construtivos como alternativas aos produtos e métodos tradicionais até então usados, tendo em vista principalmente à racionalização e industrialização da construção. Tornou-se dessa forma, necessário o desenvolvimento de soluções para atender a procura e características exigidas, tais como mão de obra qualificada, produção padronizada, simplificação dos processos, insumos e possibilidade de controle rígido e redução do tempo de execução.

Durante muitos anos, a construção civil fez a utilização de sistemas de vedação convencionais em edifícios utilizando blocos cerâmicos, tijolos prensados de argila e blocos de concreto. Isso ocorreu devido à facilidade, à disponibilidade no mercado e ao fator cultural, ao fato das pessoas estarem acostumadas a relacionar segurança estrutural a materiais maciços.

No entanto, atualmente, existem novos materiais e sistemas para desempenharem esta função, tais como, parede de concreto, que tem como característica os elementos serem moldados na própria obra, sistema Monolite de painéis de Poliestireno Expandido (EPS), em que as paredes são revestidas com telas de aço eletrossoldadas e, posteriormente, com argamassa lançada, *Light Steel Framing* (LSF), um método construtivo industrializado conhecido como “estrutura em aço leve”, que possui como principal elemento estrutural o aço galvanizado.

Dado isso, torna-se relevante para este trabalho de conclusão de curso a necessidade de conhecer novas tecnologias para execução de paredes, em busca de condições de produção mais adequadas, tornando-as mais produtivas, racionais e sustentáveis. Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo realizar uma revisão bibliográfica, apresentando as novas tecnologias para construção de paredes aplicadas na execução de edificações, descrevendo como oferecer melhorias à construção através da redução do desperdício e de prazos, abordando sobre característica, eficiência e sustentabilidade de cada sistema.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Parede de concreto

2.1.1 Histórico

Em 2006, profissionais da ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland), ABESC (Associação Brasileira de Serviços de Concretagem) e IBTS (Instituto Brasileiro de Tela Soldada) fizeram visita técnica nas cidades de Bogotá, capital da Colômbia, e Santiago, capital do Chile, quando observaram que o sistema construtivo de parede em concreto é bastante comum nestes países, e poderiam trazer para o Brasil excelentes benefícios tanto em habitações populares, quanto de médio e alto padrões (ALVES; PEIXOTO, 2011).

No Brasil, atualmente, é preciso capacitação e prática para que a utilização de paredes de concreto moldadas *in loco* seja apresentada e se transforme em um método difundido, sendo este o motivo de poucas construtoras se arrisquem neste novo sistema (NOGUEIRA *et al.*, 2009).

2.1.2 Definição

Conforme Misurelli e Massuda (2009, p. 61), “sistema construtivo parede de concreto, a vedação e a estrutura são compostas por esse único elemento. As paredes são moldadas *in loco*, tendo embutidas as instalações elétricas, hidráulicas e as esquadrias”. As paredes são dimensionadas para suportar aos esforços horizontais e verticais, dispensando a necessidade de vigas e pilares (AMOEDO, 2013).

De acordo com Fonseca Júnior (2008), o sistema é recomendado para construções que têm grande repetitividade, como condomínios e edifícios residenciais e pode ser empregado nos seguintes casos: casas térreas e edifícios de até trinta pavimentos.

O sistema é mais interessante a partir do número de repetições, já que a fôrma possui um alto custo inicial, sendo até mais vantajoso que o método de alvenaria estrutural, segundo Alves e Peixoto (2011). A agilidade de execução é o principal critério de escolha desse sistema, visto que leva praticamente metade do tempo de construção se comparada com a alvenaria de vedação em blocos cerâmicos, levando em conta a elevação e o revestimento das paredes. Além do mais, esse prazo da vedação em blocos cerâmicos, pode se estender ainda mais, já que é

necessário considerar o tempo de cura da alvenaria para aplicação do revestimento (MONTENEGRO, 2010).

A Norma Brasileira (NBR) 16055 - “Parede de Concreto Moldada no Local para Construção de Edificações - Requisitos e Procedimentos”, regulamentada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), está em vigor desde maio de 2012, normatiza o dimensionamento e a execução de parede de concreto moldadas *in loco*.

2.1.3 Processo construtivo

O processo construtivo da parede de concreto tem início através da fundação, elemento estrutural destinado a transmitir ao terreno as cargas das estruturas, e deve ter resistência adequada para suportar as tensões causadas pelos esforços solicitantes (BARROS, 2011).

Segundo Misurelli e Massuda (2009) as fundações mais recomendadas para as paredes de concreto são: sapata corrida, radier, blocos de travamento de estacas e tubulões. Como o método de paredes de concreto tem em vista a industrialização da construção, é importante que a fundação mantenha o mesmo critério. Para construções em solo com boa capacidade de carga, o radier possui amplos benefícios em relação aos outros. Corsini (2011) confirma esse pensamento, visto que com a realização do radier, a base já fica nivelada, o que acaba por facilitar a montagem das fôrmas.

Após o término da fundação, ocorrem as seguintes etapas construtivas para a confecção das paredes de concreto:

- a) A preparação da armadura das paredes;
- b) Execução das instalações elétricas e hidrossanitárias;
- c) Montagem das fôrmas, mantendo toda a estrutura armada na parte interna;
- d) Lançamento do concreto no vão das fôrmas ocupando os espaços vazios;
- e) Desforma, em menos de 24 horas após a concretagem;
- f) Cura do concreto;
- g) Acabamento das paredes.

Sobre o aço, componente na confecção da parede de concreto, utiliza-se telas soldadas ou barras. Segundo Misurelli e Massuda (2009, p. 62), “a armação adotada no sistema paredes de concreto é a tela soldada posicionada no eixo vertical da parede. Bordas, vãos de portas e

janelas recebem reforços de telas ou barras de armadura convencional.”. Em edificações maiores, pode ser necessário fazer a utilização de armação nas duas faces da parede. “A montagem, o posicionamento e o cobrimento especificados para as armaduras devem ser verificados” (ABNT, 2012, p. 27).

A armação das paredes de concreto tem como função resistir às tensões de retração, devido à quantidade de concreto usado, além de suportar a outros esforços diretos e indiretos. Por isso, segundo a NBR 16055 (ABNT, 2012) caso sejam necessárias alterações, estas precisam ser informadas e aprovadas pelo projetista e responsável técnico da obra.

A montagem das ferragens se dá início pela armadura principal e posteriormente as armaduras de reforços e ancoragens de cantos e cintas. A montagem das telas soldadas e reforços deve seguir estritamente o projeto estrutural. Primeiramente, deve ocorrer a montagem da armadura principal e, em seguida, as armaduras de reforços, ancoragens de cantos e cintas, conforme demonstrado na FIG. 1 (MISURELLI; MASSUDA, 2009).

Figura 1 - Etapa de armação concluída



Fonte: Morquecho (2016, p. 11)

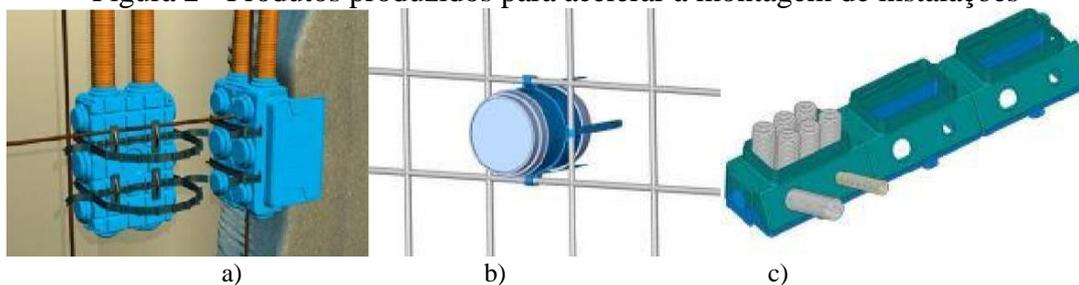
É relevante ressaltar que “as paredes devem ser construídas monoliticamente e com armadura de ligação, observada a armadura mínima” (ABNT, 2012, p. 12). Isso quer dizer que tem que ser considerada armadura mínima em todas as junções. “Além disso, o espaçamento entre barras de aço verticais e horizontais não pode ser maior que duas vezes a espessura da parede, sendo de no máximo 30 cm” (ABNT, 2012, p. 14).

Devem ser utilizados espaçadores para garantir o posicionamento das telas, a geometria dos painéis e o cobrimento de concreto estabelecido em projeto. Os espaçadores são dispostos no sentido horizontal e vertical, a cada 50 cm de distância (SILVA, 2010).

Deve-se proteger as caixas elétricas durante a concretagem para que não ocorra a obstrução dos eletrodutos. É indicado utilizar produtos próprios para paredes de concreto, que contam com tampas removíveis (BORGES, 2011).

Com o avanço do sistema, foram lançadas ferramentas e produtos capazes de promover maior agilidade nos processos, sobretudo na colocação das instalações, conforme FIG. 2 (MORQUECHO, 2016).

Figura 2 - Produtos produzidos para acelerar a montagem de instalações



- a) As cintas já vêm nas caixas de passagem; b) Dispositivo de passagem de eletrodutos;
c) Caixa shaft para transição entre laje e parede

Fonte: Polar (2018, p. 7)

Os eletrodutos e as caixas elétricas devem ser presos às telas soldadas, para que não se desloquem na concretagem (MORQUECHO, 2016). Os pontos elétricos e hidráulicos precisam ser verificados antes da montagem das fôrmas, visto que após o seu fechamento encerra-se a possibilidade de ajustes ou complementos. Não é usual após a concretagem o corte de paredes para embutimento de instalações, uma vez que possuem função estrutural (BASSETTE, 2016).

Logo após, acontece a colocação dos contramarcos¹. Segundo a ABCP (2002, p. 47) os contramarcos devem ser colocados antes da concretagem: “colocação prévia de contramarcos pré-fabricados em madeira, aço ou concreto diretamente no interior das fôrmas, concretagem e encaixe das esquadrias após desforma”.

Para a instalação dos caixilhos, parte da esquadria que sustenta e emoldura os vidros de portas e janelas, são utilizados parafusos, sistema de colagem ou uso de presilhas. O caixilho é posicionado faceando a parte interna do local, usando pingadeira². Com a utilização de silicone,

¹ Contramarcos: são a molduras, normalmente pré-fabricadas, utilizadas como definição dos vãos para a instalação das esquadrias, para que estas não sejam chumbadas diretamente na alvenaria (KISS, 2008).

² Pingadeira: é a linha com sulco, abaixo dos peitoris, que retém a lâmina d'água, resultando pingos que se projetam afastados da fachada (OLIVEIRA, 2008).

elimina a falta estanqueidade entre a parede e o caixilho, uma das falhas que acontece com frequência nas obras (MORQUECHO, 2016).

O sistema de fôrmas deve resistir a todas as pressões do lançamento do concreto até que este adquira resistência suficiente para a desfôrma, sendo que as fôrmas devem também ser estanques e manterem rigorosamente a geometria das peças moldadas (COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, 2016).

O preparo e posicionamento das fôrmas varia de acordo com o tipo utilizado, tais como: plástica e de alumínio. É indicado que o painel pese até 60 kg, um pouco mais que um saco de cimento. Essas fôrmas são manportáveis, ou seja, leves o suficiente para serem transportados manualmente por uma única pessoa (FONSECA JÚNIOR, 2008). Os painéis de fôrma plástica pesam 10 kg/m² e são pré-montados e numerados na fábrica. A montagem deve ser iniciada pelos painéis que formam o banheiro, por facilitar a colocação das instalações hidráulicas (SILVA, 2010). Já com as fôrmas de alumínio, FIG. 3, o painel pesa não mais que 18 kg/m², o que seria admissível para modulações de 0,60 m x 3,00 m (SILVA, 2009). Os painéis são posicionados segundo os eixos das paredes, que nesse momento já estarão marcados com a tela soldada (MORQUECHO, 2016).

Figura 3 - Fôrmas de alumínio



Fonte: Comunidade da Construção (2018)

O fechamento das fôrmas é realizado através de pinos e cunhas, junto de espaçadores internos que certificam o espaçamento dentro das mesmas, com a espessura da parede definida no projeto, e também resistem às solicitações provocadas pelo empuxo do concreto (SILVA, 2009).

Interessante destacar que as fôrmas metálicas, principalmente as de alumínio, proporcionam maior agilidade ao sistema, por não haver necessidade de elementos complementares para suportar à concretagem (SILVA, 2009).

Nos dois modelos de fôrmas para execução da parede de concreto, é indispensável a aplicação adequada de desmoldante, tais como: à base de água e parafina líquida (SILVA, 2009). Essa etapa é fundamental para o acabamento final do sistema, já que as fôrmas definem a aparência das paredes (COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, 2016).

É relevante constatar que a NBR 16055 (ABNT, 2012, p. 29) estabelece que:

A tolerância individual de desaprumo de elementos estruturais deve ser menor ou igual a $h/500$ ou 5 mm, adotando-se o menor valor, e que a tolerância cumulativa para desaprumo deve ser menor que 10 mm, sendo h a altura do pavimento expressa em milímetros.

No ato do recebimento do concreto usinado, é importante observar, além dos dados na nota fiscal, o tempo de transporte decorrido entre o início da mistura, contado a partir da primeira adição de água, até a entrega do concreto na obra, além de verificar o abatimento (*slump*), que corresponde a consistência desejada, especificada no projeto, permitindo adequado funcionamento do sistema. Com essa finalidade deve ser consultada e seguida a norma NBR 12655 - “Concreto - preparo, controle e recebimento” (ABNT, 2015). O procedimento da NBR NM 67 - “Ensaio de abatimento do concreto” (ABNT, 1998) e caso o concreto seja autoadensável, deve-se adotar a NBR 15823-2 - “Concreto autoadensável - Parte 2: Determinação do espalhamento e do tempo de escoamento - Método do cone de Abrams” (ABNT, 2010). Atestando dessa forma, que todos os cuidados foram tomados, visto que é relevante certificar a qualidade do concreto para a formação de uma boa estrutura (MORAIS, 2017).

No Brasil, são quatro os tipos de concreto recomendados para esse sistema construtivo: concreto celular, que apresenta alto teor de ar incorporado (até 9%), concreto com agregados leves, concreto convencional e concreto autoadensável (MISURELLI; MASSUDA, 2009).

O concreto convencional a ser utilizado deve possuir fluidez devida e agregados com tamanho máximo correspondente. De acordo com a NBR 16055 (ABNT, 2012), as paredes internas devem possuir no mínimo 8 cm de espessura. Após a colocação das instalações e das

ferragens, podem existir espaços onde o concreto, se não tiver *slump* indicado, acaba por não completar, originando nichos de concretagem³.

O concreto pode ser feito na obra ou usinado. Entretanto, o concreto mais indicado é o usinado, por funcionar em conjunto com o sistema e permitir o maior controle tecnológico. A utilização de aditivos superplastificantes e fibras pode ser realizada no caminhão betoneira no local da obra. A aplicação de fibra é interessante quando a parede possuir grandes dimensões, reduzindo o efeito da retração (MORQUECHO, 2016). “Recomenda-se o uso de concreto com fibras ou outros materiais que diminuam os efeitos da retração” (WENDLER FILHO, 2008, p. 10).

Após a finalização da montagem das fôrmas é realizada a concretagem das paredes. Segundo Sacht (2008), usualmente o concreto é lançado nas fôrmas utilizando caçambas içadas por guindastes, conforme FIG. 4, ou por meio de bombeamento. Porém, segundo a ABCP (2009), é indicada a utilização de bomba para o lançamento do concreto nas fôrmas, reduzindo, dessa forma, o tempo de concretagem, a perda e assegurando a trabalhabilidade do material.

Como as paredes são moldadas em uma única etapa, não são utilizados vibradores durante o lançamento, o concreto deve apresentar elevada fluidez e plasticidade (FIGUEROLA, 2013).

Figura 4 - Equipamento destinado a concretagem de parede de concreto



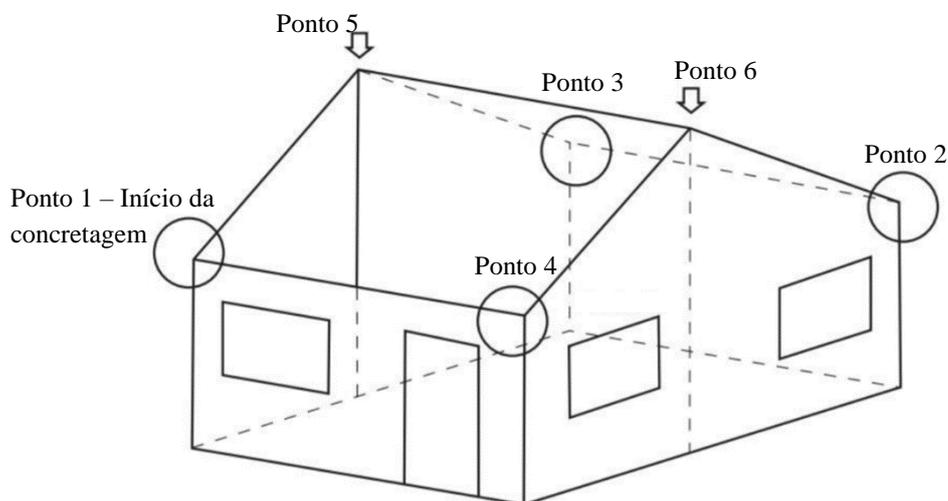
Fonte: Tecwall (2018)

³ Nichos de concretagem: popularmente conhecidos como bicheiras, podem afetar a durabilidade e resistência das estruturas de concreto, que poderão sofrer deformações ou até mesmo entrar em colapso. As principais causas do problema são as falhas no processo de concretagem da estrutura, por exemplo, no lançamento ou adensamento do concreto. Acontece quando, após a concretagem, alguns espaços, dentro da estrutura a ser concretada, acabam ficando vazios (FIGUEROLA, 2006).

Segundo Sousa e Ávila (2014), a aplicação do concreto nas fôrmas deve obedecer a um planejamento detalhado, levando em consideração as características do concreto que será utilizado, a geometria das fôrmas, o layout do canteiro e as características do empreendimento.

Para o caso de concreto autoadensável, faz-se necessário analisar e determinar os pontos e a ordem que será feita a concretagem, considerando a alta fluidez do concreto e assegurando que a massa fluida possa caminhar homogeneamente por meio das fôrmas e preenchendo todos os vazios sem dificuldade, para evitar a segregação do concreto⁴. O ideal é iniciar concretagem pelos cantos da construção, até que uma boa parte das paredes perto ao ponto esteja completamente cheia. Logo após, muda-se a posição em direção ao canto oposto, até que termine o revezamento dos quatro cantos opostos da estrutura. A concretagem é finalizada com o lançamento na parte mais alta das fôrmas (telhado), conforme demonstrado na FIG. 5 (SOUSA; ÁVILA, 2014). Segundo Misurelli e Massuda (2009), não devem existir pausas durante a concretagem com tempo maior que 30 minutos.

Figura 5 - Ordem para concretagem



Fonte: ABCP (2008, p. 87), adaptada pela autora

O concreto autoadensável tem como características a capacidade de preencher os espaços sem nenhuma intervenção mecânica e coesão suficiente para o preenchimento desses espaços, sem que haja separação dos seus elementos constituintes, o que proporciona ganho de tempo e redução de mão de obra (SANTIN, 2016). Assim com o concreto celular não possui a necessidade de ser adensado quando se aplica o mesmo aditivo super-fluidificante, os demais

⁴ Segregação do concreto: consiste na separação dos materiais componentes, ocorre com mistura de concreto por excesso de vibração durante o adensamento ou lançamento em alturas (FIABANI, 2010).

concretos devem ser adensados, para impedir defeitos no sistema (MISURELLI; MASSUDA, 2009, p. 62).

O adensamento deve ser cuidadoso, para que a mistura preencha todos os espaços da fôrma. Nessa operação, o executor deve tomar as precauções necessárias para impedir a formação de ninhos ou segregação dos materiais e para não danificar os painéis das fôrmas (janelas de inspeção).

“Deve ser evitada a vibração excessiva do concreto, que pode provocar a segregação do material e a migração de finos e água para a superfície (exsudação), de forma a não prejudicar a qualidade e o desempenho do acabamento” (ABNT, 2012, p. 34).

Posteriormente ocorre a desforma, em menos de 24 horas após a concretagem, as fôrmas são liberadas e podem ser reutilizadas em outro pavimento. Segundo Misurelli e Massuda (2009, p. 63), “a remoção das fôrmas deve ser feita após o concreto atingir a resistência característica prevista no projeto, sem impacto, evitando assim o aparecimento de fissuras”. Normalmente, a resistência à compressão apropriada para a desformar é de 3 MPa. A NBR 16055 (ABNT, 2012, p. 24) evidencia um cuidado nesse momento:

Nenhuma ação adicional não prevista nas especificações de projeto ou na programação da execução da estrutura de concreto deve ser imposta à estrutura ou ao sistema de escoramento sem que se comprove que o conjunto tem resistência suficiente para suportar com segurança as ações a que estará sujeito.

Logo após as fôrmas serem removidas, são colocadas ao lado da edificação para o procedimento de limpeza, utilizando a desmoldante visando dessa forma a próxima utilização. Sobre esse processo, Silva (2010, p. 25) expõe uma sugestão da empresa Easy Set Mills:

A empresa recomenda a lavagem das fôrmas após cada concretagem, com jatos de água, para evitar que o concreto fique impregnado nas fôrmas, dificultando a sua remoção posterior, bem como o uso de espátulas, embora o tipo a ser utilizado não seja especificado pela empresa. Recomenda também evitar quedas e impactos na superfície de contato.

A norma NBR 16055 (ABNT, 2012, p. 24) reforça a relevância de não remover o escoramento “enquanto não houver certeza de que os elementos estruturais e o sistema de escoramento têm resistência suficiente para suportar com segurança as ações a que estão sujeitos”.

Quanto à cura do concreto, devem ser realizadas medidas para prevenir o aparecimento de trincas e fissuras, provocadas pelas alterações de: temperatura, chuva forte, vento, secagem, vento, agentes químicos, choques e vibrações de grande intensidade (FIABANI, 2010).

A cura pode ser feita através de dois métodos principais: cura por molhagem e cura por membrana (películas impermeáveis/agentes de cura). A cura por molhagem consiste em umedecer o concreto com água, fazendo-se uso de uma mangueira, durante um período de tempo estabelecido (mínimo de três dias - molhando a parede pelo menos 5 vezes ao dia). Pode ser feita também mantendo as paredes cobertas com sacos de aniagem que serão periodicamente umedecidos, renovando-se o teor de água em contato com a parede (MORAIS, 2017).

A utilização de membranas impermeáveis, também chamadas de agentes de cura, consiste em passar uma fina camada de produto químico com características impermeáveis, evitando que o concreto perca a água de hidratação. O principal inconveniente desse processo é a necessidade de remoção dessa película, através de escovação ou lavagem das paredes com água quente, para assegurar a aderência do revestimento final (MORAIS, 2017).

Segundo Morais (2017), a parede de concreto tem como característica a redução da espessura das camadas de revestimento. Não havendo restrições quanto ao uso de qualquer tipo de revestimento, sendo exigidas apenas o cumprimento das especificações do fornecedor do material e, normalmente, são aplicados diretamente sobre a parede de concreto. É recomendável que o acabamento seja iniciado após uma cura da parede.

O revestimento interno das paredes dispensa a execução de chapisco, emboço e reboco, podendo receber várias variedades de revestimentos, tais como: pinturas, gesso, texturas, revestimentos cerâmicos, etc. A cobertura em gesso é a mais utilizada, sendo a espessura bastante reduzida, parecida com o sistema de alvenaria estrutural (SILVA, 2010).

Já o revestimento externo permite que sejam usadas texturas nas paredes sem intermédio ou revestimentos tipo monocapa. Esse revestimento é aplicado em uma única camada que faz, simultaneamente, a função de regularização e decorativa, muito utilizado na Europa. É industrializado e contém composição variável, geralmente de cimento branco, cal hidratada, vários agregados, pigmentos e aditivos diversos. Apresenta vantagens pela redução de custo e de tempo na obra, pois elimina o método de multicamadas (chapisco, emboço, reboco e pintura). Esse novo sistema poupa as etapas tradicionais dando velocidade ao canteiro de obra, resultando em alta produtividade e eficiência nos revestimentos (SILVA, 2011).

2.2 Parede com núcleo de Poliestireno Expandido

2.2.1 Histórico

A parede de EPS surgiu em 1980 em um projeto italiano, com o objetivo de atender às exigências técnicas, construtivas e climáticas da região. Foi desenvolvido por uma empresa chamada Monolite, na ocasião denominaram o sistema como Método Monolite. Tal projeto foi elaborado para uma região que era exposta ao risco de abalos sísmicos e a grande variação de temperatura, com verões muito quentes e invernos muito rigorosos. Dessa maneira a necessidade era de elaborar uma estrutura monolítica que não cedesse e juntamente promovesse um conforto térmico para os moradores (MAMMINI, 1998).

Segundo Bertoldi (2007), esse sistema chegou ao Brasil entorno de 1990, quando foi analisado pelo Instituto de Pesquisa Tecnológico de São Paulo (IPT), no qual foram executados ensaios necessários, de acordo com as Normas Brasileiras, os quais atingiram desempenho satisfatório. Porém, até o presente momento, a parede com núcleo de poliestireno expandido vem sendo muito pouco utilizada no país.

2.2.2 Definição

De acordo com Souza (2009), o sistema EPS é definido 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 e se obtém peças estruturais mais leves, consideravelmente delgadas e de alta resistência.

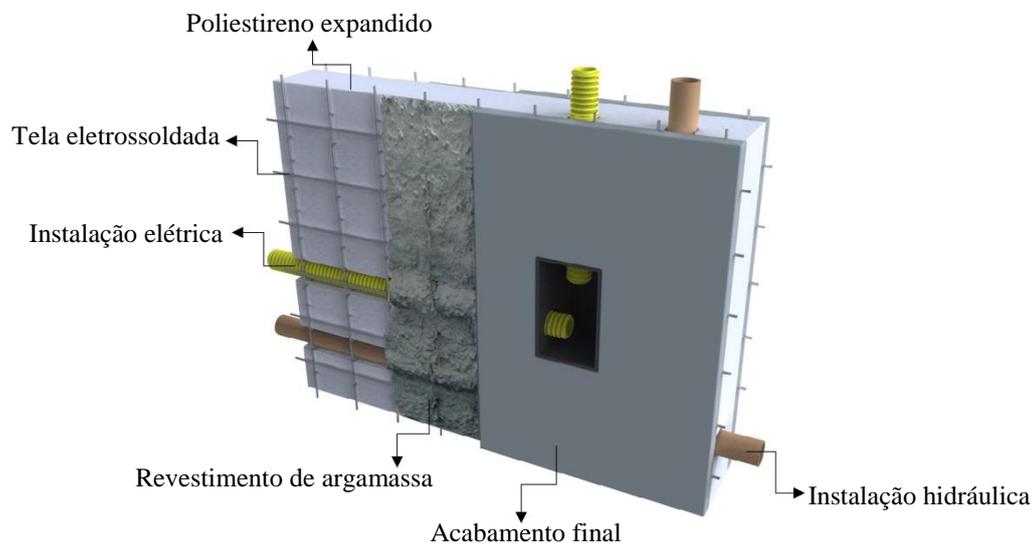
A parede de EPS é um método construtivo utilizado em muitos países pela possibilidade de atender exigências normativas de desempenho estrutural, conforto térmico e impermeabilidade. As aplicações são variadas, desde a execução de obras simples, como casas de conjuntos habitacionais horizontais, até a execução de obras verticalizadas (SOUZA, 2015).

É formado 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, que recebe revestimento de argamassa, lançados *in loco*, como pode ser observado na FIG. 6 (BERTOLDI, 2007).

Sua composição final é bastante leve, pesando entre 2,5 kg/m² a 4 kg/m², antes da aplicação da argamassa, enquanto as mesmas dimensões de alvenaria tradicional podem chegar a 120 kg/m² (ALVES, 2015).

Mostra-se competitivo, principalmente, devido à redução do prazo, tornando possível executar obras em um curto prazo. Dessa forma, o erguimento de uma parede de vedação em blocos cerâmicos, por exemplo, pode chegar a 17 horas, já a mesma parede de vedação, porém em EPS, precisa apenas de 7 horas para ser realizada já com as instalações embutidas. Desta forma, fica evidente o rendimento que se tem ao fazer uso de painéis de EPS para realizar a vedação de uma edificação (SIQUEIRA, 2017).

Figura 6 - Representação das diferentes camadas do sistema



Fonte: AEC web (2018), adaptada pela autora

2.2.3 Processo construtivo

O processo de execução da parede com núcleo de poliestireno expandido não demanda a utilização de ferramentas complexas e pesadas, como guias ou guinchos, e nem mesmo mão de obra especializada, pois os painéis apresentam leveza e são de fácil manuseio. Sendo necessário apenas que os trabalhadores cumpram com os processos já definidos, no projeto (BERTOLDI, 2007).

O processo de construção se inicia através da fundação, que vai depender do tamanho da obra e nível em que se encontra em relação ao solo. Segundo Souza (2015) em obras de pequeno porte é recomendada a utilização de sapatas corridas ou baldrame, e para edificações

de maior porte ou com solos menos resistentes é indicado o uso de radies. Para as edificações que ficam ao nível do solo, pode-se fazer o uso de uma fundação do tipo sapata corrida, devido ao baixo peso que deverá sustentar. Já em edificações que ficam acima do nível do solo, os painéis ficam apoiados em vigas ou lajes (MACHADO; PINTO, 2001).

Após o término da fundação, ocorrem as seguintes etapas construtivas para a confecção das paredes com o núcleo em EPS:

- a) Colocação de arranques nas fundações, vigas e lajes;
- b) Posicionamento dos painéis em EPS;
- c) Fixação dos painéis em EPS;
- d) Realização das instalações elétricas e hidrossanitárias;
- e) Lançamento da primeira camada de argamassa;
- f) Cura da primeira camada de revestimento em argamassa;
- g) Aplicação da segunda camada de argamassa, mantendo as características da primeira;
- h) Cura da segunda camada de revestimento em argamassa;
- i) Acabamento das paredes.

Conforme Bertoldi (2007), serão fixados arranques de aço com diâmetro de 5 mm, com comprimento de 30 cm acima do nível do piso, nas fundações, vigas e lajes nas quais os painéis serão apoiados são fixados, conforme demonstram as FIG. 7 e 8, que devem ser posicionados conforme o gabarito da obra. Segundo Souza (2015), a ligação entre os painéis de poliestireno e o elemento estrutural é essencial, uma vez que essa ligação assegura a continuidade estrutural, entre fundações e paredes. O montador deve fixar os painéis nos arranques com o ajuda de um grampeador ou com arame recozido e torquês.

Em edificações térreas, é indicado que se faça o piso do pavimento antes de prender os painéis nos arranques, proporcionando uma montagem mais eficaz e com menor geração de resíduos. Estas ancoragens podem ser realizadas situando as esperas de forma alinhada, mantendo-as em apenas uma das faces do painel, ou poderão estar posicionadas de forma alternada, com a ancoragem sendo utilizada nas duas faces dos painéis. A execução destas ancoragens requer precauções, visto que são responsáveis pela continuidade estrutural entre as telas de aço dos painéis e os elementos estruturais (BERTOLDI, 2007).

Figura 7 - Arranques em baldrame



Fonte: Ecolkit casas (2018)

Figura 8 - Arranques em vigas e lajes



Fonte: Telamarck (2018)

A montagem das paredes é feita de forma simples e manual, com a utilização de arame recozido e alicate ou mediante o uso de uma pistola pneumática (grampeadeira), sendo fixados aos arranques e aos painéis adjacentes, apoiados uns aos outros por malhas de aço que sobrepõe (BERTOLDI, 2007).

Para assegurar o prumo e o alinhamento dos painéis, são usadas réguas de alumínio, que são presas horizontalmente nos painéis a cerca de 2 m do piso e mantidas na vertical por escoras reguláveis que as mantêm travadas. Nas regiões onde as réguas e escoras metálicas não são encontradas com facilidade, podem-se usar simplesmente sarrafos de madeira como alternativa. (MACHADO; PINTO, 2001). A FIG. 9 representa como pode ser feito esse escoramento.

Figura 9 - Escoramento dos painéis

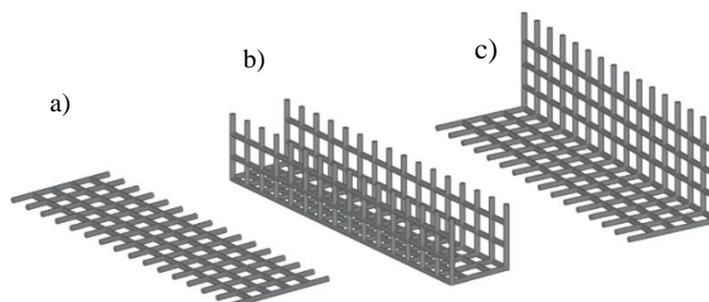


Fonte: Monolite (2018)

Segundo Bertoldi (2007), após a montagem e posicionamento correto dos painéis integrantes dos elementos de vedação, é preciso realizar a instalação de telas de reforço com o objetivo de formar uma estrutura única, interligando toda a montagem e fortalecer possíveis pontos críticos da estrutura.

O Sistema possui três tipos básicos de reforços, conforme o apresentado na FIG. 10, concebidos com arame de aço galvanizado de com malha, semelhantes à dos painéis. O reforço “liso” é utilizado para reforçar as aberturas de portas e janelas em cantos onde estão presentes os acúmulos de esforços, este reforço também é utilizado em painéis que perderam seu traspasse e em recortes para passagens de tubulações hidráulicas e elétricas. Já o reforço “U” é utilizado em todo o perímetro das aberturas, evitando assim que o revestimento dos painéis seja aplicado diretamente no EPS e o reforço “L” é aplicado em todo encontro de paredes perpendiculares (SOUZA, 2015).

Figura 10 - Tipos de reforços

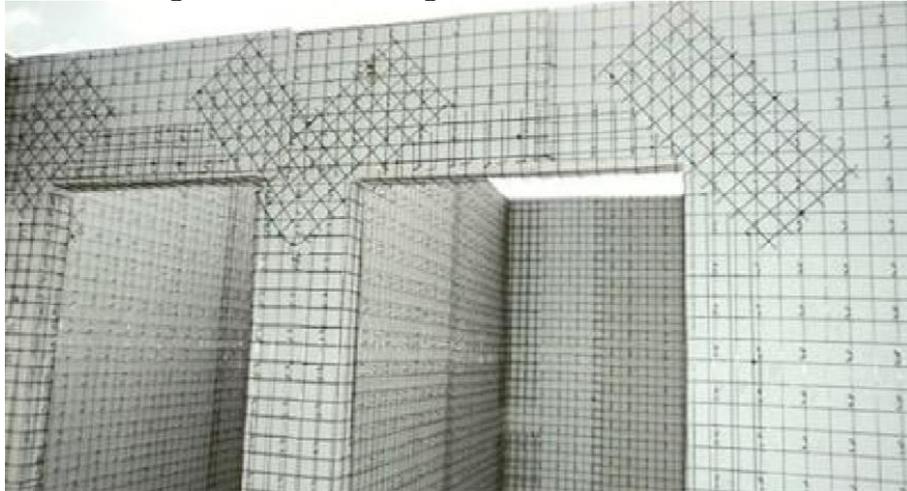


a) Reforço “Liso”; b) Reforço “U”; c) Reforço “L”

Fonte: A autora

São colocados pedaços de malha na posição diagonal, por exemplo, em relação aos fios do painel, nas aberturas destinadas a portas e janelas, conforme o apresentado na FIG. 11, as quais absorvem tensões e evitam o surgimento de trincas (SIQUEIRA, 2017).

Figura 11 - Malha diagonal no canto de aberturas



Fonte: Siqueira (2017, p. 51)

Logo após a fixação dos painéis, são embutidas as tubulações da parte elétrica e hidráulica (MAMMINI, 1998). Inicialmente, é realizado o traçado para determinar o trajeto das instalações na parede, de acordo com o projeto e, com um gerador de ar quente são abertos sulcos no EPS, conforme demonstrado na FIG. 12, assim, permitem a passagem das tubulações que são colocadas atrás da malha de aço (SOUZA, 2015).

Figura 12 - Execução de sulcos para instalações nos painéis



Fonte: Barros (2017)

As tubulações são fixadas, conforme FIG. 13 e 14, com o uso de arame recozido e torquês. Devem ser feitas, segundo Mammini (1998, p. 54) da seguinte forma:

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.

Figura 13 - Instalação hidráulica



Fonte: Siqueira (2017, p. 54)

Figura 14 - Instalação elétrica



Fonte: Siqueira (2017, p. 54)

De acordo com Bertoldi (2007), a execução das instalações é feita de forma simples e rápida, sem geração de entulhos e necessidade de retrabalhos, mantendo o ambiente construído limpo. Já o sistema convencional, conforme Lueble (2004), na etapa de colocação dos eletrodutos e tubulações, apresenta um elevado desperdício de materiais, pois a alvenaria é recortada, produzindo entulho. Essa é uma das vantagens da parede com núcleo de poliestireno expandido quando comparada com a convencional.

Após a montagem dos painéis, com alinhamento e prumo conferidos e todas as instalações terem sido feitas, é aplicado o revestimento com argamassa (SOUZA, 2015). A aplicação do revestimento de argamassa pode ser realizada de forma manual ou através de dispositivo pneumático de projeção, com cobertura de acordo com o projeto. Com a argamassa projetada, além de rapidez, o fluxo contínuo do bombeamento somado à força

constante de lançamento garantem maior uniformidade e geram menos vibração aos painéis, quando comparados ao processo manual (VIEIRA, 2016).

A aplicação do revestimento acontece em duas camadas, a primeira tem a função de preencher a superfície do EPS até facear com a malha das telas de aço, como se pode observar na FIG. 15. O revestimento deve ser feito sempre em ambas as faces do painel, para que não fique apenas uma das faces revestidas para a cura, evitando que o sistema apresente retração diferencial (MACHADO; PINTO, 2001).

Depois da cura da primeira camada é realizada a aplicação da segunda, mantendo as metodologias da primeira, até que se obtenha a espessura de projeto, a qual é alinhada para receber o acabamento. Os acabamentos são os mesmos do método convencional, como azulejos, gesso ou massa corrida (MACHADO; PINTO, 2001).

Figura 15 - Aplicação da primeira camada de revestimento



Fonte: Luebke (2003) *apud* Lueble (2004, p.8)

De acordo com Bertoldi (2007), o revestimento de argamassa aplicado aos painéis com núcleo em EPS precisa ter alta resistência, apresentar baixa retração e ter facilidade de aplicação, com fluidez e plasticidade adequadas.

Conforme Lueble (2004), esse revestimento possui uma espessura total de 3 cm, sendo 1,5 cm da primeira camada e os outros 1,5 cm da segunda. Já conforme Bertoldi (2007), o revestimento é aplicado em camadas que variam de 1,5 a 2 cm. Essas divergências, quanto à espessura da camada de revestimento, devem-se às variedades apresentadas por este sistema construtivo, que possui diferentes características de acordo com as empresas que o produzem.

A relação água/cimento, pode variar de acordo com o tipo de revestimento e resistência desejada. O traço é composto por agregados com granulometria, que variam de 0 a 6,4 mm, traço poderá variar de, 1:3 até 1:4,5, em peso, dependendo da granulometria dos agregados (BERTOLDI, 2007, p. 38).

Na argamassa de revestimento, são usados aditivos plastificantes e fibras de polipropileno. Na utilização de plastificante, o aditivo precisa ser adicionado à água antes de ser posto na betoneira, pois melhora a trabalhabilidade da mistura, diminuindo o consumo de água. Já as fibras criam uma malha anti-retração e simultaneamente aumentam a tenacidade da argamassa. Estas fibras precisam ser os últimos elementos adicionados no traço, tendo que ser misturadas na betoneira até que incorporem de forma homogênea aos demais elementos (BERTOLDI, 2007).

De acordo com Bertoldi (2007), a cura do revestimento é uma importante etapa do processo. Uma vez que evita a evaporação da água, permitindo a hidratação do cimento. Portanto, é relevante manter a umidade superficial do revestimento, irrigando as superfícies aplicadas por um período de 24 horas, minimizando a formação de fissuras de retração.

Nas áreas determinadas, a aplicação dos azulejos é utilizada argamassa industrializada, e nas com a especificação de acabamento fino, aplica-se gesso ou massa corrida, da mesma forma que na 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, porém os benefícios em relação ao conforto, tempo de construção, custo e qualidade estrutural são superiores (SOUZA, 2015).

2.3 Parede de *Light Steel Framing*

2.3.1 *Histórico*

Segundo Rodrigues (2006), a história do *Framing* inicia-se entre 1810, quando nos Estados Unidos começou a conquista do território, a 1860, quando a imigração chegou à costa do Oceano Pacífico. Devido ao grande crescimento da população em um pequeno espaço de tempo em busca de atender à forte demanda por habitação, recorreu-se à utilização dos materiais disponíveis no local, como por exemplo, à madeira, usando os conceitos de praticidade, velocidade e produtividade originados na Revolução Industrial. Este método consistia no uso de estrutura constituída por peças de madeira serradas em pequenas seções transversais

conhecidos como *Balloon Framing*⁵ e fechados em madeira, criando o sistema construtivo *Wood Frame*⁶ que se fez a tipologia residencial mais usual nos Estados Unidos e ainda bastante utilizada nos dias atuais.

Porém, em 1933, com o crescimento da economia norte-americana no pós-guerra, houve um progresso na indústria siderúrgica com relação aos processos de fabricação dos perfis de aço, e começaram a ser amplamente empregados, abandonando assim o uso de perfis de madeira (FACCO, 2014).

Presente no Brasil desde 1990, o LSF vem crescendo no país. Nos últimos anos, as construtoras que trabalham com o sistema vêm notando esse aumento na quantidade de fornecedores e comemoram o fortalecimento do mercado (LIMA, 2016). Segundo COELHO (2017), diretor da *Bonanza Steel Frame*, essa é a oportunidade para o crescimento do sistema. "Este é o momento de trabalhar firme em novos projetos, sem desprezar novas pesquisas e a capacitação de profissionais", considerando que sua empresa, com forte atuação no Nordeste, já possui mais de 300 obras na região em *Light Steel Frame* e registrou expansão de 30% nos últimos três anos. Destaca-se ainda que a crise deve incentivar a adesão de tecnologias eficientes, como o LSF, proporcionando um diferencial competitivo às empresas.

2.3.2 Definição

O sistema construtivo LSF, também conhecido como estrutura em aço leve é uma denominação empregada internacionalmente para definir o material construtivo que utiliza o aço galvanizado como principal elemento estrutural, gerando elementos de baixo peso (PEDROSO *et al.*, 2014).

Segundo Terni; Santiago; Pianheri (2008), LSF é um sistema construtivo, constituído de perfis de aço galvanizado, formado a frio, fácil de manusear, econômico, não combustível e de alta qualidade, que formam paredes estruturais e não estruturais depois de receber os painéis de fechamento. Ainda segundo os autores, por ser um processo industrializado de construção, permite executar a obra com grande rapidez, a seco, segurança e com menor quantidade de resíduos gerados.

Destinado a construções térreas, sobrados e edifícios de até cinco pavimentos (LIMA, 2016). Sua aplicação, pode reduzir consideravelmente o prazo da obra em 50% se comparado

⁵ *Ballon Framing*: estrutura em balão (RODRIGUES, 2006).

⁶ *Wood Frame*: estrutura em madeira (RODRIGUES, 2006).

ao modelo convencional. Isso também influencia no valor da construção, que cai de 25% a 30%, pois permite que diversas etapas sejam executadas ao mesmo tempo e em lugares diferentes (VERZOLA, 2013).

2.3.3 Processo construtivo

Por ser leve, a estrutura de LSF exige bem menos da fundação do que outras construções. Segundo afirma Trebilcock (1994), um painel estrutural pesa apenas 20% de uma parede semelhante em blocos e a carga é distribuída de forma uniforme ao longo dos painéis estruturais. Dessa forma, a fundação deverá ser contínua suportando os painéis em toda a sua extensão. A escolha do tipo de fundação vai depender, além da topografia, do tipo de solo, do nível do lençol freático e da profundidade de solo firme, informações estas obtidas através da sondagem do terreno.

No método tradicional a fundação representa entre 10% a 15% do valor total da obra, podendo chegar a custos maiores dependendo do terreno. Já no sistema LSF, a fundação representa somente entre 5% a 7% do valor total da obra, não encarecendo em terrenos acidentados, por exemplo. Dessa maneira, no sistema LSF a redução das cargas na fundação proporciona uma diminuição, devido ao pequeno peso da estrutura metálica (CBCA, 2016 *apud* PINTO, 2016).

A fundação mais utilizada para o LSF é tipo radier, afirma Crasto (2005), um tipo de fundação rasa, constituída de uma laje em concreto armado com cota bem próxima da superfície do terreno, que recebe e distribui os esforços.

Logo após a fundação, acontecem as seguintes etapas construtivas:

- a) Realização da ancoragem, para fixação dos painéis na fundação;
- b) Montagem do esqueleto;
- c) Fechamento externo;
- d) Instalação da membrana hidrófuga;
- e) Execução das instalações elétricas e hidrossanitárias;
- f) Feitos os isolamentos térmico e acústico;
- g) Fechamento interno;
- h) Tratamento de juntas das placas cimentícias;
- i) Acabamento das placas cimentícias.

De acordo com Almeida Júnior (2014, p. 59) “em estruturas de concreto armado, a armação dos pilares já nasce no bloco da fundação”, por meio das esperas deixadas. Essas esperas fazem parte da estrutura dos pilares, no qual ocorre a montagem. Já na ancoragem do LSF, segundo Crasto (2005), pode ser feita de diferentes formas, tais como: ancoragem química com barra roscada, ancoragem com fita metálica e ancoragem com barra roscada tipo "J".

A ancoragem química com barra roscada, é realizada após a concretagem da fundação por meio da fixação de uma barra roscada na mesma, através de um furo feito na laje na qual as barras roscadas serão chumbadas quimicamente. Já ancoragem com fita e a com barra tipo "J" são realizadas através do engaste na fundação e colocadas antes da concretagem, e depois presas à estrutura (ALMEIDA JÚNIOR, 2014).

Durante a montagem, antes de acontecer a ancoragem definitiva, os painéis são ligados à fundação através de pinos ou parafusos. Isto serve para "manter o prumo dos painéis enquanto são montados e conectados a outros painéis do pavimento e até que seja feita a ancoragem definitiva” (CRASTO, 2005, p. 39).

O LSF divide as cargas da edificação em um maior número de elementos estruturais, na qual cada um destes é dimensionado para receber uma pequena parcela de carga. Dado isso é possível a utilização de perfis conformados a frio com chapas finas de aço (ALMEIDA JÚNIOR, 2014).

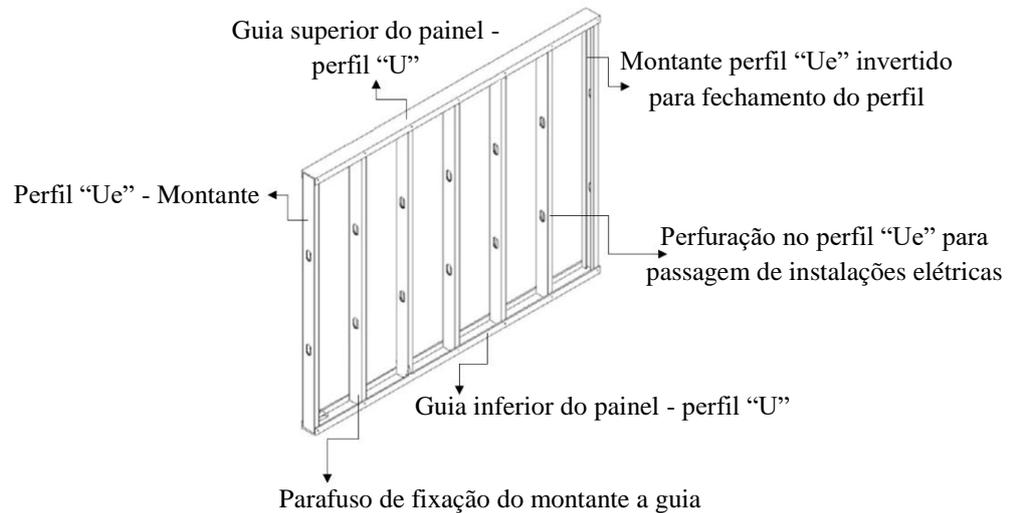
Os painéis no sistema LSF têm a finalidade de elementos de fechamento e compor o sistema estrutural, desempenhando a função de vedação vertical. Os painéis são estruturais ou autoportantes quando compõem a estrutura, sustentando as cargas da edificação, e são não estruturais, quando atuam apenas como vedação ou divisória, ou seja, sem ter função estrutural (CRASTO, 2005).

Os perfis verticais de seção Ue, denominados montantes, são espaçados entre si de acordo com a modulação determinada em projeto estrutural, usualmente de 400 mm ou 600 mm. A utilização da modulação permite a minimização do desperdício dos materiais complementares industrializados, que possuem suas dimensões múltiplas desses módulos. Os montantes são unidos em seus extremos inferiores e superiores pelas guias, seção U, um quadro estrutural é formado conforme demonstrado na FIG. 16 (SANTIAGO, 2008).

O sistema de fechamento vertical é formado pelas paredes externas, pelos isolantes térmicos e acústicos e pelas paredes internas de uma construção. A primeira corresponde aos fechamentos externos que delimitam as áreas molháveis, a segunda refere-se aos isolantes térmicos e acústicos, que são instalados entre as placas e os montantes e, por último, os

fechamentos internos, posicionados nas áreas secas ou úmidas internas, mas não molháveis (BORTOLOTTI, 2015).

Figura 16 - Desenho esquemático de painel em LSF e seus componentes



Fonte: Crasto (2005, p.42), adaptada pela autora

Os elementos de fechamento são colocados externamente à estrutura como uma película, e junto com os perfis galvanizados vão constituir as vedações internas e externas da edificação (CRASTO, 2005). Segundo Crasto (2005, p. 122), “os materiais de fechamento e acabamento mais adequados são aqueles que propiciam uma obra “seca”, com redução ou eliminação das etapas de execução que utilizam argamassa e similares”.

Alguns parâmetros e condições que garantam satisfação às exigências dos usuários e a habitabilidade da edificação devem ser levados em conta na escolha dos componentes que farão parte do sistema de fechamento. A norma ISSO 6241: (1984) estabelece os requisitos fundamentais para atender a essas necessidades. A segurança estrutural, a proteção ao fogo, a estanqueidade, o conforto termo acústico também são importantes requisitos para a utilização de um sistema de fechamento, além, é claro, da durabilidade e economia (TERNI; SANTIAGO; PIANHERI, 2008).

O *oriented strand board* (OSB) é um painel estrutural de tiras de madeira, o que ajuda na resistência mecânica e de rigidez (FIG. 17). Essas tiras são ligadas com resinas e prensadas sob alta temperatura (TERNI; SANTIAGO; PIANHERI, 2008). Esse sistema de fechamento vertical é o mais utilizado para fechamento externo, podendo ser usado como fechamento interno (FREITAS; CRASTO, 2006).

Figura 17 - Instalação do OSB



Fonte: A autora

Estes painéis não devem ser expostos a intempéries, pois devido às substâncias utilizadas em sua confecção apresentam razoável resistência à umidade. São comercializados nas dimensões 1,22 m x 2,44 m e com espessuras de 9, 12, 15 e 18 mm. As juntas precisam ser previstas e ter espaçamento de 3 mm em todo o seu perímetro, além de ficar sobre os montantes e parafusadas. Quando as paredes tiverem dimensões superiores a 24 m devem ser previstas as juntas de movimentação (CRASSTO, 2005).

Os painéis externos não devem estar em contato direto com a fundação, por isso antes da montagem deve ser fixada uma fita seladora, que impede o contato com a umidade do piso e melhora o isolamento térmico e acústico (BATTISTELLA, 2011).

Após o fechamento externo em OSB, paredes externas e o telhado do sistema LSF ficam protegidos do vento, calor, poeira e água. Existem também produtos conhecidos como barreiras impermeáveis à água e permeáveis ao vapor, composto de fibra de polipropileno, que possui micro poros que impedem a passagem de partículas de água entre a estrutura e funciona de forma diferente para dentro e para fora, uma vez que a membrana não deixa a umidade entrar, mas a deixa sair, tendo por isso o lado certo de aplicação. Essa membrana, conforme mostrada na FIG. 18, é parafusada entre a chapa de OSB e a placa cimentícia (CAMPOS, 2014).

As placas cimentícias são chapas delgadas de concreto, fabricadas a partir de argamassas especiais, contendo aditivos e uma grande porcentagem de cimento. Geralmente, são desenvolvidas a partir de moldes metálicos, usando a mesma tecnologia do concreto pré-moldado (DOMARASCKI; FAGIANI, 2009 *apud* BORTOLOTTI, 2015). Indicadas para vários tipos de aplicações, tais como divisórias, forros, fechamento de shats, pisos elevados e fechamento de paredes (SILVA, 2016).

Figura 18 - Instalação da membrana hidrófuga



Fonte: A autora

Essas placas, FIG. 19, são reutilizáveis, possuem alta resistência a impactos, elevada durabilidade, resistem aos ataques de cupins e micro-organismos, além de serem incombustíveis e proporcionarem bom isolamento termoacústico. Elas recebem um tratamento impermeabilizante que lhes confere menor absorção de umidade, dispensando impermeabilização extra na obra (TERNI; SANTIAGO; PIANHERI, 2008).

Figura 19 - Fechamento externo com placas cimentícias



Fonte: A autora

Para utilização destas placas, algumas recomendações devem ser seguidas, tais como: armazenamento em locais secos, evitar que as juntas internas coincidam com as juntas externas, como também a ocorrência de quatro extremidades no mesmo lugar, sendo ideal que as juntas das placas não coincidam com as juntas dos painéis. A fixação é feita com parafusos pontabroca e cabeça auto-escariante, o que facilita, a instalação (TERNI; SANTIAGO; PIANHERI, 2008).

As paredes do sistema LSF são, em sua maioria, ocas, o colchão de ar formado entre os perfis de aço galvanizado e as chapas de fechamento, que garantem melhor desempenho acústico e térmico. Portanto, em muitos ambientes faz-se necessário um tratamento de melhor qualidade. Podem ser colocados três tipos de materiais com características térmicas e acústicas, como a lã de rocha, lã de vidro e lã de pet. A espessura e densidade do material decorrem do isolamento desejado (CAMPOS, 2014). A FIG 20 apresenta um exemplo de isolante termo acústico, da lã de vidro.

A montagem do isolamento é feita logo após da execução de uma das faces do fechamento. Esse isolamento é fornecido em rolos, que são cortados e aplicados entre os montantes. Logo após, continua a instalação da segunda face do fechamento, uma vez que esse material possui grande sensibilidade às intempéries e à poeira (SANTIAGO, 2008).

Figura 20 - Isolamento termo acústico



Fonte: Coelho (2014) *apud* Almeida Júnior (2014, p. 74)

Para os fechamentos internos das paredes do sistema em LSF, podem-se utilizar as mesmas placas usadas nos fechamentos externos, porém o gesso acartonado é o material mais indicado e utilizado (CAMPOS, 2012 *apud* OLIVEIRA, 2013). Essas chapas de gesso acartonado são vedações leves, pois não possuem função estrutural, suportam apenas o peso dos fechamentos, revestimentos e de peças fixadas nas paredes, porém permitem composições de acordo com as necessidades de resistência à umidade, fogo e isolamento acústico (FREITAS; CRASTO, 2006).

As instalações hidrossanitárias e elétricas, para edificações com sistema construtivo LSF, são as mesmas usadas em edificações convencionais e apresentam o mesmo desempenho (CARVALHO JÚNIOR, 2010). Sendo assim, os materiais utilizados, dimensionamento e

conceitos de projeto, também são os mesmos dos aplicados em edificações convencionais (TERNI; SANTIAGO; PIANHERI, 2008).

É importante que as instalações com passagem no radier sejam bem locadas, para não gerar problemas no alinhamento dos painéis e retrabalho para seu ajuste. A execução das instalações no LSF deve ocorrer após a finalização completa da montagem das estruturas das paredes, lajes e coberturas, sendo uma vantagem do sistema LSF em relação às construções convencionais, que normalmente são instaladas antes das vigas e das lajes (TERNI; SANTIAGO; PIANHERI, 2008).

O sistema LSF possibilita a facilidade na manutenção de todas as instalações, permite que se instale uma tubulação de um ponto ao outro da parede, sem transtornos, com rapidez e mantendo o local limpo, o que não ocorre no método tradicional. A recomposição da parede de LSF, cortada para a passagem da tubulação, pode ser feita com a mesma placa de revestimento que foi removida, sem geração de resíduo ou gasto com novo material (TERNI; SANTIAGO; PIANHERI, 2008). A FIG. 21 mostra um exemplo das instalações do sistema.

Figura 21 - Instalações sanitárias, hidráulicas e elétricas sendo executadas



Fonte: Campos (2014, p. 94)

Segundo Almeida Júnior (2014), é fundamental fazer o tratamento de juntas das placas cimentícias. Esse tratamento é realizado com fita de fibra de vidro e massa pré-fabricada, que enrijece e sela a região das juntas. O processo de tratamento é feito com o uso de uma camada de massa pré-fabricada, seguida da colocação da fita de vidro e, posteriormente, mais uma camada de massa.

Após o tratamento de juntas, realiza-se o mesmo procedimento para o revestimento de toda a superfície da placa cimentícia, conforme mostrado na FIG. 22, aplicando a tela de fibra de vidro, seguida de duas demãos de massa pré-fabricada (ALMEIDA JÚNIOR, 2014). O

acabamento se assemelha a um reboco, mas pode receber aplicação de materiais de acabamento, como pastilhas, pedra ou até mesmo pintura (CAMPOS, 2012 *apud* OLIVEIRA, 2013).

Figura 22 - Acabamento com fita, tela e massa sobre as placas cimentícias



Fonte: A autora

O método convencional de construção produz um canteiro de obras sujo e com grande manutenção de limpeza. Já o LSF permite um canteiro organizado e limpo (BORTOLOTTI, 2015). De acordo com Bezerra (2013), é a sustentabilidade que vem sendo cobrada da construção civil, por ser a área que mais provoca impactos ambientais, desde a geração de resíduos sólidos até mudanças no comportamento da natureza onde as obras são realizadas. Dessa maneira, o sistema torna-se uma boa opção, que proporciona construir sem desperdício, com qualidade e preocupação ambiental.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho possibilitou investigar as novas tecnologias para construção de paredes, tais como a parede de concreto, parede com núcleo de poliestireno expandido (EPS) e parede de *light steel frame* (LSF). No que diz respeito às vantagens da utilização da parede de concreto, parede com núcleo em EPS e parede em LSF como sistema construtivo, tem-se basicamente os preceitos dados por métodos considerados industrializados, tais como a padronização de componentes, agilidade de processos de montagem, e, por consequência, redução do prazo final de entrega da obra, obra mais limpa e redução de desperdício de materiais e redução do possível impacto ambiental, fatores constantemente almejados no setor da Construção Civil.

Em relação à pesquisa sobre a influência dos sistemas tradicionais no mercado, pode-se concluir que ainda há muito espaço para ser conquistado pelos novos sistemas, portanto, compreende-se a relevância do objeto de estudo deste trabalho, que evidencia e chama a atenção para uma outra solução tecnológica da construção civil, que vai muito além da sua aplicação nos canteiros de obra. Tendo em vista as diversas qualidades que os sistemas podem proporcionar, faz-se necessário investir na implementação dos mesmos, a fim de romper a barreira cultural que impede o avanço tecnológico das edificações no Brasil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AEC WEB. Sistema construtivo monoforte. Disponível em:

<<https://www.aecweb.com.br/prod/e/sistema-construtivo-monoforte-9688-33216/>>. Acesso em: 10 de set. 2018.

ALMEIDA JÚNIOR, G. V. B. A. **Sistema construtivo em *light steel framing***:

Acompanhamento de uma obra residencial. 2014. 124 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Faculdade de Tecnologia e Ciências sociais Aplicadas, UniCEUB - Centro Universitário de Brasília, Brasília, 2014.

ALVES, C. O.; PEIXOTO, E. J. S. **Estudo comparativo de custo entre alvenaria estrutural e paredes de concreto armado moldadas no local com formas de alumínio**. 2011. 84 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade da Amazônia, Belém. 2011.

ALVES, J. P. O. **Sistema construtivo em painéis de EPS**. 2015. 29 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2015.

AMOEDO, T. V. **Visibilidade econômica de um empreendimento utilizando o sistema construtivo parede de concreto moldada *in loco***. 2013. 100f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 67**. Concreto: determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 1998.

_____. **NBR 12655**. Concreto de cimento Portland: preparo, controle, recebimento e aceitação. Rio de Janeiro, 2015.

_____. **NBR 15823-2**. Concreto autoadensável Parte 2: Determinação do espalhamento, do tempo de escoramento e do índice de estabilidade visual. Rio de Janeiro, 2010.

_____. **NBR 16055**. Parede de concreto moldada no local para construção de edificações: requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Manual Técnico para Implementação: Habitação 1.0: Bairro saudável**, São Paulo, 1ª Ed., 2002.

_____. **Parede de concreto**: coletânea de ativos (2007-2008), 2008. Disponível em: <https://www.abcp.org.br/cms/download/coletanea-de-ativos-em-paredes-de-concreto-2007-2008/>>. Acesso em: 30 de ago. 2018.

_____. **Parede de concreto**: coletânea de ativos (2008-2009), 2009. Disponível em: http://www.abcp.org.br/conteudo/wpcontent/uploads/2010/06/Coletanea_Ativos_Parede_Concreto_2008-2009.pdf>. Acesso em: 30 de ago. 2018.

BARROS, A. Passo a passo: painéis monolíticos de EPS. Disponível em: <<https://equipedeobra.pini.com.br/2017/05/passa-a-passo-paineis-monoliticos-de-eps/>>. Acesso em: 15 de set. 2018.

BARROS, C. **Fundações, técnicas construtivas e edificações**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia. Rio Grande do Sul, 2011. 33p.

BASSETE, Rudinei José. Como construir: sistema de fôrmas plásticas modulares para paredes de concreto. **Revista Técnica**, São Paulo, ed. 234, p. 57-64, set. 2016.

BATTISTELLA, F. B. **Light Steel Framing**: uso da estrutura de aço como tecnologia construtiva. 2011. 101 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville, 2011.

BERTOLDI, R. H. **Caracterização de sistema construtivo com vedação constituídas por argamassa projetada revestindo núcleo composto de poliestireno expandido e telas de aço**: dois estudos de caso em Florianópolis. 2007. 127 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2007.

BEZERRA, B. R. **Estudo de caso**: utilização do *light steel framing* nas construções Mossoroenses. 2013. 51 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal Rural do Semiárido, Angicos, 2013.

BORGES, F. M. **Sistema Construtivo de Habitação com Parede de Concreto**. 2011. 98 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, 2011.

BORTOLOTTI, A. L. K. **Análise de viabilidade econômica do método Light Steel Framing para construção de habitações no município de Santa Maria-RS**. 2015. 101 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

CAMPOS, P. F. **Light Steel Framing**: uso em construções habitacionais empregando a modelagem virtual como processo de projeto e planejamento. 2014. 198 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

CARVALHO JUNIOR, Roberto. **Instalações elétricas e o projeto de arquitetura**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2010. 220 p.

COELHO, S. N. Obras com sistema *light steel frame*. Disponível em: <<http://www.cbca-acobrasil.org.br/noticias-detalhes.php?cod=7409/>>. Acesso em: 27 de ago. 2018.

COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO. Parede de concreto. Disponível em: <<http://www.comunidadeconstrucao.com.br/produtos-servicos/4/formas-de-aluminio-easyset.html/>>. Acesso em: 02 de out. 2018.

CORSINI, Rodnei. Paredes normatizadas. **Revista Técnica**, São Paulo, ed.183, p.8-11, dez. 2011.

CRASTO, R. C. M. **Arquitetura e tecnologia em sistemas construtivos industrializados: Light steel framing**. 2005. 231 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Departamento de Engenharia Civil, Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2005.

ECOKIT CASAS. Produtos. Disponível em: <<https://www.ecokitcasas.com/>> . Acesso: 02 de out. 2018.

FACCO, I. R. **Sistemas construtivos industrializados para uso em habitações de interesse social**. 2014. 85f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.

FIABANI, V. **Edificações com paredes de concreto**: fatores que influenciam o surgimento de defeitos na superfície das placas. 2010. 86 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

FIGUEROLA, V. Passo a passo: paredes de concreto. Disponível em: <<https://equipedeobra.pini.com.br/2013/>>. Acesso em: 27 de ago. 2018.

_____. Projeto: vazios de concretagem. Disponível em: <<http://techn17.pini.com.br/engenharia-civil/109/artigo287074-1.aspx> />. Acesso em: 27 de ago. 2018.

FREITAS, A. M. S.; CRASTO, R. C. M. *Steel framing*: arquitetura. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Siderurgia / Centro Brasileiro da Construção em Aço, 2006. 121 p.

FONSECA JÚNIOR. (coord.). COLETÂNEA DE ATIVOS 2007/2008: paredes de concreto. Brasil: Comunidade da Construção, 2008. 216 p.

KISS, P. Projetos: contramarcos de janelas. Disponível em: <<http://equipedeobra17.pini.com.br/construcao-reforma/19/plantas-contramarcos-de-janelas-103313-1.aspx>>. Acesso em: 27 de ago. 2018.

LIMA, Eduardo Campos. Habitação popular eficiente. **Revista Técnica**. São Paulo, ed. 231, p.16-21, jun. 2016.

LUEBLE, A. R. C. P. **Construção de habitações com painéis de EPS e argamassa armada**. I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável x Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, São Paulo, 2004.

MACHADO, R. M. A; PINTO, T. S. **Inovação tecnológica na construção civil**: o caso dos painéis de EPS. 2001. 73 f. Monografia (Especialização em Gerenciamento de Obras) - Universidade Tecnologia Federal do Paraná, Curitiba, 2001.

MAMMINI, Osmar. O processo Monolite de construção com painéis de EPS. **Revista Técnica**. São Paulo, ed. 37, p.32-34, nov. 1998.

MISURELLI, Hugo; MASSUDA, Clovis. Como construir parede de concreto. **Revista Técnica**, São Paulo, ed. 147, p. 61-63, jun. 2009.

MONOLITE. Monolite. Disponível em: <<http://www.monolite.com.br/construcoes-reforma.html>>. Acesso em: 03 de out. 2018.

MONTENEGRO, H. Parede de concreto x alvenaria de blocos cerâmicos. Disponível em: <<http://construcaomercado17.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/108/parede-de-concreto-x-alvenaria-de-blocos-ceramicos-industrializacao-299406-1.aspx/>>. Acesso em: 15 de out. 2018.

MORAIS, G. M. **Planejamento da execução de paredes de concreto armado**: um estudo de caso. 2017. 102 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) Universidade Federal De Goiás, Goiânia, 2017.

MORQUECHO, F. B. G. **Análise de edifícios em paredes de concreto moldadas *in loco***. 2016. 77 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016.

NOGUEIRA, F. A. D. *et al.* **Paredes de concreto em edifícios de interesse social**. 2009. 69 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2009.

OLIVEIRA, J. P. B. **Otimização de processos construtivos através de inserção de novas tecnologias na indústria da construção civil**: vantagens da aplicação do *sistema Light steel Framing* em residências. 2013. 45 f. Monografia (Pós-Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2013.

OLIVEIRA, T. Tecnologia: Beirada seca. Disponível em: <<http://techn17.pini.com.br/engenharia-civil/137/beirada-seca-pingadeira-e-opcao-mais-eficiente-para-afastar-286530-1.aspx/>>. Acesso em: 02 de out. 2018.

PEDROSO, S. *et al.* **Steel frame na construção civil**. In: encontro científico cultural interinstitucional, Cascavel. Anais Cascavel: Centro Universitário Fundação Assis Gurgacz, 2014.

PINTO, J. C. C. C. **Análise comparativa da execução de obra de edificação utilizando estrutura de concreto pré-fabricada**. 2016. 119 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

POLAR. Catálogo da Polar. Disponível em: <<http://www.polar.com.br/pdf/catalogo-produtos.pdf/>>. Acesso em: 30 de set. 2018.

RODRIGUES, F. C. **Steel framing**: engenharia. In: Manual de construção em aço. Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2006. 127p.

SACHT, H. M. **Painéis de vedação de concreto moldados *in loco***: avaliação de desempenho térmico e desenvolvimento de concretos. 2008. 286 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2008.

SANTIAGO, A. K. **Uso do sistema *light steel framing* associado a outros sistemas construtivos com fechamento vertical externo não estrutural**. 2008. 168 f. Monografia (Pós-Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2008.

SANTIN, Eder. Entrevista: o exemplo de Goiás. **Revista Técnica**, São Paulo, ed. 235, p. 7-9, out. 2016.

SILVA, B H. Revestimento com argamassa monocapa. Disponível em: <<https://www.ufrgs.br/eso/content/?p=708/>>. Acesso em: 31 de out. 2018.

SILVA, Claudio Oliveira. Placa cimentícia para vedação de parede. **Revista Técnica**, São Paulo, ed. 232, p. 76-74, jul. 2016.

SILVA, Fernando Benigno. Fôrma de alumínio para paredes estruturais de concreto armado moldadas no local. **Revista Técnica**, São Paulo, ed. 153, p. 23-28, dez. 2009.

_____. Sistema de fôrmas plásticas para paredes de concreto. **Revista Técnica**, São Paulo, ed. 165 p. 25-27, dez. 2010.

SIQUEIRA, T. E. **Análise de desempenho e custos de sistema de vedação em EPS**. 2017. 116 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2017.

SOUSA, J. V. L.; ÁVILA, R. A. G. **Análise comparativa da viabilidade econômica entre os sistemas construtivos parede de concreto e alvenaria estrutural**: estudo de caso. 2014. 128 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2014.

SOUZA, A. C. A. G. **Análise Comparativa de custos de alternativas tecnológicas para construção de habitações populares**. 2009. 80 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Católica de Pernambuco, Pernambuco, 2009.

SOUZA, V. H. P. **Sistema construtivo de alvenaria de vedação com núcleo de poliestireno expandido**. 31f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Faculdade Presidente Antônio Carlos, Ubá, 2015.

TECWALL. Formas para concreto. Disponível em: <<http://www.tecwall.com.br/>>. Acesso em: 02 de out. 2018.

TELAMARK. Sistema Construtivo EPS. Disponível em: <<http://www.telamarck.com.br/produtos/sistema-construtivo-eps/eps/>>. Acesso em: 02 de out. de 2018.

TERNI, Antônio Wanderley; SANTIAGO, Alexandre Kokke; PIANHERI, José. **Tecnologia**: Casa de *steel frame* - instalações. **Revista Técnica**, São Paulo, ed. 141, p. 60-64, dez. 2008.

TREBILCOCK, P. J. **Building design using cold formed steel sections**: an architect's guide. Berkshire: Steel Construction Institute (SCI) Publication, 1994. 97p.

VIEIRA, Glécia. Argamassa projetada. **Revista Técnica**, São Paulo, ed. 229, p. 60-61, abr. 2016.

VERZOLA, A. L. Velocidade: *steel frame* reduz o custo da obra em 50%. Disponível em: <<http://maringa.odiarario.com/imoveis/2013/08/steelframe-reduz-tempo-da-obra-em-50/762233/>>. Acesso em: 02 de out. 2018.

WENDLER FILHO, A. A. Paredes de Concreto: Cálculo para Construções Econômicas.
Disponível em: <<http://site.abece.com.br/download/pdf/Eventos-PalestraWendler.pdf>>.
Acesso em: 03 de out. 2018.