



Centro Universitário do Planalto Central Aparecido dos Santos - UNICEPLAC

Curso de Engenharia Civil

Trabalho de Conclusão de Curso

TÉCNICA SUSTENTÁVEL DE AMORTECIMENTO PARA APROVEITAMENTO DE ÁGUA
PLUVIAL: TELHADO VERDE

Gama-DF

2022

ROBSON GOMES DA SILVA

TÉCNICA SUSTENTÁVEL DE AMORTECIMENTO PARA APROVEITAMENTO DE
ÁGUA PLUVIAL: TELHADO VERDE

Monografia apresentada como requisito
para conclusão do curso de Engenharia
civil do Centro Universitário do Planalto
Central Aparecido dos Santos –
Uniceplac.

Orientadora: Dra. Aline Carolina da Silva

Gama-DF

2022

ROBSON GOMES DA SILVA

Técnica sustentável de amortecimento para aproveitamento de água pluvial: telhado verde

Monografia apresentada como requisito para conclusão do curso de Engenharia civil do Centro Universitário do Planalto Central Aparecido dos Santos – Uniceplac.

Orientadora: Dra. Aline Carolina da Silva

Gama – DF dia 29 de julho de 2022

Banca Examinadora

Dra. Aline Carolina da Silva
Orientador

Thiago Primo Sousa
Examinador

Sebastião Ivaldo Carneiro Portela
Examinador

S586t

Silva, Robson Gomes da.
Técnica sustentável de amortecimento para aproveitamento
de água pluvial: telhado verde. / Robson Gomes da Silva. –
2022.

41 p.: il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Centro
Universitário do Planalto Central Aparecido dos Santos -
UNICEPLAC, Curso de Engenharia Civil, Gama-DF, 2022.

Orientação: Profa. Dr. Aline Carolina da Silva.

1. Viabilidade e eficiência do telhado verde. 2. Inovação
sustentável. 3. Amortecimento de águas pluviais. I. Título.

CDU: 624

Dedico a Deus, que sempre me abençoou.
Aos meus pais, por todo amor, confiança e apoio em toda a minha vida, em especial durante a graduação. A todos que acreditaram em meu potencial e em minhas escolhas.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que de muitas formas me abençoou e nunca permitiu que desistisse dos sonhos e enfrentar as dificuldades e vencer os desafios.

Agradeço a minha família, meus pais e irmãos que sempre estiveram presentes em todos os momentos, em especial, aos meus filhos que acompanharam meus sofrimentos nestes últimos dias.

Aos meus amigos e amigas, que compartilhamos sofrimentos e alegrias até chegarmos a conclusão do curso. Agradeço aos amigos que adquiri ao longo da vida, aos que estão espalhados pelo mundo, que conquistamos, compartilhamos os melhores e piores momentos durante a graduação e que certamente serão parte de toda a vida.

Aos professores que foram muito solidários quando sofri o acidente na carreta de combustível que trabalhava, fiquei correndo risco de vida. E eles se dispuseram a me ajudar e me incentivaram a seguir estudando e não desistir. Pelo trabalho fundamental para concretizar esse sonho, que me ajudaram a buscar, conhecer e explorar o meu melhor. E enfim a todos que contribuíram para realizar esse sonho.

RESUMO

O telhado verde é usado como uma proposta de construção que consiste em uma vegetação plantada em solo devidamente preparado sob uma fina camada impermeabilizada. Tem como objetivo avaliar a eficiência do telhado verde para o amortecimento e reaproveitamento das águas pluviais. Pois, os custos com implantação e manutenção são elevados considerando que os benefícios são muito bons. A metodologia adotada foi pesquisa em caráter comparativo, a partir de trabalhos já publicados, para fundamentar a discussão os resultados foram apresentados por gráficos. Pela observação dos aspectos analisados, a desvantagem sobressai na vantagem que é o caso do custo, ainda que o retorno seja bom o custo é igualmente alto tanto para iniciar o projeto como para manter. Confira mais os resultados obtidos com a pesquisa no item considerações finais.

Palavras chave: Viabilidade e eficiência do telhado verde; Armazenamento; Amortecimento de águas pluviais; Inovação sustentável.

ABSTRACT

The green roof is used as a construction proposal that consists of vegetation planted in duly prepared soil under a thin layer of waterproofing. Its objective is to evaluate the efficiency of the green roof for the dampening and reuse of rainwater. Well, the implementation and maintenance costs are high considering that the benefits are very good. The methodology adopted was a comparative research, based on previously published works, to support the discussion, the results were presented by graphs. From the observation of the analyzed aspects, the disadvantage stands out in the advantage that is the case of the cost, although the return is good, the cost is equally high both to start the project and to maintain it. Check the results obtained with the research in the final remarks item.

Keywords: Green roof viability and efficiency; Storage; Dampening of rainwater; Sustainable innovation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Monitoramento de dados solarimétricos	16
Figura 2 – California academy of sciences (Estados Unidos)	18
Figura 3 – Esquema com componentes do telhado verde	19
Figura 4 – Estrutura detalhada do telhado verde	20
Figura 5 - Em Nanyang School of Art (China)	21
Figura 6 - Em Acros Fukuoka Prefectural International Hall (Japão)	22
Figura 7 - Modelo de telhado verde semi-intensivo	23
Figura 8 – Custos e insumos de Mão de obra de cobertura	32

LISTA DE QUADROS E GRÁFICOS

Quadro 1 - Comparação de trabalhos relacionados	29
Gráfico 1 - Viabilidade econômica	33
Gráfico 2 - Influência de retenção	34
Gráfico 3 - Isolamento térmico e acústico	35
Gráfico 4 - Qualidade da água	36
Gráfico 5 - Escoamento superficial	37

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DBI	Desenvolvimento de Baixo Impacto
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
PNRH	Plano Nacional de Recursos Hídricos
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	12
APLICAÇÃO DE TELHADOS VERDES COMO ALTERNATIVAS SUSTENTÁVEIS EM EDIFICAÇÕES	14
APLICAÇÕES REGIONAIS DE TELHADOS VERDES PARA AMORTECIMENTO E ARMAZENAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS	22
VIABILIDADE TÉCNICA DE IMPLANTAÇÃO DE TELHADOS VERDES PARA AMORTECIMENTO E ARMAZENAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS	25
PROCEDIMENTO METODOLÓGICO	27
RESULTADOS E DISCUSSÕES	30
CONSIDERAÇÕES FINAIS	36
REFERÊNCIAS	37

1. INTRODUÇÃO

Devido ao crescimento da população e o avanço dos grandes centros urbanos houve um aumento dos incidentes causados pelos impactos ao meio ambiente, tais como: enchentes e alagamentos. Segundo Tassi (2014), na tentativa de minimizar esses eventos, surge o conceito de Desenvolvimento de Baixo Impacto (DBI), cujo princípio é a gestão de águas pluviais próximas à origem. Observa-se a necessidade de implantar medidas propondo mudanças e adaptações, podendo estas serem realizadas por dispositivos, que instalados no sistema de drenagem, têm como função reduzir vazões e volumes de escoamento superficial através da infiltração e/ou armazenamento temporário, gerando menor impacto ambiental.

A relação entre os princípios do DBI e a importância do telhado verde, está em manter as funções ecológicas e hidrológicas voltadas para prática sustentável de drenagem pluvial. Entre as técnicas adotadas para atender a essa prática faz-se por meio do aproveitamento de água da chuva, telhados verdes entre outras medidas a adotar. Este trabalho está focado em relação ao telhado verde e como essa prática é benéfica para melhoria do ambiente, além de atuar na redução das ilhas de calor. A escolha das técnicas para o controle de escoamento pluvial e a busca por minimizar os volumes superficial (TASSI et al, 2014)

É importante mencionar que para garantir melhor adaptabilidade ao escolher o telhado verde é necessário avaliar a eficiência das estruturas, garantindo que o processo de fixação do telhado, não seja a causa de futuros problemas estruturais.

Segundo Freitas (2013) o processo de construção do telhado verde deve respeitar o planejamento e as limitações de cada estrutura, fazendo as considerações necessárias para cada tipo de telhado verde a ser colocado, de forragem escolhida, considerando o peso e a estrutura que o projeto deverá receber. Os estudos de análises sobre a viabilidade de aplicar a cobertura de telhado verde e redução da intensidade do escoamento de águas pluviais, enfatizam que se deve ficar atento aos detalhes da probabilidade de armazenamento e afrouxamento das águas da chuva, de forma a não sacrificar o solo nem as estruturas existentes, principalmente nos grandes centros urbanos e comerciais (LUMERTZ, 2017).

Assim, a temática abordada inova na forma de construção sustentável, viável e eficaz, conforme afirma Oliveira et. al. (2017). Esse trabalho abordou, de forma

comparativa, os tipos de aplicabilidade e viabilidade do telhado verde, representando uma linha tênue de equilíbrio entre urbanização e sustentabilidade, indispensável na formação e atuação da engenharia civil.

1.1 Objetivo geral

Avaliar a eficiência de telhados verdes para amortecimento e aproveitamento de águas pluviais.

1.2 Objetivos específicos

- Compreender a aplicação de telhados verdes como alternativas sustentáveis em edificações;
- Comparar aplicações regionais de telhados verdes para amortecimento e armazenamento de águas pluviais;
- Analisar viabilidade técnica de implantação de telhados verdes para amortecimento e armazenamento de águas pluviais.

1.3 Problema

O aumento de escoamento superficial ocasionado pela ausência de manejo e gestão das águas pluviais vem causando enchentes urbanas e degradando o ambiente com alteração da qualidade das águas pluviais, além de impactos no ecossistema terrestres e aquáticos (BALDESSAR, 2012).

Cabe salientar que em 2015 a Organização das Nações Unidas – ONU elaborou um plano para erradicar a pobreza e proteger o planeta. O plano tem 17 objetivos de desenvolvimento sustentável e sugere dentre os objetivos traçados a aplicação de técnicas sustentáveis em drenagem urbana e um controle maior na prevenção de desastres naturais como enchentes e alagamentos. Dessa forma, surgem questionamentos acerca da redução da permeabilidade do solo nas áreas urbanas, podendo então os telhados verdes apresentarem resultados para minimizar tais problemáticas.

1.4 Hipótese

O telhado verde é uma inovação no ramo da construção civil, podendo ser uma alternativa para a iniciativa de aproveitar a água pluvial, ainda tão pouco usada. Apesar de onerosos custos, a implantação e manutenção possuem benefícios ambientais e de redução de impactos de grande relevância. Sendo assim, há

viabilidade técnica para sua aplicação em amortecimento e armazenamento de águas pluviais..

1.5 Justificativa

A proposta do telhado verde e o aproveitamento de águas pluviais surgem como um dos métodos sobre sustentabilidade na construção civil. Para tanto, este estudo visou apresentar os principais autores com recentes estudos e abordagens a serem observadas em relação às alternativas sustentáveis em edificações como, por exemplo, o telhado verde, por meio de análise comparativa avaliando as vantagens e desvantagens de todo o processo de construção, de modo a possibilitar um esclarecimento da ferramenta para os futuros profissionais da engenharia e demais interessados.

2. APLICAÇÃO DE TELHADOS VERDES COMO ALTERNATIVAS SUSTENTÁVEIS EM EDIFICAÇÕES

Os telhados ecológicos eram mundialmente famosos. Há vários relatos de construções e propostas semelhantes no período antes de cristo (a.c). O telhado verde surge como uma alternativa sustentável, para minimizar os impactos causados pelas chuvas, com o propósito de reduzir os impactos à natureza (BOTELHO, 2011).

Ao fazer uma contextualização histórica, durante o séc. XX na França, às construções verdes foram consideradas como parte da cultura popular. Nos anos 60, surgiram algumas construções de telhados verdes na Alemanha, nos anos 70, passaram a adaptar os telhados verdes com camadas drenagens, membranas impermeabilizantes, agentes inibidores de raízes e substratos de baixa densidade e uso de espécies adequadas para o cultivo (JESUS, 2018).

No Brasil, essa proposta surge por motivos mais práticos, conforme afirma Costa e Poletto (2012) com a urbanização, o crescimento das edificações e a pavimentação das ruas, a retirada da vegetação local provocou-se alterações na permeabilidade do solo, o que resultou no aumento do escoamento superficial das águas pluviais.

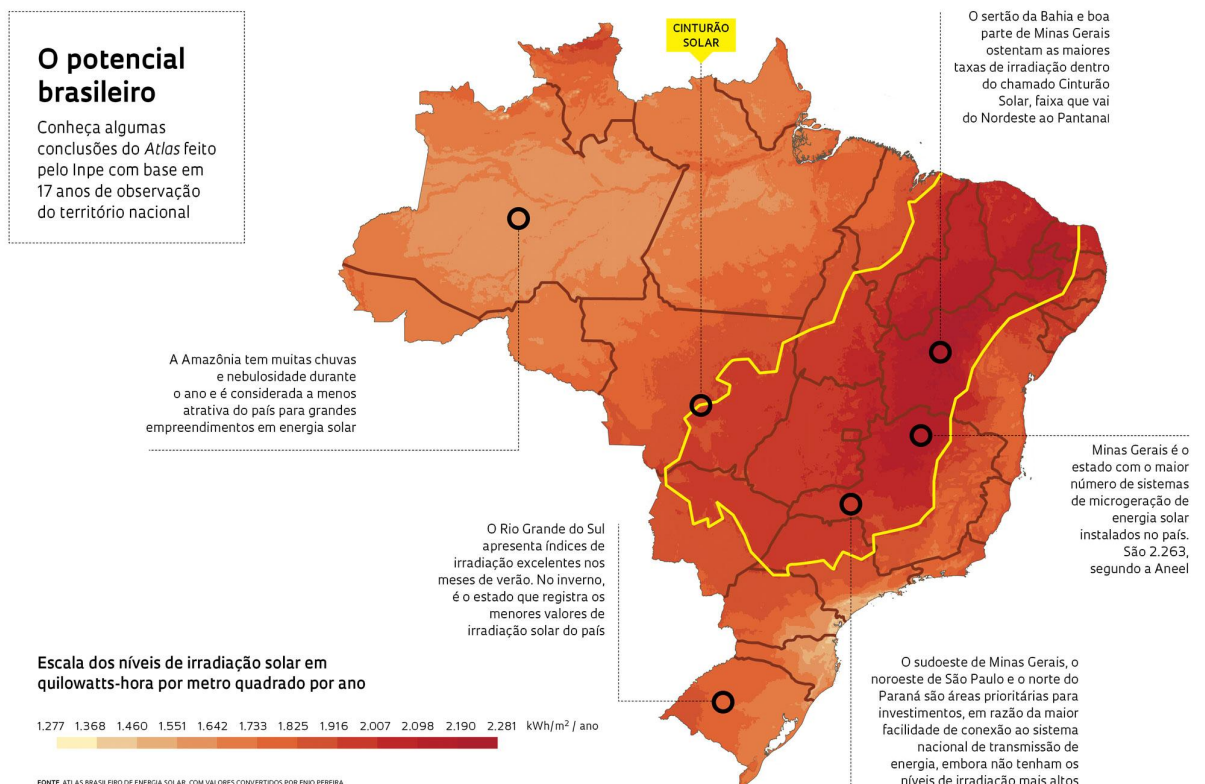
Para Oliveira (2016), a adoção do telhado verde vem como uma proposta de melhorias, tais como: o conforto térmico que zela pela qualidade de desempenho

das edificações, para atender as expectativas referentes como, por exemplo, a durabilidade, conforto, segurança e redução do gasto de energia elétrica.

A adoção de técnicas ecológicas durante a construção de edificações proporciona técnicas adequadas para a vida da obra, portanto ao investir no telhado verde há melhor qualidade social, ambiental e econômica. (RODRIGUES, 2018)

Teixeira et al (2017), realizaram estudo comparativo entre dois tipos de telhados e a qualidade das águas armazenadas para verificar a eficiência dos dois modelos de telhados e sinalizar o mais eficaz. Os autores mostram que o planejamento deve seguir com um estudo sobre o clima da região, deve-se verificar o tipo de vegetação da região, verificar se é uma área muito chuvosa ou muito seca, isso deve ser levado em consideração para a escolha da vegetação e o fluxo de reaproveitamento da água da chuva.

Segundo a revista FAPESP (2017), cada região do país apresenta características específicas quanto à incidência de raios solares . O órgão responsável por analisar esses dados e fazer projeções a respeito é o Instituto Nacional de Tecnologia – INMET, essas projeções auxiliam a elaborar projetos sustentáveis que facilitam ao setor de energia solar, e como consequência o setor de telhado verde. Abaixo a Figura 1 mostra a característica solarimétrica do Brasil na atualidade. Figura 1: Monitoramento de dados solarimétricos



Fonte: FAPESP, 2017

Os índices de irradiação solar são importantes para determinar o tipo de telhado verde para ser constituído, como por exemplo, auxiliar o planejamento nas forragens ou plantações que melhor se adaptam a tais climas e que não tem predisposição à luz solar em excesso. Além de contribuir na junção entre dois tipos de medida ambiental, como por exemplo, o processo de captar a luz solar por meio de placas solares e transformar em energia elétrica e aproveitar água da chuva para reduzir os custos e aproveitar a água da chuva para fins não potáveis.

O casamento de duas técnicas eficazes abre o leque de oportunidades, destacam a importância de analisar os estudos sobre o monitoramento do sol e da produção de energia, em cada região. Observa-se que ao escolher o painel solar, o telhado verde e analisar os estudos climáticos das regiões há uma busca iminente em resolver problemas, pois, o telhado verde proporciona uma redução na temperatura em torno dos painéis, a cobertura fica mais fria, evapora menos água (Figura 2). Também ajudam a desviar a poeira que fica nas fotocélulas e bloqueia os raios solares que podem causar acidentes (RODRIGUES, 2017).

Figura 2: Ilustração da aplicação da técnica na Califórnia academy of ciências (Estados Unidos)



Fonte: <https://www.gettyimages.de/fotos/california-academy-of-sciences>

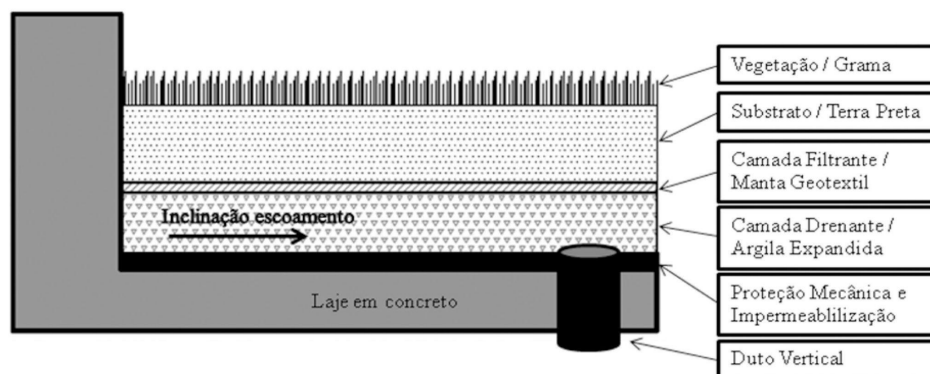
Como neste exemplo, na Figura acima, localizada na academia de ciências (Estados Unidos), apresenta a junção das duas técnicas discutidas no parágrafo anterior, a técnica de telhado verde e placas solares.

Já a técnica construtiva abordada por Teixeira et. al. (2017) é uma comparação entre o telhado verde e o telhado convencional, de concreto. No telhado de concreto a água da chuva, após escoar pelo telhado de concreto é coletada por uma calha de zinco com pintura de esmalte sintético. Enquanto no telhado verde a água e as sujidades escorrem para a área onde existe um filtro para retenção de materiais grosseiros como folhas, ou galhos. Nessa casa desse estudo de caso, o reaproveitamento da água da chuva foi utilizado para limpar áreas externas e internas da residência e irrigar o jardim. Cabe ressaltar que a casa precisa ter dois reservatórios, d'água da chuva e da água potável, a baixa no reservatório para as águas pluviais faz com que a bomba seja desativada e a água potável seja usada.

Para Teixeira et. al. (2017) afirma que para evitar a contaminação cruzada, as instalações são feitas em níveis diferentes. Após o estudo, a conclusão foi que a água pluvial mesmo após o tratamento de filtragem não está apta para consumo potável e que é importante fazer as instalações independentes, para não contaminar as águas. Para Teixeira et al (2017)os resultados dos parâmetros físico-químicos podem ser influenciados pelo período de estiagem e pelo volume de chuva ocorrido. Ambos interferem nas concentrações dos poluentes atmosféricos que conseqüentemente são removidos do ar para a água da chuva (TEIXEIRA, Et. Al., 2017).

Segundo Teixeira et. al. (2017), com relação à aplicação do telhado verde como alternativa sustentável para as edificações, na amostra da residência 2, foi aplicado o telhado verde. O telhado foi implantado em 2011, mas as amostras começaram a ser analisadas após 2013, constituídas por dois condutores verticais de PVC (100 mm de diâmetro), que liga ao reservatório inferior de concreto, nesse reservatório foram instalados dois filtros de 200 mcg e 50 mcg.

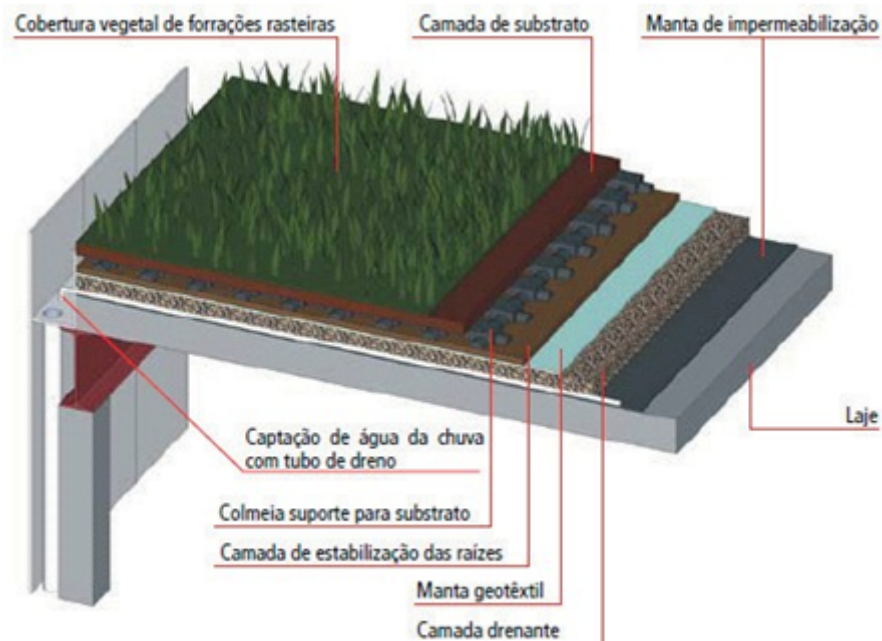
Figura 3 – Esquema com componentes do telhado verde



Fonte: Teixeira et al (2017).

O telhado foi montado da seguinte forma, a laje impermeabilizada para construção do telhado verde, uma camada de vegetação, mais espessa de terra, um terço dessa camada com argila que será responsável pela drenagem do sistema, sobreposta por uma manta que será responsável por filtrar a água pluvial, uma camada de impermeabilizante e uma camada que funcionará como um duto na posição vertical, conforme imagem abaixo.

Figura 4: Estrutura detalhada do telhado verde.



Fonte: Santos 2017

Para a construção do telhado verde, a laje deve ser preparada a impermeabilização e a construção de um bom sistema de drenagem que irá receber o telhado e suas estruturas. Caso o proprietário já tenha construído o telhado e opte por trocar, deve avaliar o processo de planejamento para receber o telhado, análises são fundamentais como o peso do total após todas as instalações, se é necessário reforçar a instalação, para melhorar a estrutura.

É necessário ter um cuidado maior com a escolha das plantações devido ao tamanho das raízes, já que estas também podem afetar a estrutura da edificação.

Existem algumas variações de telhado verde no geral, são seis etapas: a camada impermeabilizante, camada drenante, camada filtrante, solo e substrato, camada membranosa com proteção contra raízes e vegetação. Quanto à importância e função de cada camada no processo de construção do telhado verde, Santos (2017) sugere a seguinte estrutura:

- A laje é a estrutura que vai dar sustentabilidade às cargas permanentes ou não ao telhado verde.
- A camada impermeabilizante sua principal função é proteger a estrutura do contato direto com a água, é responsável por proteger a membrana impermeabilizante contra o crescimento das raízes e ainda manter a saúde das plantas e da estrutura.
- A camada drenante tem função controlar o excesso de saída de água para o solo, retém parte da água para o processo de irrigação e evita sobrecarregar o sistema de águas pluviais públicas, evitando alagamentos e tantos outros problemas, geralmente é composto por argila e brita.
- A camada filtrante é responsável por evitar resíduos do solo para a camada drenante. No solo, o substrato orgânico deve ter boa capacidade de drenar, ele tem a função de fornecer água e nutrientes necessários para as plantas em especial no período de maior seca.
- A vegetação é a última camada que tem a função de absorver parte da água da chuva para promover a evaporação facilitando a retenção de água pelo solo. O tipo de vegetação e solo deve ser característico para cada região e ecossistema (SANTOS 2017, pág. 197).

Em relação à função e importância de cada camada, segundo Silva (2011), a camada impermeabilizante protege a laje contra infiltrações. A camada drenante é responsável pela drenagem da água pluvial filtrando os poluentes e dispensando os excessos de água. A camada filtrante é responsável por impedir a passagem das partículas que compõem a cobertura verde que pode ser levada pelas águas das chuvas. O solo e o substrato tem função de suporte à vegetação. A membrana de proteção impede que as raízes causem danos ao restante do sistema à vegetação deve ser de espécies vegetais com baixa manutenção e resistente a peculiaridades de cada região.

2.1 Tipos de plantas e adaptação com o clima

Como já foi explanado, o telhado verde é usado como uma proposta de construção que consiste em uma vegetação plantada em solo devidamente preparado sob uma fina camada impermeabilizada.

Existem três tipos de cobertura: a extensiva, a semi-intensiva e a intensiva. A cobertura verde extensiva é o tipo mais indicado para casos que têm interesse em amortecer os efeitos da água da chuva nas redes públicas. Para esta cobertura, as mais indicadas são as espécies rústicas e rasteiras como gramas e forragens que não precisam de muito cuidado durante o período chuvoso e cuidado moderado durante o período da seca.

O telhado verde extensivo tem profundidade menor de solo e abriga melhor as vegetações de menor porte, gramíneas, "para o sistema extensivo com substrato de 5 cm a 15 cm de espessura, estima-se que a carga sobre o telhado possa aumentar de 70 a 170 kg/m² aproximadamente" (SANTOS p 197. 2017).

Figura 5: Em Nanyang School Of Art (China)



Fonte: modlar.com

O telhado verde intensivo apresenta uma espessura maior e usam vegetação com maior densidade e porte podendo ser elas frutas ou para fins alimentícios, "para o sistema intensivo, com espessura de solo acima de 15 cm (Figura 7), o valor de carga adicional pode variar entre 290 e 970 kg/ m²" (SANTOS p 197. 2017).

Figura 6: Em Acros Fukuoka Prefectural International Hall (Japão)



Fonte: greenroof.com

As construções de telhado semi-intensivo são muito parecidas com os modelos de telhados intensivos, conforme afirma Screnski (2015),

Esse modelo possui características de altura do substrato variando entre 12 a 25 cm e peso exercido sobre a cobertura em torno de 120 a 200 Kg/m². Além disto, os custos se aproximam do telhado verde intensivo, tendo em vista que este telhado necessita de manutenções periódicas. (SCRENSKI, p. 16. 2015).

A Figura 7 apresenta dois exemplos de coberturas com uso semi-extensivo, ambas localizadas nos EUA.

Figura 7: modelo de telhado verde semi-intensivo



Fonte: CAMILÔTO, 2020.

Seguir o passo a passo na montagem da estrutura do telhado verde com melhor aplicabilidade a estrutura, uma vez que, a drenagem no canto superior esquerdo, seguida pela drenagem onde cai a água da chuva e, da membrana impermeável abaixo dela funciona para evitar que a água atinja o substrato, que neste caso é uma laje de concreto(SCRENSKI, 2015). Para montar qualquer estrutura com qualquer sistema de telhado é fundamental seguir as normas de padronização como a ABNT, legislações vigentes nos estados, municípios e no país, e respeitar as diferenças climáticas de cada área.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT n° 15527/2007, especifica os parâmetros de qualidade da água de chuva, que não deve ser usado para fins potáveis;

Esta Norma se aplica a usos não potáveis em que as águas de chuva podem ser utilizadas após tratamento adequado como, por exemplo, descargas em bacias sanitárias, irrigação de gramados e plantas ornamentais, lavagem de veículos, limpeza de calçadas e ruas, limpeza de pátios, espelhos d'água e usos industriais. (ABNT p. 5. 2007)

O sistema de captação de água da chuva deve atender as especificações de outras normas da ABNT como a n° 5626 e 10844, essa última específica ao uso da norma n° 10844/1989 “à drenagem de águas pluviais em coberturas e demais áreas

associadas ao edifício, tais como terraços, pátios, quintais e similares” (ABNT, p. 2 1989).

Ao falar sobre reaproveitamento da água da chuva não pode deixar de mencionar a NBR 15527/2007 da ABNT que regulamenta a coleta da água pluvial e define o uso para fins não potáveis como cita Duarte (2017),

[...] os registros de água não potável proveniente da coleta da chuva devem ser de uso restrito, identificados com a inscrição “água não potável” e com um aviso gráfico [...]. Todos os cuidados devem ser tomados para a prevenção de acidentes, como a ingestão indevida desta água (DUARTE p 51. 2017).

É fundamental existir uma norma que regulamenta o destino das águas que não são potáveis, a identificação que deve ser usada nos espaços onde é adotado esse modelo de reaproveitamento da água, seguindo todas as normas e tomando os devidos cuidados com higiene garantindo a saúde humana e do ambiente.

Quanto ao processo apresentado é importante enfatizar que para sua implantação devem-se seguir normativas técnicas das regiões do país, pois em cada região do Brasil, há leis e regras específicas que regulamentam a aplicação do telhado verde nas diferentes localidades.

3. APLICAÇÕES REGIONAIS DE TELHADOS VERDES PARA AMORTECIMENTO E ARMAZENAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS

Ao realizar um estudo comparativo em diferentes cidades do Brasil, foi possível observar que algumas normas, regras ou leis que regulamentam a aplicação correta desse tipo de estrutura, respeitando as limitações climáticas e a biodiversidade ambiental, sem perder a qualidade de serviço prestado ao cliente (IBRAIN, 2015).

Ao comparar as diferenças de aplicações entre as regiões do Brasil, foram apresentados alguns estudos em cidades que representaram as regiões a qual fazem parte, de modo a propiciar entendimento quanto à viabilidade e a aplicação do telhado verde, tanto em visão econômica quanto na prática (MIRRE, 2015).

3.1 Arcabouço regulatório existentes no Brasil

No Brasil a valorização em monitorar os recursos hídricos começou ainda no século passado, mas se intensificaram por meio da publicação de políticas públicas regulatórias para o reuso de águas. Como a criação de resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH e Plano Nacional de Recursos Hídricos – PNRH, que estabelece as normas federais sobre o gerenciamento de hidrografia. A Resolução nº 54/2005 do CNRH, estabelece diretrizes e critérios para usos específicos de reuso de água não potável. Segundo uma análise realizada pela ADASA em 2017, com base na lei distrital nº 2.725/2001, que traz: “Art. 8º determina que os Comitês de Bacia Hidrográfica devam considerar, na proposição de mecanismos de cobrança e de aplicação dos seus recursos provenientes da cobrança, incentivos para a prática do reuso de água” (ADASA p. 19. 2017).

Para manter o cumprimento da resolução é fundamental a identificação do produtor, distribuidor, usuário e atividade de aproveitamento da água, bem como a localização geográfica e destinação da água. Mas cada estado cria legislações a nível estadual e municipal para regulamentar melhor o armazenamento, reaproveitamento e destino final dessa água. Abaixo foram listadas leis estaduais e municipais dos últimos 10 (dez) anos (2011 a 2021).

A Lei Estadual nº 6.034/2011 do Rio de Janeiro, dispõe sobre alguns lugares específicos para o uso obrigatório de aproveitar águas pluviais e o reuso de águas em edificações urbanas dentro dos municípios e no estado do Rio de Janeiro. A água de reuso deve ser usada na lavagem de veículos em postos de combustíveis, lava rápidos, transportadoras e empresas de ônibus. (RIO DE JANEIRO, 2011).

No estado do Rio de Janeiro tem três leis municipais que melhoram o sistema de aproveitamento de água, a Lei Municipal nº 348/2011, do Município de São Gonçalo-RJ cria um sistema de reaproveitamento de água para fins de uso não potável em escolas, hospitais, postos médicos em locais públicos. (RIO DE JANEIRO, 2011).

No estado do São Paulo tem a Lei Municipal nº 16.174/2015, estabelece medidas para o uso de águas pluviais para fins não potáveis, aproveitar a água da chuva por meio de drenos em locais preservados subterrâneos localizados abaixo do lençol freático (SÃO PAULO, 2015)

Já no Distrito Federal, existem duas leis distritais, que regulamentam o reaproveitamento das águas pluviais em edificações, sendo uma publicada em 2018 a Lei nº 4181 cria o Programa de Captação de Água da Chuva, que tem como princípio incentivar a captação, o armazenamento e utilização das águas pluviais em edificações urbanas. E a Lei distrital nº 4671/2011, que obriga unidades habitacionais e comerciais a instalação de reservatórios para captação de água pluviais do Distrito Federal. (DISTRITO FEDERAL, 2011).

Nos telhados analisados no estado do Paraná, foram construídos com lajes impermeabilizadas seguidas de camada drenantes, com o substrato, onde foram plantadas espécies vegetais de pequeno e médio porte. Os componentes do telhado verde foram definidos a partir de projetos arquitetônicos, e a vegetação escolhida foi para atender às variações climáticas da região. Nesse apresenta uma conclusão em relação a duas residências, sendo uma de telhado com telhas de concreto e outra com telhado verde para analisar a qualidade da água da chuva nos reservatórios de reaproveitamento, foram possíveis concluir que o telhado verde apresentou a qualidade da água em característica menor do que o telhado de telhas de concreto, apresentando números elevados de fosfatos em comparação com o que é autorizado pela norma, fazendo a necessidade de instalar um sistema de desinfecção da água (TEIXEIRA, et al. 2017).

Em nível federal, tem a Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011, essa portaria trata sobre o destino da água ao consumo humano a partir do sistema ou solução de abastecimento de água da chuva, em que “dispõe sobre os procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, é regulamentado pelo Ministério da Saúde” (BRASIL, 2011). A portaria não se aplica a água mineral natural, água natural e água que são adicionadas de sais, estas são direcionadas ao consumo humano ou como fonte de matéria prima para elaboração de produtos. Por ela tem-se a compreensão quanto à água potável e não-potável foco das águas de aproveitamento pluvial.

É oportuno salientar que inexistem Normas Técnicas (NBR) para a construção de telhados verdes, o que compromete a orientação adequada aos profissionais. Assim, para verificar a viabilidade de aplicação do telhado verde, é fundamental verificar a viabilidade técnica considerando dentro dos aspectos de estudo as vantagens e desvantagens do telhado verde na cidade.

4. VIABILIDADE TÉCNICA DE IMPLANTAÇÃO DE TELHADOS VERDES PARA AMORTECIMENTO E ARMAZENAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS

Ao analisar a qualidade da água in natura, que é uma característica variável, pois depende de cada região, a qualidade da água também varia pelo tipo de material que o telhado é construído. O telhado verde é uma alternativa para melhorar o escoamento das águas pluviais, qualidade do ambiente e principalmente a beleza visual. Por sua vez é denominado como uma cobertura vegetal montada sobre lajes ou coberturas, cuja finalidade é a busca por melhorias no paisagismo, reduzir ilhas de calor, melhorar o escoamento superficial, diminuir o uso de ar-condicionado, entre outras melhorias observadas.

Para tentar reduzir os efeitos negativos da rápida urbanização sobre o meio ambiente, os engenheiros conceberam uma série de soluções, como a impermeabilização, que passa pelo uso de melhores práticas de gestão, como as melhores práticas internacionais. Essas estruturas são projetadas para aumentar e melhorar a qualidade do escoamento e do aqueduto. Conforme afirma Neto (p. 2, 2021).

[...] o uso insustentável de sistemas naturais gera numerosos problemas dentro e fora das cidades. Amplas áreas impermeabilizadas são criadas, seja por meio da pavimentação das cidades, seja pela diminuição da vegetação, refletindo na formação de um efeito conhecido como ilha de calor urbano, no qual há acréscimo na temperatura local como resultado da substituição de áreas verdes por concreto, uma vez que estes retêm maior calor que a vegetação (OKE, 1987). Para White (2002), há redução de infiltração da água no solo, sobrecarregando a rede de drenagem, principalmente durante os períodos de chuva, quando o escoamento superficial é extremamente alto [...] (NETO, 2021, p. 2).

A sugestão de aplicar as técnicas do DBI, que torna viável o armazenamento e o aproveitamento da água da chuva, segue uma metodologia muito parecida com a de Neto, porém adotando outras técnicas igualmente eficazes, ressaltando que independentemente do método escolhido, existe a eficácia. Para Tassi (2014) “Entre as técnicas normalmente empregadas neste sentido, podem ser citadas as

pequenas biorretenção, paisagismo com água da chuva, aproveitamento de água da chuva, trincheiras de infiltração, pavimentos permeáveis e telhados verdes, entre outros.” (TASSI 2014 p. 141).

Para afastar os riscos de inundações dentro das cidades, foram desenvolvidos diversos sistemas de escoamento, e encanamento das águas pluviais para as regiões mais distantes. Mas essas medidas só afastaram em décadas um problema que a qualquer instante poderia eclodir e devastar cidades inteiras, pois esse sistema é insustentável e imprevisível, pois os aumentos das áreas de impermeabilidade levam aos números de obras serem inferiores e insuficientes para suprir o problema. Segundo afirma Tassi et al (2014),

[...] o escoamento superficial é conduzido diretamente a um corpo. Hídrico receptor, ignorando a passagem por áreas com potencial de. Infiltração e conexão com planícies de inundação, que são altamente eficientes na remoção de poluentes (TASSI et al 2014 p. 8).

Iniciando pela região sul, representado aqui pela cidade de Curitiba – PR, o objetivo do estudo de (TEIXEIRA, 2017) com a residência, era captar a água da chuva e reduzir o uso da água para fins não potáveis, seguindo a exigências do Decreto Municipal vigente nº 212/2007, em relação às responsabilidades descritas no art. 1 “§ 1º - O projeto a ser submetido à aprovação deverá atender a todas as exigências do presente Decreto, Legislação Municipal, Estadual e Federal e Normas Técnicas Brasileiras vigentes” (BRASIL, 2007).

Segundo Alberto et. al., (2012), “as etapas de execução foram: impermeabilização da laje; sistema de drenagem; preparo do solo e plantio da vegetação”. A preparação do telhado ocorreu a partir da impermeabilização e montagem do sistema de drenagem verificando se a carga total do telhado verde seria sustentada pela estrutura existente ou se a haverá a necessidade de reforçar a estrutura.

A cobertura extensiva é a mais indicada para montar o sistema de amortecimento, entre os benefícios está que o substrato é fino, não precisa de muita irrigação, entre as vantagens está que é mais leve do que os outros tipo o peso varia de 100 a 170 kg/m, ideal para grandes áreas, conveniente para coberturas que o grau de inclinação varie de 0 a 30°. o custo com a manutenção e o intervalo de manutenção é baixo. tem aspecto mais natural. (SAVI, 2012).

5 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

A partir do referencial bibliográfico e pesquisas documentais, usando como base as plataformas: Scielo, Google Acadêmico e Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES, livros. Aplicando os seguintes termos utilizados para as pesquisas foram “telhado verde”, “amortecimento de águas pluviais” e “armazenamento de águas pluviais”, buscando sempre relacionar os termos a diversos fatores, tais como: o ciclo hidrológico, a drenagem urbana.

A pesquisa foi desenvolvida em caráter comparativo, a partir de trabalhos já elaborados e implantados ainda que em caráter experimental, como fonte de fundamentar a discussão dos resultados entre os escolhidos como amostras e o presente trabalho. Foi abordado um problema e a busca pela resolução desse problema que afeta a população diretamente e que pode ser uma alternativa de melhorar a qualidade de vida das pessoas e do meio ambiente. Esse trabalho consiste em uma abordagem sistêmica, que é uma metodologia que busca conjugar conceitos de diversas ciências a respeito de determinado objeto de pesquisa.

O Quadro 1 apresenta os estudos de caso utilizados como base comparativa de resultados.

Quadro 1: Estudos de caso base para comparação dos resultados

Título	Descrição
Paletta (2021). Estudo do telhado verde nas construções sustentáveis.	Demonstra a viabilidade do telhado verde na cidade de São Paulo a partir de aspectos relacionados a condições financeiras e culturais, e caracterizando as vantagens e desvantagens dessa técnica.
Teixeira et al. (2017). Estudo comparativo da qualidade de água da chuva coletada em telhado com telhas de concreto e em telhado verde para usos não potáveis.	Faz um comparativo da qualidade da água da chuva coletada em telhados de duas casas, sendo uma com telhado verde e a outra com telhado convencional de concreto.

Oliveira (2016). Desempenho térmico das edificações: estudos comparativos entre o telhado verde e outros tipos de coberturas.	Determina qual tipo de cobertura melhor atende aos requisitos de desempenho térmico nas edificações a partir da temática ambiental e econômica.
Tassi (2014). Telhado verde: uma alternativa sustentável para a gestão de águas pluviais.	Apresenta resultados do monitoramento e modelos de telhados verdes e avalia a eficiência no controle quantitativo do escoamento de águas pluviais em longo prazo.
Costa e Poleto (2012). Telhado verde: redução e retardo do escoamento superficial.	Amostra experimental, de um protótipo, para propor a implantação de alternativas sustentáveis visando o retardo e minimizando os problemas com escoamento de água.

Paletta (2021). Estudo do telhado verde nas construções sustentáveis. Demonstra a viabilidade do telhado verde na cidade de São Paulo a partir de aspectos relacionados a condições financeiras e culturais, e caracterizando as vantagens e desvantagens dessa técnica.

Teixeira et al. (2017). Estudo comparativo da qualidade de água da chuva coletada em telhado com telhas de concreto e em telhado verde para usos não potáveis. Faz um comparativo da qualidade da água da chuva coletada em telhados de duas casas, sendo uma com telhado verde e a outra com telhado convencional de concreto.

Oliveira (2016). Desempenho térmico das edificações: estudos comparativos entre o telhado verde e outros tipos de coberturas. Determina qual tipo de cobertura melhor atende aos requisitos de desempenho térmico nas edificações a partir da temática ambiental e econômica.

Tassi (2013). Telhado verde: uma alternativa sustentável para a gestão de águas pluviais. Apresenta resultados do monitoramento e modelos de telhados verdes e avalia a eficiência no controle quantitativo do escoamento de águas pluviais em longo prazo.

Costa e Poleto (2012). Telhado verde: redução e retardo do escoamento superficial. Amostra experimental, de um protótipo, para propor a implantação de

alternativas sustentáveis visando o retardo e minimizando os problemas com escoamento de água.

Paletta (2021). Estudo do telhado verde nas construções sustentáveis. Demonstra a viabilidade do telhado verde na cidade de São Paulo a partir de aspectos relacionados a condições financeiras e culturais, e caracterizando as vantagens e desvantagens dessa técnica.

Teixeira et al. (2017). Estudo comparativo da qualidade de água da chuva coletada em telhado com telhas de concreto e em telhado verde para usos não potáveis. Faz um comparativo da qualidade da água da chuva coletada em telhados de duas casas, sendo uma com telhado verde e a outra com telhado convencional de concreto.

Oliveira (2016). Desempenho térmico das edificações: estudos comparativos entre o telhado verde e outros tipos de coberturas. Determina qual tipo de cobertura melhor atende aos requisitos de desempenho térmico nas edificações a partir da temática ambiental e econômica.

Tassi (2013). Telhado verde: uma alternativa sustentável para a gestão de águas pluviais. Apresenta resultados do monitoramento e modelos de telhados verdes e avalia a eficiência no controle quantitativo do escoamento de águas pluviais em longo prazo.

Costa e Poletto (2012). Telhado verde: redução e retardo do escoamento superficial. Amostra experimental, de um protótipo, para propor a implantação de alternativas sustentáveis visando o retardo e minimizando os problemas com escoamento de água.

A partir dos cinco estudos de caso apresentados no Quadro 1 foi apresentado comparativo dos resultados para obtenção de informações quanto à viabilidade da técnica no que tange aos telhados verdes desde o planejamento, construção e manutenção do telhado verde e do reaproveitamento da água da chuva.

Foram analisados nos trabalhos os itens viabilidade econômica, influência de retenção da técnica, isolamento térmico e acústico, qualidade da água e escoamento superficial. E na metodologia, definiram-se os seguintes itens de avaliação quanto à abordagem nos trabalhos: ruim, regular, não analisado.

Os resultados da comparação das temáticas incluídas na técnica do telhado verde foram apresentados em forma de gráficos de análise.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 Viabilidade econômica

A Influência do custo sobre a criação de sistemas de telhado verde trazida pelos autores foi em relação aos custos iniciais de implantação, manutenção, insumos e mão de obra por m². Tassi (2013), considerou que a viabilidade econômica são medianos, os custos são muito altos com manutenção e implantação.

No trabalho de Costa e Poletto e Teixeira não foram abordados estudos sobre a viabilidade econômica.

Nos estudos de Oliveira, há dois tipos de análises, uma relacionada ao custo de implantação do telhado e outra ao custo da mão de obra. Em relação ao custo da implantação está atrelado ao valor gasto com materiais e insumos. Segundo Oliveira (2016), é mais viável a cobertura com “telhas de fibrocimento, seguido de telha de cerâmica, e depois o telhado verde”.. Dessa forma reduz os custos, custo apresentado baseado nos valores do segundo semestre de 2015, conforme a Figura 9 elaborado pela autora,

Figura 8 – Custos e insumos de mão de obra de cobertura

Tabela 1 - Composições de custos com insumo e mão de obra da cobertura com telhas cerâmicas, telhas de fibrocimento e telhado verde.

Cobertura com telha cerâmica		Cobertura com telha de fibrocimento		Cobertura com telhado verde	
Item	Preço (m ²)	Item	Preço (m ²)	Item	Preço (m ²)
Mão de Obra	R\$ 18,38	Mão de Obra	R\$ 12,02	Mão de Obra	R\$ 37,21
Insumos	R\$ 51,74	Insumos	R\$ 46,84	Insumos	R\$ 92,76
Total Geral	R\$ 70,12	Total Geral	R\$ 58,86	Total Geral	R\$ 129,97

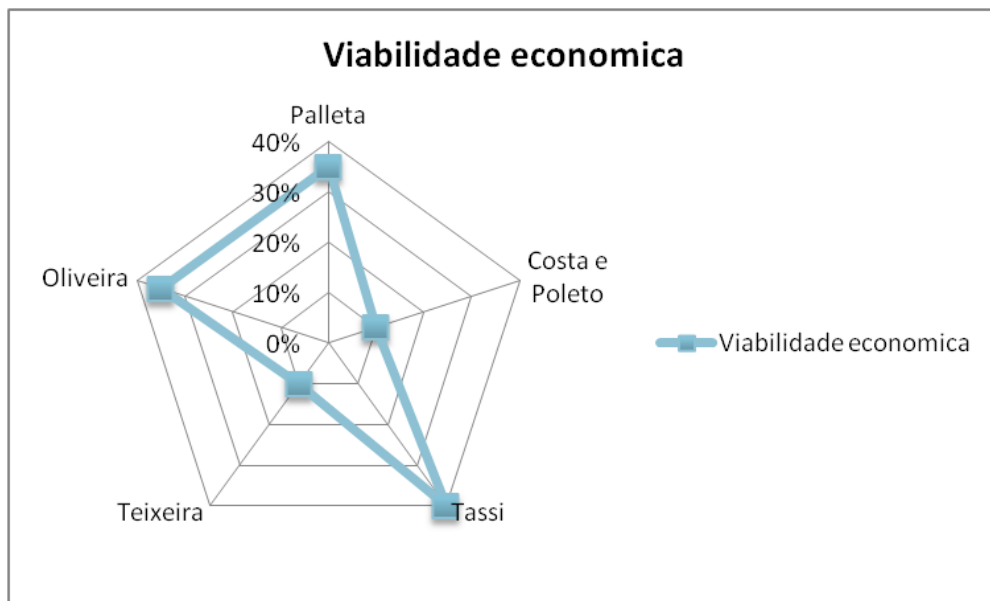
Fonte: Elaborado pelas autoras (2015).

Fonte: Oliveira (2016)

Em relação ao custo de mão de obra para implantação do telhado verde foi posto que é maior se comparado com outras coberturas. Neste caso, é necessária a atuação de profissionais especializados para execução. Compreende-se que este cenário se dá em decorrência da baixa mão-de-obra qualificada e por ser uma técnica relativamente nova, o que não demanda tanta procura por profissionais.

Para Palleta (2021) é inviável a aplicação porque atende a um público que tem condições financeiras para realizá-lo.

Gráfico 1 – Viabilidade econômica da técnica telhado verde



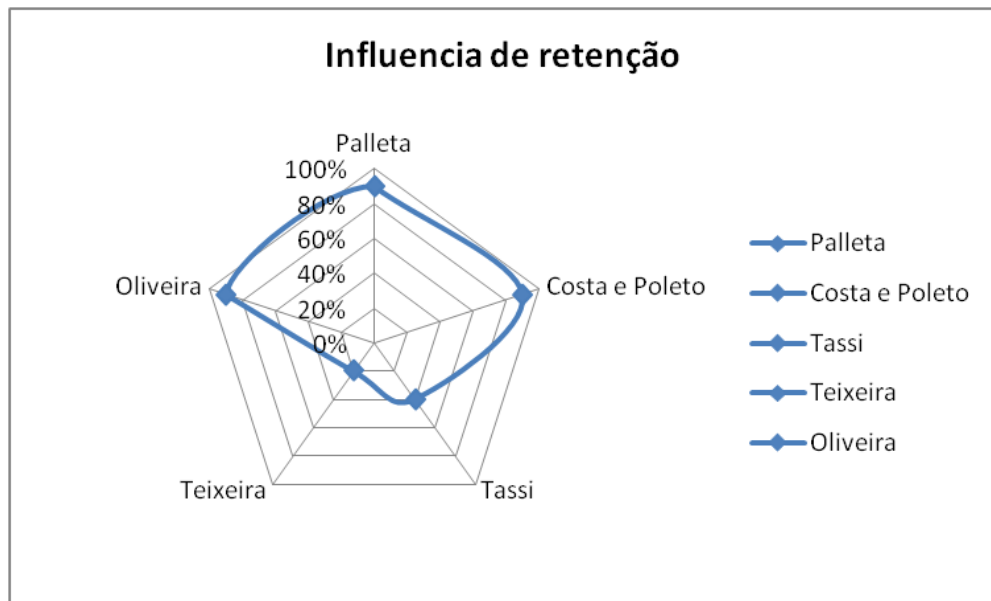
Observa-se que todos os autores tratam de forma clara a questão dos custos envolvidos no processo de adaptabilidade do telhado convencional ao verde, bem como, no processo de implantação desde o projeto.

Para Oliveira (2016), apesar dos custos de implantação serem maiores do que um telhado convencional, a vida útil do telhado verde apresenta melhores características em relação ao valor aplicado inicial.

6.2 Influência de retenção da água pluvial

Aqui foram analisados (Gráfico 2) os dados obtidos a partir da capacidade de reter a água durante a chuva para escoar posteriormente a drenagem pluvial.

Gráfico 2: Influência de retenção da técnica



Segundo Palleta (2012), o problema das grandes cidades é a urbanização das cidades sem o planejamento adequado para ocupação do solo:

A crescente implantação de edifícios gera um aumento de serviços de infraestrutura a serem oferecidos, além da elevação do consumo de energia, determinando um aumento na temperatura da cidade devido a redução considerável para a área verde permeável e ao aumento das zonas de calor. (PALETTA, 2012 p. 171)

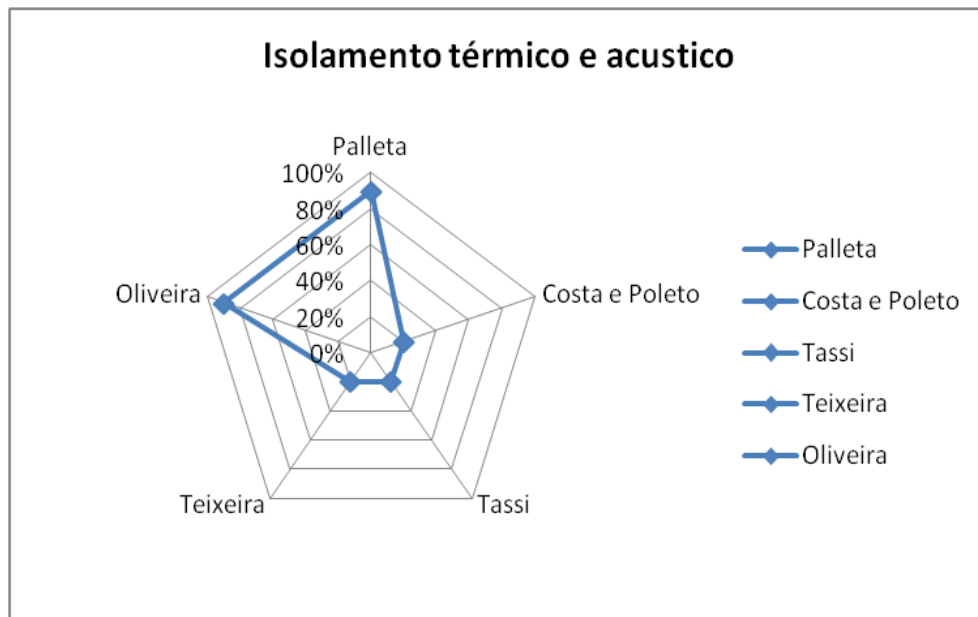
Nesta amostra avaliaram eficientes as medidas adotadas para reter a água da chuva destino adotadas para liberação controlada, portanto faz-se necessário implantar e adequar novas tecnologias sustentáveis para minimizar os impactos ambientais.

6.3 Isolamento térmico e acústico

Em relação ao conforto acústico, os telhados verdes apresentam redução na transmissão de sons. Além de contribuir de forma significativa na redução térmica de ilhas de calor, o telhado verde reduz a impermeabilidade das superfícies que causam o aumento considerável da temperatura, tornando assim uma boa opção para os projetos com a finalidade de melhorar a qualidade interna do ar e som.

Os resultados encontrados nos estudos e que tinham relação com esse subitem estão apresentados no Gráfico 3.

Gráfico 3: Isolamento térmico e acústico



O telhado verde cria um efeito de isolamento térmico no telhado, reduzindo consideravelmente o aquecimento das telhas, ar e temperaturas elevadas. Enquanto a telha de fibrocimento o desempenho térmico foi pior em comparação às demais coberturas, para melhor proporcionar um conforto térmico foi necessário utilizar tinta branca nas telhas de fibrocimento. Conforme afirma Oliveira (2016 p. 50), Kawabata (2003), o uso de pinturas brancas nas telhas de fibrocimento promove a reflexão de cerca de 70% a 88% dos raios solares”. Já na telha cerâmica, essas são mais porosas e absorvem umidade à noite, com dias mais quentes e noite mais frias se não houver flutuação de temperaturas.

As características de cada telhado, o telhado verde apresentou mais favorável e bom desempenho térmico de uma edificação para melhorar a capacidade térmica de uma edificação para melhorar a capacidade de melhorar o isolamento térmico dos edifícios. (OLIVEIRA, 2016 p. 51).

O telhado verde apresentou melhor alternativa para o desempenho térmico nas edificações, mesmo apresentando maior custo observa maior economia de energia, redução do gasto de energia elétrica pelos aparelhos em ambiente interno.

6.4 Qualidade da água

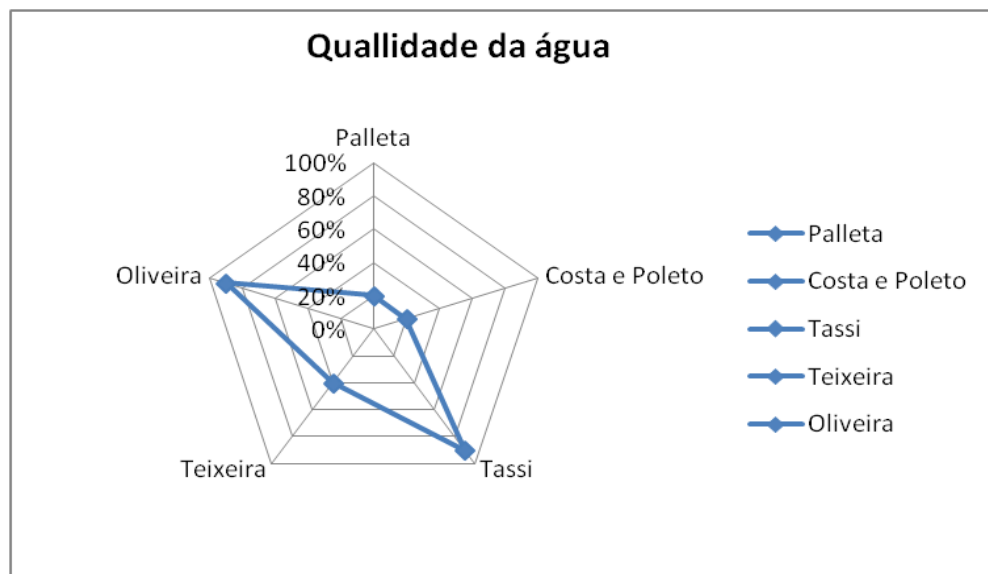
Segundo análise de Tassi (2017), em relação a análise, “a amostra coletada no telhado verde apresenta diminuição da acidez natural da água da chuva, portanto apresenta qualidade superior no parâmetro Ph” (TASSI, 2017). As amostras

coletadas no telhado de telhas de fibrocimento apresentaram menor concentração de matéria orgânica, melhor qualidade no parâmetro demanda química de oxigênio.

A partir da qualidade da água drenada em coberturas verdes tem-se que a água tem suas qualidades, o Ph da água in natura é diferente do Ph da água da chuva vinda pelo telhado. A acidez da água vinda do telhado verde é reduzida, por meio da manutenção do sistema para melhorar a qualidade da água.

O Gráfico 4 apresenta a comparação das abordagens trazidas nos estudos de caso.

Gráfico 4: Qualidade da água



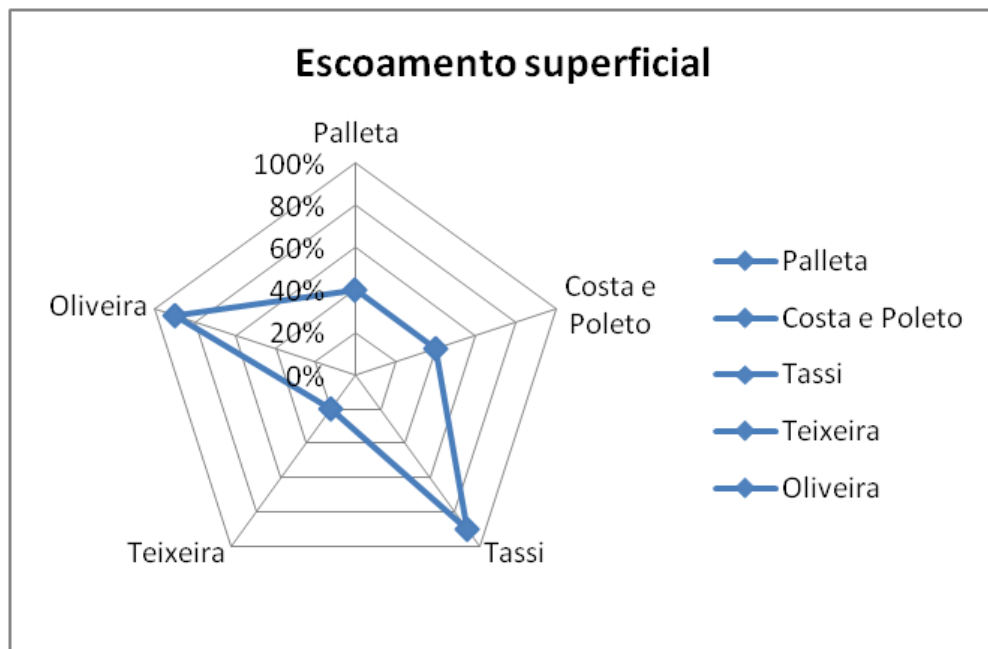
Ao analisar o gráfico acima, observa-se melhoria da qualidade da água defendida pelos autores com a técnica do com telhado verde, pois, retém a disposição atmosférica e retarda a degradação dos materiais que compõem a estrutura do telhado verde, com menores volumes e carregamento de poluentes, o que não é possível em telhados convencionais.

Em relação à qualidade da água os estudos foram positivos, no entanto deve-se avaliar o ph e os minérios para ter controle da qualidade da água. A qualidade do ar também melhora nas edificações que tem o telhado verde, o ar próximo e dentro das edificações fica mais úmido e frio no verão e reduz a poluição livre do ar e da poeira. Dos eventos monitorados, a perda de eficiência do telhado verde aumenta umidade do solo, devido às influências das condições climáticas, como por exemplo, o inverno apresenta uma condição crítica para a eficiência do telhado verde.

6.5 Escoamento superficial

No aspecto de escoamento superficial, observa-se que quando o sistema de telhado verde não é aplicado de forma correta, gera infiltração de água e umidade. A adoção do escoamento superficial melhora de forma significativa a gerência das bacias hidrográficas. O sistema de drenagem em regiões urbanas, através da retenção de água da chuva no solo do telhado verde. Essa tecnologia é importante para as regiões que sofrem com inundações, dessa forma, reduz as demandas ao sistema convencional, representando a economia aos custos de funcionamento e riscos de alongamentos (Gráfico 5).

Gráfico 5: Escoamento superficial



A partir desses estudos, conclui-se que ainda existem muitas barreiras, mas fica comprovado que para contribuir com a redução do escoamento superficial a técnica é considerada uma alternativa viável e com bons rendimentos. Segunda Tassi (2014):

[...] a eficiência no controle do escoamento superficial médio foi de 0,25 de 269 eventos, mostrando uma eficiência no controle de escoamento superficial naquelas monitoradas [...] Telhado verde: uma alternativa sustentável para a gestão das águas pluviais 151 redução de aproximadamente 38%. Nessa situação mais representativa, portanto, os resultados indicaram que apenas um quarto do total de chuva precipitada durante o

período geraria escoamento superficial, mostrando a eficiência do telhado verde no controle do escoamento pluvial. O armazenamento médio simulado no telhado verde foi de 12,6 mm/m², de acordo com o valor observado durante o monitoramento. De maneira a permitir aferir o resultado do prognóstico realizado, o experimento continua sendo monitorado, para verificar se possíveis mudanças (composição vegetal, perda de solo, etc.) podem conduzir a diferenças significativas nos resultados obtidos. (TASSI, 2014, p. 151).

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta inicial foi avaliar a eficiência dos telhados verde e/ou de telhados ecológicos, pois são propostas inovadoras, cuja iniciativa é voltada para o amortecimento e aproveitamento de águas pluviais. Observando o cenário atual, com grandes áreas impermeabilizadas por extensa faixa de asfaltos, calçadas, telhados convencionais e edificações em geral acabam impedindo que o solo tenha infiltração de água, provocando alterações do fluxo das águas pluviais, causando assim enchente e alagamento.

Portanto, faz-se necessário a implementação de incentivos, para que mais empresas invistam nesse setor. Dessa forma, aumentar-se-á a oferta de trabalho e será reduzido o custo de implantação e manutenção. Com isso o objetivo foi alcançado ao compreender a aplicação do telhado verde como alternativa do telhado verde nas edificações.

Em virtude dos fatos mencionados, sobre comparar aplicações regionais de telhados verdes para amortecimento e armazenamento de águas pluviais, para iniciar um planejamento de telhados verde foi necessário fazer estudos sobre o monitoramento de dados solarimétricos para identificarmos que tipo de vegetação mais se adapta a cada região.

Em vista dos argumentos apresentados, sobre análise e os dados adquiridos de trabalhos realizados dos autores citados, encontrou-se resultados que mostram a eficácia do telhado verde em relação ao telhado convencional trazendo uma série de benefícios, como conforto acústico, térmico, amortecimento e aproveitamento de água pluvial em uso doméstico para fins não potáveis. Contudo, os custos para

implantação da técnica são considerados altos o que tende a ser uma desvantagem em relação a outras técnicas amplamente aplicadas.

Por fim, sugere-se como estudos complementares os reais custos atribuídos à técnica de acordo com as tipologias construtivas.

8 REFERÊNCIAS

ABNT, NBR n° 15527/2007. Água de chuva: Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis. Disponível em: <http://licenciadorambiental.com.br/wp-content/uploads/2015/01/NBR-15.527-Aproveitamento-%C3%A1gua-da-chuva.pdf>. Acesso em: 28 mar 2022

ALMEIDA. Samuel Pablo Costa de; BRITO. Gabriela Pedroza de SANTOS. Silvana Melo. Revisão Histórica dos Telhados Verdes: da Mesopotâmia aos dias atuais. Disponível em: <<https://revistabrasileirademeioambiente.com/index.php/RVBMA/article/view/64/34> > Acesso em: 08 mar 2022

BALDESSAR, Silvia Maria Nogueira. **Telhado verde e sua contribuição na redução da vazão da água pluvial escoada** – Curitiba, 2012. Disponível em: <<https://core.ac.uk/download/pdf/147515313.pdf> > Acesso em: 08 mar 2022

BITENCOURT, Claudia. **Tratamento de água e efluentes: fundamentos de saneamento ambiental e gestão de recursos hídricos**. - 1 ed. São Paulo: Érica, 2014.

BLOG ARQUITETURA. 8 Incríveis **Telhados Verdes Para Você Se Inspirar**. Disponível em: <https://www.blogdaarquitetura.com/telhados-verdes-para-se-inspirar/> Acesso em: 28 maio 2022

BOLENTINE, Leonardo Chaves¹; PAULA, Lucas Idarí Lima¹; SANTANA, Thaila Santos¹; AIRES, Taynara Ramos Batista². **Telhado verde: análise comparativa de vantagens econômica sustentáveis com o telhado convencional**. Disponível em: <<http://repositorio.aee.edu.br/bitstream/aee/1622/1/Resumo%20Expandido%20Telhado%20Verde%20-%20An%C3%A1lise%20Comparativa%20de%20Vantagens%20Econ%C3%B4mico-Sustent%C3%A1veis%20com%20o%20Telhado%20Convencional.pdf> > 01 abr 2022

BOTELHO, Manoel Henrique Campos. **Águas de chuva: engenharia das águas pluviais nas cidades**. 3. Ed., rev. e sensivelmente ampliada. São Paulo, SP: Blucher, 2011. 297 p. ISBN 9788521205968.

BRASIL. **Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011**. Disponível em: https://bvsmis.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html. Acesso em: 12 abril 2022

DARÉ, Eliane Da Fonseca. **Petrópolis: não foi um desastre natural! Chuva em excesso não pode ser considerada a única causa da tragédia na cidade serrana, apontam especialistas da Unicamp**. Jornal da UNICAMP: comunicação instituto de geociências. 22 fev 2022. Disponível em: <https://www.unicamp.br/unicamp/ju/noticias/2022/02/22/petropolis-nao-foi-um-desastre-natural> Acesso em: 14 abr 2022.

DISTRITO FEDERAL, DODF. **Lei 4671/2011 (lei)**. Norma n. 218 pág. 1 col.: 1. Disponível em: <https://legislacao.cl.df.gov.br//Legislacao/consultaNormaJuridicaNJURParaTextoLei-218826!buscarNormaJuridicaNJURParaTextoLei.action;jsessionid=16DBC5D47925E26FB1D7B9EE7C9F3C2F>. 28 abr 2022

DUARTE, João Carlos Machado. **Aplicação de protótipo de telhado verde para a avaliação do escoamento superficial e aproveitamento da água para fins não potáveis**. Disponível em: <https://rd.ufes.edu.br/handle/prefix/2339> Acesso em: 25 mar 2022.

FARIAS Maria Mariah Monteiro Wanderley Estanislau Costa de. **Aproveitamento de águas de chuva por telhados: aspectos quantitativos e qualitativos**. Caruaru, PE, 2012. 115 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Engenharia Civil e Ambiental, 2012. Disponível em: [HTTPS://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/10410](https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/10410). 07 abr 2022

FREITAS, M. F. M. **Telhado verde: Uma análise comparativa de custos e vantagens em relação aos telhados convencionais**. 2013.57f. Diplomação Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013. Disponível em:

https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/17364/2/CT_CECONS_II_2012_01.pdf
Acesso em: 04 abr 2022.

GARRIDO NETO, Pedro de Souza. **Telhados verdes associados com sistema de aproveitamento de água da chuva: elaboração de dois projetos para futuros estudos sobre esta técnica compensatória em drenagem urbana e prática sustentável na construção civil.** – Rio de Janeiro: UFRJ/ escola politécnica, 2012. Disponível em: <<http://repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10004589.pdf>>. Acesso em: 04 abr 2022

GUTIERREZ, Adriana Idalina Rojas; RAMOS, Ivanete Carpes. **Guia de Técnicas Sustentáveis em Drenagem Urbana.** Pós-graduação em Gestão da Drenagem Urbana, da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS). 2017. BR: Brasil.p 30. Disponível em: < <http://repositorio.enap.gov.br/handle/1/3864> > Acesso em: 17 abr 2022.

IPEA, 2019. **Objetivos de desenvolvimento sustentável.** Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/ods/ods1.html> Acesso em: 31 maio 2022

JESUS, Laiana Mara Santana De. **Telhado Verde “Revisão Bibliográfica”.** Bahia. 2018. Disponível em: https://www2.ufrb.edu.br/bcet/components/com_chronoforms5/chronoforms/uploads/tcc/20190604193523_2017.2_TCC_Laina_Maria_Santana_De_Jesus_Telhado_Verde_Revisao_Bibliografica.pdf. Acesso em: 24 jun 2022

JUNIOR, Rodney Silvério Costa. MARTINS, Rebeca Cavichia. MARÇAL, Rafael. **Estado da Arte sobre o uso do telhado verde em espaços urbanos, contribuindo para a sustentabilidade, design e gestão de recursos hídricos. XIV fórum ambiental.** 2018. Brasil. Disponível em: < <https://www.eventoanap.org.br/data/inscricoes/3895/form146112809.pdf> >. Acesso em: 02 jun 2022

LUMERTZ, Rafael. **Conheça uma alternativa sustentável de Climatização: o Telhado Verde.** 2017. Disponível em: <https://climatizacaolumertz.wordpress.com/2017/04/26/conheca-uma-alternativa-sustentavel-de-climatizacao-o-telhado-verde/>. Acesso em: 25 maio 2022

MELO, Vinícius Almeida. **Dicionário ilustrado de termos da construção civil**. São Cristóvão (Se) 2016 disponível em: <
<https://www.construcaocivil.info/download/TCC-Dicionario-de-Termos-da-Construcao-Civil.pdf> > Acesso em: 14 maio 2022

MIRRE, Reinaldo Coelho; YOKOYAMA, Lídia; PESSOA, Fernando Luiz Pellegrini. **Reuso de água em processos químicos: modelo integrado para gerenciamento sustentável**. Curitiba, PR: Editora Appris, 2015. 248 p. ISBN 9788581925356.

NETO, E. G. Canabrava, et al. **Telhado verde: alternativa sustentável para a drenagem do escoamento superficial**. MIX 2021 vº 7. Nº 2. P.125-136 Disponível em: < <https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/4364/1/TCC%20Marina%20e%20Sheila%20Vers%C3%A3o%20Postagem.pdf> > Acesso em: 22 maio 2022.

OLIVEIRA, Márcia Maria Dosciatti de (et al.). **Cidadania, meio ambiente e sustentabilidade [recurso eletrônico]** /org. Caxias do Sul, RS: Educus, 2017. Dados eletrônicos. Disponível em:
https://www.ucs.br/site/midia/arquivos/ebook-cidadani-meioamb_3.pdf Acesso em: 17 abr 2022.

REVISTA FAPESP. Revista de pesquisa: **Para aproveitar o sol**. 2017. Disponível em:
<<http://revistapesquisa.fapesp.br/2017/08/18/para-aproveitar-o-sol/?Cat=politica>>. Acesso em: 21 maio 2022.

RIO DE JANEIRO, Legislação Estadual. **Lei nº 6.034 de 08/09/2011**. Disponível em:
<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=159461>

ROMERO, Marcelo de Andrade. **Eficiência energética em edifícios**. Barueri, SP: Manole, 2012. (série sustentabilidade)

SANTOS, Leonildo Rasec Lima dos. **Telhado verde: uma proposta sustentável para a construção civil**. Alagoas. V. 4 n. 2 p. 195-206 Novembro 2017 Cadernos de Graduação. Disponível em:
<https://periodicos.set.edu.br/fitsexatas/article/download/5213/2568>. Acesso em: 31 maio 2022

SAVI, Adriane Cordoni. **Telhados verdes: análise comparativa de custo com sistemas tradicionais de cobertura. Monografia de especialização** Curitiba

2012. Disponível em:

[https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/17364/2/CT_CECONS_II_2012_01.p](https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/17364/2/CT_CECONS_II_2012_01.pdf)

df Acesso em: 03 junho 2022

SÃO PAULO, Legislação municipal. **Lei nº 16.174 de 22 de abril de 2015.**

Disponível em:

<http://legislacao.prefeitura.sp.gov.br/leis/lei-16174-de-22-de-abril-de-2015> Acesso

em: 22 maio 2022

SILVA, Marina Constante Da. DUARTE, Sheila. **Concepção e projeto de métodos construtivos sustentáveis: aplicação de telhado verde e aproveitamento de água pluvial em um ambiente escolar.** Disponível em:

<https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/4364/1/TCC%20Marina%20e%20Sheila%20Vers%C3%A3o%20Postagem.pdf> Acesso em: 08 maio 2022

SOARES, Raquel Gomes. OLIVEIRA, Patrícia Lima de. SANTOS, Sílvio Xavier.

Desempenho térmico das edificações: estudo comparativo entre o telhado verde e outros tipos de coberturas. V. 2, n. 1 (2016). Disponível em:

<https://www.metodista.br/revistas/revistas-izabela/index.php/ptr/article/view/922>

Acesso em: 11 abril 2022

TASSI, Rutinéia et al. **Telhado verde: uma alternativa sustentável para a gestão das águas pluviais.** Ambiente Construído [online]. 2014 v. 14, n. 1 [, pp. 139- 154].

Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1678-86212014000100012>>. Epub 28 Abr 2014. ISSN 1678-8621. <https://doi.org/10.1590/S1678-86212014000100012>. Acesso em: 14 fev 2022

Teixeira, Celimar Azambuja et al. Estudo comparativo da qualidade da água da chuva coletada em telhado com telhas de concreto e em telhado verde para usos não potáveis. Ambiente Construído [online]. 2017, v. 17, n. 02 [Acessado 6 Julho 2022] , pp. 135-155. Disponível em:

<<https://doi.org/10.1590/s1678-86212017000200150>>. ISSN 1678-8621.

<https://doi.org/10.1590/s1678-86212017000200150>.

TUCCI, Carlos EM. **Drenagem urbana**. Cien. Culto. [conectados]. 2003, vol.55, n.4, pp.36-37. ISSN 0009-6725.

VETTORAZZO, Lucas. **IBGE aponta 8,2 milhões sob risco de enchente ou deslizamento no Brasil**. Folha de São Paulo, Rio de Janeiro. 28, junho 2018.

Disponível em:

<https://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2018/04/fortes-chuvas-deixam-mortos-e-desabrigados-no-norte-e-nordeste-dopais.shtml>. Acesso em: 05 abr 2022.