



XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído

Avanços no desempenho das construções – pesquisa, inovação e capacitação profissional

12, 13 E 14 DE NOVEMBRO DE 2014 | MACEIÓ | AL

COMPARATIVO DE ENERGIA EMBUTIDA EM DIFERENTES COMPOSIÇÕES DE FACHADAS VIVAS – ENTAC 2014 – MACEIÓ – AL

OLIVEIRA, Luciana Bandeira de (1); ALVES, Alexandre Bessa Martins (2); LIMA JUNIOR, José Edwalto de (3); TAVARES, Sérgio Fernando (4)

(1) UFPR, (41)3361-3069, e-mail: luciana.ban@gmail.com (2) UFPR, e-mail: alexandre.bmalves@gmail.com, (3) UFPR, e-mail: arq.jrlima@gmail.com (4) UFPR, e-mail: sergioftavares@gmail.com

RESUMO

As fachadas vegetadas possuem conhecidas propriedades benéficas ao meio urbano e às edificações, tais como a redução do consumo energético com climatização, mitigação dos gases do efeito estufa, redução de ilhas de calor, além do resgate da biodiversidade e do contato com a natureza, perdidos no meio urbano. Dessa forma, as mesmas têm sido objeto de estudo em diversos países, no Brasil os altos níveis de radiação solar tornam o clima favorável à implantação dessa tecnologia. Os sistemas de fachadas vivas (*living wall systems*) são entendidos como conjuntos de módulos ligados à parede, no qual o enraizamento das plantas se dá na própria estrutura e não no chão. Estas apresentam os maiores valores de energia embutida dentre os tipos existentes de jardins verticais, devido ao uso de materiais como metais e plásticos na composição de sua estrutura, por outro lado, apresentam desempenho superior de redução da carga térmica de edifícios e de fixação de carbono e outros gases do efeito estufa, reduzindo impactos ambientais. Dessa forma, este trabalho apresenta resultados acerca da energia embutida das fachadas vivas num contexto brasileiro e verifica a redução desse valor utilizando componentes alternativos na estrutura das mesmas, avançando nos estudos relativos às fachadas vegetadas e suas implicações ambientais no contexto brasileiro. Estudos conduzidos em outros países apresentam elevados impactos ambientais relacionados aos sistemas de fachadas vivas. Neste estudo, o tipo de fachada que apresentou maior energia embutida inicial foi o sistema de módulos de plástico, seguido do sistema em manta com estrutura metálica, e constatou-se que a substituição dos materiais tradicionalmente usados como o aço, por materiais de reduzido valor energético, como a madeira, reduziu o valor da energia embutida, sendo este o sistema que apresenta menor energia embutida por unidade de área, mesmo quando tratamos da reposição em 50 anos.

Palavras-chave: sistemas de fachadas vivas, energia embutida, impactos ambientais.

ABSTRACT

The Green façades are known for bringing many positive properties to urban centers and buildings, such as the reduction of energy consumption, mitigation of greenhouse gases, the reduction of the heat islands, and also the rescue of the biodiversity and the contact with nature, almost lost in urban centers. Therefore, this system has been studied in several countries; the high levels of solar radiation in Brazil for instance, present favorable conditions on implementing and studying this technology. The living wall systems are sets of modules linked to the wall, in which the rooting occurs in the own structure and not in the ground. This kind of system presents the biggest values of embodied energy due to the materials on the structure, for example metal and plastic. But on the other hand, when compared to other systems, they present a superior performance on the reduction of the thermal gain of solar heat, and the fixation of carbon and other greenhouse gases, decreasing the environmental impacts. Thereby, this paper presents results upon embodied energy of green façades in Brazil and tests its reduction by changing some components on its structure, making progress on the studies and discussing the environmental entailment on the Brazilian context. Studies conducted in other countries present high levels of environmental

impacts related to living wall systems. In our study the type of façade that reached the highest embodied energy was HDPE plastic modules, followed by felt layers with metallic structure, and we concluded that the substitution of the materials traditionally used by wood reduced the value of embodied energy, making this system the one that presents the lowest embodied energy per unit of area, even when it is considered its replacement within a 50 years life-cycle.

Keywords: *Living wall systems, embodied energy, environmental impacts*

1 INTRODUÇÃO

As exigências do mercado e da sociedade por menores impactos ambientais favorecem o uso de sistemas construtivos com atributos em prol da sustentabilidade nas edificações. Neste sentido, as fachadas vegetadas têm sido utilizadas na construção civil, também acompanhando a tendência da “arquitetura verde”, termo usado comercialmente para designar edifícios ou técnicas de baixo impacto ambiental.

Podem ser consideradas fachadas vegetadas quaisquer técnicas que utilizem plantas para cobertura de paredes, internas ou externas, de um ambiente construído. Classificam-se em dois grupos principais: fachadas verdes (*green walls*) e sistemas de fachadas vivas (*living wall systems*), as primeiras se caracterizam pela necessidade de solo, em canteiros ou no chão, para seu desenvolvimento, enquanto os sistemas de fachadas vivas abrigam as plantas em sua estrutura com pouco ou nenhum solo (KÖHLER, 2008; LOH, 2008; PERINI, 2011).

Além do apelo mercadológico, as fachadas vivas são sistemas construtivos utilizados para reduzir a carga térmica dos edifícios, purificar o ar, proteger a parede contra a radiação solar direta, intempéries e depredações de vandalismo e resgatar parte da biodiversidade local. Na escala urbana, seu uso é justificado para a redução do efeito de ilha de calor, captação do carbono, melhorias na paisagem, reconciliação ecológica com o meio urbano, bem-estar social e saúde das pessoas (PECK, 1999; LOH 2008; SHARP, 2009; FRANCIS & LORIMER, 2011; ALEXANDRI & JONES, 2008).

Porém, devido à necessidade de manutenção e irrigação constantes e aos tipos de materiais empregados em sua estrutura são considerados por muitos profissionais como “*green wash*”, ou seja, um recurso estético que remete à natureza e à sustentabilidade, mas sem impactos positivos reais para o meio ambiente.

Um meio de avaliar a sustentabilidade de produtos são as análises do ciclo de vida (ACV), estudos dos impactos gerados por produtos ou edificações, desde a extração da matéria prima até sua destinação final. Inseridas neste conceito estão as análises do ciclo de vida energético, que são uma forma significativa de conduzir uma análise de impactos ambientais ao longo de todo o ciclo de vida do edifício, ou nas fases específicas: pré-operacional, operacional e pós-operacional. (TAVARES, 2006; PAULSEN, 2013).

Este artigo apresenta resultados parciais de uma dissertação em andamento do Programa de Pós Graduação em Engenharia da Construção Civil da Universidade Federal do Paraná, e tem como objetivo avaliar o impacto ambiental das fachadas vivas através do levantamento da energia embutida e da comparação entre diferentes sistemas, quantificando a energia embutida nos materiais componentes das mesmas, desde a extração dos insumos até a fabricação, resultando em uma análise *cradle-to-gate* (do berço ao portão), que permite avaliar o peso da escolha dos materiais no impacto ambiental das mesmas.

2 FACHADAS VIVAS

As fachadas vivas, também conhecidas como jardins verticais, paredes vivas ou *living wall systems*, se caracterizam por envolver estruturas de caixas, mantas ou similares que ancoram as plantas, para que se desenvolvam dentro de sistemas de módulos ligados a parede, sem precisarem enraizá-las no chão (KÖHLER, 2008). Segundo Ottelé *et al.* (2011) as fachadas verdes apresentam impactos ambientais menores que os sistemas de fachadas vivas, no entanto, estas proporcionam economia de energia com climatização três vezes maior que as primeiras.

As fachadas vivas em manta são sistemas construtivos produzidos *in loco*. A técnica foi desenvolvida e patenteada nos anos 80 e 90 pelo botânico Patrick Blanc. As fachadas vivas em manta de Blanc (2011) são compostas por três etapas: armação metálica, painel de PVC e camadas de manta. Na primeira etapa, perfis metálicos, que podem ser de aço galvanizado, aço inoxidável ou alumínio, formam uma estrutura em grade que pode ou não ser fixada na parede da edificação. Logo depois, a estrutura metálica recebe a fixação de chapas de PVC, formando um grande painel de apoio e uma barreira de isolamento térmico para superfície da parede do edifício. Em seguida, uma dupla camada de feltro é grampeada na chapa de PVC com grampos de 10 mm. O grampeamento, além de fixar as mantas de feltro na chapa, ajuda também a delimitar os espaços que se tornarão os bolsos onde as plantas irão se desenvolver. Por fim, na camada de feltro externa são feitos cortes com estiletos apropriados que formarão os bolsos de feltro.

Lima Junior (2014), baseando-se nos sistemas de Blanc, propôs a construção de fachadas vivas com uso de materiais alternativos como a madeira na estrutura e a lona plástica no lugar da chapa de PVC para aplicações em pequena e média proporções. Para isto, aproveitou a própria estrutura de madeira para a fixação dos grampos e criação dos bolsos de feltro. Foi verificado que tais materiais se mostraram resistentes às intempéries, ao peso das plantas e à umidade da cavidade.

As fachadas vivas em módulos ou painéis modulares consistem em caixas de polietileno de alta densidade (PEAD), as quais acomodam as plantas em vasos, também de PEAD, e são fixadas à parede ou a uma estrutura auxiliar. Esse modelo tem sido muito fabricado e comercializado no mercado brasileiro, pelo baixo custo e moldabilidade do PEAD, pela facilidade de montagem e efeito estético.

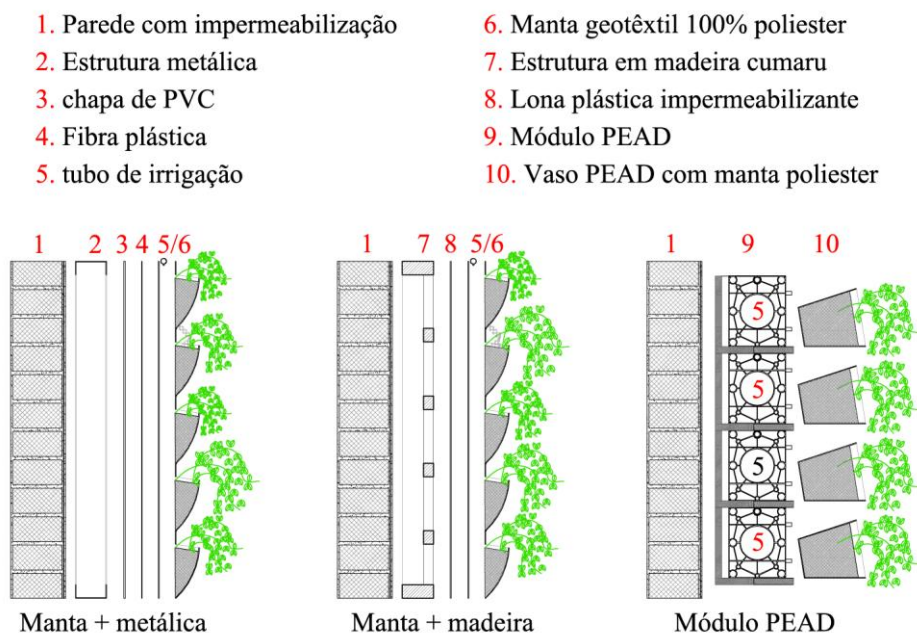
A alimentação das plantas é feita por hidroponia (BLANC, 2012), técnica de desenvolvimento de plantas sem uso do solo. Nas fachadas vivas é necessária apenas uma pequena quantidade de substrato que serve como base para a retenção da água e dos nutrientes, além do enraizamento das plantas, papel que também é desempenhado pela camada de feltro. Nesses casos, as plantas precisam receber constantemente uma solução contendo todos os nutrientes necessários a sua sobrevivência, através da fertirrigação.

3 MÉTODO

Dado o objetivo de comparar a energia embutida nos sistemas de fachadas vivas, após conhecer as características das fachadas vegetadas foram escolhidos para a análise três diferentes sistemas de fachadas vivas: a fachada viva em manta com estrutura metálica, semelhante à criada por Patrick Blanc (2012); a fachada viva em manta adaptada por Lima Jr.(2014), com estrutura em madeira; e a fachada viva em módulos de plástico,

encontrada no mercado brasileiro. A figura 1 ilustra a composição de cada sistema analisado.

Figura 1: Composições dos sistemas de fachadas vivas estudados



Fonte: dos autores

Foram escolhidos para análise os sistemas de fachadas vivas partindo-se do pressuposto que as fachadas verdes, aquelas com enraizamento no solo, possuem baixa energia embutida, visto que possuem estrutura de suporte simplificada e composta de poucos materiais. Propostos os tipos de sistemas de fachadas vivas a serem estudados, a próxima etapa consistiu em identificar e quantificar os materiais necessários à construção de cada sistema proposto, sendo a unidade de análise 1 metro quadrado de fachada.

Em seguida, o cálculo da energia embutida dos sistemas de fachadas apoiou-se em bases de dados de energia embutida de materiais utilizados na construção civil. Tavares (2006) apresenta um inventário de dados sobre os materiais mais utilizados no mercado brasileiro, porém, para alguns componentes a fonte de dados é internacional e, para a chapa de PVC, foi necessário recorrer a dados apresentados por Hammond e Jones (2008), levantados na Inglaterra. Alguns dados ainda foram retirados de Lopes (2014) que realizou estudo sobre a energia embutida de coberturas vegetadas para a cidade de Curitiba/PR. Os dados compilados foram organizados em planilha eletrônica e foi quantificado o total da energia embutida inicial, considerando-se 1m² de cada sistema.

Alguns componentes das fachadas podem variar de acordo com o projetista, o local e as condições de aplicação de um sistema deste tipo, como a origem do armazenamento de água, o sistema de irrigação, além de sistemas de drenagem em decorrência da instalação das fachadas vivas. Estes componentes não foram considerados neste cálculo da energia embutida.

O foco deste trabalho foi calcular a energia embutida nos materiais componentes das fachadas considerando apenas a extração dos materiais e fabricação dos componentes, consistindo em uma análise *cradle-to-gate*, de modo que também não foi calculada a

energia de transporte destes até a construção. Sendo assim, não se trata de uma análise de ciclo de vida energético completa. Para a avaliação completa do ciclo de vida energético de uma construção é fundamental incluir a energia gasta com variáveis como o transporte, que pode variar entre os locais e tipos de fachadas; além da energia operacional, principalmente quanto à irrigação, que pode ser automatizada, por bomba d'água, por gotejamento em gravidade, ou ainda com reaproveitamento de águas pluviais; além da energia de descarte ou demolição.

Por fim, considerando-se um ciclo de vida de 50 anos, mostra-se necessária a reposição de alguns materiais, como a chapa de PVC, a manta geotêxtil, a fibra plástica, os grampos metálicos, os tubos do sistema de irrigação, o substrato, as mudas, a estrutura de madeira e os pregos de aço galvanizado (OTTELÉ et. al, 2011; NAHUZ, 2013). Tavares (2006) considera que, apesar de essa reposição ocorrer cronologicamente na fase operacional do ciclo de vida, essa energia deve ser considerada energia embutida do material ou sistema construtivo, por ser da mesma natureza.

Assim, a energia embutida dos materiais repostos ao longo do ciclo de vida foi adicionada à energia embutida inicial calculada previamente. Ottelé *et al* (2011) fornece informações sobre o tempo de vida útil de cada um dos componentes das fachadas vivas em manta com estrutura metálica e em módulos de PEAD, enquanto que para a estrutura em madeira utilizou-se Nahuz (2013), que complementa os dados dos componentes da fachada viva com a durabilidade das madeiras.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Energia embutida inicial

Na análise dos três tipos de fachadas vivas, apresentada na Tabela 1, as diferentes composições das mesmas já resultam em pesos relativos diferentes, sendo que as fachadas em módulos plásticos, devido, principalmente, a grande quantidade de substrato em um metro quadrado, chegam a pesar 34,5 Kg/m² de fachada, enquanto que o sistema com manta e madeira pesa 25,13 Kg/m² e o sistema em manta com estrutura metálica 22,65 Kg/m², não sendo considerada nestas porções a água com nutrientes.

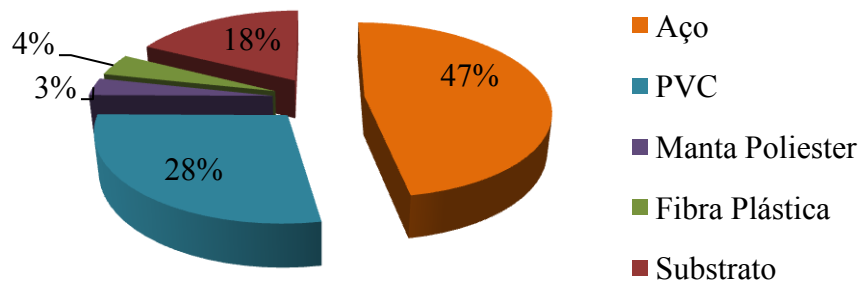
Tabela 1 – Peso e energia embutida inicial

| Tipo | Peso (Kg/m²) | EEi (MJ/m²) |
|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| Manta com estrutura metálica | 22,65 | 885,6 |
| Manta com estrutura em madeira | 25,13 | 314,4 |
| Módulo de PEAD | 34,52 | 1901,3 |

Fonte: dos autores

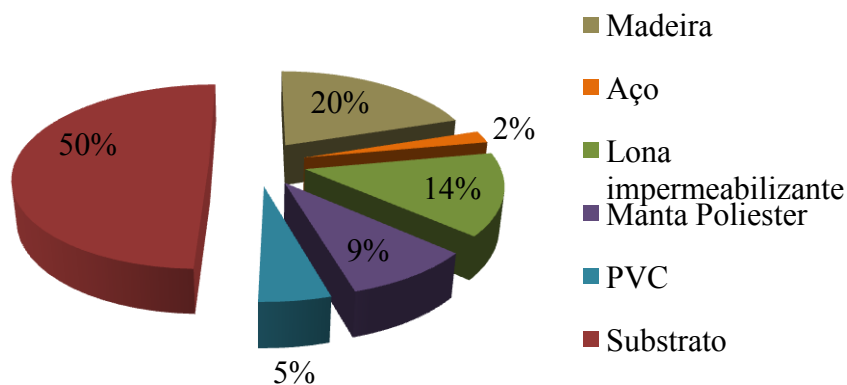
Em termos de energia embutida inicial o sistema em módulos plásticos também é o que apresentou o maior valor: 1901,3 MJ/m² de fachada, enquanto o sistema em manta com estrutura em madeira apresentou o menor: 314,4 MJ/m². O sistema em manta com estrutura metálica ficou com valor intermediário de 885,6 MJ/ m². As figuras 2, 3 e 4 ilustram a contribuição de cada material na energia embutida (EE) de cada sistema.

Figura 2 - % de contribuição de EE inicial em manta com estrutura metálica



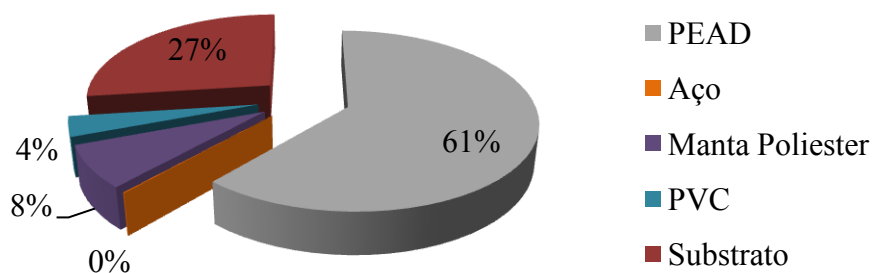
Ao analisarmos o sistema em manta com estrutura metálica, na Figura 2, vê-se que o aço presente na estrutura e ligações é o material de maior contribuição quanto à energia embutida inicial, representando 47 % do total do sistema de fachada, sendo seguido pelo PVC, presente na chapa onde a manta é fixada e nos tubos de irrigação, com 28 %.

Figura 3 - % de contribuição de EE inicial em manta com estrutura de madeira



No sistema em manta com estrutura em madeira, Figura 3, o substrato é o material de principal contribuição para a energia embutida inicial, representando 50%, enquanto que a estrutura em madeira é responsável por 20%.

Figura 4 - % de contribuição de EE inicial em módulos de PEAD



No caso do sistema de módulos em PEAD, presente no mercado brasileiro, a composição da fachada e seus pesos para a contribuição total da energia embutida são dados na Figura 4 (acima). Neste sistema, a estrutura em PEAD mais os vasos de

mesma composição são responsáveis por 61% da energia embutida da fachada, em seguida o substrato é o componente de maior peso, representando 27%.

Estes resultados nos mostram que, em termos de energia embutida inicial, o sistema de manta com estrutura de madeira é o que apresenta os melhores resultados, sendo que, como é composto por materiais de baixo impacto energético, o substrato é o componente de maior peso. Nos outros dois sistemas, a maior energia embutida é encontrada na própria estrutura da fachada, composta por plástico (PEAD) e estrutura metálica galvanizada. Mesmo assim, é interessante ressaltar que o substrato tem grande influência na energia embutida total das fachadas, que segundo Myrans (2009 apud Lopes, 2014) a alta energia decorre dos minerais que compõem o substrato, xisto, ardósia ou argila, que sofrem processamento a altas temperaturas (150 °C) para que estes potencializem a capacidade de retenção de umidade. Vale ressaltar que estes dados de energia embutida para o substrato são colhidos no Canadá e não há dados para o Brasil, que possivelmente seriam menores.

4.2 Energia embutida de reposição dos materiais

Considerando o ciclo de vida de 50 anos, as reposições de material necessárias aumentam consideravelmente a energia embutida dos sistemas. A tabela 2 apresenta os valores encontrados no cálculo da energia embutida total (EE) nos sistemas de fachadas vivas, considerando, além do peso de cada componente, a energia embutida inicial (EEi) o tempo de vida útil de cada material componente das fachadas estudadas e a energia gasta com a reposição dos mesmos ao longo do ciclo de vida (EEr).

Tabela 2 - Cálculo da energia embutida nos três sistemas de fachada

| Sistema Manta + Estrutura Metálica | quant. (Kg) | EE (MJ/Kg) | EEi (MJ) | vida útil(a) | EEr (MJ) |
|---|------------------------|-----------------------|---------------------|-------------------------|---------------------|
| Perfil de aço galvanizado tipo "c" 90x40mm ¹ | 12,07 | 33,8 | 408,1 | - | 0 |
| Parafusos autobrocantes de aço carbono ¹ | 0,20 | 33,8 | 6,7 | - | 0 |
| Chapa de PVC e=2,3 mm ² | 3,38 | 68,6 | 231,9 | 10 ⁵ | 1159,7 |
| Manta geotêxtil 100% poliéster ³ | 0,30 | 95,0 | 28,5 | 10 ⁵ | 142,5 |
| Fibra plástica PP ¹ | 0,43 | 83,8 | 35,8 | 10 ⁵ | 179,1 |
| Grampo metálico ¹ | 0,10 | 33,8 | 3,3 | 10 ⁵ | 16,3 |
| Tubo de PVC 20 mm para irrigação ¹ | 0,19 | 83,8 | 15,6 | 7,5 ⁵ | 104,3 |
| Substrato ³ | 5,99 | 26,0 | 155,7 | 10 ⁵ | 778,7 |
| Mudas | - | - | - | 3,5 ⁵ | - |
| TOTAL | 22,65 | | 885,6 | | 2380,6 |
| Sistema Manta + Estrutura Madeira | quant. (Kg) | EE (MJ/Kg) | EEi (MJ) | vida útil(a) | EEr (MJ) |
| Madeira aparelhada seca em forno (Cumaru) ¹ | 17,99 | 3,5 | 62,9 | 12 ⁴ | 262,3 |
| Pregos de aço galvanizado ¹ | 0,10 | 33,8 | 3,3 | 12 ⁵ | 13,9 |
| Lona plástica impermeabilizante PEAD ¹ | 0,47 | 95,0 | 44,9 | - | 0,0 |
| Manta geotêxtil 100% poliéster ³ | 0,30 | 95,0 | 28,5 | 10 ⁵ | 142,5 |
| Grampos ¹ | 0,10 | 33,8 | 3,3 | 10 ⁵ | 16,7 |
| Tubo PVC 20 mm para irrigação ¹ | 0,19 | 83,8 | 15,6 | 7,5 ⁵ | 104,3 |
| Substrato ³ | 5,99 | 26,0 | 155,7 | 10 ⁵ | 778,7 |

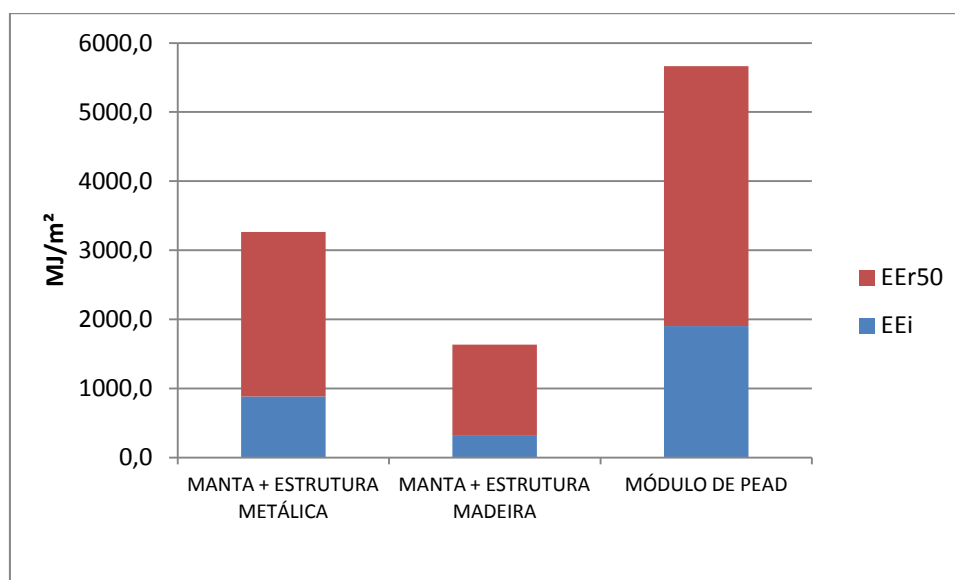
| | | | | | |
|---|--------------------|-------------------|-----------------|---------------------|-----------------|
| Mudas | - | - | - | 3,5 ⁵ | - |
| TOTAL | 25,13 | | 314,4 | | 1318,3 |
| Sistema em Módulos de PEAD | quant. (Kg) | EE (MJ/Kg) | EEi (MJ) | vida útil(a) | EEr (MJ) |
| Plástico estrutural PEAD dos módulos ¹ | 7,51 | 95,0 | 713,3 | - | 0,0 |
| Parafusos com bucha para alvenaria ¹ | 0,06 | 33,8 | 2,0 | - | 0,0 |
| Vaso para plantio em PEAD ¹ | 4,81 | 95,0 | 457,0 | - | 0,0 |
| Manta geotêxtil 100% poliéster ³ | 1,53 | 95,0 | 144,9 | 10 ⁵ | 724,6 |
| Tubo de PVC 20 mm para irrigação ² | 0,83 | 83,8 | 69,6 | 7,5 ⁵ | 464,1 |
| Substrato ³ | 19,79 | 26,0 | 514,5 | 10 ⁵ | 2572,6 |
| Mudas | - | - | - | 3,5 ⁵ | - |
| TOTAL | 34,52 | | 1901,3 | | 3761,3 |

Fonte: 1 – Tavares (2006); 2 – Hammond & Jones (2008); 3 – Lopes (2014); 4 – Nahuz (2013); 5 – Ottelé (2011)

Ao considerarmos o tempo de vida útil para as fachadas vivas, temos para o sistema em manta com estrutura metálica um aumento de 268 % de energia embutida, durante 50 anos, enquanto que para o sistema em manta com estrutura em madeira o aumento foi de 419 %, devido ao peso que o substrato apresenta na composição da fachada. E o sistema em módulos de PEAD teve um aumento de 198%.

Deve-se observar que, se em termos relativos percentuais os módulos em PEAD apresentam o menor aumento durante os 50 anos, na Figura 6 é possível ver que em termos absolutos esta ainda é a que tem o maior valor de energia embutida total.

Figura 5 - Total de energia embutida nos três tipos de fachada



Fonte: dos autores

5 CONCLUSÕES

Os sistemas em fachada viva podem apresentar diversas variações de composição e de materiais, porém neste trabalho são estudados o sistema em manta com estrutura

metálica, semelhante ao desenvolvido por Blanc (2012); em manta com estrutura em madeira, semelhante ao adaptado por Lima Junior (2014); e em módulos de PEAD industrializados e comercializados no Brasil.

Para estes sistemas calculou-se a energia embutida em um metro quadrado de fachada viva e concluiu-se que o sistema em módulos de PEAD é o que tem maior gasto energético na avaliação *cradle to gate* realizada, tanto considerando somente a energia embutida inicial como de reposição durante 50 anos.

Já na adaptação do sistema em manta com estrutura metálica e PVC para estrutura em madeira e lona realizada neste trabalho, verificou-se considerável redução da energia embutida inicial, tendo a mudança reduzido 65% da energia inicial e 50% da energia embutida total.

Fato que chama atenção neste estudo, ainda, é a grande contribuição que o substrato pode apresentar ao calcularmos a energia embutida de uma fachada viva. Devido à perda de parte do material do substrato durante a fertirrigação, faz-se necessária a reposição do mesmo. Porém os dados aqui utilizados não são da produção brasileira e sim canadense, por falta do dado às condições locais. O cálculo da energia embutida em substratos no Brasil seria estudo de grande relevância e que poderia ainda modificar os resultados aqui apresentados.

6 AGRADECIMENTOS

À CAPES, Coordenação de Aperfeiçoamento no Ensino Superior pelo financiamento de bolsa de estudos.

REFERÊNCIAS

ALEXANDRI, E.; JONES, P. Temperature decreases in an urban canyon due to green walls and green roofs in diverse climates. **Building and Environment**, v. 43, n. 4, p. 480-493, 2008.

BLANC, P. **The Vertical Garden: from nature to the city**. W.W.Norton & Company: London, 2012.

FRANCIS, R. A.; LORIMER, J. Urban reconciliation ecology: The potential of living roofs and walls. **Journal of Environment Management**. 1429-1437. Elsevier, 2011.

HAMMOND, G.; JONES, C. **Inventory of Carbon & Energy: ICE**. Sustainable Energy Research Team, Department of Mechanical Engineering, University of Bath, 2008.

KÖHLER, M. Green façades – a view back and some vision. **Urban Ecosyst**. V.11. Neubrandenburg, 423-436, 2008.

LIMA JUNIOR, J. E. **Avaliação da influência de um sistema de fachada viva: o estudo de caso da planta Sphagneticola Trilobata em condições de inverno em Curitiba**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil) Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná, 2014.

LOH, S. Living walls: a way to green the built environment. **BEDP Environment Design Guide**, 1(TEC 26), pp. 1-7. 2008.

LOPES, Thaís Vieira. **Telhado verde, energia embutida e emissão de CO2: Uma análise comparativa aos sistemas de cobertura convencionais**. 2014. 89 folhas. Monografia de especialização em construções sustentáveis – DACC - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba.

NAHUZ, M. A. R. (Coord.), Vários autores. **Catálogo de madeiras brasileiras para a construção civil**. São Paulo: IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2013.

OTTELÉ, M. et al. Comparative life cycle analysis for green façades and living wall systems. **Energy and Buildings**, v. 43, n. 12, p. 3419-3429, 2011.

PAULSEN, J. S.; SPOSTO, R. M. A life cycle energy analysis of social housing in Brazil: Case study for the program “MY HOUSE MY LIFE”, **Energy and buildings** 57(2013) 95-102. 2013.

PECK, S. P.; CALLAGHAN, C.; KUHN, M.E.; BASS, B. **Greenbacks from greenroofs: Forging a new industry in Canada**. Toronto: Canada Mortgage and Housing Corp, 1999.

PERINI, K; OTTELÉ, M; HAAS, E.M; RAITERI, R. Greening the building envelope, façade greening and living wall systems. **Open Journal of Ecology**, v. 1, n. 01, p. 1, 2011.

SHARP, R. Introduction to Green Walls: technology, benefits and design. **Green Roofs for Healthy Cities**, 2009.

TAVARES, S. F. **Metodologia de análise do ciclo de vida energético de edificações residenciais brasileiras**. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de pós-graduação em Engenharia Civil. Florianópolis. 2006.