

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA ENERGÉTICO DE TELHA TERMOACÚSTICA COM POLIESTIRENO EXPANDIDO E TELHA CERÂMICA TIPO PLAN EM EDIFICAÇÃO UNIFAMILIAR¹

CALDEIRA, Débora (1); SPOSTO, Rosa (2); CALDAS, Lucas (3)

(1) UnB, e-mail: dmcaldeira19@gmail.com; (2) UnB, e-mail: rmrsposto@unb.br; (3) UnB/UFRJ, e-mail: lrc.ambiental@gmail.com

RESUMO

A construção civil possui papel relevante na busca pelo desenvolvimento sustentável, pois é importante consumidor de recursos naturais e gerador de impactos ambientais. A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) de um produto abrange aspectos e impactos ambientais desde a aquisição da matéria-prima até a disposição final. A Avaliação do Ciclo de Vida Energético (ACVE), por sua vez, baseia-se na ACV com foco no consumo energético. Este estudo avaliou a Energia Incorporada total (Elt) de uma edificação habitacional unifamiliar, em quatro cenários: telha termoacústica de Poliestireno Expandido com e sem laje de concreto; e telha cerâmica Plan com e sem laje de concreto. Foram consideradas as etapas de pré-operação e operação (uso e manutenção) da edificação, sendo que os dados energéticos relativos ao pré-operacional e manutenção foram retirados da literatura; e a energia operacional de uso foi calculada pelo software *DesignBuilder*. Os resultados indicaram que a laje de concreto aumenta significativamente a energia na fase pré-operacional e que os valores da Elt dos quatro cenários apresentam variações inferiores a 10%. Esse estudo contribuiu na análise e definição do sistema de vedação horizontal mais adequada a ser implantada em uma edificação e no alcance de novas fronteiras de estudo.

Palavras-chave: ACVE. Poliestireno Expandido. Telha termoacústica.

ABSTRACT

The construction industry plays a significant role in the quest for sustainable development, because it is important consumer of natural resources and environmental impacts generator. Life Cycle Assessment (LCA) of a product covers environmental aspects and impacts from procurement of raw materials to final disposal. Life Cycle Energy Assessment (LCEA), in turn, is based on ACV focusing on energy consumption. This study evaluated the overall Total Embodied Energy (Elt) of a single-family residential building in four scenarios: thermoacoustic tile of Polyestirene Expanded with and without concrete slab; and ceramic tile "Plan" with and without concrete slab. It was considered the steps of pre-operation and operation (use and maintenance) of the building. The data for the pre-operation and maintenance were taken from the literature; and the operational energy use was calculated using by Design Builder software. The results indicate that the concrete slab significantly increases the energy in the pre-use phase, and that the energy consumed of the four scenarios have Elt variations

¹ CALDEIRA, Débora; SPOSTO, Rosa; CALDAS, Lucas. Avaliação do ciclo de vida energético de telha termoacústica com poliestireno expandido e telha cerâmica tipo plan em edificação unifamiliar. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

lower than 10%. This study will help in analyzing and defining the most appropriate horizontal roofing system to be deployed in a building and achieving new study boundaries.

Keywords: LCEA. Polyestirene Expanded. Thermoacoustic tile.

1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção é o setor de atividades humanas que mais consome recursos naturais e utiliza energia de forma intensiva, gerando consideráveis impactos ambientais, evidenciando, assim, a importância de se estudar os diversos materiais utilizados na construção civil (ISAIA, 2007).

Dentre os sistemas de uma habitação, o sistema de cobertura exerce importante função pois faz parte da envoltória, desempenhando funções relacionadas, além da segurança, da habitabilidade, incluindo o desempenho e o conforto térmico dos usuários.

No Brasil, o sistema de cobertura mais utilizado nas habitações térreas é composto por telhas cerâmicas. No entanto, vem surgindo no mercado, novos componentes, como por exemplo, a telha termoacústica com núcleo em poliestireno expandido (EPS). Pelo fato desta telha conter isolante em seu miolo, tem-se como hipótese que haverá menor consumo de energia na fase operacional da habitação, porém há necessidade de se analisar as outras fases do ciclo de vida da cobertura, além das zonas bioclimáticas que possuem diferentes diretrizes construtivas no Brasil.

A Avaliação do Ciclo de Vida Energético (ACVE), que se baseia em alguns princípios da Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) definidos na ABNT NBR ISO 14044 (2009), é a ferramenta escolhida para este estudo.

O objetivo deste estudo é avaliar o ciclo de vida energético das telhas metálicas termoacústicas com núcleo de EPS, em comparação à telha cerâmica tipo Plan, nas fases de Pré-Operação e Operação, quando utilizadas em habitações térreas na região do Distrito Federal.

2 AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DE ENERGIA

A Avaliação do Ciclo de Vida Energético (ACVE) consiste em levantar apenas a energia gasta em cada fase do ciclo de vida. É uma forma simplificada de análise dos impactos ambientais, visto que qualquer atividade de extração, produção, transporte, uso ou descarte dos materiais implica em uso de energia. Tavares (2006) sugere o uso deste inventário de dados de consumo energético, diretos e indiretos, como uma forma de levantamento dos impactos ambientais, porém ressalta que a ACVE não visa substituir um método de análise ambiental amplo como uma ACV.

A Energia da fase Pré-Operacional, também denominada Pré-Uso, é calculada como o somatório dos diversos gastos energéticos da etapa de fabricação, transporte e instalação do produto.

A UNEP (2007) conceitua as energias da fase Pré-Operacional como:

- Energia Incorporada ou Embutida: é a energia de manufatura de materiais e componentes da construção;
- Energia de transporte: aquela proveniente do deslocamento dos materiais e componentes para o local da obra;
- Energia de Instalação: aquela usada na construção da edificação.

Na fase operacional da edificação, tem-se a Energia Operacional ou Recorrente que é aquela resultante do uso e manutenção do edifício. A energia de uso é a necessária para o uso de eletrodomésticos e equipamentos durante a vida útil da edificação, tais como climatização, cocção, iluminação e outros; e o gasto energético de manutenção da edificação é a soma de energia demandada para a reposição de produtos ou serviços durante a vida útil estabelecida para a edificação habitacional.

3 SISTEMA DE VEDAÇÃO HORIZONTAL

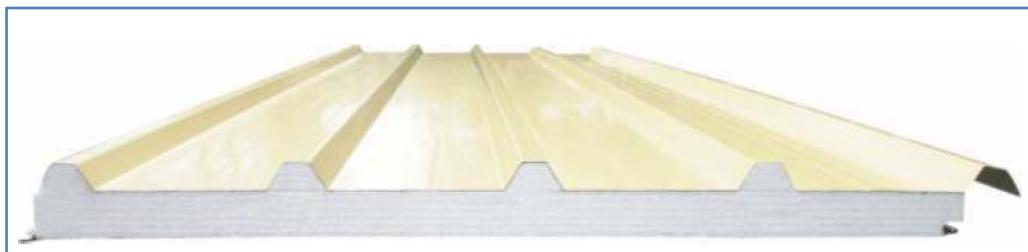
Segundo a ABNT NBR 15.575-5 (2013), o sistema de cobertura é o conjunto de elementos ou componentes, dispostos no topo da construção, com as funções de assegurar estanqueidade às águas pluviais e à salubridade, proteger demais sistemas da edificação habitacional ou elementos e componentes da deterioração por agentes naturais, além de contribuir positivamente para o conforto termo acústico da edificação habitacional.

As coberturas com telhas cerâmicas, usadas em larga escala no Brasil, datam de 430 a.C na Grécia e foram implantadas no Brasil desde a chegada dos Portugueses. Todavia, apesar do seu largo uso, ainda se tem problemas com controle de qualidade (SEBRAE, 2008).

Vários tipos de telhas, atualmente, competem com a telha cerâmica e essa pesquisa busca compará-la com a telha termoacústica, pois segundo a revista Construção Mercado (2014), publicado no site da PINI, as coberturas termoisolantes podem: diminuir trocas térmicas; reduzir consumo de energia elétrica; atenuar ruídos externos e de impacto; evitar gotejamento proveniente da condensação da umidade interna; e possibilitar uma montagem racionalizada e com materiais recicláveis.

As telhas termoacústicas são constituídas de aço galvanizado, galvalume, alumínio e aço inoxidável de seção ondulada ou trapezoidal, zipada ou painéis metálicos, e uma camada de material isolante com características térmicas e acústicas e de flamabilidade (ABNT NBR 16373, 2015). Neste estudo são considerados dois tipos de telhas termoacústicas: com acabamento em aço em ambas as faces (aço/aço); e com acabamento em aço na parte externa e filme de PVC na parte interna (aço/filme). A telha termoacústica foi definida em função do catálogo do fabricante existente na fronteira em estudo, com distância máxima de 200 Km de Brasília. Na Figura 1 é apresentada a telha termoacústica estudada nesta pesquisa.

Figura 1 – Modelo de Telha Termoacústica com núcleo de Poliestireno Expandido



Fonte: Catálogo da Isoeste, 2015

4 METODOLOGIA

A metodologia utilizada nesta pesquisa foi dividida em três etapas: (1) escolha do modelo arquitetônico; (2) escolha dos sistemas de cobertura; e (3) aplicação da metodologia de cálculo definida.

4.1 Modelo Arquitetônico

É adotado o projeto de uma edificação habitacional unifamiliar com área de 45,64 m², composta de uma sala, uma cozinha, dois quartos, um banheiro e uma área de serviço. As paredes externas e internas com bloco de concreto com espessura de 9 cm, com reboco paulista com argamassa de cimento, cal e areia com 2,5 cm de espessura de cada lado da vedação vertical. A Laje de forro de concreto, quando existente, tem 10 cm de espessura com reboco do teto com 2 cm de espessura. Considerou-se a vida útil da habitação de 50 anos.

Este modelo de projeto é utilizado por representar adequadamente as edificações destinados a baixa renda do país, atendendo as especificações mínimas definidas pelo Programa Minha Casa Minha Vida – Recursos FAR (Figura 2)

Figura 2 – Vista da edificação habitacional adotada na pesquisa



Fonte: Pedroso (2015)

4.2 Sistemas de cobertura

Visando comparar adequadamente as telhas termoacústicas com as telhas cerâmicas, são definidos quatro cenários:

- a. cenário 1: telha termoacústica (aço/aço) com EPS em edificação sem laje de forro (TTSF);
- b. Cenário 2: telha termoacústica (aço/filme) com EPS em edificação com laje de forro (TTCF);
- c. Cenário 3: telha cerâmica tipo Plan em edificação sem laje de forro (TCSF);
- d. Cenário 4: telha cerâmica tipo Plan em edificação com laje de forro (TCCF).

Os dados para cálculo da energia são, em sua maioria, provenientes da revisão bibliográfica nacional, publicações de órgãos federais, simulações realizadas no software *DesignBuilder* e algumas informações de fornecedores. A unidade funcional adotada para apresentação dos resultados é o metro quadrado de cobertura.

4.3 Metodologia de Cálculo

A energia da fase Pré-Operacional é calculada pela Equação 01:

$$E_{li} = E_i + E_{it} + E_{lit} \quad (\text{unidade MJ/m}^2) \quad (\text{Eq. 1})$$

Sendo:

E_{li} = Energia Incorporada Inicial

E_i = Energia Incorporada ou Embutida

E_{it} = Energia de Transporte

E_{lit} = Energia de Instalação

Os dados de energia incorporada dos materiais, extraídos de diversas fontes, estão no Quadro 1.

Quadro 1 – Fontes dos dados de energia incorporada dos materiais

Material	Energia Incorporada do Material (MJ/Kg)	Referência dos dados de consumo de Energia
Areia Fina	0,05	Tavares (2006)
Areia Grossa	0,05	Tavares (2006)
Cal Hidratada	3	Tavares (2006)
Chapa de aço	33,8	Graf e Tavares (2006)
Cimento Portland	4,2	Tavares (2006)
Concreto armado	3,1	Graf e Tavares (2006)
Filme de Alumínio	210	Tavares (2006)
Madeira Lei Nativa/Regional serrada aparelhada	3,5	Tavares (2006)
Massa PVA	65	Tavares (2006)
Poliestireno Expandido	112	Tavares (2006)
Prego polido com cabeça 18 X 27	31	Tavares (2006)
Telha cerâmica	5,4	Tavares (2006)
Tinta PVA	65	Tavares (2006)

Fonte: Os Autores

A energia de instalação foi calculada com base nas composições do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) e, na ausência dessa, utilizadas as tabelas de composições da PINI, conforme lista do Quadro 2.

Quadro 2 – Composições adotadas para o cálculo da Energia de Instalação

Serviço	Fonte	Identificação da composição
Lançamento de concreto	SINAPI	74157/3
Armação	SINAPI	73990/1
Chapisco	SINAPI	74199/1
Reboco	SINAPI	75.481
Emassamento	SINAPI	88496

Serviço	Fonte	Identificação da composição
Pintura	SINAPI	88486
Estrutura de madeira (para cobertura em telha cerâmica)	SINAPI	73931/3
Estrutura de madeira (para cobertura em telha termoacústica)	PINI	09.005.00011_SER
Telha Cerâmica	SINAPI	73938/2
Telhas Termoacústicas	PINI	TCPO 09.005.000011.SER

Fonte: Os Autores

A Energia Operacional é expressa pela Equação 02:

$$EIO = EU + EM \quad (\text{unidade MJ/m}^2) \quad (\text{Eq. 2})$$

Sendo:

EIO = Energia Incorporada Operacional ou Recorrente

EU = Energia Incorporada de Uso

EM = Energia Incorporada de Manutenção

A Energia Total desse estudo é calculada pela Equação 3

$$ET = Eli + EIO \quad (\text{unidade MJ/m}^2) \quad (\text{Eq. 3})$$

Sendo:

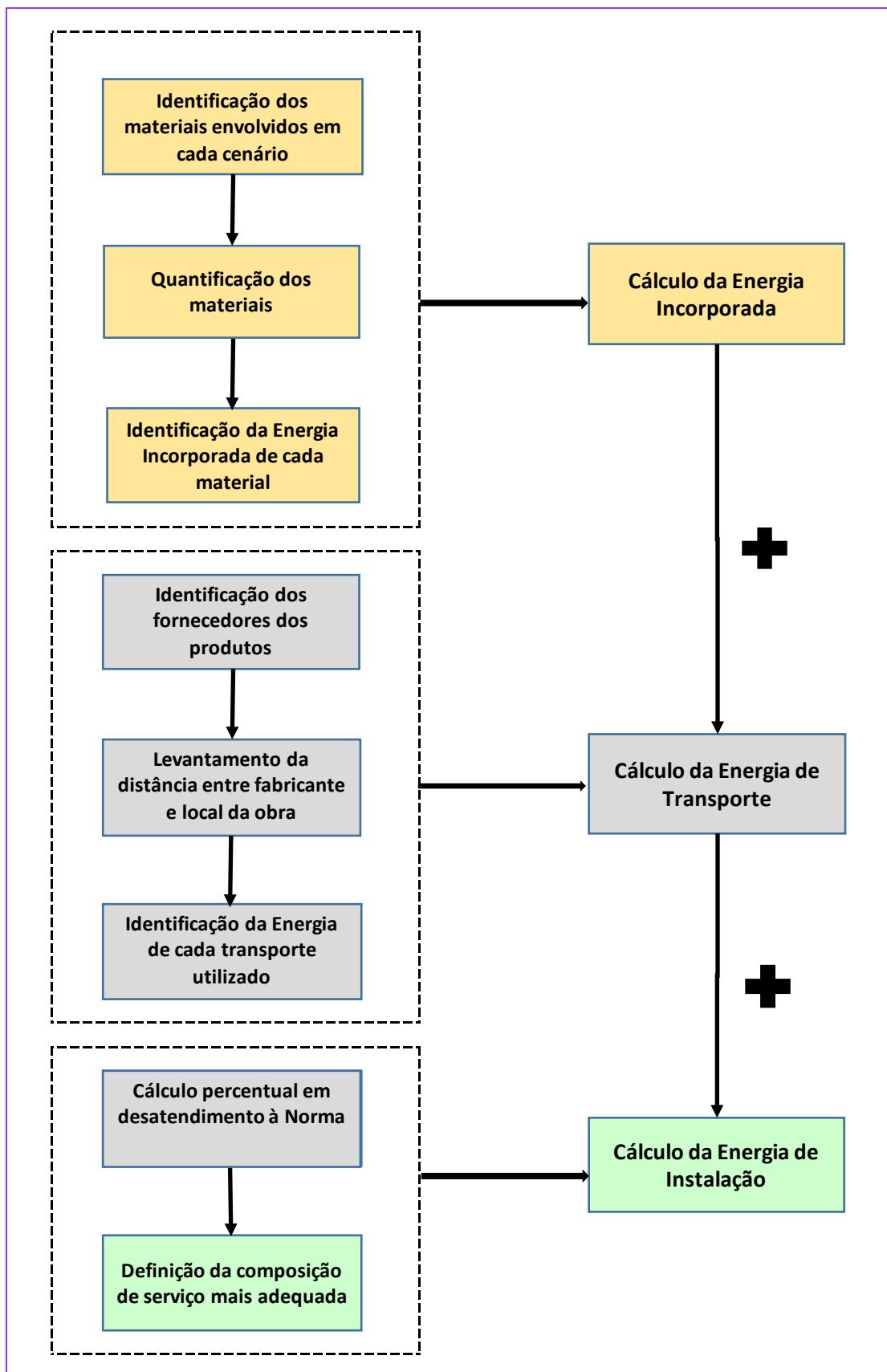
ET = Energia Total

Eli = Energia Incorporada Inicial

EIO = Energia Incorporada Operacional ou Recorrente

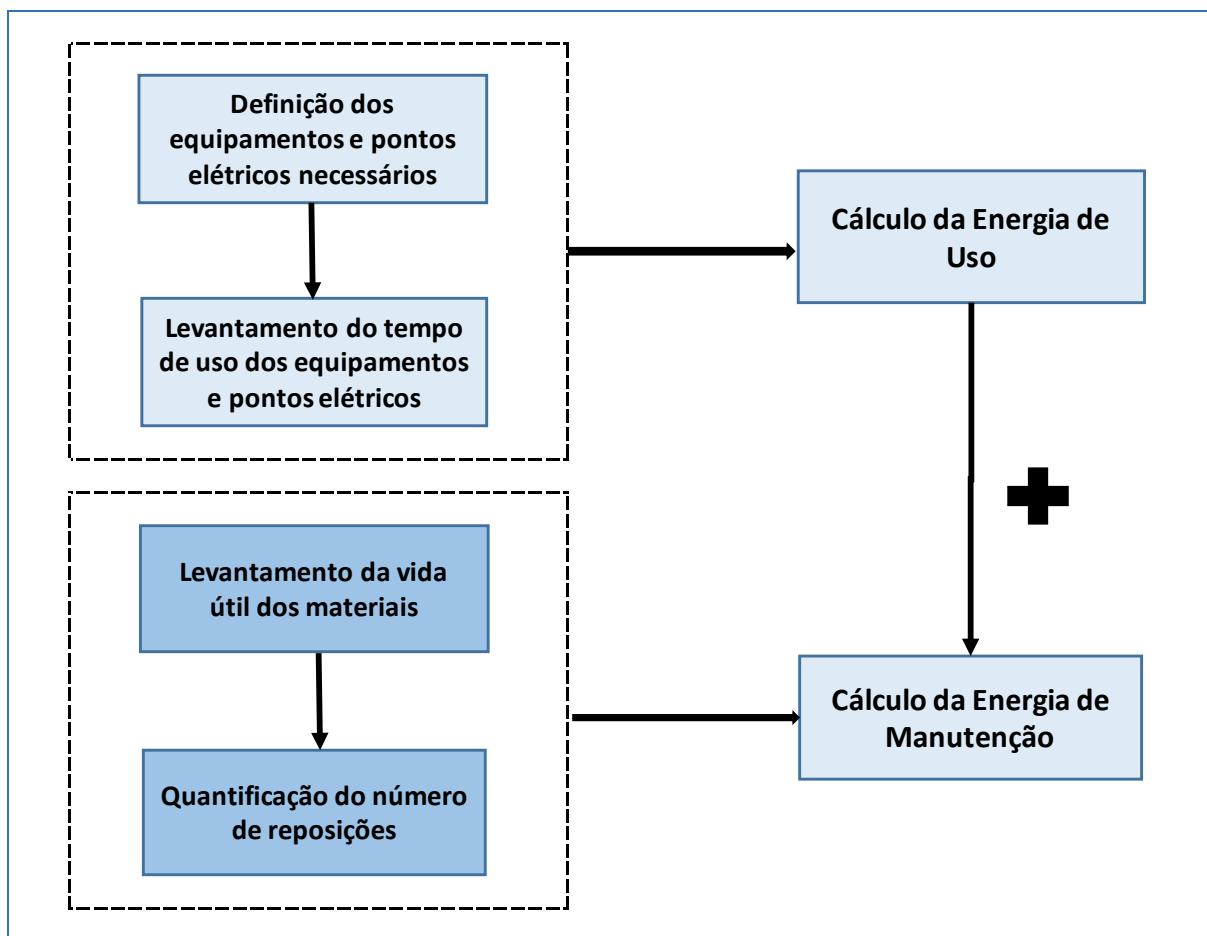
O Fluxograma detalhado do cálculo da Energia Pré-Operacional e Operacional estão nas Figuras 3 e 4, respectivamente.

Figura 3 – Fluxograma de cálculo da Energia de Pré-Operacional



Fonte: Os Autores

Figura 4 - Fluxograma de cálculo da Energia Operacional



Fonte: Os Autores

Os gastos de energia devem ser convertidos em energia primária pela aplicação do Fator de Correção de 1,63, resultante da média dos dados de três autores (ver Quadro 3).

Quadro 3 – Dados para cálculo do Fator de Correção

Autor/Ano	Fator de Correção
Maciel (2013)	1,67
Pedroso (2015)	1,62
Paulsen e Spoto (2013) – base inventário 2003	1,60

Fonte: Os Autores

Quanto ao desempenho térmico, a ABNT NBR 15.575:2013 estabelece os seguintes requisitos para a Zona Bioclimática 4: no Verão Temperatura interna máxima \leq T externa máxima; e no Inverno Temperatura interna máxima \geq Temperatura externa máxima + 3°C. A base de dados climática utilizada é do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LabEEE) e as características térmicas dos elementos foram extraídos na ABNT NBR 15.220-2:2005, conforme Quadro 4.

Quadro 4. Características térmicas dos materiais

Material	Massa Aparente (Kg/m ³)	Condutividade Térmica (W/(m.K))	Calor Específico (KJ/(Kg.K))
Argamassa Comum	1950,00	1,15	1,00
Telha Cerâmica Plan	1500,00	0,90	0,92
Concreto (laje de forro)	2300,00	1,75	1,00
Aço (componente telha termoacústica)	7800,00	55,00	0,46
Poliestireno Expandido (telha termoacústica)	25,00	0,04	1,42

Fonte: Os Autores

O cálculo da energia de uso considerou os equipamentos mais incidentes na pesquisa IBGE (2010) e o consumo divulgado pela Eletrobras (2007), conforme apresentado no Quadro 5:

Quadro 5 – Lista de equipamentos e consumo

Equipamento	Quantidade	Unidade	Consumo mensal/unidade de equipamento (KWh)
TV em cores 14"	1	Un	9,00
Geladeira 1 porta	1	Un	30,00
Liquidificador	1	Un	1,10
Microcomputador	1	Un	10,80
Chuveiro	1	Un	70,00
Máquina de Lavar roupa	1	Un	6,00
Ferro elétrico automático	1	Un	7,20
Fogão simples	1	Un	0,15

Fonte: Os Autores

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Fase Pré-Operacional

Os cálculos das diversas energias envolvidas na Fase Pré-Operacional estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Energia Pré-Operacional da Edificação

Cenário	Energia Incorporada da Telha (MJ/m ²) (A)	Energia de Transporte (MJ/m ²) (B)	Energia Incorporada Instalação telha (MJ/m ²) (C)	Energia Incorporada Inicial (MJ/m ²) (A=B+C)
Cenário I - TTSF	830,43	22,65	6,53	859,60
Cenário II - TTCF	1584,35	36,98	176,73	1798,06
Cenário III - TCSF	380,96	18,82	6,97	406,75
Cenário IV - TCCF	1247,43	33,58	177,17	1458,18

Fonte: Os Autores

Os dados da Energia Incorporada Inicial da Tabela 1 demonstram que:

- a. o cenário telha cerâmica sem laje de forro (TCSF) possui a menor Energia Incorporada Inicial. Esse resultado deve ser ocasionado pelo processo produtivo da telha cerâmica, fabricada em fornos à lenha enquanto a telha termoacústica é industrializada e possui maior energia incorporada no material;
- b. o cenário telha Termoacústica aço/aço sem forro (TTSF) apresenta o segundo melhor resultado do grupo, ocasionado pela ausência da laje de forro, visto que o concreto apresenta alta energia incorporada;
- c. os cenários com laje de forro apresentam maior Energia Incorporada Inicial, principalmente em função do volume de concreto. O concreto não apresenta alta energia embutida (3,10 MJ/Kg) quando comparado com o aço ou EPS que possuem 33,8 MJ/Kg e 112 MJ/m², respectivamente. Todavia o concreto possui alta densidade (2.300 Kg/m³), resultando numa maior Energia Incorporada em relação aos demais componentes da cobertura.

Na etapa de transporte, o cenário TCSF também apresenta a menor Energia de Transporte, seguido pelo TTSF. As variações de energia de transporte entre cenários com mesmo tipo de telha são: 61% entre as telhas termoacústicas; e 56% para telhas cerâmicas.

Foi observado ainda que as grandes distâncias percorridas por alguns materiais impactam significativamente na Energia de Transporte, por isto, ações de descentralização em relação aos grandes centros urbanos ou que diminuam a dependência em relação a esses locais são alternativas importantes para minimizar esse tipo de gasto energético.

Quanto à Energia de Instalação, o cenário da telha termoacústica aço/aço (TTSF) apresenta o menor valor (6,53 MJ/m²), seguido pela telha cerâmica sem laje de forro (6,97 MJ/m²). Todos os cenários sem laje de forro (TTSF e TCSF) obtiveram os menores valores, em função da quantidade de serviços e

o menor tempo de mão-de-obra envolvida. Observa-se ainda que a colocação da telha cerâmica demanda quantidade maior de horas de mão de obra, logo maior gasto energético.

A execução da laje de forro aumenta significativamente o gasto energético de instalação em função do consumo de energia do equipamento para vibração do concreto e gastos energéticos nos diversos serviços acessórios à laje (chapisco, reboco, pintura, etc.). Mantido o tipo de telha, a variação entre situações de laje é de 96%. Isso demonstra que o principal fator de impacto na Energia de Instalação é a adição da laje de concreto e os serviços correlatos.

Comparando todos cenários pelo tipo de telha, conclui-se que a presença da laje de forro aumenta significativamente o gasto energético da fase Pré-Operacional em função dos diversos serviços e insumos envolvidos. A laje de forro em concreto possui uma energia de instalação de 162,08 MJ/m². Avaliando os serviços executados em função da instalação da laje de forro, observa-se que o reboco apresenta a maior energia, visto que: o chapisco corresponde a 0,15 MJ/m²; o reboco, 6,08 MJ/m²; e a pintura, 1,89 MJ/m². A estrutura da cobertura apresenta uma energia de instalação de 3,69 MJ/m² provocada principalmente pela demanda de mão-de-obra que neste serviço é de 3,54 horas/m². Esse resultado reforça a hipótese de que o trabalho manual resulta em maior consumo de energia em relação aos industrializados.

5.2 Energia Operacional

Para o cálculo da Energia Operacional são considerados todos os aparelhos utilizados na edificação, sendo que para este estudo é utilizado o software *DesignBuilder* onde são inseridos os equipamentos e pontos elétricos existentes na edificação habitacional, bem como o tempo de uso de cada elemento. O software *DesignBuilder* é utilizado em função da sua interface com o Energy Plus adotado como referência na norma de desempenho.

Os resultados da Energia Operacional para um período de 50 anos (vida útil do projeto) estão descritos na Tabela 2.

Tabela 2 – Energia da Fase Operacional

CENÁRIO	ENERGIA DE USO (MJ/m ²) (A)	ENERGIA DE MANUTENÇÃO (MJ/m ²) (B)	ENERGIA OPERACIONAL (MJ/m ²) (A+B)
Cenário I - TTSF	10.851,28	986,83	11.838,11
Cenário II - TTGF	10.533,85	2.439,61	12.973,46
Cenário III - TCSF	11.002,23	866,23	11.868,46
Cenário IV - TCCF	10.558,53	2.467,62	13.026,15

Fonte: Os Autores

Os cálculos apresentados na Tabela 2 consideram um aparelho de condicionamento tipo *split* para toda a edificação e a inserção desse aparelho visa destacar a diferença entre os cenários.

Quanto à Energia Operacional, os cálculos demonstram que:

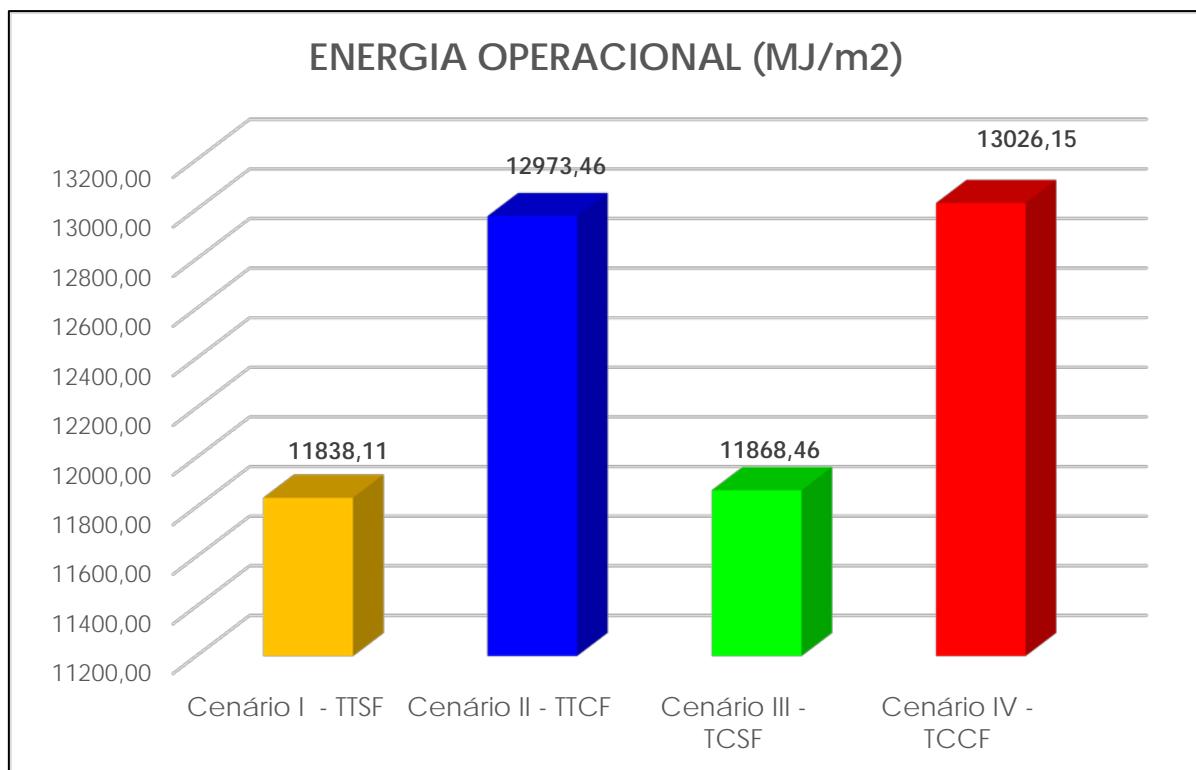
- a. a telha termoacústica com laje de forro (TTCF) apresenta a menor Energia de Uso. Este resultado corresponde ao esperado, pois o poliestireno expandido é formado predominantemente por ar, sendo um material com boas características de isolamento térmico. Além dessa camada, a Laje de forro também atua como barreira para a transmissão de calor;
- b. a telha cerâmica com laje de forro (TCCF) apresenta a segunda menor Energia de Uso, reforçando a importância da laje na manutenção do conforto térmico do ambiente e menor necessidade de condicionamento do ar.
- c. as telhas termoacústicas (aço/aço ou aço/filme) apresentam valores de Energia de Uso inferiores ao da telha cerâmica quando comparados em situação similar de laje de forro;
- d. a Energia de Manutenção dos cenários com laje é superior aos cenários sem laje, sendo a revisão da pintura um dos principais fatores para esse aumento significativo de consumo energético.
- e. o cenário TCSF apresenta a menor Energia de Manutenção. Tal fato deve-se à menor energia de produção da telha e a inexistência da laje de forro e, consequentemente, dos serviços correlatos à execução da Laje

Cabe destacar também que o tempo de vida útil da telha termoacústica é 90% maior do que a telha cerâmica, o que impacta na Energia de Manutenção. Todavia, ressalta-se que essa é uma informação fornecida pelo fabricante e que este produto é relativamente novo, logo são necessários dados históricos que referendem essa informação.

Destaca-se também a relevância das reposições, principalmente do serviço de revisão da pintura. Esse serviço aumenta significativamente a Energia de Manutenção.

Na Figura 5 são representados os resultados do valor total da Energia Operacional da Fase de Uso.

Figura 5 – Energia Operacional



Fonte: Os Autores

Na fase Operacional, o cenário TTSF apresenta o melhor consumo energético e os cenários com laje de forro mantém valores acima daqueles sem laje. Esse fato é ocasionado pela necessidade de manutenção dos serviços relacionados à laje, tais como, a revisão de pintura.

5.3 Energia Total

A Energia total de cada cenário está na Tabela 3.

Tabela 3 – Energia Primária total de cada cenário

CENÁRIO	ENERGIA INCORPORADA INICIAL (MJ/m ²) (A)	ENERGIA OPERACIONAL OU RECORRENTE			TOTAL DE ENERGIA PRIMÁRIA (MJ/m ²) (A+C+D)
		ENERGIA DE USO (MJ/m ²) - Secundária (B)	ENERGIA DE USO (MJ/m ²) - Primária (B x 1,63) (C)	ENERGIA DE MANUTENÇÃO (MJ/m ²) (D)	
Cenário I - TTSF	859,60	10.851,28	17.687,59	986,83	19.534,02
Cenário II - TTCF	1.798,06	10.533,85	17.170,17	2.439,61	21.407,84
Cenário III - TCSF	406,75	11.002,23	17.933,64	866,23	19.206,61
Cenário IV - TCCF	1.458,18	10.558,53	17.210,40	2.467,62	21.136,21

Fonte: Os Autores

Comparando cenários com mesma condição de laje (TTSF com TCSF e TTCF

com TCCF) demonstra uma variação de no máximo 3,3% e 1,9%, respectivamente. Conclui-se que a telha não representa um diferencial significativo de economia de energia. No entanto, se verificada as situações com telhas similares, ou seja, TTSF com TTCF e TCSF com TCCF, o acréscimo de energia é de 15%. Isso demonstra, como observada em cada etapa, que o principal fator de aumento de energia são os serviços correlatos à execução da laje de forro.

6 CONCLUSÕES

Os quatro cenários elaborados demonstraram que a telha termoacústica não possui um menor gasto energético quando comparado em sistema construtivo similar (com ou sem laje de forro). Todavia essa variação é inferior a 2%, logo não representa um ganho significativo, mas é importante ressaltar que uma ACVE é o retrato de uma situação específica, logo os sistemas de vedação horizontal propostos nesse projeto devem ser avaliados para cada região, pois:

- a disponibilidade de matéria-prima é variável em cada região, impactando na distância de transporte;
- a metodologia de extração pode ser otimizada por meio de novas tecnologias;
- os avanços na fabricação dos produtos podem ampliar a vida útil dos produtos, diminuindo a quantidade de reposições e, consequentemente, a Energia de Manutenção.

Na Fase de Pré-Operação, os cenários sem laje de forro (TTSF e TCSF) obtiveram os menores valores em função da quantidade de serviços, insumos e o menor tempo de mão-de-obra envolvidos.

Na Fase Operacional, o cenário TTSF apresentou o menor resultado. Esse cenário obteve o melhor resultado principalmente em função do reduzido consumo de energia de manutenção, ocasionado pela maior vida útil da telha termoacústica em relação à cerâmica e a menor quantidade de insumos e serviços necessários.

A comparação do gasto de energia primária em condições similares de Laje, ou seja, TTSF com TCSF e TTCF com TCCF demonstra uma variação inferior a 2%. No entanto, se analisada as situações com telhas similares, ou seja, TTSF com TTCF e TCSF com TCCF, o acréscimo de energia é em torno de 10%. Conclui-se que a telha não representa um diferencial significativo de economia de energia e que a execução de laje de forro pode crescer em 10% o consumo energético.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **ABNT NBR 15.575-5:2013 – Edificações habitacionais — Desempenho Parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **ABNT NBR 15.575-5:2013** – Edificações habitacionais — Desempenho Parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **ABNT NBR 15.220-1:2005** – Desempenho térmico de edificações – Parte 1: Definições, símbolos e unidades, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **ABNT NBR 15.220-2:2005** – Desempenho térmico de edificações – Parte 2: Método de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **ABNT NBR ISO 14044: 2009 (versão corrigida 2014)**, – Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **ABNT NBR 16373:2015** - Telhas e painéis termoacústico - Requisitos de desempenho, elaborada pelo Comitê Brasileiro de Siderurgia

CAIXA - **Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção** – disponível em www.caixa.gov.br acessado em Out/2015.

CATÁLOGO TÉCNICO – Sistemas de Cobertura – Fornecedor Isoeste

ELETROBRAS / PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA – **Pesquisa de posse de equipamentos e hábitos de uso** – Ano Base 2005, Classe Residencial, Relatório Brasil, 2007.

HAYNES, RICHARD - **Embodied Energy Calculations within Life Cycle Analysis of Residential Buildings**, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, **Relatório** disponível em <http://www.ibge.gov.br/> acessado em maio de 2015.

ISAIA, G. A Ciência e a Engenharia de Materiais de Construção Civil. In: ISAIA, G. **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. São Paulo: IBRACON, 2007. p. 01-36.

Laboratório de Eficiência Energética em Edificações – **Tabela de dados climáticos** – disponível no site www.labeee.ufsc.br/ acessado em julho/2015.

MACIEL, ANA CAROLINA – (2013), **Energia Incorporada de Fachadas Ventiladas. Estudo de caso para edificação habitacional em Brasília-DF**.

Dissertação de Mestrado em Estruturas e Construção Civil, Publicação E.DM-018^a/13, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 146p.

NAKAMURA, JULIANA - . Revista **Notícia da Construção**, Março/2014, Página 30, Ed. 131; disponível em https://issuu.com/sind_issuu/docs/revista_noticias_ed_131_web visitado em 15 de Janeiro de 2015

PAULSEN e SPOSTO - **Energia incorporada em Habitações de Interesse Social na fase de pré-uso: o caso do Programa Minha Casa Minha Vida no Brasil**, 2013

PEDROSO, GILSON - **Metodologia para avaliação de ciclo de vida Energético (ACVE) de habitação de interesse social de sistemas inovadores: estudo de caso para o Distrito federal**, Universidade de Brasília, 2015

Revista **Construção Mercado**, Agosto/ 2014, Ed. 157, disponível no site <http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/157/> 01/09/2014, visitado em 20 de outubro de 2015.

SEBRAE – Cerâmica Vermelha – Estudo de Mercado SEBRAE/ESPM, Série Mercado, 2008.

TAVARES, S.F. **Metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida energético de edificações residenciais brasileiras**, 2006. Tese (Doutorado em engenharia) – PPGEC, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.

UNITED NATIONS OF ENVIRONMENTAL PROGRAMME (UNEP) – **Buildings and Climate Changes Status, Challenges and Opportunities**, 2007