

LIGA DE ENSINO DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO UNIVERSITÁRIO DO RIO GRANDE DO NORTE
ENGENHARIA CIVIL

YAGO VICTOR SOUSA GONZAGA

**UTILIZAÇÃO DE EPS NA CONSTRUÇÃO CIVIL: ANÁLISE COMPARATIVA DE
LAJES TRELIÇADAS UNIDIRECIONAIS EXECUTADAS EM EPS E BLOCO
CERÂMICO**

NATAL/RN

2019

YAGO VICTOR SOUSA GONZAGA

**UTILIZAÇÃO DE EPS NA CONSTRUÇÃO CIVIL: ANÁLISE COMPARATIVA DE
LAJES TRELIÇADAS UNIDIRECIONAIS EXECUTADAS EM EPS E BLOCO
CERÂMICO**

Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil apresentado ao Centro Universitário do Rio Grande do Norte (UNI-RN) como requisito final para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil. **Orientador:** Prof. Msc. Anderson Albino Ferreira

NATAL/RN

2019

YAGO VICTOR SOUSA GONZAGA

**UTILIZAÇÃO DE EPS NA CONSTRUÇÃO CIVIL: ANÁLISE COMPARATIVA DE
LAJES TRELIÇADAS UNIDIRECIONAIS EXECUTADAS EM EPS E BLOCO
CERÂMICO**

Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil apresentado ao Centro Universitário do Rio Grande do Norte (UNI-RN) como requisito final para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em: ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Msc. Anderson Albino Ferreira
Orientador

Prof^a. Msc. Mariana Freitas
Membro interno

Prof. Msc. Arthur da Silva Rebouças

Membro externo

Dedico este trabalho aos meus pais, irmão e toda a minha família e amigos que, com muito carinho e apoio, não mediram esforços para que fosse possível chegar nesta etapa tão importante em minha vida.

AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente à Deus por permitir que tudo isso acontecesse, ao longo da minha vida, e não somente nestes anos como universitário, mas que em todos os momentos esteve presente em minha vida.

Aos meus pais Lamberto José e Rosilene Xavier, ao meu irmão Ygor Vinicius que me deram todo o incentivo e me fortaleceu perante as dificuldades, que para mim foi muito importante.

Obrigado também aos professores Anderson Ferreira, Leonardo Hoppe e Mariana Freitas, pelas orientações e empenho dedicado à elaboração deste trabalho, e que além disso proporcionaram conhecimentos no processo de formação profissional.

À todos que de forma direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

“Precisamos dar um sentido humano às nossas construções. E, quando o amor ao dinheiro, ao sucesso nos estiver deixando cegos, saibamos fazer pausas para olhar os lírios do campo e as aves do céu”

(Érico Veríssimo)

RESUMO

A busca constante por uma indústria construtiva mais tecnológica resulta em estudos de utilização de materiais que agreguem ao setor uma melhor eficácia técnica e que, de preferência, consigam atrelar a sustentabilidade ambiental. Com esse intuito, a utilização de Poliestireno Expandido (EPS), conhecido como isopor®, vem crescendo cada vez mais nas atividades da construção civil, já que este material apresenta diversas aplicações e qualidades que impulsionam o seu emprego.

Dentre estas aplicações, o uso de EPS como material inerte em lajes treliçadas traz consigo uma série de vantagens como: facilidade de armazenamento e manuseio, redução do peso próprio da laje, desperdício mínimo, conforto térmico e acústico e além de ser um material sustentável, já que em seu processo de fabricação não produz gases poluentes, bem como, é um material totalmente reciclável. Por meio de um estudo de caso, foi possível fazer o comparativo de redução de aço em lajes estruturais, cerca de 14,29% de diferença a partir da utilização do EPS como material de enchimento em lajes treliçadas e de lajotas cerâmicas. A partir desta análise foi possível verificar, aço como armadura adicional, bem como, uma grande redução de cargas, de aproximadamente 97,89% ao longo de toda a estrutura, que por sua vez gera um alívio significativo na redução das cargas transferidas para os outros elementos da superestrutura de edificação. Através das economias referentes ao comparativo, obteve-se também uma redução financeira de aproximadamente R\$70.000,00 analisando apenas as reduções da quantidade dos blocos, bem como, a redução de aço adicional na confecção das vigotas da laje. Resultando em um material com excelentes características que contribui para a execução da obra.

Palavras-chave: EPS. Lajes treliçadas. Lajes com EPS. Lajota cerâmica.

ABSTRACT

The search and constant evolution for a more technologically constructive industry result in studies of the use of materials that add to the industry a better efficacy and that it is better able to harness environmental sustainability. With this purpose the use of expanded polystyrene (EPS), known as isopor® has been growing more and more in the construction industry, since this material presents several uses and qualities that drive its use; specifically in the use of this material as inert in lattice slabs, it brings with it a series of advantages how as ease of storage and handling, reduction of slab weight, zero waste, thermal and acoustic comfort and besides being a sustainable material. By means of a case study, it was possible to make the comparison of steel reduction in structural slabs, about 14.29% difference from the use of EPS as a filler in lattice slabs and ceramic tiles. From this analysis it was possible to verify, steel as additional reinforcement, as well as, a great reduction of loads, of approximately 97.89% throughout the entire structure, which in turn generates a significant relief in the reduction of the loads transferred to the other elements of the building superstructure. Through the comparative savings, a financial reduction of approximately R \$ 70,000.00 was obtained, analyzing only the reduction of the number of blocks, as well as the reduction of additional steel in the construction of the slab joists. Resulting in a material with excellent characteristics that contributes to the execution of the work.

Keywords: EPS. Lattice slabs. Slabs with EPS. Ceramic lajota.

SUMÁRIO

1.0 INTRODUÇÃO	11
2.0 OBJETIVOS	12
2.1 Geral	12
2.2 Específico.....	12
3.0 JUSTIFICATIVA.....	12
4.0 METODOLOGIA	13
5.0 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
5.1 POLIESTIRENO EXPANDIDO.....	13
5.2 VANTAGENS	17
5.3 O EPS e o meio ambiente.....	17
5.4 REUTILIZAÇÃO DO EPS	18
6.0 POLIESTIRENO EXPANDIDO NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	20
6.1 FÔRMAS PARA CONCRETO E NIVELAMENTO DE LAJES	21
6.2 UTILIZAÇÃO DE EPS NO ISOLAMENTO TÉRMICO DE TELHADOS	22
6.3 APLICAÇÃO DE EPS NO CONCRETO LEVE	23
6.4 EPS EM LAJES NERVURADAS.....	25
7.0 ESTUDO DE CASO	28
7.1 APRESENTAÇÃO DO CASO	28
7.2 ETAPAS DO PROCESSO CONSTRUTIVO	29
7.2.1 TRELIÇAS PRÉ-MOLDADAS	29
7.2.2 ELEMENTO DE ENCHIMENTO	31
7.2.3 COMPARATIVO DE BLOCO CERÂMICO COM BLOCO DE EPS EM LAJE TRELIÇADA UNIDIRECIONAL.....	35
8.0 CONCLUSÃO	50

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Representação de utilização do EPS em laje treliçada.....	11
Figura 2- Características exigíveis do EPS segundo a NBR 11752:2016	14
Figura 3- Características exigíveis do EPS segundo a NBR 11752:2016	15
Figura 4- Embalagens de EPS	16
Figura 5- Embalagens de EPS em lajes treliçadas.....	16
Figura 6- EPS e o meio ambiente.....	18
Figura 7- Reciclagem de EPS	19
Figura 8- Representação do EPS com função de receber o acabamento.....	22
Figura 9- Telhas térmicas em EPS.....	23
Figura 10- Concreto leve com EPS.	23
Figura 11- Fabricação do concreto leve	24
Figura 12- EPS como material inerte.....	26
Figura 13- Laje unidirecional com utilização de EPS.....	27
Figura 14 - EPS em laje bidirecional	28
Figura 15- Edificação do estudo	29
Figura 16- Vibração do concreto na confecção das treliças	30
Figura 17- Treliças finalizadas e propícia para o uso	30
Figura 18- Dimensões da lajota de EPS.....	31
Figura 19- Transporte e descarga do EPS na obra.....	31
Figura 20- Armazenamento das lajotas de EPS.....	32
Figura 21- Transporte no elevador das lajotas de EPS.	32
Figura 22- aplicação das lajotas de EPS na laje.	33
Figura 23- aplicação das lajotas de EPS na laje.	33
Figura 24- Escoramento da laje treliçada com utilização de EPS.	34
Figura 25- Laje pronta para concretagem	35
Figura 26- Concretagem das lajes treliçadas.	35
Figura 27- Esquema da seção estrutural da laje	36
Figura 28- Representação do bloco cerâmico	37
Figura 29- valores de cargas acidentais.....	42
Figura 30- Valores de Kc e Ks para aço CA-50.....	43
Figura 31- Tabela de aço conforme o diâmetro.....	45

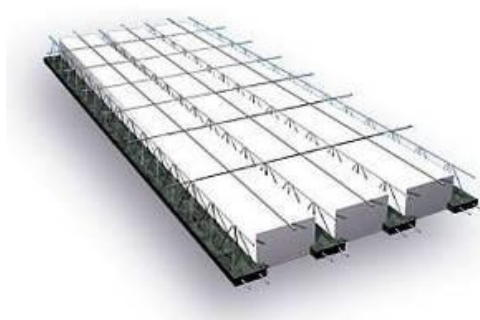
1.0 INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil é essencial para atender as necessidades sociais, construindo habitações e executando serviços urbanos de grande importância. Desta maneira, este setor apresenta uma conexão estimulante na geração de riquezas, melhorando a qualidade de vida, bem como na dinâmica dos recursos econômicos.

Por conter um vasto ciclo produtivo, desde a extração do material até a manutenção e demolição das execuções, diversas pesquisas têm sido desenvolvidas com o intuito de criar ou aprimorar tecnologias construtivas que agregam um conjunto de vantagens em uma construção. É o caso do Poliestireno Expandido (EPS), popularmente conhecido como Isopor®, marca registrada da empresa Knauf, que entrou no mercado da construção com o intuito de agregar aos sistemas construtivos um desempenho mais satisfatório em relação ao conforto térmico e acústico; leveza estrutural.

Diante da importância de sanar problemáticas relacionadas ao desconforto térmico e acústico das edificações, altos custos financeiros e utilização de materiais que não são sustentáveis, o presente trabalho visa analisar o composto de espuma rígida de poliestireno expandida-EPS aplicado na construção civil, verificando principalmente a leveza estrutural quando utilizado em lajes treliçadas; e a relação financeira do produto final. Uma das principais aplicações do EPS se dá na substituição dos blocos cerâmicos como material inerte em lajes com treliças, logo, isso atrela à edificação um produto com melhor custo-benefício quando comparado ao bloco.

Figura 1-Representação de utilização do EPS em laje treliçada



Fonte: Disponível em: <www.fazfacil.com.br/reforma-construcao/lajotas-de-isopor-eps/>, 2018.

2.0 OBJETIVOS

2.1 Geral

- Avaliar as vantagens da utilização de blocos em EPS em comparação aos blocos cerâmicos em lajes treliçadas unidirecionais.

2.2 Específico

- Levantamento de combinações de cargas atuantes em laje treliçada unidirecional;
- Cálculo do intereixo baseado na utilização de EPS e bloco cerâmico como material inerte;
- Obtenção da área de aço adicional necessária para confecção das vigotas de concreto;
- Comparativo das reduções da quantidade de aço, peso e financeira associadas a utilização dos diferentes tipos de bloco: EPS e cerâmico.

3.0 JUSTIFICATIVA

No Brasil, à procura por novas tecnologias vem tendo alta demanda para resultar em vantagens no que se trata, principalmente, ao aumento de produtividade e diminuição de mão de obra. Além disso, são visadas nessas tecnologias à procura por produtos que gerem menos impactos ao meio ambiente e que possam trazer um maior conforto para o usuário.

No processo construtivo são verificados diversos aspectos para analisar a qualidade, como o desempenho do material às mudanças de temperatura; o comportamento frente as variações acústicas; comportamento ao incêndio, economia financeira, entre outros. Com o intuito de atender as características dos processos construtivos, o EPS está no mercado da construção civil cumprindo as exigências normativas de conforto térmico, desempenho estrutural e de impermeabilidade.

Segundo a ABRAPEX (2009), o EPS é um plástico celular rígido, que é obtido da polimerização do estireno em água, o produto final são pérolas de até 3

milímetros de diâmetro que são submetidas a expansão. No procedimento de transformação, essas pérolas podem ser aumentadas em até 50 vezes o seu tamanho inicial, através do vapor, fundindo-se e moldando-se nas mais variadas formas possíveis.

O processo de produção do EPS não resulta em gases que degradam o meio ambiente; como os resultados finais dos produtos são inertes, não contaminam a água, o solo e nem o ar. São inteiramente reaproveitáveis e recicláveis podendo até voltar a condição de matéria prima sem perder as propriedades mecânicas.

A fim de verificar a utilização de um produto que suas vantagens resultantes sejam: Redução da utilização de aço na confecção das vigotas que compõem as lajes, quantidade de blocos utilizados, redução do peso estrutural na confecção das lajes, e por consequência uma redução financeira quando comparado a utilização do EPS perante o bloco cerâmico.

4.0 METODOLOGIA

Será feito uma revisão bibliográfica acerca da fabricação e utilização do EPS em lajes e comentados outros métodos que utilizam do Isopor® como material, agregado ou não, para atingir melhorias no desempenho do método construtivo.

Após a realização da revisão bibliográfica, o foco será na utilização de isopor® na construção civil em forma de blocos, focando principalmente a aplicação e comparação quando usado em lajes perante ao bloco cerâmico, como resultado se espera obter leveza estrutural e redução financeira. Para isso, um estudo de caso será realizado a fim de verificar a aplicação do EPS em lajes treliçadas, e por fim os resultados comparativos, quando analisado para a mesma utilização o bloco cerâmico como material de enchimento.

5.0 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

5.1 POLIESTIRENO EXPANDIDO

Desde a antiguidade os materiais poliméricos vêm sendo usados, entretanto, eram utilizados apenas aqueles de origem natural. Nos dias atuais, estes materiais são fabricados a partir de uma síntese artificial de polímeros, que por sua vez,

necessita de uma tecnologia mais avançada por envolver reações de química orgânica.

Desde o século XX os processos de polimerização artificial surgiram e passaram por sofisticações que possibilitaram a fabricação com mais facilidade de plásticos, borrachas e resinas. Os polímeros podem ser divididos em diferentes tipos, tais como: Polietileno; Polipropileno; PVC; Poliestireno; acrílico; borracha fria; amido; celulose; entre outros. A principal matéria prima para a produção dos polímeros é o gás natural e o petróleo, que devido ao seu custo ser mais acessível quando comparado a outros tipos de materiais que dependem da extração de madeira e carvão, por exemplo.

O poliestireno é um plástico celular rígido proveniente do petróleo em que no seu processo de obtenção não é utilizado gás CFC, o que não compromete o meio ambiente. De acordo com a norma DIN ISSO – 1043/78 o Poliestireno expandido, sigla internacional EPS, é fabricado através de uma transformação do material inicial sem interferir nas propriedades químicas do material, a classe P não retardante a chama e a classe F retardante a chama são divididos em três grupos de massas específicas: I - de 13 a 16 kg/m³, II - de 16 a 20 kg/m³, III - de 20 a 25 kg/m³ (ABRAPEX, 2009).

Essas são as características exigíveis para o EPS de acordo com a norma NBR 11752:2016(Materiais celulares de poliestireno para isolamento térmico na construção civil e refrigeração industrial – Especificação):

Figura 2- Características exigíveis do EPS segundo a NBR 11752:2016

Propriedades	Mét. de Ensaio	Unidade	Classe P			Classe F		
<i>Tipo de Material</i>			I	II	III	I	II	III
Massa específica aparente	NBR 11949	Kgm ³	13-16	16-20	20-25	13-16	16-20	20-25
Resistência à compressão com 10% de deformação	NBR 8082	K Pa	≥60	≥70	≥100	≥60	≥70	≥100
Resistência à flexão	ASTM C-203	K Pa	≥150	≥190	≥240	≥150	≥190	≥240
Absorção de água Imersão em água	NBR 7973	g/cm ³ x100	≤1	≤1	≤1	≤1	≤1	≤1
Permeabilidade ao vapor d'água	NBR 8081	ng/Pa.s.m	≤7	≤5	≤5	≤7	≤5	≤5
Coefficiente de condutiv. térmica a 23°C	NBR 12904	X/(m.k)	0,042	0,039	0,037	0,042	0,039	0,037
Flamabilidade	NBR 1948		Material não retardante à chama			Material retardante à chama		

Fonte: <http://www.abrapex.com.br/02Caracter.html>

Por meio do processo de polimerização do estireno (monômero utilizado na fabricação do poliestireno) em água, juntamente com a adição de um elemento expansivo, usualmente o pentano, ele sofre mudanças que o transformam em poliestireno expandido. Após a expansão, ele se torna uma espuma termoplástica, que é classificada como material rígido e tenaz, conforme mostrado na Figura 3. É essencialmente de cor branca, inodoro, reciclável, não poluente e certamente é um material de excelente qualidade nas temperaturas de -70°C a 80°C (HIGGINS,1982).

Inicialmente o poliestireno é aquecido através de vapores d'água em um pré-expansor, fazendo com que as pérolas que inicialmente se encontravam com aproximadamente 3 milímetros passem a ter um tamanho de até 50 vezes o anterior, resultando em partículas de poliestireno expandido.

Em seguida, o material passará por uma estabilização em que é resfriado o EPS, formando espaços que serão preenchidos por ar circulante. Após ser estabilizado o material granulado é introduzido em moldes para obtenção do formato final; podendo assim, o EPS apresentar em sua composição final cerca de 98% de ar e 2% de poliestireno.

Figura 3- Exemplificação do EPS.



Fonte: Marko Poplasen / Shutterstock.com

O material final pode apresentar diversas utilidades, como aplicação em embalagens industriais (Figura 4), artigos de consumo, agricultura e etc.. Na construção civil ele pode ser empregado como um material isolante, como um material de leveza elevada e ao mesmo tempo resistente. (ABRAPEX, 2006 , p. 07 - 08)

A NBR 15575-5 -2013 (Edificações habitacionais-Desempenho, parte 5) apresenta requisitos de isolamento térmico da cobertura, em que ela deve apresentar transmitância térmica e absorvância à radiação solar que proporcionem um desempenho térmico apropriado para cada zona bioclimática.

A mesma norma trata também sobre o isolamento acústico de uma edificação, e nela são apresentados requisitos e critérios para a verificação do isolamento acústico entre o meio externo e o interno de coberturas, especificamente no item 12.2.1.1 desta norma, leva em consideração os métodos para avaliação dos ruídos de impacto em pisos, determinando em campo, de forma rigorosa, o nível de pressão sonora de impacto padronizado do piso entre a laje de uso coletivo e unidade autônoma, caracterizando de forma direta o comportamento acústico do sistema. O método é descrito na norma ISO 140-7.

Figura 4-Embalagens de EPS



Fonte: <http://www.termotecnica.ind.br/conservacao/embalagens-de-eps/>

Figura 5-Blocos de EPS em lajes treliçadas



Fonte: <https://www.lajesesteves.com.br/pt/produtos/painel-treli%C3%A7ado-com-isopor>

5.2 VANTAGENS

Tomando como base outros materiais, o Poliestireno expandido tem uma série de vantagens:

- Baixo peso
- Baixa condutividade térmica
- Baixa absorção de água
- Resistência mecânica
- Versatilidade
- Facilidade de manuseio
- Absorção aos choques
- Resistência ao envelhecimento
- Resistência a compressão

A obtenção final deste material não contamina o solo, o ar, a água, não apresentam cheiro, pode ser reutilizado, reciclado e até com condições de voltar a matéria prima.

5.3 O EPS e o meio ambiente

A sustentabilidade na construção civil tem como objetivo amenizar os impactos das edificações no ambiente construído e seu entorno. A concepção espacial de uma edificação implica em impactos ambientais desde o processo do projeto, construção e gestão da obra, até os resultados futuros e seus respectivos impactos gerados no ambiente. (MORAES E BRASIL, 2015)

Segundo dados da ABRAPEX (2006), 35% dos resíduos gerados no Brasil poderiam ser reutilizados e reciclados, porém, vão direto para os aterros. Quando se trata da relação do poliestireno expandido com o meio ambiente este apresenta as seguintes características:

- A moldagem do EPS apresenta uma baixa utilização de energia e não produz resíduos;
- Bactérias e fungos não atacam o EPS;

- O EPS tem por sua totalidade a capacidade de ser introduzido em um novo ciclo de transformação, o que caracteriza o produto como sendo 100% reciclável;
- O EPS pode ser reaproveitado em outras funções;
- O EPS não contribui para a destruição da camada de ozônio;
- O poliestireno expandido não contamina os alimentos e atende todas as solicitações das legislações internacionais de saúde;
- A utilização do EPS como um isolante térmico simboliza uma grande economia de energia no aquecimento e resfriamento de ambientes;
- De todo o lixo produzido o EPS representa apenas 0,1%.

As características do poliestireno expandido se mantêm as mesmas ao longo da sua vida. Devido ao fato do material não proporcionar a ploriferação fungos e bolor, quando empregado na construção civil apresenta uma duração ao longo do tempo na mesma proporção ao da obra ao qual faz parte; caracterizando, mais uma vez uma resistência elevada ao envelhecimento.

“Atualmente, a reciclagem do EPS no Brasil gira em torno de 30% de todo o material coletado no pós-consumo”, (MICHALTCHUK, 2018). Analisando somente o ano de 2016 foram reaproveitadas mais de 35 mil toneladas de EPS. O descarte deste material em lixo comum é considerado irregular por se tratar de uma substância não biodegradável, desta maneira, não entra em decomposição de forma natural.

Figura 6-EPS e o meio ambiente



Fonte: <http://macroterm.com.br/voce-sabia-o-eps-e-um-material-100-ecologico/>

5.4 REUTILIZAÇÃO DO EPS

A reutilização do EPS gera uma economia de energia no processo produtivo, além de outros benefícios que ultrapassam a questão ambiental, como, por exemplo, a geração de empregos por parte de cooperativas e catadores de materiais.(Figura 7)

Figura 7-Reciclagem de EPS



Fonte: www.termotecnica.com.br

O processo de reciclagem do EPS utilizado na construção civil deve se iniciar ainda dentro do canteiro de obra, com a separação dos outros materiais. Após isso o material a ser reciclado é levado para a cooperativa onde passará por uma nova triagem para separá-lo de outros possíveis materiais distintos;. Depois destes procedimentos, o material é prensado e encaminhado para uma usina de reciclagem. “Os fardos de EPS passam por uma degasadora, que retira todo o ar presente no material, o que reduz em 90% seu volume total. Depois, é triturado e processado. Por último, passa na extrusora, que forma paletes de EPS”, detalha (MICHALTCHUK, 2018). Procedimento este caracterizado como reciclagem mecânica.

Como resultado o poliestireno reciclado pode ser utilizado na construção civil, na indústria de mobiliário, itens domésticos, embalagens industrializadas, etc. “Na construção civil, o EPS reciclado é misturado à areia e ao cimento para preparação de concreto leve, muito utilizado no preenchimento de lajes. O aproveitamento também ocorre na fabricação de telhas termoacústicas (sanduíche), rodapés, decks para piscinas, elementos de decoração, material isolante térmico e acústico, entre outros”, exemplifica (MICHALTCHUK, 2018)

Apesar das várias possibilidades da reutilização do EPS, o Brasil ainda é um país onde não existem políticas públicas que incentivem a população a fazer a coleta e destinação correta de materiais reutilizáveis, desta maneira o EPS acaba sendo encaminhado para lixões e, por sua vez, acabam ocupando um espaço

elevado e gerando transtornos. Ainda com relação as possíveis desvantagens no que se trata da reutilização do EPS seria o volume elevado que uma peça de poliestireno expandido apresenta, cerca de 98% da peça é composta de ar, e apenas 2% de poliestireno assim, os caminhões responsáveis pelo transporte apresenta condições de carregar pouca quantidade de EPS.

Segundo (Albano Schmidt ,2012), diretor de Termotécnica e presidente Abrapex “É de fundamental importância conscientizar a população de que o isopor não é um produto poluente se descartado corretamente e que existem soluções fáceis para seu reaproveitamento”.

6.0 POLIESTIRENO EXPANDIDO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A espuma rígida de poliestireno é comprovadamente um material isolante. Sem ele, os países mais desenvolvidos não conseguiriam projetar empreendimentos tão bons em termos de economia de energia. Nos últimos 35 anos no Brasil, o 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. (ABRAPEX 2006)

É fato que o EPS realmente é um dos melhores isolantes térmico, e como material também é o melhor para preenchimento de rebaixos e vazios necessários em vários processos construtivos, tais como laje e painéis pré-fabricados ou semi-industrializados por ser resistente, de fácil corte, leveza e durável. (MANUAL DE UTILIZAÇÃO DE EPS NA CONSTRUÇÃO CIVIL,2006)

Usado em lajes nervuradas como fôrma em uma só direção ou em grelha, permite o acabamento num único plano inferior, com grande economia de cimbramento, mão-de-obra e tempo. Como fôrma simples, é usado sempre que as condições da obra dificultam a retirada da fôrma convencional após a cura. É usado como revestimento da madeira da fôrma e pela sua qualidade semi-elástica permite a retirada da fôrma facilmente e sem perdas significativas. Também no caso de detalhes complexos em relevos ou recortes no concreto, o EPS pode ser recortado e aplicado dentro das fôrmas de madeira, de tal modo que, ao retirá-las, se obtêm os relevos ou recortes desejados no concreto acabado. (ABRAPEX, 2006, p. 08)

Tabela 1 – Normas referentes aos possíveis ensaios para o EPS.

NORMA	REFERÊNCIA
NBR 11752	Materiais celulares de poliestireno para isolamento térmico na construção civil e câmaras frigoríficas
NBR 7973	Determinação de absorção d'água – Método de ensaio
NBR 8081	Permeabilidade ao vapor d'água – Método de ensaio
NBR 8082	Resistência à compressão – Método de ensaio
NBR 10411	Inspeção e amostragem de isolantes térmicos – Procedimento
NBR 11948	Ensaio de flamabilidade – Método de ensaio
NBR 11949	Determinação da massa específica aparente – Método de ensaio

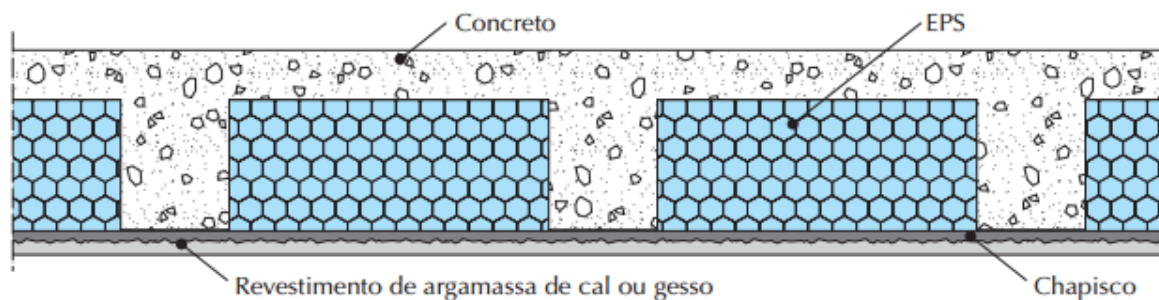
Referências normativas. fonte: (adaptado Abrapex)

6.1 FÔRMAS PARA CONCRETO E NIVELAMENTO DE LAJES

A resistência do poliestireno expandido e sua propriedade de leveza são características positivas para o nivelamento de lajes (Figura 8). Por ser um excelente isolante térmico e oferecer baixa absorção de água, o EPS permite que a cura do concreto seja bem melhor e mais rápida. O poliestireno expandido não serve de alimento a nenhum ser vivo, inclusive microrganismos, portanto não atrai cupins nem apodrece, garantindo uma durabilidade maior do material e por consequência da estrutura.

Baseado no projeto, os blocos de EPS podem ser solicitados com dimensões padronizadas e caso seja realizada uma compra de outro tamanho, existe uma grande facilidade de manuseio para cortes até chegar ao tamanho ideal, trazendo mais uma característica positiva, quando comparado a outros materiais que apresentam baixa adequação dimensional.

Figura 8-Representação do EPS com função de receber o acabamento



Fonte: Abrapex, 2006

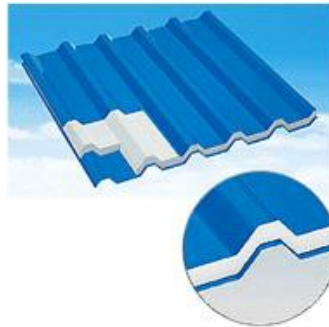
Outra situação em que é desejável a aplicação do EPS, é na construção de molduras de concreto, onde é bastante utilizada a madeira como fôrma, porém este material requer trabalho artesanal, gasta-se mais tempo e existem restrições quanto ao desenho a ser projetado na fôrma. Com o uso do EPS é possível que o corte seja realizado por programação de computadores, onde será realizado qualquer tipo e tamanho de arquitetura não necessitando de ferramentas e nem de mão-de-obra especializada em sua montagem, podendo ser instalado em formas planas niveladas de madeiras ou de aço, racionalizando e gerando economia na obra. (BERLOFA,2009)

6.2 UTILIZAÇÃO DE EPS NO ISOLAMENTO TÉRMICO DE TELHADOS

De acordo com publicações realizadas pela ABRAPEX 2006, é pela cobertura que ocorre parte das trocas de calor em edificação com um ou dois pavimentos, sendo responsável por cerca de 70% de troca de calor pelos telhados de edificações térreas.

O EPS utilizado com a finalidade de isolamento para telhados pode ser encontrado com espessuras adequadas para um isolamento eficaz, cortado em placas, estampados, etc. No Brasil o dimensionamento das placas é tendo como base a irradiação e o aquecimento proveniente do sol. (BERLOFA,2009)

Figura 9-Telhas térmicas em EPS



Fonte: www.construlev.com.br/html/produtos.htm

6.3 APLICAÇÃO DE EPS NO CONCRETO LEVE

O concreto leve é caracterizado quando ocorre a substituição parcial ou total do agregado graúdo por flocos de EPS reciclado na composição do concreto. Como o EPS é formado por mais de 90% de ar, consegue dar a propriedade de baixa densidade aparente ao concreto.(Figura 10)

Este tipo de concreto é utilizado em estruturas que não exijam grandes esforços; devido as características do poliestireno expandido, o seu uso no concreto leve resulta em economia e facilidade de manuseio.

Figura 10-Concreto leve com EPS.



Fonte: <http://www.construcaocomeps.com.br/tire-suas-duvidas-sobre-concreto-leve-com-eps/>

As principais aplicações do concreto leve são:

- Painéis para fechamento de prédios, casas pré-fabricadas e galpões;

- Regularização de lajes em geral, com inclinação para escoamento;
- Áreas de lazer e quadras de esporte.
- Pavimentos, como calçadas, regularização de áreas diversas e painéis para montagem de sofás, balcões e camas;

Além de ser leve e ter um coeficiente de dilatação menor, ele também tem um custo menor que as argamassas e concretos usados tradicionalmente, pois são originários da reciclagem. Quando exposto a temperaturas de 0 a 20 °C a dilatação linear do concreto leve de EPS é semelhante ao do concreto comum, já entre 20 a 40°C essa variável é de melhor desempenho para o de concreto leve comparado ao concreto comum devido este apresentar-se com menor dilatação; e entre 40 a 80°C o concreto leve pode ser menor ainda, atingindo a $1,3 \times 10^{-6}$ mm/m. De fato, o concreto leve apresenta -se com coeficiente de dilatação menor que os concretos convencionais. (BEROLFA,2009)

No processo de fabricação (Figura 11) é recomendado a utilização de betoneira para realização da mistura do concreto. Por existir uma leveza por parte do EPS e a baixa capacidade de absorção de água, a tendência dos flocos ficarem boiando na superfície da água é grande, por este motivo é necessário fazer a aplicação de um aditivo para aumentar o peso específico do EPS, para que os flocos fiquem densos e garantir que exista a mistura adequada dos materiais.

Figura 11-Fabricação do concreto leve



Fonte: Tecnocell.

6.4 EPS EM LAJES NERVURADAS

De acordo com (BASTOS,2015) as lajes são classificadas como elementos planos bidimensionais, em que a largura e o comprimento, apresentam a mesma ordem de grandeza e muito maiores que a terceira dimensão, a espessura.

Apresentam a função de suportar a maior parte das ações aplicadas numa construção, normalmente de pessoas, pisos, móveis, e as mais variadas cargas que possam existir de acordo com as finalidades arquitetônicas. Estas ações por sua vez são perpendiculares ao plano e podem ser divididas distribuídas linearmente ou como forças concentradas. Posteriormente as ações são normalmente transmitidas para as vigas de apoio nas bordas da laje.

A NBR 6118 trata a laje nervurada como sendo as “lajes moldadas no local ou com nervuras pré-moldadas, cuja zona de tração para momentos positivos esteja localizada nas nervuras entre as quais pode ser colocado material inerte.” Estes materiais apresentam resistências que não são consideradas, já que, não contribuem para o aumento da resistência da laje nervurada. São as próprias nervuras que unificadas pela capa de concreto que garantem a resistência e rigidez necessária para a laje.

(Carvalho,2016.) Descreve alguns aspectos construtivos que devem ser levados em consideração na execução de lajes treliçadas. Primeiramente é necessário realizar o nivelamento e acerto de piso e execução do escoramento, geralmente utilizando pontaletes, que devem ser colocadas em espelho. Na segunda etapa deve-se atentar para instalação das vigotas, posicionando o material de enchimento nas extremidades como gabarito de espaçamento entre as vigotas, que por sua vez podem ser apoiadas sobre a estrutura de concreto armado ou diretamente na alvenaria. Na Terceira etapa ocorre a instalação dos elementos de enchimentos (EPS, bloco cerâmico ou outros), tubulações elétricas, caixas de passagens e etc.

Dando continuidade ao processo construtivo, é realizado a colocação das armaduras de distribuição e negativas (quando necessário) conforme indicação dos projetos, na quinta etapa ocorre a limpeza da interface entre as nervuras e o concreto a ser lançado, evitando a presença de substâncias que possam prejudicar as transferências de esforços entre a superfície de contato. Na sexta etapa é realizada a concretagem da capa de concreto, que devem ser bem adensado e

penetrado nas juntas entre as vigotas e elementos de enchimento, e após a concretagem ser realizado a cura, molhando bem a superfície da laje. O último passo consiste na retirada do escoramento, após 15 dias da concretagem.

De acordo com o comportamento mecânico da laje treliçada, as vigotas em unificação com a capa de concreto, fornecem a resistência necessária para resistir os momentos fletores e as forças cortantes, bem como, serve de apoio para a sustentação do material de enchimento. As vigotas podem ter barras de aço longitudinal adicional, que geram uma maior resistência a flexão, possibilitando a vencer grandes vãos.

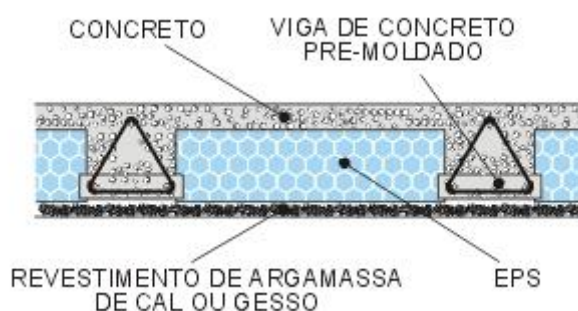
Os blocos de enchimento apresentam a função de dar forma as nervuras e a capa de concreto, além de gerarem superfícies inferiores lisas. Estes materiais de enchimento devem ser de preferência de custo pequeno e de peso leve, podendo destacar os mais comuns os de materiais cerâmicos e o de EPS, e poderão ser confeccionados conforme o fabricante.

Ainda segundo (BASTOS,2015), a armadura complementar apresenta a função de aumentar a resistência das lajes aos momentos fletores positivos e negativos. A armadura positiva é composta por barras de aço que são instaladas ao longo do comprimento das nervuras, que agregam as duas barras do banzo inferior da treliça.

O EPS pode ser utilizado como forma de lajes e também como enchimento nas lajes industrializadas unidirecional e bidirecional, onde a laje unidirecional é sustentada por vigotas de concreto posicionadas em um único sentido e a laje bidirecional é sustentada por vigotas de concreto que se cruzam perpendicularmente. (Dos Santos *et al*, 2013)

Na figura 12 é possível visualizar o detalhamento da utilização de EPS no enchimento de lajes.

Figura 12-EPS como material inerte



Fonte: Abrapex,2006

Na execução da laje treliçada unidirecional geralmente utiliza-se para o preenchimento dos vãos das nervuras elementos como blocos cerâmicos. Sendo que estes materiais influenciam no peso próprio da laje e geram perdas, por quebras destes e vazamento de concreto. Porém quando se faz do uso do EPS para substituir estes elementos de preenchimentos, há redução com relação à mão de obra e entulho. (BERLOFA,2009)

A laje nervurada bidirecional apresenta uma proposta que também pode ser utilizada como preenchimento os blocos de Poliestireno expandido; confeccionando lajes delgadas com grandes vãos, com uma estrutura segura e econômica. O EPS é fornecido como peça pronto de até um metro de comprimento ou a seção necessária para laje desejada, tem fácil corte e são aproveitados os pedaços que sobram na própria laje. (ABRAPEX,2006)

Figura 13-Laje unidirecional com utilização de EPS.



Fonte: Autor Próprio

Figura 14 -EPS em laje bidirecional



Fonte: <http://www.isoares.com.br/eps/>

7.0 ESTUDO DE CASO

7.1 APRESENTAÇÃO DO CASO

A presente edificação está localizada na cidade de Natal-RN nas imediações da Avenida Almirante Alexandrino de Alencar. Trata-se de um condomínio residencial com 32 pavimentos, contendo 10 apartamentos/andar, executado por uma empresa potiguar, na Figura 15 é possível verificar a fachada do empreendimento no processo de construção. Em seu processo executivo estrutural deste foi adotada a laje unidirecional com utilização de vigotas (treliçadas) pré-moldadas e como material inerte (de preenchimento) placas de EPS. O estudo consiste em uma avaliação comparativa de utilização do material inerte já utilizado com uma suposta utilização de bloco cerâmico, avaliando as diferenças estruturais como peso próprio, de logística, aplicação e por consequência a relação financeira.

Figura 15-Edificação do estudo



Fonte: Autor Próprio, 2017

7.2 ETAPAS DO PROCESSO CONSTRUTIVO

7.2.1 TRELIÇAS PRÉ-MOLDADAS

A produção das vigotas utilizadas na confecção da laje é feita no próprio canteiro de obra, conforme mostrado na figura 16, sendo constituídas por concreto estrutural, sob as devidas condições de controle de qualidade, as armaduras longitudinais adicionais, conforme o projeto estrutural e a armação da própria treliça. Este elemento pré-moldado tem a responsabilidade de suportar, além do peso próprio a ação do material inerte, neste caso as placas de EPS, a capa de concreto e as cargas acidentais.

As vigotas são moldadas em fôrmas de chapa metálicas de 3 mm de espessura, dobradas em forma de calha, com 12 cm de base e 3 cm de altura, e comprimento de 4,5m, conforme projeto estrutural. Após o posicionamento das chapas e aplicação do concreto, é instalada a treliça junto com as armaduras longitudinais adicionais.

Figura 16-*Vibração do concreto na confecção das treliças*



Fonte: Autor Próprio, 2019

Figura 17-*Treliças finalizadas e propícia para o uso*



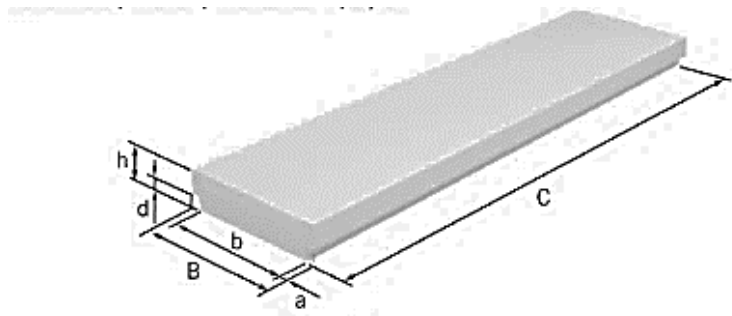
Fonte: Autor Próprio, 2019

Após a confecção das treliças (Figura 17), serão feitos os transportes delas até o local de instalação (laje) através de um elevador de carga. No procedimento de instalação elas são devidamente alinhadas, niveladas, escoradas e espaçadas para que o material inerte, neste caso o EPS, possa ser instalado. “As vigotas deverão penetrar nos apoios pelo menos 5 cm ou no máximo a metade da largura da viga.” (Carvalho, 2016.)

7.2.2 ELEMENTO DE ENCHIMENTO

No presente estudo de caso, os elementos de enchimento para confecção da laje são os blocos de poliestireno expandido (EPS). Quando solicitado no ato do pedido, as dimensões específicas deste elemento de preenchimento conforme a Figura 18 são:

Figura 18-Dimensões da lajota de EPS



Fonte: <http://www.termotecnica.ind.br/construcao-civil/laje-unidirecional/>

Onde,

- $a = 1,5 \text{ cm}$;
- $b = 37 \text{ cm}$;
- $B = 40 \text{ cm}$;
- $C = 100 \text{ cm}$;
- $d = 3 \text{ cm}$;
- $h = 12 \text{ cm}$;

Ao chegar no canteiro de obra este material é devidamente transportado e armazenado em local adequado.

Figura 19-Transporte e descarga do EPS na obra



Fonte: Autor Próprio, 2019

Por ser imune a fungo e bactérias o material pode ser armazenado em locais variados e em contato direto com a superfície. No que diz respeito a mobilidade deste material no processo de descarga e transporte interno na obra é de grande eficácia por apresentar em suas características um baixo peso específico, podendo assim reduzir a mão de obra no transporte, diminuir a probabilidade de desperdício e aumentar a agilidade de instalação no elemento de transporte.

Figura 20-*Armazenamento dos blocos de EPS.*



Fonte: Autor Próprio, 2019

Após o processo de armazenamento realizado pelo próprio fornecedor do material, o EPS é transportado direto para laje que será concretada. Este procedimento é de inteira responsabilidade dos operários da obra, sendo feito pelo elevador de carga que é carregado com as placas de EPS e elevado ao pavimento desejado, conforme a Figura 21.

Figura 21-*Transporte no elevador das lajetas de EPS.*



Fonte: Autor Próprio, 2019

Feito o transporte do material, o próximo procedimento consiste na instalação das lajotas de EPS na laje a ser confeccionada. Para que este procedimento possa ser realizado as treliças devem ser previamente instaladas da maneira correta, garantido o espaçamento dos blocos. Para este procedimento é necessário o trabalho de dois profissionais, um na laje inferior repassando o bloco para o operário da laje superior instalar no local devido, conforme Figura 22.

Figura 22-aplicação das lajotas de EPS na laje.



Fonte: Autor Próprio,2019

Figura 23-aplicação das lajotas de EPS na laje.



Fonte: Autor Próprio,2019

As placas de EPS estando na laje a ser concretada (Figura 23), são instaladas em um sentido único garantido os espaçamentos corretos. Caso as medidas da laje não sejam exatas, fazendo com que as lajotas não sejam utilizadas inteiras, o material pode ser cortado com facilidade e o que sobram pode ser reutilizado em outro espaço da própria laje, reduzindo o desperdício do material. No caso específico, a laje apresenta 4,5m de largura, isso faz com que sejam utilizados 4,5 blocos do material já que este apresenta exatamente 1,0m de comprimento. O bloco que será cortado na metade irá ser reutilizado no mesmo processo no intervalo seguinte.

Finalizado todo o processo de montagem da laje, desde o escoramento (Figura 24) até a colocação das armaduras negativas, a laje está pronta para receber a limpeza da interface entre as nervuras e o concreto a ser lançado, conforme a Figura 25, evitando a presença de qualquer tipo de substância que possa prejudicar a concretagem.

Figura 24-Escoramento da laje treliçada com utilização de EPS.



Fonte: Autor Próprio, 2019

Por fim, ocorre o processo da concretagem da laje unidirecional com enchimento de blocos de EPS (Figura 26).

Figura 25-*Laje pronta para concretagem*



Fonte: Autor Próprio

Figura 26-*Concretagem das lajes treliçadas.*



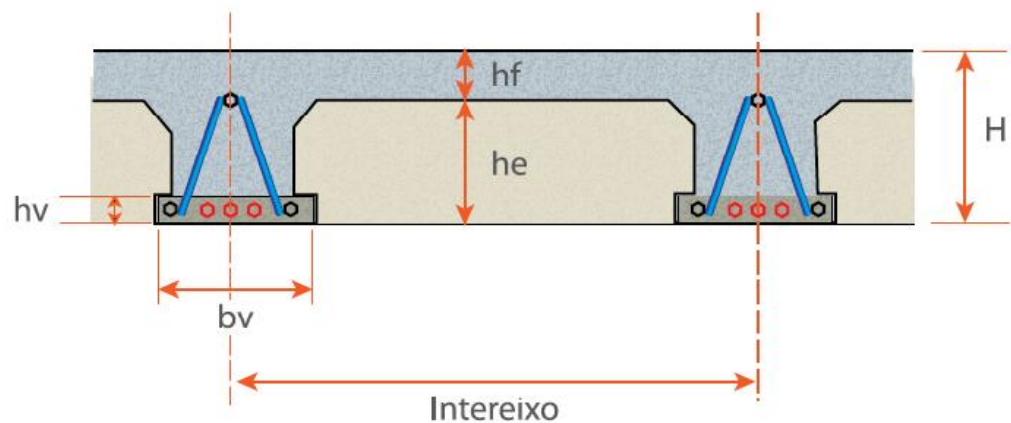
Fonte: Autor Próprio

7.2.3 COMPARATIVO DE BLOCO CERÂMICO COM BLOCO DE EPS EM LAJE TRELIÇADA UNIDIRECIONAL

As condições construtivas podem ser variadas para um mesmo procedimento de execução de laje, como por exemplo, outro tipo de material como elemento de enchimento em laje treliçadas, como o bloco cerâmico. O comparativo consiste em avaliar a diferença do peso próprio da laje, a variação da quantidade de aço nas treliças presentes na laje, que por consequência gera uma variação financeira.

Na presente situação, a edificação em construção tem como característica uma laje em formato retangular com as dimensões de 4,5m x 8,8m, totalizando 39,6m²; no total do pavimento são realizadas a concretagem de 18 lajes destas, sendo 712,8m² por pavimento. As características da laje referente ao esquema estrutural são demonstradas na Figura 27.

Figura 27-Esquema da seção estrutural da laje



H – Altura total da laje
 hf – Altura da capa de concreto da laje
 he – Altura do enchimento
 bv – Largura da base da vigota
 hv – Altura da base da vigota

Fonte: Manual técnico de lajes treliçadas- ArcelorMittal

Em que,

H= 16 cm,

hf= 4 cm,

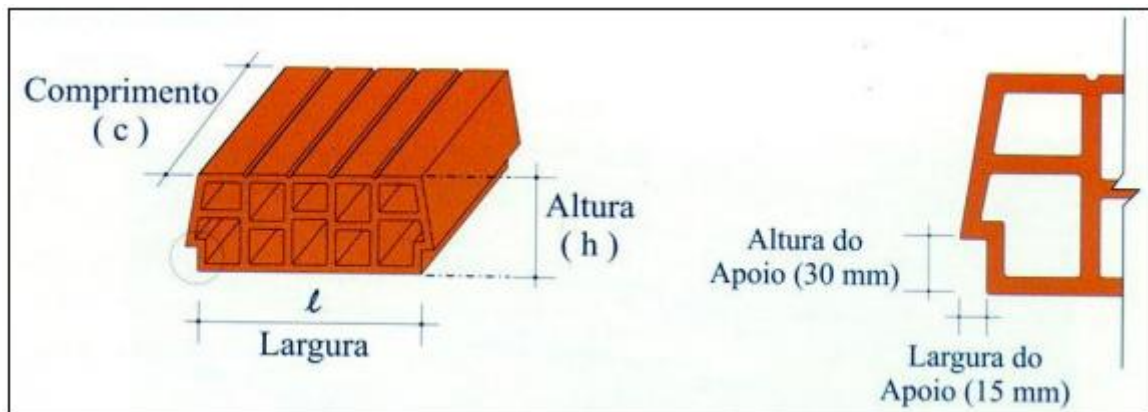
he= 12 cm,

bv= 12 cm,

hv= 3 cm,

O intereixo, que é levado em consideração a distância entre o eixo de uma vigota até o eixo da vigota posterior, é de 49 cm para o bloco em EPS, já que, entre o eixo de uma vigota (6 cm) somados a dimensão de 37 cm da largura da base inferior do bloco acrescidos ao outro eixo da vigota (6 cm)

Figura 28-Representação do bloco cerâmico



Fonte: Bastos,2015

Com o intuito de padronizar a altura da laje para realização do comparativo, foi necessário utilizar as dimensões do bloco cerâmico conforme as dimensões:

- Comprimento (c) = 20cm;
- Largura (L) = 30 cm;
- Altura (h) = 12 cm;
- Massa unitária (KG/peça) = 3,8.

7.2.3.1 CÁLCULO DE CARGAS DA ESTRUTURA

No comparativo será levado em consideração a laje retangular de 4,5m de comprimento x 8,8m de largura com vão simplesmente biapoiadas. Segundo a NBR 6120:1980 (Cargas para o cálculo de estrutura de edificações) as cargas são classificadas em carga permanente (C_g) e carga acidental (C_a). Para os dois casos algumas cargas das ações permanentes serão iguais. A carga permanente é constituída pelo peso próprio da estrutura, pelo peso dos elementos fixos e instalações permanentes. Ou seja,

$$C_g = pp + pcp + pr$$

Onde:

Cg – carga permanente; pp – peso próprio da estrutura; pcp – peso do contra piso; pr - peso do revestimento.

Em que,

$$pp = pl + pc + pv$$

Onde:

pl – peso da lajota; pc - peso do concreto; pv – peso da vigota.

Sabendo o peso específico de cada material, é possível levantar o carregamento da laje. O peso específico do EPS segundo o fabricante fornecedor para obra em questão (Isoplac) é de 10 Kgf/m³ e o peso específico do concreto armado é de 2500 Kgf/m³. Levantando as combinações de ações em uma viga faixa de largura igual ao intereixo, para blocos de EPS que é de 0,49m e para o bloco cerâmico é de 0,42m por 1 metro de comprimento, temos:

- *Quantidade de EPS por intereixo/ metro → 1,0 peça*
- *Quantidade de lajota cerâmica por intereixo/metro →*
5 (lajotas por m de comprimento) = 5 peças

Sabendo a quantidade de material de enchimento por intereixo é possível descobrir o peso pela multiplicação com o peso unitário, sendo assim:

$$pl(EPS) = 1 \text{ und/m} \times 0,471 \text{ kg/und} = \frac{0,471 \text{ Kgf/m}}{\text{interseixo}}$$

Obs: O peso unitário do EPS foi identificado baseado no peso específico do material e de acordo com as dimensões do bloco, verificando o volume da peça e multiplicado pelo peso específico do EPS segundo o catálogo do fabricante.

E para a lajota cerâmica com dimensões de 12 cm de altura, 30 cm de largura e 20 cm de comprimento o peso unitário é de 3,8 kg, resultando:

$$pl(\text{lajota cerâmica}) = 5 \text{ und/m} \times 3,8 \text{ kg/und} = \frac{19 \text{ Kgf/m}}{\text{interseixo}}$$

Atrrelado aos pesos do concreto que somam:

- Peso da capa de concreto para EPS:

$$pc(EPS) = \frac{0,49m}{intereixo} \times 0,04 \text{ m/intereixo} \times 2500 \frac{Kgf}{m^3} = \frac{49 \text{ Kgf}}{m} \text{ /intereixo}$$

- Peso da capa de concreto para bloco cerâmico:

$$pc(bc) = \frac{0,42m}{intereixo} \times \frac{0,04m}{intereixo} \times 2500 \frac{Kgf}{m^3} = \frac{42 \text{ Kgf}}{m} \text{ /intereixo}$$

Peso do concreto entre os blocos de enchimento para EPS e bloco cerâmico é calculado baseado no volume entre os materiais inertes que representam uma forma retangular com as dimensões:

$$pc(EPS = bc) = 0,09m \times 0,12m = 0,0108 \text{ m}^2 \times 2500 \frac{Kgf}{m^3} = 27 \frac{Kgf}{m} \text{ /intereixo}$$

- Peso total do concreto para EPS:

$$ptc(EPS) = \frac{49 \text{ Kgf}}{m} \text{ /intereixo} + 27 \frac{Kgf/m}{intereixo} = 76 \frac{Kgf/m}{intereixo}$$

- Peso total do concreto para bloco cerâmico:

$$ptc(bc) = \frac{42 \text{ Kgf}}{m} \text{ /intereixo} + 27 \frac{Kgf/m}{intereixo} = 69 \frac{Kgf/m}{intereixo}$$

O peso das vigotas é baseado no volume da peça de uma desta, que é igual independente do material de enchimento, já que o intereixo contempla apenas uma vigota.

$$pv(EPS = bc) = 0,03m \times 0,12m = \frac{0,0036m^2}{intereixo} \times 2500 \frac{Kgf}{m^3} = 9 \frac{Kgf/m}{intereixo}$$

Todos esses valores somados são equivalentes ao peso próprio da estrutura (pp).

- Para lajota em EPS;

$$pp(EPS) = 0,471 \frac{kgf/m}{intereixo} + 9 \frac{kgf/m}{intereixo} + 76 \frac{Kgf/m}{intereixo} = \mathbf{85,471 \frac{Kgf/m}{intereixo}}$$

- Para lajota em bloco cerâmico;

$$pp(EPS) = 19 \frac{kgf/m}{intereixo} + 9 \frac{kgf/m}{intereixo} + 69 \frac{Kgf/m}{intereixo} = \mathbf{97 \frac{Kgf/m}{intereixo}}$$

Acrescido a esses valores deve-se levar em consideração também o peso do contra piso e piso, que por sua vez, serão diferentes para os tipos de enchimento já que os intereixos são distintos, com isso temos:

Para calcular o peso do contra piso será levado em consideração a área de atuação do contra piso que será aplicado, para o EPS esta área será de: 0,49m x 0,03m = 0,0147 m²/intereixo; já para o bloco cerâmico essa área será de: 0,42m x 0,03m = 0,0126 m²/intereixo.

- Para lajota em EPS;

$$pcp(EPS) = 0,0147 \frac{m^2}{intereixo} \times 2100 \frac{Kgf}{m^3} = \mathbf{30,87 \frac{Kgf/m}{intereixo}}$$

- Para lajota em bloco cerâmico;

$$pcp(bc) = 0,0126 \frac{m^2}{intereixo} \times 2100 \frac{Kgf}{m^3} = \mathbf{26,46 \frac{Kgf/m}{intereixo}}$$

Obs: O Valor referente ao 2100 Kgf/m³ é o peso específico da argamassa, extraído da NBR 6120: 1980.

Para o cálculo do peso do piso é levado em consideração a o trecho que será instalado que também vai variar entre os blocos de enchimento já que apresentam intereixos distintos, ou seja, para EPS é de 0,49m; e para o bloco cerâmico é de 0,42m Multiplicados pelo peso específico do piso cerâmico que é de 85 Kgf/ m² (NBR 6120: 1980), temos:

- Para lajota em EPS;

$$ppiso(EPS) = \frac{0,49m}{intereixo} \times 85 \frac{Kgf}{m^2} = 41,65 \frac{Kgf}{m} / intereixo$$

- Para lajota em bloco cerâmico;

$$ppiso(EPS) = \frac{0,42m}{intereixo} \times 85 \frac{Kgf}{m^2} = 35,7 \frac{Kgf}{m} / intereixo$$

O somatório do contra piso com o piso para os diferentes materiais é de:

- Para lajota em EPS;

$$pcp + ppiso(EPS) = 30,87 \frac{Kgf/m}{intereixo} + 41,65 \frac{Kgf/m}{intereixo} = \frac{72,52 Kgf/m}{intereixo}$$

- Para lajota em bloco cerâmico;

$$pcp + ppiso(bc) = 26,46 \frac{Kgf/m}{intereixo} + 35,7 \frac{Kgf/m}{intereixo} = \frac{62,16 Kgf/m}{intereixo}$$

Com a obtenção desses valores, é possível a obtenção da **carga permanente (cg)**:

- Para lajota em EPS;

$$cg(EPS) = 85,471 \frac{Kgf}{m} / intereixo + \frac{72,52 Kgf}{m} / intereixo = 157,99 \frac{Kgf}{m} / intereixo$$

- Para lajota em bloco cerâmico;

$$cg(bc) = 97 \frac{Kgf/m}{intereixo} + \frac{62,16 Kgf}{intereixo} = 159,16 Kgf / intereixo$$

Ainda segundo a NBR 6120:1980 a carga acidental para edifícios residenciais é de 150 Kgf/m² como mostrado na Figura 29, como a faixa de influência dos cálculos para o EPS é de 0,49m/intereixo a **carga acidental (ca) para bloco em EPS é de 73,5 Kgf/m/intereixo**; já para o bloco cerâmico a faixa de influência para

os cálculos é de 0,42m/inteiroiro a **carga acidental (ca)** para o bloco cerâmico é de **63 Kg/m/inteiroiro**.

Desta maneira, é possível realizar a soma das combinações da carga permanente com a carga acidental:

- Para lajota em EPS;

$$C_g(EPS) + C_a(EPS) = 157,99 \frac{\text{Kg/m}}{\text{inteiroiro}} + 73,5 \frac{\text{Kg/m}}{\text{inteiroiro}} = 231,49 \frac{\text{Kg}}{\text{m}} / \text{inteiroiro}$$

- Para lajota em bloco cerâmico;

$$C_g(bc) + C_a(bc) = 159,16 \frac{\text{Kg/m}}{\text{inteiroiro}} + 63 \frac{\text{Kg/m}}{\text{inteiroiro}} = 222,16 \frac{\text{Kg}}{\text{m}} / \text{inteiroiro}$$

Figura 29-valores de cargas acidentais

Tabela 2 - Valores mínimos das cargas verticais

		Unid.: kN/m ²
Local		Carga
1 Arquibancadas		4
2 Balcões	Mesma carga da peça com a qual se comunicam e as previstas em 2.2.1.5	-
3 Bancos	Escritórios e banheiros Salas de diretoria e de gerência	2 1,5
4 Bibliotecas	Sala de leitura Sala para depósito de livros Sala com estantes de livros a ser determinada em cada caso ou 2,5 kN/m ² por metro de altura observado, porém o valor mínimo de	2,5 4 6
5 Casas de máquinas	(incluindo o peso das máquinas) a ser determinada em cada caso, porém com o valor mínimo de	7,5
6 Cinemas	Platéia com assentos fixos Estúdio e platéia com assentos móveis Banheiro	3 4 2
7 Clubes	Sala de refeições e de assembléia com assentos fixos Sala de assembléia com assentos móveis Salão de danças e salão de esportes Sala de bilhar e banheiro	3 4 5 2
8 Corredores	Com acesso ao público Sem acesso ao público	3 2
9 Cozinhas não residenciais	A ser determinada em cada caso, porém com o mínimo de	3
10 Depósitos	A ser determinada em cada caso e na falta de valores experimentais conforme o indicado em 2.2.1.3	-
1 Edifícios residenciais	Dormitórios, sala, copa, cozinha e banheiro Dispensa, área de serviço e lavanderia	1,5 2

Fonte: NBR 6120

Tomado como base a combinação das cargas é possível realizar o dimensionamento da quantidade de aço para cada tipo de laje;

- Para laje com EPS:

1. Cálculo do esforço cortante (E_c): carga atuante= q (Kgf/inteiroixo); e l = vão em metros.

$$E_c = \frac{q \times l}{2} = \frac{231,49 \times 4,5}{2} = 520,85 \text{ Kgf/m/inteiroixo}$$

2. Cálculo do momento fletor (M_f):

$$M_f = \frac{q \times l^2}{8} = \frac{231,49 \times 4,5^2}{8} = 585,96 \text{ Kgf.m/inteiroixo} =$$

Agora é possível fazer o dimensionamento da área de aço para esse tipo de laje através da tabela do tipo K conforme metodologia de cálculo apresentado por (BASTOS,2015).

Obs: Para obtenção dos parâmetros para o dimensionamento através da tabela tipo K (Figura 30), faz-se por necessário a transformação de unidades utilizadas anteriormente para as unidades equivalentes na tabela, onde:

$$1 \text{ kgf.m} \times \frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}} \times \frac{0,01 \text{ kn}}{1 \text{ kg}} = 1 \text{ KN.cm}$$

Figura 30-Valores de K_c e K_s para aço CA-50

$\beta_x = \frac{x}{d}$	$K_c \text{ (cm}^2/\text{kN)}$								$K_s \text{ (cm}^2/\text{kN)}$	Dom.
	C15	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	CA-50	
0,01	137,8	103,4	82,7	68,9	59,1	51,7	45,9	41,3	0,023	2
0,02	69,2	51,9	41,5	34,6	29,6	25,9	23,1	20,8	0,023	
0,03	46,3	34,7	27,8	23,2	19,8	17,4	15,4	13,9	0,023	
0,04	34,9	26,2	20,9	17,4	14,9	13,1	11,6	10,5	0,023	
0,05	28,0	21,0	16,8	14,0	12,0	10,5	9,3	8,4	0,023	
0,06	23,4	17,6	14,1	11,7	10,0	8,8	7,8	7,0	0,024	
0,07	20,2	15,1	12,1	10,1	8,8	7,8	6,7	6,1	0,024	
0,08	17,7	13,3	10,6	8,9	7,6	6,6	5,9	5,3	0,024	
0,09	15,8	11,9	9,5	7,9	6,8	5,9	5,3	4,7	0,024	
0,10	14,3	10,7	8,6	7,1	6,1	5,4	4,8	4,3	0,024	
0,11	13,1	9,8	7,8	6,5	5,6	4,9	4,4	3,9	0,024	
0,12	12,0	9,0	7,2	6,0	5,1	4,5	4,0	3,6	0,024	
0,13	11,1	8,4	6,7	5,6	4,8	4,2	3,7	3,3	0,024	
0,14	10,4	7,8	6,2	5,2	4,5	3,9	3,5	3,1	0,024	
0,15	9,7	7,3	5,8	4,9	4,2	3,7	3,2	2,9	0,024	
0,16	9,2	6,9	5,5	4,6	3,9	3,4	3,1	2,7	0,025	
0,17	8,7	6,5	5,2	4,3	3,7	3,2	2,9	2,6	0,025	
0,18	8,2	6,2	4,9	4,1	3,5	3,1	2,7	2,5	0,025	
0,19	7,8	5,9	4,7	3,9	3,4	2,9	2,6	2,3	0,025	
0,20	7,5	5,6	4,5	3,7	3,2	2,8	2,5	2,2	0,025	
0,21	7,1	5,4	4,3	3,6	3,1	2,7	2,4	2,1	0,025	
0,22	6,8	5,1	4,1	3,4	2,9	2,6	2,3	2,1	0,025	
0,23	6,6	4,9	3,9	3,3	2,8	2,5	2,2	2,0	0,025	
0,24	6,3	4,7	3,8	3,2	2,7	2,4	2,1	1,9	0,025	
0,25	6,1	4,6	3,7	3,1	2,6	2,3	2,0	1,8	0,026	
0,26	5,9	4,4	3,5	2,9	2,5	2,2	2,0	1,8	0,026	

Fonte: Bastos,2015

É necessário fazer o cálculo do K_c e baseado nisso encontrar os valores de β_x , K_s e por sua vez achar o valor de X , onde (em cm):

$$K_c = \frac{\text{altura útil}^2 \times \text{base útil}}{\text{momento fletor} \times \gamma_c} = \frac{14,5^2 \times 49}{585,96 \times 1,4} = 12,55 \frac{\text{cm}^2}{\text{Kgf}} = 12,55 \text{ cm}^2/\text{KN}$$

A altura útil é dada pela subtração da seção da laje (16 cm) pelo cobrimento da laje que é de 1,5 cm, resultando em uma altura de 14,5cm.

Com base na figura 30 é possível identificar que o valor de β_x para c30 é de 0,06 e o K_s para ca-50 é de 0,024. **O valor de x é a altura útil multiplicado por β_x que resulta em 0,87 cm.** Com base nesses dados torna-se capaz calcular a área de aço (A_s) para estas condições.

$$A_s = k_s \times \frac{\gamma_c \times M_f}{\text{altura útil}} = 0,024 \times \frac{1,4 \times 585,96}{14,5} = 1,357 \text{ cm}^2/\text{intereixo}$$

As características da treliça presente na vigota resultam em sua composição uma área de 0,4 cm² restando 0,957 cm² de aço adicional a ser acrescentado em uma vigota, que segundo a figura 31 (tabela resumo da área de aço baseado no diâmetro da barra) pode ser distribuído da seguinte maneira: 2 ferros com bitola de 8 mm.

Figura 31- Tabela de aço conforme o diâmetro

Valor nominal para cálculo		Área de aço da seção conforme número de barras – A _s [cm ²]									
φ diâmetro (mm)	massa linear (kg/m)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5,0	0,16	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00	1,20	1,40	1,60	1,80	2,00
6,3	0,25	0,315	0,63	0,945	1,26	1,575	1,89	2,205	2,52	2,835	3,15
8,0	0,40	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00
10,0	0,63	0,80	1,60	2,40	3,20	4,00	4,80	5,60	6,40	7,20	8,80
12,5	1,00	1,25	2,50	3,75	5,00	6,25	7,50	8,75	10,00	11,25	12,50
16,0	1,60	2,00	4,00	6,00	8,00	10,00	12,00	14,00	16,00	18,00	20,00
20,0	2,50	3,15	6,30	9,45	12,60	15,75	18,90	22,05	25,20	28,35	31,50
25,0	4,00	5,00	10,00	15,00	20,00	25,00	30,00	35,00	40,00	45,00	50,00
32,0	6,30	8,00	16,00	24,00	32,00	40,00	48,00	56,00	64,00	72,00	80,00
40,0	10,00	12,50	25,00	37,50	50,00	62,50	75,00	87,50	100,00	112,50	125,00

Concluindo que para a laje com bloco de EPS a armadura longitudinal adicional da vigota treliçada é de 0,957 cm² (2Ø8mm).

- Para laje com bloco cerâmico:
3. Cálculo do esforço cortante (Ec): carga atuante= q (Kgf/intereixo); e l= vão em metros.

$$Ec = \frac{q \times l}{2} = \frac{222,16 \times 4,5}{2} = 499 \text{ Kgf}$$

4. Cálculo do momento fletor (Mf):

$$Mf = \frac{q \times l^2}{8} = \frac{222,16 \times 4,5^2}{8} = 562,34 \text{ Kgf.m/intereixo}$$

Agora é possível fazer o dimensionamento da área de aço para esse tipo de laje através da tabela do tipo K (figura 30).

Obs: Para obtenção dos parâmetros para o dimensionamento através da tabela tipo K (Figura 30), faz-se por necessário a transformação de unidades utilizadas anteriormente para as unidades equivalentes na tabela, onde:

$$1 \text{ kgf.m} \times \frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}} \times \frac{0,01 \text{ kn}}{1 \text{ kg}} = 1 \text{ KN.cm}$$

É necessário fazer o cálculo do K_c e baseado nisso encontrar os valores de β_x , K_s e por sua vez achar o valor de X , onde (em cm):

$$K_c = \frac{\text{altura útil}^2 \times \text{base útil}}{\text{momento fletor} \times \gamma_c} = \frac{14,5^2 \times 42}{562,34 \times 1,4} = 11,21 \frac{\text{cm}^2}{\text{Kgf}} = 11,21 \text{ cm}^2/\text{KN}$$

Com base na figura 30 é possível identificar que o valor de β_x para c30 é de 0,06 e o K_s para ca-50 é de 0,024. O valor de x é a altura útil multiplicado por β_x que resulta em 0,87 cm. Com base nesses dados torna-se capaz calcular a área de aço (A_s) para estas condições.

$$A_s = k_s \times \frac{\gamma_c \times m_f}{\text{altura útil}} = 0,024 \times \frac{1,4 \times 562,34}{14,5} = 1,3 \text{ cm}^2/\text{intereixo}$$

Já que a laje é treliçada e os aços presentes na base da treliça somam uma área de 0,4 cm² restam 0,9 cm² que segundo a figura 31 pode ser distribuído da seguinte maneira: 2 ferros com bitola de 8 mm.

Admitindo que a laje em EPS terá 18 vigotas de acordo com o presente carregamento e dimensões da laje ($\frac{8,8m}{0,49m} \simeq 18 \text{ vigotas}$), e que a laje em lajota cerâmica terá 21 vigotas ($\frac{8,8m}{0,42m} \simeq 21 \text{ vigotas}$) é possível determinar que a quantidade de aço adicional nas vigotas de uma laje de 4,5m x 8,8m em EPS é de 36Ø8mm, enquanto a laje em lajota cerâmica será de 42Ø8mm

Tabela 1- Comparativo de quantidade de barras.

Barras de aço de Ø8mm	Bloco em EPS	Bloco cerâmico	DIFERENÇA
1 laje	36 BARRAS	42 BARRAS	6 BARRAS
1 pavimento	648 BARRAS	756 BARRAS	108 BARRAS
32 pavimentos	20736 BARRAS	24194 BARRAS	3458 BARRAS

*As barras contem 4,5m cada.

Considerando que a diferença ao longo de toda edificação seria de 3458 unidades de barras com 4,5 m (disposição das barras na laje) (Tabela 1), teria um total de 15.561 m de barra com diâmetro de 8mm a menos. Como esta barra apresenta uma massa linear de 0,4 Kg/m (Figura 31), teria uma redução de 6.224,4 Kg de aço ao longo de toda a estrutura pela opção de adotar o EPS como material de enchimento ao invés do bloco cerâmico. Em cotação de um fornecedor de materiais localizado na cidade de Natal-RN, no ano de 2019 o metro de aço do ferro com 8 mm é encontrado no valor de 2,33 R\$/m, logo, teria uma economia de R\$ 36.257,13 de barras em lajes durante toda a edificação.

Tabela 2- Comparativo de peso dos blocos

PESO DOS BLOCOS (KG)	Unitário (KG)	PARA LAJE (1 METRO DE COMPRIMENTO) *(KG/M/INTEREIXO)	LAJE (4,5 METROS DE COMPRIMENTO) (KG)	PAVIMENTO (KG)	EDIFÍCIO (KG)
EPS	0,471	0,471	36,03	648,54	20753,28
BLOCO CERÂMICO	3,8	19	1710	30.780	984.960,00
DIFERENÇA	3,329	18,529	1673,97	30.131,46	964.206,72

*Para laje com 1 metro de comprimento foi levado em consideração o intereixo de cada tipo de matéria, sendo 0,49m para EPS e 0,42m para bloco cerâmico.

O valor da diferença de peso dos blocos acrescidos com a diferença de peso das barras geraria uma redução de 964206,72 Kg ao longo da estrutura, aliviando consideravelmente o peso estrutural da edificação.

Tabela 3- Comparativo de unidade de Blocos

UNIDADE DOS BLOCOS	PARA LAJE (1 METRO DE COMPRIMENTO)*	LAJE (4,5 METROS DE COMPRIMENTO)	PAVIMENTO	EDIFÍCIO
EPS	1	76,5	1.377	44.064
BLOCO CERÂMICO	5	450	8100	259.200
DIFERENÇA	4	373,5	6723	215.136

*Para laje com 1 metro de comprimento foi levado em consideração o intereixo de cada tipo de matéria, sendo 0,49m para EPS e 0,42m para bloco cerâmico

Tabela 4- Comparativo financeiro dos Blocos(R\$)

PREÇO DOS BLOCOS (R\$)	Unitário (R\$)	PARA LAJE (1 METRO DE COMPRIMENTO) * (R\$)	LAJE (4,5 METROS DE COMPRIMENTO) (R\$)	PAVIMENTO (R\$)	EDIFÍCIO (R\$)
EPS	7,5	7,5	607,5	10.935	349.920,00
BLOCO CERÂMICO	1,41	7,05	666,23	11.992,05	383.745,6
DIFERENÇA	- 6,09	-0,45	+58,73	+1.057,05	+33825,6

*Para laje com 1 metro de comprimento foi levado em consideração o intereixo de cada tipo de matéria, sendo 0,49m para EPS e 0,42m para bloco cerâmico

OBS: Os preços utilizados foram tomados como base de uma cotação de uma empresa fornecedora de materiais de construção em Natal-RN no ano de 2019, vale salientar também que os preços são unitários, podendo haver reduções caso comprados em valores de alta quantidade; e o preço do EPS foi fornecido pela empresa que faz o fornecimento para a construção estudada.

Desta maneira, a opção de escolher o EPS como material inerte, atrelaria a edificação, uma redução de R\$ 70.082,73 só levando em consideração os preços dos blocos e da redução da quantidade de barras. Além de todas outras economias geradas indiretamente pela redução da mão de obra, redução de cargas nas fundações, redução de cargas nos elementos estruturais e por consequência a redução de aços nos respectivos elementos.

Nos resultados indiretos são obtidos uma possível redução da mão de obra, devido a velocidade de execução do serviço, redução de armazenamento e transporte, ganho de tempo na logística e uma redução de aço ao longo da estrutura; além de todas essas características próprias do EPS, este material apresenta em seu processo de fabricação uma poluição mínima para o meio ambiente; e pode gerar ao ambiente construtivo uma qualidade em conforto térmico e acústico, ocasionando não só qualidades ao longo da execução da estrutura, como também o conforto para o usuário que usufrua desta edificação.

8.0 CONCLUSÃO

Após a análise comparativa entre a utilização de blocos em EPS e as lajotas cerâmicas, os dois como material inerte em laje treliçada, foi possível observar uma redução de 964.206,72 Kg, ou seja, uma diferença porcentual de 97,89% pela opção de utilizar o EPS como material inerte, gerando por consequência um alívio significativo de cargas na fundação da edificação, bem como, uma redução de cargas transferidas as vigas e pilares, resultando numa possível redução de utilização de aço também nesses elementos estruturais.

De acordo com o dimensionamento de uma laje através do estudo de caso, foi possível identificar também a redução de 15.561 metros de barras de aço com a bitola de 8 mm, reduzindo cerca de 14,29% de aço na estrutura pela opção de utilização do EPS como material inerte comparado aos blocos cerâmicos; além de uma economia de R\$ 70.082,73 somando os valores financeiros da redução de quantidade de blocos, que equivalem a aproximadamente 8,81% e a redução da quantidade de armaduras adicionais que equivalem a 14,29%.

Todas as reduções foram possíveis identificar principalmente pela diferença do valor do entreixo para cada tipo de material inerte, o entreixo por sua vez leva em consideração o somatório das distâncias entre o eixo de uma vigota de concreto até o próximo elemento de vigota, estas vigotas apresentam as mesmas dimensões independente do material inerte, porém, entre elas existem o EPS ou material cerâmico que são disponibilizadas com características físicas distintas, fazendo com que a faixa de atuação das cargas perpendiculares da laje alterem conforme esta região de influência, sendo o entreixo maior para o EPS e menor para o bloco cerâmico.

Apesar da diferença de carregamento das estruturas por entreixo serem parecidas, o bloco cerâmico como material inerte ainda apresenta um valor superior, deve-se levar em consideração que a faixa de influência das cargas ainda é menor, ou seja, mesmo existindo uma área distinta de influência das cargas, o peso que irá ser transmitido para estrutura ainda é maior, este fato ocorre principalmente pelo peso do material do bloco cerâmico que é maior, resultando por sua vez uma diferença bastante significativa de peso ao longo dos elementos de superestrutura da edificação.

A diferença do intereixo além de apresentar uma faixa de influência diferente, por consequência resulta numa diferença da quantidade dos elementos que compõe a laje treliçada, como é o caso das vigotas, que ao longo da estrutura é reduzido numa quantidade de 1728 vigotas de concreto, representando uma economia de 14,28% de quantidade de vigotas de concreto, atrelando não somente a redução de aço já comentada, como também uma redução de concreto para a confecção dessas vigas.

Diante de todos os números demonstrados foi possível concluir uma redução significativa na contribuição de peso referente ao material inerte, sendo o EPS com uma qualidade superior neste quesito; como também, nas reduções das quantidades de aço, vigotas e no preço. Resultando em valores positivos caso opte pela utilização de EPS como material inerte em lajes treliçadas quando comparado a utilização de blocos cerâmicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAPEX. **Manual de utilização – EPS na construção civil**. São Paulo: Pini, 2006.

ABRAPEX. Associação Brasileira do Poliestireno Expandido. **O EPS na Construção Civil: Características do poliestireno expandido para utilização em edificações**. São Paulo, fev. 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6120:1980. **Cargas para o cálculo de estruturas de edificações**. Rio de Janeiro, 1980

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118:2014. **Projeto de estruturas de concreto – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11752:2016. **Materiais celulares de poliestireno para isolamento térmico na construção civil em câmaras frigoríficas**. Rio de Janeiro, 2016

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575-5:2013. **EDIFICAÇÕES HABITACIONAIS- DESEMPENHO, PARTE 5:REQUISITOS PARA SISTEMA DE COBERTURAS**. Rio de Janeiro, 2013

BASTOS, Paulo Sérgio Dos Santos. **LAJES DE CONCRETO** . São Paulo, 2015

BARBIERI, José C. **Produção e transferência de tecnologia**. São Paulo: Ática S.A., 1990.

BERLOFA, Aline. **A viabilidade do uso do poliestireno expandido na indústria da construção civil**, 2009. (Trabalho de conclusão de curso. FATEC Zona Leste).

Carvalho, Roberto Chust. **Calculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado: segundo a NBR 6118:2014**. 4.ed. São Carlos , 2016.

DOS SANTOS, Claudio Gouvêa et al. **POLIESTIRENO EXPANDIDO NA CONSTRUÇÃO CIVIL** . 2013. 5 f. Artigo Científico (Graduação em Engenharia Civil)- Centro Universitário Newton Paiva, [S.I.], 2013. Disponível em:

<<http://blog.newtonpaiva.br/pos/wp-content/uploads/2013/11/E8-ENG18.pdf>>.

Acesso em: 28 ago. 2018.

HIGGINS, Rita Ann. **Propriedades e estruturas dos materiais de engenharia.**

São Paulo: Difel, 1982

Manual de fabricação de lajes treliçadas, PUMA.

Manual técnico de lajes treliçadas, ARCERLOMITTAL.

MICHALTCHUK, Ivam **Conheça as vantagens de reciclar o Poliestireno Expandido (EPS)**, em: https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/conheca-as-vantagens-de-reciclar-o-poliestireno-expandido-eps_17653_60_0.

MORAES, Carolina Brandão; BRASIL, Paula de Castro. **Estudo da Viabilidade do Poliestireno Expandido (EPS) na produção de edificações com baixo impacto ambiental** . 2015. 10 p. Artigo Científico (Graduação em Arquitetura e Urbanismo)-USUNESA, Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <[https://www.imed.edu.br/Uploads/Estudo%20da%20Viabilidade%20do%20Poliestireno%20Expandido%20\(EPS\).pdf](https://www.imed.edu.br/Uploads/Estudo%20da%20Viabilidade%20do%20Poliestireno%20Expandido%20(EPS).pdf)>. Acesso em: 28 ago. 2018.

TECNOCELL. **Tecnologia em EPS**. Disponível em: <<http://www.tecnocell.com.br>