



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO DE ALAGOAS  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO**

**RELATÓRIO FINAL PIBIC/PIBITI - EDITAL Nº 04 PRPPI/IFAL, DE 05 DE JUNHO DE 2020**

**ESTUDO DA VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA AZUL E VERDE  
ECOTELHADO NO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA DO BAIRRO DO  
PINHEIRO**

Jonas Victor Santos Silva<sup>1</sup>, Lyvia Gama Martins<sup>2</sup>, Tainara Ramos da Rocha Lins de Brito<sup>3</sup>

**RESUMO**

Neste projeto, discutiu-se a importância de técnicas sustentáveis na elaboração de Planos de Drenagem Urbana por meio de um sistema biofílico denominado Azul e Verde. Uma vez que, com a crescente ocupação urbana e a redução de áreas verdes nas cidades, faz-se necessário a inserção de novas tecnologias que amenizem os impactos ambientais causados pelo desenvolvimento das atividades humanas. Dessa forma, essa pesquisa analisa a viabilidade de implantação de uma técnica construtiva de telhado verde extensivo, que possui um menor impacto ambiental, através do uso de materiais renováveis, de modo a representar uma grande auxiliadora no combate ao efeito estufa, às ilhas de calor e ao aumento na qualidade do ar e da água. Como procedimento metodológico, este trabalho realiza um comparativo entre os telhados convencionais e o Sistema Azul e Verde por meio de um protótipo da empresa Ecotelhado, a fim de demonstrar a importância da incorporação de técnicas sustentáveis no processo de planejamento e gestão urbana no que diz respeito à drenagem urbana. Além disso, o estudo buscou analisar o peso e o custo desse sistema em relação aos telhados cerâmicos e o de fibrocimento e realizar a verificação da precipitação acumulada semanal bem como promover o amortecimento pluvial por meio da utilização deste sistema, o qual promove a diminuição do escoamento superficial.

**Palavras-chave:** Drenagem Urbana. Sustentabilidade. Gestão Ambiental Urbana. Sistema Azul e Verde.

## INTRODUÇÃO

As bacias de retenção ou de amortecimento pluvial são bacias artificiais que têm o intuito de armazenar um volume de água por um determinado tempo nos dias chuvosos. Entretanto, diferente das bacias de retenção, elas não possuem um nível permanente de água em seu fundo (SILVA, 2009). As bacias de amortecimento pluvial constituem conforme Kobayashi et al. (2008, p.12): “Dispositivos que dissipam a energia do fluxo, reduzindo sua velocidade tanto no escoamento através do dispositivo de drenagem, como no deságue para o terreno natural, para evitar a erosão.”

A utilização de bacias de retenção pluvial em países desenvolvidos como Estados Unidos, Japão e França acontece desde a década de setenta e tem se mostrado bastante eficiente no tratamento de problemas relacionados às redes de drenagem urbana. Porém, no Brasil é um sistema implantado em poucas cidades brasileiras como São Paulo, Porto Alegre e Belo Horizonte (Prefeitura Municipal de Porto Alegre, 2017).

Nesse aspecto, os telhados verdes que são constantemente utilizados correspondem à estruturas formadas por aplicações de coberturas vegetais nas lajes das construções, por meio de drenagem e impermeabilização adequadas, que proporcionam diversas vantagens em relação aos telhados convencionais como: proteção do telhado contra a luz solar, conforto térmico ao interior da edificação e diminuição do volume de água direcionado ao escoamento superficial; as coberturas verdes consistem em uma camada da vegetação, uma camada de substrato e uma camada de drenagem responsável pela retirada de água (CASTRO e GOLDENFUM, 2008).

Associando os dois sistemas (bacia de amortecimento e telhado verde), foi criado o sistema Azul e Verde Ecotelhado no ano de 2019, sendo este uma evolução do telhado verde convencional, tendo por função amortecer a água da chuva, de modo a prolongar o tempo de retenção de água nos reservatórios instalados abaixo do telhado, além de atuar como purificador de ar transformando o gás carbônico em oxigênio. O funcionamento desse sistema ocorre pela absorção de água realizada pela estrutura de vegetação, funcionando como reservatório. Quando há excesso de chuva, a água penetra para a bacia de amortecimento e, de maneira lenta, é retirada por um extravasor de pequeno diâmetro (ECOTELHADO, 2019).

Desta forma, este estudo teve como principal objetivo analisar a implantação desse sistema para um melhor planejamento das redes de drenagem urbana com o intuito de combater problemas frequentemente registrados nos grandes centros urbanos como alagamentos, enchentes e inundações por intermédio do sistema Azul e Verde. Nessa perspectiva, foi realizada uma análise de viabilidade da implantação desse sistema no bairro do Pinheiro localizado em Maceió, capital do estado de Alagoas, com o intuito de promover a disseminação de sistemas sustentáveis e biofílicos para promover um ambiente mais agradável às pessoas e um sistema de drenagem mais eficiente.

## **OBJETIVOS**

### *OBJETIVO GERAL*

Avaliar os impactos da aplicação do sistema Azul e Verde Ecotelhado, como prática sustentável destinada a reduzir os impactos causados pelo escoamento das águas pluviais de modo a subsidiar a elaboração de Planos de Drenagem Urbana.

### *OBJETIVOS ESPECÍFICOS*

- Estudo hidrológico da área de estudo;
- Analisar o escoamento superficial na área de estudo;
- Avaliar os custos de implantação do Sistema Azul e Verde;
- Comparar o custo de telhados verdes em relação aos sistemas tradicionais de cobertura;
- Comparar o peso das coberturas tradicionais em relação às coberturas de telhado verde abordadas;
- Analisar protótipo da Ecotelhado para realizar estudo prático da viabilidade do sistema.

## **MÉTODOS**

O processo metodológico desta pesquisa consistiu em seis etapas, conforme descrição a seguir:

- Etapa 1: pesquisas bibliográficas e revisão de literatura com a finalidade de obter mais informações sobre o tema.
- Etapa 2: levantamento dos dados pluviométricos do bairro do Pinheiro por meio dos dados das estações pluviométricas do Cemaden (Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais) e de outros órgãos correlatos, visando conhecer o padrão de chuvas na região e a precipitação média mensal.
- Etapa 3: uso de métodos e modelos hidrológicos para cálculo do volume dos reservatórios a partir da fórmula da capacidade do reservatório para retardo da água da chuva e para a determinação da intensidade máxima da chuva foi utilizada a equação da curva IDF (intensidade, duração e frequência), com base no tempo de recorrência e na duração da chuva.
- Etapa 4: comparação de custos entre o telhado verde da Ecotelhado e os sistemas tradicionais de cobertura.
- Etapa 5: cálculo da carga da estrutura de cobertura, por meio do peso de cada um dos materiais conforme a NBR 6120 (Carga para Cálculo de estrutura de edificações) e comparação em relação aos sistemas convencionais.

- Etapa 6: análise em laboratório de amostra do Sistema Azul e Verde, concedida pela empresa Ecotelhado, com o intuito de verificar o acumulado de chuva semanal nos 16 reservatórios da amostra e dessa forma fazer um comparativo entre os dados pluviométricos coletados por intermédio do Cemaden e o volume captado pela amostra ao longo do mês estudado.

Pelo método racional da intensidade pluvial e da curva de intensidade, duração e frequência (IDF) – Equação 4, foi realizada uma análise estatística hidrológica, com o intuito de obter a intensidade média máxima, o tempo de recorrência e a duração da chuva.

$$i = \frac{aT^m}{(t+b)^n} \quad (1)$$

Onde:  $i$  =intensidade média máxima (mm/min ou mm/h);  $T$  = tempo de recorrência (anos);  $t$  = duração da chuva (min);  $a$ ,  $m$ ,  $n$  e  $b$  = representam coeficientes característicos da região.

Na comparação entre os custos do telhado verde da Ecotelhado e dos telhados convencionais foi usado o preço unitário de cada telhado por metro quadrado e o custo total de cada sistema.

Em relação ao dimensionamento do peso da estrutura da cobertura verde, adotou-se a equação 6.

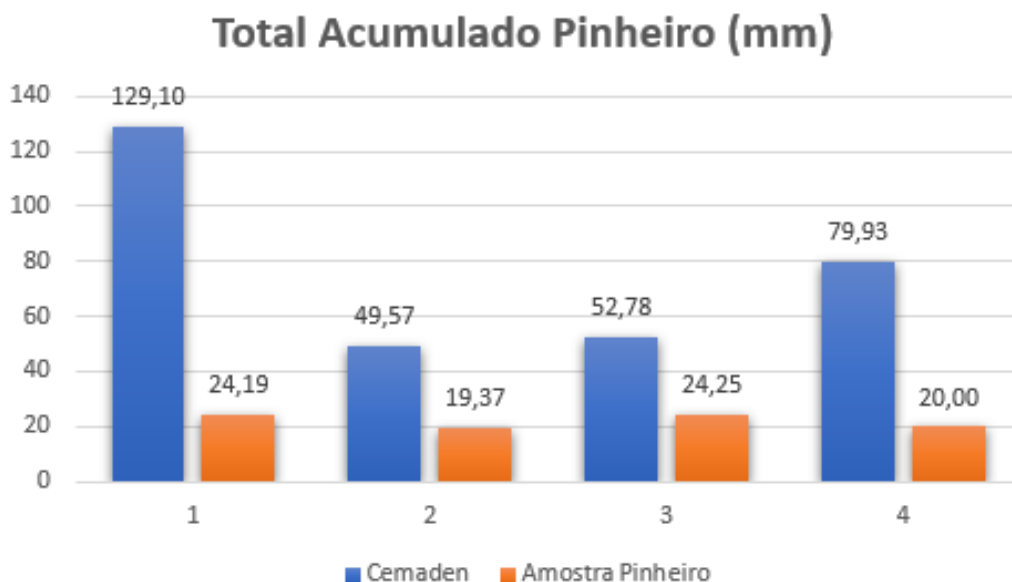
$$P = m \times g \quad (2)$$

Onde:  $P$  = força peso (kN);  $m$  = massa (kg);  $g$  = aceleração da gravidade (9,81 m/s<sup>2</sup>).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

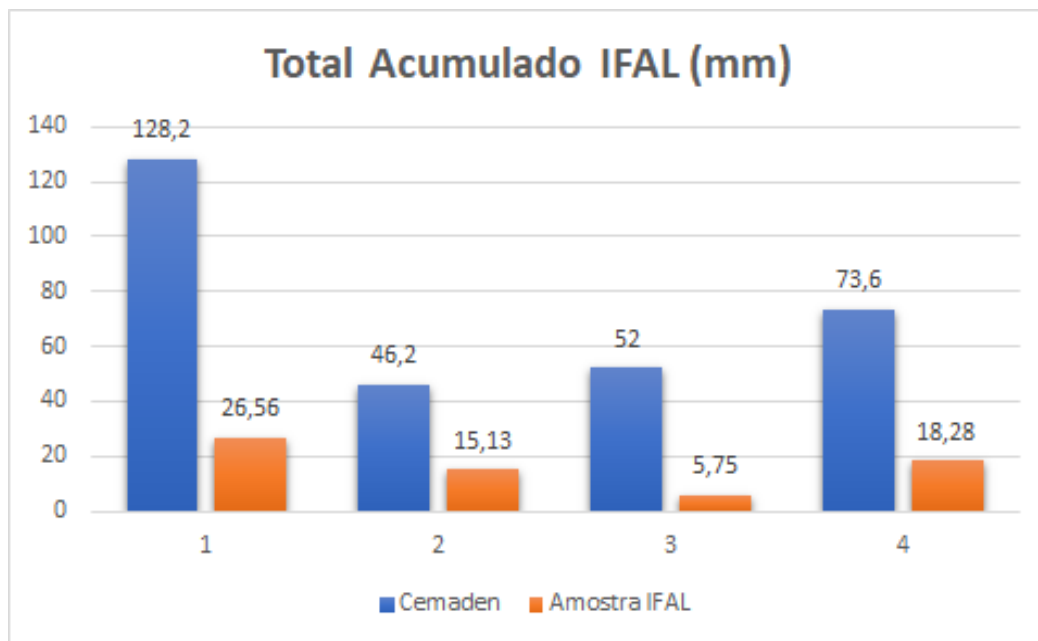
Foram feitas medições semanais durante um mês, a fim de monitorar o acúmulo de água da chuva por meio de duas amostras, sendo uma instalada no bairro do Pinheiro, a qual foi a área de estudo, e outra amostra instalada no IFAL. Nelas foi possível obter, a caráter comparativo, o valor total em milímetros de chuva acumulado através da razão entre o volume captado e a área, para assim, ser feita a comparação com o valor total acumulado na mesma semana pelos postos do Cemaden como pode ser observado nas figuras 1 e 2.

**Figura 1.** Precipitação acumulada do bairro do Pinheiro



Fonte: Dos autores

**Figura 2.** Precipitação acumulada no IFAL- Campus Maceió



Fonte: Dos autores

Pode-se perceber que na amostra instalada no bairro do Pinheiro, houve uma captação de água da chuva de 18,74% na primeira medição, 39,08% na segunda, 45,95% na terceira e 25,02% na última medição. Já na amostra do IFAL, obteve-se o resultado captado de 20,72% na primeira medição, 32,75% na segunda semana de medição, 11,06% na terceira e 24,84% na quarta.

Por outro lado, algumas diferenças podem ser consideradas devido à distância entre o posto de medição do Cemaden com a amostra, além de uma redução no volume de água

por evaporação ou transpiração já que o telhado verde é composto por plantas que têm a capacidade de reter água e, por causa da inclinação do telhado que pode ter influência nos volumes escoados.

*Comparação de custos e pesos entre o Sistema Azul e Verde e os sistemas convencionais*

**Tabela 1 – Comparação entre os custos e pesos entre o Sistema azul e verde e os sistemas convencionais**

Sistemas	Custo/m <sup>2</sup>	Peso
1. Sistema Azul e Verde	R\$ 325,00	125 Kg/m <sup>2</sup>
2. Laje pré-moldada com telha cerâmica colonial	R\$ 264,05	389 Kg/m <sup>2</sup>
3. Laje pré-moldada com telha de fibrocimento	R\$ 241,78	348 Kg/m <sup>2</sup>

Fonte: Dos autores

Com o detalhamento dos sistemas e o levantamento quantitativo dos mesmos, iniciou a composição de custos onde foi feita uma análise de cada uma das coberturas por m<sup>2</sup>. A partir da Tabela 1, observa-se o custo do m<sup>2</sup> para construção de cada um dos sistemas analisados envolvendo ainda a composição de materiais e mão de obra. Por outro lado, apesar do Sistema Azul e Verde ter um custo um pouco mais elevado, ele apresenta diversas vantagens no cenário ambiental e relacionado à drenagem urbana sustentável. Além disso, o Sistema Azul e Verde apresenta ainda uma vantagem adicional de possuir uma estrutura mais leve quando comparada aos telhados convencionais.

*Dimensionamento dos pesos saturados das amostras de cada medição*

Por meio da equação  $P = mg$ , foram calculados os valores dos pesos saturados das medições pluviométricas realizadas ao longo de um mês no bairro do Pinheiro e no IFAL-Campus Maceió como pode ser observado nas tabelas.

*Pinheiro*

**Tabela 2 - Peso saturado da amostra 1 do bairro do Pinheiro**

Medições	Peso (N)
1ª medição	25,51
2ª medição	19,62
3ª medição	25,50
4ª medição	20,58

Fonte: Dos autores

**Tabela 3 - Peso saturado da amostra 2 do IFAL – campus Maceió**

Medições	Peso (N)
1ª medição	49,54
2ª medição	16,58
3ª medição	10,62
4ª medição	19,75

Fonte: Dos autores

Realizando o comparativo entre ambos os pesos saturados, percebeu-se que a amostra 2 do IFAL teve um peso total maior de 96,49 N ao longo do período de 1 mês, enquanto que a amostra da área de estudo pesou 91,21 N, tal fato é devido a diversos fatores como o regime pluviométrico de cada bairro, a inclinação dos telhados bem como a taxa de impermeabilização de cada região.

#### *Curva IDF*

Para a curva de intensidade – duração – frequência, foram adotados o valor de 10 anos para o tempo de retorno (T) e 60 minutos para o tempo de duração da precipitação (t), além disso os parâmetros locais para a cidade de Maceió, segundo Freitas e Denardin (1982), são  $a = 274,09$ ;  $b = 0,28$ ;  $c = 6$  e  $d = 0,56$ .

$$i = \frac{aT^m}{(t + b)^n}$$

Por meio da equação mostrada acima foi encontrado o valor de 50 mm/h para a intensidade média máxima do local estudado, o qual permite entender o regime de precipitação da região e assim traçar um panorama aprofundado de funcionamento do Sistema Azul e Verde para volumes pluviométricos atípicos (forte ou violento) que possam ocorrer ao longo dos anos.

#### *Projeção*

Realizando uma projeção baseada na maior porcentagem (45,95%) da captação pluviométrica no bairro do Pinheiro a qual houve na semana 3, percebe-se que um telhado do Sistema Azul e Verde para uma área do telhado de 12,62 m<sup>2</sup>, a qual foi posta a amostra 1, apresenta uma capacidade de armazenamento de 305,37 litros, o que acarreta em uma

diminuição considerável no escoamento superficial e, conseqüentemente, gera a amenização de pontos de alagamentos e enchentes que empreguem tal solução.

## **CONCLUSÃO**

Como forma de amenizar os problemas causados pelas chuvas, existem diversos dispositivos que visam o aumento da retenção das águas da chuva (aumento da infiltração), como calçadas e sarjetas drenantes, reservatórios para acumulação de águas de chuva etc. Todas essas alternativas são válidas e devem ser adotadas, já que será o somatório de seus resultados que propiciará os resultados hidrológicos esperados. Porém, dentre várias alternativas, os reservatórios de acumulação destacam-se por sua capacidade de rápida resposta hidrológica.

Com base nos resultados obtidos, pode-se afirmar que o Sistema Azul e Verde em ambos os cenários apresentaram resultados positivos para uma amostra de 646,8 cm<sup>2</sup>, o que implica em resultados significativos para um sistema completo implantado em telhados de residências, apartamentos ou prédios comerciais, permitindo a diminuição do acúmulo de água nas ruas e melhorando a drenagem urbana. Além disso, o sistema torna o ambiente urbano mais arborizado e reduz a quantidade de impurezas no ar, transformando as partículas de gás carbônico em gás oxigênio.

Sendo assim, o presente trabalho mostrou que o Sistema Azul e Verde tem a função de amortecer a água da chuva, de modo a prolongar o tempo de retenção de água nos reservatórios instalados no telhado, além de atuar como purificador de ar transformando o gás carbônico em oxigênio. Por outro lado, conclui-se que é mais favorável o uso do Sistema Azul e Verde do que o telhado de cobertura convencional, devido às suas utilidades e custo-benefício. O que proporcionam, dessa forma, algumas vantagens em relação aos telhados convencionais como: proteção do telhado contra a luz solar, diminuição do volume de água quanto ao escoamento superficial, melhorias na qualidade do ar, conforto térmico ao interior da edificação, assim como garantia da eficiência energética, reduzindo gastos com energia e uso de ar-condicionado.

## **AGRADECIMENTOS E FINANCIAMENTO**

Agradecemos ao Instituto Federal de Alagoas – IFAL/Maceió pela presteza na disponibilização dos equipamentos e do laboratório na elaboração deste projeto e à PRPPI pelo financiamento de bolsa estudantil na modalidade PIBIC do projeto com o título: ESTUDO DA VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA AZUL E VERDE ECOTELHADO NO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA DO BAIRRO DO PINHEIRO, orientado pela professora

Tainara Ramos Da Rocha Lins De Brito Rodrigues. Agradecemos também ao laboratorista Rinaldo por todo apoio e suporte para a realização desse projeto.

## REFERÊNCIAS

1. BENINI, S. M.; **Infraestrutura verde como prática sustentável para subsidiar a elaboração de planos de drenagem urbana: estudo de caso da cidade de Tupã/SP** – Presidente Prudente, 2015.
2. Castro, A.S. Goldenfum, J.A. **USO DE TELHADOS VERDES NO CONTROLE QUALI-QUANTITATIVO DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL URBANO**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2008.
3. CORDONI, A. S. **Telhados verdes: análise comparativa de custo com sistemas tradicionais de cobertura**. Monografia de especialização – Curitiba, 2012.
4. Ecotelhado. **Soluções para drenagem urbana: conheça o Sistema Verde e Azul Ecotelhado**. Disponível em:<<https://ecotelhado.com/solucoes-para-drenagem-urbana-conheca-o-sistema-azul-e-verde-ecotelhado/>>. Acesso em: 21 jun. 2020.
5. Folha de São Paulo. **IBGE aponta 8,2 milhões sob risco de enchente ou deslizamento no Brasil**. Disponível em:<<https://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2018/06/ibge-aponta-82-milhoes-vivendo-em-area-de-risco-no-brasil.shtml>>. Acesso em: 24 jun. 2020.
6. Franco, E. J. **Dimensionamento de bacias de retenção das águas pluviais com base no método racional**. Dissertação-Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2004.
7. GOLDFARB, Maurício C. et al. escoamento uniforme em canais circulares lisos. Parte II: comparação entre o método de Kazemipour e a equação de Manning. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.**, Campina Grande, v. 8, n. 2-3, p. 180-183, dez. 2004. Disponível em:<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S141543662004000200003&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S141543662004000200003&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em 01 jul. 2020.
8. Jusbrasil. Lei 12526/07 | Lei nº 12.526, de 2 de janeiro de 2007. Disponível em:<<https://governo-sp.jusbrasil.com.br/legislacao/132505/lei-12526-07>>. Acesso em: 29 jun. 2020.
9. Kobayashi, F.Y.; Faggion, F.H.M.; Bosco, L.M.D. Chirinéa, M.L.B. **Drenagem Urbana Sustentável**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2008.
10. MINKE, G. **Techos verdes - Planificación, ejecución, consejos prácticos. Uruguay**: Editora Fin de Siglo, 2005.
11. Portal 44 Arquitetura. O que é taxa de permeabilidade do terreno e como calculá-la. Disponível em:<<http://44arquitetura.com.br/2018/03/taxa-de-permeabilidade-calcular/>>. Acesso em: 30 de jun. 2020.

12. Prefeitura de Maceió. **Código de urbanismo e edificações do município de Maceió.** Lei Municipal Nº 5.593, de 08 de fevereiro de 2007. Publicado no Diário Oficial do Município de Maceió de 09 de fevereiro de 2007. Maceió, 2007.
13. Prefeitura Municipal de Porto Alegre. **Bacias de Amortecimento – Apresentação.** Disponível em:<[http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dep/default.php?p\\_secao=68](http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dep/default.php?p_secao=68)>. Acesso em: 20 jun. 2020.
14. Silva, Marcelo Kipper da. **Modelo para pré-dimensionamento de bacias de retenção para controle da poluição difusa das águas pluviais no município de Porto Alegre.** Dissertação de Pós-graduação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2009.