

Comparação da eficiência energética entre uma cobertura verde e um telhado de fibrocimento utilizando simulação computacional

Comparison of energy efficiency between a green cover and a fiber cement roof using computer simulation

Fernando Carneiro Peixoto de OLIVEIRA [1](#); Renato Guimarães CASTANHEIRA [2](#); André Luiz Tenório REZENDE [3](#); Carlos Alexandre Bastos de VASCONCELLOS [4](#); Rodrigo Otavio Lopes de SOUZA [5](#)

Recibido: 21/09/16 • Aprobado: 20/10/2016

Conteúdo

- [1. Introdução](#)
 - [2. Materiais e métodos](#)
 - [3. Resultados e discussão](#)
 - [4. Conclusões](#)
- [Referências](#)

RESUMO:

Este trabalho apresenta uma comparação da eficiência energética entre uma cobertura verde e um telhado de fibrocimento utilizando simulação computacional. A simulação foi realizada por intermédio do software livre EnergyPlus, do Departamento de Energia dos Estados Unidos da América (EUA). O objetivo foi obter as cargas térmicas e o consumo de energia elétrica para as duas situações mencionadas. Inicialmente o programa foi calibrado para as condições meteorológicas locais, com auxílio de um protótipo. Posteriormente, foi realizada simulação baseada no modelo de residência popular (2E) do município do Rio de Janeiro, a fim de comparar os dois tipos de cobertura. Foi verificado que o consumo de energia elétrica foi maior no telhado verde do que no telhado de fibrocimento. Esse fato se justificou pela maior incidência dos raios solares nas paredes da residência e pelo telhado verde apresentar características de maior amortecimento térmico, aumentando, conseqüentemente, o seu consumo de

ABSTRACT:

This paper presents an energy efficiency comparison among a green roof and fiber cement roof using computer simulation. The simulation was performed through the free software EnergyPlus, by the United States of America (USA) Department of Energy. The objective was to obtain thermal loads and power consumption for the two different situations mentioned. Initially the program was calibrated to local weather conditions, with the aid of a prototype. Subsequently, the simulation was performed based on the popular home model (2E) by city of Rio de Janeiro, in order to compare the two types of roof. It was found that the consumption of electricity was higher in the green roof than the fiber cement roof. This fact was justified by the greater sunlight on the walls of the residence and because the green roof display features higher thermal damping, increasing thus their consumption of electricity. Therefore, it was concluded that the green roof is advantageous over cement roof when the

energia elétrica. Portanto, concluiu-se que o telhado verde é vantajoso em relação ao telhado de fibrocimento quando o percentual de incidência solar é majoritariamente aplicado diretamente na cobertura, e não nas paredes laterais da residência.

Palavras-chave: cobertura verde, eficiência energética, energia de refrigeração.

percentage of sunlight is mostly directly applied on the roof and not on the sides of the house walls.

Keywords: green roof, energy efficiency, cooling energy.

1. Introdução

Atualmente, o planeta tem passado por transformações causadas pela busca da utilização eficiente dos recursos naturais. Neste contexto, o Brasil que tem sua matriz energética pautada e sustentada em grande parte por hidroelétricas (MME, 2014), além de estar procurando diversificá-la com o uso de energia oriunda de biomassa (Goldemberg; Lucon, 2007).

De acordo com o Balanço Energético Nacional (BEN), de 2014, foram produzidos um total de 296,2 Mega toneladas equivalentes de petróleo (Mtep) de energia, sendo cerca de 41% oriundas de fontes renováveis, como a biomassa de cana, hidráulica, lenha e carvão vegetal. A média mundial de participação deste tipo de energia está em cerca de 14%. Além disso, a participação da energia elétrica no total da energia consumida em 2014 ficou em torno de 17% do total de energia produzida no Brasil.

O peso do consumo de energia elétrica residencial nacional ficou, em 2014, em torno de 45,3% de toda a energia consumida. Em uma residência, o gasto de energia elétrica com ar condicionado, por exemplo, representa cerca de 40% do consumo total da energia elétrica consumida (Eletrobras, 2013).

Segundo Frota e Schiffer (2006), a análise do equilíbrio entre o conforto ambiental e a eficiência energética em edifícios influencia o consumo de energia relativa aos equipamentos refrigeradores, influenciando em última análise, o aumento médio da temperatura global.

As ações paliativas para as ondas de calor são perceptíveis como o aumento do uso de materiais sustentáveis e de coberturas especiais nas superfícies externas dos edifícios, bem como o uso de "tintas frias", com alta capacidade de reflexão da radiação solar incidente.

Dentre as possibilidades de coberturas estão às coberturas verdes, que além de protegerem do sol, podem reter uma parcela das águas pluviais, servir de filtros naturais para a purificação do ar contribuindo para a formação do clima urbano, além de absorver uma parcela da radiação solar (Brenneisen, 2004).

Na busca por soluções para se reduzir os efeitos térmicos sobre as edificações, observou-se o início da adoção de técnicas projetivas inovadoras bem como a substituição de materiais tradicionais por materiais alternativos, os quais favorecem a aplicação de tecnologias limpas na construção civil, dando origem aos edifícios verdes.

Dentre as várias formas de energia, uma das mais estudadas é a energia solar, que bem aproveitada pode contribuir para a redução do consumo de energia elétrica para aquecimento de água com a utilização de coletores solares, além de contribuir para a redução de energia elétrica para iluminação com o uso correto da iluminação natural. A utilização de placas fotovoltaicas nos telhados das edificações para a geração de energia elétrica para consumo das próprias edificações é uma técnica promissora. No entanto, energia solar incidindo diretamente sobre um telhado pode aumentar a carga térmica, pois há um acréscimo da temperatura interna do prédio, e por consequência, um acréscimo no consumo de energia elétrica para refrigeração. Devido à complexidade dos fenômenos físicos envolvidos no problema, tais como a geometria projetiva, a climatologia, a termodinâmica, a transferência de calor e outros conceitos, torna-se necessário o uso de modelos computacionais a fim de facilitar a compreensão destes fenômenos. Nesse sentido, programas computacionais têm sido desenvolvidos para a determinação da carga térmica e da energia elétrica em edificações (Mendes et al., 2001).

Segundo Mendes et al. (2001), a crescente demanda de eficientes projetos de edificações, em termos energéticos, impulsionou o desenvolvimento de programas computacionais para avaliar o conforto térmico do ambiente construído. Assim, estes softwares devem reproduzir e prever, ainda que na fase de projeto, o comportamento de uma edificação em relação ao consumo de energia na área desejada. No âmbito do conforto térmico, os programas simuladores são bastante complexos, e geralmente, consideram a geometria do prédio, os modos de utilização, a iluminação, e ainda a climatização artificial desejada, isto é, refrigeração ou aquecimento. Neste contexto, a partir das décadas de 1970 e 1980 foram desenvolvidos vários softwares como NBSLD, HVACSIM, DOE-2, BLAST, ESP-r e RADIANCE. No Brasil, foi o NBSLD, adotado nos anos 80 pelo Instituto de Pesquisas de Tecnológicas (IPT) de São Paulo. Na década de 1990, outros softwares ganharam espaço no País, tais como: DOE-2, TRANSYS, BLAST, FLUENT, PHOENICS, RADIANCE e HVACSIM.

De acordo com Zimmermann (2002), os programas simuladores mais eficazes utilizam rotinas de comportamento dinâmico, servindo tanto para simulação como controle. Esse comportamento implicará na necessidade de grande capacidade de processamento, elevando o custo computacional.

Dentre os programas de simulação computacional disponíveis está o EnergyPlus, desenvolvido pelo DOE. Este programa é de domínio livre e recomendado pela norma brasileira, NBR 14.601/2008. O EnergyPlus está na versão 8.3 (2015) e pode ser definido como uma ferramenta computacional de análise de eficiência energética, podendo, em especial, simular o consumo de energia elétrica com aparelhos de ar condicionado em uma edificação.

Desta forma, baseando-se na descrição da geometria do edifício, nos hábitos de utilização dos usuários de um edifício, na composição física do edifício e dos sistemas mecânicos associados, o EnergyPlus calcula as cargas térmicas de aquecimento e a refrigeração necessárias para manter o conforto térmico, bem como, as condições ao longo de um sistema de climatização secundário e o consumo de energia dos equipamentos necessários.

Desta forma, essa ferramenta computacional foi utilizada para comparar o desempenho termo-energético de dois tipos de cobertura de uma edificação popular, sendo uma dotada de cobertura verde ou outra de telha de fibrocimento, analisando a temperatura ambiente interna e a referida carga térmica, concluindo sobre o tipo de cobertura mais vantajoso.

2. Materiais e métodos

2.1 Modelo físico para calibração

Para a calibração do programa *EnergyPlus* às condições físicas e meteorológicas locais, foi construído um protótipo com telhado verde em escala reduzida na área experimental do Departamento de Arquitetura e Urbanismo, do Instituto de Tecnologia, da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), no Campus do Município de Seropédica.

As características fisiográficas do local de estudo apresentam relevo pouco acentuado, com altitude média de 30 m, e clima tropical úmido. A localização geográfica do protótipo foi 22° 45' 49" de latitude e 43° 41' de longitude.

Orientou-se o modelo sobre o eixo norte-sul magnético, com auxílio de bússola. Esta direção por sua vez, segundo o NOAA (2015), é de 22,54° W, com variação de $\pm 0,39^\circ$, o que se torna, em termos práticos, 23° W a esquerda do eixo norte-sul verdadeiro. A fachada principal foi orientada na direção sul. O modelo experimental foi construído com as seguintes dimensões: 1,20 m x 2,00 m x 0,60 m.

Para construção do protótipo, o piso confeccionado em concreto simples, no traço 1:2:3 (cimento, areia fina e brita zero) de 0,07 m de espessura.

As paredes de alvenaria foram construídas com tijolos cerâmicos de 10 furos quadrados (0,09 m x 0,19 m x 0,19 m), assentados sobre uma base de argamassa de cimento e areia, revestidos

interna e externamente por argamassa de cimento e areia, com uma camada de 0,05 m de espessura. As paredes receberam externamente uma pintura com tinta PVA na cor branca.

A laje foi construída com placas de argamassa armada de cimento e areia lavada (traço 1:3) e armadura de arame galvanizado em tela com 3,0 mm de espessura. Cada placa tem dimensões 0,60 m x 1,20 m, espessura de 5,0 cm. Após o assentamento destas placas, foi aplicado argamassa de cimento e areia (traço 1:3) nas juntas entre as placas e os nichos.

Nas portas, foi instalada uma moldura de madeira nos respectivos vãos, utilizando argamassa de cimento e areia (traço 1:3). Além disso, a porta foi confeccionada em madeira *pinus*, medindo 0,32 m x 0,44 m, e 1,5 cm de espessura, sendo fixadas à moldura por 02 dobradiças de ferro galvanizado.

As janelas foram especificadas com formato retangular (1,00 m x 0,20 m), em perfil de alumínio e vidro comum de 3 mm, assentada no seu respectivo vão com cola de silicone, e de modo que o seu centro geométrico coincidissem com o centro geométrico da parede oeste do modelo.

Para a confecção da cobertura verde, inicialmente construiu-se uma mureta de contenção ao longo do perímetro da laje do protótipo destinado a recebê-la, com altura 6,0 cm acima da laje. Executou-se uma camada drenante base de areia média de 2,0 cm de espessura e instalado um tubo de PVC para o escoamento de água da chuva.

Na sequência, aplicaram-se as placas de grama do tipo esmeralda, finalizando com a sua adesão à camada drenante por intermédio de um esforço mecânico adequado. Assim, obteve-se um modelo com cobertura verde, conforme mostra a Figura 1.



Figura 1 - Modelo reduzido experimental: em primeiro plano o modelo coberto com telhado verde usado para comparação com o programa *EnergyPlus*.

Com relação à instrumentação do modelo, essa foi feita com sensores termo higrométricos (*datalogger*) da marca Instrutherm HT-500, com capacidade termométrica de medição na faixa de -40 a $+70$ °C, com resolução $\pm 0,1$ °C e precisão de ± 1 °C. No tocante a umidade relativa do ar, a capacidade de medição higrométrica situa-se na faixa de 0 a 100% com resolução 0,1 % e precisão de $\pm 3\%$, possuindo a capacidade de realizar medições em intervalos de tempo de 2 s até 24 h, com capacidade de armazenamento em sua memória de 32.000 registros (16.000 de temperatura e 16.000 de umidade relativa do ar), podendo realizar registros em intervalos de tempo de até 1 ano.

Este sensor que foi instalado sobre uma base plana estável e posicionado no centro geométrico do modelo, a fim de obter a temperatura média do ar interno da zona térmica, bem como a respectiva umidade relativa do ar interno. Além disso, foi colocado um segundo sensor no ambiente externo dentro de uma caixa de passagem, totalmente vazada para ventilação e totalmente protegida da radiação solar para a medição da temperatura do ar externo a sombra

e da umidade relativa do ar externo. Esta caixa está localizada a leste dos protótipos.

2.2 Modelo para o estudo de caso

Para o estudo de caso foram consideradas duas edificações (casa modelo 2E) de mesmas dimensões externas 6,0 m X 9,10 m X 3,0 m.

Considerou-se que estas casas estão situadas no mesmo local geográfico. Escolheu-se para local de estudo o morro Dona Marta, situado em Botafogo, bairro do município do Rio de Janeiro, cujas coordenadas geográficas são: latitude 22° 56' 49"S e longitude 43° 11'37"W (SME, 2000).

Além disso, orientou-se a fachada principal das referidas casas na direção Norte. Foram considerados os mesmos materiais de construção do modelo de calibração, exceto os materiais de cobertura do segundo modelo, que contém um telhado com telhas de fibrocimento.

As dimensões de áreas de piso dos diversos cômodos e as esquadrias da residência modelo 2E estão apresentados na Tabela 1.

A área de estudo, a planta baixa do modelo e as respectivas perspectivas isométricas dos projetos simulados estão apresentados na Figura 2.

As especificações técnicas adotadas pra o modelo de simulação foram: o piso de concreto de 10 cm, com acabamento cerâmico de 10 mm, cor cinza escuro; paredes em alvenaria de tijolos comuns de 19 x 19 x 9 cm, de 8 furos redondos, revestidos interna e externamente por argamassa comum de cimento e areia, com 25 mm de espessura total, sendo pintadas na cor branca em ambos lados; esquadrias das janelas em alumínio e vidro liso comum de 3 mm de espessura; portas de madeira de 30 mm de espessura, cor marrom.

Na casa com cobertura verde, construiu-se uma laje de concreto de 100 mm, uma camada de argila orgânica de 100 mm e uma cobertura vegetal com grama esmeralda (*Zoysia Japonica* STEUD); e na casa com cobertura em telhas em fibrocimento, definiu-se uma laje de 100 mm de espessura, um ático de duas águas, com cobertura com telhas de fibrocimento de 5 mm de espessura e caimento 1:4. Portanto, a única diferença construtiva entre as duas edificações está no tipo de cobertura.

Tabela 1 – Dimensões de áreas de piso e esquadria da residência do modelo em estudo.

Locais	Largura (m)	Profundidade (m)	Área (m²)	Esquadrias (dimensões em m)
Sala	2,75	4,40	12,10	Porta externa P1– 0,80 x 2,10 Vão de circulação – V1 - 0.80 x 2,10 Janela J1 – 1,50 x 1,00
Quarto frente	2,80	3,30	9,24	Porta interna P2 – 0,70 x 2,10 Janela J2 – 1,50 x 1,00
Quarto-fundos	2,80	3,30	9,24	Porta interna P3 – 0,70 x 2,10 Janela J3 – 1,50 x 1,00
				Porta interna P4 – 0,60 x

Banheiro	1,75	1,90	3,30	2,10 Janela J4 – 0,80 x 0,60
Cozinha	2,75	2,85	7,84	Porta externa P5– 0,80 x 2,10 Porta interna P6 – 0,70 x 2,10 Janela J5 – 1,50 x 0,60
Área de serviço	2,90	1,40	4,06	Porta P5 Aberta ao ambiente
Circulação	0,90	1,90	1,71	Portas P2, P3, P4 e P5 Vão V1
Ático (telhado de fibrocimento)	6,0	9,0	54	Janelas J6 e J7 - 0,70 x 0,80 cada.

Fonte: Projeto de residência proletária modelo 2E da cidade do Rio de Janeiro.



(a) Área de implantação da simulação



(b) Planta baixa comum as residências



(c) Residência com telhado verde



(d) Residência com telhas de fibrocimento

Figura 2 – Projeto dos modelos de simulação com cobertura verde e de telhas de fibrocimento (modelo 2E).

Quanto à ocupação, idealizou-se uma quantidade de quatro pessoas, vestidas com roupas leves (0,51 *clo*) e praticando atividades leves (1,30 *metabolic*) (ASHRAE, 2009; ASHRAE, 2010).

Os dados climatológicos utilizados na simulação foram obtidos no arquivo Santos Dumont Swera – EPW, no município do Rio de Janeiro, recomendado pela Portaria nº 18/2012 do INMETRO (INMETRO, 2012) como base de dados válida.

Quanto aos equipamentos elétricos, foram considerados os valores das cargas normalizadas que estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Valores das cargas internas que atuam na edificação. (PROCEL, 2015)

LOCAL	CARGA ELÉTRICA (W/m ²)	ILUMINAÇÃO (W)	FOGÃO (W/h)
Sala	4,51	23	-
Corredor	-	23	-
Quatro frente	8,77	23	-
Quarto fundos	8,77	23	-
Banheiro	38,87	23	-
Cozinha	6,12	23	316,66

Com relação às zonas térmicas foram definidas as seguintes: Sala (composta de sala e corredor), Quarto de frente, Quarto de fundos, Banheiro, Cozinha e Ático (no caso da cobertura de telhas de fibrocimento). Destas zonas, somente Sala e os Quartos foram climatizados com ar condicionado.

3. Resultados e discussão

3.1 Calibração

Para a realização da tomada de temperatura no modelo, o experimento foi posto à condição considerada como a mais severa, em que foi considerada sua porta e sua janela fechadas.

Os *dataloggers*, após terem sido previamente ajustados, via software, começaram as suas leituras em intervalos de 1 h e o armazenamento dos dados concernentes às temperaturas médias do ar e da umidade relativa do ar.

O experimento se iniciou no mês de setembro de 2014, no final da estação inverno, tendo sido realizadas nos dias 09 a 13 as medições primárias para fins de calibragem do modelo. Durante o verão, entre os dias 05 de janeiro e 22 de fevereiro de 2015, foram realizadas novas medições, com a finalidade de validação do software para dias típicos de verão (*Design Day*). Deste primeiro experimento, pode-se delimitar o período de três dias consecutivos, típicos de verão (09, 10 e 11 de janeiro de 2015), cumprindo o preconizado na NBR 15575/2013.

Inicialmente foram obtidos os dados da simulação computacional com modelo, os quais foram comparados com os valores obtidos experimentalmente pelos sensores. A Figura 3 mostra a correlação dessas medições e simulações.

Temperatura interna obtida com o software EnergyPlus (°C)

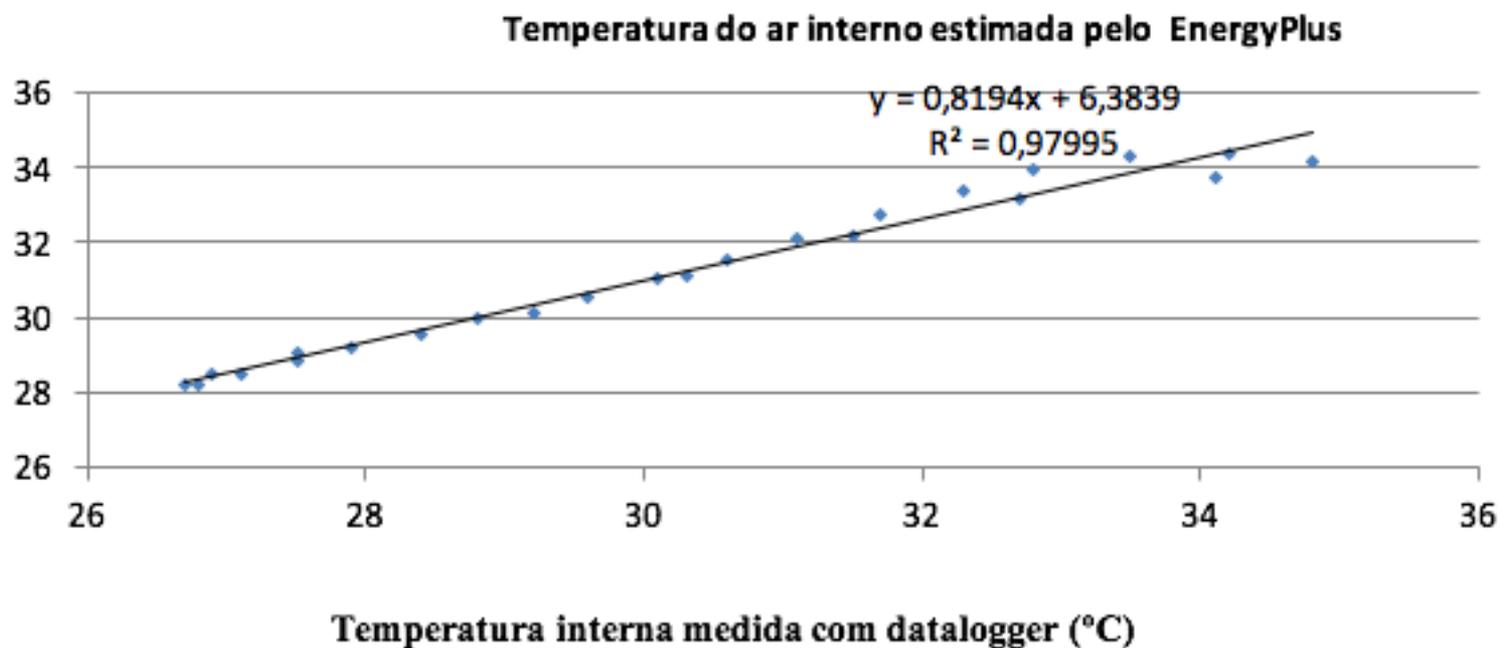


Figura 3 - Correlação entre valores medidos pelos sensores termo higrométricos e estimados pelo programa *EnergyPlus*, relativo ao modelo com telhado verde.

Observou-se que os resultados foram satisfatórios, obtendo-se um valor de $R^2 = 0,98$ e a equação de correlação linear dada pela expressão, $y=0,8194x+6,3839$; com desvio médio de $0,9$ °C.

3.2 Comparação dos dois tipos cobertura através da simulação computacional

Para a comparação entre os dois tipos de cobertura, foram considerados a condição de que o aparelho de ar condicionado deve manter a temperatura interna da residência em 24 °C e ventilação natural. Os resultados para as temperaturas internas do ar nos diversos cômodos da casa com coberturas dos tipos em análise, tomadas às 14 h (hora mais quente do dia), estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Temperaturas máximas nos compartimentos da casa com cobertura com telhas de fibrocimento e com cobertura verde.

Compartimento	Temperatura máxima (°C)	
	Cobertura com telhas de fibrocimento	Cobertura verde
Sala	35,5	35,5
Quarto de frente	34,7	34,7
Banheiro	35,2	35,0
Quarto de fundos	35,1	35,0
Cozinha	36,4	36,4
Ar externo	36,2	36,2

Os resultados acima evidenciam temperaturas máximas internas similares entre a casa provida de cobertura verde e com telhado de fibrocimento, com uma leve vantagem para a casa os telhados verdes em alguns compartimentos.

Com relação à carga térmica necessária para o dimensionamento dos aparelhos de ar condicionado, os resultados mostraram que a carga térmica de cálculo dos aparelhos condicionadores de ar é menor na casa provida de telhado verde no compartimento sala e maior nos quartos de frente e fundos (ver Tabela 4).

Observou-se que esse resultado foi consequência da relação entre a área de cobertura e a área exposta diretamente a radiação solar que foi de 64,4% para o compartimento sala e de 50,5% nos compartimentos climatizados dos quartos. Por outro lado, os valores comerciais de aparelhos de ar condicionado foram similares.

Tabela 4 - Carga térmica de refrigeração em Btu/h nas zonas térmicas.

Compartimento	Carga térmica (Btu/h)			
	Casa coberta com telhado verde		Casa coberta com telhas de fibrocimento	
	Valor calculado	Valor comercial	Valor calculado	Valor comercial
sala	5648	7500	6383	7500
quarto frente	4270	7500	4042	7500
quarto fundos	4637	7500	4402	7500

Os resultados referentes ao consumo de energia elétrica estão apresentados na Figura 4, que evidencia que o consumo de energia elétrica anual é sempre maior nas zonas térmicas pesquisadas na casa provida de telhado verde. Notou-se que esse fato é devido a maior absorção interna no caso da cobertura verde, provocando o maior consumo de energia para climatizar o ambiente.

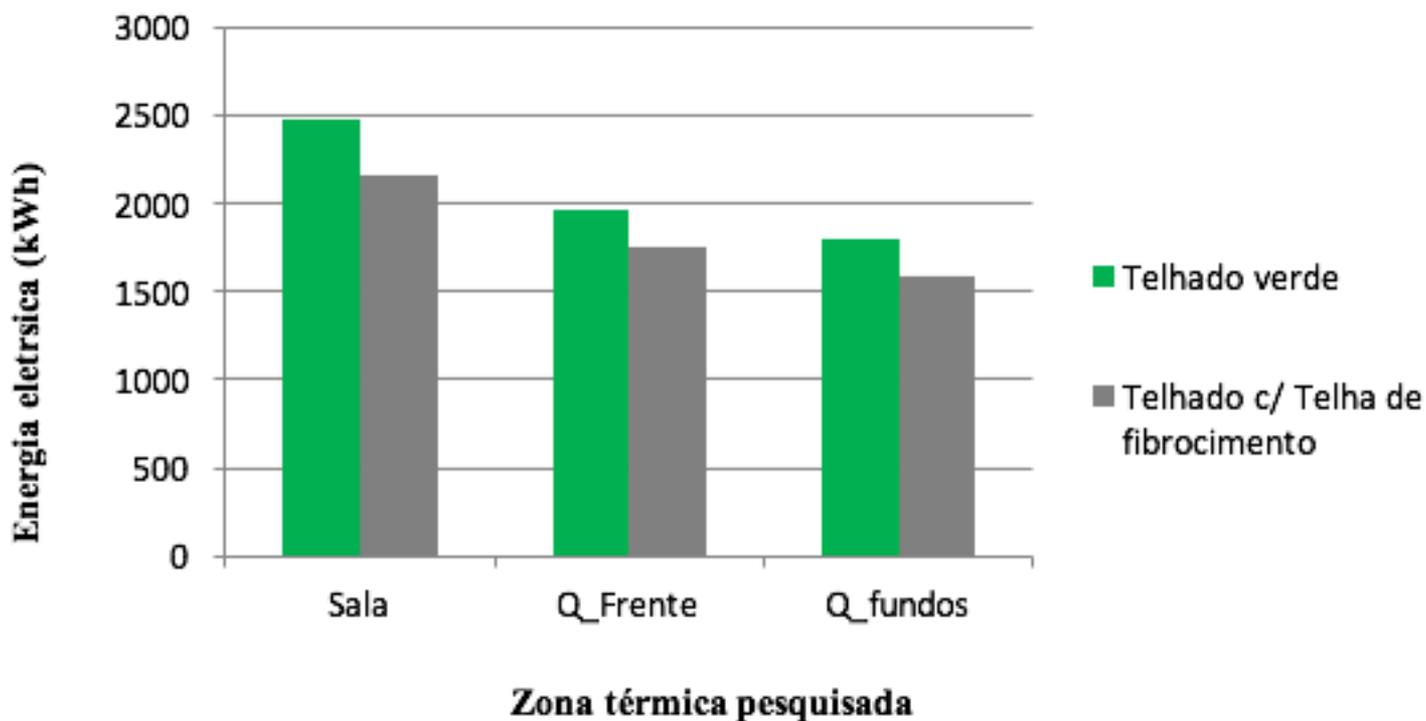


Figura 4 - Consumo anual de energia elétrica (kWh) para refrigeração.

4. Conclusões

O *Energy Plus*, software americano utilizado neste estudo, mostrou-se adequado para avaliar a diferença de eficiência energética entre uma cobertura verde e um telhado de fibrocimento em uma edificação popular padrão brasileira. A calibração efetuada a partir do cruzamento dos dados climáticos e dos dados coletados pelo protótipo construído na UFRRJ permitiu um $R^2=0,98$ de forma que os parâmetros para a simulação foram devidamente ajustados a realidade do estudo.

Com relação a simulação da carga térmica e do consumo de energia elétrica para refrigeração das zonas térmicas estudadas, percebeu-se que o consumo anual sempre foi maior na casa coberta com telhado verde. Esse fato se justifica pelo efeito de amortecimento provocado pelo telhado verde que apesar de apresentar melhor eficiência no quesito controle da temperatura máxima, considerando ventilação natural, não se mostrou capaz de dissipar a radiação “lateral”, ou seja, aquela que incide nas paredes da casa. Desta forma, apesar das plantas cumprirem um importante papel como filtros solares superiores, principalmente devido ao efeito de sombreamento que mantém o solo úmido, proporcionando uma inércia térmica maior que a observada no telhado de fibrocimento, um efeito indesejável foi a retenção do calor no interior da casa o que provocou maior consumo de energia elétrica.

Em síntese, os resultados mostraram que, a carga térmica foi maior na edificação coberta no caso do telhado verde do que com telhas de fibrocimento. Permite-se inferir que quanto maior a relação entre a radiação solar incidente na área coberta por um telhado verde e a radiação na área das paredes externas, melhor se comporta o telhado verde em termos de redução da carga térmica de refrigeração.

5. Referências

AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS (ASHRAE). ANSI/ASHRAE HANDBOOK- Fundamentals. Atlanta, 2009.

AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS (ASHRAE). ANSI/ASHRAE Standard 55-2010. Thermal Environmental conditions for Human Occupancy. Atlanta, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 14.601/2008 – Instalações de ar condicionado. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15.575/2013 – Edificações Habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro, 2013.

BRENNEISEN, S. Green Roof-how nature returns to the city. Acta Horticulturae, ISCH, International Conference on Urban Horticulturae. v. 643, p. 289-293, 2004.

DE MATTOS, L. B. R. A. A importância do setor de transportes na emissão de gases do efeito estufa – o caso do Município do Rio de Janeiro. 2001. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ.

ELETROBRAS, Amazonas. Link. Eficiência energética- Perguntas e Respostas. Disponível em www.amazonasenergia.gov.br/ms/wp-content/uploads/2010/07/EFICIENCIA-ENERGETICA_Perguntas-e-Respostas-para-o-site-da-empresa.doc. Acesso em 14 abr. 2015.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. Manual de conforto térmico. Studio Nobel, 2006.

GOLDENBERG, J.; LUCON, O. Energia e meio ambiente no Brasil. Estudos Avançados, v. 21, n. 59, p. 7-20, 2007.

INMETRO. Instituto Nacional de Metrologia. Portaria nº 18/2012, anexo. 2012. Disponível em <http://www.eletronbras.com/elb/services/DocumentManagement/FileDownload.EZTSvc.asp?DocumentID=%7B44BBB9E9-E30F-436F-B020-8B38FE9CA6BD%7D&ServiceInstUID=%7BB4CC9D75-9E14-4CB5-9279-48991235CCE7%7D>. Acesso em: 22 out. 2014.

MENDES at al. *Building Simulation in Brazil*. In: International IBPSA Conference 2001, Rio de Janeiro. Anais...IBPSA: International Building Performance Simulation Association, p. 3 -14, 2001.

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. MME. Balanço energético nacional. 2014. Disponível em http://www.gov.br/mme/menu/todas_publicacoes.html/Ben2013-2013-ano-base-2013. Acesso em 12_abr. 2015.

PROGRAMA DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. PROCEL. Disponível em <http://www.procelinfo.com.br/>. Acesso em 15 jan. 2015.

SECRETARIA MUNICIPAL DE EDUCAÇÃO. Atlas Escolar da Cidade do Rio de Janeiro. IPP, 2000.

TAPLIN, P. Putting. Interactive CAD Systems in Perspective. In: International IBSPA Conference 1993, Adelaide, Anais... IBSPA. International Building Performance Simulation Association, 1993, p. 63-69.

U.S. DEPARTMENT OF ENERGY. EnergyPlus Energy Simulation Software. Disponível em: <<http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/>>. Acesso em: 03 mar. 2016.

ZIMMERMANN, G. Efficient Creation of Building Performance Simulation Using Automatic Code Generation. Energy and Building, v. 1, n. 34, p. 971-983, 2002.

1. Possui especialização em Educação (Docência do Ensino Superior) pela Universidade Cândido Mendes (2010). Atualmente é professor colaborador na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

2. Possui doutorado em Arquitetura pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2007). Atualmente é Professor Associado da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Tem experiência na área de Arquitetura e Urbanismo, com ênfase em Conforto Ambiental.

3. Possui Pós-Doutorado em Engenharia Mecânica na University of Central Florida (EUA-2014) e Pós-Doutorado em Ensino de Engenharia na Linköping University (Suécia-2016). No Instituto Militar de Engenharia é coordenador dos cursos de Graduação em Engenharia Mecânica e docente pesquisador do curso de Pós-graduação em Engenharia Mecânica. Email: arezende@ime.eb.br

4. Possui Pós-doutorado em Engenharia Civil pela Universidade de Coimbra - Portugal (2010). É Professor Adjunto no Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM) do curso de graduação em Engenharia Civil (desde 2007) e pesquisador do Mestrado Profissional Multidisciplinar em Desenvolvimento Local (desde 2012). Atualmente é Professor Estrangeiro na Escola Superior Técnica do Exército da República Argentina.

5. Possui Mestrado em Ciência e Tecnologia de Polímeros pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2005) e doutorado em Química pelo Instituto Militar de Engenharia (2009). Atualmente é professor da pós-graduação no Centro Universitário Augusto Motta no programa de desenvolvimento local.

[Índice]

[En caso de encontrar algún error en este website favor enviar email a [webmaster](#)]