
TELHADO VERDE EXTENSIVO: COMPARAÇÃO DO ESCOAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA EM COBERTURA VERDE COM VEGETAÇÕES DE PEQUENO PORTE

Lisle Altenhofen ¹

Mirdes Fabiana Hengen ²

Givanildo Martins de Quadros ³

Elisa Cristina Trebien⁴

Resumo

A construção civil é o ramo que possibilita pessoas realizarem seus sonhos de construções e empreendimentos, porém ela ainda causa prejuízos ao meio ambiente, sendo considerada uma das mais poluentes e geradora de resíduos. Por esse motivo, pessoas que estão ligadas a esta área, vêm criando novas formas de construção voltadas a sustentabilidade, assim, consumidores da construção civil tem a possibilidade de ter empreendimentos mais sustentáveis. Neste contexto, o Telhado Verde é uma forma de ter sustentabilidade na cobertura, ele é composto por diversas camadas, aonde é possível cultivar gramíneas, hortaliças, chás medicinais e até árvores. Este tipo de cobertura tem a capacidade de trazer muitos benefícios ao ecossistema, entre eles, está o retardamento do escoamento superficial o que ajuda muito em cidades que possuem densidade demográfica, havendo poucas áreas permeáveis causando enchentes instantâneas. Dessa forma, faz-se necessário o estudo do escoamento da cobertura verde com diferentes tipos de plantas, solos e climas, uma vez que, valores de escoamento mudam de acordo com a localização da implantação do Telhado Verde. Assim este estudo se torna importante uma vez que, o Telhado Verde não é muito difundido no Brasil, ou seja, não se tem muitos estudos sobre os tipos de vegetação e como elas se comportam na questão do escoamento em períodos chuvosos. Pensando nisso foi realizado no presente trabalho um estudo comparativo da capacidade de retenção de água de três tipos de vegetação: Grama Esmeralda, Amendoim Forrageiro e o condimento Salsinha, assim a vegetação que obteve um melhor resultado na retenção de água no telhado verde foi a salsinha com 70% de retenção, em seguida o Amendoim Forrageiro com 69% e por último a Grama Esmeralda com 45% de retenção de água.

Palavras-chave: Construção Civil. Cobertura Sustentável. Telhado Verde. Escoamento de água.

Abstract

Civil construction is the branch that enables people to make their dreams of construction and ventures come true, but it still causes damage to the environment, being considered one of the most polluting and generating wastes. For this reason, people who are linked to this area, creating new forms of construction aimed at sustainability, thus, civil construction consumers have the possibility of having more sustainable projects. In this context, the Green Roof is a way to have sustainability in the roof, it is composed of several layers, where it is possible to cultivate grasses, vegetables, medicinal teas and even trees. This type of coverage has the ability to bring many benefits to the ecosystem, including the delay in runoff, which helps a lot in cities that have population density, with permeable areas causing

¹ Bacharel em Engenharia Civil pela UCEFF Itapiranga SC: e-mail:

² Mestre em Tecnologia e Gestão da Inovação pela UNOCHAPECÓ. Docente do curso de Engenharia Civil da UCEFF Itapiranga. E-mail: elisatrebien@uceff.edu.br

³ Mestre em Políticas Sociais e Dinâmicas Regionais pela UNOCHAPECÓ Docente do curso de Engenharia Civil da UCEFF Itapiranga. E-mail:

⁴ Mestre em Engenharia Civil pela UFSM. Docente do curso de Engenharia Civil da UCEFF Itapiranga. E-mail: mirdes@uceff.edu.br

instantaneous floods. Thus, it is necessary to study the runoff of the green roof with different types of plants, soils and climates, since runoff values change according to the location of the Green Roof implementation. So this study becomes important since the Green Roof is not very widespread in Brazil, that there are not many studies on the types of vegetation and how they behave in the issue of runoff in rainy periods. With this in mind, a comparative study of the water retention capacity of three types of vegetation was carried out in the present work: Emerald Grass, Peanut Forage and Parsley, so the vegetation that obtained a better result in water retention on the green roof was parsley with 70% retention, then the Forage Peanut with 69% and finally the Emerald Grass with 45% water retention.

Keywords: Civil Construction. Sustainable coverage. Green roof. Water flow.

Introdução

A sustentabilidade está ligada diretamente na vida das pessoas de todo o mundo, mas, inicialmente é importante ressaltar o seu significado, deste modo, Corrêa (2009, p.11): “Sustentabilidade foi tema de debate iniciado na década de 80 com o Relatório de *Brundtland* (1987) e era, enquanto definição geral: "suprir as necessidades da geração presente sem afetar a habilidade das gerações futuras de suprir as suas". Assim, a sustentabilidade se torna importante na construção civil, uma vez que, ela visa melhorar a qualidade de vida das pessoas e animais.

Uma maneira de melhorar a situação de cidades aonde possui densidade demográfica é a implantação de superfícies permeáveis, pois elas são capazes de ajudar na evaporização e principalmente no escoamento da água da chuva, o que em grandes cidades, por falta de correto dimensionamento para escoamento da água, acaba acontecendo enchentes instantâneas pois lugares aonde não possuem áreas permeáveis a água acaba escoando superficialmente (SANTOS *et al.*, 2013).

Dessa forma, o Telhado Verde é um tipo de cobertura sustentável e que ajuda no melhor escoamento da água da chuva, pois, nele pode ser colocadas vegetações de pequeno ou grande porte, também Alberto *et al.* (2012, p.171) comenta sobre a colocação deste tipo de cobertura: “Esta técnica consiste na aplicação de vegetação sobre coberturas, podendo ser aplicada em qualquer tipo de edificação, desde que observadas questões como estrutura da instalação, sistema de drenagem e impermeabilização do local a ser implantado”.

Conforme Tassi *et al.* (2014, p.142) “ Os sistemas extensivos são coberturas leves, projetadas para comportar plantas resistentes a situações climáticas severas”. Assim, na região do Extremo Oeste de Santa Catarina – Brasil, são encontradas algumas

plantas de pequeno porte, entre elas estão a Grama esmeralda, Amendoim Forrageiro que é utilizado em decorações e jardins, mas também é muito encontrado a Salsinha que é utilizado como condimento na culinária. Por serem de pequeno porte, se colocadas em uma cobertura verde, a cobertura pode ser considerada do tipo extensivo, assim, se faz necessário o estudo do escoamento da água da chuva comparando estes três tipos de vegetação citados acima, analisando qual tipo é capaz de reter mais água em determinado tempo.

Apesar da região do Extremo Oeste de Santa Catarina – Brasil, não ter problemas frequentes com enchentes instantâneas, deve-se pensar no Brasil como um todo e nas gerações futuras, assim, é importante ser analisado plantas para cobertura do Telhado Verde do tipo extensivo, dessa forma, a Grama Esmeralda, o Amendoim Forrageiro e a Salsinha implantados em um telhado verde são capazes de reter água da chuva, ajudando assim para reduzir o escoamento superficial?

Telhado verde

O Telhado Verde teve seu início a muitos anos atrás, quando as pessoas começaram a construir locais para residirem e se manterem mais aquecidos e protegidos de ameaças. Assim, cabanas eram feitas aproveitando o declive do local e, sobre elas, eram colocadas vegetações que ali perto possuíam, dessa forma aconteceu o surgimento da utilização de vegetações sobre uma cobertura (REBOLLAR *et al.*, 2017).

Apesar de ainda não ser muito popularizado no Brasil, o Telhado Verde vem a cada ano ganhado mais espaço mais pela questão de sustentabilidade, porém na década de 70 ele começou a ser mais valorizado no Brasil, uma vez que, em épocas do verão, o país inteiro possui altas temperaturas, então a cobertura verde começou a ser utilizada para ajudar na questão de temperatura internas dos ambientes (DILLY, 2016).

Contudo, algumas construções antigas já utilizavam a cobertura verde, conforme Jesus (2018, p.16) “ [...] Nos registros consta que o primeiro projeto de telhado verde no Brasil ocorreu em 1936, no prédio do MEC, construído por Roberto Burle Marx [...]”.

Telhado verde intensivo

Para o sistema de telhado verde intensivo a vegetação não é limitada, uma vez que, podem ser utilizadas plantas de grande porte, porém precisam de cuidados no dia-a-dia já que é propriamente dito, um jardim sobre a cobertura. Também para este tipo de cobertura é importante que seja feito a correta impermeabilização e drenagem, para que com o tempo não traga problemas a estrutura (JOBIM, 2013).

Este tipo de cobertura também necessita uma estrutura mais reforçada pelo peso das vegetações de grande porte, Screnski (2015).

Além das características citadas acima, a cobertura verde do tipo intensiva também pode ser dividida em acessível ou inacessível, o acessível representa o tipo de cobertura que pode ter a circulação de pessoas (que deve ser analisado antes da construção, para ser colocado essa carga adicional) geralmente é feito juntamente a esses tipos de construções áreas de lazer para seus consumidores, já o tipo inacessível o que não possui a circulação de pessoas (JOBIM, 2013).

A cobertura que utiliza plantas de pequeno porte é denominada de Telhado Verde extensivo. Neste tipo de cobertura é utilizado plantas mais rasteiras e que não necessitam de tanta água, assim, é indicado em regiões que não possui muita chuva no decorrer do ano, também este tipo de vegetação requer menor manutenção se comparado com o tipo intensivo, além das características anteriores, para a execução de telhado extensivo não requer muito substrato, uma vez que, estes tipos de vegetação não possui um grande enraizamento (MELO, 2017).

Assim, para o presente trabalho foi utilizado o telhado verde do tipo extensivo, uma vez que as vegetações são de pequeno porte: Grama Esmeralda que é muito utilizada no Brasil, de acordo com Santos (2012, p.8): “Do total da área cultivada no Brasil, cerca de 74% é de grama Esmeralda, 24% de grama São Carlos, 1,2% de grama bermudas e 0,8% de outros cultivares de gramas”, ela possui uma coloração verde médio e suas folhas tem textura média e fina, além destas características, esta grama pode conter variadas espessuras de 2,2 cm até 6 cm dependendo do local (SANTOS, 2012); Amendoim Forrageiro: Com nome científico de *Arachis Pintoi*, o Amendoim

Forageiro é uma leguminosa forrageira que pode possuir altura de 20 a 35 cm e possui uma vida longa, caules macios e maleáveis e que apresentam uma rápida forração, o que permite a proteção do solo (EMBRAPA Acre, 2019); Salsa/Salsinha: A salsinha como é popularmente conhecida é um condimento colocada em molhos, sopas, carnes, tortas salgadas, entre outros alimentos. Sua altura varia de 10 a 25 cm, mas pode chegar a medir até 75 cm de altura. É um tempero que se desenvolve principalmente em terrenos argiloso e gosta de temperaturas entre 10°C a 24°C e após 60-90 dias de plantio, ela já pode ser consumida (MATHIAS, 2018).

Assim, acima foram apresentados três tipos de vegetação distintas aonde cada uma possui características diferentes, lembrando que estes são apenas exemplos de vegetação de pequeno porte para telhado verde do tipo extensivo, mas existem chás, hortaliças, flores, suculentas e gramas de outros tipos que também podem estar sendo utilizadas no telhado verde extensivo.

Materiais e métodos

O trabalho foi realizado no interior da cidade de Itapiranga/SC, na comunidade de Dois Saltinhos na propriedade do autor.

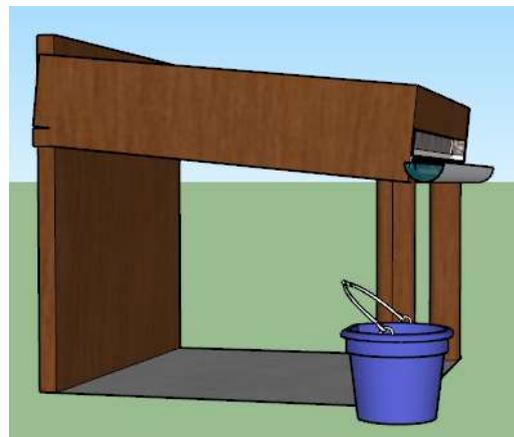
Para analisar o comportamento do escoamento da água da chuva para as vegetações de pequeno porte: Grama Esmeralda, Amendoim Forrageiro e Salsa/Salsinha foi executado três estruturas de madeira de Eucalipto e Pinus contendo 1 m² de área (Figura 1), com espaçamento entre as estruturas em torno de 15 cm e com altura do chão frontal de 64 cm e na altura posterior, 74 cm e a inclinação de 10%, utilizada para o melhor escoamento da água para o exterior da cobertura, também, ao redor de cada uma das estruturas foi feito o travamento com madeiras para que o telhado verde ficasse sobre o local desejado. As três estruturas foram executadas em lugar coberto para não ter interferência de chuva, porém o lugar era aberto para que a vegetação pudesse absorver luz e um pouco de radiação solar para sua sobrevivência.

Figura 1

Projeto 3D lateral do telhado verde.



Projeto 3D do telhado verde.



Fonte: Autores, 2021.

Para coletar a água que saíam de cada uma das estruturas, foi colocado uma calha em cada uma delas, com um caimento de 2% para um dos lados e na extremidade possuía um balde medidor para medir a quantia de água que saísse de cada telhado.

Os experimentos foram feitos de 30 de agosto de 2021 até 22 de outubro de 2021, sendo feito três dias por semana: Segundas, Quartas e Sextas, anotando questões de temperatura, vento, condição climática e o tempo de escoamento da água (Apêndice A). A quantia de água que era colocada cada vez sobre cada uma das estruturas era de 7,4 litros, assim, estes 7,4 litros de água representam 1 dia de precipitação se analisado com o mês que mais teve precipitação no município de Itapiranga-SC no ano de 2020, que foi no mês de outubro conforme o site Clima Tempo (2021).

Então, o experimento foi executado da seguinte maneira: nas segundas, quartas e sextas do período de dias mencionado acima, no horário das 10:00 horas da manhã, com a ajuda de um Anemômetro, era medido a velocidade do vento e a temperatura, além destes, era anotado a condição climática, isto tudo antes de iniciar cada experimento. Foi colocado uma vez em cada estrutura separadamente 7,4 litros

de água com um auxílio de um regador de jardim a uma altura média de 10 cm de altura da vegetação, tomando todo o cuidado para não colocar água fora do lugar que não fosse a cobertura verde. Assim, após esperados 5 minutos (medidos com o cronômetro do celular) se não houvesse saída de água neste período de tempo, era colocado mais 7,4 litros de água esperando mais 5 minutos, então, se iniciasse o escoamento dentro destes 5 minutos era deixado a estrutura expelir a água em excesso até as 15:00 horas, aonde era medido com um auxílio de uma pipeta a quantia de água que a estrutura havia escoado.

Assim, com o auxílio de um programa de tabelas, foram coletados os dados e anexados ao um arquivo para a comparação semanal entre as três estruturas, para analisar e compara o escoamento de água entre elas.

A seguir é apresentado como foi executado as três estruturas de madeira para a colocação do telhado verde.

A base do telhado verde para a colocação das camadas tinha a junção de pedaços de tábuas de madeira de 1 metro de comprimento que ficavam dispostos horizontalmente, um ao lado da outra até obter a largura de 1 metro. A quantia de tábuas de madeira utilizadas em cada telhado verde variava pelo fato das tábuas não possuírem a mesma largura, assim, ficava em torno de quatro tábuas no total de cada estrutura.

A estrutura do telhado verde contava com o travamento das barreiras para o melhor posicionamento da cobertura verde, tendo sua conclusão conforme figura 2.

Figura 2: Estrutura pronta para o recebimento das camadas.



Fonte: Autores, 2021.

Após as estruturas estarem prontas, foi iniciado a construção do telhado verde por camadas. Como não existe uma norma referente a execução do telhado verde a ser seguida pelo território brasileiro, a execução das camadas foi baseada no trabalho de Rodrigues e Cabral (2020) juntamente com referências citadas pelo presente trabalho. Assim, a primeira a impermeabilizante com a utilização de lona, camada esta responsável para não deixar a água infiltrar na estrutura.

Para a segunda camada foi utilizado sacos de adubos que não haviam mais utilidade esta camada serve para proteger a lona para que as raízes da vegetação não a estrague.

A terceira camada é a de drenagem, para esta foi utilizado brita nº 1 com uma altura de brita de 5 cm. Esta camada serve para drenar melhor a água.

A quarta camada serve para que o substrato fique na estrutura e não interpole com a água que cairá sobre o telhado verde. O material utilizado nesta camada foi a manta geotêxtil, que tem a função de delimitar até aonde possa estar o substrato.

O solo utilizado foi o que se encontra na comunidade de Dois Saltinhos no interior de Itapiranga/SC, é um solo do tipo argiloso e este compõe a quinta camada do telhado verde. A altura de solo utilizado em cada uma das camadas foi de 8 cm aproximadamente, sendo que em todas as estruturas foi utilizado o mesmo solo.

Por fim, a última camada corresponde a vegetação, assim, foi colocado em cada uma das três estruturas um tipo de vegetação (Figura 3), a Grama Esmeralda foi colocada em leiva, o Amendoim Forrageiro e a Salsinha foi plantado com mudas.

Figura 3

Telhado verde com
vegetação: Salsa.



Telhado verde com
vegetação: Grama



Esmeralda.

Telhado verde com
vegetação: Amendoim
forrageiro.



Fonte: Autores, 2021.

Os experimentos foram realizados da seguinte forma: inicialmente era medido com um balde medidor a quantia de 7,4 litros, após era colocado dentro de um regador de plantas normal, então, antes de iniciar o experimento era medido com a ajuda do anemômetro a velocidade do vento e a temperatura naquele local.

A colocação da água sobre a estrutura sempre era feita no sentido horizontal, da parte mais alta para a parte mais baixa da cobertura, sempre mantendo o regador de plantas a uma altura aproximada de 10 cm da vegetação. Após a colocação da água era cronometrado no celular os primeiros 5 minutos, se já houvesse saída de água nesse primeiro período, não era adicionado mais água, mas, se não houvesse saída de água, era colocado mais 7,4 litros.

Então, a água colocada passava por todas as camadas da estrutura até chegar a calha, que possuía um caimento de 2%, escoando a água até um balde.

Após este processo, a água ficava escoando em um balde até as 15:00 horas, então, a água era medida com a ajuda de uma proveta graduada, posteriormente anotado todos os dados.

Os materiais utilizados para o presente trabalho foram: madeira, trena, prumo, martelo, prego, motosserra, brita nº1, lona, manta geotêxtil, grama esmeralda,

amendoim forrageiro, salsinha, celular, notebook, programa de planilha, regador, água, calha, balde, solo, medidor de água (Proveta Graduada), medidor de velocidade do vento e temperatura (Anemômetro), caneta e ficha de anotação.

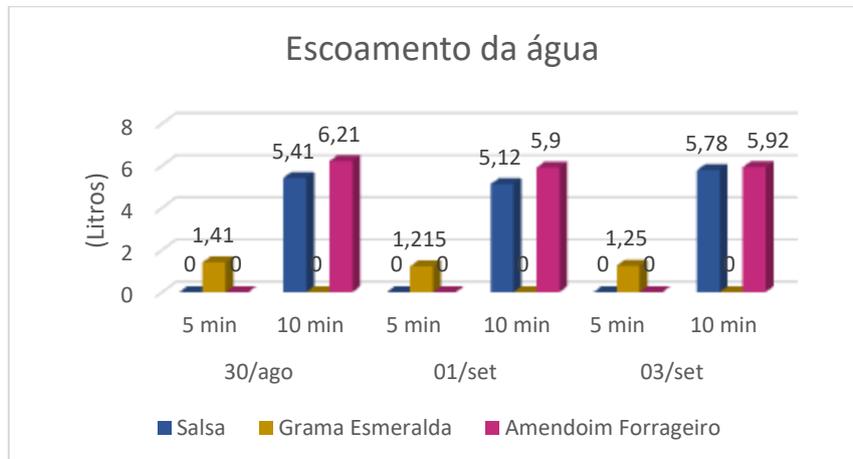
Resultados e discussão

Para apresentar os resultados obtidos é importante que seja levado em consideração algumas características, dessa maneira, cada dia que era realizado o experimento o telhado se encontrava seco, ou seja, pode-se 0% saturado, ao longo do experimento, ele ia se saturando até chegar a 100%, aonde se iniciava o escoamento da água para fora da estrutura.

É importante ressaltar que o comportamento do telhado verde pode variar de acordo com o tipo de solo utilizado e além disto, pode apresentar alterações conforme a altura e desenvolvimento da vegetação. Canabrava Neto *et al.* (2021, p. 130) também corrobora sobre algumas interferências que podem acontecer no telhado verde, “A dimensão dessa influência depende da espessura do substrato do solo, da dimensão do evento de precipitação ou distribuição de precipitação durante os períodos de estudo, da idade do telhado, da cobertura vegetal e da inclinação da superfície.”

Para uma melhor comparação dos resultados foi dividido os resultados em semanas, havendo um total de oito semanas. Assim, em cada gráfico é apresentado quanto de água que escoava da estrutura após sua saturação e a quantia de água retida na estrutura. Lembrando que no gráfico de escoamento da água, se nos primeiros 5 minutos não houve saída de água é por que ele suportou os primeiros 7,4 l de água e assim, para os próximos 5 minutos, quanto menor o valor de escoamento, maior será a quantia de água que ficou no telhado verde. O gráfico 1 representa o escoamento da primeira semana.

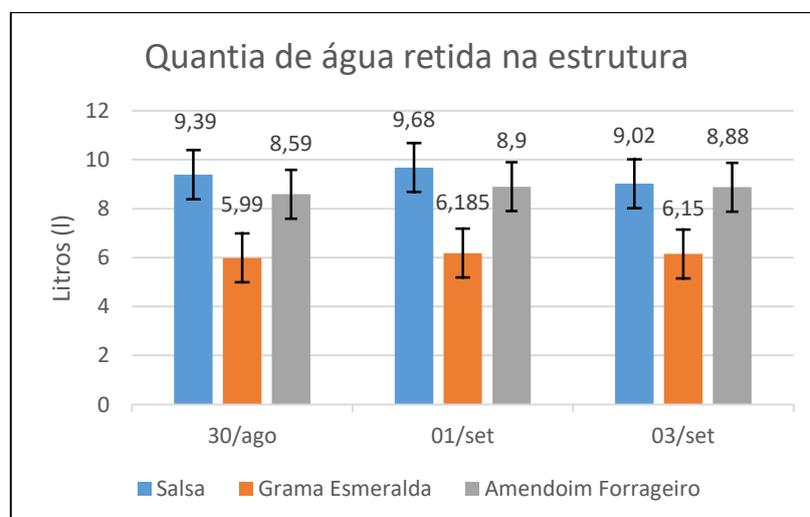
Gráfico 1: Resultado de escoamento – Primeira Semana



Fonte: Autores, 2021.

Analisando os resultados, a grama esmeralda foi a que menos suportou água, expelindo água para fora da estrutura já nos primeiros 5 minutos, já a salsa e o amendoim forrageiro só expulsaram a água de sua estrutura após 5 minutos. Assim, na primeira semana de acordo como o gráfico 2, o telhado verde que mais suportou água foi a salsa com uma média de 9,4 l com desvio padrão de 0,3 l, em sequência o amendoim forrageiro com uma média de 8,8 l com desvio padrão de 0,2 l e por último a grama esmeralda com 6,1 l com um desvio padrão de 0,1 l.

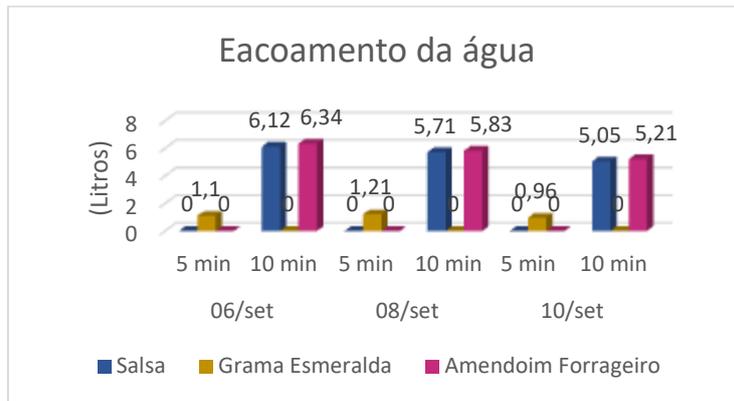
Gráfico 2: Quantia retida na estrutura- Primeira Semana



Fonte: Autores, 2021.

No gráfico 3 é apresentado os resultados de escoamento referentes a segunda semana de experimento.

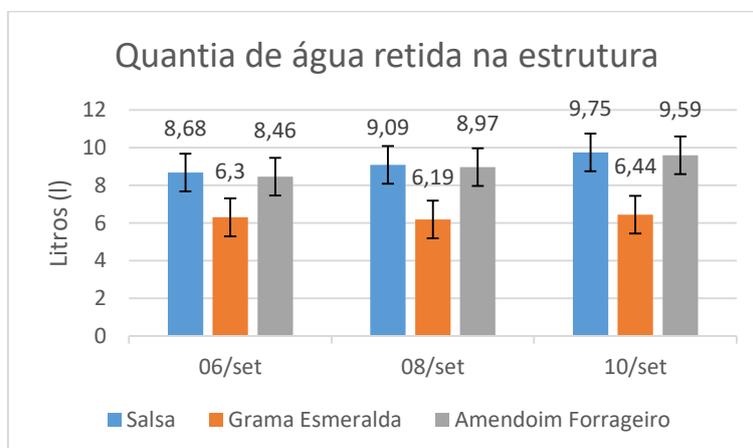
Gráfico 3: Resultado do escoamento – Segunda semana



Fonte: Autores, 2021.

Ao analisar a segunda semana é possível observar que a grama esmeralda apesar de já apresentar escoamento nos primeiros 5 minutos, ela já possui um melhoramento na questão de retenção de água, obtendo uma média de retenção de 6,3 l e desvio padrão de 0,12 l. Também o amendoim forrageiro e salsa ficam praticamente juntos não havendo tanta diferença entre estes telhados verdes, a salsa ficando com uma média de retenção de 9,17 l com desvio padrão de 0,53 l e o amendoim forrageiro de 9,0 l com desvio padrão de 0,56 l. Assim, o gráfico 4 apresenta a quantia de água retida em cada uma das estruturas.

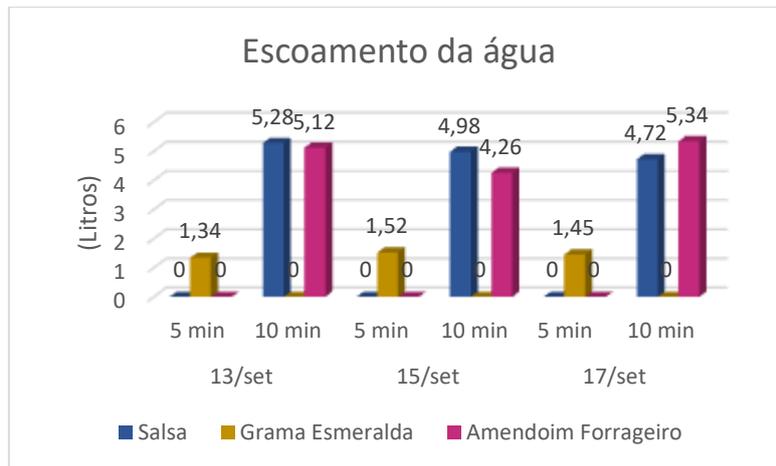
Gráfico 4: Quantia retida na estrutura- Segunda Semana



Fonte: Autores, 2021.

A terceira semana já apresentou um melhor resultado para as vegetações de salsa e amendoim forrageiro de acordo com a gráfico 5:

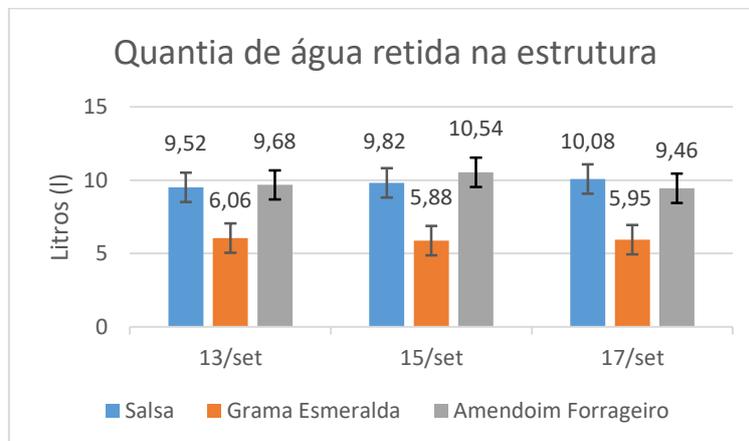
Gráfico 5: Resultado do escoamento – Terceira semana



Fonte: Autores, 2021.

Dessa forma, na terceira semana a grama esmeralda ficou com uma média de quantia de água retida na estrutura (Gráfico 6) de 5,96 l com desvio padrão de 0,09 l, sendo a menor média se comparada as duas semanas anteriores, isso deve ao fato de ter sido cortada neste período de dias. A salsa ficou com uma média de 9,80 l com desvio padrão de 0,28 l e o amendoim forrageiro 9,89 l passando um pouco pela média da salsa, porém com um desvio padrão de 0,57 l.

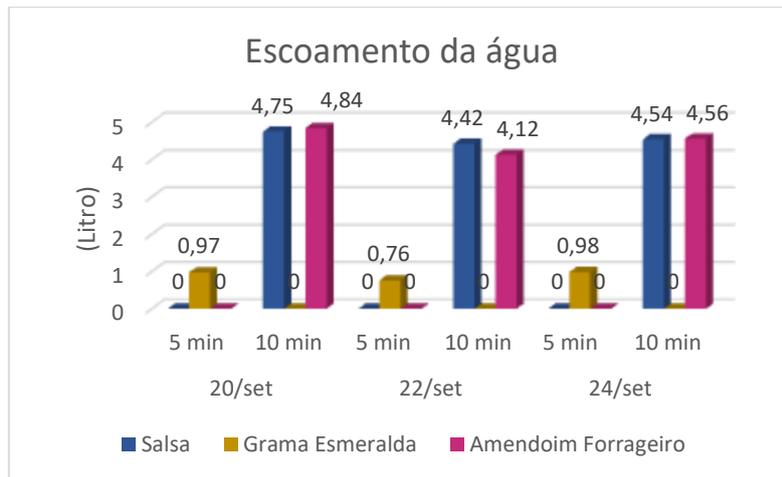
Gráfico 6: Quantia retida na estrutura- Terceira Semana



Fonte: Autores, 2021.

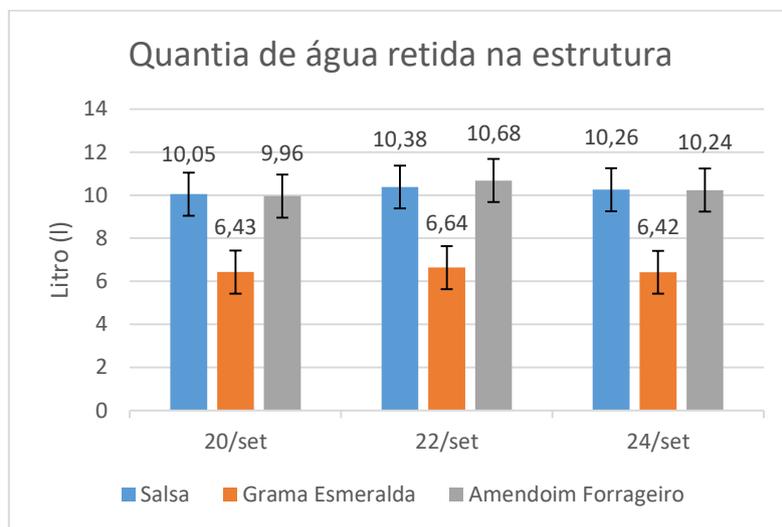
A quarta semana possuiu um valor de escoamento e retenção de água conforme os gráficos 7 e 8 abaixo:

Gráfico 7: Resultado do escoamento – Quarta semana



Fonte: Autores, 2021

Gráfico 8: Quantia retida na estrutura- Quarta Semana



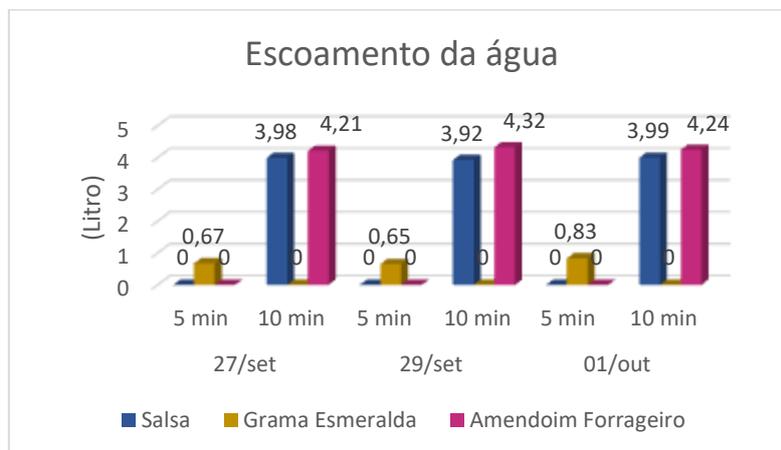
Fonte: Autores, 2021.

Observando os dados dos gráficos acima é possível observar que na quarta semana as médias de retenção de água nos telhados verdes forma de: Salsa 10,23 l

desvio padrão de 0,16 l, amendoim forrageiro 10,29 l com desvio padrão de 0,36 l e grama esmeralda ficando para trás com média de 6,49 l e desvio padrão de 0,12 l.

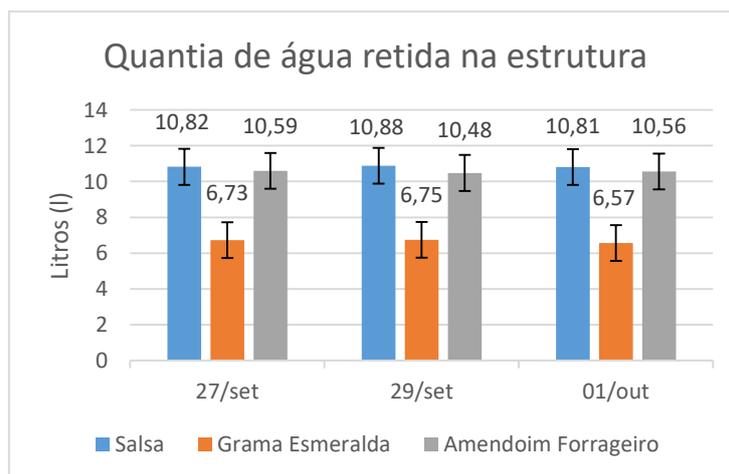
A quita semana obteve os resultados de escoamento conforme os gráficos 9 e 10:

Gráfico 9: Resultado do escoamento – Quinta semana



Fonte: Autores, 2021.

Gráfico 10: Quantia retida na estrutura- Quinta Semana



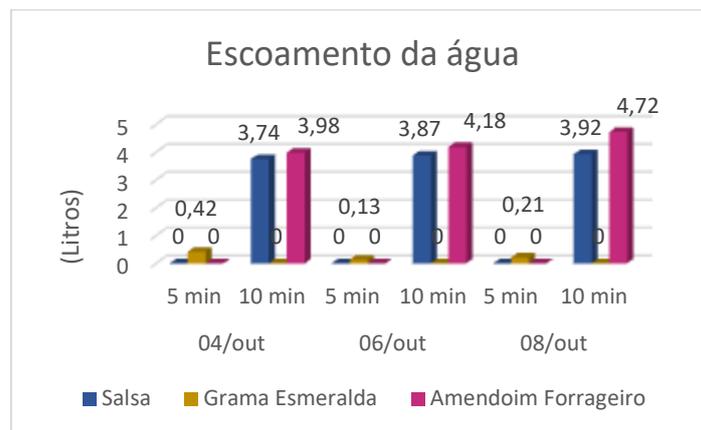
Fonte: Autores, 2021.

Assim, analisando os dados da quinta semana de experimento, a grama esmeralda ficou com uma média de retenção de água na estrutura de 6,68 l e um

desvio padrão de 0,09 l, a salsa com média de 10,83 l com desvio padrão de 0,37 l e o amendoim forrageiro com 10,54 l com desvio padrão de 0,56 l.

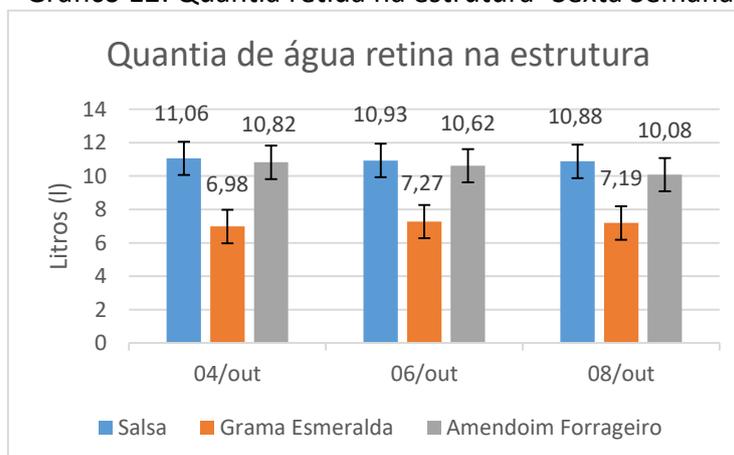
Abaixo, nos gráficos 11 e 12 são apresentados os dados de escoamento e retenção de água na estrutura referente à sexta semana.

Gráfico 11: Resultado do escoamento – Sexta semana



Fonte: Autores, 2021.

Gráfico 12: Quantia retida na estrutura- Sexta Semana



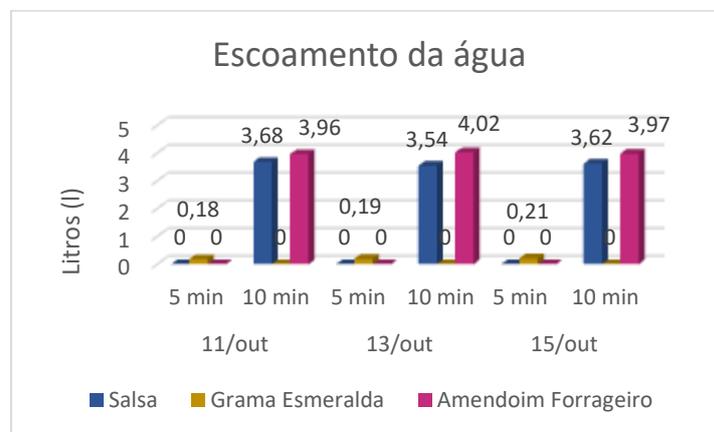
Fonte: Autores, 2021.

Ao ver os dois gráficos acima, pode-se observar que foi a primeira semana que a grama esmeralda ficou mais perto de aguentar um dia equivalente aos 7,4 l de precipitação, ficando com uma medida de água retida na estrutura de 7,14 l, com um desvio padrão de 0,15 l, este valor pode ter aumentado pelo desenvolvimento da vegetação com o passar dos dias. E por fim, a salsa e o amendoim forrageiro ficaram

basicamente na mesma média de água retida no telhado verde, 10,95 l, com desvio padrão de 0,09 l e 10,50 l com desvio padrão de 0,38 l respectivamente.

Na sétima semana a grama esmeralda ficou com uma média parecida com a da sexta semana, com um valor total de 7,20 l e desvio padrão menor, 0,01 l como é apresentado nos gráficos 13 e 14 abaixo:

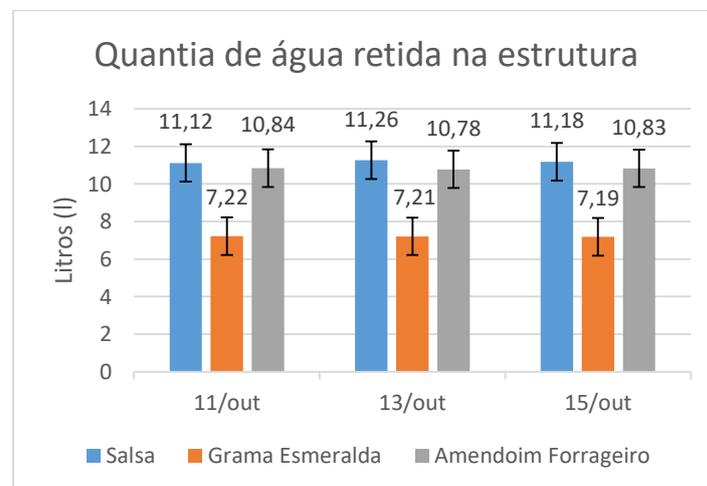
Gráfico 13: Resultado do escoamento – Sétima semana



Fonte: Autores, 2021.

A salsa na sétima semana teve um aumento na capacidade de retenção de água, tendo uma média de 11,18 l e desvio padrão de 0,07 l, por sua vez, o amendoim forrageiro teve também um pequeno aumento, obtendo uma média de 10,81 l e desvio padrão de 0,03 l.

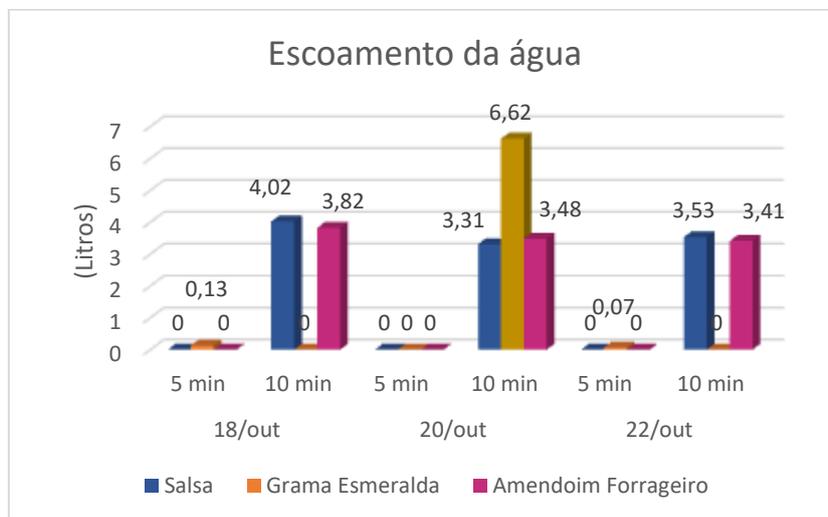
Gráfico 14: Quantia retida na estrutura- Sétima Semana



Fonte: Autores, 2021.

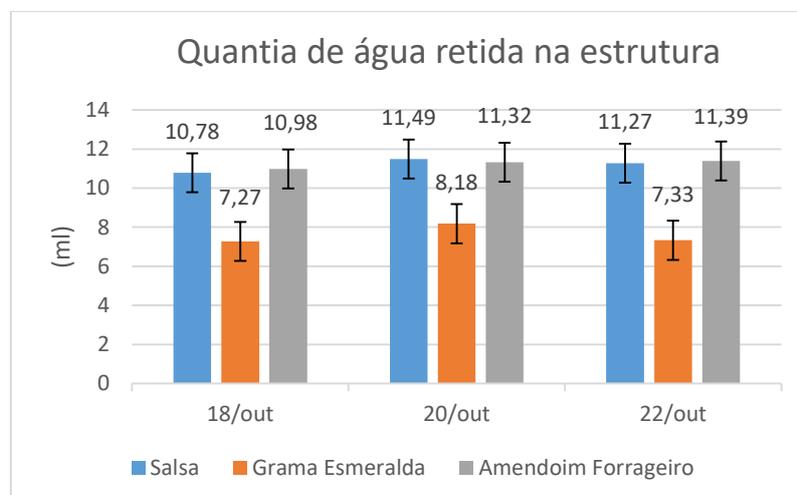
E por fim, se chegou na última semana, a oitava, aonde no segundo dia de medição da semana a grama esmeralda conseguiu suportar o equivalente de um dia de precipitação (7,4 litros) como apresentado no gráfico 15 e consequentemente aumento um pouco a sua capacidade de retenção de água na estrutura, conforme gráfico 16.

Gráfico 15: Resultado do escoamento – Oitava semana



Fonte: Autores, 2021.

Gráfico 16: Quantia retida na estrutura- Oitava Semana

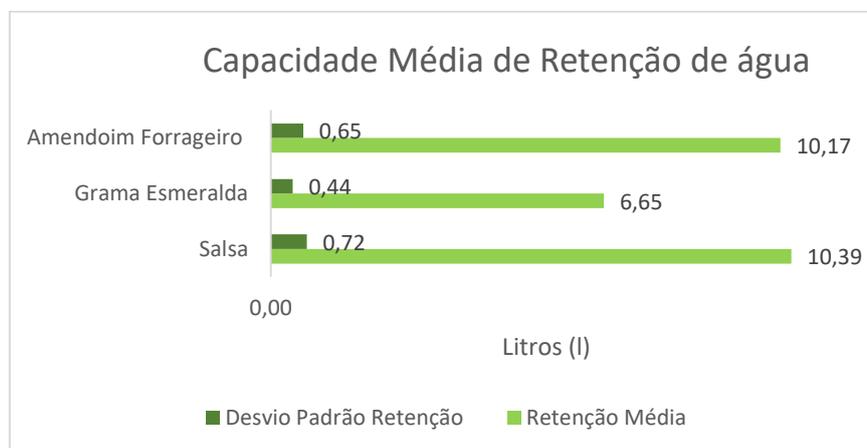


Fonte: Autores, 2021.

Dessa maneira, a média de retenção de água nos telhados verdes da oitava semana ficou da seguinte maneira: para a grama esmeralda ficou em 7,59 l com desvio padrão de 0,50 l, a salsa com média de 11,18 l e desvio padrão de 0,36 l e o amendoim forrageiro com 11,23 l e desvio padrão de 0,21 l.

Em seguida (Gráfico 17) é apresentado o valor total médio de capacidade de retenção de água em cada um dos telhados verdes.

Gráfico 17: Resultado de retenção de água – Média Final



Fonte: Autores, 2021.

Ao analisar o gráfico acima é possível visualizar que a vegetação que teve melhor desempenho na questão de retenção de água na estrutura foi a salsa com 10,39 l de média, em seguida o amendoim forrageiro com média de 10,17 l e por último a grama esmeralda com média de 6,65 l. Estes valores podem estar variando conforme a localidade do experimento, as condições climáticas, a velocidade do vento, o tipo de solo utilizado, a metodologia empregada no trabalho e a intensidade de colocação de água sobre a vegetação.

Considerando as capacidades médias de retenções obtidas durante o período de experimento é possível calcular o coeficiente de escoamento superficial (C) (Equação 1), Tassi *et al* (2014, p. 146) comenta sobre valores obtidos em resultados do escoamento superficial (C), “[...] baixos valores de C indicam que uma maior parcela

de chuva fica retida no telhado (alta eficiência), enquanto valores elevados demonstram que praticamente toda a precipitação é escoada (baixa eficiência). ”

(1)

$$C = \frac{V_{\text{escoado}}}{V_{\text{precipitado}}}$$

Aonde:

C: Escoamento superficial (Adimensional)

V escoado: Volume de água que saiu do telhado verde (ml)

V precipitado: Volume de água que foi colocado sobre o telhado verde (ml)

Assim, em seguida pode-se observar a Tabela 1 aonde se encontra os valores de escoamento superficial C, ao subtrair a quantia média de retenção de água (gráfico 17) pelo volume precipitado, obtém-se o valor médio escoado (coluna 2 da tabela abaixo).

Tabela 1: Coeficiente do escoamento superficial (C).

Coeficiente de Escoamento Superficial (C)			
<i>Vegetação</i>	<i>Escoado (ml)</i>	<i>Precipitado (ml)</i>	<i>Coeficiente (C)</i>
Salsa	4,4	14,8	0,30
Amendoim Forrageiro	4,62	14,8	0,31
Gramma Esmeralda	8,14	14,8	0,55

Fonte: Autores, 2021.

Analisando os resultados da Tabela 1 é possível observar que a salsa teve o menor média de escoamento superficial, isto significa que ela teve um melhor desempenho na questão de retenção de água pois pouca água saía da estrutura, a segundo melhor resultado foi o do Amendoim Forrageiro e por último a Gramma Esmeralda.

Ao observar a tabela abaixo (Tabela 2) é possível identificar a velocidade média do vento e a temperatura média de cada semana. Estas questões foram anotadas pela questão de poder gerar dúvidas referente a quantia de água escoada/retida nas estruturas. Assim, ao constatar que na sétima semana houve a maior velocidade de

vento e na quinta semana teve a maior temperatura média, é possível afirmar que estes fatores não tiveram tanta influência sobre os telhados verdes, uma vez que, as estruturas estavam em lugar coberto, com pouca incidência de sol e vento.

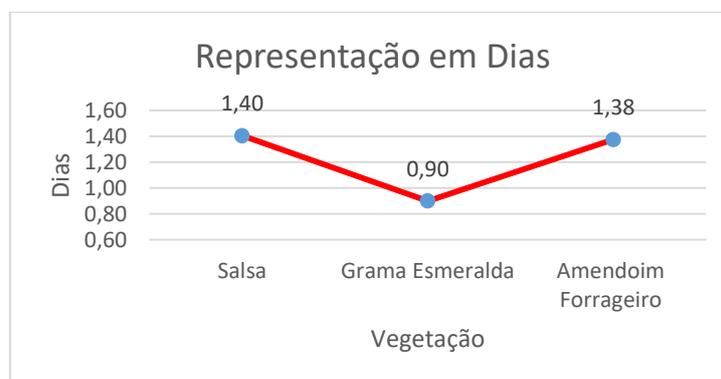
Tabela 2: Fatores de Influência

<i>Fatores de Interferência</i>		
Semana	Velocidade do vento média (m/s)	Temperatura média (°C)
Primeira	1,46	23,9
Segunda	1,93	20
Terceira	1,13	17,9
Quarta	1,33	22,5
Quinta	1,73	24
Sexta	1,43	20,2
Sétima	3,76	21,6
Oitava	0,9	19,7

Fonte: Autores, 2021.

Contudo, a representação em dias que estes telhados verdes estariam suportando em média, em uma precipitação diária de 7,4 l está representado no gráfico 18, lembrando que para o experimento, a quantia total de água (7,4 l) era colocada sobre a estrutura em um período de tempo em torno de 5 minutos, dessa maneira, não acontece que tenha uma precipitação tão intensa em tão pouco tempo, assim é possível dizer que as vegetações tem a capacidade de reter mais quantia de água pois ela se propaga por um maior intervalo de tempo.

Gráfico 18: Retenção de água (representação em dias)



Fonte: Autores, 2021.

Dessa maneira, analisando o gráfico acima, o amendoim forrageiro e a salsa conseguiriam suportar 1 dia e mais 9 horas de precipitação, já a grama esmeralda, suportaria 21 horas de precipitação, se levar em conta os dados obtidos no experimento.

Porém, existe alguns problemas na utilização deste tipo de cobertura, ela necessita de muita manutenção e cuidados. O amendoim forrageiro não aderiu muito bem a esta quantia de água e com tanta frequência, sendo necessário a cada duas semanas recolocar mudas sobre a estrutura, dessa forma, este tipo de vegetação estaria mais propicio em lugares que não possui muita incidência de precipitações. A salsa por sua vez, não fechou completamente o solo e precisou de adubação para se desenvolver, ou seja, ao executar este tipo de cobertura verde é importante que possua fácil acesso para a manutenção para assim ter uma boa experiência com vegetações deste tipo. Por fim, a grama esmeralda foi a que teve o melhor desempenho na questão com cuidados, uma vez que, ela só precisou ser aparada uma vez (dia 8 de setembro) durante o período do experimento, além disto, ela não necessita de tantos cuidados, sendo mais fácil e prático a sua utilização em telhados verdes.

Apesar da grama esmeralda não ter tido um desempenho tão bom quanto aos outros dois tipos de vegetação utilizados, ela ainda se torna eficiente se comparar a uma telha de fibrocimento, Rodrigues e Cabral (2020, p. 25) também fizeram um trabalho comparando o Telhado Verde com a telha de fibrocimento, obtendo os seguintes resultados, conforme a figura 4.

Figura 4: Resultados do trabalho de Rodrigues e Cabral (2020)

	Telha de Fibrocimento	Telhado Verde
Teste 1	1 litro / 750 ml	1 litro / 200ml
Teste 2	1 litro / 800 ml	1 litro / 350ml
Teste 3	1 litro / 900 ml	1 litro / 400ml

Fonte: Rodrigues e Cabral, 2020.

Assim, o valor de diferença do escoamento do telhado verde pode-se dar pelo fato do método empregado para a realização do teste, a localidade e o solo, porém se observar a telha de fibrocimento, em apenas 1 litro de água, ela escoou 750 ml, ou seja, 75% da precipitação que cai sobre a telha de fibrocimento é escoada para fora da estrutura.

Outro trabalho que pode ser comparado é o de Bonsere (2019) realizado na cidade de Toleno/PR, o autor executou três estruturas de telhado verde com área útil de 0,64 m² com três inclinações diferentes (2%, 20% e 30%), tendo basicamente as mesmas camadas que o presente trabalho, Bonsere (2019) utilizou 65% de substrato e 35% de solo argiloso e em cada um dos três telhados foi utilizado a vegetação de grama esmeralda. Além disto, Bonsere (2019) também fez o experimento com a telha de fibrocimento, colocando sobre ela uma quantidade de 12,5 litros de água e em cada telhado verde uma quantidade de 8 litros de água.

Contudo, Bonsere (2019, p. 48) apresenta uma tabela (Figura 5) do coeficiente de escoamento superficial (C), resultados estes obtidos em seu trabalho, lembrando que o escoamento superficial varia de acordo com a quantidade de precipitação.

Figura 5: Resultado do Trabalho de Bonsere (2019).

Ensaio	Coeficiente de Escoamento Superficial (C)			
	Inclinação 2%	Inclinação 20%	Inclinação 30%	Telha de Fibrocimento
01	0,605	0,595	0,648	0,942
02	0,750	0,730	0,747	0,951
03	0,708	0,626	0,650	0,941
04	0,490	0,425	0,460	0,940

Fonte: Bonsere, 2019.

Pode-se observar que no trabalho de Bonsere (2019, p. 50) o telhado verde também teve um melhor desempenho do que a telha de fibrocimento, “De modo geral os módulos de telhado verde proporcionaram reduções no escoamento de variaram de 25 a 57,5%”.

Considerações Finais

Inicialmente havia a certeza que o Telhado Verde era sim, capaz de reter água na sua estrutura por mais tempo, ajudando assim no escoamento superficial, porém havia a incerteza sobre o tipo de vegetação ideal para este tipo de estrutura e como ela se comportaria na questão do escoamento.

Com base nos resultados obtidos é possível provar que o Telhado Verde extensivo é sim um regulador de enchentes instantâneas, principalmente em cidades com problemas de escoamento superficial das chuvas. Além disso, ele trouxe resultados satisfatórios, uma vez que, não era esperado tanta capacidade de retenção de água com uma inclinação de 10%.

Com os dados apresentados, pode-se concluir que, com o tipo de solo e metodologia utilizada, na cidade de Itapiranga Santa Catarina, se comparar as vegetações utilizadas no presente trabalho, as plantas que tiveram melhor desempenho foi a salsa, com capacidade de retenção aproximada de 70%, o amendoim forrageiro com 69% e por último a grama esmeralda com 45%.

Assim, ao comprovar a eficiência do telhado verde na questão de retenção de água da chuva, é importante que seja ainda mais estudado este tipo de cobertura, pois além de ser um regulador de enchentes e alagamentos ele é considerado sustentável, assim, com mais estudos ele vem ganhando espaço na sociedade incentivando a criação de legislações sobre o seu uso como cobertura.

Ao findar deste, para uma abordagem futura, seria de extrema importância realizar este experimento com outros tipos de vegetação ou até mesmo vegetações de maior porte (telhado verde intensivo).

Referências

ALBERTO, E. Z. *et al.* **Estudo do telhado verde nas construções sustentáveis.** in: XII safety, health and environment world congress, 12. São Paulo. Shewc, 2012. p. 171-173.

BONSERE, P. L. **Utilização do telhado verde como parte integrante do sistema de drenagem urbana na cidade de toledo/pr**. 2019. 62 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo/PR, 2019.

CORRÊA, L. R. **Sustentabilidade na construção civil**. 2009. 70 f. Monografia (Especialização) - Curso de Escola de Engenharia UFMG, Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia UFMG, Belo Horizonte, 2009.

DILLY, D. P. A. **Tratado sobre o sistema de telhado verde extensivo para coberturas planas em edificações de pequeno e médio porte**. 2016. 97 f. Monografia (Especialização) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade do Vale do Rio dos Sinos -UNISINOS, São Leopoldo, 2016.

EMBRAPA ACRE. **Amendoim Forrageiro cv. BRS Mandobi**. *Soluções Tecnológicas*. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/6188/amendoim-forrageiro-cv-brs-mandobi>. Acesso em: 20 jul. 2021.

JESUS, L. M. S. de. **Telhado verde “revisão bibliográfica”**. 2018. 44 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciência Exatas e Tecnológicas., Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas - BA, 2018.

JOBIM, A. L. **Diferentes tipos de telhados verdes no controle quantitativo da água pluvial**. 2013. 75 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria -RS, 2013.

MATHIAS, J. **Como Plantar Salsinha**. Revista Online Globo Rural, 2018. Disponível em: <https://revistagloborural.globo.com/vida-na-fazenda/como-plantar/noticia/2018/11/salsinha.html>. Acesso em: 20 jul. 2021.

MELO, P.H. A. de. **Telhado verde uma alternativa para construções sustentáveis: análise comparativa com telhados de cerâmica e fibrocimento**. 2017. 45 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário – CESMAC, Maceió - Al, 2017.

REBOLLAR, N. A. P. *et al* (Org.). **Telhados Verdes: uma abordagem multidisciplinar**. Florianópolis: Ledix, 2017. Supervisão de: Larisa Hemkemeier Webber de Mello.

RODRIGUES, B. V; CABRAL, R. P. S. **Telhado Verde: Análise comparativa entre Telhado Verde e Telhas de Fibrocimento**. 2020. 33 f. TCC (Graduação), Publicação ENC. PF-001A/10, Curso de Engenharia Civil, FACEG – Faculdade Evangélica De Goianésia, GO, 2020.

SANTOS, A. J. M. **Características físicas do solo e produção de tapetes de grama esmeralda em função de manejos mecanizados**. 2012. 71 f. Tese (Doutorado) - Curso de Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Botucatu- SP, 2012.

SANTOS, P. T. da S. *et al.* **Telhado verde: desempenho do sistema construtivo na redução do escoamento superficial**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 13, n. 1, p. 161-174, jan./mar. 2013.

SCRENSKI, A. J. **Viabilidade do telhado verde como instrumento de redução de emissões de carbono**. 2015. 32 f. Tese (Doutorado) - Curso de Curso de Especialização em Projetos Sustentáveis, Mudanças Climáticas e Gestão Corporativa de Carbono, Universidade Federal do Paraná, Curitiba - PR, 2015.

TASSI, R. *et al.* **Telhado verde: uma alternativa sustentável para a gestão das águas pluviais**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 14, n. 1, p. 139-154, jan./mar. 2014. ISSN 1678-8621.