

ANÁLISE DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DE MINI PAREDES NO SISTEMA SANDUÍCHE COM USO DE ARGAMASSA INDUSTRIALIZADA

João Pedro Rizzotto (1), Jorge Henrique Piva (2), Elaine Guglielmi Pavei Antunes (3)

UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense

(1) rizzottojp@gmail.com; (2) jhpiva@unesc.net; (3) elainegpa@unesc.net

RESUMO

A crescente procura por novos processos construtivos na construção civil, para uma rápida execução, vem estimulando a modernização do setor da engenharia civil. Nesta contextualização destacam-se também novos sistemas construtivos, mais tecnológicos e que permitem uma maior agilidade, economia e sustentabilidade. Nesse contexto, destaca-se como opção no mercado o sistema sanduíche com placas de EPS, o qual se caracteriza pela agilidade no processo de execução. Neste trabalho foi analisado a resistência a compressão de mini paredes no sistema sanduíche com o uso de argamassa industrializada. Foram analisadas as propriedades mecânicas da argamassa e a resistência à compressão das mini paredes. A resistência à compressão média das mini paredes foi de 15,80 MPa, atendendo as prescrições do sistema, conforme a NCH 802:1971.

Palavras-Chave: Sistema sanduíche EPS, argamassa industrializada, resistência à compressão, Sistema sanduíche EPS.

1. INTRODUÇÃO

A construção civil no Brasil teve um crescimento acentuado na última década, com planos governamentais de incentivos para algumas classes, que fez com que os números de obras crescessem em número vertiginoso. Entretanto, no Brasil os sistemas construtivos não vêm se desenvolvendo tanto quanto, por exemplo, as teorias aplicadas às estruturas, ficando a execução muitas vezes aquém da sofisticação e qualidade com que são elaborados os projetos (AGOPYAN, 2016).

Ainda de acordo com Agopyan (2016) diz que a inovação é o grande desafio da construção civil. Se não houver inovação, a construção civil vai ficar inviável dentro de uma sociedade sustentável; isso já acontece em diversos países, é fundamental incorporar novas atitudes em relação à sustentabilidade.

Sobre os novos caminhos a se seguir na indústria da construção civil, segundo (LOPEZ 2015, p.6):

A realidade da indústria e dos atuais processos construtivos aponta que já não há outro caminho a seguir: a inovação da construção é urgente e clama por novas tecnologias. Assim, o setor da construção civil tem se beneficiado com a chegada de soluções inovadoras, não habituais e que promovem resultados vantajosos.

O processo construtivo convencional, nem sempre é o mais adequado economicamente, mesmo obtendo uma maior aceitação e mão de obra apta para sua execução, percebe-se a grande necessidade do desenvolvimento de processos que busquem a racionalização de mão-de-obra, agilidade, diminuição de custos e redução de desperdício (DELLATORRE, 2014).

As questões ambientais, segundo (Monteiro 2011, p. 3):

As questões ambientais têm ocupado, gradativamente, cada vez mais espaço nos problemas dos países, desenvolvidos ou não, e a quantidade de resíduos deixados por construções, cerca de cinco vezes maior do que de produtos, tornou-se um dos centros de discussões da sustentabilidade.

A aplicação de algumas tecnologias recentemente introduzidas no setor da construção civil tem gerado, por vezes, dúvidas sobre a qualidade das edificações. No entanto, Melo (2014) diz que é consenso que as habitações devam proporcionar conforto e segurança a seus usuários, atendendo a suas necessidades ao longo do ciclo de vida das construções. No Brasil a preocupação com o desempenho mínimo das edificações ganhou espaço em anos recentes e foi expressa de forma documental na publicação da NBR 15575: 2013, que a partir daí, estabeleceu requisitos mínimos de desempenho a serem seguidos, como vida útil e garantia para os principais sistemas que compõem as edificações.

Como em qualquer ramo, inclusive na construção civil, trabalha para que haja novas formas de construir, dentre eles existem o sistema sanduíche com uso de Poliestireno

Expandido, conhecido como *Expanded PolyStyrene* (EPS), criado na Itália na década 80, com o objetivo de auxiliar as construções em regiões com abalos sísmicos e grandes variações de temperatura (PANHAN, 2013).

O processo sanduíche com EPS representa 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, 2015).

A argamassa que reveste os painéis de EPS deve possuir resistência mecânica suficiente para suportar os esforços atuantes, rigidez satisfatória a fim de evitar deformações excessivas, estabilidade física, química e dimensional, além de possuir elevada compactidade e baixa permeabilidade para funcionar com uma barreira eficiente à passagem de líquidos e gases no seu interior. Tais itens com o intuito de atender aos limites mínimos durante a vida útil de projeto, (MEDEIROS, 2017).

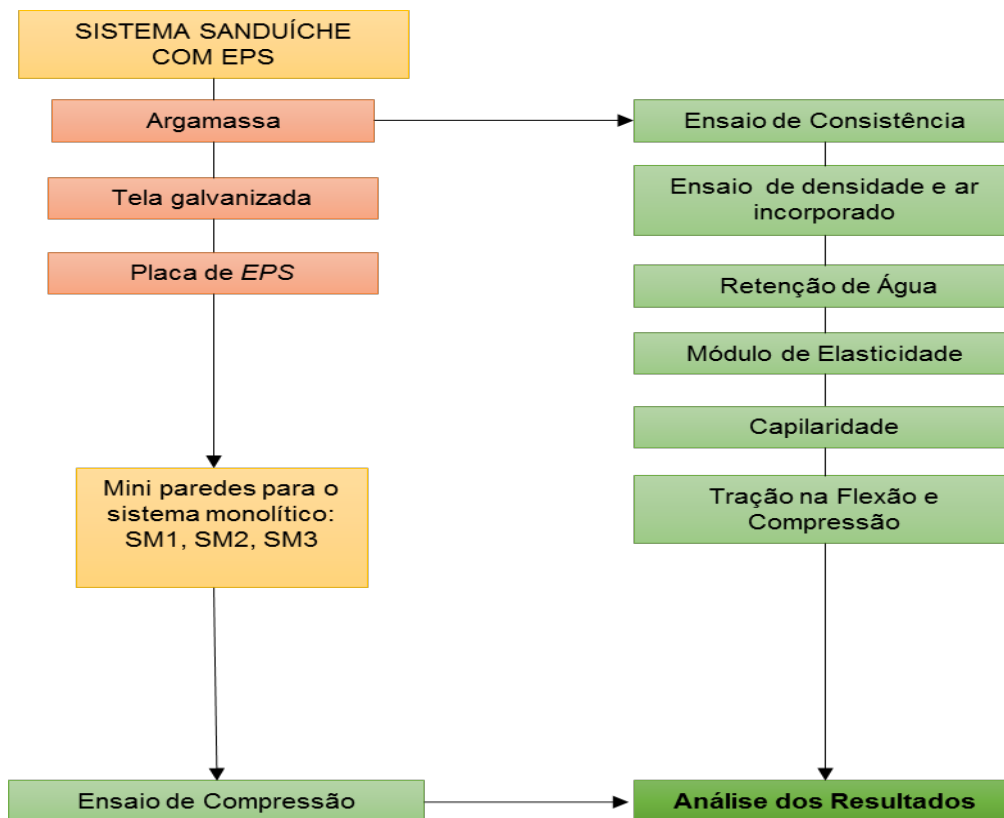
Portanto, essa pesquisa tem como objetivo analisar a resistência a compressão de mini paredes no sistema sanduíche com o uso de argamassa industrializada.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. METODOLOGIA

O fluxograma apresentado na Figura 1, define as etapas desenvolvidas na pesquisa, desde a caracterização de cada material envolvido e ensaios das minis paredes e também dos ensaios referentes a argamassa, em estado endurecido e fresco; assim como o ensaio de compressão; posterior a esses processos, a discussão dos resultados obtidos.

Figura 1 – Fluxograma



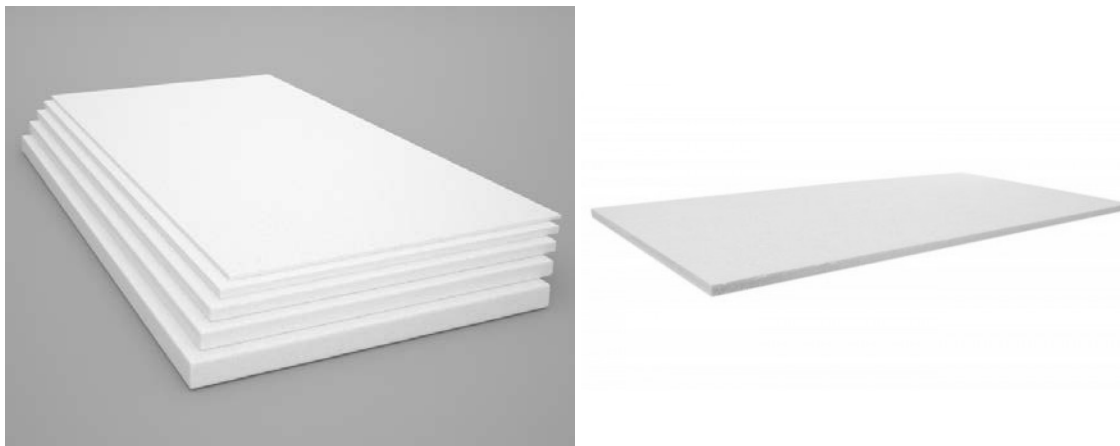
Fonte: Autor, 2018.

2.2. MATERIAIS

2.2.1. Poliestireno expandido - EPS

As placas utilizadas de EPS, Figura 3, têm por dimensões 60 cm largura x 100 cm altura x 6 cm espessura, densidade 15 Kg/m³. Conforme dados do fornecedor as placas atenderam a NBR 7973:2007 quanto a absorção d'água e a NBR 11752:2007 referente a resistência à compressão, tal qual, o valor médio foi de 0,066 MPa com desvio padrão de 0,51.

Figura 3: Placa de EPS (a) vista geral; (b) vista superior.

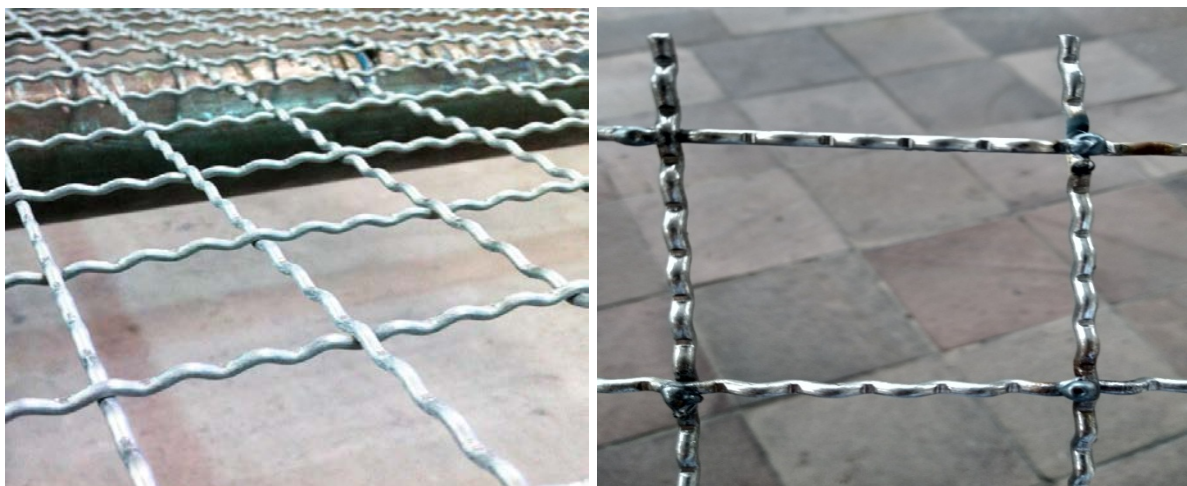


Fonte: Fornecedor, 2018

2.2.2. Tela de aço galvanizado

Para fabricação das telas, Figura 4 (a), foram utilizados arames em aço galvanizado de Birmingham BWG, *Birmingham Wire Gauge*, com espessura 2,76 mm, onduladas. A tela foi executada com espaçamentos transversais e longitudinais de 70 mm, em cada interseção entre os arames transversais e longitudinais realizou-se a soldagem MIG, *Metal Inert Gas*, Figura 4 (b). O arame de aço galvanizado utilizado, obtém tensão última de 600 Mpa, com limite de escoamento f_{yk} 600 MPa e limite de ruptura, f_{tk} 680 MPa.

Figura 4 a – Tela ondulada de aço galvanizado; (b) – Solda no encontro dos arames



Fonte: Fornecedor, 2018.

2.2.3. Argamassa

A argamassa utilizada para execução das mini paredes trata-se de argamassa industrializada para assentamento e revestimento. Para cada 1 kg desta argamassa, utilizou-se 0,175 l de água, conforme indicações do fornecedor. A caracterização da argamassa projetada foi analisada em ensaios de em estado endurecido e fresco baseado em NBR's e a ASTM C1329:2003, *Standard Specification for Mortar Cement*. A argamassa utilizada para o sistema sanduíche com EPS, diferente desta, é uma argamassa armada, que não utiliza agregado graúdo, ou seja, agregados que não ultrapassem 9,5 mm de diâmetro.

2.3. MÉTODOS

2.3.1. Execução sistema sanduíche com EPS

A montagem das mini paredes, Figura 5, do sistema sanduíche com EPS, decorreu primeiramente da solda das telas electrossoldadas entre si, por conectores que traspassaram a placa de EPS para que as telas não ficassem maleáveis ao ponto de se soltarem. A solda das barras longitudinais, transversais e conectores, foi executado por solda tipo MIG, *Metal Inert Gas*, Gás inerte ao metal. Cabe-se salientar que a soldagem foi executada num tanque a fim de manter a integridade do EPS a altas temperaturas.

A execução das mini paredes se teve pela projeção de argamassa em cada lado do sistema, na espessura de 3 cm, posteriormente foi aplicada uma régua de madeira para melhor planicidade da argamassa sobre o sistema; chapas de madeira envolveram o sistema para melhorar a movimentação até a prensa. As mini paredes foram rompidas após 28 dias de cura.

Figura 5: Placa de EPS tela electrossoldada (a); (b) aplicação da argamassa sobre placa



Fonte: Do autor, 2018.

2.4. CARACTERIZAÇÃO ARGAMASSA

Torna-se necessário o conhecimento das características físicas, no estado fresco e estado endurecido, e das propriedades mecânicas da argamassa utilizada na execução do sistema sanduíche com EPS. Tal verificação tem a função, por exemplo, de averiguar que se a referida argamassa atende as prescrições do sistema.

2.4.1. Argamassa estado fresco

O ensaio para determinação do índice de consistência NBR 13276:2005, mostra o método de determinação do índice de consistência da argamassa a ser utilizada na realização de ensaios necessários à caracterização do material. Neste ensaio o índice de consistência corresponde pela média das três medidas encontradas no paquímetro.

O ensaio para determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado NBR 13278:2005, estabelece o método para determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado em argamassas no estado fresco para assentamento e

revestimento para paredes e tetos. O resultado da densidade é obtido em Kg/m^3 e o teor de ar incorporado em percentagem.

O ensaio para determinação de retenção de água NBR 13277:2005, estabelece o método para determinação da retenção de água em argamassas para assentamento e revestimento para paredes e tetos. O resultado obtido neste ensaio é dado em percentagem.

2.4.2. Argamassa estado endurecido

O ensaio para determinação da resistência à tração na flexão e à compressão NBR 13279:2005 estabelece o método para determinação da resistência à tração na flexão e da resistência à compressão de argamassas para assentamento e revestimento de paredes e tetos, no estado endurecido. Os ensaios são executados em corpos-de-prova com dimensões 4 cm x 4 cm x 16 cm, na idade de 28 dias.

O ensaio para determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade NBR 15259:2005 estabelece o método para determinação da absorção de água por capilaridade de argamassas para assentamento e revestimento de paredes e tetos, no estado endurecido. Foram utilizados 3 corpos-de-prova 4 cm x 4 cm x 16 cm, com 28 dias. A partir da colocação dos corpos-de-prova, em contato com a água, determinou-se a massa de cada corpo-de-prova, em gramas, aos 10 min (m10) e aos 90 min (m90).

O ensaio para determinação do módulo estático de elasticidade à compressão NBR 8522:2008 especifica um método para a determinação do módulo estático de elasticidade à compressão da argamassa endurecida, em corpos-de-prova cilíndricos que podem ser moldados ou extraídos da estrutura.

2.5. RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

As diretrizes relacionadas ao ensaio de compressão neste trabalho são quanto ao capeamento das minis paredes, velocidade de carga, aplicação do carregamento, tempo de cura. O capeamento aplicado sobre o sistema sanduíche com EPS foi de 10 mm; a velocidade de carga deve seguir uma razão de $(0,05 \pm 0,01)$ MPa/s, já a

aplicação de carga deve inicialmente, aplicar dois ciclos de carga e descarga, até o valor de 50% da carga de ruptura estimada. O tempo de cura se realizou por 28 dias a partir do assentamento dos blocos e o transporte até a prensa se realizou na posição vertical para que não houvessem danos ao sistema.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. ARGAMASSA ESTADO FRESCO

A média resultante, 265 mm, encontrado na Tabela 1, atende a NBR 13276:2005, que recomenda o valor de $(260 \pm 5 \text{ mm})$ e assim como à ASTM C1329:2003 $(230 \pm 5 \text{ mm})$. A argamassa em questão apresentou de forma homogênea e coesa e foi considerada de fácil aplicação. A consistência obtida, está de acordo também com a argamassa utilizada na NCH 802:1971, que pede consistência $(250 \pm 5 \text{ mm})$, que utiliza argamassa não industrializada.

Tabela 1. Índice de consistência da argamassa

Índice de consistência – NBR 13276:2005			
	Espalhamento (mm)	Média (mm)	Desvio padrão (σ)
1	262		
2	265	265	3
3	268		

Fonte: Autor, 2018

O ensaio de determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado, NBR 13278:2005 resultou em uma densidade de $1753,17 \text{ Kg/m}^3$ relacionando as massas constituintes do ensaio. Este valor classifica-se em D4, que varia de 1600 a 2000 Kg/m^3 , conforme NBR 13281:2005 que classifica os requisitos dos ensaios para argamassas de assentamento e revestimento. Já o teor de ar incorporado resultou em 19,22%, classificado como C, valores maiores que 18, em referência a NBR 13281:2005 que classifica os requisitos dos ensaios para argamassas de assentamento.

O ensaio de retenção de água (Ra), NBR 13277:2005, resultou em 78,57%, tendo em vista que relacionou todas as massas constituintes no ensaio. O valor encontrado está contido na classe U2, 72 a 85%, da NBR 13281:2005 que classifica os requisitos dos ensaios para argamassas de assentamento. Já para ASTM C1329:2003, se define como classe 2, abaixo de 85%.

3.2. ARGAMASSA ESTADO ENDURECIDO

Conforme Tabela 2, os valores encontrados para tração na flexão atendem a NBR 13281:2005 em relação a tensão, contidos na classe R1, valores menores a 1,5 MPa. Já para a ASTM C1329:2003, está contida como classe 1, entre 1 e 2 MPa.

Tabela 2. Resistência à tração na flexão da argamassa

Resistência à tração na flexão - NBR 13279:2005			
	Área (mm ²)	Tensão (Mpa)	Média (MPa)
CP1	1600	1,06	1,00
CP2	1600	0,88	
CP3	1600	1,05	
Desvio padrão (σ)		0,10	

Fonte: Autor, 2018.

Conforme Tabela 3, os valores encontrados para tração na flexão atendem a NBR 13281:2005 em relação a tensão contidos na classe P2, valores que variam entre 1,5 a 3,0 MPa. Para a ASTM C1329:2003, está contida na classe 1, que varia de 1 a 3 MPa.

Tabela 3. Resistência à compressão da argamassa

Resistência à compressão - NBR 13279:2005			
	Área (mm ²)	Tensão (MPa)	Média (MPa)
CP1	1600	2,56	2,42
CP2	1600	2,25	
CP3	1600	2,44	
Desvio padrão (σ)		0,15	

Fonte: Do autor, 2018.

Os valores obtidos conforme Tabela 4, atendem a NBR 13281:2005, quanto ao coeficiente de capilaridade, contido na classe C1 da norma citada, valores menores a 1,5 (g/dm².min^{1/2}). Já para ASTM C1329:2003, os valores estão contidos na classe 3, entre 0,5 e 1.

Tabela 4. Determinação da absorção da água por capilaridade.

Determinação da absorção da água por capilaridade - NBR 15259:2005						
	Massa seca (g)	Massa (g) - 10 min	Massa (g) - 90 min	Absorção (g/cm ²) - 10 min	Absorção (g/cm ²) - 90 min	C (g/dm ² .min ^{1/2})
CP1	440,08	441,08	441,22	0,06	0,07	0,88
CP2	432,07	432,36	432,41	0,02	0,02	0,31
CP3	436,11	436,34	436,45	0,01	0,02	0,69
Média	436,09	436,59	436,69	0,03	0,04	0,63
Desvio padrão	4,00	4,36	4,41	0,027	0,029	0,29

Fonte: Do autor, 2018.

Tabela 5. Determinação do módulo estático de elasticidade à compressão

Determinação do módulo estático de elasticidade à compressão - NBR 8522:2017		
	Ec (GPa)	Média (GPa)
CP1	4,36	4,27
CP2	3,56	
CP3	4,90	

Desvio padrão ($\bar{\sigma}$) 0,67

Fonte: Do autor, 2018.

Os valores encontrados para módulo estático de elasticidade, Tabela 5, à compressão não são limitados a nenhuma classe da NBR 13281:2005. Para ASTM C1329:2003, menciona-se valores mínimos acima de 3 GPa.

3.2. RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DO SISTEMA SANDUÍCHE COM EPS

Tabela 6. Resistência a compressão do sistema sanduíche com EPS

Resistência à compressão – NCH 802:1971			
	Resistência à compressão (MPa)	Média (MPa)	Desvio padrão (σ)
SM1	15,54	15,80	0,22
SM2	15,87		
SM3	15,98		

Fonte: Autor, 2018

O ensaio de compressão do sistema sanduíche com EPS, Tabela 6, apresentou valores aproximados entre as 3 amostras, com valor médio encontrado de 15,80 MPa e um desvio padrão de 0,12, atendendo assim a NCH 802:1971, a qual pede valores iguais ou maiores que 10 Mpa. Também se percebeu o descolamento da argamassa junto a placa de EPS, porém não reparando danos visíveis a mesma e à tela de aço electrossoldada. De acordo com Medeiros (2017), os resultados em ensaios de compressão com painéis de 100 largura x 280 cm altura x 10 cm espessura, os resultados de média para compressão e desvio padrão, 11,53 MPa e 1,3, respetivamente.

Para a argamassa no seu estado fresco e endurecido, os ensaios provaram que a argamassa industrializada atendeu aos requisitos estabelecidos pela ASTM C1329:2003, a qual referencia o uso de argamassa para o sistema sanduíche com EPS.

4. CONCLUSÕES

- Para os ensaios da argamassa, em estado fresco e endurecido, todas as normas referentes aos ensaios foram atendidas, ASTM C1329:2003, provando assim a capacidade do uso da argamassa para o sistema sanduíche com EPS.

- Para as minis paredes do sistema sanduíche o valor médio obtido para carga de ruptura foi de 15,80 MPa, tendo em vista em que a NCH 802:1971, requisita o valor mínimo para ensaio de compressão de 10 MPa.

Sugestões para trabalhos futuros:

- Analisar desempenho térmico e acústico do sistema sanduíche com EPS.
- Analisar desempenho frente à ensaios de corpo mole e corpo duro do sistema sanduíche com EPS.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7481: **Tela de aço soldada. (1990).**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7973: **Poliestireno expandido para isolamento térmica - Determinação de absorção de água. (2007).**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8522: **Determinação do módulo estático de elasticidade à compressão. (2008).**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11752: **Materiais celulares de poliestireno para isolamento térmico na construção civil e refrigeração industrial. (2007).**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13276: **Determinação do índice de consistência. (2005).**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13277: **Determinação de retenção de água. (2005).**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13278: **Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado. (2005).**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13279: **Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. (2005).**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13281: **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos — Requisitos. (2005).**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13529: **Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas — Terminologia. (2013).**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15259: **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade. (2005).**

American Society for Testing and Materials ASTM C1329: **Standard Specification for Mortar Cement. (2003).**

EMMEDUE. Manual técnico. **Sistema Constructivo avanzado.** Nicarágua: 2014. 90 p.

NORMA CHILENA. NCH 802: **Compresión de paneles estructurales. (1971).**

Agopyan, Vahan. **A inovação é o grande desafio da construção civil.** Disponível em: [<www.lattufe.com.br/a-inovacao-e-o-grande-desafio-da-construcao-civil>](http://www.lattufe.com.br/a-inovacao-e-o-grande-desafio-da-construcao-civil). Acesso em: 14 de junho de 2018.

Lopes, Michele. **Sistemas construtivos sustentáveis: opções modernas e cada vez mais aplicadas.** Disponível em: <www.temsustentavel.com.br/sistemas-construtivos-sustentaveis-opcoes>. Acesso em: 12 de junho de 2018.

Monteiro, Rodolfo. **Sustentabilidade na construção civil.** Disponível em: <www.meuartigo.brasilecola.uol.com.br/atualidades/sustentabilidade-na-construcao-civil>. Acesso em: 14 de junho de 2018.

DELLATORRE, L.A. **ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTO ENTRE EDIFÍCIO DE ALVENARIA ESTRUTURAL E DE CONCRETO ARMADO CONVENCIONAL** DISSERTAÇÃO DE GRADUAÇÃO. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2014.

Mammini, Osmar. **O processo Monolite de construção com painéis de EPS.** Disponível em: <<http://www.brumanengenharia.com.br/mainTecnologia.html>>. Acesso em: 14 de junho de 2018.

Melo, Ana P. **Análise do procedimento de simulação da NBR 15575 para avaliação do desempenho térmico de edificações residenciais.** Disponível em: <www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-86212014000400007>. Acesso em: 15 de junho de 2018.

Panhan, Ricardo. **Painéis de EPS para construção: vantagens e desvantagens** Disponível em: <www.aecweb.com.br/cont/m/rev/paineis-de-eps-para-construcao-vantagens-e-desvantagens_11168_0_1>. Acesso em: 14 de junho de 2018.