

PROPOSTA DE INSTALAÇÃO DE UM TELHADO VERDE SOB A ESTRUTURA DE UM TELHADO CERÂMICO INTEGRANDO O APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA E PAINÉIS FOTOVOLTAICOS

Erik Felipe Pereira Trajano (*), Beatriz Rohden Becker, Andréia Boechat Delatorre

* Universidade Federal do Rio de Janeiro, maicoeng@hotmail.com

RESUMO

O processo de urbanização e o aumento das construções são responsáveis por inúmeros problemas ambientais que produzem diversos impactos no meio urbano. Diante desse cenário, a necessidade de buscar soluções sustentáveis que possam compensar ou amenizar os impactos negativos causados pela urbanização torna-se fundamental. A partir dessa problemática, o presente estudo teve como objetivo analisar a viabilidade (técnica e econômica) de instalação de um telhado verde integrado à tecnologia fotovoltaica com captação e aproveitamento da água da chuva, a partir de uma estrutura de madeira de telhado cerâmico existente, considerando uma casa hipotética. Por meio do dimensionamento, levantamento de custos e cálculo do tempo de retorno do investimento (*payback*) dos sistemas, buscou-se pelos resultados encontrados e analisados demonstrar que, apesar do elevado investimento inicial, a integração dos sistemas gera diversos benefícios tanto para o usuário quanto para seu entorno, o que justifica o valor do investimento. Os resultados indicaram que o custo de implantação do telhado verde foi de cerca de 70% do custo total dos três sistemas, apresentando um *payback* de 8-9 anos. No entanto, quando considerando os sistemas propostos integrados e a redução de consumo de energia elétrica que o telhado verde oferece por melhorar o conforto térmico, o tempo de retorno do investimento para instalação dos sistemas cai para 5-6 anos.

PALAVRAS-CHAVE: Soluções sustentáveis, Telhado verde, Urbanização, Energia Solar, Aproveitamento de águas pluviais

INTRODUÇÃO

O processo de urbanização acelerado e desordenado dos grandes centros urbanos provoca uma diminuição na cobertura vegetal, acelera a degradação dos recursos naturais e gera diversos danos ao ciclo hidrológico, que ocasionam grandes mudanças climáticas. A alteração do meio natural às necessidades do homem e a introdução da infraestrutura urbana resultou no aumento da impermeabilização do solo, na diminuição de infiltração da água, e na necessidade de fornecimento de águas aos edifícios (TEXEIRA, 2013). O ecossistema que antes era capaz de absorver a água das chuvas e o excesso da radiação solar, sofreu um grande desequilíbrio.

Segundo Willes (2014), o crescimento das cidades com a diminuição da cobertura vegetal natural dos solos, gera diversos fatores que interferem diretamente na qualidade de vida dos homens, tais como: (i) O aumento do escoamento de água nas vias pluviais devido à impermeabilização dos solos, contribuindo para as grandes enchentes; (ii) O aumento da poluição atmosférica, com o surgimento das ilhas de calor, gerando mais gastos com climatização e o aumento no consumo de energia e (iii) Gera uma paisagem carregada de edifícios, densa e monocromática como é o caso das grandes capitais.

Estes fatos observados mostram que o homem acaba gerando prejuízos, muitas vezes irreversíveis, no meio em que vive buscando atender a sua necessidade imediata. Segundo Catuzzo (2013), “Observa-se que há uma necessidade urgente de se redefinir os padrões do ambiente urbano, pois a falta de aplicabilidade da legislação urbana, o crescimento desordenado, a verticalização e a redução dos espaços verdes impactam cada vez mais a vida do cidadão”. Deve-se, portanto, buscar soluções que sejam benéficas tanto para o meio ambiente quanto para as cidades e que possibilitem que ambas convivam integradas.

Considerando que hoje moramos em cidades adoecidas pelo excesso de poluentes, que estas são grandes massas impermeáveis e sem cor, as coberturas verdes cumprem um importante papel ao aumentar a área permeável da malha urbana. Além disso, podem contribuir para diminuir o uso de aparelhos de ar condicionado nas edificações, para diminuir a temperatura do microclima, para atenuar os efeitos das ilhas de calor e a criar ambientes de convivência, entre outros benefícios que se tem notícia (FERRAZ, 2012).

A partir destas considerações sobre o processo de urbanização e seus impactos, este trabalho teve como objetivo analisar a viabilidade (técnica e econômica) de instalação de um sistema de telhado verde integrado à tecnologia fotovoltaica com captação e reaproveitamento da água da chuva, em uma estrutura de telhado cerâmico existente, considerando uma casa hipotética.

Por meio do dimensionamento, levantamento de custos e cálculo do tempo de retorno do investimento (*payback*) dos sistemas, buscou-se pelos resultados encontrados e analisados demonstrar que apesar do elevado investimento inicial, a integração dos sistemas gera diversos benefícios tanto para o usuário quanto para seu entorno, que justifica o custo do investimento.

A importância de se pesquisar o uso de construção sustentável e adaptação das estruturas urbanas se deve principalmente pelo fato de repensar o contexto urbano das cidades, bem como seus espaços verdes, a preocupação com a eficiência energética e o uso consciente da água. Uma vez que, o aumento da urbanização resultou na redução das áreas verdes, aumentando o impacto ambiental e o uso predatório dos recursos hídricos e do consumo de energia.

OBJETIVOS

Diante do aumento da urbanização e dos impactos associados, a necessidade de buscar soluções sustentáveis torna-se fundamental para a melhoria da qualidade ambiental das cidades. A partir dessa problemática, o presente estudo teve como objetivo analisar a viabilidade (técnica e econômica) de instalação de um telhado verde integrado à tecnologia fotovoltaica com captação e aproveitamento da água da chuva, a partir de uma estrutura de madeira de telhado cerâmico existente, considerando uma casa hipotética. Por meio do dimensionamento, levantamento de custos e cálculo do tempo de retorno do investimento (*payback*) dos sistemas, buscou-se pelos resultados encontrados e analisados demonstrar que, apesar do elevado investimento inicial, a integração dos sistemas gera diversos benefícios tanto para o usuário quanto para seu entorno, o que justifica o valor do investimento.

METODOLOGIA

Para este trabalho, foi considerada uma casa hipotética, onde foi realizado o levantamento das áreas, quantitativos de materiais e mão de obra para a realização da orçamentação e análise. A casa hipotética está localizada na cidade de Macaé, interior do estado do Rio de Janeiro, é de um pavimento e composta por 7 cômodos, sendo três quartos, sala, cozinha, banheiro, área de serviço e com um telhado convencional cerâmico de duas águas. E, para estimar o consumo de energia e de água, foram considerados cinco residentes. A escolha do telhado cerâmico foi baseada na dificuldade de encontrar na literatura a implantação de telhado verde nesse tipo de estrutura, sendo a grande maioria implantado sobre estrutura de laje de concreto. Além disso, tal escolha se deve ao fato de muitas das residências brasileiras, especialmente as mais antigas, serem construídas com tais telhados. O telhado verde escolhido foi o Sistema Modular Alveolar Grelhado, pois apresenta o menor peso saturado dentro os módulos pesquisados, além de ser a melhor opção para coberturas inclinadas, sendo seu uso permitido para telhados com inclinação de 20° ou 30%. A camada suporte deve suportar o peso de 80kg/m², pois o peso médio do sistema saturado varia de 50 a 60kg/m². A vegetação proposta foi a grama amendoim (*Arachisrepens*), pois segundo Willes (2014), esta espécie proporciona forração densa, além de dispensar podas regulares e superar períodos de secas, embora não seja resistente a geadas.

O Sistema de Captação de Água Pluvial foi dimensionado a partir da ABNT NBR 10844/1989 (ABNT, 1989) e a intensidade pluviométrica da cidade de Macaé foi determinada com base nos estudos realizado por Gonçalves (2011). Para o dimensionamento das calhas, também foi utilizada a ABNT NBR 10844/1989 (ABNT, 1989) e a norma ABNT NBR 15527/2007 (ABNT, 2007) foi adotada para o dimensionamento do reservatório para armazenamento e aproveitamento da água de chuva para fins não potáveis, pelo método Prático Inglês, pois segundo Ruppel *al.* (2011), este requer somente valores de precipitação média anual e da área de projeção, sendo possível dimensionar o reservatório para qualquer caso.

Para estimar o consumo de energia elétrica da residência foi utilizado o simulador de consumo de energia elétrica da Enel. Os custos para os sistemas foram levantados com base na tabela SINAPI 09/2019 e com empresas especializadas em construção de telhados verdes e na instalação de sistemas fotovoltaicos.

Com todos os custos levantados, foi realizada a análise de viabilidade econômica de cada sistema, levando em consideração o tempo de retorno do investimento, por meio do método *payback*, muito útil para minimizar os riscos que os investidores estão sujeitos em épocas de instabilidade econômica, de alto risco ou de fortes modificações (BEN, 2007). No entanto, este é um método de análise bastante limitado, pois não leva em consideração o risco do investimento, correção monetária ou financiamento.

RESULTADOS

A partir do consumo de água estimado na casa hipotética, considerando 5 pessoas, uma área de 30 m² para irrigação do jardim, um quintal com 100 m² de calçada, além de um carro, o consumo não potável semanal e mensal foi de 695 litros e 2790 litros, respectivamente.

No simulador da Enel, foram realizadas duas simulações: a primeira considerando sem o uso de aparelho de ar condicionado, correspondendo a 349,00 kWh e a segunda com a utilização de aparelho de ar condicionado, um total de 586,60 kWh.

O sistema de condução de águas pluviais é composto de duas calhas, que o dimensionamento indicou a utilização de calha semicircular de PVC com inclinação de 0,5% e diâmetro de 100mm, atendendo uma vazão de escoamento de 130 L/min. O volume do reservatório de armazenamento de água pluvial foi encontrado pelo Método Prático Inglês, com os índices pluviométricos do município de Macaé obtidos a partir dos dados fornecido pelo (CLIMATE-DATA, 2019), cujo resultado corresponde a 3630 litros. Neste estudo, por questões econômicas, optou-se por escolher a utilização de duas cisternas vertical modular, instaladas no nível do terreno, com capacidade de 1050 L cada e dimensões 80x80x220cm.

Para o dimensionamento e levantamento quantitativo dos componentes do sistema fotovoltaico, realizados diretamente com uma empresa especializada (EcoResidência), foi considerado o consumo sem condicionadores de ar, pois muitos estudos apontam que o uso de telhado verde contribui para diminuir ou eliminar a necessidade do uso de condicionadores de ar (CATUZZO, 2013). O sistema fotovoltaico foi dimensionado considerando uma ligação monofásica, ou seja, a taxa de disponibilidade é de 30kWh/mês, uma tarifa média de R\$ 1,05/kWh e um consumo médio de energia elétrica de 349kWh/mês. De posse dessas informações, a empresa EcoResidência fez o dimensionamento e o levantamento quantitativo do sistema fotovoltaico, sendo o gerador de energia fotovoltaico de 2,68 kWp. Os custos encontrados para a implantação do telhado verde, considerando os materiais necessários e a mão de obra, a partir da tabela SINAPI 09/2019 foi de R\$ 37.216,62.

Os custos de serviço e material para instalação do sistema de captação e aproveitamento das águas pluviais foram levantados com base na tabela SINAPI 09/2019 e da empresa fornecedora de cisternas modulares, cujo valor total foi de R\$ 4287,14. Já o custo para adquirir o sistema fotovoltaico, obtido diretamente com a empresa EcoResidência, foi de R\$ 12.582,55.

O retorno financeiro do sistema do telhado verde foi de 8-9 anos, se configurando em um retorno de longo prazo. Já o sistema de captação e aproveitamento de água da chuva foi entre 6-7 anos. Para estimar o *payback* para o sistema fotovoltaico, foi considerado um aumento de 10% ao ano na tarifa. Também foi considerado uma perda de geração de energia de 0,5% ao ano no sistema fotovoltaico, devido a depreciação dos painéis solares. O cálculo do *payback* não inclui valores adicionais por bandeira vermelha ou contribuição da iluminação pública. O tempo de retorno financeiro integrado ainda continua entre 2-3 anos, porém aumentando significativamente o lucro do investimento.

Para um melhor entendimento da viabilidade econômica do estudo proposto, se faz necessário saber qual é o tempo de retorno financeiro dos sistemas integrados, apresentado no Quadro 1.

Quadro 1: Tempo de retorno financeiro dos sistemas integrados. Fonte: AUTOR, 2019.

Ano	Retorno acumulado	Lucro anual
1	R\$ 7,448.62	-R\$ 46,168.94
2	R\$ 15,655.38	-R\$ 37,962.18
3	R\$ 24,697.84	-R\$ 28,919.72
4	R\$ 34,661.53	-R\$ 18,956.03
5	R\$ 45,730.75	-R\$ 7,886.81
6	R\$ 57,739.56	R\$ 4,122.00

A partir do resumo do orçamento de serviços e materiais necessários para execução e o respectivo *payback*, é possível verificar, para cada sistema proposto, que o custo de implantação do telhado verde foi de cerca de 70% do custo total dos três sistemas, apresentando um *payback* de 8-9 anos. No entanto, considerando os sistemas propostos integrados e a redução de consumo de energia elétrica que o telhado verde oferece por melhorar o conforto térmico, o tempo de retorno do investimento para instalação dos sistemas cai para 5-6 anos (Quadro 2).

Quadro 2: Orçamento por sistema. Fonte: AUTOR, 2019.

Descrição	Valor (R\$)	Payback
Sistema de cobertura verde	37.216,62	8-9 anos
Sistema de captação de água pluvial	4.287,14	6-7 anos
Sistema fotovoltaico	12.113,80	2-3 anos

TOTAL (R\$)	53.617,56	5-6 anos
--------------------	-----------	----------

CONCLUSÕES

A implantação de um sistema de telhado verde integrado à tecnologia fotovoltaica com captação e aproveitamento de água da chuva sob uma estrutura de telhado cerâmica existente, proposto por este estudo é uma solução sustentável para as áreas urbanas consolidadas. Os resultados do sistema proposto mostraram que, apesar do alto custo inicial, pode ser considerada uma opção viável economicamente, tendo um retorno do investimento a médio prazo e em um tempo menor do que a metade da vida útil dos sistemas. O custo de implantação do telhado verde foi de R\$ 37.216,62 cerca de 70% do custo total, estimado em R\$ 53.617,56, apresentando um *payback* de 8-9 anos. Porém, foi levado em consideração apenas a redução da energia elétrica que o telhado verde oferece por melhorar o conforto térmico, não sendo possível precificar os demais benefícios, tais como o aumento da área verde útil, absorção de ruído, redução do efeito da ilha de calor e dos eventos de cheias urbanas, aumento do valor da propriedade, melhoria da qualidade do ar, aumentada biodiversidade, entre muitos outros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10844: Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro, 1989.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15527: aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis. Rio de Janeiro, 2007.
3. BEN, F. Modelo econômico de gestão ambiental – Mega. Pós-Graduação em Engenharia de Produção – UFRS, Rio Grande do Sul, 2007.
4. CATUZZO, Humberto. Telhado verde: impacto positivo na temperatura e umidade do ar. O caso da cidade de São Paulo. 2013. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.
5. CLIMATE-DATA. CLIMA MACAÉ. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/rio-de-janeiro/macae-4046/>. Acesso em: 11 nov. 2019.
6. GONÇALVES, L. S. Relações Intensidade-Duração-Frequência com base em estimativas de precipitação por satélite. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2011
7. RUPP, Ricardo Formagiarini; MUNARIM, Ulisses; GHISI, Enedir. Comparação de métodos para dimensionamento de reservatórios de água pluvial. *Ambient. constr.*, Porto Alegre, v. 11, n. 4, p. 47-64, Dec. 2011.
8. WILLES, Jorge Alex. Tecnologias em telhados verdes extensivos: meios de cultura, caracterização hidrológica e sustentabilidade do sistema. 2014. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014.