



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 3.607, de 17/10/05, D.O.U. nº 202, de 20/10/2005
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

Paulo Eduardo Aires Ribeiro

**A adição de EPS reciclado na argamassa leve de vermiculita,
com finalidade de conforto térmico.**

Palmas

2015

Paulo Eduardo Aires Ribeiro

**A adição de EPS reciclado na argamassa leve de vermiculita,
com finalidade de conforto térmico.**

Projeto apresentado como requisito final da disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II do curso de Engenharia Civil, orientado pela Professora Esp. Bibiana Zanella Ribeiro.

Palmas

2015

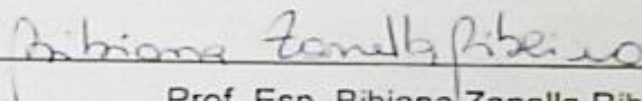
Paulo Eduardo Aires Ribeiro

A adição de EPS reciclado na argamassa leve de vermiculita,
com finalidade de conforto térmico.

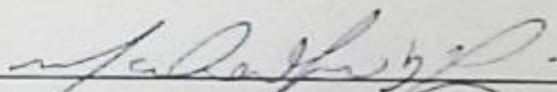
Projeto apresentado como requisito
da disciplina de Trabalho de Conclusão de
Curso II do curso de Engenharia Civil,
orientado pelo Professora Esp. Bibiana
Zanella Ribeiro.

Aprovado em 11, NOVEMBRO de 2015.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Esp. Bibiana Zanella Ribeiro
Centro Universitário Luterano de Palmas



Prof. Esp. Maria Carolina de Paula Estevam D'Oliveira
Centro Universitário Luterano de Palmas



M.Sc. Thyago Phellip França Freitas
Centro Universitário Luterano de Palmas

*Dedico esse trabalho aos meus amados Pais,
que são exemplos de perseverança, honestidade,
força, dedicação, esperança e amor.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por ter proporcionado essa trajetória para realização desse curso, por ter me dado sabedoria nos momentos difíceis e complicados;

A minha família por ter me apoiado e ser a base para a realização deste curso;

Aos meus pais, Paulo Resende Aires da Fonseca e Súsley Borges Ribeiro Aires pelo apoio, pela compreensão nos momentos de stress, pelo incentivo constante para que a cada dia eu me torne uma pessoa melhor;

As minhas irmãs, Natalia e Letícia pela companhia diária e amizade dispensada;

Aos colegas e amigos que conquistei ao longo do curso, pelas noites de estudo e pelos momentos de divertimento, sempre com foco e objetivo maior de conseguir a graduação;

Aos laboratoristas e amigos do CEULP, pelo auxílio no desenvolvimento desta pesquisa;

A minha Orientadora Professora Bibiana Zanella Ribeiro, pela dedicação, empenho, orientação e informações que às vezes não gostei de ouvir, mas que foram necessárias para a realização de um bom trabalho;

E a todos que ajudaram e participaram direta e indiretamente na conclusão desse curso, o meu muito obrigado.

RESUMO

A norma de desempenho de edificações habitacionais do ano de 2013 trouxe parâmetros de desempenho térmico mínimo. E a região norte e nordeste são as que mais sofrem com faltas de tecnologias para o aperfeiçoamento térmico da região, além de serem as regiões mais quentes do país. Esse trabalho tem por finalidade o aperfeiçoamento térmico com o uso da vermiculita e EPS reciclado, onde para alcançar tal objetivo, foi verificado os resultados térmicos em dois protótipos, um com argamassa convencional e outro com argamassa de vermiculita e EPS reciclado, realizando-se um comparativo das temperaturas de cada. Os protótipos foram construídos no campus da Universidade Luterana Brasileira com sede em Palmas. Realizou-se ensaios de resistência a compressão e de densidade no estado fresco e endurecido no laboratório de construção civil com o auxílio técnico. Após a análise e discussão dos dados pode-se perceber que a argamassa de vermiculita e EPS reciclado, obteve um melhor desempenho térmico em relação a argamassa convencional, além de ser uma argamassa como baixa densidade em seu estado endurecido tornando-se $787 \frac{Kg}{m^3}$ mais leve que acarretará em estruturas mais esbeltas e em fundações menores, reduzindo o custo total da obra.

Palavras – chave: EPS reciclado. EPS e vermiculita. Desempenho térmico.

ABSTRACT

The norm of performance residential buildings in 2013 brought parameters of performance minimal thermal. The northwest and North region are the biggest region that suffer with the lack of technology for the thermal improvement, Furthermore we have to considered that the northwest and North are one of the hottest region in our country. This Project was created with the purpose to improve the thermal condition using vermiculite and recycle EPS as material, to obtain this intent, the results of this project was analysed using two prototype, one with a conventional mortar and another one with Vermiculite mortar and recycled EPS and then had been compared both temperature the prototype was built at University Luterana Brasileira in Palmas. Has been did trials de compressive strength and density in a fresh and hardened state at the civil construction laboratory with technical assistance after the analysis and increasing discussion of all this results, we can notice that the vermiculite mortar and recycled EPS, got a better thermal performance if we compared with the other one which has a conventional mortar in addition we can infer that the vermiculite mortar and recycled EPS has low density in his hardened state and that is the reason why it is more weightless, which can contribute for slender structures and smaller foundations, Reducing the built's total cost.

Key-words: Recycle EPS. EPS and Vermiculite. Thermal performance.

SUMÁRIO

RESUMO	4
ABSTRACT	5
LISTA DE FIGURAS	II
LISTA DE GRÁFICOS	III
LISTA DE QUADROS	IV
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 OBJETIVOS.....	2
1.1.1 <i>Objetivo Geral</i>	2
1.1.2 <i>Objetivos Específicos</i>	2
1.2 JUSTIFICATIVA.....	3
2 REFERENCIAL TEÓRICO	4
2.1 NORMA DE DESEMPENHO NBR15575/2013	4
2.2 CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA DO BRASIL	5
2.2.1 <i>Clima Tocantins</i>	6
2.2.2 <i>Palmas</i>	6
2.3 CONFORTO TÉRMICO	8
2.3.1 <i>Temperatura</i>	11
2.3.2 <i>Avaliação Térmica pelo método simplificado</i>	12
2.3.2.1 Transmissão Térmica de Paredes	13
2.3.2.2 Capacidade Térmica	14
2.3.3 <i>Ventilação</i>	14
2.4 BLOCO CERÂMICO	15
2.5 CIMENTO PORTLAND	16
2.6 ARGAMASSA DE REVESTIMENTO	18
2.6.1 <i>Argamassa convencional</i>	19
2.6.2 <i>Argamassa Leve</i>	19
2.6.3 <i>Cal hidratada</i>	20
2.6.4 <i>Agregado miúdo</i>	20
2.6.5 <i>Agregados Leves</i>	21
2.6.5.1 Vermiculita	21
2.6.5.2 EPS.....	23
2.7 ENSAIOS.....	24

3	METODOLOGIA	26
3.1	PROJETO CONSTRUTIVO	26
3.2	MÉTODO CONSTRUTIVO	30
3.3	ARGAMASSA LEVE	32
3.4	ARGAMASSA CONVENCIONAL	33
3.5	ENSAIOS.....	34
3.5.1	<i>Resistência à compressão</i>	<i>35</i>
3.5.2	<i>Determinação da densidade de massa em estado fresco</i>	<i>36</i>
3.5.3	<i>Determinação da densidade de massa em estado endurecido</i>	<i>36</i>
3.6	EXTRAÇÃO DOS DADOS	37
3.6.1	<i>Insumos.....</i>	<i>39</i>
3.6.2	<i>Equipamentos.....</i>	<i>39</i>
4	RESULTADOS	41
4.1	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO	41
4.2	DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE DE MASSA EM ESTADO FRESCO	42
4.3	ARGAMASSA CONVENCIONAL	42
4.4	ARGAMASSA DE VERMICULITA COM ADIÇÃO DE EPS.....	43
4.5	DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE DE MASSA EM ESTADO ENDURECIDO.....	43
4.6	PROTÓTIPOS	45
4.7	COLETA DOS DADOS.....	48
5	CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	55
6	SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS	57
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
	ANEXO	62
	APÊNDICE A – TEMPERATURA INTERNA E EXTERNA DAS PAREDES	65

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa Climático do Brasil.....	6
Figura 2 - Zoneamento Bioclimático Brasileiro	10
Figura 3 - Protótipo do IFTO.....	28
Figura 4 - Terreno do protótipo.....	28
Figura 5 - Bússola	29
Figura 6 - Croqui dos protótipos	30
Figura 7 - Detalhe da impermeabilização	31
Figura 8 - Chapisco	31
Figura 9 - Transporte do EPS.....	32
Figura 10 - Armazenagem do EPS na escola de tempo integral	32
Figura 11 - Padiola de EPS	33
Figura 12 - Porção de vermiculita	33
Figura 13 - Argamassa sendo regularizada com a desempenadeira	33
Figura 14 - Projeção da argamassa no carro de mão	34
Figura 15 - Reservatório para armazenamento com água os corpos de prova	35
Figura 16 - Leitura em balança de precisão 0,1g	37
Figura 17 - Aferição com TERMO-HIGROMETRO DIGITAL MOD.HT-700.....	38
Figura 18 - Croqui em planta.....	39
Figura 19 – Ruptura do corpo de prova com argamassa convencional	42
Figura 20 – Ruptura do corpo de prova com argamassa de vermiculita e EPS	42
Figura 21 - Protótipos prontos	45
Figura 22 - Apresentação de fissura.....	46
Figura 23 - Termo-Higrometro Digital Mod.Ht-700	52
Figura 24 - Termômetro digital com mira a laser mod. GM-300	52

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Índice Pluviométrico de Palmas.....	7
Gráfico 2 - Temperatura da cidade de Palmas.....	8
Gráfico 3 - Temperatura externa e interna do protótipo com argamassa convencional	49
Gráfico 4 - Temperatura externa e interna do protótipo com argamassa de vermiculita e EPS	50
Gráfico 5 - Comparativo das temperaturas internas dos protótipos	51
Gráfico 6 - Comparativo das temperaturas externas entre as argamassas	54

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Tipos de vedações externas para zona	11
Quadro 2 - Estratégias de condicionamento térmico passivo para zona	11
Quadro 3 - Valores máximos de temperatura no verão	12
Quadro 4 - Valores mínimos de temperatura no inverno	12
Quadro 5 - Transmitância térmica de paredes externas.....	13
Quadro 6 - Capacidade térmica de paredes externas	14
Quadro 7 - Área mínima para ventilação para permanência prolongada	15
Quadro 8 - Resistência a Compressão.....	24
Quadro 9 - Densidade de massa aparente no estado endurecido	25
Quadro 10 - Densidade de massa aparente no estado fresco	25
Quadro 11 - Resistência à compressão com 7 dias	41
Quadro 12 – Resistência à compressão com 28 dias	41
Quadro 13 – Classificação conforme NBR 13281 (2005).....	42
Quadro 14 - Massa dos corpos de prova aos 28 dias de idade.....	44
Quadro 15 - Classificação conforme NBR 13281	44
Quadro 16 - Dado térmico do dia da aplicação do emboço.....	47
Quadro 17 - Dado térmico do dia seguinte à aplicação do emboço	47
Quadro 18 - Temperaturas do protótipo com argamassa convencional	48
Quadro 19 - Temperatura do protótipo com argamassa de vermiculita e EPS	50
Quadro 20 - Temperatura interna e externa das paredes do protótipo com argamassa convencional	53
Quadro 21 - Temperatura interna e externa das paredes do protótipo com argamassa de vermiculita e EPS	53

1 INTRODUÇÃO

A construção civil, nos últimos 10 anos cresceu 52,10%, crescimento em média de 4,28% anual, onde mostrou um grande avanço em conjuntos habitacionais no país, graças aos incentivos fiscais e de programas sociais, com isso a preocupação com desempenho e qualidade nas construções, foi deixada um pouco de lado, em virtude de prazos curtos de entrega e grande demanda devido ao déficit habitacional do país (AMORIM, 2014).

Em 2010 começou a se preocupar com o desempenho, com a primeira versão da NBR 15575 (2010) - Edificações Habitacionais, que se embasou nas normas já existentes, na primeira edição a norma só contemplava edificações de até 5 pavimentos, só que não entrou em vigor nos anos subsequentes, e ficou em processo de revisão, e por fim em 2013, foi aprovada a segunda versão da NBR 15575 (2013) que abrange todos os tipos de edificações habitacionais. Após a publicação da norma foi dada a atenção devida ao desempenho térmico, procurando avanços tecnológicos para o atendimento da mesma.

Diante do fator de adequação a norma, o setor, tem mostrado grandes avanços no conceito de sistemas construtivos, como a aplicação de revestimento de gesso substituindo o revestimento convencional (cimento;cal;areia), o sistema construtivo HITEC que utiliza o EPS (Poliestireno expandido com pentano) como painéis de vedação, dentre outros.

A confecção deste trabalho está voltada a formulação de uma argamassa leve de enchimento utilizando EPS reciclado e vermiculita expandida com finalidade em adquirir um aprimoramento térmico e um reaproveitamento do EPS que é utilizado muitas vezes em lajes pré-moldadas, como uma solução viável para parâmetros da NBR 15575/2013 e para uma possível substituição do uso da argamassa convencional (cimento;cal;areia) pela argamassa em estudo.

O EPS é um plástico celular e sua composição é de poliestireno e ar, durante o seu processo fábriço é possível definir a densidade e tipo de matéria prima para um desempenho maior, nas suas propriedades térmicas e reação ao fogo. Na construção civil o EPS é muito utilizado na confecção de lajes pré-moldadas pelo fato de conseguir resistir bem aos esforços mecânicos de compressão, deformação, por ser uma solução mais barata que implica em uma redução significativa de custos na concretagem da laje e conseqüentemente, por ser um material mais leve, provoca

menores custos à fundação. Só que este, ainda não muito utilizado em soluções térmicas devido a pouco estudo e pouca divulgação sobre suas propriedades e parâmetros (ABRAPEX, 2015).

A vermiculita é utilizada na construção civil principalmente na forma expandida, se tornando mais leve e conseguindo valores mais significativos com as propriedades térmicas, que ela adquire com o processo de expansão.

A combinação de ambos componentes em um reboco pode trazer, propriedades térmicas que melhorem o conforto em um ambiente, sendo uma alternativa de aprimoramento térmico e um melhor atendimento perante a norma de desempenho das edificações.

O território do estado do Tocantins, segundo a NBR15220-3 (2005), se encontra praticamente inteiro na zona bioclimática 7, e a norma faz recomendações severas no quesito térmico devido a região possuir um clima muito quente e por ter uma alta variação de clima durante o dia (diferença entre temperatura máxima e mínima durante o dia).

As edificações devem conter características que culminem em um alto atraso térmico, para que o interior da edificação contenha as altas variações térmicas externas, porém conservando a temperatura interna dentro da zona de conforto. O mercado estadual é muito escasso de novas tecnologias e técnicas de aperfeiçoamento térmico, devido ser um estado recente em comparação com os demais, quando é requisitado tratamento adequando é necessário que trazer de outros estados, adicionando um custo maior para tal aperfeiçoamento.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Analisar o comportamento de uma argamassa de vermiculita com adição de EPS reciclado, que contribua para o aperfeiçoamento térmico das edificações e das técnicas construtivas.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Confeccionar pequenos protótipos de edificações, rebocadas, uma com emboço feito de vermiculita expandida e EPS reciclado e a outra com emboço convencional (cimento;cal;areia).
- Determinar a massa específica das duas argamassas no estado fresco e endurecido, resistência a compressão de cada traço da argamassa e analisar o desempenho das mesmas conforme a NBR 13281 (2005).
- Avaliar os resultados térmicos e dos ensaios de resistência a compressão e de densidade das argamassas, de uma adição experimental de EPS reciclado no traço da argamassa com vermiculita.
- Aferir dados de temperatura interna dos protótipos para efeito comparativo, por meio do termômetro Termo-Higrometro Digital Mod.Ht-700 e Termômetro digital com mira a laser mod. GM-300

1.2 Justificativa

Pelo fato do Brasil ter grande extensão territorial possui também diferentes climas ao longo do seu território, porém as regiões norte e nordeste, são as que mais sofrem com altas temperaturas.

A escolha do tema foi por uma análise pessoal da região em que vivemos, onde temos que conviver com altas temperaturas, que podem chegar até os 41°C com baixa umidade do ar durante alguns meses, com base nessas informações e na retenção do conhecimento ao longo do curso de engenharia civil, buscou-se trazer um método ou alternativa de argamassa que possa melhorar a realidade da nossa sociedade, com mais conforto e qualidade de vida, conseguindo parâmetros térmicos significativos da argamassa.

Esta pesquisa abre ainda espaço para novos trabalhos, para analisar o conforto acústico da combinação dos dois materiais de estudo, análise de viabilidade financeira para implantação.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Norma de Desempenho NBR15575/2013

A NBR 15575/2010 em sua primeira versão, fez uma reunião de dados, para que a mesma embasasse seus requisitos e suas premissas, ou seja, normas que já eram para estar sendo adotadas no setor. Fazendo um levantamento de informações sobre o desempenho das edificações e uma estipulação de desempenho em cada sistema.

Em relação ao processo de vigência, a sua primeira edição, contemplava apenas edificações de até 5 pavimentos, só que não entrou em vigor nos anos subsequentes, por pressão das construtoras, sendo que sua principal justificativa era de terem que se adequar em um curto período de tempo, fazendo com que a ABNT entrasse com um processo de revisão da mesma. Por fim em 2013, entra em vigor a segunda versão da NBR 15575/2013 que abrange todos os tipos de edificações habitacionais. Sobre o assunto a CBIC (Câmara Brasileira da Indústria da Construção) (2013, p.6), nos diz:

Previsto para entrar em vigor em março de 2010, o texto original – de excelente qualidade no todo - apresentava algumas exigências aquém das expectativas da sociedade, e outras com certa dissonância em relação à atual capacidade econômica do país. Assim sendo, há pouco mais de dois anos, e em consenso com órgãos governamentais, associações de profissionais, universidades, instituições técnicas e setor produtivo, a Câmara Brasileira da Indústria da Construção - CBIC solicitou à Associação Brasileira de Normas Técnicas a revisão de tão importante conjunto normativo, no que foi prontamente atendida. Após quase dois anos de trabalhos de revisão, com participação jamais vista em Comissões de Estudos de normas técnicas no Brasil, chegando a se verificar reuniões com a presença de mais de 120 ativos participantes, a norma ABNT NBR 15575 “Edificações Habitacionais – Desempenho” entra oficialmente em vigor a partir de julho de 2013 [...].

O foco da norma contempla as exigências dos usuários para o edifício habitacional e seus sistemas, quanto ao seu comportamento. A norma vem trazer parâmetros de tal forma que as edificações tenham um padrão de qualidade, independente da classe da edificação esta deve atender aos requisitos mínimos impostos na mesma. A NBR 15575 (2013, p.3) nos complementa dizendo:

A forma de estabelecimento do desempenho é comum e internacionalmente pensada por meio da definição de requisitos (qualitativos), critérios (quantitativos ou premissas) e métodos de

avaliação, os quais sempre permitem a mensuração clara do seu cumprimento. As Normas prescritivas estabelecem requisitos com base no uso consagrado de produtos ou procedimentos, buscando o atendimento às exigências dos usuários de forma indireta. A abordagem desta Norma explora conceitos que muitas vezes não são considerados em Normas prescritivas específicas, como, por exemplo, a durabilidade dos sistemas, a manutenibilidade da edificação e o conforto tátil e antropodinâmico dos usuários.

2.2 Classificação climática do Brasil

Sobre a definição de clima o Instituto Nacional de Meteorologia (2015) diz:

O clima é um recurso natural vital ao nosso bem-estar, saúde e prosperidade. As informações coletadas, gerenciadas e analisadas ajudam tomadores de decisão e usuários a planejar e adaptar suas atividades e projetos às condições esperadas. Desta maneira, decisões podem ser tomadas no planejamento, o que reduz riscos e aperfeiçoam os benefícios socioeconômicos.

O Brasil ao todo possui três tipos de climas diferentes, porém predominam dois tipos em maior parte. Sobre a diversidade climática do Brasil o IBGE (2015) diz:

“O Brasil é um país com grande diversidade climática”. Em alguns lugares faz frio e em outro muito calor, mas em geral a temperatura é elevada em quase todo o território. Há três tipos de clima no país: equatorial, tropical e temperado. O clima equatorial abrange boa parte do território nacional, englobando principalmente a região da Floresta Amazônica, onde chove quase diariamente e faz muito calor. Já o clima tropical varia de acordo com a região, mas também é quente e com chuvas menos regulares. O sul do Brasil é a região mais fria do país. Nela predomina o clima temperado que, no inverno, pode atingir temperaturas inferiores a zero grau.

Pelo fato de no Brasil ter, além de zonas climáticas frias, como é o caso do clima temperado, encontrado principalmente na região sul do país, possui também zonas quentes, como é o caso dos climas tropical e equatorial localizados principalmente nas regiões norte e nordeste, sendo possível melhor visualização desses climas na figura 1.

Figura 1 - Mapa Climático do Brasil



Fonte: Nimer, L. Um modelo metodológico de classificação de clima, Revista Brasileira de Geografia, Rio de Janeiro: IBGE, ano 41, n. 4, p. 50-89, out./dez. 1979. Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/colicao_digital_publicacoes.php>. Acesso em: mar. 2012. Adaptado.

Fonte: IBGE (2015)

2.2.1 Clima Tocantins

O Tocantins que se encontra na região norte do País, foi criado no ano de 1988, com área de 277.620,914 km², composto por 139 municípios, tem precipitação média anual de 1200 mm a 2100 mm, sua população é estimada em 1.383.445 em 2010, possui três tipos de climas: clima úmido com moderada deficiência hídrica no inverno; clima úmido subúmido com moderada deficiência hídrica no inverno e clima úmido subúmido com pequena deficiência hídrica, onde Palmas (capital do estado) é acomodada. (SEPLAN, 2012)

2.2.2 Palmas

Para a melhor compreensão e melhor esclarecimento da metodologia e dos resultados é necessário ter conhecimento das características urbanísticas e bioclimáticas da cidade de Palmas

A cidade de Palmas, foi construída no centro geográfico do estado com finalidade de ser a capital do estado do Tocantins, com dimensões de 12x32 km, sendo projetada inicialmente para 2 milhões de pessoas em seu plano diretor, e para

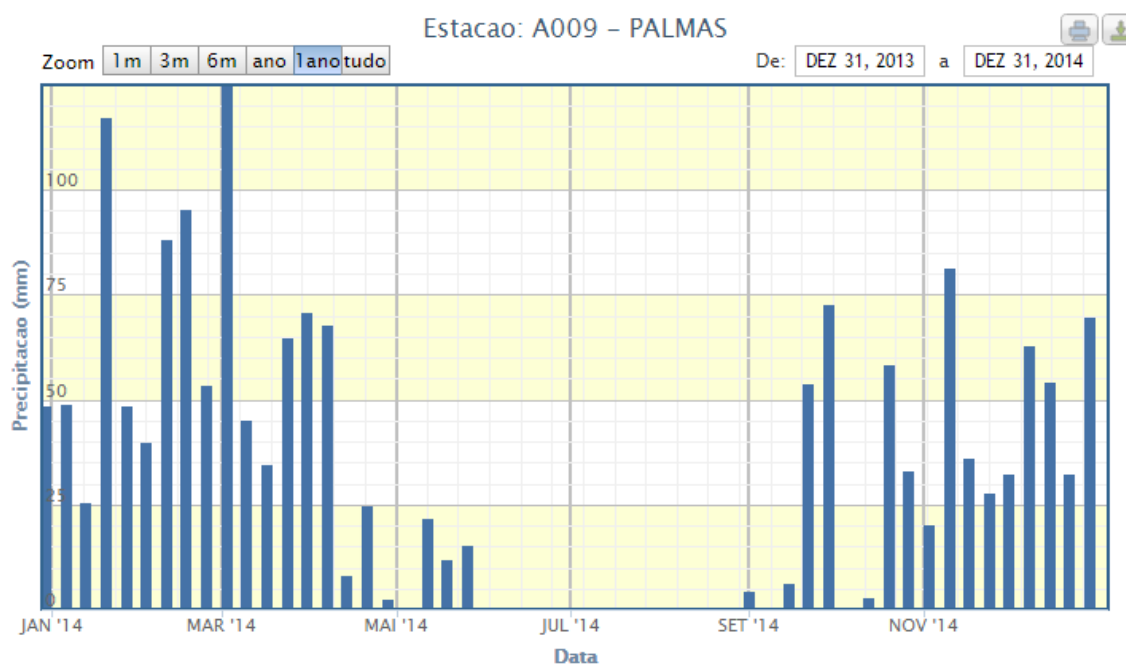
essa definição, foram realizados serviços de topografia, recursos hídricos, e conceitos urbanísticos. A quadra padrão com cerca de 700 x 700 metros podendo abrigar até 12 mil habitantes. (TEIXEIRA, 2009)

IBGE (2015) apresenta dados da população estimada para 2015 de 272.726 habitantes.

A cidade está localizada nas coordenadas geográficas de 10°12'46" de Latitude, 48°21'37" de Longitude, com 330 m acima do nível do mar,

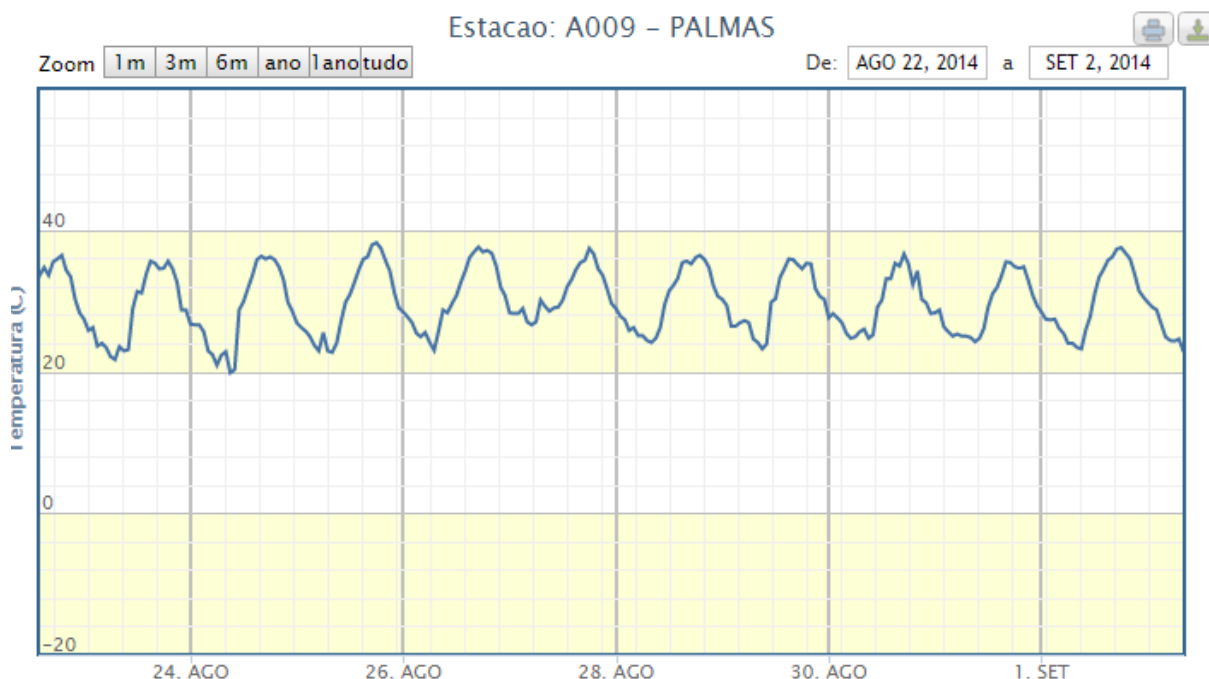
Em relação ao clima, é classificada como clima úmido subúmido com pequena deficiência hídrica, onde possui evapotranspiração potencial média anual de 1600 mm (SEPLAN, 2012). E possui dois períodos bem definidos de seca e chuvoso, como pode ser observado conforme o gráfico 1.

Gráfico 1 - Índice Pluviométrico de Palmas



Fonte: INMET (2014)

De acordo com o gráfico 2 fornecido pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), (2014) é possível ver que na estação seca, a região possui baixos índices de umidade, com temperaturas que podem chegar facilmente aos 40°C, além disso possui um alto gradiente de temperatura durante o dia, podendo ser de até 16°C, ou seja, a diferença entre a temperatura máxima e a mínima registrada durante o dia pode chegar até 16°C.

Gráfico 2 - Temperatura da cidade de Palmas

Fonte: INMET (2014)

2.3 Conforto térmico

A NBR 15220 (2005, p.5) define como a “satisfação psicofisiológica de um indivíduo com as condições térmicas do ambiente”. Como vimos anteriormente o Brasil, possui diversos tipos climáticos e consequentemente a engenharia e a arquitetura devem se adequar para cada região, afim de, proporcionar melhor qualidade e maior conforto térmico para as moradias. Sobre o assunto a CBIC (2013, p.135), nos complementa:

O adequado desempenho térmico repercute no conforto das pessoas e em condições adequadas para o sono e atividades normais em uma habitação, contribuindo ainda para a economia de energia.

Com o tratamento de superfícies com intuito de conforto térmico, irá contribuir na redução de custos na conta de energia, lembrando que este tipo de investimento se reflete instantaneamente, além de, não perder essa característica ao longo do tempo. Segundo a NBR 15575 (2013), a sensação de conforto térmico depende bastante das condições de ventilação dos ambientes, as aberturas e o posicionamento das mesmas.

A respeito do tema Frota e Schiffer (2003, p.26), diz que existem três tipos de índices de conforto que podem ser analisados, são eles:

Índices biofísicos: que se baseiam nas trocas de calor entre o corpo e o ambiente, correlacionando elementos do conforto com as trocas de calor que dão origem a esses elementos; Índices fisiológicos: que se baseiam nas relações fisiológicas originadas por condições conhecidas de temperatura seca do ar; temperatura radiante média, umidade do ar e velocidade do ar; Índices subjetivos: que se baseiam nas sensações subjetivas de conforto experimentadas em condições em que os elementos de conforto térmico variam.

Segundo CBIC (2013), para a confecção do índice de conforto térmico é necessário observar uma gama extensa de variáveis. As mais importantes e as que maior relevância e alteram significativamente no índice são: ventilação; umidade do ar; temperatura. É certo que quanto mais variáveis a serem analisadas, o índice ficará mais real e mais confiável, nos respalda a NBR15575 (2013).

Segundo Frota e Schiffer (2003), o sol é uma importante fonte de calor, que incide nas edificações, que representa sempre um ganho de calor, que será por causa da intensidade da radiação incidente e das características térmicas do sistema adotado no edifício.

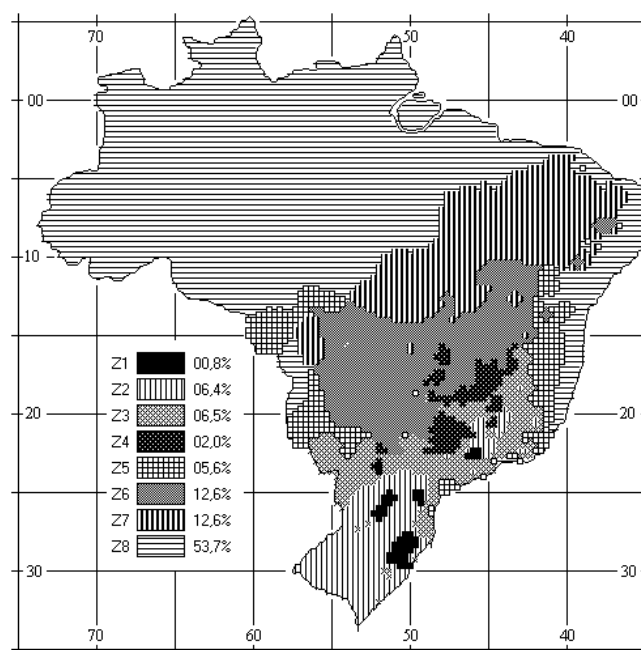
Conforme a NBR 15220 (2005) existem outros fatores que interferem diretamente para deixar o ambiente com mais conforto térmico:

- Absorbância à radiação solar dos materiais: é um valor variável, de acordo com o tipo de superfície, pelo formato, propriedade do material e pela coloração, ou seja, na hora da escolha da pintura de uma casa ou tipo de cobertura é importante escolher cores mais claras e materiais de cobertura com baixo valor de absorbância a radiação solar.
- Condutibilidade térmica: Propriedade física de um material ter maior condutibilidade de passar ou transportar calor. Deve-se levar em conta na escolha de materiais para a realização da cobertura ou escolha do tipo de material para vedação, a NBR 15220 (2005) nos informa alguns valores de condutibilidade.
- Calor específico dos materiais: Quantidade de calor necessária para acontecer a variação em uma unidade de temperatura de um sistema pelo seu peso, fator que determinante na escolha do material a ser utilizado.

A NBR15220 (2005) faz uma divisão bioclimática brasileira em oito zonas (figura 2). Uma zona se diferencia uma da outra pelas suas diferenças climáticas,

consequentemente o tratamento térmico de cada região é diferente, técnicas construtivas e materiais construtivos mínimos para cada região. “Para cada uma destas zonas, formulou-se um conjunto de recomendações técnico-construtivas que buscam otimizar o desempenho térmico das edificações, através de sua melhor adequação climática.” (CAIXA, 2010).

Figura 2 - Zoneamento Bioclimático Brasileiro



Fonte: NBR15220 (2005)

Na NBR 15220 (2005), a cidade de Palmas não foi classificada nominalmente, e a própria diz que deve- ser considerar a cidade mais próxima, que no caso é Porto Nacional, que se encontra na zona 7, ela faz orientações no tipo de vedação externa (quadro 1), estratégias de condicionamento térmico passivo (quadro 2), com temperatura máxima média de 35,6°C e temperatura mínima média de 18,0°C, também foi visto na norma que a média de temperatura do nosso Estado é a segunda mais alta do país, perdendo apenas para Teresina - PI.

Quadro 1 - Tipos de vedações externas para zona

Vedações externas
Parece: Pesada
Cobertura: pesada

Fonte: NBR15220, 2005 (adaptada pelo autor)

Quadro 2 - Estratégias de condicionamento térmico passivo para zona

Estação	Estratégias de condicionamento térmico passivo
Verão	H) Resfriamento evaporativo e Massa térmica para resfriamento J) Ventilação seletiva (nos períodos quentes em que a temperatura interna seja superior à externa)
Nota: Os códigos H e J são os mesmos adotados na metodologia utilizada para definir o Zoneamento Bioclimático do Brasil (ver anexo B).	

Fonte: NBR15220 (2005)

Tomando conhecimento de tais recomendações devemos nos preocupar sim, no quesito de conforto térmico. A NBR15575 (2013) nos informa três tipos para aferir se a edificação está de acordo e qual desempenho ela se enquadra, são eles: avaliação térmica pelo método simplificado; avaliação em campo; avaliação por software computacional Energy Plus. O presente trabalho se propõe a fazer avaliação de campo, onde as medições serão realizadas nos protótipos. Para avaliação em campo a norma se delimita a três níveis de desempenho térmico, eles indicam a qualidade agregada no sistema construtivo em um conjunto inteiro, são eles: nível mínimo, intermediário e superior.

2.3.1 Temperatura

A NBR 15575 (2013) e a NBR 15220 (2005) delimitam e impõem desempenho para as temperaturas máximas e mínimas no interior de cada ambiente interno, para ambos os parâmetros de qualidade (mínimo, intermediário e superior), tomando a temperatura externa como limite para a interna, demonstrando as temperaturas no período de verão (quadro 3) e no inverno (quadro 4).

Quadro 3 - Valores máximos de temperatura no verão

Nível de desempenho	Critério	
	Zona 1 a 7	Zona 8
M	$T_{i, \text{máx.}} \leq T_{e, \text{máx.}}$	$T_{i, \text{máx.}} \leq T_{e, \text{máx.}}$
I	$T_{i, \text{máx.}} \leq (T_{e, \text{máx.}} - 2 \text{ }^{\circ}\text{C})$	$T_{i, \text{máx.}} \leq (T_{e, \text{máx.}} - 1 \text{ }^{\circ}\text{C})$
S	$T_{i, \text{máx.}} \leq (T_{e, \text{máx.}} - 4 \text{ }^{\circ}\text{C})$	$T_{i, \text{máx.}} \leq (T_{e, \text{máx.}} - 2 \text{ }^{\circ}\text{C})$
<p>$T_{i, \text{máx.}}$ é o valor máximo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius.</p> <p>$T_{e, \text{máx.}}$ é o valor máximo diário da temperatura do ar no exterior da edificação, em graus Celsius.</p> <p>NOTA Zonas bioclimáticas de acordo com a ABNT 15220-3</p>		

Fonte: NBR 15575, 2013 (adaptada pelo autor)

Quadro 4 - Valores mínimos de temperatura no inverno

Nível de desempenho	Critério	
	Zona 1 a 5	Zonas bioclimáticas 6,7 e 8
M	$T_{i,min} \geq (T_{e,min} + 3\text{ }^{\circ}\text{C})$	Nestas zonas, este critérios não precisam ser verificados
I	$T_{i,min} \geq (T_{e,min} + 5\text{ }^{\circ}\text{C})$	
S	$T_{i,min} \geq (T_{e,min} + 7\text{ }^{\circ}\text{C})$	
<p>Ti,min é o valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius.</p> <p>Te,min é o valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius.</p> <p>NOTA: Zonas bioclimáticas de acordo com a ABNT 15220-3</p>		

Fonte: NBR 15575, 2013 (adaptada pelo autor)

2.3.2 Avaliação Térmica pelo método simplificado

A NBR15220 (2005) que avalia o desempenho térmico de edificações, nos traz alguns tipos de sistemas de vedação onde é levado em conta a espessura e tipo de material do tijolo ou bloco, espessura da argamassa de emboço, nos informando dados de transmitância térmica e de capacidade térmica, desta forma é possível comparar com os requisitos mínimos que a NBR 15575 (2013) determina.

Um dos vários sistemas informados na NBR 15220 (2005) possui o que é mais fácil encontrar e de maior utilização no estado, relata que o U_{min} e o CT_{min} para paredes, de 1 tijolo (tijolo na posição vertical), são $U = 2,49 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ e o $CT=158 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$ esses valores para uma parede já com acabamento, totalizando 15 cm de espessura, e para meio tijolo (tijolo na posição horizontal) o $U = 1,80 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ e o $CT = 231 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$, (NBR 15220, 2005), por tanto, atendem aos requisitos térmicos para

a avaliação pelo método simplificado da NBR 15575/2013, afirmação através da comparação dos dados com os sub tópicos de transmitância e capacidade térmica abaixo, levando em conta que a espessura do emboço de 2,5 cm, tijolo tipo cerâmico e argamassa de assentamento de 1,0 cm.

Pretende-se um aperfeiçoamento ou um aprimoramento do conforto térmico com o auxílio do EPS reciclado e vermiculita expandida, incorporada no traço da argamassa.

2.3.2.1 Transmitância Térmica de Paredes

Sobre transmitância térmica, Caixa (2010, p.78), diz:

A transmitância térmica (U) da parede indica o comportamento da parede em relação à transmissão de calor para o interior do ambiente. E depende das camadas que constituem a parede, pois cada uma delas apresenta uma resistência térmica própria do material do qual é constituída.

Conforme a NBR15220 (2005), podemos definir a mesma como o inverso do somatório do conjunto de resistências térmicas das camadas do sistema incluindo as resistências superficiais interna e externa, ou seja, quando um sistema oferecer um menor valor de transmitância menor será a transmissão de calor. Após a apresentação ou o conhecimento dos dados de transmitância térmica do sistema este deve atender aos desempenhos mínimos exigidos pela norma de edificações habitacionais, tal exigência se encontra no quadro 5.

Quadro 5 - Transmitância térmica de paredes externas

Transmitância térmica U W/m².K		
Zonas 1 e 2	Zonas 3,4,5,6,7 e 8	
$U \leq 2,50$	$a^a \leq 0,6$	$a^a > 0,6$
	$U \leq 3,7$	$U \leq 2,50$
^a a é a absorptância à radiação solar da superfície externa da parede. NOTA: Os valores expressos na NBR 15220-3 são divergentes dos mesmos, porém, para a análise deve-se utilizar os parâmetros da NBR 15575.		

Fonte: NBR 15575 (2013)

2.3.2.2 Capacidade Térmica

De acordo com CAIXA (2010, p.78):

A capacidade térmica (CT) de um componente como uma parede depende das propriedades térmicas dos materiais que o compõem, tais como a condutividade térmica, a resistência térmica, a espessura, o calor específico e a densidade. A CT é definida como a quantidade de calor que um determinado corpo deve trocar para que sua temperatura sofra uma variação unitária.

Quanto maior valor da capacidade térmica do sistema construtivo melhor será o seu desempenho térmico. Após o conhecimento do desempenho do sistema este deve atender aos desempenhos mínimos exigidos pela norma de edificações habitacionais, tal exigência se encontra no quadro 6.

Quadro 6 - Capacidade térmica de paredes externas

Capacidade térmica (CT)	
kJ/m ² .K	
Zonas 1,2,3,4,5,6, e 7	Zona 8
≥ 130	Sem requisito
NOTA Os valores expressos na NBR 15220-3, são divergentes dos mesmo, porém para a análise deve-se utilizar os parâmetros da NBR 15575.	

Fonte: NBR 15575 (2013)

2.3.3 Ventilação

Deve haver uma preocupação também com a circulação do ar e a renovação do mesmo, esses parâmetros podem variar de acordo com sua faixa de zoneamento. A NBR 15575 (2013, p.25) complementa:

No caso da ventilação pode ser considerada uma condição “padrão”, com taxa de 1ren/h, ou seja, uma renovação de ar por hora do ambiente (renovação por frestas), e uma condição “ventilada”, com taxa de 5ren/h, ou seja, cinco renovações de ar por hora do ambiente sala ou dormitório. No caso do sombreamento das aberturas pode ser considerada uma condição “padrão”, na qual não há nenhuma proteção da abertura contra a entrada da radiação solar, e uma condição “sombreada”, na qual há proteção da abertura que corte pelo menos 50% da radiação solar incidente no ambiente sala ou dormitório.

A Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC) (2013, p.151), a respeito do tema afirmou: “Os ambientes de permanência prolongada, ou seja, salas e dormitórios devem ter aberturas para ventilação com áreas que atendam a legislação específica do local da obra, incluindo Códigos de Obras, Códigos Sanitários e outros”. Conforme a NBR 15575 (2013) as edificações habitacionais devem atender aos requisitos do quadro 7.

Quadro 7 - Área mínima para ventilação para permanência prolongada

Nível de desempenho	Aberturas para ventilação (A)	
	Zonas 1 a 7 Aberturas médias	Zona 8 Aberturas grandes
Minímo	$A \geq 7\%$ da área de piso	$A \geq 12\%$ da área de piso - região do Brasil $A \geq 8\%$ da área de piso - região nordeste e sudeste do Brasil
NOTA: Nas zonas de 1 a 6, as áreas de ventilação devem ser passíveis de serem vedadas durante o período de frio.		

Fonte: NBR 15575 (2013)

2.4 Bloco cerâmico

Os materiais cerâmicos há bastante tempo são incorporados na vida cotidiana humana, em jarros, filtros, na construção civil em forma de telhas e tijolos. E sobre a fabricação dessas peças, Petrucci (1979, p.20), diz:

A fabricação dos produtos cerâmicos compreende várias fases, desde a exploração do barreiro e tratamento prévio da matéria prima, passando pela homogeneização, moldagem e secagem do material até sua queima.

Antigamente eram produzidos na maioria das vezes de forma totalmente artesanal pelos escravos com secagem ao sol, com baixa produtividade, e muito denso, sem preocupação de rendimento, que eram os tijolos de barro. Hoje a realidade é totalmente diferente, alta demanda, são necessários padrões mínimos de qualidade de produção desse material, tornando a fabricação totalmente industrializada com formas e com fornos próprios para a secagem, promovendo uma secagem de excelente. Hoje são fabricados tijolos maiores e furados para aumentar a produtividade por metro quadrado e leveza para aliviar fundações reduzindo custos

com muita qualidade incorporada durante todo seu processo fabril, reflexão embasada por Ripper (1995).

Atualmente possuem dois tipos básicos no mercado: bloco cerâmico estrutural que tem menor expressão no mercado, pois tem função de vedação e função estrutural em todo o empreendimento; bloco cerâmico de vedação, a respeito do surgimento do mesmo, Henrique, Banduk e Hissae (2005, p.7), conta: “Com a invenção do concreto armado, o sistema de construção mudou profundamente e as alvenarias deixaram de exercer sua função estrutural, sendo utilizadas somente como elementos de vedação”.

Os blocos cerâmicos de vedação, possui grande percentual no mercado, sendo presente em moradias tanto em altos padrões quanto em baixos e tem função apenas vedação, ou seja, isolar ambiente externo do interno, divisão de cômodos, e por último não menos importante, servir de uma barreira térmica entre o ambiente externo e interno, camada essa que serve de grande valia para o tema sugerido deste trabalho. Sobre bloco cerâmico de vedação a NBR 15270 (2005, p.2), nos diz:

Os blocos cerâmicos para vedação constituem as alvenarias externas ou internas que não tem a função de resistir a outras cargas verticais, além do peso da alvenaria da qual faz parte.

O Instituto de Pesquisas Tecnológicas (2009,p. 2), complementa:

Alvenarias de vedação são aquelas destinadas a compartimentar espaços, preenchendo os vãos de estruturas de concreto armado, aço ou outras estruturas [...] devem suportar tão somente o peso próprio e cargas de utilização, como armários, rede de dormir e outros. Devem apresentar adequada resistência às cargas laterais estáticas e dinâmicas, advindas, por exemplo, da atuação do vento, impactos acidentais e outras.[...] as alvenarias devem ser enfocadas de forma mais ampla, considerando-se aspectos do desempenho termo-acústico, resistência à ação do fogo, produtividade e outros. Sob o ponto de vista da isolamento térmica ou da inércia térmica das fachadas, por exemplo, as paredes influenciam a necessidade ou não de condicionamento artificial dos ambientes internos, com repercussão no consumo de energia ao longo de toda a vida útil do edifício.

2.5 Cimento Portland

De acordo com Bauer (2000), o Cimento Portland é um aglomerante industrializado que tem a função da junção dos demais agregados e dependendo da forma de fabricação, influencia a resistência final. Este por sua vez é fabricado por uma mistura de clínker (que é o principal agregado à mistura) e gesso, o clínker é

constituído por calcário, argila e minério de ferro. Esses minerais são conseguidos somente através da extração, isso explica em parte o porquê de não ter tantas fabricas de cimento e o porquê delas se encontrarem geralmente afastadas dos grandes centros, pelo fato de não encontrar esses minérios em fácil acesso no território nacional para extração e para uma redução de custo de transporte, pois são materiais pesados com grande demanda. Sobre o assunto Bauer (2000, p.35) abrange:

O Cimento Portland é o produto obtido pela pulverização de clínker constituído essencialmente de silicatos hidráulicos de cálcio, com certa proporção de sulfato de cálcio natural, contendo, eventualmente, adição de certas substancias que modificam suas propriedades ou facilitam seu emprego.

O Cimento Portland após sua fabricação possui propriedade física em pó, pois seus componentes também são adicionados à mistura da mesma forma, pois o clínker que possuía característica granular, este é elevado até a sua temperatura de fusão para ser utilizado. Sobre as propriedades físicas do Cimento Portland, Yazigi (2011, p.245), relata:

As propriedades físicas do cimento Portland são consideradas sob três aspectos distintos: do produto na sua condição natural, em pó; da mistura de cimento e água em proporções convenientes da pasta; e da mistura da pasta com agregado padronizado (argamassa).

Sobre os tipos de cimentos fabricados e utilizados no mercado varia do tipo 1 ao 5 e suas adições. Cada classificação mencionada é indicada para cada tipo de utilização, região climática por ter características específicas de utilização, no nosso país pode variar de região para região por ter diferentes tipos climáticos como vimos anteriormente (BAUER, 2000). O cimento que é comercializado no Tocantins é o CPII que tem suas características como Bauer (2000, v.1, p.35), nos diz:

Frequentemente conhecido como 'modificado', é um cimento com desenvolvimento moderado de calor de hidratação. Foi muito utilizado nas pavimentações antes do desenvolvimento da técnica de incorporação de ar, e recomendado para construções volumosas de porte moderado.

Nas lojas de materiais de construção o cliente encontra para comprar somente saco de 50 kg, ele é comercializado assim por ser "prático" para carga e descarga que na maioria das vezes é feita manualmente, por isso a carreta ou o caminhão deve ficar o mais próximo possível do depósito ou armazém e conseqüentemente este deve estar próximo da betoneira ou perto do local que irá consumi-lo, pois é um produto que será utilizado muito durante todo o processo da obra. A estocagem do cimento

deve ser em local fechado, livre da umidade e deve ser colocado sobre estrados de madeira e que tenha um recuo da parede para não passar umidade para o saco (RIPPER, 1995). “o período médio de estocagem de cimento em sacos é da ordem de 30 dias. Este tempo pode ser aumentado até 60 dias ou diminuído, conforme o clima seco ou úmido.” (RIPPER, 1995, p.8).

2.6 Argamassa de revestimento

Os revestimentos de paredes têm por finalidade regularizar a superfície, auxiliar a formar uma barreira térmica em conjunto com a parede de alvenaria, proteger contra intempéries, aumentar a resistência da parede e proporcionar estética e acabamento, “O estuque ou o reboco externo da alvenaria são para preservar o interior das paredes contra a penetração das águas de chuva levadas pelo vento” (BAUD, 2002, p.502). Acerca das propriedades da argamassa Yazigi (2011, p.487), afirma:

[...] as argamassas tem consistência mais ou menos plástica, e endurecem por recombinação do hidróxido de cálcio com gás carbônico presente na atmosfera, reconstituindo o carbonato original, cujos cristais ligam de maneira permanente os grãos de agregado utilizado. Esse endurecimento se processa com lentidão e ocorre, evidentemente, de fora para dentro, exigindo certa porosidade que permita, de um lado, a evaporação da água em excesso (para tornar a argamassa trabalhável) e, de outro lado, a penetração do gás carbônico do ar atmosférico.

Em geral, a alvenaria recebe três camadas de acabamento: chapisco, emboço e reboco. Para execução do revestimento é necessário à verificação, se o processo de cura da etapa de alvenaria já tenha transcorrido, após isso, é iniciada a primeira etapa, que é a execução do chapisco, que tem por característica de preparar o substrato para as camadas seguintes proporcionando uma superfície áspera e criando ancoragens para a aderência do emboço/reboco.

O emboço, que é a segunda camada, se leva, na execução de mestras e a aferição do prumo para minimizar eventuais desníveis na parede, executando primeiramente as faixas dos cantos para poder esticar as linhas de alinhamento para as outras faixas (RIPPER, 1995). O emboço é a camada mais espessa de todo o revestimento argamassado e pode ter sua superfície final lisa ou não, se lisa e com um bom acabamento pode até descartar a presença da camada de reboco, quando

isso acontece o revestimento é chamado de reboco “paulista”. Sobre todos esses temas contidos anteriormente Yazigi (2011, p.586) descreve com mais detalhes:

A espessura do revestimento deve ser entre 1,50cm e 2,50cm. Acima de 2,50 cm, a aplicação tem de ser feita em duas camadas. A argamassa com boa trabalhabilidade é aquela que: se mantém coesa ao ser transportada, mas não adere à colher de pedreiro ao ser projetada; deixar penetrar a colher de pedreiro, porém sem ser fluida. [...] Em se tratando de argamassa única, a textura acabada é a do reboco. [...] O revestimento de argamassa pode ser de camada única (argamassa única) ou de duas camadas (emboço e reboco). A argamassa pode ser preparada no canteiro ou industrializada.

O reboco é a última camada do revestimento e ela tem como função principal de fazer ou trazer um acabamento final, uma superfície lisa e perfeita, sendo uma camada muito fina (YAZIGI, 2011).

2.6.1 Argamassa convencional

Segundo Fiorito (1994), é aquela que em sua composição apresenta cal, areia, cimento ou algum eventual aditivo plastificante. Está é a mais usual na construção civil, por ter matéria prima de fácil acesso e historicamente mais antiga e consequentemente mais difundida, onde se obtêm baixos a medianos coeficientes térmicos, ou seja, deixa passar calor para o ambiente interno com maior facilidade NBR 15220 (2005).

2.6.2 Argamassa Leve

A argamassa leve tem como diferencial da argamassa convencional os agregados, que por sua vez são leves para fim de alívio da estrutura como um todo e como para fins térmicos, pois possuem propriedades para tal, contendo ar em seu interior, dois exemplos desses agregados são, a vermiculita expandida e o EPS, o que o presente trabalho estuda. Sobre propriedade de agregados leves na argamassa, Adriano (2009, p.70), relata em sua obra:

O ar aprisionado na estrutura celular dos agregados leves reduz a absorção e a transferência de calor em relação aos agregados convencionais. Com isso, a utilização do concreto leve na vedação das fachadas e na cobertura das edificações reduz a absorção e a transferência para o ambiente interno do calor proveniente da radiação solar.

2.6.3 Cal hidratada

A respeito do tema Ripper (1995) destaca que, a cal hidratada é comercializada em saco e na maioria das vezes encontradas em pacotes de 20 kg, é encontrada em pó, material pulverulento, produto de fácil manuseio para transporte e já vem pronta para uso; em seu uso deve dosar corretamente, para não acontecer trincas e rachaduras no reboco. Para transporte e estocagem, para ambos deve ter os mesmos cuidados do cimento, geralmente ele é estocado ao lado do cimento por serem usados juntos na argamassa de reboco por exemplo. Sobre mais algumas propriedades da cal hidratada Bauer (2000, p.21), nos diz:

A plasticidade das argamassas preparadas com cal hidratada é ordinariamente inferior à das argamassas feitas com pasta de cal resultante da extinção da cal viva. Do mesmo modo, o rendimento econômico é menor, assim como a capacidade de sustentação de areia. [...] No Brasil, a cal hidratada é um produto de desenvolvimento recente, não estando ainda a matéria devidamente considerada no que diz respeito aos aspectos de sua qualificação. Os construtores o utilizam em face da experiência prática resultante do seu uso.

2.6.4 Agregado miúdo

Segundo Yazigi (2011), o agregado que se utiliza para confecção de argamassa é o agregado miúdo que por definição é todo material de diâmetro menor ou igual a 4,8mm podendo ser natural ou artificial. Os naturais são aqueles encontrados no meio ambiente diretamente da natureza: rios, lagos e outros. Sobre os agregados encontrados em rios ou lagos, Bauer (2000, p.78), nos diz:

São depósitos sedimentares que se formam nos leitos de alguns rios. A extração se faz por dragas de sucção, que bombeiam a água, contendo cerca de 5% a 10% de areias, para lagoas de decantação, de onde o material é retirado e, em alguns casos, classificado, para retirar elementos de diâmetro superior a 4,8mm, que possam existir.

Os Artificiais “são aqueles que necessitam de um trabalho para chegar à condição necessária e apropriada para seu uso: areia artificial, brita etc.” (YAZIGI,2011, p.237)

Sobre os cuidados sobre os agregados Ripper (1995, p. 10), nos fala:

Deve-se dar especial atenção ao uso dos agregados no concreto e nas argamassas, considerando que o maior volume destes elementos

importantes de uma construção é formado por estes agregados, que são materiais menos homogêneos, usados no canteiro de obra. Além da necessidade de verificar a qualidade da matéria-prima e da escolha das dimensões e das proporções entre miúdos e graúdos, uma especial atenção deve ser dada às impurezas ainda admissíveis, conforme as diversas aplicações.

Os agregados de forma geral são divididos em três classificações: grosso entre 2,4/4,8mm, médio entre 0,60/2,4mm e fino entre 0,15/0,60mm, se diversificam pelas diferentes porcentagens dos tamanhos dos grãos (BAUER, 2000, p.79).

2.6.5 Agregados Leves

Os agregados leves se diferenciam dos agregados normais, ou seja, aqueles que facilmente são encontrados no mercado, o fato de que eles possuem um peso específico mais baixo em relação ao comum, geralmente são industrializados e possuem propriedades térmicas e acústicas bem atrativas, para desempenhos térmicos e redução de cargas provenientes da edificação nas fundações. (BRASIL MINÉRIOS, 2013)

2.6.5.1 Vermiculita

De acordo com Brasil Minérios em seu dossiê técnico(2014), a vermiculita apresenta uma estrutura cristalina e lamelar. Este minério pode ser encontrado em vários estados do país, sendo encontrado principalmente nos estados de Goiás e da Paraíba. Após a sua extração, a vermiculita tem a propriedade de expandir ou exfoliar quando submetida a um aquecimento elevado (900°C), sendo que a sua expansão acontece no sentido perpendicular ao plano de clivagem das lamelas o que a deixa sanfonada.

Com a expansão da vermiculita, é gerado espaços vazios em seu interior que serão preenchidos por ar, e com a sua expansão, ele se torna um agregado leve que pode ter seu diâmetro iguais ao diâmetro de agregados comuns (LUFA, 2011).

Sobre a criação e atributos da vermiculita expandida Bauer (2000), nos auxilia dizendo que é um material decorrente da argila do grupo cristalino, quimicamente inertes, de baixa densidade, sendo constituídos principalmente por óxidos de alumínio, silício, ferro e magnésio. Possui uma superfície porosa com granulação

lamelar e se expandem quando aquecidos a uma temperatura por volta de 500° C, que se torna um agregado leve, com granulometria 0 a 4.8mm e com peso específico que vai de acordo com a mesma, de 800 a 1600 N/m³ e de condutibilidade térmica média de 0,22 W/Mk

Segundo Brasil Minérios (2014), no que se diz respeito ao seu peso específico e suas propriedades térmicas na construção civil a vermiculita expandida é comercializada em diferentes tamanhos, sendo aplicada facilmente e sem restrições, além de ser inodora, não propaga fogo, incombustível e de não apresentar riscos à saúde. A vermiculita após seu processo de expansão, se caracteriza pela leveza, pelo o fato de ter passado a ter até 10 vezes o seu tamanho original pesando entre 90 e 140 kg/m³, onde vai depender da granulometria. Por ser um produto de origem mineral a vermiculita expandida após o seu processo de fabricação ela possui baixa capacidade de conduzir calor entre as temperaturas 25 a 1100°C. Por ser porosa ela possui propriedade de armazenar líquido em seu interior.

Conforme Lufa (2011) quando utiliza-se a vermiculita expandida no traço da argamassa as paredes tem propriedades de isolamento térmico e acústico. Sendo que quando incorporada ao traço antes da sua aplicação deve ser executado um chapisco grosso prévio.

E Brasil Minérios em seu dossiê (2014, p.5), complementa dizendo:

Recomenda-se normalmente o uso uma relação em volume entre 1:4 e 1:6 de Cimento Aluminoso e Vermiculita, podendo ser utilizado em misturas de traços de até 1: 12 em locais onde não se requeiram resistência mecânica, como por exemplo, em enchimentos de espaços vazios. A argamassa isolante para altas temperaturas pode ser aplicado da mesma forma que os argamassas normais. Quando aplicado como uma camada isolante, pode ser espalhado e nivelado e à medida que ganha consistência pode ser chapiscado em camadas com a pá de pedreiro até obter a espessura desejada. [...] Cimento comum e Vermiculita que possui uma alta inércia térmica, absorvendo o calor, não permitindo variações bruscas de temperatura [...].

2.6.5.2 EPS

Conforme Bauer (1994), o EPS, possui sua forma em esferas que para a formação dos blocos, as esferas são comprimidas sob um molde, com intermédio de um gás que se dilata quando aquecido, após este processo são cortadas com as espessuras desejadas, através de um fio que se aquece até 150° C. É um produto extremamente leve e com excelente trabalhabilidade, sendo muito visado na engenharia por ter essas características. Pois pode ser empregado em diversas áreas da engenharia civil, como solução em rodovias quando encontro a solos moles, uma solução acústica aplicada em pisos flutuantes e painéis sanduiches, paredes de divisórias além de que quando quer se obter isolamento térmico em câmeras frigoríficas que pode ser trabalhado numa gama de temperatura de -200° C a + 75° C.

O EPS vem sendo utilizado na construção civil recentemente, por este fato, há poucas literaturas que falam sobre o mesmo. A Associação Brasileira de Poliestireno Expandido (2015) complementa sobre o tema:

O EPS é um plástico celular rígido, resultante da polimerização do estireno em água. O produto final é composto de pérolas de até 3 milímetros de diâmetro, que se destinam a expansão. No processo de transformação, essas pérolas são submetidas à expansão em até 50 vezes o seu tamanho original, através de vapor, fundindo-se e moldando-se em formas diversas. Expandidas, as pérolas consistem em até 98% de ar e apenas 2% de poliestireno. Os produtos finais de EPS são inodoros, não contaminando o solo, água e ar, são 100% reaproveitáveis e recicláveis e podem voltar à condição de matéria prima. O EPS é comprovadamente um material isolante. Sem ele, os países mais evoluídos não construiriam de modo atualizado e econômico, visando a economia de energia. Nos últimos 35 anos esse material ganhou uma posição estável na construção civil, não apenas por suas características isolantes, mas também por sua leveza, resistência, facilidade de manuseio e baixo custo.

Segundo a Associação Brasileira de Poliestireno Expandido (2015), o EPS geralmente é comercializado e encontrado na cor branca, inodoro, reciclável, não poluente, sendo excelente material isolante nas temperaturas de -70° a 80° Centígrados. É resistente, com a facilidade de ser moldado e cortado, sendo um excelente material para preenchimento de vazios necessários. Pelas suas propriedades mecânicas e pela preocupação ambiental por este ser reciclável e ser um material isolante térmico. Ele vem sendo grandemente utilizado na construção civil, sendo que metade da produção de EPS é destinada para o setor. Os principais

usos do EPS na construção civil são em lajes pré-moldadas; alternativa para solo mole em estradas; isolamento térmico e acústico; sistema construtivo HITEC.

2.7 Ensaios

Toda e qualquer argamassa deve ser ensaiada e atender critérios mínimos como tal, tais critérios para argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos, estão mencionados na NBR 13281 (2005), abrangendo todos os tipos de argamassa tanto as industrializadas, quanto as preparadas em obra, os requisitos ou ensaios são: resistência à compressão NBR 13279 (2005), coeficiente de capilaridade NBR 15259 (2005), resistência à tração na flexão NBR 13279 (2005) densidade de massa aparente no estado endurecido NBR 13280 (2005), densidade de massa no estado fresco NBR 13278 (2005), retenção de água NBR 13277 (2005), resistência potencial de aderência à tração NBR 15258 (2005). Na aceitação e rejeição da argamassa, a NBR 13281 (2005, p.6) nos auxilia:

O lote é automaticamente aceito sempre que os resultados dos ensaios atenderem às exigências desta norma. Quando os resultados não atenderem às condições específicas constantes nesta norma, o impasse deve ser resolvido por meio da utilização do testemunho reservado para a repetição dos ensaios, que devem ser efetuados em laboratório escolhido por consenso entre as partes.

Dos requisitos que a norma traz, abaixo estão listados os quadros dos ensaios que serão realizados, pela falta de equipamento, são eles:

Quadro 8 - Resistência a Compressão

Classe	Resistência à compressão Mpa	Método de ensaio
P1	$\leq 2,0$	ABNT NBR 13279
P2	1,5 a 2,0	
P3	2,5 a 4,5	
P4	4,0 a 6,5	
P5	5,5 a 9,0	
P6	$> 8,0$	

Fonte: NBR13281,2005 (adaptada pelo autor)

Quadro 9 - Densidade de massa aparente no estado endurecido

Classe	Densidade de massa aparente no estado fresco kg/m ³	Método de ensaio
D1	≤ 1400	ABNT NBR 13280
D2	1200 a 1600	
D3	1400 a 1800	
D4	1600 a 2000	
D5	1800 a 2200	
D6	> 2000	

Fonte: NBR13281,2005 (adaptada pelo autor)

Quadro 10 - Densidade de massa aparente no estado fresco

Classe	Densidade de massa aparente no estado fresco kg/m ³	Método de ensaio
D1	≤ 1400	ABNT NBR 13278
D2	1200 a 1600	
D3	1400 a 1800	
D4	1600 a 2000	
D5	1800 a 2200	
D6	> 2000	

Fonte: NBR13281,2005 (adaptada pelo autor)

3 METODOLOGIA

O presente trabalho está baseado em pesquisas bibliográficas com caráter experimental, de forma que explique as questões de desempenho térmico e melhor esclareça os objetivos do trabalho, com a adição experimental de EPS na argamassa de vermiculita no emboço. As informações foram coletadas em livros, normas vigentes, revistas artigos e publicações na internet.

Foram construídos pequenos protótipos de casas e levantou-se dados comparativos térmicos, além de fazer a caracterização das argamassas determinando a massa específica de cada argamassa, assim como, a resistência à compressão no laboratório do CEULP-ULBRA. O trabalho trata-se de uma combinação de dois agregados leves, já tratados nos capítulos anteriores, que são: o EPS e a Vermiculita, e que ambos agregados têm excelentes índices para o desempenho térmico como vimos no capítulo anterior de forma teórica. Foi escolhida a camada de emboço para a adição desses materiais, por ser a camada que é mais espessa, permitindo em tese uma maior porcentagem de EPS, e com esta adição em maior quantidade é esperado um maior isolamento térmico, lembrando que o reboco é a última camada, que é só para acabamento da superfície com espessuras inferiores à do emboço.

3.1 Projeto construtivo

Para chegar aos objetivos almejados, como ponto inicial escolheu-se o modelo e as dimensões dos protótipos, sendo estes confeccionados de forma que aproximasse ao máximo aos critérios da norma de desempenho térmico.

Segundo a NBR 15575 (2013), a aferição, *in loco*, deve ser feita em escala real (1:1), contudo a mesma não traz precisamente o tamanho ideal para confecção do protótipo, deixando implícito as medidas do pé direito mínimo e área mínima.

Apesar das recomendações exigidas, não foi possível realizar o protótipo em tamanho real, uma vez que realizado desta forma o projeto teria um alto custo, o qual o tornaria inviável para realização do mesmo, por ser um trabalho acadêmico, e pelo fato de não ter conseguido um auxílio ou patrocínio para realização em escala real.

Diante do exposto, realizou-se pesquisa bibliográfica de projetos semelhantes e artigos sobre o tema, dentre os artigos estudados, a cerca de protótipos, destacou-

se três que mais se apresentaram semelhança com a finalidade do atual trabalho, sendo eles:

1 - “ANÁLISE DO CONFORTO TÉRMICO EM PROTÓTIPOS DE HABITAÇÕES PARA USUÁRIOS DE BAIXA RENDA, COM ISOLAMENTO REUTILIZANDO EMBALAGENS TETRA”, trabalho realizado pelo Eng. Dirceu Medeiros de Moraes, onde foi publicado no XXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Os protótipos deste trabalho tiveram dimensões 1,20 x 1,20 m em planta e altura máxima de 1 m e mínima de 0,8 m, no telhado foi utilizado telha tipo fibrocimento.

2 – “INCREMENTO DO DESEMPENHO TÉRMICO DE REVESTIMENTOS ACRÍLICOS DE PAINÉIS DE ALVENARIA PELA ADIÇÃO DE EPS E VERMICULITA”, artigo publicado no IBRACON pelos doutores Flavio Roldão de Carvalho Lelis e Moacyr Salles Neto, este artigo foi realizado no Instituto Federal do Tocantins, campus Palmas, onde tive oportunidade de conferir *in loco* (figura 3), em que os protótipos continham dimensões em planta de 1,0 x 1,0 m e altura máxima de 1,20 m e mínima de 1,00 m e afastamento lateral de 3,00 m entre os protótipos, com telhado de fibrocimento (figura 3).

3 - CONFORTO TÉRMICO NA CONSTRUÇÃO CIVIL: ESTUDO DE CASO SOBRE MANTA TÉRMICA E VERMICULITA EXPANDIDA, onde pude conferir *in loco*, onde os protótipos continham dimensões 1,0 x 1,0 m em planta e com pé direito de 0,80 m, onde também teve finalidade de aferição de desempenho térmico.

Adotou-se o segundo artigo, por ter os mesmos componentes de estudo, além de verificar uma composição com a formulação de EPS e vermiculita, por ter levado em consideração a ventilação cruzada, o afastamento lateral e frontal afim de um não realizar sombra nos outros, por levar em consideração as referências locais e publicação em órgão expressivo na área de engenharia civil.

Figura 3 - Protótipo do IFTO

Fonte: Próprio autor (2015)

A construção dos protótipos efetivou-se, após a devida autorização por parte do CEULP-ULBRA, por existir na instituição o laboratório de construção civil, que dispõe de todos os equipamentos necessários para os ensaios, bem como os produtos necessários.

Os protótipos foram desenvolvidos atrás do prédio 6 em frente a serralheria, próximo a cerca de divisa, conforme figura 4. A escolha desta área específica na instituição, foi baseado na norma NBR 15575-1 (2013) que nos informa alguns critérios para a construção do protótipo, explanando:

Obstrução por elementos externos: quando possível; as paredes e as janelas dos protótipos devem ser desobstruídas (sem a presença de edificações ou vegetação nas proximidades que modifiquem a incidência de sol e/ou vento) [...] evitando-se desvios de resultados causados por sombreamentos ou ventilação diferentes da obra real.

Figura 4 - Terreno do protótipo

Fonte: Próprio autor (2015)

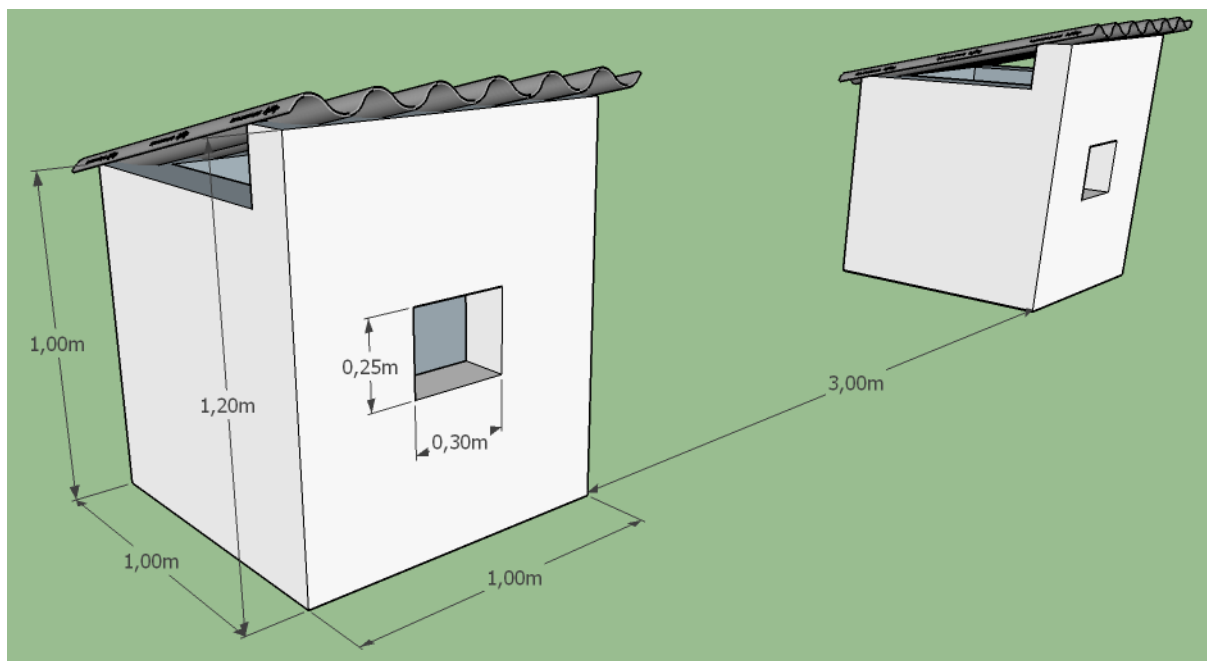
De acordo com a NBR 15575-1 (2013) para as regiões bioclimática 6 a 8, o protótipo deve ter abertura de ventilação voltada para o oeste. Para a locação da obra foi preciso uma bússola para a orientação da janela, conforme a figura 5.

Figura 5 - Bússola



Fonte: Próprio autor (2015)

Segundo a NBR 15575 (2013) as paredes e as janelas ou aberturas devem ser desobstruídas, ou seja, é preciso que ao redor do protótipo esteja isento de sombras ou edificações que modifiquem a presença do sol e do vento. Para a ventilação foi previsto em projeto uma abertura de no mínimo 7%, conforme a norma, adotou-se 30 x 25 cm para ambos os protótipos, com ventilação cruzada pelo telhado, conforme figura 6, com telha de fibrocimento com ventilação lateral para se fazer junto à janela uma ventilação seletiva, ou seja, nos períodos quentes em que a temperatura interna seja maior que a externa tal ventilação expulsa o ar quente, por ser menos denso melhorando o condicionamento interno, esta recomendação está embasada na NBR 15220-3 (2005).

Figura 6 - Croqui dos protótipos

Fonte: Próprio autor (2015)

3.2 Método construtivo

Para determinar o local específico da construção dos protótipos, levou-se em consideração a localização da serralheria, observando-se a distância para que não houvesse sombra sobre os protótipos, além de tentar achar o espaço mais nivelado possível.

Com o auxílio da bússola, identificou-se a orientação para abertura da janela sendo esta, voltada para o oeste. Procedeu-se a limpeza dos terrenos e a preparação do solo para receber a fundação. A fase de construção foi realizada por mão de obra especializada, a fundação foi de bloco cerâmico e foi executado um contrapiso com traço 1:3 de acordo com o YAZIGI (2011), em seguida fez-se uma camada de impermeabilização com o produto isol 2 da fabricante vedacit, que é utilizado para impermeabilizar a viga baldrame e alvenaria revestida em argamassa, para evitar a umidade por capilaridade nas paredes e aos meios agressivos. A aplicação se deve ao fato da norma exigir o protótipo da forma mais real possível e por aumentar o campo do trabalho podendo ser usado para medir as temperaturas no inverno, o produto foi aplicado nas laterais e nos locais onde seriam assentadas as fiadas de tijolo (Figura 7).

Figura 7 - Detalhe da impermeabilização



Fonte: Próprio autor (2015)

O tijolo utilizado foi do tipo cerâmico com dimensões 9 x 19 x 29 cm (Largura x Altura x Comprimento), e para elaboração da argamassa de assentamento o traço foi de 1:2:9 YAZIGI (2011), fabricada com a betoneira disponibilizada pelo laboratório de construção civil, chapisco com traço de 1:3, (cimento e areia) conforme YAZIGI (2011). Sendo possível ver o processo de alvenaria e de chapisco, pela figura 8

Figura 8 - Chapisco



Fonte: Próprio autor (2015)

Para o telhado do protótipo utilizou-se telha de fibrocimento, com inclinação de 20%, ou seja, a parede mais alta com 1,20 m e a mais baixa com 1,00 m, a telha comprada comercialmente é de 2,44 x 1,10 m com espessura de 5 mm, para adequar ao protótipo, foi necessário o corte da telha com máquina de serra circular.

3.3 Argamassa Leve

A vermiculita é comercializada em sacos de 100 litros, com granulometria própria pronta para o uso, e o EPS foi coletado na cidade de Palmas em um colégio de tempo integral (figura 9), estes que eram retalhos de uma laje pré-moldada que seriam destinados ao lixo (figura 10), então os retalhos foram devidamente limpos, retirando todas as impurezas e posteriormente triturado manualmente.

Figura 9 - Transporte do EPS



Fonte: Próprio autor (2015)

Figura 10 - Armazenagem do EPS na escola de tempo integral



Fonte: Próprio autor (2015)

Para a fabricação da argamassa utilizou-se o traço recomendado pela fabricante da vermiculita, que é do tipo superfina, conforme laudo técnico em anexo. O traço indicado foi 1:1:1:3 (cimento, cal, areia, vermiculita expandida superfina) e na preparação dessa argamassa foi adicionada uma porção de 7,5 litros de flocos de EPS (figura 11). Para medir as proporções no traço, empregou-se o auxílio de uma padiola (figura 12) com dimensões já conhecidas e consequentemente a litragem no traço, foi usada a betoneira para a mistura e preparação da argamassa e carro de mão para o transporte. Produziu-se argamassa com espessuras de 2,50 cm para o ambiente interno e externo, e aplicou-se com a colher de pedreiro, posteriormente procedeu-se o sarrafeamento com auxílio da régua e para o acabamento utilizou-se a

desempenadeira (figura 13), após a aplicação foi realizado o processo de aspersão durante dois dias consecutivos.

Figura 11 - Padiola de EPS



Fonte: Próprio autor (2015)

Figura 12 - Porção de vermiculita



Fonte: Próprio autor
(2015)

Figura 13 - Argamassa sendo regularizada com a desempenadeira



Fonte: Próprio autor (2015)

3.4 Argamassa Convencional

O traço utilizado para o protótipo com argamassa comum foi de 1:2:9 (cimento, cal e areia média) conforme YAZIGI (2011). Para medir as proporções no traço, utilizou-se uma padiola com dimensões já conhecidas e consequentemente a litragem no traço, usou-se a betoneira para a mistura e preparação da argamassa e carro de mão (figura 14) para o transporte. Esse processo foi realizado no laboratório de construção civil. Produziu-se argamassa com espessuras de 2,50 cm para o ambiente interno e externo, e aplicou-se com a colher de pedreiro, posteriormente procedeu-se o sarrafeamento com auxílio da régua e para o acabamento utilizou-se a desempenadeira, após a aplicação foi realizado o processo de aspersão durante dois dias consecutivos.

Figura 14 - Projeção da argamassa no carro de mão



Fonte: Próprio autor (2015)

3.5 Ensaios

Como vimos no capítulo anterior, a norma ABNT NBR 13281 (2005) traz requisitos mínimos da argamassa e esses requisitos estão dispostos em outras normas como foi apresentado, entretanto dos sete ensaios exigidos pela norma, somente três foram realizados, uma vez que o laboratório de construção civil da Instituição não possuía os equipamentos e materiais necessários para realização dos

demaís. Foram realizados os seguintes ensaios: Resistência à compressão NBR 13279 (2005); Densidade de massa no estado fresco NBR 13278 (2005); Densidade de massa aparente no estado endurecido NBR 13280 (2005).

3.5.1 Resistência à compressão

Para a realização deste ensaio foi utilizada a NBR 13279 (2005), que nos descreve o passo a passo para realização do mesmo.

Aplicou-se óleo mineral nas faces internas dos moldes para não ocorrer a aderência com os mesmos, facilitando assim a desforma, introduziu-se a argamassa em duas etapas, realizando o adensamento e o espalhamento entre elas para o perfeito preenchimento dos vazios, em seguida nivelou-se a superfície de cada corpo de prova com uma régua metálica. Após o período de 24 horas procedeu-se com a desforma e posteriormente fez-se o lançamento em água (Figura 15).

Realizou-se quatro corpos de prova por argamassa, dois de cada argamassa para o rompimento aos 7 dias e os outros dois com rompimento aos 28 dias. Após a ruptura dos corpos de prova, fez-se uma análise dos dados, comparando os mesmos com os limites máximos e mínimos de acordo com a norma 13281 (2005).

Figura 15 - Reservatório para armazenamento com água os corpos de prova



Fonte: Próprio autor (2015)

3.5.2 Determinação da densidade de massa em estado fresco

Este ensaio foi realizado segundo as informações da NBR 13278 (2005). Pesou-se o molde do corpo de prova em uma balança com resolução de 0,1g e registrou-se sua massa, posteriormente foi introduzida a argamassa em duas etapas suavemente. Em cada camada aplicou-se golpes para evitar os vazios e melhorar o adensamento da argamassa, nivelou-se a superfície com auxílio de uma régua metálica, após esta etapa pesou-se novamente o valor do molde com a argamassa. Este processo se deu para ambas as argamassas e posteriormente foram encontrados, os resultados das mesmas através da fórmula:

$$A = \frac{Mc - Mv}{Vr}$$

Mc = massa do recipiente com argamassa em g

Mv = massa do recipiente vazio em g

Vr = volume do recipiente em ml

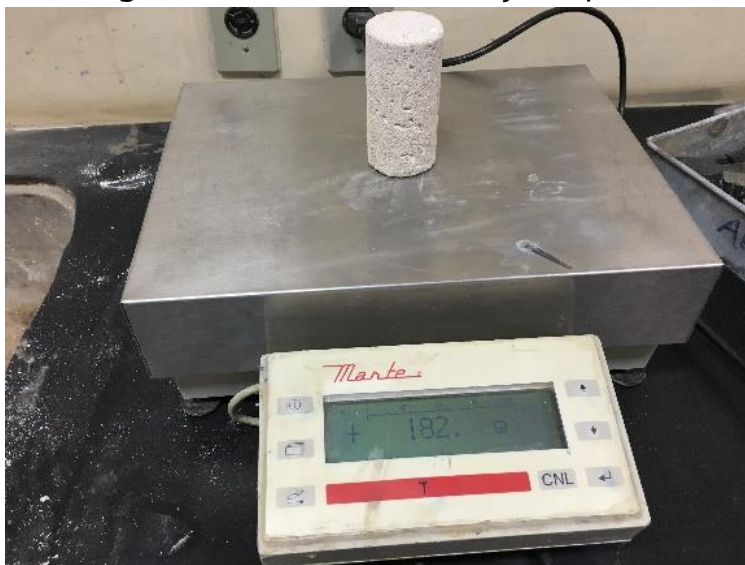
3.5.3 Determinação da densidade de massa em estado endurecido

Para a realização deste ensaio, utilizou-se o passo a passo descrito na NBR 13280 (2005).

Aplicou-se óleo mineral nas faces internas dos moldes para não ocorrer a aderência com os moldes, ou seja, para que não dificultar a desforma, introduziu-se a argamassa em duas etapas, e entre elas, foi realizado adensamento e o espalhamento para o perfeito preenchimento dos vazios, após esta etapa foi nivelada a superfície de cada corpo de prova com uma régua metálica. Após o período de 24 horas procedeu-se com a desforma e posteriormente fez-se o lançamento em água.

Aos 28 dias de idade, o corpo de prova, foi retirado da água e colocado na estufa em uma temperatura média de 110°C, onde permaneceu ali até não acontecer alternância em sua massa, retirou-se o corpo de prova da estufa e deixou-o esfriar, a uma temperatura ambiente, após este processo foi pesado o corpo de prova em uma balança com resolução de 0,1 g e registrou-se sua massa conforme figura.

Figura 16 - Leitura em balança de precisão 0,1g



Fonte: Próprio autor (2015)

Este processo se deu para ambas as argamassas e posteriormente foram encontrados, os resultados das mesmas através da formula:

$$A = 1000 \cdot \frac{M}{V}$$

M = massa registrada na balança em g

V = Volume do corpo de prova em cm^3

3.6 Extração dos dados

O modelo utilizado para a aferição do experimento foi o índice fisiológico, ou seja, aqueles que consideram índices meteorológicos. Analisou-se somente a diferença entre a temperatura em ambiente interno e externo, uma vez que, para analisar as demais variáveis seriam necessários softwares para determinação de coeficientes, equipamentos mais precisos para determinação das demais variáveis, além de custo para confecção dos protótipos em tamanho real de uma edificação padrão.

De acordo com método descrito na NBR 15575 (2013) para apuração dos dados, as medições devem ocorrer em um dia típico de projeto, de verão ou de inverno, no caso desse projeto foi em dia típico do verão, ou seja, a norma apresenta parâmetros de temperaturas locais de cada zona, para cada dia típico que são valores

identificados pela temperatura do ar exterior medidos no local, tendo conhecimento destes dados foi possível prosseguir com o próximo passo, a escolha do dia, que deveria ser precedido por pelo menos um dia com características semelhantes conforme o indicado.

Optou-se então pelo dia 22 de setembro de 2015, e aferiu-se quatro dias consecutivos, realizando a análise do quarto dia.

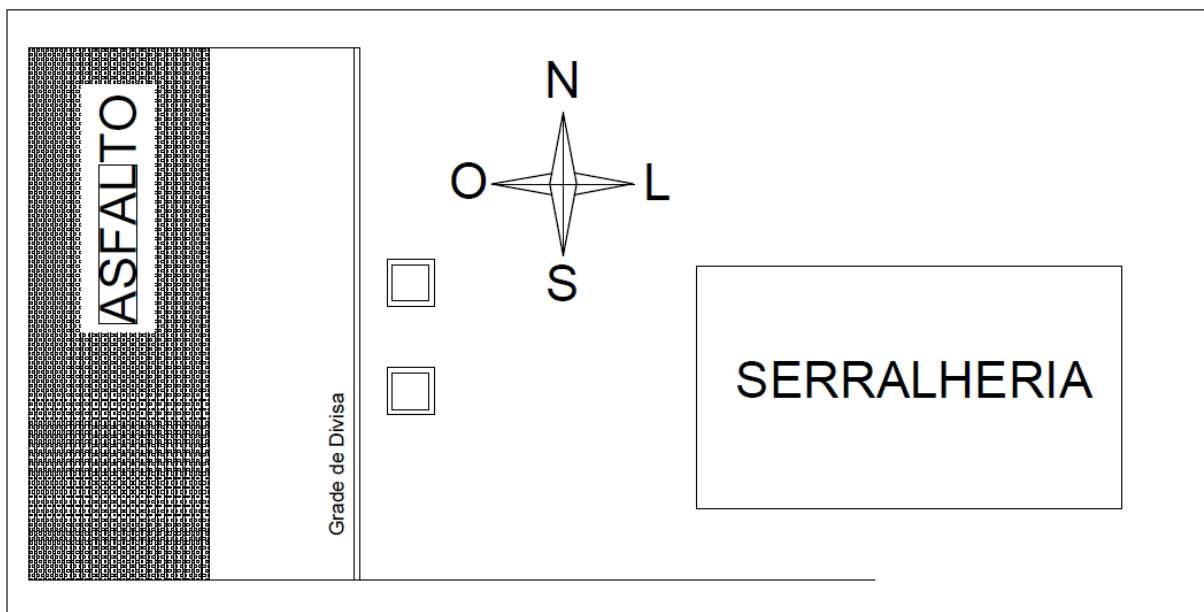
Para a realização das medições utilizou-se o termômetro Termo-higrometro digital Mod.Ht-700, equipamento cedido pelo curso de arquitetura do CEULP-ULBRA, o termômetro nos indica as informações de temperatura interna, temperatura externa.

Figura 17 - Aferição com TERMO-HIGROMETRO DIGITAL MOD.HT-700



Fonte: Próprio autor (2015)

Para aferição pontual das paredes leste, norte e oeste, utilizou-se termômetro digital com mira a laser de modelo GM-300, que faz leitura de -50° a 380° centígrados, melhor visualizada através do croqui em planta na figura 18, tais paredes são as que recebem insolação durante o dia. Os horários para medições foram 9:00 h, 12:00 h e 21:00 h, após a coleta os dados foram transferidos para planilha no Excel e processados para formação de gráficos e tabelas.

Figura 18 - Croqui em planta

Fonte: Próprio autor (2015)

3.6.1 Insumos

- Tijolo Cerâmico
- Areia
- Cimento
- Cal
- Eps reciclado
- Vermiculita
- Isol 2
- Arame recozido
- Telha de fibrocimento

3.6.2 Equipamentos

- Bússola
- Pá
- Enxada
- Carro de mão
- Régua
- Betoneira
- Martelo
- Pregos
- Linha de pedreiro
- Trena
- Luva
- Baldes

- Padiola
- Cone dosador
- Vassoura
- Esquadro
- Broxa
- Prumo
- Lápis
- Desempenadeira
- Colher de pedreiro
- Termo-Higrometro Digital Mod.Ht-700
- Termômetro digital com mira a laser mod. GM-300
- Máquina de serra circular

4 RESULTADOS

4.1 Resistência à compressão

Conforme a interpretação dos valores obtidos no ensaio de resistência a compressão é possível dizer que ambas as argamassas atendem ao critério mínimo imposto pela NBR 13281 (2005), ou seja, mesmo com a adição de EPS na argamassa de vermiculita, esta apresentou desempenho satisfatório conforme a norma de resistência à compressão estando apta possível a classificação.

Quadro 11 - Resistência à compressão com 7 dias

TIPO	Fck (Mpa)	Fck (Mpa)
CIMENTO AREIA E CAL	2,80	3,00
CIMENTO AREIA CAL EPS E VERMICULITA	2,50	2,60

Fonte: Próprio autor (2015)

Quadro 12 – Resistência à compressão com 28 dias

TIPO	Fck (Mpa)	Fck (Mpa)
CIMENTO AREIA E CAL	5,6	3,00
CIMENTO AREIA CAL EPS E VERMICULITA	3,0	3,4

Fonte: Próprio autor (2015)

Esperava-se uma certa queda de resistência em relação a argamassa convencional, conforme os resultados apresentados nos quadros anteriores, o desvio observado na argamassa convencional pode ter acontecido devido a problemas na moldagem do CP ou na apresentação da prensa hidráulica, sendo possível classificar conforme quadro:

Quadro 13 – Classificação conforme NBR 13281 (2005)

TIPO	Fck (Mpa)
CIMENTO AREIA E CAL	P5
CIMENTO AREIA CAL EPS E VERMICULITA	P3

Fonte: Próprio autor (2015)

Através da NBR 5739 (2007) foi possível classificar o rompimento dos CP's, da argamassa convencional foram de forma cônica e cisalhada (figura 19), e os da argamassa de vermiculita com adição de EPS foram rompidos com fraturas no topo (figura 20), classificação conforme ABNT NBR 5739, (2007).

Figura 19 – Ruptura do corpo de prova com argamassa convencional



Fonte: Próprio autor (2015)

Figura 20 – Ruptura do corpo de prova com argamassa de vermiculita e EPS



Fonte: Próprio autor (2015)

4.2 Determinação da densidade de massa em estado fresco

Com os dados anotados no dia da fabricação das argamassas, foi possível adiciona-los a fórmula, para aferir a densidade de ambos.

4.3 Argamassa Convencional

$$A = \frac{Mc - Mv}{Vr} = \frac{1265 - 796}{197} = 2,381 \frac{g}{ml} = 2.381 \frac{Kg}{m^3}$$

Mc = massa do recipiente com argamassa em g

Mv = massa do recipiente vazio em g

Vr = volume do recipiente em ml

A partir do resultado encontrado, pode-se afirmar que a argamassa do tópicó está na classe D6, classificação conforme o quadro 10 que consta NBR 13281 (2005), logo a mesma atende a norma neste quesito.

4.4 Argamassa de vermiculita com adição de EPS

$$A = \frac{Mc - Mv}{Vr} = \frac{1220 - 796}{197} = 2,152 \frac{g}{ml} = 2.152 \frac{Kg}{m^3}$$

Mc = massa do recipiente com argamassa em g

Mv = massa do recipiente vazio em g

Vr = volume do recipiente em ml

No lançamento da argamassa de emboço, segundo os profissionais, foi possível notar uma “leveza”, ou seja, na hora da aplicação já era possível perceber que a argamassa em estudo, tinha a densidade menor ou mais baixa em comparação com o emboço convencional. E com base nos resultados aferidos em balança de precisão de 0,1g, comprova a diminuição significativa de densidade já no estado fresco, isso se deve ao emprego do EPS e da vermiculita expandida, que são agregados leves, nos mostrando que mesmo antes de adquirir o seu estado final, ou seja, sua situação endurecida, já é possível notar uma diferença de densidade entre elas.

A partir do resultado encontrado podemos afirmar que a argamassa do tópicó está na classe D6, classificação conforme o quadro 10 que consta NBR 13281 (2005), logo a mesma atende a norma neste quesito.

4.5 Determinação da densidade de massa em estado endurecido

De acordo com os procedimentos apontados na metodologia e pela NBR 13280 (2005), foi realizada a leitura na balança de precisão de 0,1g, sendo os resultados descritos no quadro 14.

Quadro 14 - Massa dos corpos de prova aos 28 dias de idade

Tipo	Massa em kg
Argamassa convencional	0,340
Argamassa de vermiculita com adição de EPS	0,182

Fonte: Próprio autor (2005)

Após a leitura, aplicando na forma encontrou-se os valores da massa específica no estado endurecido da argamassa convencional e argamassa de vermiculita com adição de EPS, respectivamente.

$$A = \frac{Mc}{Vr} = \frac{340}{196} = 1,735 \frac{g}{ml} = 1735 \frac{Kg}{m^3}$$

$$A = \frac{Mc}{Vr} = \frac{182}{196} = 0,948 \frac{g}{ml} = 948 \frac{Kg}{m^3}$$

M = massa registrada na balança em g

V = Volume do corpo de prova em cm^3

Com a apresentação desses resultados constatou-se que a argamassa de vermiculita com adição de EPS reciclado, possui sua massa específica muito menor do que em relação a argamassa convencional, sendo assim, é possível afirmar que a diferença de massa entre elas resulta em $787 \frac{kg}{m^3}$, valor extremamente significativo, tendo em vista que esta diferença é em apenas $1 m^3$, e sabe-se que mesmo com pequena espessura de emboço, e em uma obra de pequeno porte se utiliza facilmente muito mais do que essa quantia, influenciando bastante na diminuição dos esforços sobre estruturas de fundação, tornando-a mais leve e consequentemente deixa a fundação mais barata que refletirá em uma redução do valor final da obra. A classificação da massa específica no estado endurecido das argamassas é apresentada no quadro 15.

Quadro 15 - Classificação conforme NBR 13281

Fonte: Próprio autor (2005)

Tipo	Classificação
Argamassa convencional	D.4
Argamassa de vermiculita com adição de EPS	D.1

4.6 Protótipos

Após a fabricação ou construção dos protótipos, foi possível analisar e/ou verificar as superfícies de cada protótipo. Identificando um maior nível de acabamento no protótipo de argamassa convencional, conseguindo atender parâmetros de um reboco paulista, onde não é necessário mais uma camada de regularização final, já o protótipo com argamassa de vermiculita com adição de EPS resultou em uma superfície grosseira, resultado já esperado, necessitando de uma camada de reboco para dar o acabamento final para a superfície.

Figura 21 - Protótipos prontos



Fonte: Próprio autor (2015)

Foi realizado todo o processo construtivo do protótipo, assim como segue na metodologia, que teve término no dia 04 de setembro de 2015, porém após a aplicação da argamassa de emboço no protótipo de vermiculita com EPS, no seu momento de cura foi observado o aparecimento de fissuras ou trincas em sua superfície, evidenciando uma possível retração na argamassa, podendo observar na figura 22.

Figura 22 - Apresentação de fissura



Fonte: Próprio autor (2015)

O fenômeno da retração pode ser ocasionado pelo excesso de finos que exige maior consumo de água, conseqüentemente maior retração por secagem (Bauer, 1994). Sobre a ação de finos na retração da argamassa Petrucci (1979, p.356), nos auxilia:

Quando a pasta ou a argamassa de cal seca e endurece, frequentemente observa-se uma maior ou menor diminuição de volume do material; esta diminuição de volume será tanto mais elevada quanto maiores forem as percentagens de água e cal que participam na mistura.

Com essas afirmações pode-se observar que há um consenso entre os autores, que grande quantidade de teor de finos pode acarretar em fissuras por retração, tendo em vista que na argamassa que apresentou este aspecto foi a de vermiculita, sendo utilizada do tipo superfina, e por ser expandida possui seus poros expandidos que são preenchidos por ar, e a água por ser um fluido penetra nesses poros, são fatores que podem ter potencializado o processo.

A argamassa no seu endurecimento é acompanhada por uma diminuição do seu volume também por perda de água evaporável e por reações de hidratação

(FIORITO, 2009). A alta temperatura e a baixa umidade podem acelerar as reações de hidratação e fazer evaporar a água da argamassa. Quando ocorre este fenômeno, diminuem de volume quando ainda no estado plástico e depois de endurecidas. Se a argamassa de cal recém aplicada, isto é, ainda no estado plástico, secar muito rapidamente pela ação do sol e do vento, pela temperatura e umidade do ambiente, ocorrerá o aparecimento de fissuras (Petrucci,1979). A partir desses aspectos foi feita uma pesquisa no INMET para obtenção dos dados climáticos do dia da aplicação do emboço (Quadro 16 e 17).

Quadro 16 - Dado térmico do dia da aplicação do emboço

CIDADES	TEMPERATURA MÍNIMA (° C)	TEMPERATURA MÁXIMA (° C)	UMIDADE
GOIANIA	18,8	28	46,00%
JOÃO PESSOA	21,6	29,8	64,00%
MACAPÁ	25,3	34,4	62,00%
MACEIÓ	21,9	28,1	71,00%
MANAUS	27	36,5	51,00%
NATAL	24,6	29,2	76,00%
PALMAS	22,5	40	21,00%
PORTO ALEGRE	9,6	21,6	49,00%

Fonte: INMET, 2015 (adaptada pelo autor)

Quadro 17 - Dado térmico do dia seguinte à aplicação do emboço

CIDADES	TEMPERATURA MÍNIMA (° C)	TEMPERATURA MÁXIMA (° C)	UMIDADE
GOIANIA	19,9	32	42,00%
JOÃO PESSOA	24,7	29,8	59,00%
MACAPÁ	24,6	34,9	51,00%
MACEIÓ	23,5	29,2	76,00%
MANAUS	27,1	35,7	58,00%
NATAL	25,2	29	75,00%
PALMAS	22	39,5	30,00%
PORTO ALEGRE	15,9	23,1	43,00%

Fonte: INMET, 2015 (adaptada pelo autor)

“As condições ambientais e capacidade de retenção de água da argamassa fresca podem regular a perda de umidade do revestimento para a base do revestimento durante as fases de endurecimento e desenvolvimento inicial de

resistência” (BAUER, 1994, p.915). Observando os quadros acima, com dados do dia da aplicação do emboço, registrou-se uma temperatura máxima de 40,0° C e uma umidade de 21,0% e no dia seguinte 39,5° C e 30%, ou seja, conforme o embasamento da literatura é possível afirmar que aconteceu uma evaporação de água da argamassa, água que seria para suprir a demanda dos agregados finos.

O protótipo com argamassa não apresentou o mesmo problema, provavelmente, por ter sido aplicado primeiro, quando a temperatura estava mais baixa e não sofria por insolação direta.

4.7 Coleta dos dados

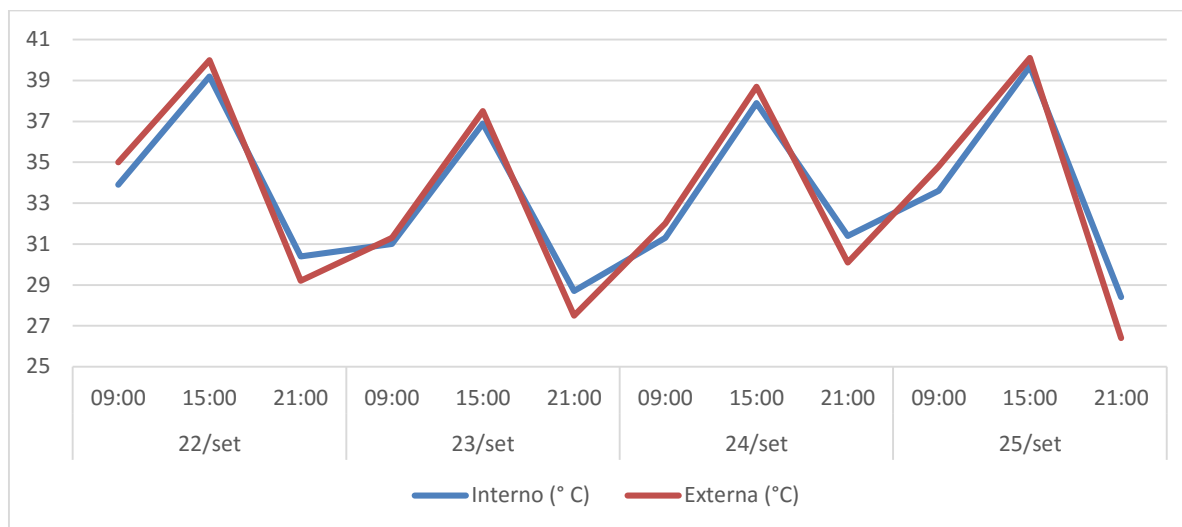
Foram realizadas as medições nos dias 22, 23, 24 e 25 de setembro do corrente ano, dias típicos - conforme a norma NBR 15575-1(2013) - em que a temperatura média do dia anterior foi 36,9° C, as medições de temperaturas do protótipo realizadas conforme a metodologia e os resultados são apresentados no quadro 18, leitura realizada com o termômetro Termo-Higrometro Digital Mod.Ht-700.

Quadro 18 - Temperaturas do protótipo com argamassa convencional

Dia	Horário	Interno (° C)	Externa (°C)	Variação em ° C
22/set	09:00	33,9	35	1,1
	15:00	39,2	40	0,8
	21:00	30,4	29,2	-1,2
23/set	09:00	31	31,3	0,3
	15:00	36,9	37,5	0,6
	21:00	28,7	27,5	-1,2
24/set	09:00	31,3	32	0,7
	15:00	37,9	38,7	0,8
	21:00	31,4	30,1	-1,3
25/set	09:00	33,6	34,8	1,2
	15:00	39,7	40,1	0,4
	21:00	28,4	26,4	-2

Fonte: Próprio autor (2015)

Gráfico 3 - Temperatura externa e interna do protótipo com argamassa convencional



Fonte: Próprio autor (2015)

Considerando os dados coletados no protótipo com argamassa convencional foi possível notar que ele atende aos requisitos que a NBR 15575 (2013) para o procedimento 2, alcançando com facilidade o desempenho mínimo estabelecido, com diferença máxima de até 1,2 °C de diferença ao meio externo e mínimo de 0,3 °C.

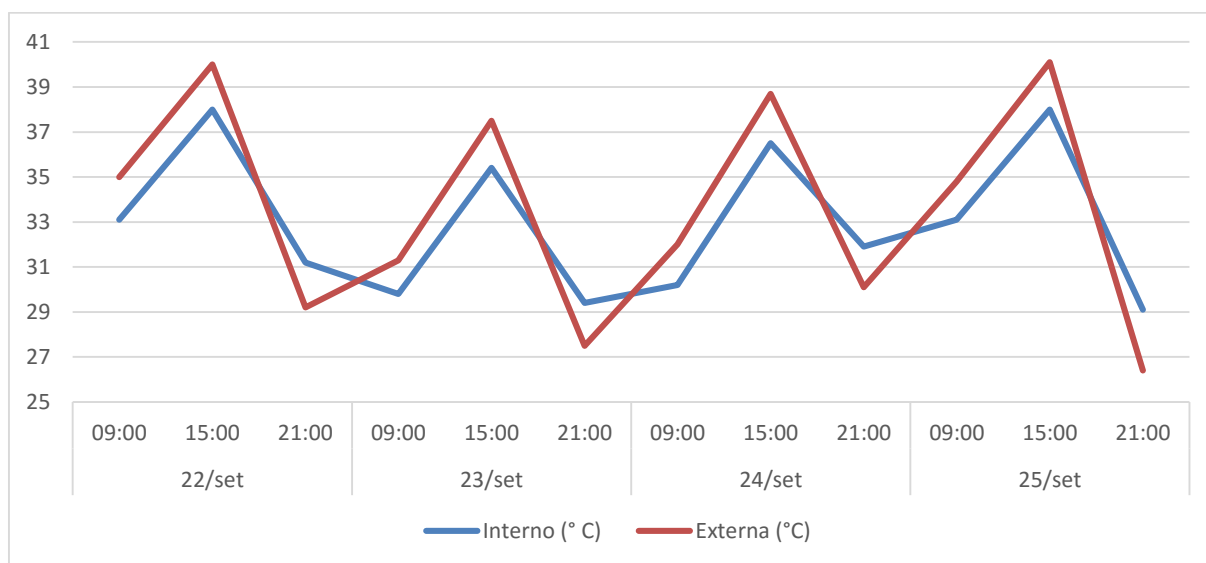
Vale ressaltar que as temperaturas negativas registradas são de ocorrência a uma queda rápida de temperatura durante o dia e a noite, isso acontece devido à edificação receber os raios solares durante o dia, que consequentemente o sistema irá absorver e armazenar esse calor e com a mudança rápida de temperatura a edificação não decorre o tempo necessário até ela se resfrie, fator parecido só que inverso acontece no início da manhã que a edificação se esfria e demora um tempo até a mesma se aquecer, é o momento onde mais verificamos a maior variação de temperatura do sistema este fenômeno pode ser agravado por ter o pé direito baixo e pelas aberturas de ventilação.

Conforme a leitura dos gráficos é possível notar que o protótipo com argamassa convencional acompanha facilmente a temperatura externa, sendo possível notar que o atraso térmico da argamassa é baixo.

Quadro 19 - Temperatura do protótipo com argamassa de vermiculita e EPS

Dia	Horário	Interno (°C)	Externa (°C)	Variação em °C
22/set	09:00	33,1	35	1,9
	15:00	38	40	2
	21:00	31,2	29,2	-2
23/set	09:00	29,8	31,3	1,5
	15:00	35,4	37,5	2,1
	21:00	29,4	27,5	-1,9
24/set	09:00	30,2	32	1,8
	15:00	36,5	38,7	2,2
	21:00	31,9	30,1	-1,8
25/set	09:00	33,1	34,8	1,7
	15:00	38	40,1	2,1
	21:00	29,1	26,4	-2,7

Fonte: Próprio autor (2015)

Gráfico 4 - Temperatura externa e interna do protótipo com argamassa de vermiculita e EPS

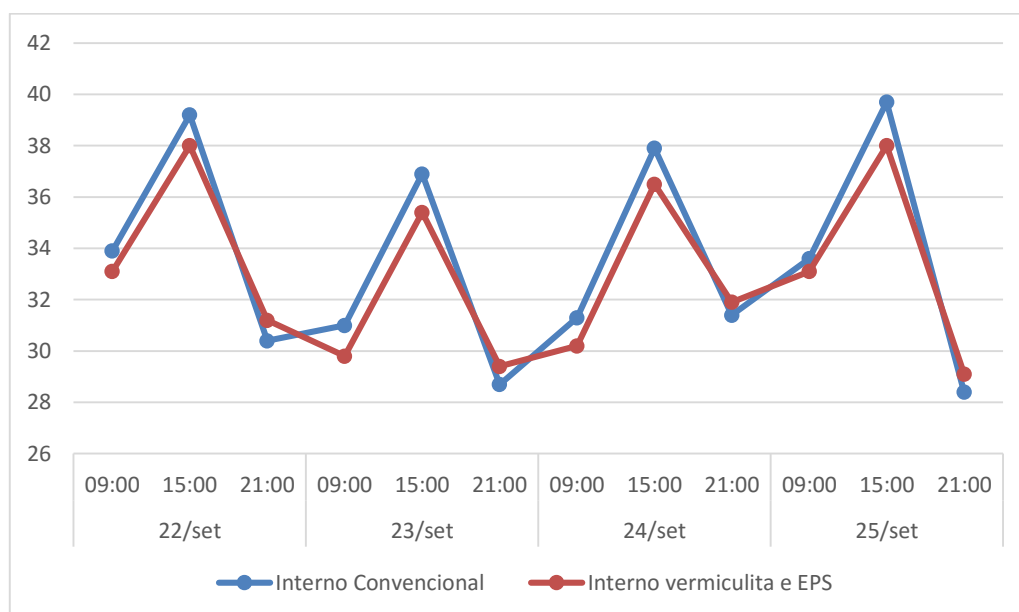
Fonte: Próprio autor (2015)

Analisando os dados coletados no protótipo com argamassa de vermiculita e EPS, observou-se que ele atende aos requisitos que a NBR 15575 (2013) para o procedimento 2, alcançando com facilidade o desempenho mínimo e em alguns horários em consentimento ao desempenho intermediário, registrando uma diferença máxima de até 2,2 °C de diferença ao meio externo e mínima de 1,5 °C. Destacando que as temperaturas negativas registradas são em função da variação rápida da

temperatura externa durante o dia e a noite, como explicado anteriormente, porém foi possível notar que no protótipo com vermiculita e EPS os valores obtiveram maior expressividade, tal fato se deve pelas características e propriedades dos agregados incorporados ao traço.

Conforme a leitura dos gráficos 3 e 4 é possível notar que o protótipo com argamassa de vermiculita e EPS possui maior resistência a temperatura externa em relação ao protótipo de argamassa convencional, é possível notar que nos horários noturnos a diferença da temperatura externa e interna é de maior módulo, podendo afirmar que a edificação com a argamassa em estudo tem maior atraso térmico em relação à argamassa convencional, resultado que já era esperado pelas propriedades térmicas da vermiculita e do EPS, como foi citado no capítulo 2.

Gráfico 5 - Comparativo das temperaturas internas dos protótipos



Fonte: Próprio autor (2015)

Comparando os ambientes internos dos protótipos, é possível notar que os resultados do protótipo com argamassa de vermiculita com adição de EPS obtiveram resultados mais expressivos em relação ao com argamassa convencional, como pode ser visualizado no gráfico 5.

Todos os resultados de temperatura dos ambientes poderiam ter valores mais expressivos e maiores se as edificações em estudo tivessem um pé direito maior, sistema de cobertura com telhas de barro ou qualquer outro sistema, vale lembrar que

a de fibrocimento foi a mais fácil de usar e mais barato para este projeto, sendo este um dos sistemas de cobertura que mais absorvem calor (NBR15220, 2005), dentre outras hipóteses.

Figura 23 - Termo-Higrometro Digital Mod.Ht-700



Fonte: Próprio autor (2015)

Figura 24 - Termômetro digital com mira a laser mod. GM-300



Fonte: Próprio autor (2015)

As leituras realizadas com o termômetro digital a laser MOD. GM-300 foram realizadas no mesmo dia das medições com o TERMO-HIGROMETRO DIGITAL MOD.HT-700, com essa aferição foi possível conferir como funciona a absorção térmica das paredes, a transferência do calor do meio interno/externo e a resistência térmica das argamassas fabricadas, que foram aplicadas no protótipo. Com os dados obtidos foi observado que as variações das temperaturas das paredes seguiam um padrão, ou seja, dados registrados em um dia eram semelhantes e seguia o mesmo padrão do posterior.

Para melhor compreensão e visualização da comparação das argamassas, os resultados de um dia de apuração estão dispostos nos apêndices.

Quadro 20 - Temperatura interna e externa das paredes do protótipo com argamassa convencional

Dia	Horário	Parede	Interno (°C)	Externa (°C)	Variação em °C
22/set	09:00	L	33,4	49,4	16
		N	32,4	37,4	5
		O	31,8	33,2	1,4
22/set	15:00	L	40	41	1
		N	40,7	42,3	1,6
		O	43,6	51,4	7,8
22/set	21:00	L	29,5	27,1	-2,4
		N	29,7	27,4	-2,3
		O	30,8	29	-1,8

Fonte: Próprio autor (2015)

Conforme análise do quadro é possível notar que as paredes externas que sofrem com a insolação se aquecem com facilidade fazendo com que a temperatura superficial da parede seja bem alta, sendo a parcela do calor recebido transferido para o ambiente interno da edificação, é possível notar que mesmo com a característica de absorver bem o calor dos raios solares é possível notar que o sistema tem uma boa resistência térmica, tal informação pode se afirmar com os altos valores de variação das paredes externas/internas.

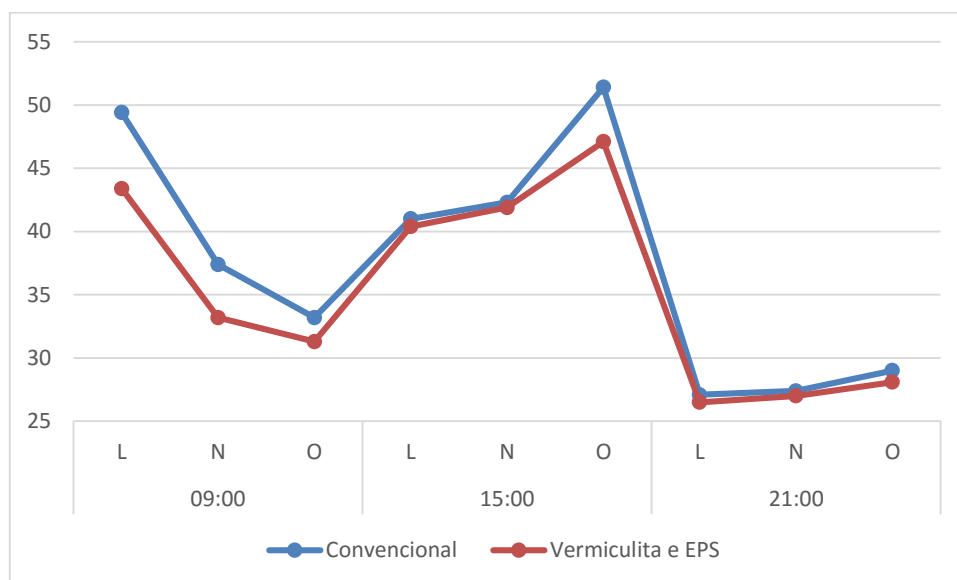
Quadro 21 - Temperatura interna e externa das paredes do protótipo com argamassa de vermiculita e EPS

Dia	Horário	Parede	Interno (°C)	Externa (°C)	Variação em °C
22/set	09:00	L	31,9	43,4	11,5
		N	30,2	33,2	3
		O	30,8	31,3	0,5
22/set	15:00	L	39,8	40,4	0,6
		N	40,7	41,9	1,2
		O	41,1	47,1	6
22/set	21:00	L	29,2	26,5	-2,7
		N	29,5	27	-2,5
		O	30,1	28,1	-2

Fonte: Próprio autor (2015)

Analisando o quadro 21 é possível notar que as paredes externas das paredes do protótipo com argamassa de vermiculita e EPS possuem maior resistência ao aquecimento com a insolação, fazendo com que a temperatura superficial das paredes, sejam mais baixas do que em relação ao do protótipo com argamassa convencional. Esse fenômeno pode ter acontecido pelo o emprego da vermiculita e do EPS, onde ambos possuem baixo valor de absorção térmica (NBR15220,2005), fazendo com que menor parcela do calor recebido transfira para o ambiente interno da edificação. Essa afirmação pode ser melhor visualizada e verificada no gráfico 6, onde se faz a comparação dos dados térmicos das paredes externas.

Gráfico 6 - Comparativo das temperaturas externas entre as argamassas



Fonte: Próprio autor (2015)

É possível notar e melhor visualizar a diferença da absorção de temperatura das argamassas, essa desigualdade é melhor evidenciada somente nos momentos de maior incidência solar.

5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Após a realização dos protótipos e das argamassas propostos nos objetivos, foi possível perceber que a argamassa de vermiculita com adição de EPS obteve menores valores no ensaio de resistência a compressão, porém com um desempenho satisfatório como argamassa de revestimento. Através do ensaio de determinação da massa específica estado fresco, analisou-se que a argamassa em estado fluido já continha densidade inferior ao da argamassa convencional, sendo comprovado como argamassa leve através do ensaio de densidade de massa em estado endurecido, que demonstrou ser muito mais leve do que a argamassa de tipo convencional, tendo em vista que este tipo de argamassas impacta diretamente na fundação e no custo total da obra.

Foi constatado que o protótipo fabricado com argamassa convencional teve sua superfície mais lisa e com melhor acabamento mesmo tendo o enfoque no emboço. Já o protótipo de vermiculita e EPS apresentou uma superfície mais rústica, sendo necessário uma camada de reboco de acabamento e regularização.

Foi apresentado o fenômeno de retração no protótipo de vermiculita com adição de EPS, fato ocorrido principalmente pela quantidade de finos no traço, pela alta temperatura e baixa umidade após a aplicação do revestimento.

Apesar de fatores desfavoráveis (pé direito baixo, telha de fibrocimento) que influenciaram em uma menor amplitude de temperatura, foram obtidos resultados significativos sendo que o protótipo com argamassa de vermiculita com adição de EPS obteve maior expressividade, obtendo melhor conforto térmico, conseguindo diferenças de até 2,2°C de diferença entre os ambientes externo/interno.

Alguns dos fatores que tiveram influência nos resultados foram o pé direito da edificação, o sistema de cobertura do tipo fibrocimento, dentre outros. É notável que as temperaturas das paredes do protótipo com argamassa convencional obtiveram maiores temperaturas, sendo possível afirmar que a argamassa de vermiculita com adição de EPS absorve menos calor, em relação à argamassa convencional.

Este estudo conseguiu validar a eficiência e as propriedades dos agregados leves estudados, demonstrando que uma combinação de ambos na argamassa é possível ter grandes ganhos na economia de energia, podendo ter grande economia nas fundações de edificações verticais de grande porte, tendo em vista que a

argamassa de vermiculita e EPS é $787 \frac{Kg}{m^3}$ mais leve do que em relação a argamassa convencional.

6 Sugestão para trabalhos futuros

Para sugestões de trabalhos futuros, avaliar a viabilidade financeira e o impacto da técnica para os consumidores, avaliar o desempenho térmico no período de chuvoso, avaliar o desempenho acústico do sistema argamassado com vermiculita e EPS.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAPEX - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE POLIESTIRENO EXPANDIDO. **O que é EPS?** São Paulo, 2015. Disponível em: <<http://www.abrapex.com.br/01OqueeEPS.html>>. Acesso em: 8 abr. 2015.

ABRAPEX - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE POLIESTIRENO EXPANDIDO. **Características.** Disponível em: <<http://www.abrapex.com.br/02Caracter.html>>. Acesso em 8 de Abril de 2015.

ADRIANO, J. **Concreto Leve Estrutural:** Produção, Propriedades, Microestrutura e aplicações. São Paulo: Pini, 2009.

Amorim, K. **Negócios.** Fonte: Mercado e construção: Agosto de 2014. Disponível em <<http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/negocios/construcao-civil-cresceu-7425-nos-ultimos-20-anos-revela-estudo-323993-1.aspx>>. Acesso em 18 de outubro de 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13277:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da retenção de água. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR13278:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR13279:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13280:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13281:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR15220**: Desempenho térmico de edificações: Parte 1: Definições, símbolos e unidades. Rio De Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR15220**: Desempenho térmico de edificações: Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio De Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR15220**: Desempenho térmico de edificações: Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio De Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15258**: Argamassa para revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência potencial de aderência à tração. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270**: Componentes cerâmicos. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575**: Desempenho de edificações habitacionais. Rio de Janeiro, 2013.

BAUD, G. **Manual de pequenas construções: alvenaria e concreto armado**. São Paulo: Hemus, 2002

BAUER, F. **Materiais de Construção**: Novos Materiais para Construção Civil. 5. ed. Revisada. Rio de Janeiro: LTC, 2000. v 1.

BAUER, F. **Materiais de Construção**: Novos Materiais para Construção Civil. 5. ed. Revisada. Rio de Janeiro: LTC, 1994. v 2.

BRASIL MINÉRIOS. **Vermiculita Expandida**. Dossiê técnico. 1. ed. Goiânia: 2014. 121 p.

BRASIL MINÉRIOS. **Utilização de argamassa com vermiculita expandida como material de preenchimento do núcleo de painéis sanduíche**. Goiás; 2013.

Disponível em: <<http://www.brasilminerios.com.br/b2c/loja/1775/produto/57975/utilizacao-de-argamassa-com-vermiculita-expandida-como-material-de-preenchimento-do-nucleo-de-paineis-sanduiche/jsessionid=F7031C38D21246EC03AD87A0A51B8537>> Acesso em: 10 abr. 2015.

CAIXA. **Selo Casa Azul**: Boas Práticas para Habitação mais Sustentável. São Paulo: Páginas & Letras, 2010. 204 p.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Desempenho de edificações habitacionais**: Guia Orientativo para Atendimento à Norma 15575/2013. 2. ed. Brasília: Gadioli Cipolla Comunicação, 2013. 311 p.

EMBRAPA. **Produção de Sementes Sadias de Feijão Comum em Várzeas Tropicais**: Clima, Precipitação Pluvial, Temperatura do ar. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/FeijaoVarzeaTropical/clima.htm>>. Acesso em 21 de Abril de 2015.

FROTA, A. B; SCHIFFER, S R. **Manual de conforto térmico**. 5. ed. São Paulo: Studio Nobel, 2003. 243 p.

FIORITO, A. **Manual de Argamassas e Revestimentos**: Estudos e Procedimentos de Execução. 1. ed. São Paulo: Pini, 1994. 221 p.

HENRIQUE, L; BANDUK, R; HISSAE, E. **Revestimentos de Argamassa**: Boas Práticas em Projeto, Execução e Avaliação. 1. ed. Porto Alegre: ANTAC, 2005. 96 p.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Relevo e Clima**: O clima brasileiro. 2015. Disponível em: <<http://7a12.ibge.gov.br/pt/vamos-conhecer-o-brasil/nosso-territorio/relevo-e-clima>>. Acesso em: 21 abr. 2015.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Clima**: O que é clima. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=>>. Acesso em 20 de abril de 2015.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS et al. **Alvenaria de Vedação em Blocos Cerâmicos**. São Paulo: 2009. 65 p.

LUFA REFRATARIOS. **Vermiculita Expandida**. Disponível em: <<http://www.lufa.com.br/refratarios/vermicultura/28-vermiculita-expandida.html>>. Acesso em 12 de Abril de 2015.

LUFA REFRATARIOS. **Concreto Leve de Vermiculita Expandida**. Disponível em: <<http://www.lufa.com.br/refratarios/vermicultura/29-concreto-leve-de-vermiculita-expandida.html>>. Acesso em 10 de Abril de 2015.

PETRUCCI, E. **Materiais de Construção**. 11. ed. São Paulo: Globo, 1979. 435 p.

RIPPER, E. **Manual prático de materiais de construção**: Recebimento, Transporte Interno, Estocagem, Manuseio e Aplicação. 1. ed. São Paulo: Pini, 1995. 252 p.

Teixeira, L. F. **Dossiê cidades planejadas na Hinterlândia**: A formação de Palmas. Revista UFG. n. 6. p. 91-99. Jun. 2009.

TOCANTINS. GOVERNO DO ESTADO DO TOCANTINS. **Tocantins**: Características. 2015. Disponível em: <<http://portal.to.gov.br/tocantins/2>>. Acesso em: 30 abr. 2015.

TOCANTINS (Estado). Secretaria de Planejamento – SEPLAN. **Atlas do Tocantins**. 6. Ed. Palmas, 2012.

YAZIGI, W. A **técnica de edificar**. 11. ed. São Paulo: Pini, 2011. 807 p.

ANEXO

Execução de argamassa leve para enchimento

A argamassa leve de vermiculita expandida é utilizada em áreas que não haja exigência de grandes esforços, conseguindo compatibilizar baixíssimo peso com boa resistência mecânica, o que outros agregados não conseguem.

Recomendamos o uso de argamassa com vermiculita expandida em caixão perdido, rebaixos, contra pisos, regularização e rebocos acústicos. Comporta-se como enchimento de excelente qualidade.

PROTEÇÃO TÉRMICA E ACÚSTICA

Como agregado para argamassa aplicada sobre lajes ou revestimento de parede. A granel dentro de blocos de concreto ou sob assoalhos.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

- Massa específica aparente: 80 - 150 Kg/m³.
- Condutividade térmica máxima a temp. ambiente: 0,070 W/m.k.
- Temperatura de amolecimento: 1.300 °C.
- Umidade máxima: 7,0 %.
- Coeficiente de absorção acústica a 1.000 Hz: 0,50.

Obs.: Todos os dados acima são típicos de produção e portanto sujeitos variações normais.

COMO USAR

Usos da laje x traço de argamassa (CP 32 x Vermiculita) em volume:

- Enchimento - 1:8
- Contra piso - 1:5 (com proteção mecânica).
- Trânsito pesado de pessoas - 1:4 (com proteção mecânica).
- Trânsito de veículos - 1:4 (com proteção mecânica de 5 em armada com tela e piso final).

Caso haja trânsito de qualquer espécie, recomendamos sempre uma proteção mecânica da camada de isolante com uma argamassa de cimento x areia traço 1: 3 com no mínimo 2 cm de espessura.

COMO PREPARAR A MISTURA CIMENTO x VERMICULITA EXPANDIDA

Mistura em betoneira:

Coloca-se a água, o cimento e agita-se por alguns minutos. Adicionar a vermiculita fina com a betoneira em movimento.

O tempo de permanência na betoneira será o suficiente para a massa atingir a "pega" para ser lançada.

Mistura Manual:

Mistura-se o cimento e a Vermiculita a seco e, posteriormente adiciona-se a água, mexendo a massa até atingir a consistência para ser aplicada.

Cópia não
Controlada

PRODUTO RECOMENDADO E CONSUMO:

• Vermiculita Expandida – Fabricante BRASIL MINÉRIOS

Para preencher 1 m³ com concreto leve de Vermiculita Expandida

Vermiculita expandida / cimento / água (em litros)						
PARA PRODUÇÃO DE 1 M³ DE MASSA LEVE SECA						
UTILIZAÇÃO	TRAÇO	QUANTIDADE EM LITROS			DENSIDADE E APARENTE	RESIST. A COMP. APÓS 28 DIAS
		VERMICULI TA EXPANDIDA	CIMENTO	ÁGUA	Kg/m³	Kg/cm²
Contra piso	4:1	1300	320 (400Kg)	450	720	15
Lajes c/ trânsito	5:1	1300	260 (325Kg)	450	570	8
Lajes s/ trânsito	8:1	1300	160 (200Kg)	450	500	4
Enchimentos	10:1	1300	130 (160Kg)	450	400	2
TRAÇO PARA REBOCO / ISOLANTE TÉRMICO E ACÚSTICO (MEDIDAS EM VOLUME)						
Vermiculita Expandida / Cimento / Cal: 3/1/1						
Vermiculita Expandida / Cimento / Cal / Areia: 3/1/1/1						

APÊNDICE A – Temperatura Interna e Externa das Paredes

Temperatura interna e externa das paredes do protótipo com argamassa convencional

DIA	Horario	Parede	Interno (°C)	Externa (°C)	Variação em ° C
22/set	09:00	L	33,4	49,4	16
		N	32,4	37,4	5
		O	31,8	33,2	1,4
22/set	15:00	L	40	41	1
		N	40,7	42,3	1,6
		O	43,6	51,4	7,8
22/set	21:00	L	29,5	27,1	-2,4
		N	29,7	27,4	-2,3
		O	30,8	29	-1,8
23/set	09:00	L	36,7	50,2	13,5
		N	32,7	35,6	2,9
		O	32,6	32,6	0
23/set	15:00	L	36,9	40,8	3,9
		N	36,6	41,4	4,8
		O	42,2	43,9	1,7
23/set	21:00	L	32,8	29,8	-3
		N	33	30,1	-2,9
		O	34,1	31,4	-2,7
24/set	09:00	L	36	53,2	17,2
		N	32,2	34,6	2,4
		O	30,5	31,8	1,3
24/set	15:00	L	41	41,5	0,5
		N	41,9	43,1	1,2
		O	44,8	52,6	7,8
24/set	21:00	L	31,9	28,9	-3
		N	32,9	30	-2,9
		O	33,8	31,1	-2,7
25/set	09:00	L	33,1	50,2	17,1
		N	30,3	33,4	3,1
		O	29,4	31,6	2,2
25/set	15:00	L	39,4	40,1	0,7
		N	40,5	41,8	1,3
		O	43,9	51	7,1
25/set	21:00	L	33,1	29,9	-3,2
		N	32,9	29,8	-3,1
		O	34,1	31,5	-2,6

Fonte: Próprio autor (2015)

Temperatura interna e externa das paredes do protótipo com argamassa de vermiculita e EPS

DIA	Horario	Parede	Interno (°C)	Externa (°C)	Variação em °C
22/set	09:00	L	31,9	43,4	11,5
		N	30,2	33,2	3
		O	30,8	31,3	0,5
22/set	15:00	L	39,8	40,4	0,6
		N	40,7	41,9	1,2
		O	41,1	47,1	6
22/set	21:00	L	29,2	26,5	-2,7
		N	29,5	27	-2,5
		O	30,1	28,1	-2
23/set	09:00	L	33,4	45	11,6
		N	31,5	35,9	4,4
		O	31,5	33,7	2,2
23/set	15:00	L	34,6	36,9	2,3
		N	33,8	37,4	3,6
		O	38,9	40,8	1,9
23/set	21:00	L	32,1	29,5	-2,6
		N	32,5	29,8	-2,7
		O	32,6	30,3	-2,3
24/set	09:00	L	31,9	44,1	12,2
		N	30,4	33	2,6
		O	30,5	31,5	1
24/set	15:00	L	39,8	40,3	0,5
		N	40,6	42,1	1,5
		O	42,9	48,1	5,2
24/set	21:00	L	31,1	28,9	-2,2
		N	31	28,9	-2,1
		O	32,7	30,3	-2,4
25/set	09:00	L	30,5	44,7	14,2
		N	29,5	32,6	3,1
		O	29,4	31,2	1,8
25/set	15:00	L	38	38,4	0,4
		N	37,4	38,8	1,4
		O	41,9	47,8	5,9
25/set	21:00	L	31,9	29,3	-2,6
		N	32,3	29,5	-2,8
		O	32,4	30,1	-2,3

Fonte: Próprio autor (2015)