

**FACULDADE DOCTUM  
MATEUS SANTOS RIBEIRO  
THIAGO TELLES COELHO**

**TELHADO VERDE**  
DESENVOLVIMENTO DE UM SOFTWARE PARA CÁLCULO DE PESO E  
RETENÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL

Juiz de Fora  
2020

**MATEUS SANTOS RIBEIRO  
THIAGO TELLES COELHO**

**TELHADO VERDE**  
DESENVOLVIMENTO DE UM SOFTWARE PARA CÁLCULO DE PESO E  
RETENÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL

Monografia de Conclusão de Curso,  
apresentada ao curso de Engenharia  
Civil, Faculdade Doctum de Juiz de Fora,  
como requisito parcial à obtenção do título  
de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Ms Ana Cristina  
Junqueira Ribeiro

Juiz de Fora  
2020

**Ficha Catalográfica elaborada pela Biblioteca Faculdade Doctum/JF**

Santos, Mateus Ribeiro. Telles, Thiago Coelho  
Telhado verde. Desenvolvimento de um software  
para cálculo de peso e retenção de água pluvial / Mateus  
Santos Ribeiro, Thiago Telles Coelho - 2020.  
53 folhas.

Monografia (Curso de Engenharia Civil) –  
Faculdade Doctum Juiz de Fora.

1. Sustentabilidade. 2. Telhado verde  
I. Telhado Verde. II Faculdade Doctum Juiz de  
Fora

**MATEUS SANTOS RIBEIRO  
THIAGO TELLES COELHO**

**TELHADO VERDE**

**DESENVOLVIMENTO DE UM SOFTWARE PARA CÁLCULO DE PESO E  
RETENÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL**

Monografia de Conclusão de Curso,  
submetida à Faculdade Doctum de Juiz de  
Fora, como requisito parcial à obtenção do  
título de Bacharel em Engenharia Civil e  
aprovada pela seguinte banca  
examinadora.

---

Prof<sup>a</sup>. (Ana Cristina Junqueira Ribeiro)  
Orientador (a) e Docente da Faculdade Doctum - Unidade Juiz de Fora

---

Prof. (Ricardo Stahlschmidt Pinto)  
Docente da Faculdade Doctum - Unidade Juiz de Fora

---

Prof. (Antonio de Padua Gouvea Pascini)  
Docente da Faculdade Doctum - Unidade Juiz de Fora

Examinada em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_.

## **AGRADECIMENTOS**

Eu Mateus Santos Ribeiro agradeço primeiramente agradeço aos meus pais pelo apoio durante toda minha graduação, me incentivando a nunca desistir dos meus sonhos mesmo em momentos difíceis.

Ao meu irmão que me ajudou nos estudos sempre que podia me fazendo entender matérias que estava com dificuldade.

Agradeço a minha orientadora Ana Cristina por toda ajuda e orientação durante a elaboração desde trabalho de conclusão de curso, sem ela este trabalho não seria concluído com êxito.

Agradeço a Faculdade Doctum que nesses cinco anos de graduação, sempre buscou para o corpo docente professores que passem sua experiência de vida e profissional, que levarei para toda vida.

## **AGRADECIMENTOS**

Eu, Thiago Telles Coelho agradeço primeiramente a Deus, que me deu saúde e forças para superar todos os momentos vividos nessa graduação.

Agradeço aos meus familiares por todos os conselhos e ajuda durante a realização desse sonho.

Agradeço a todos os funcionários da Rede de Ensino Doctum por todo o apoio e por proporcionar um ambiente adequado para o desenvolvimento do meu trabalho de conclusão de curso.

Agradeço aos meus colegas de classe por todos os momentos vividos juntos nesses cinco anos de graduação.

Gostaria de deixar meu profundo agradecimento a minha orientadora Ana Cristina Junqueira Ribeiro por todo o apoio e paciência que teve ao longo desse projeto.

## RESUMO

SANTOS, MATEUS RIBEIRO e TELLES, THIAGO COELHO. **Telhado verde Desenvolvimento de um software para cálculo de peso e retenção de água pluvial** 53f. Monografia de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Faculdade Doctum, Juiz de Fora, 2020.

Com o aumento da ocupação urbana, os problemas crescem junto. Problemas como as enchentes em grandes centros urbanos, um problema que aflige as cidades em frente ao sistema de gestão de águas pluviais. Devido a esse problema o presente trabalho apresenta um software que auxilia toda a população a uma possível solução frente as enchentes. O telhado verde ao longo de sua história de arquitetura, vinha sendo utilizado por motivações estéticas, e nos dias atuais, ele é usado como forma de fim sustentável. Visando a sustentabilidade o uso do telhado verde vem crescendo nas cidades, causando melhorias como o conforto térmico, eficiência energética e um grande redutor de água pluvial escoada pelos telhados. No presente trabalho foi criado um software que mostrar a eficiência do telhado verde no escoamento de água pluvial, podendo ele variar de acordo com a escolha de cada tipo de telhado verde, variando entre intensivo, semi-intensivo e extensivo. O software apresenta também o peso que o telhado verde exerce sobre as construções, também podendo variar de acordo com as características escolhidas em cada tipo de telhado verde e assim auxiliando os projetistas em seus projetos. Com esse estudo espera-se que os problemas causados pelas enchentes sejam levados em consideração, e que ajude a divulgar esse problema real que se encontra em grandes cidades, e assim mostrar os benefícios que o uso do telhado verde pode trazer para toda a população. Com isso, espera-se que esse estudo de implantação de telhado verde seja aprofundado em novas pesquisas, e que o software criado possa ajudar todos que desejarem implantar o telhado verde.

**Palavras-chave:** Telhado verde. Sustentabilidade. Drenagem urbana.

## ABSTRACT

With the increase in urban occupation, the problems grow together. Problems like floods in large urban centers, a problem that affects cities in front of the rainwater management system. Considering a problem or present work presents software that helps the entire population to a possible solution as a filling. The green roof throughout its history of architecture, has been used for aesthetic reasons, and today, it is used as a form of sustainable support. Aiming at the sustainability or use of the green roof, it has been growing in cities, causing damage such as thermal comfort, energy savings and a large reducer of rainwater drained through the roofs. In the present work, a software was created that shows the performance of the green roof in the drainage of rainwater, which can vary according to the choice of each type of green roof, varying between intensive, semi-intensive and extensive. The software also presents the weight that the green roof has on the buildings, it can also vary according to the characteristics chosen in each type of green roof and thus assist the designers in their projects. With this study on hold, if the problems affected by the fillings are taken into account, and which publicize this real problem, they are found in large cities and show the benefits that the use of the green roof can bring to the entire population. With that, wait if this study of implantation of the green roof is deepened in new researches and that created software can help all who wish to implant the green roof.

**Keywords:** Green roof. Sustainability. Urban drainage.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Tripé da sustentabilidade .....	16
Figura 2 - Representação dos jardins suspensos da Babilônia, como imaginados pelo artista Martin Heemskerck .....	18
Figura 3 - Casa Hehe – Tanzânia .....	19
Figura 4 - Casas tradicionais cobertas com grama .....	19
Figura 5 - Oca - Residência indígena.....	20
Figura 6 - Cobertura Verde Intensiva .....	22
Figura 7 - Cobertura semi-intensiva em edificação em Indianápolis, EUA.....	23
Figura 8 - Cobertura Verde Extensiva – The School of Art Design, Nanyang University.....	24
Figura 9 - Representação gráfica dos tipos de cobertura.....	24
Figura 10 - Camadas do telhado verde .....	30
Figura 11 - Ciclo Hidrológico .....	31
Figura 12 - Bacia Hidrográfica.....	32
Figura 13 - Drenagem da laje.....	34
Figura 14 - Manta asfáltica .....	34
Figura 15 - Argila expandida .....	35
Figura 16 - Manta geotêxtil.....	35
Figura 17 - Terra preta .....	36
Figura 18 - Ilustração esquemática dos diferentes tipos de telhado verde.....	36
Figura 19 - Manutenção .....	37
Figura 20 - Versão Beta do Simulador .....	40
Figura 21 - Simulação Retenção Telhado Extensivo.....	43
Figura 22 - Simulação Retenção Telhado Semi Intensivo.....	43
Figura 23 - Simulação Retenção Telhado Intensivo .....	44
Figura 24 - Peso telhado Extensivo.....	45
Figura 25 - Peso telhado Semi Intensivo.....	45
Figura 26 - Peso telhado Intensivo.....	46

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tipos de telhado verde.....	21
Tabela 2 - Classificação dos Grupos Hidrológicos dos Solos e características e capacidade de infiltração correspondentes. ....	41
Tabela 3 - Valores médios do parâmetro Curver Number (CN) para bacias hidrográficas.....	41
Tabela 4 - Condições da chuva e Curve Number para uma perda inicial a partir da cobertura do solo.....	42

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ONU	ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS
INGRA	ASSOCIAÇÃO INTERNACIONAL DE TELHADOS VERDES
NRA	NATIONAL ROOFING CONTRACTORS ASSOCIATION

## LISTA DE SÍMBOLOS

m	Metro
mm	Milímetro
cm	Centímetro
%	Por cento
°C	Grau celsius

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
<b>2 OBJETIVO</b> .....	<b>13</b>
2.1.1 OBJETIVO GERAL .....	13
2.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	13
<b>3 JUSTIFICATIVA</b> .....	<b>14</b>
<b>4 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>15</b>
4.1 SUSTENTABILIDADE .....	15
4.2 URBANIZAÇÃO E DRENAGEM .....	17
4.3 TELHADO VERDE.....	18
4.3.1 HISTÓRIA DO TELHADO VERDE .....	18
4.4 TIPOS DE TELHADO VERDE.....	21
4.4.1 SISTEMA INTENSIVO .....	21
4.4.2 SISTEMA SEMI-INTENSIVO .....	22
4.4.3 SISTEMA EXTENSIVO .....	23
4.5 VANTAGENS DO TELHADO VERDE .....	25
4.5.1 DIMINUIÇÃO NA VARIAÇÃO DA TEMPERATURA.....	25
4.5.2 ISOLAMENTO TÉRMICO.....	25
4.5.3 DIMINUIÇÃO DE ILHAR DE CALOR .....	26
4.5.4 PROTEÇÃO E VIDA ÚTIL PARA AS EDIFICAÇÕES DOS RAIOS SOLARES.....	26
4.5.5 DRENAGEM E RETENÇÃO DE ÁGUA .....	26
4.5.6 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.....	27
4.6 DESVANTAGENS DO TELHADO VERDE .....	27
4.7 CAMADAS DO TELHADO VERDE .....	28
4.7.1 VEGETAÇÃO .....	28
4.7.1 SUBSTRATO .....	28
4.7.2 TECIDO PERMEÁVEL .....	29
4.7.3 CAMADA DRENANTE .....	29
4.7.4 IMPERMEABILIZAÇÃO.....	29
4.7.5 PAVIMENTO .....	30

<b>4.8 HIDROLOGIA.....</b>	<b>30</b>
<b>4.8.1 CICLO HIDROLÓGICO .....</b>	<b>31</b>
<b>4.8.2 BACIA HIDROGRÁFICA .....</b>	<b>32</b>
<b>4.8.3 PRECIPITAÇÃO.....</b>	<b>32</b>
<b>4.8.4 TEMPO DE RECORRÊNCIA .....</b>	<b>32</b>
<b>4.8.5 TEMPO DE CONCENTRAÇÃO .....</b>	<b>33</b>
<b>4.8.6 ESCOAMENTO SUPERFICIAL .....</b>	<b>33</b>
<b>4.9 APLICAÇÃO DO TELHADO VERDE .....</b>	<b>33</b>
<b>5. METODOLOGIA .....</b>	<b>38</b>
<b>6. ANÁLISE E RESULTADOS.....</b>	<b>40</b>
<b>7. CONCLUSÃO .....</b>	<b>47</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>48</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O telhado verde é uma técnica de bioconstrução, que tem como finalidade o plantio de gramíneas, arbustos e árvores em telhados. Pode ser implantada em qualquer edificação, desde que a estrutura agüente o peso do telhado verde, além de impermeabilizar e seguir os procedimentos de implantação do sistema. Tem como principais vantagens o conforto térmico, estética e a absorção de água das chuvas. É um sistema tanto útil para locais urbanizados devido a diminuição do escoamento superficial, que colabora diretamente para a redução de enchentes nas cidades.

Com o crescimento das cidades pelo mundo a fora, problemas relacionados a impermeabilização do solo está cada vez mais presente com a formação e intensificação de ilhas de calor e enchentes. A sociedade em geral possui um costume de sempre estar usando pavimentos impermeáveis, e com isso aumenta desnecessariamente o escoamento de água superficial nas cidades (MASCARÓ, 2010).

O planejamento e controle por parte do Governo brasileiro tem sido evasivo a muito tempo, no início dos anos dois mil, leis e políticas visando melhorias na qualidade de vida e desenvolvimento sustentável, fez com que técnicas como o telhado verde começasse a ser empregado como soluções de conforto térmico, acústico e de retenção das águas pluviais, evitando enchentes em chuvas mais fortes, pois diminui o escoamento superficial contribuindo para a não sobrecarga dos sistemas de drenagem do município.

## **2 OBJETIVO**

### **2.1.1 Objetivo geral**

Criar um simulador, que resulta o peso total que o telhado verde exerce sobre a laje e a sua porcentagem de água retida.

### **2.1.2 Objetivos específicos**

- Apresentar o panorama de medida sustentável telhado verde na questão do combate a inundações;
- Apresentar as peculiaridades do telhado verde, assim como vantagens e desvantagens, ganhos e aplicabilidade da técnica em edificações;
- Identificar os requisitos necessários de entrada do simulador que são a precipitação e o peso específico dos tipos existentes de telhado verde.
- Elaborar um código para o simulador do telhado verde.



### 3 JUSTIFICATIVA

Com o crescimento das cidades, as enchentes tem sido cada vez mais recorrentes, devido a impermeabilização do solo. O telhado verde tem como característica de diminuir o escoamento superficial, fazendo com que a água da chuva, fique retida, contribuindo para a diminuição de enchentes e possibilitando qualidade de vida para população local. O telhado verde, ajuda na manutenção de temperatura da edificação, aumentando sua durabilidade, e diminuindo manutenções, além de economizar em energia elétrica, com ar condicionado e aquecedores. Com o aumento de áreas verdes nas cidades, o fenômeno das ilhas de calor muito comum e comprovado será amenizado devido a evapotranspiração das plantas. É uma alternativa eficiente no combate aos raios ultravioletas e temperaturas extremas, que degrada as lajes, causando manutenções constantes. Assim, está pesquisa ampliará o conhecimento sobre a implantação do telhado verde mostrando sua eficiência na redução da água pluvial escoada com o auxílio do software que também mostrará o peso que o telhado verde exerce sobre a laje. Dessa maneira, mostrando que as novas construções e também construções já existentes, podem aderir à uma arquitetura mais sustentável e ajudando a contribuir com o meio ambiente.

## 4 REFERENCIAL TEÓRICO

Segundo Savi (2012), na cultura brasileira o modelo de cobertura com telhas cerâmicas sobre estruturas de madeira é o mais utilizado, não pela função da qualidade, e sim pelo preço.

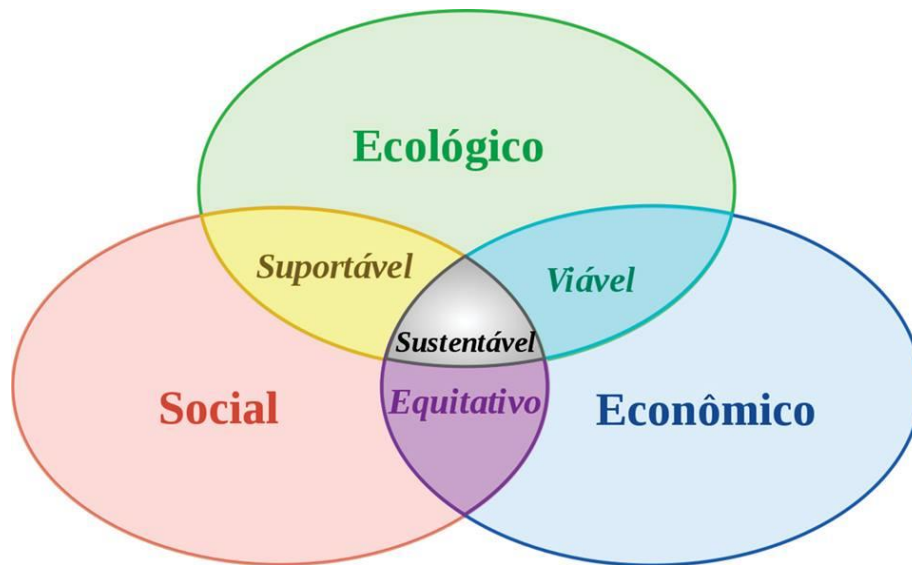
Segundo Roaf (2006) precisa de modificações no modo como construí, para que haja uma maior integração entre arquitetura, engenharia e sustentabilidade em um único projeto, e além da integração é preciso um incentivo na formação de novos profissionais que vissem tecnologias sustentáveis para usarem materiais menos agressivos ao meio ambiente. Na busca por novas alternativas sustentáveis foi encontrado várias opções e uma delas é o uso do telhado verde, o qual será abordado em nosso estudo. Antes de dar início a discursão sobre telhado verde e seus impactos no meio ambiente, será necessário um estudo inicial da questão ambiental e dos conceitos de sustentabilidade.

### 4.1 Sustentabilidade

De acordo com a Organização das Nações Unidas (ONU) desenvolvimento sustentável é quando se procura satisfazer as necessidades da geração atual sem que a geração futura seja comprometida. Esse conceito de desenvolvimento sustentável foi criado em 1987 pela equipe da Gro Harlem Brundtland, secretária geral da Comissão Mundial sobre Meio ambiente e Desenvolvimento da (ONU, 2010).

Depois da (ONU, 2010) ter criado esse conceito ele vem sendo reformulado e discutido para descrever as noções de sustentabilidade. Com a criação desse conceito a preocupação com o meio ambiente vem se intensificando buscando estabelecer o equilíbrio econômico, social, ambiental, político e cultural. A finalidade do desenvolvimento sustentável deve atuar em três dimensões da sustentabilidade: ambiental, sociocultural e econômico, com isso conseguir o equilíbrio entre eles sendo definidas metas as ações “ambientalmente responsáveis, socialmente justas, economicamente viáveis” (Figura 1).

Figura 1 - Tripé da sustentabilidade



FONTE: Adaptação dos três pilares de Elkington (1997).

Segundo Araújo (2007) o conceito de construção sustentável vem para criar novos modelos que permitem a construção civil combater os principais problemas ambientais vividas nos dias atuais, sem deixar a tecnologia moderna de lado.

White (2008) diz que a definição do que é sustentabilidade é fácil de explicar, porém a definição do que realmente deve ser está ligado a todo processo histórico e cultural de produção do espaço edificado, sem contar com lado econômico e o social, pois nos dias atuais é fácil ver a oferta de edifícios sustentáveis.

A grande maioria da sociedade vem buscando novos modelos de desenvolvimento que se encaixem no desenvolvimento sustentável, com isso é possível notar a sustentabilidade como uma mudança cultural onde o novo paradigma é um novo modo de desenvolvimento (MOTTA e AGUILAR, 2009).

Segundo Yeang (1999) com o avanço da tecnologia acaba surgindo várias soluções sustentáveis, por isso é extremamente importante que os profissionais encontrem as soluções corretas para cada tipo de problema, buscando tentativas em direção a uma arquitetura mais sustentável.

Minke (2005) diz que o método que melhoraria muito o clima nos centros urbanos e que reduziria o pó e ajudaria a purificação do ar seria a implantação do

telhado verde, afirma ainda que a implantação de apenas 10 a 20% já teria um clima mais agradável nos centros urbanos.

Marque (2013) afirma que a drenagem pluvial não é apenas uma necessidade da população, mais sim que esta diretamente ligada a qualidade de vida das pessoas. Com o grande aumento do cenário de constantes inundações, aparece a necessidade de projetar sistemas de drenagem visando maior eficiência, visto que aumentando a drenagem já existente não seria um meio muito econômico de se fazer e com condições limitadas. Devido a isto surge o conceito da drenagem sustentável, e o uso do telhado verde se enquadra a esse conceito, cujo o objetivo principal é ajudar no ciclo hidrológico natural, com a implantação de novas técnicas com a finalidade de diminuir o nível de águas das chuvas descarregadas nos meios receptores, assim evitando as enchentes.

## **4.2 Urbanização e Drenagem**

Segundo Peixoto (2005) as áreas urbanas no Brasil sofrem com o mal planejamento e controle do uso e ocupação do solo, deixando evidente as falhas e limitações das por parte do Estado.

Com o aumento de oportunidades de emprego nas cidades e maior facilidade as necessidades básicas como saúde, educação e cultura, faz com que a população de áreas rurais migrem para a cidade em busca de melhoria de vida e devido a esse crescimento de residências, indústrias, a impermeabilização do solo está cada vez mais presente (Tucci, 1995).

De acordo com Porto (2001) as cidades brasileiras sofrem muito com problemas relacionados à urbanização sem controle, gerando impactos ao meio ambiente. Enchentes podem gerar prejuízos econômicos e desabriga milhares de pessoas todos os anos, além de ser aumentar a contaminação de doenças como a malária, leptospirose, os corpos de água podem ser afetados pela poluição que são transportadas pelas enchentes.

As inundações são constantemente anunciadas na imprensa, muito falada e comentada, em todos os meios de telecomunicação. As grandes capitais do Brasil no verão que ocorre grandes pancadas de chuvas sempre são mostradas as consequências da urbanização crescente (Agra, 2001). A urbanização contribui para a impermeabilização do solo e com isso a infiltração da água no solo diminui,

aumentando proporcionalmente o escoamento superficial, e a configuração natural do local é substituído por tubulações de drenagem (Tucci, 1995).

Para Tucci (2001) a drenagem urbana tem como objetivo de minimizar perigos e prejuízos causados pelas inundações, criando assim, um ambiente urbano sustentável.

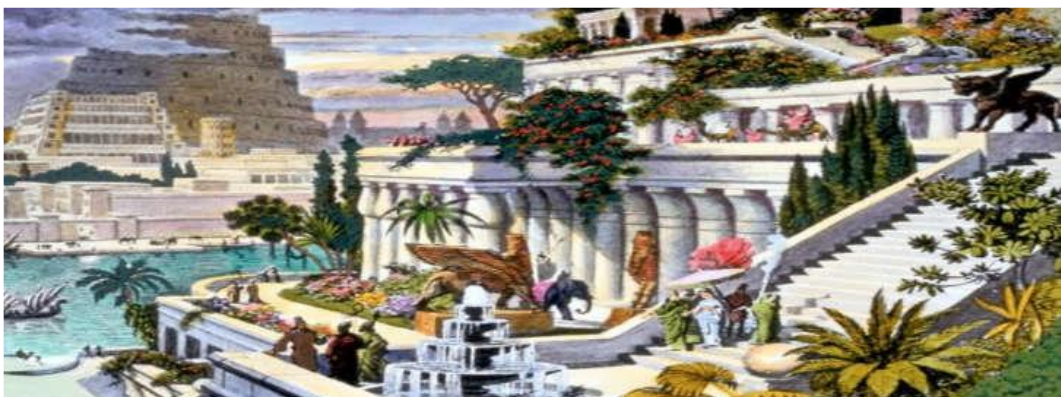
Grandes cidades de nosso país sofrem com enchentes, é o caso da grande São Paulo – SP, que em uma segunda feira (10/02/2020) viveu momentos de caos devido ao alto nível de chuva que passou pela cidade, causando centenas de pontos de alagamento, ruas e avenidas intransitáveis e diversos ônibus e carros parados. As enchentes na cidade de São Paulo são históricas e recorrentes, assim como na maioria das cidades de porte médio a grande de nosso país. SOUZA, Felipe e MACHADO, Leandro. Por que a cidade de São Paulo não consegue evitar as enchentes frequentes? **BBC** — São Paulo. 10 fev. 2020.

## 4.3 TELHADO VERDE

### 4.3.1 História do Telhado verde

Osmundson (1999) afirma que os Jardins Suspensos da Babilônia (nas cidades de Etemenanki e Nanna) é um dos exemplos mais famosos e significativos de telhado verde no período de 4000 a 600 a.C, como podemos observar na figura 2.

Figura 2 - Representação dos jardins suspensos da Babilônia, como imaginados pelo artista Martin Heemskerck



FONTE: Wikipédia (2019)

Há relatos de telhados verdes mais antigos, em regiões de baixas e altas temperaturas, mostrando que o conhecimento sobre as vantagens no controle da temperatura nos dois extremos é eficiente. Países como a Escandinávia, Islândia e Tanzânia (Figura 3) já utilizavam o sistema.

Figura 3 - Casa Hehe – Tanzânia



FONTE: Minke (2004)

Segundo Minke (2004) a utilização do telhado verde na Islândia tem como finalidade o isolamento térmico das residências no inverno, e com isso não necessita de instalação de sistemas de calefação, como mostra a figura 4.

Figura 4 - Casas tradicionais cobertas com grama



FONTE: Minke (2004)



Segundo Araújo (2007) no Império Romano o telhado verde foi utilizado, cultivando árvores nas coberturas das edificações, no período renascentista. Posteriormente, o conhecimento sobre a técnica e seus benefícios foram disseminados, e utilizados em toda história, no México, Índia, Espanha, França e Escandinávia há relatos.

De acordo com La Pastina (2005) as construções indígenas foram as primeiras presentes no Brasil, utilizando fibras vegetais e folhas como cobertura das ocas (Figura 5). Após a descoberta do Brasil pelos portugueses os padrões foram mudados e seguidos a dos colonizadores, com telhas de cerâmica, pedras e outros materiais para as construções.

Figura 5 - Oca - Residência indígena



FONTE: Youtube (2019)

O telhado verde não é muito utilizado no Brasil, em 2005 foi quando começou um incentivo por parte do governo, criando leis de incentivo, como uma forma de disseminar a utilização da técnica. O prédio do MEC foi o primeiro a implantar o telhado verde, foi construído por Roberto Burle Marx (TOMAZ, 2005).

De acordo com Rola (2005) não é apenas um sistema de maturação, é um método que vem para sanar problemas da atualidade, como as ilhas de calor, e poluição atmosférica. Em alguns Estados como São Paulo e Rio Grande do Sul já possuem empresas especializadas para a construção do telhado verde.

## 4.4 Tipos de Telhado Verde

De acordo com Corsini (2011) o telhado verde é classificado como um sistema construtivo, que consiste no plantio de gramas e plantas, sobre telhados e lajes, e tem como característica camadas impermeabilização e drenagem, sendo fundamental a escolha correta do solo e plantas de acordo com cada projeto.

Segundo a associação INGRA (Associação Internacional de Telhados Verdes) existem 3 tipos de telhados verdes, sendo classificados como Intensivo, Semi-Intensivo e Extensivo. Como podemos observar no quadro 1.

Tabela 1 - Tipos de telhado verde

<b>Itens</b>	<b><u>Sistema Intensivo</u></b>	<b><u>Sistema Semi-Intensivo</u></b>	<b><u>Sistema Extensivo</u></b>
<b>Manutenção</b>	Alto	Periodicamente	Baixo
<b>Peso</b>	De 700 a 1.200 kg/m <sup>2</sup>	De 100 - 700 kg/m <sup>2</sup>	Até 100kg/m <sup>2</sup>
<b>Espessura de Substrato</b>	X > 20cm	10cm < X < 20cm	X < 10cm
<b>Espessura Vegetação</b>	Superior a 250cm	5cm < X < 100cm	5cm < X < 15cm
<b>Vegetação</b>	Arbóreo	Arbustivo	Herbáceo Extensivo
<b>Custos</b>	Alto	Médio	Baixo
<b>Uso</b>	Parque igual a um jardim	Projetado para ser um telhado verde	Camada de proteção ecológica

Fonte: (Adaptado de ROLA, 2008)

### 4.4.1 Sistema intensivo

As coberturas verdes intensivas, são as mais complexas para implantação e gera grande manutenção nesse sistema, pode ser utilizados gramas, arbustos e árvores, devido ao peso possui mais chances de deslizamentos em grandes inclinações (ALMEIDA, 2008).

Os telhados verdes intensivos, comportam árvores de médio e grande porte, ou veja desde gramíneas até arvores frutíferas oferecendo espaços agradáveis e acessíveis aos usuários (Figura 6). Devido ao seu porte é necessário muita manutenção e cuidados com a edificação além de cuidados de um jardim comum. Esse tipo de telhado necessita de mais água e adubo além de camada de substrato



maior em relação aos outros sistemas, e de reforço estrutural. Tem como característica a proteção da cobertura dos raios ultravioleta, que aumenta a vida útil da construção. (SILVA, 2011; SAVI, 2012; GARTLAND; IGRA, 2015).

Figura 6 - Cobertura Verde Intensiva



FONTE: Disponível em: <http://obviousmag.org> Acesso em: 20/11/2019

#### 4.4.2 Sistema semi-intensivo

Segundo Ingra (2012) os sistemas semi-intensivos seria um meio termo entre os outros sistemas, ou seja, é a combinação entre os dois tipos de telhado verde. Comparando com o sistema com o extensivo, os custos e a manutenção são mais elevados, em compensação o paisagismo é mais elaborado pois suas características permitem plantas de pequeno e médio porte. Nesse tipo de telhado verde pode ser cultivados hortaliças, temperos, verduras e ervas, sua camada de solo pode variar de 12 a 25 cm (SILVA, 2011).

Figura 7 - Cobertura semi-intensiva em edificação em Indianápolis, EUA



FONTE: SAVI, 2012

#### **4.4.3 Sistema extensivo**

Para Dunnett e Kingsbury (2008) o sistema extensivo em sua grande parte não permite a sua utilização para lazer. Esse sistema tem como característica um preço mais acessível devido a menor quantidade de substrato e com isso, retém menos água comparado aos outros sistemas, além disso sua construção e manutenção são bem mais baixos.

Segundo Dunnett e Kingsbury (2010) o telhado verde extensivo é muito utilizado para conforto térmico nas edificações no verão e inverno, tem uma redução de escoamento superficial de água significativo (YANG; YU; GONG, 2008), além disso fornece serviços de captação de água da chuva, ajuda no aumento da umidade no ambiente (PINTO, 2007). A vegetação presente nesse sistema é de pequeno porte devido a fina camada de substrato que contribui para o não desenvolvimento de espécies maiores.

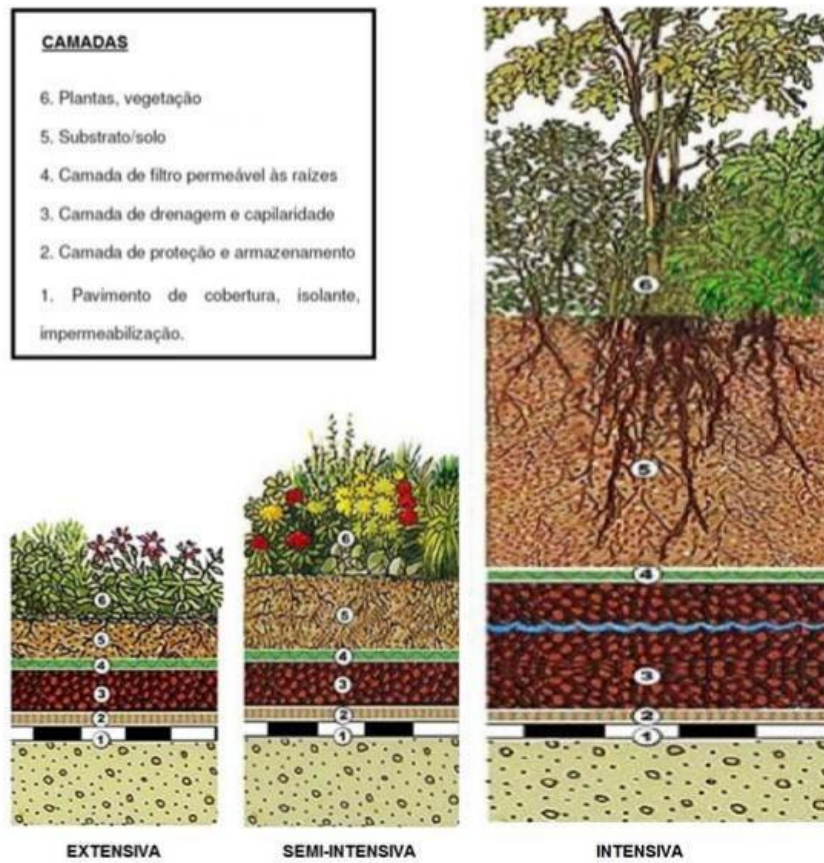


Figura 8 - Cobertura Verde Extensiva – The School of Art Design, Nanyang University.



FONTE: Dunnett e Kingsbury, 2008.

Figura 9 - Representação gráfica dos tipos de cobertura



FONTE: Savi, 2012

## **4.5 Vantagens do telhado verde**

Minke (2004) afirma que a utilização de telhados verdes entre 10% a 20% nas edificações, garantiria um clima urbano saudável além de contribuir na qualidade do ar e redução de substâncias nocivas.

Cantor (2008) afirma que o uso do telhado verde possui vantagens em ambientes urbanos muito densos, que é na diminuição de ruídos e brilhos provenientes de alguns tipos de telhado.

### **4.5.1 Diminuição na variação da temperatura**

Minke (2005) afirma que na Europa um sistema de laje impermeável pode sofrer uma variação na temperatura do dia para noite, podendo chegar à 100 °C sendo variável de -20°C até 80°C. Já uma laje com o sistema de telhado verde sofre uma variação de apenas 30°C, isso mostra uma redução significativa para a melhoria do bem-estar da população.

Um estudo realizado por GERTIS (General Evidential Reasoning Tool for Intelligent Systems) compara que uma laje impermeável de cor escura pode chegar até 90°C durante o decorrer do dia e durante a noite poderia cair para 10 °C, já o telhado verde em uma laje não ultrapassaria 25°C no decorrer do dia e durante a noite chegaria aproximadamente a 15°C. Isso mostra o quanto uma laje impermeável varia de temperatura com comparação ao telhado verde (MINKE, 2005).

O uso do telhado verde vem para mudar e diminuir esses efeitos da temperatura e com isso promover a sustentabilidade em meio as construções (ARAÚJO, 2007).

### **4.5.2 Isolamento térmico**

De acordo com Baldessar (2012), por causa de todas as camadas presentes no telhado verde, vegetais, substrato, membranas de impermeabilização, formando uma espessura que acaba agindo como um isolante térmico, pois cria uma resistência à transmissão de energia, reduzindo consideravelmente o uso de ar condicionado e de aquecedores no inverno e verão.

Em edifícios a maior parte onde atua a irradiação solar é nas coberturas, com isso as vegetações compostas no telhado verde, em dias quentes, desempenham a função de reduzir essa radiação que chega sobre a cobertura e com isso diminui a temperatura ao seu redor (SILVA, 2011).

#### **4.5.3 Diminuição de ilhar de calor**

Segundo Silva (2011) com a atuação do telhado verde em centros urbanos pode ter soluções parciais de alguns problemas ambientais, como redução de poluição e também na diminuição de ilhas de calor.

Segundo Baldessar (2012) a diminuição das ilhas de calor nos grandes centros poderia ser feita através da evapotranspiração dos vegetais presentes no telhado verde. Para que diminuísse a mudança de temperatura intensa que ocorre nas grandes cidades, principalmente em coberturas onde a coloração escura contribui para maior absorção de calor durante o dia e libera lentamente a noite.

#### **4.5.4 Proteção e vida útil para as edificações dos raios solares**

Segundo Piergili (2007) a durabilidade de uma edificação está diretamente ligada aos materiais utilizados, mas fatores como a radiação solar, pode causar um grande desgaste pois os materiais utilizados armazenam e reemitem a radiação em forma de calor, e durante o tempo pode desgastar ou comprometer a construção.

Piergili (2007) continua afirmando que as coberturas em dias de verão podem chegar em 65,2 graus hora de calor, acima da temperatura do ar, já nos telhados verdes acumulam apenas 40% desse valor, contribuindo com a temperatura superficial, e conforto as pessoas dentro da edificação.

Segundo Araújo (2007) em dias de verão, os impactos causados pela radiação solar podem afetar a integridade das coberturas com um grau elevado comparados a outras partes da edificação.

#### **4.5.5 Drenagem e retenção de água**

De acordo com Baldessar (2012) com o crescimento da infraestrutura urbana a impermeabilização está aumentando cada vez mais, e com isso as enchentes são

cada vez mais freqüentes, tendo assim uma grande necessidade de projetos de drenagem, principalmente em periferias. O telhado verde contribui para a redução de água de chuva que são direcionados para os sistemas de drenagem, através dos mecanismos de evapotranspiração e armazenamento.

Com os resultados de um protótipo de telhado verde (Di Giovanni Cruz, 2010) observou a eficiência do sistema na retenção de água, o objetivo era medir as vazões de água de acordo com a intensidade de água que era jogada, e os resultados foram promissores e satisfatórios em relação a retenção de água.

#### **4.5.6 Eficiência energética**

Segundo Lamberts; Dutra; Pereira (1997) “A eficiência energética pode ser entendida como a obtenção de um serviço com baixo dispêndio de energia”.

Portanto, um edifício é considerado mais eficiente do que outro se esta edificação oferece as mesmas condições ambientais com menor consumo de energia. São inúmeros os benefícios que o telhado verde pode trazer a sociedade em geral.

#### **4.6 Desvantagens do telhado verde**

Novos modelos que chegam ao mercado sempre enfrentam barreiras, como a falta de conhecimento dos clientes, as variações de custos e benefícios e também a falta de projetos exemplares. Com a falta de informações os projetos de edificações em zonas urbanas não são preparados e projetados para receber um telhado verde, tornando sua implantação muita das vezes inviável no ponto financeiro (SETTA, 2017).

Segundo Ingra (2011) os telhados verdes na implantação, é necessária mão de obra especializada fazendo que o preço aumente, além disso se a impermeabilização não for bem feita, pode causar danos a edificação (infiltrações e trincas em casos mais graves). Castro e Goldenfum (2010) dizem que infiltração e umidade são problemas técnicos que podem ser relacionados a execução de profissionais mal preparados.

Segundo Peck e Callaghan (1999) existem muitas barreiras quando se tenta implementar a tecnologia telhado verde, talvez um dos maiores obstáculos seja

mostrar os custos e benefícios que ele pode trazer ao cliente, e as significativas vantagens sociais e ambientais. Outro obstáculo pode estar na parte política, na falta de incentivos governamentais.

## **4.7 Camadas do telhado verde**

### **4.7.1 Vegetação**

Kibert (2008) afirma que existem duas classificações para o telhado verde, que é o extensivo e o intensivo. O sistema de vegetação extensivo tem por sua característica possuir uma baixa manutenção pois possuem uma auto sementeira onde exige pouca irrigação e adubação, e é mais indicado para pessoas que não pretendem ter que fazer grandes manutenções. Esse sistema é indicado para lugares secos priorizando plantas locais, porém no Brasil já foi constatado que o uso de plantas exóticas também combina com essa classificação. No sistema intensivo é o contrário do extensivo pois ele necessita de uma alta manutenção pois é possível a criação de jardins com terraços e espelhos d'água e também podem ser incluído gramas e vegetação de grande e médio porte.

De acordo com Terracota (2007) em ambos os sistemas é possível diversificar o uso das plantas, e assim o telhado verde contribui para o sucesso da cultura local, onde se procura uma planta que se adapta melhor ao local de aplicação.

### **4.7.1 Substrato**

McIntyre (2010) afirma que existe uma extensa variedade de composição do substrato, pois essa camada precisa atender todas as necessidades das plantas e absorver umidade e nutrientes necessários para a sobrevivência delas. Uma comparação é feita de que o substrato é para as plantas existentes no telhado verde o mesmo que o solo é para plantas de jardim. Mesmo assim, ele afirma que o substrato usado no telhado verde tem pouca semelhança com o solo. Uma das diferenças é que o substrato do telhado verde é leve e solto, e acaba não se compactando com seu peso próprio e isso é essencial no telhado verde.

Segundo Savi (2012) a principal função exercida pela camada de substrato é suprir a necessidade de nutrientes e água das plantas.

#### **4.7.2 Tecido permeável**

O tecido permeável tem por finalidade evitar que partículas finas do substrato entrem na camada inferior que é a camada drenante, para que não ocorra entupimento no sistema ou a redução da capacidade de drenagem. Essa camada de tecido permeável pode ser feita preferencialmente de geotêxtil, e deve ser instalada tipicamente paralela a camada de drenagem (WINGFIELD, 2005).

#### **4.7.3 Camada drenante**

Essa camada tem como objetivo drenar o excesso de água que filtra através da vegetação e do substrato, onde terá sua vazão e escoamento com a inclinação do telhado. De acordo com Pérez (2011) existem dois tipos de camada drenante, sendo uma delas o uso de pedras onde a mais usual é a argila expandida e o outro método é os painéis modulares de polietileno ou poliestireno.

Pérez (2011) diz que para uma boa camada drenante é preciso que ela seja capaz de reter a água da chuva e assegurar que a aeração do substrato ocorra tudo bem.

#### **4.7.4 Impermeabilização**

Segundo Araújo (2007) a camada de impermeabilização é muito importante na hora de construir um telhado verde, pois se feita de modo errado ou se não for feita pode ocorrer infiltração de água na estrutura e acaba diminuindo a vida útil da edificação, além de causar transtornos para os moradores.

Segundo Snodgrass e McIntyre (2010), a NRA (*National Roofing Contractors Association*) recomenda entre duas membranas de isolante para o telhado verde que são de 5,4 mm de espessura cada, também é possível com uma camada de asfalto quente e uma camada de manta asfáltica.

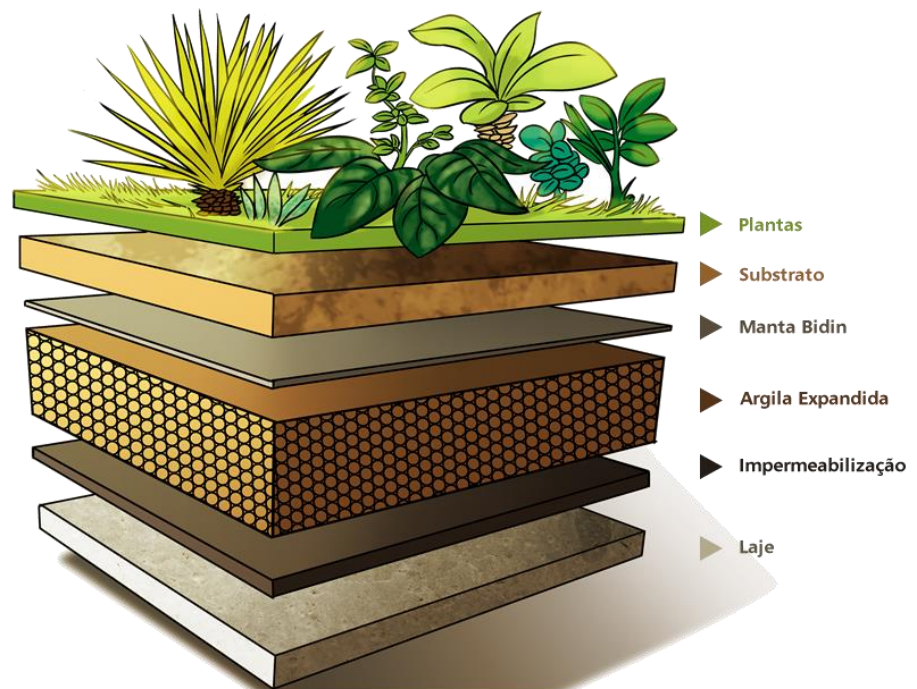


### 4.7.5 Pavimento

O telhado verde pode ser feito em vários tipos de pavimentos sendo eles as mais comuns de concreto armado, lajes pré-fabricadas e estruturas em aço em compressão com concreto, porém cada tipo dessas exige uma impermeabilização adequada (MINKE,2005).

O telhado verde tem um peso próprio médio de 80 kg/m<sup>2</sup> isso podendo variar pois ele pode ser extensivo ou intensivo, por isso nas novas construções é necessário o acréscimo do seu peso próprio na hora do cálculo da estrutura, já em estruturas existentes é necessário avaliar se ela suporta o peso próprio do telhado.

Figura 10 - Camadas do telhado verde



FONTE: Disponível em: <https://basev.com.br/telhado-verde/> Acesso em 29/10/2019

### 4.8 Hidrologia

De acordo com Garcez e Alvares (1988), a hidrologia engloba todos os fenômenos referentes a água, sua distribuição, ocorrência e seus todos seus estados.

Para Tucci e Marques (2000), diferentes profissionais estão envolvidos com a hidrologia para o desenvolvimento de seus trabalhos, engenheiros, agrônomos, geólogos, biólogos entre outros. Isso acaba criando uma ciência interdisciplinar e que está em constante evolução devido o envolvimento de vários profissionais, gerando assim um maior conhecimento sobre o meio ambiente e utilização da água.

#### 4.8.1 Ciclo hidrológico

Segundo Tundizi (2003) o ciclo hidrológico é a movimentação da água, que começa inicialmente com a radiação solar, que faz com que a água evapore, posteriormente condensando e precipitando em forma de chuva.

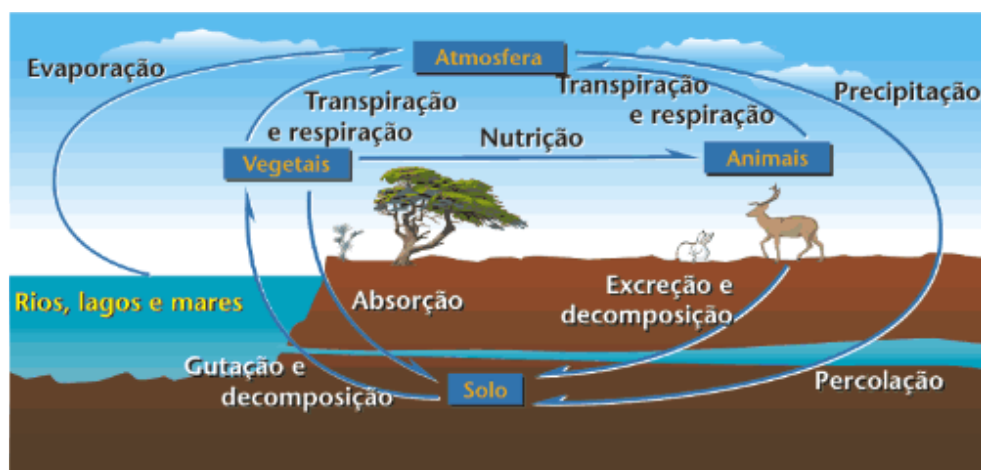
No momento da precipitação já acontece o processo de evaporação. A água da chuva que chega ao solo tem parte do seu volume interceptado por folhas e caules, ocorrendo a evaporação (TUCCI, 2001).

De acordo com Carvalho e Silva (2006), parte da água que infiltra no solo é absorvida pela vegetação, e no processo de transpiração, retorna a água para a atmosfera, sendo conhecido como evapotranspiração.

Tucci (2001) afirma que a água não aproveitada pelos vegetais, infiltra no solo formando os lençóis freáticos e escoando para rios.

Para Dacach (1979) o ciclo hidrológico completa em tempos diferentes, tendo como um fator de suma importância a ação do calor, ele que vai causar a evaporação da água, iniciando o ciclo como mostra a figura 11.

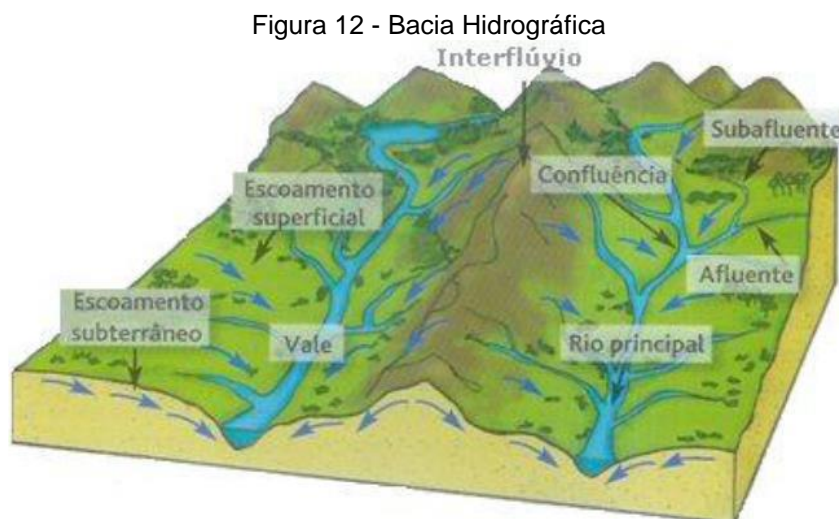
Figura 11 - Ciclo Hidrológico



## 4.8.2 Bacia hidrográfica

A bacia hidrográfica é um sistema onde a entrada é o volume precipitado e o volume que chega ao exutório o de saída (SILVEIRA, 2000).

Para Tucci (2001) a bacia hidrográfica é o conjunto de superfícies que escoam para o exutório, e possui uma captação de toda água natural precipitada.



FONTE: Disponível em: [www.prof2000.pt](http://www.prof2000.pt) Acesso em 12/11/2019.

## 4.8.3 Precipitação

A precipitação tem como característica seu tempo de duração, distribuição temporal e espacial. A formação das chuvas é do vapor presente na atmosfera, condensa, formando as gotículas de água e com isso formando nuvens (TUCCI, 2001).

De acordo com Villela e Mattos (1975) quando as gotas ficam do tamanho onde não consegue vencer a resistência do ar, ocorre as precipitações, deslocando assim as gotas até o solo.

## 4.8.4 Tempo de recorrência

O tempo de recorrência é o tempo médio em anos que leva para acontecer uma precipitação da mesma magnitude ou superior, a probabilidade de ocorrer esse fenômeno analisado em um ano qualquer é baixo (TUCCI, 2001).

Em muitas obras de engenharia é levado em consideração os períodos de ocorrência de chuvas para efeito de cálculo, visando a segurança e durabilidade da obra realizada (DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES, 2005).

#### **4.8.5 Tempo de concentração**

O tempo de concentração será calculado pelo tempo de permanência que a água permanece na bacia de cada trecho (SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL, 2002).

#### **4.8.6 Escoamento superficial**

Para Tucci (2001) o escoamento superficial faz parte do ciclo hidrológico, a água se desloca em direção a bacia. Nas cidades o escoamento tem interferência humana, devido a impermeabilização e sistemas de drenagem.

### **4.9 Aplicação do telhado verde**

Para a construção de um telhado verde não é apenas colocar terra e plantas sobre uma laje, é preciso ter alguns cuidados especiais para que não surjam problemas futuros em sua edificação (MINKE, 2005).

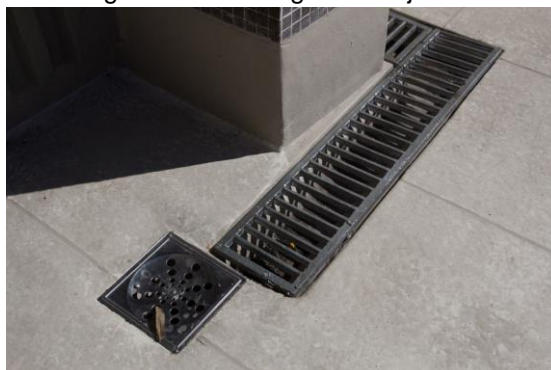
Primeiramente é de suma importância preparar sua edificação para receber o peso gerado pelo telhado verde, caso esteja em fase de projetos isso não será um problema, é só informar o projetista o desejo de implantar o telhado verde sobre sua laje, que isto será considerado no dimensionamento de laje e vigas, ou se já possui uma edificação pronta e deseja aplicar o telhado verde, é necessário realizar uma verificação para ver se sua edificação comporta o peso do telhado verde (ROLA, 2005).

Para o cálculo de sua laje, o peso exercido pelo telhado verde será considerado como uma carga permanente, são chamadas assim o peso de todos os elementos construtivos fixos e instalações permanentes. O peso exercido por cada tipo de telhado verde pode variar seja ele intensivo, semi-intensivo ou extensivo.

Para o cálculo é preciso considerar cada camada que ficará sobre a laje, por esse motivo que o peso varia de acordo com cada tipo de telhado verde, olhando a camada é preciso pegar o peso específico de cada material, e assim juntando todos os pesos e dividindo sobre a metragem da laje que será instalado Hambly (1976). Com o cálculo em mãos é hora de dar início a preparação e depois a implantação do telhado verde, isso será feito em 7 passos mostrados a seguir:

1º Passo - Drenagem: Para o primeiro passo será necessário possuir em sua laje, um sistema que capta essa água drenada pelo telhado verde, como ralos ou calhas. E para que essa drenagem ocorra com êxito sua laje deverá ter uma inclinação que possibilite o escoamento de toda a água drenada.

Figura 13 - Drenagem da laje



FONTE: Disponível em: <https://fibersals.com.br> Acesso em 12/05/2020

2º Passo - Impermeabilização: O segundo passo é a impermeabilização da laje, e esse passo é muito importante, pois se ele for mal feito, causará danos futuros em sua edificação. Existem varias formas de fazer esta impermeabilização, a mais usual é o uso da manta asfáltica.

Figura 14 - Manta asfáltica



FONTE: Disponível em: <https://www.masterplate.com.br> Acesso em 12/05/2020

3º Passo – Camada drenante: No terceiro passo é preciso criar uma camada de material drenante, o material mais usual é a argila expandida pelo fácil acesso. Essa camada pode variar de 7 a 10 cm de material.

Figura 15 - Argila expandida



FONTE: Disponível em: <https://www.m.copafer.com.br> Acesso em 12/05/2020

4º Passo – Tecido permeável: O quarto passo sobre como construir o telhado verde, é a aplicação de uma manta geotêxtil em cima da camada drenante, permitindo que a água passe e impedindo que o substrato escoe junto com a água.

Figura 16 - Manta geotêxtil



FONTE: Disponível em: <https://www.americanas.com.br> Acesso em 12/05/2020

5º Passo - Substrato: O quinto passo, é uma etapa que pode ser variada dependendo da escolha do tipo de telhado verde, sendo ele intensivo, semi-intensivo ou extensivo, cada um deles terá uma altura específica de substrato. Para o substrato pode ser usado terra vegetal ou terra preta que é a mais comum.



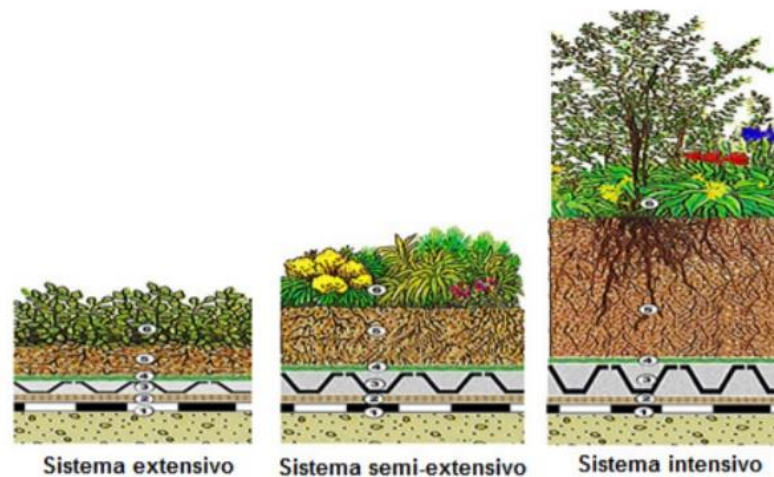
Figura 17 - Terra preta



FONTE: Disponível em: <https://dialogochino.net> Acesso em 12/05/2020

6º Passo - Vegetação: O sexto passo, assim como o quinto depende do tipo de telhado verde que será escolhido. Podendo variar o tipo de plantas a ser usado e os tamanhos delas.

Figura 18 - Ilustração esquemática dos diferentes tipos de telhado verde



FONTE: Green Roof Service LLC (2010)

7º Passo - Manutenção: O último passo é a manutenção, também como o quinto e sexto passo depende do tipo de telhado a ser escolhido, cada um tem sua peculiaridade de manutenção, mas para todos os tipos é importante sempre estar inspecionando o funcionamento da drenagem para que não tenha problemas futuros.

Figura 19 - Manutenção



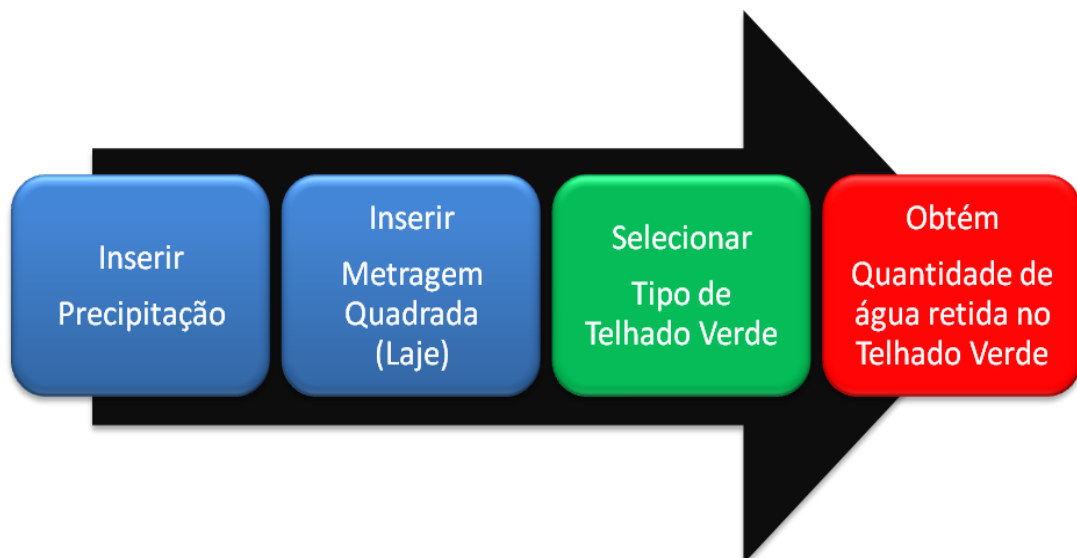
FONTE: Disponível em: [https:// http://ecologicaarquitectura.blogspot.com/](https://http://ecologicaarquitectura.blogspot.com/) Acesso em 12/05/2020



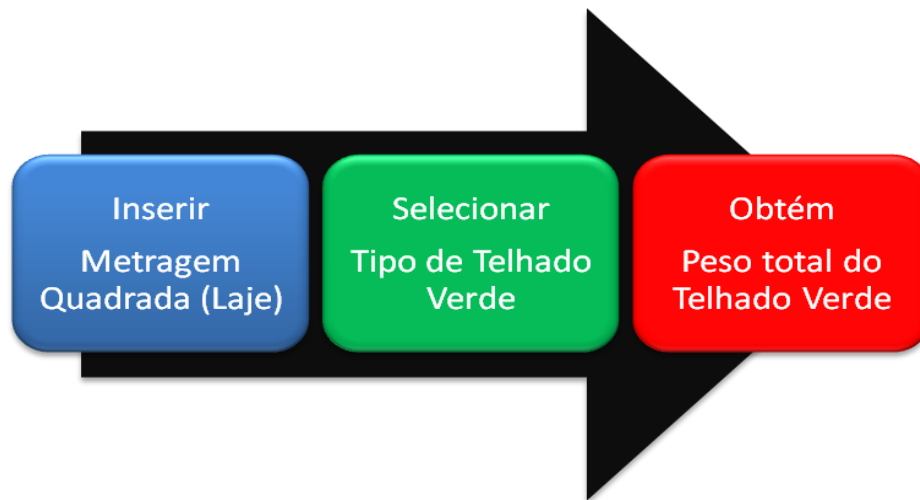
## 5. METODOLOGIA

Este trabalho foi desenvolvido através de revisão bibliográfica descritiva, qualitativa, no qual realizou a pesquisa em meios eletrônicos, como repositório das universidades, jornais e revistas acadêmicas. Com os seguintes descritores telhado verde, sustentabilidade, hidrologia, drenagem urbana, precipitação. O fluxograma a seguir mostra os resultados que queremos obter, peso total do telhado verde e quantidade de água retida. Para que isso ocorra temos que inserir a cidade, para assim buscar no banco de dados a sua precipitação, inserir a metragem quadrada do telhado e posteriormente selecionar o tipo de telhado verde, assim obtendo os resultados desejados.

### Fluxograma do Cálculo de retenção



### Fluxograma do Cálculo de peso



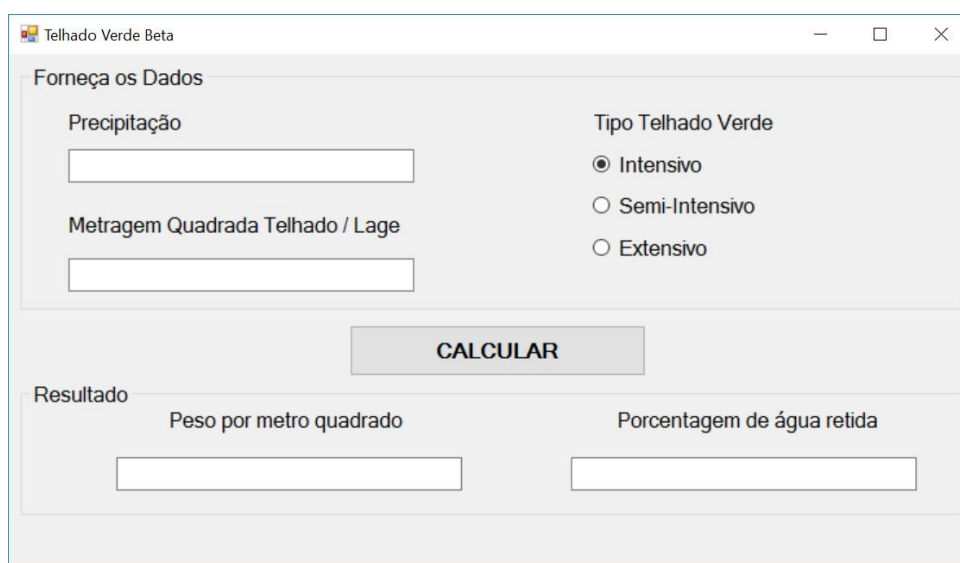
Toda pesquisa foi utilizada como base na criação de um software (Simulador). A estratégia desse trabalho é coletar o maior número possível de informações do telhado verde para a inserção dos dados necessários para mostrar a eficiência do uso do telhado verde e mostrar a eficiência na contribuição na gestão de águas pluviais. Será utilizado, a Linguagem de programação C# com compatibilidade, para Desktop, sendo necessário os dados pluviométricos de cidades como entrada no software, que estará no banco de dados construído, com a finalidade de facilitar o usuário. Além disso, características dos tipos de telhado verde, como peso por metro quadrado será calculado, quantidade de água que retém de acordo com os materiais utilizados será processado facilitando profissionais da área estrutural e de projetos sustentáveis.

## 6. ANÁLISE E RESULTADOS

O programa CTV (Cálculo de telhado verde) foi utilizado linguagem de programação C#. O software auxilia engenheiros no cálculo da carga que o tipo de telhado verde escolhido irá gerar com seu peso, que deverá ser considerado na hora do projeto estrutural. Na parte de retenção de água visa confirmar a eficiência que a implantação desde recurso diminui a velocidade do escoamento superficial, contribuindo com a diminuição das enchentes.

Como todo trabalho, a evolução das idéias sempre acontece, e parâmetros novos são necessários para se concluir o que foi proposto. Veja a primeira versão do simulador abaixo:

Figura 20 - Versão Beta do Simulador



A imagem mostra a interface do simulador 'Telhado Verde Beta'. O formulário é dividido em duas seções principais: 'Forneça os Dados' e 'Resultado'. Na seção 'Forneça os Dados', há dois campos de entrada: 'Precipitação' e 'Metragem Quadrada Telhado / Lage'. À direita, há três opções de 'Tipo Telhado Verde' com botões de rádio: 'Intensivo' (selecionado), 'Semi-Intensivo' e 'Extensivo'. Abaixo dos campos de entrada, há um botão 'CALCULAR'. Na seção 'Resultado', há dois campos de saída: 'Peso por metro quadrado' e 'Porcentagem de água retida'.

FONTE: Autor, 2020

Ao começar a programar, devemos criar parâmetros erros sejam evitados quando for efetuado o cálculo. O sistema adotado é o numérico brasileiro ou seja, para separar deve ser utilizado vírgula(,) para separar os decimais, não precisando separar a unidade de milhar, além de só ser aceito o preenchimento dos campos por números. Caso algum dado necessário para o cálculo esteja em branco irá aparecer uma janela avisando o campo que falta preencher.

Para se calcular a retenção de água deve-se fornecer primeiro a precipitação em mililitros podendo ser utilizado valores mensais ou anuais. Posteriormente inserir

a metragem quadrada da laje que será utilizada e selecionar o tipo de telhado verde que pretende simular a quantidade de retenção.

O valor da precipitação é para 1m<sup>2</sup> (um metro quadrado), por isso é necessário multiplicar pela metragem quadrada para se obter o valor de P (Total de água precipitada no telhado).

Foi utilizado dado de (BALDESSAR, 2012) que com a pesquisa de campo afirma que o telhado verde retém 69,3% da água precipitada sem considerar a vegetação. O diferencial do nosso Software é que ele irá calcular a retenção da vegetação de acordo com o tipo de telhado verde, ou seja, a vegetação. Para isso foi utilizado parâmetros de hidrologia. O tipo de solo que mais se assemelha com o substrato utilizado é o GHS A 9 (Tabela 1) e por isso foi adotado para se caracterizar o tipo de vegetação (Tabela 2).

Tabela 2 - Classificação dos Grupos Hidrológicos dos Solos e características e capacidade de infiltração correspondentes.

<b>GHS</b>	<b>Características</b>	<b>Capacidade de</b>
<b>A</b>	Solos arenosos e argilosos, profundos e bem drenados.	> 3,4 mm h-1
<b>B</b>	Solos arenosos, com pouca argila e orgânico.	2,5 e 3,4 mm h-1
<b>C</b>	Solos mais argilosos que o GHS B, com baixa permeabilidade	1,4 e 2,5 mm h-1
<b>D</b>	Solos com pouca argila, rasos, pouco desenvolvidos e muito impermeáveis.	< 1,4 mm h-1

FONTE: Elaborado com base nos grupos hidrológicos conforme Lombardi Neto (1991)

Tabela 3 - Valores médios do parâmetro Curver Number (CN) para bacias hidrográficas

<b>Uso da terra</b>	<b>Superfície</b>	<b>Tipo de Solo</b>			
		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
<b>Solo lavrado</b>	Com sulcos retilíneos	77	86	91	94
	Em fileiras retas	70	80	87	90
<b>Plantações regulares</b>	Em curvas de nível	67	77	83	87
	Terraceamento em nível	64	76	84	88
	Em fileiras retas	64	76	84	88
<b>Pastagens</b>	Pobres, em curvas de nível	47	67	81	99
	Normais, em curvas de nível	25	59	75	83
	Boas, em curvas de nível	6	35	70	79
<b>Campos permanentes</b>	Normais	30	58	71	78
	Esparsas, de baixa transpiração	45	66	77	83
	Normais	36	60	73	79
	Densas, de alta transpiração	25	55	70	77
<b>Florestas</b>	Muito esparsas, de baixa transpiração	56	75	86	91
	Esparsas	46	68	78	84
	Densas, de alta transpiração	26	52	62	69
	Normais	36	60	70	76

FONTE: (Tucci, 2000).

Software identifica o tipo de superfície de acordo com o telhado verde necessário para ser multiplicado pelo fator de conversão, para assim achar o valor de CN (Curve Number).

Tabela 4 - Condições da chuva e Curve Number para uma perda inicial a partir da cobertura do solo

Curve Number para Condição II	Fator de Conversão
10	0,4
20	0,45
30	0,5
40	0,55
50	0,62
60	0,67
70	0,73
80	0,79
90	0,87
100	1

FONTE: (Tucci, 2000).

Após achar o valor de CN, é calculado a equação 1 e seu resultado é utilizado para se calcular na equação 2.

$$S = \frac{25.400}{CN} - 254 \quad (1)$$

$$Q = \frac{(P - 0,2S)^2}{P + 0,8S} \quad (2)$$

O resultado Q (equação 2) é subtraído do valor de P, tendo como resultado o valor da retenção da vegetação. Para obter o valor de retenção do solo é multiplicado P pela constante 69,3%.

O resultado será a soma da retenção do solo e da vegetação.

As figuras 21,22 e 23 mostra o Software rodando a partir da precipitação média anual de Juiz de fora, 1504mm (mil e quinhentos e quatro mililitros), e uma metragem quadrada de 100m<sup>2</sup> (cem metros quadrados) e único campo que irá mudar na simulação é o tipo de telhado verde.

Figura 21 - Simulação Retenção Telhado Extensivo

CTV - Cálculo de telhado verde

Retenção | Peso

Precipitação  
1504 mm

Metragem quadrada (Laje)  
100 m<sup>2</sup>

Tipo de telhado verde  
 Extensivo  
 Semi Intensivo  
 Intensivo

Calcular

Retenção de água pluvial  
**104396,78**  
mm

FONTE: Autor, 2020

Figura 22 - Simulação Retenção Telhado Semi Intensivo

CTV - Cálculo de telhado verde

Retenção | Peso

Precipitação  
1504 mm

Metragem quadrada (Laje)  
100 m<sup>2</sup>


Tipo de telhado verde  
 Extensivo  
 Semi Intensivo  
 Intensivo

Calcular

Retenção de água pluvial  
**104539,13**  
mm

FONTE: Autor, 2020

Figura 23 - Simulação Retenção Telhado Intensivo

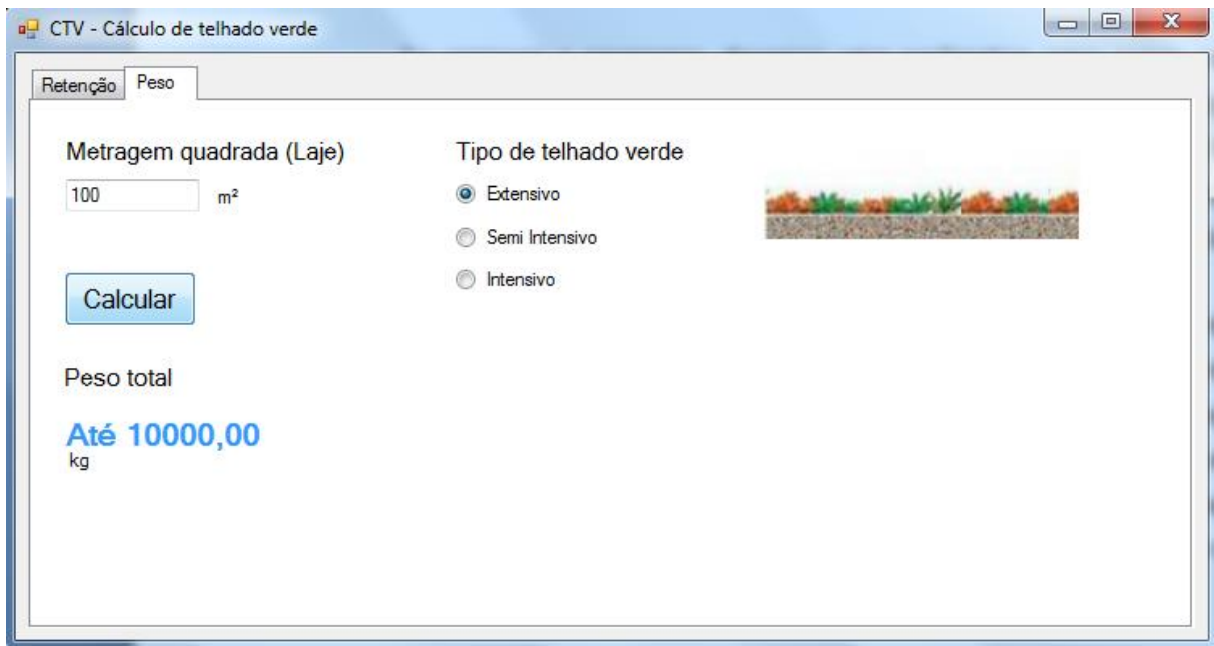


FONTE: Autor, 2020

Com essas imagens podemos perceber que a vegetação está diretamente relacionado a retenção de água pluvial, e no software deixa isso evidente, onde o telhado extensivo que possui vegetação rasteira, de até 10 centímetros de altura retém menos que o telhado semi intensivo e intensivo que possui vegetação maiores, comprovando assim o fator retenção de água pluvial de acordo com a vegetação que é o diferencial deste trabalho.

Para se calcular o peso do telhado verde é necessário fornecer a metragem quadrada da laje ou telhado que irá receber o a cobertura verde. Após o preenchimento selecionar o tipo de telhado verde que irá ser utilizado (Intensivo, Semi-Intensivo ou Extensivo) e quando clicar no botão calcular o Software vai multiplicar a área pelo intervalo do peso específico do telhado verde selecionado. Os pesos utilizados estão citados no Quadro 1. Para cálculo foi utilizado 100m<sup>2</sup> (cem metros quadrados) de área sendo utilizado nos três tipos de telhado verde. As figuras abaixo mostram o Software em funcionamento.

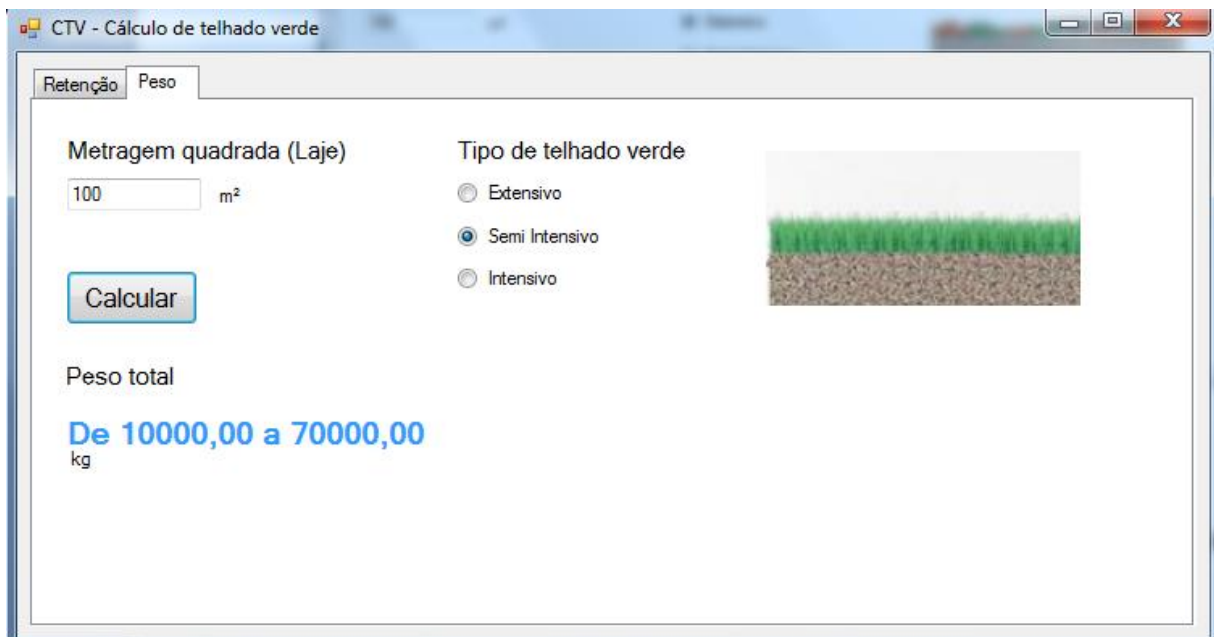
Figura 24 - Peso telhado Extensivo



The screenshot shows a software window titled "CTV - Cálculo de telhado verde" with two tabs: "Retenção" and "Peso". The "Peso" tab is active. It features a text input field for "Metragem quadrada (Laje)" containing the value "100" and the unit "m²". Below this is a blue "Calcular" button. To the right, under "Tipo de telhado verde", three radio buttons are present: "Extensivo" (selected), "Semi Intensivo", and "Intensivo". A small image to the right shows a cross-section of an extensive green roof with a thin layer of soil and sparse plants. Below the input fields, the text "Peso total" is followed by the result "Até 10000,00 kg" in blue.

FONTE: Autor, 2020

Figura 25 - Peso telhado Semi Intensivo



The screenshot shows the same software window as Figure 24, but with the "Semi Intensivo" radio button selected. The "Metragem quadrada (Laje)" input field still contains "100" and "m²". The "Calcular" button is present. The "Tipo de telhado verde" section shows "Semi Intensivo" selected. The image to the right shows a cross-section of a semi-intensive green roof with a thicker layer of soil and denser plants. Below the input fields, the text "Peso total" is followed by the result "De 10000,00 a 70000,00 kg" in blue.

FONTE: Autor, 2020



Figura 26 - Peso telhado Intensivo

CTV - Cálculo de telhado verde

Retenção Peso

Metragem quadrada (Laje)

100 m<sup>2</sup>

Calcular

Tipo de telhado verde

Extensivo

Semi Intensivo

Intensivo

Peso total

De 70000,00 a 120000,00 kg

FONTE: Autor, 2020

De acordo com as figuras podemos observar que o intervalo de peso de um telhado verde pode variar muito, pois a espessura do substrato e a altura da vegetação também possuem um intervalo, sendo necessário nesse caso uma maior sensibilidade do engenheiro calculista, pois deve conhecer bem o tipo de telhado verde, espessura de substrato e altura da vegetação para só assim ao interpretar o intervalo dado como resultado pelo CVT (Cálculo de Telhado Verde).

Futuramente em nosso software aprimorando a precisão dos dados, que depende de uma pesquisa de campo para se coletar dados do peso específico dos componentes utilizados na construção do telhado verde para assim o resultado final ser o mais próximo possível do que vai ser realizado, para assim ajudar ainda mais o engenheiro ao dimensionar a carga a ser considerada na hora do cálculo estrutural. Assim como o peso específico o maior conhecimento dos materiais utilizados, vamos conseguir dados sobre a retenção máxima que determinado material retém de água até ficar saturado, ou seja não comportar mais água, com isso será utilizados parâmetros de cada material e sua quantidade resultando assim resultados com margem de erro muito pequena e será um sistema preciso.

## 7. CONCLUSÃO

Nos últimos anos grande parte da população se mudou para os centros urbanos, tendo assim um alto índice de acumulo populacional, e não se preocupando com os problemas que isso causaria no meio ambiente, um deles é as grandes áreas de impermeabilização do solo, causando grandes enchentes nos centros urbanos. Mas, gerações atuais buscam construções com técnicas que são positivas para o meio ambiente, buscando aproximar ao máximo as construções ao estado natural do local.

Visando os problemas ambientais, este trabalho vem com um software que incentiva a população a aderir a técnica do telhado verde em suas construções, facilitando o acesso de todos a essa técnica.

Concluimos que os resultados obtidos pelo software CTV – Cálculo de telhado verde, a implantação do telhado verde é eficiente em diminuir o escoamento da água pluvial e que é possível ter uma média de peso do telhado verde em sua construção. Com isso buscamos mostrar mais uma alternativa de amenizar os efeitos e danos causados no meio ambiente em decorrência do alto volume do crescimento da humanidade. A percepção quanto ao uso do telhado verde em várias construções precisa ser mostrada através da conscientização ambiental que é uma das propostas deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

- AGRA, S. G. Estudo experimental de micro reservatórios para controle do escoamento superficial. Porto Alegre, 2001. Disponível em:<<http://hdl.handle.net/10183/3282>>. Acesso em: 16 set.2015.
- ARAÚJO, Sidney Rocha de. As funções dos telhados verdes no meio urbano, na gestão e no planejamento de recursos hídricos. Soropédica, RJ, 2007.p.5
- BALDESSAR, Silvia M. N. Telhado verde e sua contribuição na redução da vazão da água pluvial escoada. Dissertação de mestrado. Curitiba: UFPR PPGCC, 2012.
- DACACH, N.G. Sistemas Urbanos de Água, LTC Editora S.A., 2ª Edição, Rio de Janeiro, 1979.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT. Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem.2 ed. Rio de Janeiro: DNIT, 2005.
- DI GIOVANNI, Rodrigo; CRUZ, Taison de Assis ds. Telhado verde: Estudo de caso. SãoPaulo,(2010).
- DIMOUDI & NIKOLOPOULOU, 2003 apud ARAÚJO, Sidney Rocha de. Conforto ambiental. Soropédica, RJ. 2007.
- DUNNETT N, NAGASE A, BOOTH R, GRIME P. 2008. Vegetation composition and structure significantly influence green roof performance. Urban Ecosystems 11: 385–398.
- GARCEZ, L.N.; ALVAREZ, G.A. Hidrologia. Ed. Edgard Blücher LTDA, São Paulo, 1988.
- GIL, Antônio Carlos. Métodos e técnicas de pesquisa social. 5 ed. São Paulo: Atlas, 1999.
- HENEINE, M. C. A. S. Cobertura Verde. 2008. 49 f. Monografia (Especialização em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.
- INTERNATIONAL GREEN ROOF ASSOCIATION, 2015. Green Roof Types. Disponível em [http://www.igra-world.com/types\\_of\\_green\\_roofs/index.php](http://www.igra-world.com/types_of_green_roofs/index.php). Acesso em 28/11/2019.
- KLINKENBORG, Verlyn. O céu é verde. A ideia dos jardins suspensos floresce em cidades cujas alturas permitem esses espaços naturais. 2009. Disponível em: Acesso em: 01 jun. 2017.
- KÖHLER, M.; SCHMIDT, M.; GRIMME, F. W.; LAAR, M.; ASSUNÇÃO PAIVA, V. L.; TAVARES, S. Green roofs in temperateclimatesand in the hothumidtropics. In:

International Conference on Passive and Low Energy Architecture, PLEA, 18., 7-9 de nov. de 2001, Florianópolis. Proceedings. 2001.

LA PASTINA FILHO, José. Manual de Conservação de telhados. 1ª Edição. IPHAN, 2005.

LEAL, Georla Cristina Souza de Gois, FARIAS; Maria S.S. de; ARAÚJO, Aline de Farias. O processo de industrialização e seus impactos no meio ambiente urbano. 2008. Disponível em: Acesso em: 02 jun. 2017.

MACHADO, María V. BRITTO, Celina, NEILA Javier. El cálculo de la conductividad térmica equivalente en cubierta ecológica. Revista on-line de ANTAC, v.3, n.3, jul. /Set. 2003. Disponível em: Acesso em: 12 mai. 2017.

MASCARÓ, Juan Luis. Sustentabilidade em urbanizações de pequeno porte. Masquatro Ediora, 2010.

MINKE, G. Techos verdes - Planificación, ejecución, consejos prácticos. Uruguay: Editora Fin de Siglo, 2005.

MORAIS, Caroline S. de, RORIZ, Maurício. Comparação entre os desempenhos térmicos de cobertura ajardinada e laje comum em guaritas. ENCAC – COTEDI. Curitiba. Nov., 2003.

MOTTA, Silvio R.F.; AGUILAR, Maria Teresa P. Sustentabilidade e processos de projetos de edificações. Gestão e Tecnologia de Projetos. Vol.4, nº1, maio de 2009.

NASCIMENTO, W. C. Coberturas verdes no contexto da região metropolitana de Curitiba - Barreiras e potencialidades. 2008. 183 f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

OSMUNDSON, T. Roof Gardens – History, Design and Construction. W.W. Norton & Company, Inc., New York, NY. 1999.

PEIXOTO, M. C. D. Expansão urbana e proteção ambiental: um estudo a partir do caso de Nova Lima/MG. In. XI Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em planejamento Urbano e Regional, Salvador, 2005.

PIERGILI, Alexander Van Parys. Por que utilizar telhados verdes? São Paulo. 2007. Disponível em: Acesso em: 22 mai. 2017. Roaf, S; Fuentes, M; Thomas, S. Ecohouse: A casa ambientalmente sustentável. Porto Alegre: Bookman 2006. 488p.

PORTO, M. F. A. Aspectos Qualitativos do escoamento Superficial em Áreas Urbanas. In: Tucci, C.E.M.; Porto, R.L.L.; Barros, M.T. Drenagem Urbana. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS/ABRH, 1995, p.387-414.

ROAF, S.; FUENTES, M.; THOMAS, S. **Ecohouse**. 3a. ed. Burlington MA: Architectural Press, 2003.

ROLA, Sylvia. Telhados verdes: pequenos pulmões para grandes cidades. Disponível em: Acesso em: 03 jun. 2017.

SAVI, A.C. Telhados verdes: análise comparativa de custo com sistemas tradicionais de cobertura. 2012. 125f. Monografia (Especialista em Construções Sustentáveis) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba.

SILVA, N.C. Telhado verde: sistema construtivo de maior eficiência e menor impacto ambiental. 2011. 60f. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte

SILVEIRA, A.A.L. Hidrologia urbana no Brasil. In: Avaliação e controle da drenagem urbana. Porto Alegre: Ed. Da Universidade. 2000.

SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL – SUDERHSA. Plano diretor de drenagem para a bacia do rio Iguaçu na região metropolitana de Curitiba. Curitiba, 2002.

THOMPSON, J. William; SORVIG, Kim. Sustainable Landscape Construction. A Guide to Green Building Outdoors. Island Press, Washington, Covelo, London, 2008.

TOMAZ, 2005. Telhado verde. 2005. Capítulo 10.

TOMAZ, 2008. Cobertura Verde. 2008. In: Curso de manuseio de águas pluviais. Capítulo 51.

TUCCI, C. E. M. ; PORTO, R. L. (Org.) ; BARROS, M. T. (Org.) . Drenagem Urbana. Porto Alegre: Editora da Universidade (UFRGS) e ABRH Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1995.

TUCCI, C. E. M; MARQUES, D. M. Avaliação e controle da drenagem urbana. 1. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2000.

TUCCI, C. E. M., Hidrologia Ciência e Aplicação. 2. ed. Porto Alegre: Editora da Universidade(UFRGS),2001.

TUCCI, C. E. M. Gerenciamento da Drenagem Urbana- Revista Brasileira de Recursos Hídricos- RBRH- Volume 7 n.1 Jan/Mar 2002, 5-27.

TUNDIZI, J. G. Ciclo hidrológico e gerenciamento integrado. Revista Ciência e Cultura, v.55, n.4, p.31-33, 2003.

VILLELA, S. M.; MATTOS A. Hidrologia Aplicada. 1. ed. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975.