

TELHADO VERDE: REDUÇÃO E RETARDO DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL

Jefferson da Costa¹, Anderson Costa² e Cristiano Poletto³

Resumo: Após a década de 70, no Brasil, houve uma grande migração da população do campo para a cidade, resultando em um crescimento exponencial dos centros urbanos. Este processo de urbanização acelerado e não planejado resultou em mudanças nas condições naturais das bacias hidrográficas, diminuindo a permeabilidade dessas áreas, havendo assim, uma redução na infiltração da água precipitada, acarretando em um aumento acentuado no escoamento superficial de águas pluviais gerando inúmeros problemas ambientais como inundações e erosões. No intuito de minimizar os picos de hidrogramas de cheias e sua distribuição temporal das vazões, o estudo utilizou-se de um protótipo de telhado no qual se realizaram simulações de chuva e captação de dados em diferentes superfícies, lisa (telhado comum), rugosa (composto de isopor, cimento e água) e vegetada (telhado verde). Os resultados demonstraram que as coberturas que apresentam obstáculos como a rugosa e a vegetada, são mais eficientes na redução e retardo do escoamento superficial. Desta forma, o telhado verde torna-se importante para regiões que sofrem com inundações, ajudando a reduzir a demanda dos sistemas convencionais de drenagem urbana.

Palavras-chave: Sistemas sustentáveis. Hidrologia urbana. Águas pluviais.

1 Introdução

O Brasil, assim como muitos países, já possuiu sua população mais concentrada na região rural do que na urbana. No entanto, após a década de 70, houve uma migração da população do campo para a cidade devido ao novo modelo de produção agrícola. Esse episódio resultou em um crescimento exponencial dos centros urbanos. Este processo acelerado e não planejado de urbanização resultou em mudanças nas condições naturais das bacias hidrográficas.

Com a urbanização, devido principalmente às facilidades oferecidas pelas cidades em relação a equipamentos e serviços, surgiram novas obras de engenharia, tais como edificações, pavimentação de ruas, calçadas e a consequente remoção da cobertura vegetal original do ambiente, o que ocasionou uma mudança na permeabilidade natural destas áreas. Devido a esta impermeabilização, houve uma redução na infiltração da água precipitada, acarretando em um aumento acentuado no escoamento superficial de águas pluviais. Segundo Silveira (2002), isso acarreta em maior volume de água para drenagem, acelerando os escoamentos,

favorecendo o acúmulo de água em pontos de saturação, provocando inundações nestes locais.

As alterações ambientais causadas pela urbanização também podem ser observadas na mudança da curva do hidrograma original do ciclo hidrológico para uma bacia natural. A U.S. Geological Survey (2003) compara, em bacias similares, os efeitos no ciclo hidrológico de uma tempestade em um riacho de uma zona urbana (*Mercer Creek*) e de uma zona rural próxima (*Newaukum Creek*) (Figura 1). *Mercer Creek* tem seu pico de vazão mais intenso e antecipado, quando comparado com *Newaukum Creek*, que se assemelha ao ciclo natural. Assim, observa-se nas zonas urbanas o aumento da vazão máxima, a antecipação do tempo do pico do escoamento superficial, bem como do seu volume.

A presença de picos de vazão tem resultado em um aumento de frequência e gravidade de inundações, além da intensificação dos processos erosivos com aumento da produção, transporte e deposição de sedimentos. Impactos como estes afetam diretamente a qualidade dos corpos d'água destas bacias hidrográficas.

Neste contexto, observa-se que o

¹ E-mail: Jefferson.cvel@yahoo.com.br

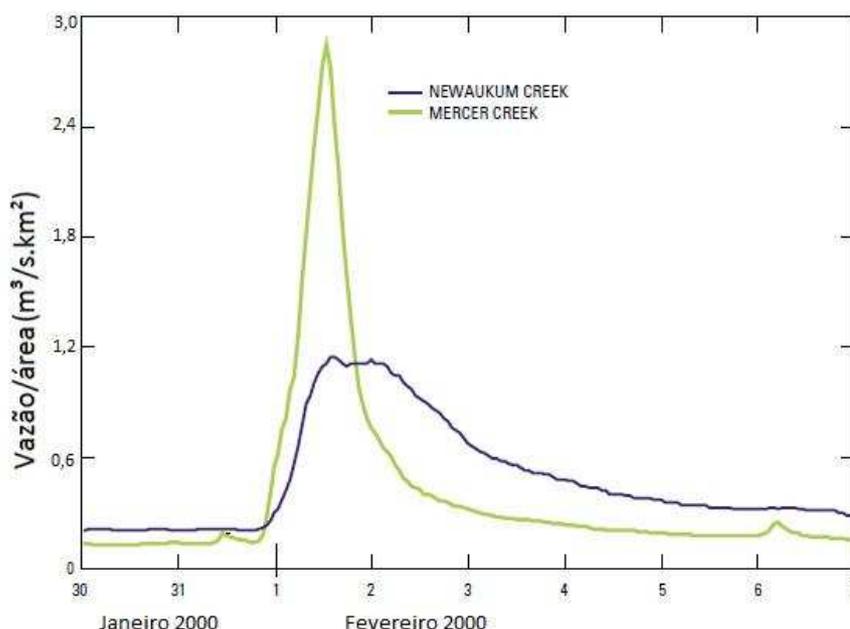
² E-mail: andeer_costa@hotmail.com

³ E-mail: poletto@utfpr.edu.br

sistema convencional de drenagem de águas pluviais teve como princípio a condução rápida destas para a jusante, um conceito higiênico-sanitário, cujo objetivo era preservar a saúde da população e acabar com qualquer transtorno que essas águas poderiam causar. No entanto, com esses problemas, foi sendo adicionada ao sistema

de drenagem uma visão ambientalista, buscando-se minimizar os impactos antropogênicos gerados buscando-se manter as características naturais da bacia (escoamento, vazão, permeabilidade, evapotranspiração, bloqueios naturais, entre outros) (POLETO, 2011a).

Figura 1 - Vazões em Bacias Hidrográficas com características fisiográficas similares, mas com diferentes usos do solo (urbana e rural)



Adaptado de U.S. Geological Survey (2003)

Com este novo conceito ambientalista surgiram os Sistemas de Drenagem Sustentável, que contrariavam o princípio de rápido escoamento. Será abordado neste contexto um tipo de SUDS (Sistemas Sustentáveis de Drenagem Urbana) que propõe o aumento da infiltração do solo, a melhoria no equilíbrio do ciclo hidrológico e o incentivo ao uso sustentável da água (POLETO, 2011a). De acordo com Souza (2005), ganhos paisagísticos, ambientais e econômicos reforçam as vantagens apresentadas por este conceito de tratamento da drenagem urbana, controlando não somente o pico, mas também o volume, frequência e duração da cheia, além da qualidade do escoamento.

A proposta de alternativas sustentáveis para amenizar esses impactos, beneficia diretamente o usuário que implementa essas ações e, também, toda a população que interage ou está conectada indiretamente com a bacia. Há tanto um benefício econômico (aproveitamento do

volume de chuvas e redução da temperatura local), social (redução de áreas alagadas) e do ambiental com a redução dos processos erosivos e, conseqüentemente, dos processos de assoreamento e de degradação dos corpos d'água.

2 Objetivos

Visto que as enchentes causam diversos prejuízos, tanto ambientais como sociais, esse trabalho teve como objetivo contribuir, por meio de recursos da engenharia civil e dando ênfase na ciência hidrológica, para a redução e sensibilização acerca de impactos ambientais causados pela impermeabilização do solo devido ao processo acelerado e não planejado de urbanização. Propôs-se, assim, a implantação de alternativas sustentáveis como o retardo e redução do escoamento superficial colaborando-se, conseqüentemente, com a redução dos

problemas de enchentes, dos processos erosivos em centros urbanos, das alterações na morfologia das calhas fluviais e, por conseguinte, minimizando os problemas de degradação dos corpos d'água superficiais e subsuperficiais.

3 Metodologia

Este estudo foi realizado no campus da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, no município de Toledo - Paraná, Brasil. Para a realização dos estudos de escoamento, montou-se um protótipo de um telhado (1,22 x 1,22 m) que consistiu de uma placa de madeira compensada resinada (Madeirit®) com uma inclinação de cerca de 12%, apoiado em três (3) palanques (dois de 1 metro e um de 1,12 metros) de sustentação (madeira) (Figura 2). Esta estrutura é impermeável, já que não é de interesse a perda de água através do sistema, tornando a estrutura mais confiável para os testes, assim como representa a impermeabilidade dos telhados. Foi feito um reforço da impermeabilização da estrutura com a adição de Neutrol®, mesmo apesar de se utilizar a placa de madeira já impermeabilizada.

Figura 2 - Protótipo de telhado convencional da primeira etapa de testes (sem a calha e o coletor)



Inicialmente foram realizados testes no protótipo, sem vegetação, para obtenção de dados comparativos entre as diferentes

coberturas do sistema. Estes testes consistiram em simulações de chuvas através de dois regadores com vazões muito próximas e contínuas (aproximadamente 86 ml s⁻¹) somando-se 20 litros de água em cada teste.

Foi monitorado a cada 5 segundos o volume de água recolhido no coletor através da calha a fim de se obter a vazão em função do tempo.

Esta mesma simulação foi feita com um material bruto fabricado com uma mistura de isopor em diferentes granulometrias, cimento e água, cuja consistência ficou muito próxima de uma pasta. Para a elaboração de uma placa de 1,22 x 1,22 m, utilizou-se uma folha de isopor (1000 mm comprimento x 500 mm largura x 25 mm altura), 500g de cimento e cerca de 1000 ml de água. Esta mistura foi colocada sobre a placa de compensado para gerar uma superfície rugosa e porosa (aproximadamente 0,08 m de altura) para auxiliar na retenção e na redução do escoamento superficial e na sua velocidade.

O cimento, juntamente com o isopor picado, gerou uma superfície irregular que auxilia na retenção da água, formando pequenas cavidades que armazenam a água, tornando-a mais disponível para a planta e ajudando a vegetação a se fixar. Esses obstáculos gerados pelo conjunto auxiliam no retardo do escoamento superficial, exigindo um tempo maior para a água percorrer a superfície do telhado até ser lançada ao sistema de drenagem. A escolha do isopor para esse sistema é devido a sua boa trabalhabilidade e, por ser um material leve, não aumentando consideravelmente a carga sobre o telhado. A Figura 3 mostra a irregularidade da superfície gerada pela adição de isopor à massa de cimento.

Figura 3 - Obstáculos gerados pelo isopor e o cimento sob a vegetação



Após o segundo teste, utilizando-se das mesmas condições dos outros testes realizados, uma terceira simulação foi feita com vegetação, grama esmeralda (*Zoysia japônica*) de porte baixo sobre uma camada de solo, do tipo Latossolo, de aproximadamente 0,04 m sobre a mistura de isopor e cimento do protótipo (Figura 4). Com este experimento foi possível fazer um comparativo com os testes anteriores, fornecendo dados para futuros estudos sobre os tipos de rugosidade e materiais base para telhados verdes.

A Figura 5 indica as camadas do protótipo com grama e a mistura de isopor e cimento, que formam a região de percolação das águas das chuvas e superfície de escoamento.

Figura 4 - Protótipo do telhado com vegetação (grama) e uma mistura de isopor triturado com cimento (base)



Figura 5 – Camadas de percolação das águas das chuvas no protótipo



Após esta primeira etapa de testes, os dados obtidos foram analisados e novos testes foram realizados com um novo protótipo feito com a mesma placa dos estudos anteriores. Montou-se uma nova estrutura, dessa vez com quatro apoios que permitiam o transporte dela para a realização de testes na sombra, pois se decidiu eliminar a variável radiação solar que pode interferir

nos resultados, já que ela aumenta a temperatura da superfície do telhado, consequentemente aumentando a evaporação. Assim, dados mais precisos foram obtidos, pois na maioria dos eventos chuvosos não há a presença de uma grande intensidade de raios solares. Desse modo, os testes seguintes foram realizados na sombra, não dependendo assim, do clima.

Esse novo protótipo apresentou uma inclinação de 15%. A diferença de inclinação do segundo protótipo de testes não influencia nos resultados, já que o que está sendo comparado é a vazão das diferentes coberturas com a mesma inclinação, sem cruzar dados das etapas. Buscou-se a menor perda possível de água através da calha tornando-a mais eficiente, melhorando assim a confiabilidade dos dados obtidos. Esses testes foram realizados 5 vezes com cada tipo de superfície, obtendo uma média da vazão.

Nos testes com a vegetação utilizou-se uma rede fina de nylon (1,30 m comprimento x 0,15 m altura) na junção do telhado com a calha para que não houvesse a perda das partículas de solo. Os testes realizados com a vegetação foram feitos com uma umidade relativamente alta do solo.

4 Resultados e discussão

Devido ao fato de se necessitar de equipamentos de medição de precipitação e um protótipo para cada tipo de superfície, optou-se por se manter os testes com simulações controladas através de regadores ao invés de realizar os testes com a precipitação real, diminuindo assim o número de variáveis. Isso, porque, seria necessário o controle da água precipitada em cada tipo de teste (protótipos dos telhados), sendo que os mesmos seriam realizados separadamente, não havendo a garantia de que em cada superfície o volume de água fosse o mesmo. Além disso, haveria, também, neste caso, a necessidade de grandes reservatórios para armazenar os escoamentos e as chuvas poderiam apresentar volumes variados e com diferentes intensidades no decorrer desses eventos.

Todos os testes realizados apresentavam inclinação (tanto do telhado quanto da calha) e vazão de água igual, para que não houvesse interferência nos dados finais. Comparando-se os testes realizados nos protótipos com inclinação de 12% e 15%, as vazões foram semelhantes, haja

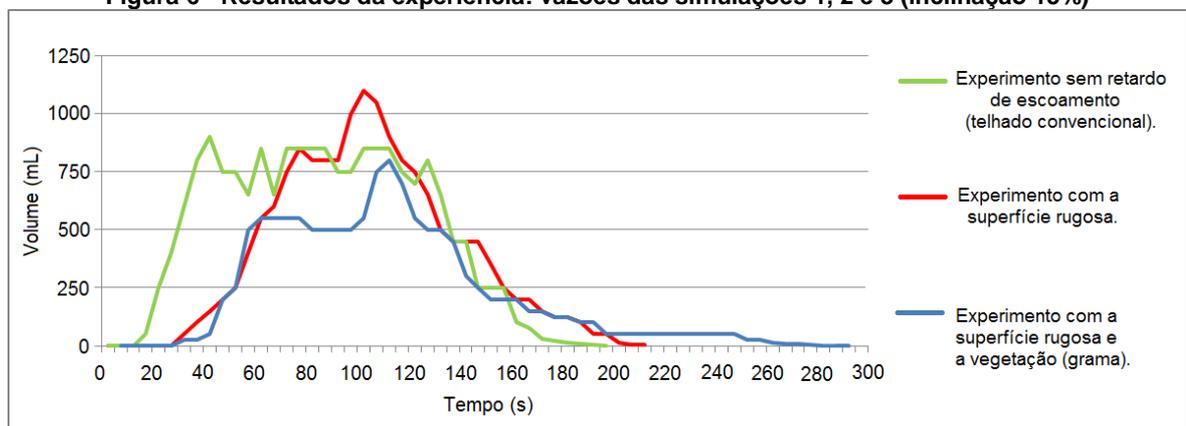
vista que conforme aumenta a inclinação, o pico de vazão se antecederá.

Conforme eram realizados os testes com a vegetação, diminuía a turbidez da água que chegava ao reservatório, ou seja, diminuiu a perda de partículas do solo através da lixiviação. Apesar de essa perda ser baixa, deve haver um acompanhamento técnico para analisar a qualidade do solo e do telhado verde em si, pois se trata de algo vivo que exige cuidados como adubação, irrigação em épocas de escassez de chuvas, entre outros.

Em testes realizados na primeira (Figura 6) e na segunda etapa (Figura 7), o comportamento das vazões da água de chuva simulada no telhado verde em comparação com o protótipo sem a cobertura de retardado do escoamento, foi semelhante ao observado por USGS (2003) (Figura 1). Comparando-se as vazões de ambas as figuras pode-se perceber que quando há obstáculos, nos casos de vegetações, o pico de vazão é menor, diminuindo as

possibilidades de enchentes. Esta semelhança demonstra a possibilidade de usar os telhados verdes para retenção e retardo da vazão da água de chuva, servindo, então, como uma forma de minimizar o risco de inundações, buscando assemelhar as características das bacias hidrográficas urbanas às das bacias naturais. Como há uma retenção parcial da água de chuva através dos processos de interceptação e de infiltração, aumenta-se o tempo de concentração das águas pluviais, sendo que sua liberação para os sistemas de drenagem urbana ocorre mais lentamente, ocorrendo inclusive, perdas devido à evapotranspiração causada pelas plantas. Comparando-se as diferentes situações observa-se a diferente distribuição temporal das vazões, demonstrando a eficácia do sistema no retardo. Essa mudança no escoamento superficial pode ser observada na Figura 6, que inclui a curva dos três experimentos.

Figura 6 - Resultados da experiência: vazões das simulações 1, 2 e 3 (inclinação 15%)



A vazão no teste com a vegetação mostrou uma distribuição e retenção inicial mais ampla em comparação com a superfície original, sem rugosidade, que é o que se deseja quando se busca uma redução do escoamento superficial (Figura 6). No experimento sem retardo de escoamento superficial (sem rugosidade), a vazão é exatamente o que acontece em telhados convencionais, porque toda a água é escoada diretamente para os sistemas de drenagens urbanas.

Mesmo o telhado mais rugoso, criado por isopor picado e cimento, mostrou que é possível melhorar o sistema de retardo do escoamento, permitindo a distribuição de

água ao longo do tempo mais suave do que sem essa rugosidade (enfraquecendo a ascensão e a recessão do hidrograma) (Figura 6).

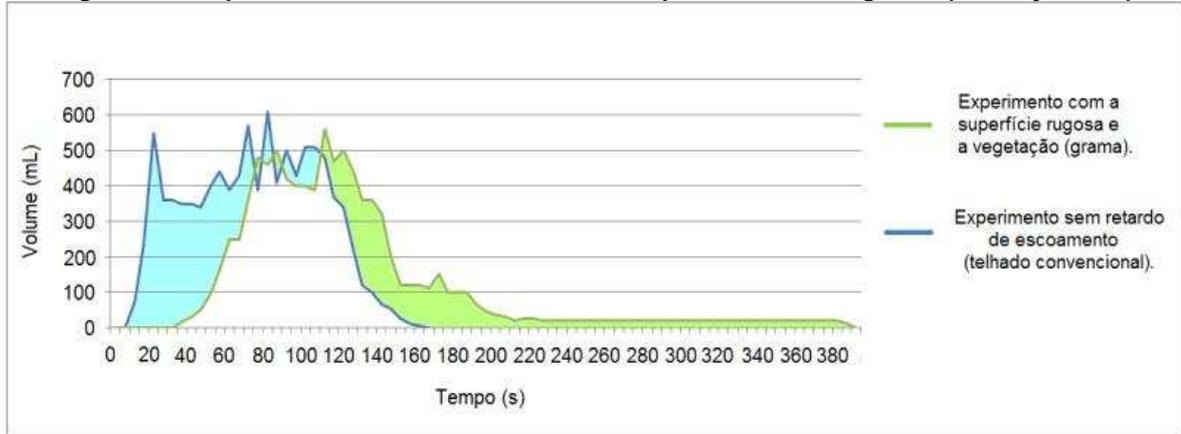
Na segunda etapa de testes, com inclinação de 15%, obtiveram-se as mesmas conclusões da primeira, afirmando a eficácia do protótipo de telhado verde tanto na diminuição do pico de vazão quanto no retardo do escoamento superficial (Figura 7).

A Figura 7 mostra o retardo do escoamento que ocorre no telhado verde em relação ao telhado comum, além de mostrar o volume de água que é deslocado (região em azul claro) e distribuído mais uniformemente ao longo do tempo (região

em verde claro) evitando que todos os picos de vazões ocorram em um mesmo momento,

auxiliando na diminuição das erosões e enchentes.

Figura 7 - Comparativa do retardo das vazões das superfícies lisa e vegetada (inclinação 15%)



A implantação deste sistema em áreas urbanas pode auxiliar no aumento do tempo necessário para que a água percorra todos os obstáculos até chegar ao sistema convencional de drenagem de águas pluviais, que muitas vezes é sobrecarregado quando ocorrem chuvas de alta pluviosidade. Segundo Poletto (2011b), desta forma, os obstáculos criados pela vegetação e pelas irregularidades do telhado poderiam contribuir para uma melhor distribuição das águas das chuvas, também diminuindo as erosões do solo e assoreamento de corpos d'água através da deposição de sedimentos erodidos.

Alguns apontamentos são necessários, pois a aplicação de telhado verde em habitações cujos projetos iniciais não previram o peso adicional da vegetação e de seus redutores de escoamento solicita cálculos de suportes de resistência (pilares, vigas e lajes inclinadas) para não afetar a estrutura da edificação. Estes reforços podem ser reduzidos se for feita a escolha de uma vegetação de porte menor e mais leve.

Cabe ressaltar que, nos cálculos, o peso total que a estrutura deverá suportar deve contemplar o peso adicional do solo saturado de água. Além disso, deve levar em conta um aumento de carga devido à necessidade de manutenção da vegetação. Desta forma, o planejamento inicial é fundamental antes da implantação final do telhado verde, levando em consideração o tipo de vegetação (peso final) e observando-

se a acessibilidade ao telhado, porque no futuro far-se-ão necessárias podas regulares, além de regas em estiagens e fertilização.

5 Conclusões

Os resultados deste estudo apresentam as vantagens da utilização de cobertura verde em edificações, como uma forma de melhoria na gerencia de bacias hidrográficas.

O telhado verde é eficaz na redução e retardo do escoamento superficial. Além desse retardo, esse sistema ajuda na redução do volume das águas pluviais ejetadas no sistema de drenagem urbana através da retenção da água de chuva no solo do telhado verde.

Quando instalado em uma estrutura que não foi projetada para suportar a carga do telhado verde, deverá se realizar cálculos a fim de se determinar se há necessidade de adaptações no projeto estrutural, destacando-se o fato de prever cargas adicionais provenientes da manutenção do sistema e da saturação do solo com as águas.

Esta tecnologia é muito importante para as regiões urbanas que sofrem com inundações, como é o caso de São Paulo, Brasil, porque ajuda a reduzir as demandas dos sistemas convencionais de drenagem urbana, o que pode representar economia nos custos de funcionamento e possíveis diminuições de alagamentos.

6 Green roofs: reduction and retardation of runoff

Abstract: *After the 70s, in Brazil, there was a great migration of population from the countryside to the city, resulting in an exponential growth of urban centers. This accelerated unplanned process of urbanization has resulted in changes in the natural conditions of the watersheds, reducing the permeability of these areas, so that there is a reduction in infiltration of rainwater, resulting in a sharp increase in stormwater runoff that generates many environmental problems as flooding and erosion. In order to minimize the peak of the flood hydrograph and its temporal distribution, the study used a prototype roof for rain simulations and data capture on different surfaces, smooth (common roof) rough (composed of polystyrene, cement and water) and green roof. The results showed that the areas that present obstacles such as roughness and vegetation are more efficient in reducing and delaying the runoff. Thus, the green roof becomes important for regions that suffer from floods, helping to reduce demand for conventional urban drainage systems.*

Keywords: Sustainable systems. Urban hydrology. Rainwater.

7 Referências

POLETO, C. SUDS (SUSTAINABLE URBAN DRAINAGE SYSTEMS): uma contextualização histórica. *Revista Thema*, v. 8, p. 1-12, 2011a.

POLETO, C. Alterações morfológicas em um canal fluvial urbano no contexto antrópico, social e ambiental: um estudo de caso. *Acta Scientiarum. Technology (Online)*, v. 33, p. 357-364, 2011b.

SILVEIRA, A. L. L. Apostila: **Drenagem Urbana: aspectos de gestão**. 1. Ed. Curso preparado por: Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul e Fundo Setorial de Recursos Hídricos (CNPq), 2002.

SOUZA, C. F. 2005. **Mecanismos técnico-institucionais para a sustentabilidade da drenagem urbana**. Dissertação (Mestrado).

Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Porto Alegre, UFRGS, 174p.

U.S. Geological Survey. 2003. **USGS hydrologic data in and around Mecklenburg County**. Disponível em: <<http://nc.water.usgs.gov/char/>>. Acesso em: 21 set. 2009.

8 Agradecimentos

A agência de fomento CNPq, ao Grupo de Pesquisa em Sistemas Sustentáveis (GPS2) pelo auxílio nas análises e a UTFPR (Universidade Tecnológica Federal do Paraná), que disponibilizou a área para a realização da pesquisa.