



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE CENTRO DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS AGROALIMENTAR UNIDADE
ACADÊMICA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AMBIENTALCURSO DE
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**AVALIAÇÃO DE CONFORTO AMBIENTAL: UMA PROPOSTA DE
REVESTIMENTO DE BAIXO CUSTO**

MATHEUS DAMASCENA MORAIS

POMBAL - PB

2023

MATHEUS DAMASCENA MORAIS

AVALIAÇÃO DE CONFORTO AMBIENTAL: UMA PROPOSTA DE
REVESTIMENTO DE BAIXO CUSTO

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Campina Grande, Campus Pombal, como requisito para obtenção de título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador (a): Prof^a. Virgínia de Fátima Bezerra Nogueira

POMBAL - PB

2023

M828a Morais, Matheus Damascena.

Avaliação de conforto ambiental: uma proposta de revestimento de baixo custo / Matheus Damascena Morais. – Pombal, 2023.

40 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2023.

“Orientação: Profa. Dra. Virgínia de Fátima Bezerra Nogueira”.
Referências.

1. Conforto térmico. 2. Revestimento sustentável. 3. Residência unifamiliar. 4. Sustentabilidade. I. Nogueira, Virgínia de Fátima Bezerra.
II. Título.

CDU 697.97 (043)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE CENTRO DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

APÊNDICE VI.II DA RESOLUÇÃO CCEC N° 02/2021

RESULTADO DA AVALIAÇÃO DO TCC (EXAME FINAL)

Aluno: Matheus Damascena Morais

Título: Avaliação de Conforto Ambiental: Uma Proposta de Revestimento de Baixo Custo

AVALIADOR	NOTA ATRIBUÍDA
Orientador(a) <u>Virgínia de Fátima Bezerra Nogueira</u>	10,0
Coorientador(a)	
<i>Média da nota atribuída pelos orientadores</i>	N1:10,0
Examinador Interno: José Roberto Bezerra da Silva	N2: 9,5
Examinador Externo: Ezio Luiz Martins Simões	N3: 9,0

AVALIAÇÃO FINAL: $(N1+N2+N3) / 3$: 9,5

Virgínia de Fátima Bezerra Nogueira

Orientador

Coorientador

José Roberto Bezerra da Silva

Examinador Interno

Ezio Luiz Martins Simões

Examinador Externo

Pombal-PB, 10 de fevereiro de 2023.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que foi pilar fundamental para a conclusão dessa graduação, emanando força durante toda a trajetória. A Ele, toda honra e toda glória.

Aos meus pais, Maria Verônica e Marcos Aurélio, que não soltaram minha mão em nenhum momento, sempre me apoiando e não permitiram que eu fosse fraco. Sou eternamente grato por todo o esforço que meus pais fizeram por mim.

A minha irmã, Heloisa Morais, fonte de companheirismo e lealdade. Foi peça fundamental, torcendo por mim e vendo de perto toda a luta da graduação, semestre a semestre. Essa conquista também é dela.

A minha namorada, Amanda Nicaula, que foi fundamental na minha caminhada, me incentivando a concluir o curso, mesmo depois de tanta incerteza com essa decisão. Agradeço muito a você por ter me ajudado e segurado minhas mãos nos momentos em que mais precisei, obrigado por todo apoio que me foi dado.

Aos amigos que conquistei no decorrer da faculdade, em especial Victor Mendes e Felipe de Andrade, que foram essenciais na batalha diária da vida universitária. Minha gratidão por terem me apoiado e terem acreditado em mim e na minha capacidade de sempre poder ser melhor.

A minha orientadora, Prof.^a Virgínia de Fátima Bezerra Nogueira, por ter acreditado no meu trabalho e pelos seus ensinamentos. Obrigado por ter me direcionado a esse tema, onde eu tive total identificação logo de cara e por não ter desistido de mim em nenhum momento. Minha eterna gratidão a senhora.

Por fim, a todos os envolvidos nas demais esferas ao longo dessa caminhada. Todo mundo que passou pela minha vida teve papel fundamental para essa graduação.

RESUMO

Temperaturas elevadas ou muito baixas podem provocar no ser humano, bastante estresse térmico, para evitar esse tipo de problema, as moradias e demais construções, devem ser construídas com materiais que garantam conforto térmico para as pessoas ao longo do dia. Diante disso, o presente trabalho buscou verificar de forma prática, em duas residências na cidade de Patos na Paraíba, a eficácia de um método que fosse capaz de diminuir as temperaturas internas dos cômodos das residências no semiárido nordestino, aliado ao baixo custo de aplicação e também a sustentabilidade. Dessa forma, foi utilizado as placas de Poliuretano Expandido (EPS) e avaliado diariamente as temperaturas internas de dois cômodos que apresentaram maior incidência solar durante um período do dia (residência 1 – a sala de estar; residência 2, um quarto) através de um termo-higroanemoluxímetro, fazendo a coleta das temperaturas internas de ambos os cômodos e comparando-as em um período de dois meses, novembro e dezembro de 2022. Logo, foi constatado que após o uso do revestimento proposto houve uma diminuição de 1,8°C no período da manhã e de 1,7°C no período da tarde, auxiliando na diminuição do desconforto térmico.

Palavras chave: Conforto térmico. Sustentabilidade. Residência.

ABSTRACT

High or very low temperatures can cause a lot of thermal stress in humans, to avoid this type of problem, housing and other buildings must be built with materials that guarantee thermal comfort for people throughout the day. In view of this, the present work sought to verify in a practical way, in two residences in the city of Patos in Paraíba, the effectiveness of a method that was capable of reducing the internal temperatures of the rooms of the residences in the northeastern semi-arid region, combined with the low cost of application and also sustainability. In this way, Expanded Polystyrene (EPS) boards were used and the internal temperatures of two rooms that had the highest solar incidence during a period of the day were evaluated daily (house 1 - the living room; house 2, a bedroom) through a thermo-hygroanemoluxmeter, collecting the internal temperatures of both rooms to compare them over a period of two months, between November and December of 2022. Therefore, it was found that after using the proposed coating there was a decrease of 1.784°C in the morning and 1.744°C in the afternoon, helping to reduce thermal discomfort.

Keywords: Thermal comfort. Sustainability. Residence.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Gráfico que relaciona Temperatura do Ar x Umidade Relativa	15
Figura 2 - Telhas sanduíche branca.....	18
Figura 3 - Toldo para aumentar o conforto térmico.	18
Figura 4 - Localização das residências 1 e 2 no Google Earth	20
Figura 5 - Fachada da residência 1	22
Figura 6 - Projeção 3D do cômodo da residência 1	22
Figura 7 - Fachada da residência 2.....	23
Figura 8 - Projeção 3D do cômodo da residência 2	23
Figura 9 - Parte interna da residência 1	24
Figura 10 - Medição das dimensões da parte interna da fachada	24
Figura 11 - Dimensões da fachada da residência 1	25
Figura 12 - Aplicação de massa corrida nas placas de EPS	25
Figura 13 - Corte e medição de pedaços das placas de EPS para preenchimento completo da parede interna.....	26
Figura 14 - Colagem das placas na parte interna da fachada	26
Figura 15 - Parte interna da fachada parcialmente revestida com EPS	27
Figura 16 - Medição de temperatura com termo-higroanemoluxímetro.....	28
Figura 17 - Medição em residência sem aplicação de EP.....	28
Figura 18 – Revestimento de placas de EPS com marcações retangulares	36
Figura 19 – Placas de EPS com marcações quadriculadas em 3D.....	36
Figura 20 – Placas de EPS com marcações retangulares em 3D.....	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características do EPS	16
Tabela 2 - Temperaturas internas coletadas nos cômodos das residências	29
Tabela 3 - Variação diária e variação média coletadas	30
Tabela 4 - Orçamento utilizado na pesquisa	35
Tabela 5 – Orçamento genérico das placas de EPS	35

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Temperatura interna às 09h	31
Gráfico 2 - Temperatura interna às 13h30.....	32
Gráfico 3 - Variação diária no período das 9:00h.....	34
Gráfico 4 - Variação diária no período das 13:30h.....	34

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. OBJETIVOS	12
2.1 Geral	12
2.2. Específicos	12
3. REFERENCIAL TEÓRICO	13
3.1. Formas de transferência de calor	13
3.2. Condutividade térmica.....	14
3.3. Conforto térmico	14
3.3.1. Isolamento Térmico	15
3.3.2. Materiais isolantes.....	15
3.3.3. Poliestireno Expandido (EPS)	16
3.4. Normas brasileiras de conforto térmico	17
3.4.1. NBR 15575	17
3.4.2. NBR 15220	19
4. MATERIAIS E MÉTODOS	20
4.1. Área de estudo	20
4.2. Materiais utilizados	20
4.3. Etapas da pesquisa	21
4.3.1. Etapa 1 – Pesquisas de campo.....	21
4.3.2. Etapa 2 – Visitas de campo às residências selecionadas	21
4.3.3. Etapa 3 – Instalação das placas de EPS.....	25
4.3.4. Etapa 4 – Medição das temperaturas internas dos cômodos	27
4.3.5. Etapa 5 – Análise dos dados coletados.....	28
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	32
5.1. Variância de temperatura favorável.....	32
5.2. Orçamento para aplicação	35
5.3. Opção de decoração no revestimento EPS aplicado.....	35
6. CONCLUSÃO.....	38
7.REFERÊNCIAS.....	39

1. INTRODUÇÃO

Em muitas regiões do Nordeste brasileiro, a carência financeira é uma realidade cotidiana para muitas famílias. Isso significa que muitas vezes eles não têm os recursos necessários para implementar medidas de refrigeração em suas residências, como ar-condicionado ou ventiladores de teto de alta eficiência. Isso pode tornar o verão muito desconfortável e até mesmo perigoso, especialmente para os idosos e as crianças, que são mais vulneráveis aos efeitos da alta temperatura.

Segundo Lima (2019), apesar de o Nordeste do Brasil ser uma região com clima quente e úmido, onde os sistemas de refrigeração poderiam ser úteis para aumentar o conforto térmico, a realidade é que muitas pessoas nessa região não têm acesso a esse tipo de tecnologia. Isso pode ser devido à falta de recursos financeiros ou ao fato de que muitos edifícios não foram projetados para o uso de ar-condicionado.

A região Nordeste do Brasil possui um clima tropical úmido, caracterizado por temperaturas elevadas durante todo o ano e uma alta umidade relativa do ar. Isso pode levar a problemas de conforto térmico durante os meses de verão, quando as temperaturas atingem seus máximos (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2013).

De acordo com Anvisa (2018), as altas temperaturas e a umidade relativa do ar elevada são fatores de risco importantes para o desconforto térmico e problemas de saúde relacionados ao calor. Isso pode incluir desidratação, insolação e outras doenças relacionadas ao calor.

Existem vários fatores que podem afetar o conforto térmico, como: a temperatura do ar, a umidade relativa do ar, a velocidade do vento e a radiação solar, diante disso, destaca-se que as regiões que apresentam o clima semiárido são conhecidas por suas altas temperaturas, especialmente durante as estações de primavera e verão. Isso pode levar a problemas de conforto térmico para as pessoas que vivem e trabalham nessa região.

Logo, a condição da temperatura interna em edificações é um fator fundamental para o bem-estar das pessoas que utilizam o espaço. Existem medidas que podem ser tomadas em edifícios e casas para aumentar o conforto térmico. Isso pode incluir o uso de placas brancas de EPS (Poliestireno Expandido), que ajudam a diminuir a condução de calor entre as paredes das residências e seu interior.

Santos et al. (2018), sugeriram que o uso de placas de poliestireno expandido

(EPS) como isolamento térmico pode ser uma opção eficiente para melhorar o conforto térmico, pois elas possuem excelentes propriedades de isolamento térmico e baixa condutividade térmica. Além disso, elas são leves, fáceis de cortar e instalar, e possuem baixo custo, o que as torna uma opção atraente para aplicações de isolamento térmico em edificações.

Para tanto, o uso de placas de poliestireno expandido (EPS) como isolamento térmico em edificações tem sido amplamente utilizado em todo o mundo devido às suas excelentes propriedades de isolamento térmico e baixo custo. No Brasil, especialmente na região Nordeste, onde as altas temperaturas são um problema comum, o uso de placas de EPS pode ser uma opção eficaz para melhorar o conforto térmico em edificações, diminuindo o uso de sistemas de aquecimento e ar condicionado e garantindo o bem-estar das pessoas que utilizam o espaço. (FERREIRA et al., 2015)

Em resumo, as altas temperaturas da região Nordeste podem levar ao desconforto térmico, mas existem medidas que podem ser tomadas para diminuir esses efeitos e aumentar o bem-estar das pessoas que vivem e trabalham nessa região. Dessa forma, o presente trabalho detalhou um dos métodos – aplicação de placas de poliestireno expandido (EPS) - que podem ser utilizados por qualquer pessoa com o objetivo de melhorar o conforto térmico em sua residência, com um custo baixíssimo e de fácil aplicação, que ainda podem ser utilizado como um detalhamento arquitetônico nos cômodos aplicados.

2. OBJETIVOS

21. . Geral

Esse trabalho tem como objetivo geral avaliar a eficiência do uso das placas de Poliestireno Expandido (EPS) na diminuição da temperatura interna em uma residência unifamiliar localizada no município de Patos-PB.

22 Específicos

- Propor um revestimento de baixo custo que proporcione conforto térmico e acústico e que seja sustentável;
- Realizar medição diária das temperaturas em duas residências através de um termo-higroanemoluxímetro;
- Levantar dados para compor orçamento de um sistema de revestimento em EPS;
- Propor uma opção de design para melhorar o aspecto estético do revestimento aplicado.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Formas de transferência de calor

Transferência de calor é o nome dado ao processo de transferência de energia sobre a forma de calor. Sendo assim, o calor pode ser definido como a forma de energia que é transferida entre dois sistemas ou um sistema e a sua vizinhança devido a um gradiente de temperatura. Logo, uma transferência de energia é feita sobre a forma de calor, apenas se existir uma diferença de temperatura. Dessa forma, não existe transferência de calor entre dois sistemas que se encontrem à mesma temperatura (INCROPERA E DEWITT, 1998).

Segundo Costa (2003), sempre que houver variação de temperatura entre diferentes ambientes, essa variação tem uma tendência de sumir depois de um certo tempo de forma naturalmente, graças ao fluxo de energia (calor) de um ambiente para o outro. Esse processo como um todo, é chamado de transmissão de calor, e isso pode ocorrer de acordo com três métodos diferentes de transmissão de calor, que são: convecção, radiação e condução, onde todos eles carregam o mesmo princípio básico, que são as variações de temperaturas de um ambiente para o outro e também de acordo com a direção do fluxo térmico no sentido das temperaturas decrescentes.

Sabendo que calor é um tipo de energia em trânsito, podendo ser transferido de um lugar para outro quando houver uma variação de temperatura entre meios ou objetos, podem acontecer três maneiras de transmissão de calor, que são: condução, convecção e irradiação. Condução é uma forma de deslocamento de calor, através de um ambiente para outro ambiente, decorrente da agitação das moléculas no interior dos corpos (COSTA, 2003); convecção que para Quides e Lia (2000, p.9) “A convecção pode ser definida como o processo pelo qual energia é transferida das porções quentes para as porções frias de um fluido através da ação combinada de: condução de calor, armazenamento de energia e movimento de mistura” e irradiação que é adiação é a energia emitida por um corpo detentor de uma temperatura não nula.

A emissão de radiação pode ocorrer a partir de superfícies sólidas, de gases e líquidos. A radiação não necessita de um meio material, sendo sua transferência mais eficiente no vácuo, se distinguindo da transferência de calor por condução e convecção que depende da presença de matéria (INCROPERA et al., 2011).

3.2. Condutividade térmica

A condutividade térmica é caracterizada como “propriedade física de um material homogêneo e isotrópico, no qual se verifica um fluxo de calor constante, com densidade de 1 W/m^2 , quando submetido a um gradiente de temperatura uniforme de 1 Kelvin por metro”. Sua unidade de medida é W/m.K (NBR 15220, 2003).

De acordo com Incropera et al. (2011, p. 39), a condutividade térmica é uma propriedade que transporta energia e indica a “taxa na qual a energia é transferida pelo processo de difusão. Sendo assim, ela depende da estrutura física da matéria, atômica e molecular, que está relacionada ao estado da matéria”.

3.3. Conforto térmico

Antigamente o consumo de energia elétrica de uma residência em geral, era dissolvida em geladeiras, chuveiros e lâmpadas, porém, na contemporaneidade, aparelhos de ar condicionados estão liderando este ranking ultrapassando 20% do consumo residencial, isto em uma média de nível nacional, em certas regiões este número ainda é superior devido à localização territorial da residência. Entretanto, o problema é ainda maior no futuro, pois este valor tende a aumentar devido ao poder aquisitivo da população em poder adquirir mais aparelhos condicionadores de ar e principalmente pela não adequação do sistema de isolamento térmico em suas residências (LAMBERTS, 2014).

Lamberts (2008), comenta que é imprescindível o conhecimento do conforto térmico, e ainda sugere uma divisão em 3 quesitos, que são: a satisfação do homem em se sentir termicamente confortável, situação em que a pessoa se sente bem, tem disposição para elaborar seu trabalho, ou até mesmo ânimo para momentos de lazer e descanso em sua casa ou trabalho; a performance humana, pois estudos mostram que o frio e o calor geram um desconforto térmico reduzindo a performance humana. O indivíduo deixa de produzir tanto no trabalho quanto em casa, devido ao desconforto e mal-estar relacionado a temperaturas muito baixas ou muito altas; e a conservação de energia, grande parte dos indivíduos residem ou trabalham em locais de que possuem condicionadores de ar, gerando um ambiente de clima artificial que irá proporcionar um melhor conforto térmico e rendimento da produção.

Por outro lado, existe uma certa variação biológica entre as pessoas, nem todos

os ocupantes do ambiente vão se sentir confortáveis termicamente, então, precisa-se buscar condições de conforto para o grupo, de acordo com a maioria. Algumas definições a respeito de conforto térmico, são obrigatórias para poder entender o trabalho como um todo. (LAMBERTS, 2008).

Figura 1 - Gráfico que relaciona Temperatura do Ar x Umidade Relativa



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

3.3.1. Isolamento Térmico

Segundo Zawodine (2016), o conceito de isolamento térmico é relativamente novo, ele surgiu com a necessidade de se reduzir os gastos com energia para aquecimento dos ambientes. Por definição o isolante térmico, é um material ou estrutura que dificulta a transmissão de calor. Por estas razões são utilizados como isolamento térmico materiais porosos ou fibrosos, capazes de imobilizar o ar seco e confiná-lo no interior de células mais ou menos estanques.

3.3.2. Materiais isolantes

Segundo Freitas (2002), um material é considerado um isolante térmico quando ele possui características que impede e/ou dificulta a propagação de energia em forma de calor, devido a sua resistência térmica. Atualmente é grande o número de materiais isolantes térmicos disponíveis no mercado brasileiro e exterior, que podem ser usados

tanto em residências, comércios e indústrias a fim de melhorar o conforto térmico dos ambientes.

Neste presente trabalho o único material isolante a ser estudado é o Poliestireno Expandido (EPS), pois como já citado anteriormente neste trabalho, o presente estudo trata-se de duas residências unifamiliar, com uma delas com utilização de EPS e outras sem, com o objetivo de reportar qual a método que apresenta a melhor condição de conforto térmico.

3.3.3. Poliestireno Expandido (EPS)

Segundo a Associação Brasileira do Poliestireno Expandido – ABRAPEX (2006), o EPS é um plástico rígido, resultado da polimerização do estireno em água. Seu processo de fabricação não utiliza o gás CFC (clorofluorcaboneto), o que é benéfico ao meio ambiente, pois o CFC é um dos gases responsável pela redução a camada de ozônio. Ao fim do processo obtêm-se esferas de até três milímetros compostas por 98% de ar e 2% de poliestireno, sendo totalmente reciclável, podendo voltar a condição de matéria prima. Assim pode-se considerar o EPS como um material dentro dos padrões de sustentabilidade.

O EPS desde sua origem, tem sido muito utilizado em diversas formas como: embalagens industriais (na conservação de produtos alimentícios e também na proteção de equipamentos frágeis, inúmeros itens de materiais de construção civil e também como isolamento térmico (SILVEIRA et al, 1998).

Tabela 01 - Características do EPS

Propriedade	EPS
Condutividade térmica declarada λ (W/Mk)	0,031-0,038
Resistência à compressão (deformação 10%) σ 10kPa	60-150
Coefficiente de dilatação Térmica linear α (°C)	$5-7 \times 10^{-5}$

Fator de resistência à vapor de água μ	20-70
--	-------

Fonte: Adaptada pelo autor com base no Laboratório Física das Construções de Portugal, APFAC, p.19.

De acordo com Trevejo (2018), o Poliestireno Expandido foi um destaque no mercado, principalmente na Europa, por causa de suas diversas vantagens, entre elas, destacam-se: bom isolamento térmico e acústico; boa estanqueidade em relação a água; boa resistência mecânica ao fogo; boa durabilidade do material utilizado; baixo custo e facilidade dos materiais; facilidade de produção para montagem; boa versatilidade e flexibilidade; boa aceitação do material pela sociedade; o fato de não necessitar de mão de obra especializada para esse serviço também é uma grande vantagem.

Desse modo, o EPS possui diversos campos para atuação no setor de construção civil, sendo um dos principais itens, o enchimento de lajes, muito utilizado em coberturas, telhados, paredes, lajes, esquadrias, no concreto, dentre elas destacam-se o baixo peso; alto volume que proporciona em relação ao peso por causa do alto número de vazios; resistência ao fogo, podendo ser aplicado como retardador de chama; instalação simples, onde é fácil seu manuseio, desde cortes, montagem, fixação e por não servir de alimento a qualquer ser vivo, inclusive microrganismos e cupins e tampouco não apodrece (SANTOS, 2008).

3.4. Normas brasileiras de conforto térmico

O Brasil possui duas normas que discursam sobre o desempenho térmico das edificações, segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) são elas: a NBR 15575 (ABNT, 2013), que fala sobre o desempenho das edificações habitacionais e a NBR 15220 (ABNT, 2005), que fala sobre o desempenho térmico das edificações.

3.4.1. NBR 15575

A NBR 15575 é uma norma técnica que estabelece os requisitos mínimos de desempenho para edifícios habitacionais no Brasil. Ela inclui requisitos específicos

sobre conforto térmico, que visam garantir que os ocupantes dos edifícios tenham uma temperatura agradável e saudável.

Alguns dos requisitos da NBR 15575 sobre conforto térmico incluem: a temperatura do ar interno deve estar entre 22°C e 26°C, dependendo da temperatura do ar externo e da atividade das pessoas no ambiente; a umidade relativa do ar deve estar entre 40% e 60%; e o edifício deve ser projetado de forma a minimizar a entrada de calor solar direto, especialmente durante os meses de verão. Isso pode incluir a utilização de telhas brancas ou refletivas, bem como o uso de dispositivos de sombreamento, como persianas ou toldos.

Figura 2 - Telhas sanduíche branca



Fonte: Viva decora. Acesso em 05 de janeiro de 2023.

Figura 3 - Toldo para aumentar o conforto térmico.



Fonte: Casa e Construção. Acesso em 05 de janeiro de 2023.

Essas são apenas algumas das demonstrações da NBR 15575 sobre conforto térmico. A norma inclui muitos outros requisitos e recomendações para

garantir que os edifícios habitacionais no Brasil atendam aos padrões mínimos de desempenho em termos de conforto térmico.

3.4.2. NBR 15220

A NBR 15220 é uma norma técnica brasileira que estabelece os requisitos mínimos de desempenho para sistemas de ventilação natural em edifícios. Ela inclui requisitos específicos sobre conforto térmico, que visam garantir que os ocupantes dos edifícios tenham uma temperatura agradável e saudável.

De acordo com essa norma, os sistemas de ventilação natural devem ser projetados de forma a garantir a renovação adequada do ar interno, de modo a manter a temperatura e a umidade relativa do ar dentro dos limites recomendados. Além disso, a NBR 15220 recomenda que os sistemas de ventilação natural sejam projetados de forma a minimizar a entrada de calor solar direto, especialmente durante os meses de verão.

Conforme o que foi citado anteriormente, a NBR 15220 é uma norma muito importante para que os sistemas de ventilação natural em edifícios no Brasil atendam aos padrões mínimos de desempenho em termos de conforto térmico, incluindo requisitos e recomendações para garantir a renovação adequada do ar interno e manter a temperatura e a umidade relativa do ar dentro dos limites recomendados.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Área de estudo

O trabalho foi realizado no município de Patos, na Paraíba. A cidade conta com uma população de aproximadamente 110 mil habitantes e está localizada no sertão paraíbano, circundada pelo Planalto da Borborema a leste e sul, e pelo Pediplano sertanejo a oeste.

A cidade de Patos é conhecida como a Morada do Sol, por conta das altas temperaturas registradas ao longo do ano, chegando a alcançar temperaturas superiores a 40°C, os seus residentes, são muitas vezes, forçados a buscarem outros métodos para diminuir o desconforto térmico causado pela alta incidência de raios solares no município.

Assim, as residências escolhidas para a verificação do método em questão, estão localizadas no Bairro Santo Antônio, na Rua Irineu Joffily e ambas estão viradas para a nascente, acarretando em maior incidência solar no período entre as 08h da manhã até aproximadamente 14h da tarde, onde os horários definidos para as medições do trabalho estão inseridos nesse intervalo.

Figura 4 - Localização das residências 1 e 2 no Google Earth.



Fonte: Google Earth (2023).

4.2. Materiais utilizados

Os materiais utilizados no desenvolvimento desse trabalho foram:

- ✓ 1 termo-higroanemoluxímetro;

- ✓ 14 placas de EPS com dimensões 1,00x0,50m e 10mm de espessura;
- ✓ Lata de 1kg de massa corrida;
- ✓ Uma espátula de alumínio;
- ✓ Estilete;
- ✓ Trena de 5,0m;
- ✓ Caneta;
- ✓ Bloco de notas;
- ✓ Celular com câmera fotográfica.

Foi necessário também, a autorização para a utilização das duas residências unifamiliares para a execução desse trabalho, sendo uma para a aplicação das placas de EPS e outra apenas para comparativo dos resultados obtidos com o método do Poliestireno Expandido. Assim, o trabalho foi realizado em 5 etapas, desde a identificação das residências adequadas para o estudo até a análise dos dados coletados.

4.3. Etapas da pesquisa

4.3.1. Etapa 1 – Pesquisas de campo

Na primeira etapa, foram realizadas pesquisas de campo para encontrar casas com fachadas que tenham cômodos logo na sua frente e que tenha incidência solar durante alguma parte do dia, para que dessa forma, possa comparar as variações da temperatura.

4.3.2. Etapa 2 – Visitas realizadas nas residências da cidade de Patos - PB

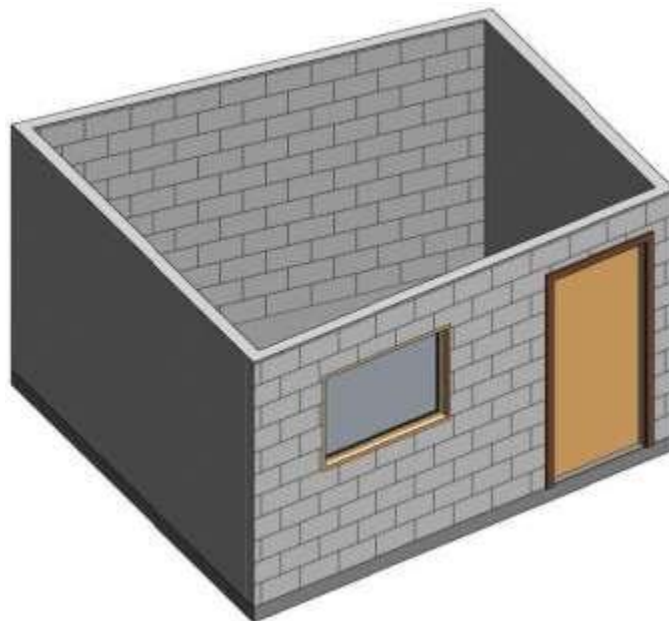
Após encontrar as casas que estavam em conformidade com a etapa um, foram necessárias visitas de campo para levantar as medidas da fachada onde receberia a aplicação do revestimento de EPS, dessa forma, facilitando no orçamento e na comprada quantidade certa de material que seria utilizado.

Figura 5 - Fachada da residência 1



Fonte: Acervo do autor (2022).

Figura 6 - Projeção 3D do cômodo da residência 1



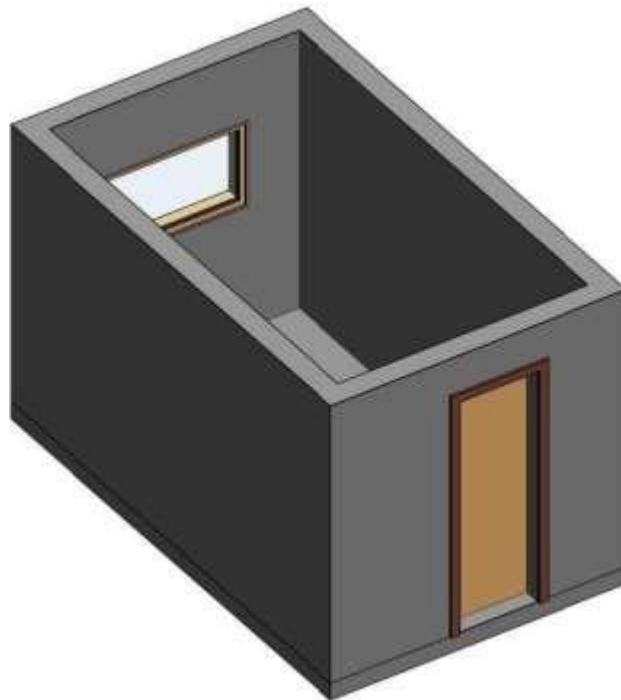
Fonte: Autoria própria (2023).

Figura 7 - Fachada da residência 2



Fonte: Acervo do autor (2022).

Figura 8 - Projeção 3D do cômodo da residência 2



Fonte: Autoria própria (2023)

Figura 9 - Parte interna da residência 1



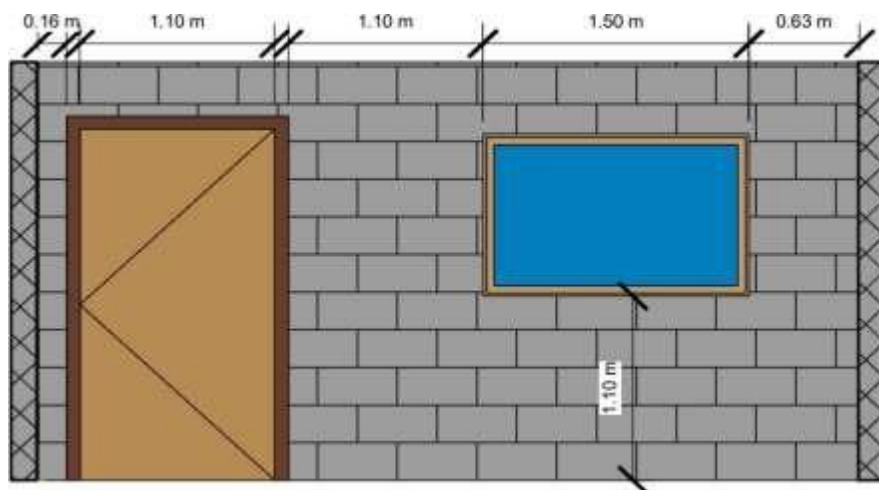
Fonte: Acervo do Autor (2022).

Figura 10 - Medição das dimensões da parte interna da fachada da residência 1



Fonte: Acervo do autor (2022).

Figura 11 - Dimensões da fachada da residência 1



Fonte: Autoria própria (2023).

4.3.3. Etapa 3 – Instalação das placas de EPS.

Após toda a parte de medição e análise das residências, foi realizada a instalação das placas de EPS em toda a fachada interna da residência que serviria como base para o método utilizado, com o auxílio da massa corrida, da trena e do estilete para que fosse feito os cortes necessários nas placas de dimensões pré-definidas.

Figura 12 - Aplicação de massa corrida nas placas de EPS



Fonte: Acervo do autor (2022)

Figura 13 - Corte e medição de pedaços das placas de EPS para preenchimento completo da parede interna



Fonte: Acervo do autor (2022).

Figura 14 - Colagem das placas na parte interna da fachada



Fonte: Acervo do autor (2022).

Figura 15 - Parte interna da fachada parcialmente revestida com EPS



Fonte: Acervo do autor (2022).

4.3.4. Etapa 4 – Medição das temperaturas internas dos cômodos

Com todas as placas postas em suas posições e com a fachada totalmente revestida com o EPS, iniciou-se, o processo de medição de temperatura em ambas as residências, todos os dias úteis da semana, com o auxílio do termo-higroanemoluxímetro e com o cômodo totalmente fechado, caso tenha aberturas de portas ou janelas.

Os horários escolhidos e combinados com as moradoras das residências para a realização das medições foram 09:00 da manhã e 13:30 da tarde. Normalmente são nesses dois horários onde há o pico de isolamento em ambas as residências. Esse processo foi realizado durante um mês, com o objetivo de obter dados necessário para comparar as variações médias de temperatura nas residências.

Figura 16 - Medição de temperatura com termo-higroanemoluxímetro



Fonte: Acervo do autor (2022)

Figura 17 - Medição em residência sem aplicação de EPS



Fonte: Acervo do autor (2022).

4.3.5. Etapa 5 – Análise dos dados coletados

Após a obtenção de dados necessários para avaliar o desempenho do método, utilizou-se de planilhas no Excel para análise dos dados e comparação dos mesmos, facilitando a identificação de melhorias no conforto térmico e para a validação do método utilizado.

Tabela 2 - Temperaturas internas coletadas nos cômodos das residências

DATAS DE MEDIÇÃO	HORÁRIOS			
	09:00	13:30	09:00	13:30
	RESIDÊNCIA 1 (COM EPS)		RESIDÊNCIA 2 (SEM EPS)	
TEMPERATURAS INTERNAS (°C)				
16/11/2022	28,7	30,6	30,1	32,2
17/11/2022	31	33,1	32,5	35,4
18/11/2022	30,2	31,8	32,5	33,1
21/11/2022	29,8	30,4	31,7	31,8
22/11/2022	30,3	32,5	31,8	34,2
23/11/2022	29,7	30,8	30,9	31,5
24/11/2022	28,9	30,3	30,2	31,1
25/11/2022	31,2	32,1	33,4	34,1
28/11/2022	30,9	31,6	32	32,8
29/11/2022	29,1	30,5	31,2	32,6
30/11/2022	32,1	34,2	34,1	35,1
01/12/2022	31,7	33,8	33,5	35,7
02/12/2022	30,5	32,1	31,5	34,9
05/12/2022	30,8	32,5	32,7	34,9
06/12/2022	29,5	30,9	31,4	32,1
07/12/2022	30,1	33,7	33,2	35,9
08/12/2022	29,8	30,4	31,7	31,8
09/12/2022	29,9	30,4	31,2	31,7
12/12/2022	30,9	33,2	32,5	35,6
13/12/2022	29,8	31,9	31,2	34,6
14/12/2022	28,7	30,6	30,1	32,2
15/12/2022	28,8	30,1	30,7	32
16/12/2022	29,5	30,6	31,2	32,4
19/12/2022	30,2	31,8	32,5	33,1
20/12/2022	30,1	32,4	33	35,1

Fonte: Autoria própria (2022).

Através dos dados da tabela, é possível medir a variação média diária entre as duas residências, tanto no período das 9 horas da manhã, como no período das 13:30 horas da tarde. Essa variação é medida através da seguinte fórmula:

$$\Delta Td = |T_1 - T_2|$$

Sendo:

ΔTd = Variação da temperatura diária;

T_1 = Temperatura da residência 1;

T_2 = Temperatura da residência 2.

Após a medição das temperaturas por cerca de dois meses ininterruptos, entre novembro e dezembro, foi possível analisar os dados e verificar a variação média das temperaturas entre as duas residências estudadas. Segue abaixo a tabela com as variações diárias e a variação média.

Tabela 3 - Variação diária e variação média coletadas

VARIAÇÕES DE TEMPERATURA (°C)	
09:00	13:30
1,4	1,6
1,5	2,3
2,3	1,3
1,9	1,4
1,5	1,7
1,2	0,7
1,3	0,8
2,2	2
1,1	1,2
2,1	2,1
2	0,9
1,8	1,9
1	2,8
1,9	2,4
1,9	1,2
3,1	2,2
1,9	1,4
1,3	1,3
1,6	2,4
1,4	2,7
1,4	1,6
1,9	1,9
1,7	1,8
2,3	1,3
2,9	2,7
VARIAÇÃO MÉDIA DE TEMPERATURA	
1,784	1,744

Fonte: Autoria própria (2022).

Dessa forma, podemos obter a variação média mensal de 1,784 no período da manhã e 1,744 a tarde em ambos os horários estipulados no método, através da seguinte fórmula:

$$\Delta T_m = \frac{\Delta T_{d1} + \Delta T_{d2} + \dots + \Delta T_{dn}}{n}$$

Sendo:

ΔT_m = Variação média da temperatura mensal;

ΔT_{dn} = Variação da temperatura do dia “n” – sendo n o número de dias.

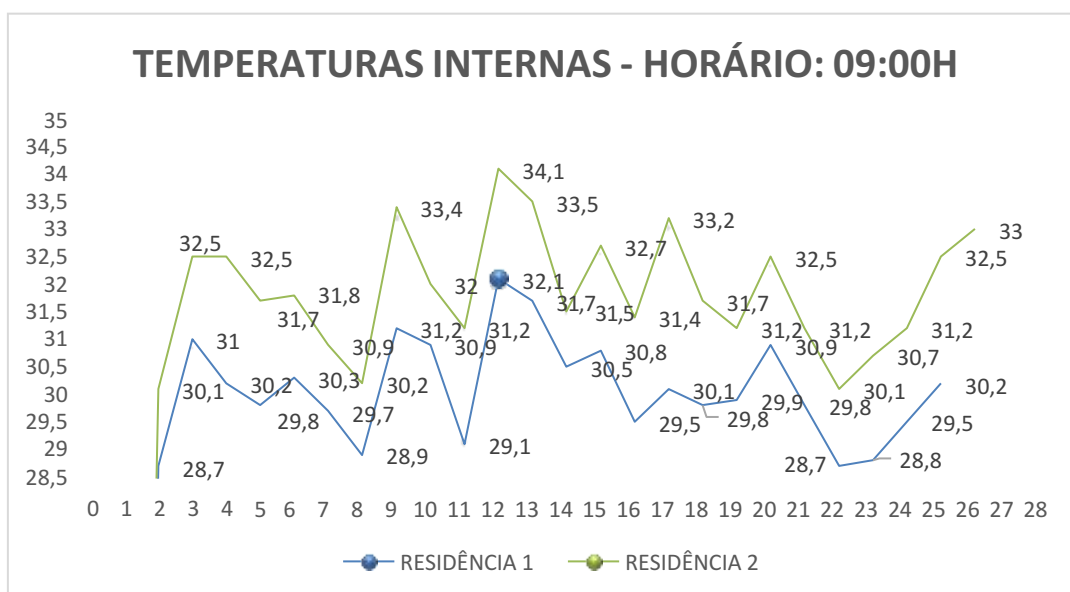
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. Variância de temperatura favorável

O EPS é um material isolante térmico muito eficiente que pode ser aplicado em diversas áreas da residência, como telhados, paredes e pisos. Ele ajuda a manter a temperatura interna mais fresca, diminuindo o uso de ar-condicionado e, conseqüentemente, reduzindo os custos de energia elétrica. Além disso, esse material também é resistente à água e ao fogo, o que garante mais segurança para as residências.

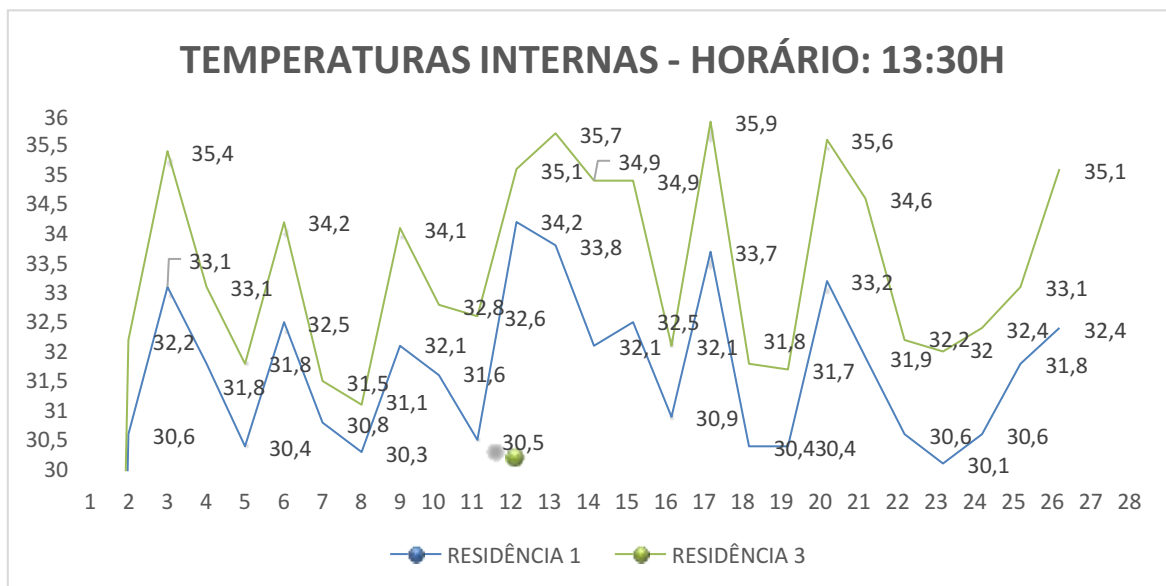
Após analisar todos os dados obtidos e com o auxílio da ferramenta Excel, é possível notar através das variações de temperatura que o método utilizado semostrou eficiente, reduzindo a temperatura do cômodo da residência 1, trazendo mais conforto térmico para seus moradores. Assim, analisando os gráficos 1 e 2, observa-se que as temperaturas pela manhã não ultrapassaram os 35°C e no horário de máxima radiação, às 13:30h, as temperaturas ficaram acima dos 35°C em vários dias. Destaca-se que em todos os dias analisados na residência sem a proteção do revestimento de EPS as temperaturas foram maiores.

Gráfico 01 - Temperatura interna às 09h



Fonte: Autoria própria (2023)

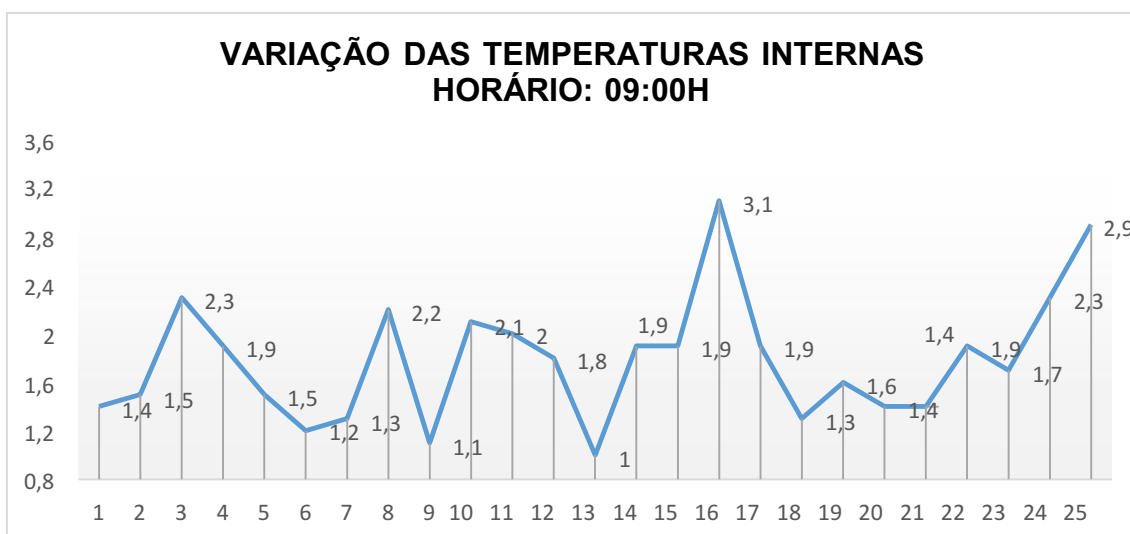
Gráfico 2 - Temperatura interna às 13h30



Fonte: Autoria própria (2023).

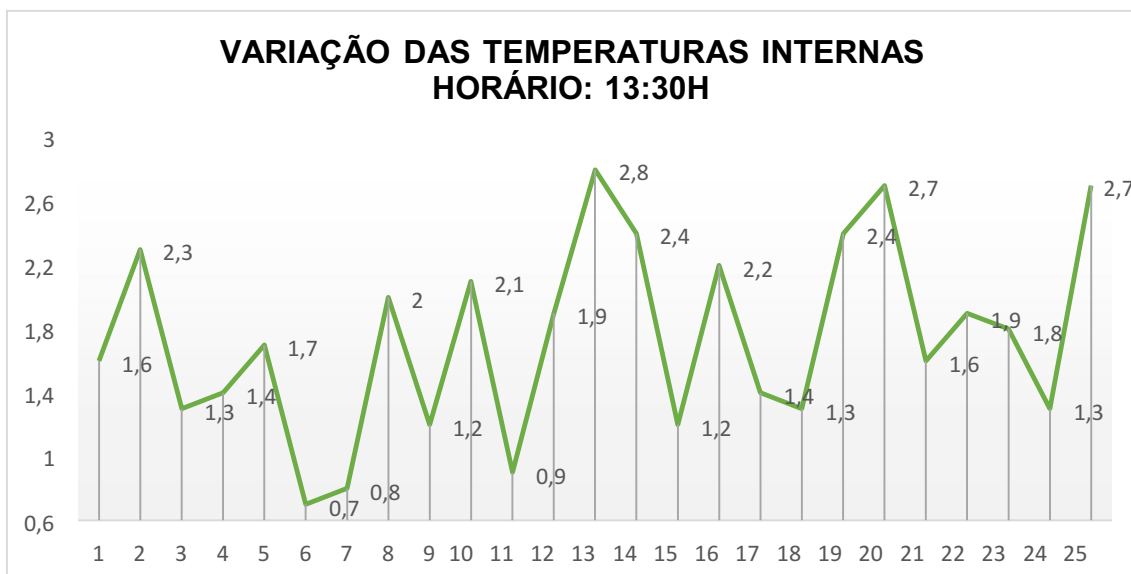
Nos gráficos 3 e 4 pode-se observar que a variação média mensal foi de 1,784°C no período da manhã e uma variação de 1,744°C no período da tarde, comprovando a eficácia do método e contribuição para o conforto térmico.

Gráfico 3 - Variação diária no período das 9:00h



Fonte: Autoria própria (2023).

Gráfico 4 - Variação diária no período das 13:30h



Fonte: Autoria própria (2023).

5.2. Orçamento para aplicação

Visto que o EPS é um material relativamente barato comparado a outros tipos de revestimento que auxiliam no conforto térmico, foi possível compor um orçamento básico com os custos e as quantidades utilizadas nessa pesquisa em questão, como mostra a tabela abaixo:

Tabela 4 - Orçamento utilizado na pesquisa

ORÇAMENTO DAS PLACAS DE EPS UTILIZADO			
ITEM	UNIDADE	VALOR (uni)	CUSTO TOTAL DO ITEM
Placa de EPS 10mm	16R\$	4,00R\$	64,00
Massa Corrida	1kgR\$	10,00R\$	10,00
		TOTAL	74,00

Fonte: Autoria própria (2023).

Através desse pequeno orçamento, nota-se o baixo custo para a aplicação do EPS. Os valores de referência foram tabelados para uma fachada de 7,74m², referente a residência 1, como mostra a figura 11, obtendo-se total funcionalidade.

Tabela 5 – Orçamento genérico das placas de EPS

ORÇAMENTO GENÉRICO DAS PLACAS DE EPS			
ITEM	UNIDADE	VALOR (uni)	CUSTO TOTAL DO ITEM
Placa de EPS 10mm	60	R\$ 4,00	R\$ 240,00
Massa Corrida	3,75kg	R\$ 10,00	R\$ 37,50
		TOTAL	R\$ 277,50

Fonte: Autoria própria (2023)

Assim, conforme a tabela 4, observa-se que é possível fazer um orçamento proporcional para alvenarias em qualquer área. Já na tabela 5, foi estimado uma área total de 30m², onde os valores das placas de EPS e de massa corrida foram alterados se adequando a essa realidade, gastando 60 placas e 3,75kg de massa corrida para utilizar o revestimento.

5.3. Opção de decoração no revestimento EPS aplicado

No presente trabalho foi dada a opção de permanência da aplicação do EPS na residência 1, trazendo um maior detalhamento do revestimento com a aplicação de marcações semelhantes a tijolos, trazendo um toque de modernidade para a residência, como também evitando o descarte desse material para o meio ambiente, tornando esse método ainda mais sustentável.

Esse processo de marcação é feito através de barras de ferro quente, marcando o EPS em formatos retangulares (ou irregulares) que lembram uma alvenaria construída com tijolos maciços (ou formas irregulares, desejadas) e que permanecem aparentes na residência, que atualmente é um detalhamento arquitetônico da modernidade.

Figura 18 – Placas de EPS com marcações retangulares



Fonte: Nogueira (2023)

Figura 19 – Placas de EPS com marcações quadriculadas em 3D



Fonte: André Oliveira (2022)

Figura 20 – Placas de EPS com marcações retangulares em 3D



Fonte: André Oliveira (2022)

Entretanto, a proprietária da residência 1 optou por não permanecer com a aplicação do material, visto que seria realizada uma reforma geral em sua residência, mas que futuramente pensa em revestir alguns cômodos de sua casa com as placas de EPS, mostrando-se satisfeita com o trabalho realizado. Destaca-se que o EPS pode ser pintado com a cor desejada pelo proprietário, ficando com a aparência de uma “pintura texturizada”.

6. CONCLUSÃO

Torna-se evidente que cada vez mais a área da engenharia está buscando reinventar através de alternativas com baixo custo e de alta eficiência, como também, que estejam em consonância com a sustentabilidade, sendo assim, a aplicação das placas de Poliuretano Expandido mostraram-se dentro dessas conformidades, se tornando uma opção viável para colaborar com o conforto térmico.

Dessa forma, a aplicação de Poliuretano Expandido é uma técnica muito relevante para aumentar o conforto térmico em residências no semiárido nordestino. Esse método é capaz de proporcionar uma melhora significativa na qualidade de vida das pessoas que vivem em regiões com altas temperaturas e baixa umidade.

Assim, por meio de materiais específicos de medição de temperatura e em comparação com residências que não tem a aplicação das placas, foi possível notar a grande eficiência do revestimento, ajudando a diminuir a temperatura interna do ambiente auxiliando no conforto térmico das residências e conseqüentemente melhorando a qualidade de vida das pessoas que optarem por essa alternativa.

Nesse sentido, podemos concluir que a aplicação de Poliuretano Expandido é uma excelente opção para melhorar o conforto térmico em residências no semiárido nordestino e proporcionar uma vida mais agradável para as pessoas que residem nessas áreas. Esse revestimento tem um potencial gigantesco para substituir os revestimentos cerâmicos e também para contribuir com a diminuição de parte do gasto de energia, principalmente para a população de baixa renda.

Portanto, reitorna-se a importância e a necessidade de aliar a engenharia a arquitetura, possibilitando assim, requinte de contemporaneidade com o aperfeiçoamento dessas placas, fazendo um detalhamento arquitetônico que lembra tijolos aparentes ou outras formas, dando a liberdade também da escolha de cores da preferência de quem as utilizam.

7. REFERÊNCIAS

AVISA, Agência Nacional de Saúde Pública. **Prevenção de doenças relacionadas ao calor**. Rio de Janeiro: ANVISA, 2018.

ANÁLISE DE SITUAÇÃO DE SAÚDE. **Saúde ambiental no Nordeste: uma análise da situação de saúde e de ambiente**. Rio de Janeiro: Ministério da Saúde, 2013.

BRASIL. **Ministério da Saúde**. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de

COSTA, Ennio C. **Física aplicada à construção civil: conforto térmico**. 4º ed. São Paulo, 2003.

FREITAS, Vasco P.; Gonçalves, Pedro F. **Isolamento térmico de fachadas: Reboco Delgado armado sobre Poliestireno Expandido**. Porto, Portugal: FEUP, 2005. Disponível em: < <http://paginas.fe.up.pt/~vpfreita/ETICS.pdf> >.

FREITAS, V. P. **Isolamento térmico de fachadas pelo exterior**. Relatório – HT 191A/02. Maxit Group. Porto – Portugal. 64 pg, 2002. Disponível em Navroski, M.C.; Lippert, D.B.; Camargo, L.; Pereira, M. O.de; Haselein, C.R. 51 Ciência da Madeira, Pelotas/RS, v. 01, n. 01, maio de 2010 <http://www.maxit.pt/media/12/tecdocs/revestimentos/HT_191A_02.pdf1.pdf>

FERREIRA, A., & Oliveira, M. (2015). **Uso de placas de poliestireno expandido (PSE) para isolamento térmico em edificações: uma análise de desempenho**. Revista Brasileira de Engenharia de Climatização, 15(2), 89-98.

INCROPERA, Frank P., et al. **Fundamentos de transferência de calor e de massa**. Rio de Janeiro, 2011.

LAMBERTS, Roberto. **Conforto e Stress térmico**. 1º ed. Florianópolis, 2008.

LAMBERTS, Roberto. **Eficiência energética na arquitetura**. 2º ed. São Paulo, 2004.

LIMA, F. et al. "**Conforto térmico em edifícios residenciais no Nordeste do Brasil: uma revisão sistemática**." Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, vol. 23, nº 9, 2019, pp. 880-888.

OLIVEIRA, André. **Paredes em 3D super fácil!**. Youtube. Disponível em: < https://www.youtube.com/watch?v=C_zMoQsU98I > Acesso em: 31. Jan. 2023.

SANTOS, A., & Oliveira, L. (2018). **Análise do conforto térmico em edificações de uso residencial na região Nordeste do Brasil utilizando placas de poliestireno expandido (PSE)**. Revista Brasileira de Engenharia de Climatização, 18(1), 45-55.

SANTOS, R. D. **Estudo Térmico e de Materiais de um compósito a base de gesso e EPS para a construção de casas populares**. 2008, 92f. (Dissertação de Mestrado), PPGEM Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal-RN. 2008.

SILVEIRA, J. L., GROTE, Z. C. V. **Análise Termodinâmica de um Processo de Reciclagem de Poliestireno Expandido (ISOPOR):** Um Estudo de Caso. Revista Digital UNESP FEG. Guaratinguetá, SP: Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, v.1, n.1, p.1 – 7 2001.

SYNNEFA, A., SANTAMOURIS, M., & AKBARI, H. (2007a). **Estimating the effect of using cool coatings on energy loads and thermal comfort in residential buildings in various climatic conditions.** Energy and Buildings, 39(11), 1167–1174.

TECHNICAL INFORMATION, 1992. **"Properties – General"**. Ludwigshafen, Alemanha: Catálogo Técnico da Basf, no 22246. 1992.

TREVEJO, Hiago Henrique. **Análise comparativa entre sistemas construtivos convencional e monolítico em painéis EPS para residências unifamiliares.** 2018. 45 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário de Maringá, Maringá, 2018.

ZAWODINE, Joacir Alexandre. **ANÁLISE DA EFICIÊNCIA TÉRMICA DE MATERIAIS ISOLANTES,** 2016. 50 p. Trabalho de Conclusão de Curso – Tecnologia em Manutenção Industrial, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2016.