

XXX CLH

CONGRESO LATINOAMERICANO
DE HIDRAULICA | BRASIL | 2022

ANALES

- VOLÚMEN 5 -

INGENIERÍA E INFRAESTRUCTURAS HIDRÁULICAS



International Association
for Hydro-Environment
Engineering and Research

Hosted by
Spain Water and IWHR, China

Organizadores

Dr. Cristiano Poletto - UFRGS (Presidente)
Dr. José Gilberto Dalfré Filho - UNICAMP
Dr. André Luís Sotero Salustiano Martim - UNICAMP

**ANALES DEL
XXX CONGRESO LATINOAMERICANO DE
HIDRÁULICA 2022**

**- VOLÚMEN 5 -
INGENIERÍA E INFRAESTRUCTURAS HIDRÁULICAS**



Madrid – España
2023

Copyright © 2023, by IAHR Publishing.

Derechos Reservados en 2023 por **IAHR Publishing.**

Montaje: Cristiano Poletto

Organización General de la Obra: Cristiano Poletto; José Gilberto Dalfré Filho;
André Luís Sotero Salustiano Martim

Maquetación: Juliane Fagotti; Cícero Manz Fagotti

Relectura General: Elissandro Voigt Beier

Portada: Juliane Fagotti

Cristiano Poletto; José Gilberto Dalfré Filho; André Luís Sotero Salustiano Martim
(Organizadores)

ANALES del XXX Congreso Latinoamericano de Hidráulica – VOLÚMEN 5 – INGENIERÍA
E INFRAESTRUCTURAS HIDRÁULICAS/ Organizadores: Cristiano Poletto; José Gilberto
Dalfré Filho; André Luís Sotero Salustiano Martim – MADRI, España: IAHR Publishing,
2023.

555p.: il.;

ISBN • 978-90-832612-6-3

*ES AUTORIZADA la libre reproducción, total o parcial, por cualquier medio, sin
autorización escrita del Editor o de los Organizadores.*

POTENCIALIDADES DO PROGRAMA LID TTT NO ESTUDO DE CASO DE PORTO ALEGRE, RS BRASIL

1^{er}. Marostica, S.D., 2^{do}. Yonegura, V.B., 3^{er}. Domeneghini, J. e 4^{er}. Silveira, A.L.L.

Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil
saramarostica@gmail.com¹, projetobyvaleria@gmail.com², jennidomeneghini@gmail.com³ e andre.iph@ufrgs.br⁴.

RESUMO

O processo de urbanização das cidades acarretou inúmeras alterações ambientais e modificou o ciclo hidrológico local. Uma nova alternativa para auxiliar na melhoria do equilíbrio ambiental dos espaços construídos são os dispositivos LID (*Low Impact Development*). Isso se torna possível por intermédio de dispositivos elaborados para aumentar a infiltração da água pluvial no solo e reduzir o escoamento superficial das áreas construídas. Essa pesquisa tem como objetivo apresentar os principais dispositivos ligados ao conceito LID e uma atividade prática de análise de drenagem urbana sustentável no CEASA (Central Estadual de Abastecimento), no município de Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. A escolha deste estudo de caso consiste primeiramente na verificação do estado atual da área, quanto à sua drenagem e posteriormente, propõem uma nova análise sustentável, ambas utilizando o *software* LID TTT. Pretende-se com o auxílio deste artigo desenvolver uma proposta com aplicação de ferramentas de desenvolvimento de baixo impacto denominadas LID fornecidas pelo programa para minimizar o custo do gerenciamento de águas pluviais em espaços construídos e impulsionar um novo foco sustentável no sistema de drenagens urbanas.

ABSTRACT

The urbanization process of cities has resulted in numerous environmental changes and modified the local hydrological cycle. A new alternative to help improve the environmental balance of built spaces are LID (*Low Impact Development*) devices. It is possible through devices designed to increase the infiltration of rainwater into the soil and reduce surface runoff from built-up areas. This research aims to present the main devices linked to the LID concept and a practical activity of sustainable urban drainage analysis at CEASA (Central Estadual de Abastecimento), in the municipality of Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brazil. The choice of this case study consists first of verifying the current state of the area, regarding its drainage and later, proposing a new sustainable analysis, both cases using the *software* LID TTT. It is intended with the help of this article, to develop a proposal with the application of low impact development tools denominated LID provided by the program to minimize the cost of rainwater management in built spaces and advance a new sustainable focus on the urban drainage system.

PALAVRAS-CHAVE: desenvolvimento de baixo impacto; LID; drenagem urbana sustentável.

INTRODUÇÃO

A urbanização das cidades é acompanhada pela expansão das construções impermeáveis, telhados e pavimentação, compactação de solo e modificação ou retirada da vegetação. Como consequência, a evapotranspiração e a recarga de águas subterrâneas diminuem, enquanto erosão nos córregos e a carga de poluentes nos ecossistemas a jusante aumentam, causando o declínio dos habitats e a piora nos ambientes construídos das cidades (Bean *et al.*, 2007; Elliot e Trowsdale, 2007).

No entanto as abordagens tradicionais de drenagens urbanas tem caracterizado pouco efeito no tratamento da erosão das inundações e enchentes localizadas nas urbanizações e espaços construídos. Tais limitações despertaram o interesse de pesquisadores e técnicos em soluções baseadas na natureza, ou infraestrutura verde, para alcançar uma mitigação mais abrangente dos impactos que a urbanização tem causado no ciclo hidrológico (Chocat *et al.*, 2001; Delleur, 2003).

Partindo desta premissa, essas soluções naturais usam controles de Desenvolvimento de Baixo Impacto (LID), que podem imitar a hidrologia de pré-desenvolvimento, para gerenciar e tratar águas pluviais urbanas de maneira distribuída. A abordagem da Ferramenta de Treino de Tratamento de Desenvolvimento de Baixo Impacto (*Low Impact Development Treatment Train Tool - LID TTT*) foi desenvolvida em conjunto pela *Lake Simcoe Region Conservation Authority (LSRCA)*, *Credit Valley Conservation (CVC)* e *Toronto and Region Conservation Authority (TRCA)*, com o intuito de auxiliar e programar práticas mais sustentáveis de planejamento e de manejo de águas pluviais. Ademais, a ferramenta é construída com base no modelo SWMM5 (*Storm Water Management Model*). O objetivo do *software LID TTT* é apresentado para analisar volumes de escoamento anual e por eventos, além de quantificar a remoção de cargas poluentes, usando as técnicas de Melhores Práticas de Manejo (*Best Management Practices - BMPs*) e de Desenvolvimento de Baixo Impacto (*Low Impact Development - LID*).

As técnicas BMP vêm sendo usadas nos Estados Unidos e Canadá desde 1949 para descrever um tipo de prática ou abordagem estruturada usada para prevenir poluição, sobretudo quanto à gestão de terras agrícolas. Buscava-se a restauração de solos, manutenção de sua estrutura para maior preservação dos córregos e assim, garantir o abastecimento de água potável. A definição de BMP amadureceu como um termo inerente à prevenção à poluição, que engloba práticas operacionais ou processuais. Na drenagem urbana, o termo trata da gestão do manejo de águas residuais. Para sua aplicação específica na gestão de águas pluviais, o EPA (*Environmental Protection Agency*) definiu que um BMP incluiria uma técnica, processo, atividade ou estrutura que reduzem os poluentes na descarga de águas pluviais, podendo ser implementado individualmente ou em conjunto para maximizar sua eficácia. Desta forma, são vinculados métodos não estruturais como por exemplo a boa limpeza e manutenção preventiva, com implantação de métodos estruturais, como sistemas de biorretenção ou infraestrutura verde (Fletcher *et al.*, 2015), a fim de se prevenir os ambientes construídos de forma sustentável.

Os desenvolvedores e técnicos definem LID como uma estratégia de gerenciamento de águas pluviais que procura mitigar os impactos do aumento do escoamento e da poluição destas águas, gerenciando o escoamento mais próximo possível de sua fonte hídrica. Segundo Fletcher *et al.* (2015), a abordagem LID é mais usada na América do Norte e Nova Zelândia. Estas práticas podem efetivamente remover nutrientes, além de reduzirem o volume e a intensidade dos fluxos das águas urbanas. Essa técnica de Desenvolvimento Sustentável busca minimizar custos do gerenciamento de águas pluviais, através da construção de uma hidrologia “natural” baseada nas características do local, com uso de medidas de controle integradas. As tradicionais soluções de final de captação, ou os grandes sistemas de detenção são desencorajados, buscando abordagens que incentivem uma paisagem hidrológica mais equilibrada, próxima da hidrologia natural de pré-desenvolvimento. Estes sistemas tradicionais são substituídos por dispositivos de tratamento de água como sistemas de biorretenção, telhados verdes e valas, inseridos no próprio local ou próximos da fonte de escoamento. Dentro desse contexto, o presente trabalho elabora uma revisão sobre os dispositivos de baixo impacto

considerando as alterações geradas pelas urbanizações e o ambiente construído, e aplica as técnicas LID em um estudo de caso de Porto Alegre-Brasil, como uma alternativa na melhoria do equilíbrio ambiental das urbanizações das cidades.

DISPOSITIVOS DE DESENVOLVIMENTO DE BAIXO IMPACTO - LID

A naturalização do ciclo hidrológico utilizando layout local e medidas de controle integradas de baixo impacto promovem melhores condições urbanísticas no ambiente construído e nas paisagens. Com o intuito de aumentar a infiltração do solo e melhoria do equilíbrio hidrológico, as tecnologias de gerenciamento de águas pluviais foram classificadas em duas categorias, sendo as tecnologias baseadas em infiltração e tecnologias baseadas em retenção (Fletcher *et al.*, 2013).

As técnicas baseadas em infiltração usadas no LID abrangem valas, valas de infiltração, bacia, sistemas de biorretenção não revestidos (jardins de chuva), filtros de areia e pavimentos porosos (ou permeáveis) e, segundo Eckart *et al.* (2017), dependem muito das condições do local onde serão implantadas. As técnicas de retenção das águas pluviais do LID incluem *wetlands*, *ponds*, telhados verdes e coleta da água da chuva em tanques ou bacias de armazenamento, retendo as águas pluviais e reduzindo o escoamento superficial, (Eckart *et al.*, 2017), ressaltando que para alcançar com o sucesso o regime mais próximo do fluxo natural é necessário uma combinação de técnicas baseadas em retenção e infiltração.

Entre os dispositivos inovadores para projetos de drenagem sustentável, (Figura 01) destacam-se bacias de biorretenção para armazenamento de águas pluviais, telhados verdes, valas vegetadas, jardins de chuva, telhados verdes, pavimentos permeáveis, com adoção de estruturas que proporcionem as áreas edificadas a redução da água pluvial. Estes dispositivos estão consolidados com suas descrições e funções na Figura 01, a partir de Eckart *et al.* (2017), Cerqueira (2012), Silveira (2002) e STEP (2018).

CLASSE	DISPOSITIVO	DEVICE	IMAGEM
(1)	Bacias de Amortecimento	<i>Wetlands</i>	 Fonte:(STEP,2018).
(2)	Bacias de Detenção	<i>Detention Basins</i>	 Fonte:(STEP,2018).
(3)	Bacias de Retenção	<i>Retention Basins</i>	 Fonte:(STEP,2018).

(4)	Caminhos Verdes	<i>Green Ways</i>	 <p>Fonte:(STEP,2018).</p>
(5)	Jardim de Chuva	<i>Rain Garden / Water Garden</i>	 <p>Fonte:(STEP,2018).</p>
(6)	Biorretenção /Jardim de Infiltração	<i>Vegeted Infiltration Swale or Bioretention Cell</i>	 <p>Fonte:(STEP,2018).</p>
(7)	Pavimento Permeável	<i>Pervious Surface / Permeable Paving</i>	 <p>Fonte:(STEP,2018).</p>
(8)	Telhados Verdes	<i>Green Roofs</i>	 <p>Fonte:(STEP,2018).</p>
(9)	Trincheiras de Infiltração	<i>Infiltration Trench</i>	 <p>Fonte:(STEP,2018).</p>
(10)	Valas de Infiltração / Biovaleta	<i>Swales of Infiltration</i>	 <p>Fonte:(STEP,2018).</p>

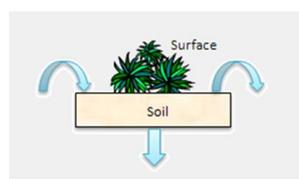
(11)	Paisagens	<i>Landscape</i>	 <p>Fonte:(STEP,2018).</p>
(12)	Faixas Gramadas / Tiras de Filtro Vegetal	<i>Vegetated Filter Strips / Buffer Strips</i>	 <p>Fonte:(STEP,2018).</p>

Figura 1. Dispositivos utilizados no Desenvolvimento de Baixo Impacto LID.

Fonte: Elaborada pelos autores.

As Bacias de Amortecimento ou *Wetlands* (1), são áreas no entorno de cursos d'água que são utilizadas como amortecimento para o sistema de drenagem (Cerqueira, 2012), tendo a finalidade de absorver o volume de água proveniente do transbordamento de um rio, lago ou canal.

As Bacias de Detenção ou *Detention Basins* (2), são reservatórios mantidos secos na maior parte do tempo, os quais recebem outros usos nos períodos de tempo seco. Reduzem os picos de cheia à jusante, através do armazenamento temporário das águas pluviais (Cerqueira, 2012).

As Bacias de Retenção ou *Retention Basins* (3), são reservatórios onde é mantida lâmina d'água mesmo nos períodos de tempo seco, reduz os picos de cheia à jusante, através do armazenamento das águas pluviais e também utilizados como espelho d'água (Cerqueira, 2012).

Os Caminhos Verdes ou *Green Ways* (4), consideradas as vias verdes para pedestres e ciclistas sem pavimentação, semelhantes a parques públicos utilizados para transportes, aumentam a proporção de áreas verdes permeáveis e melhoram a qualidade de vida.

Os Jardins de Chuva ou *Rain Garden / Water Garden* (5), são jardins ornamentais implantados em estruturas preparadas para absorver água e promover a infiltração desta no solo (Cerqueira, 2012). Diminuem o volume do escoamento superficial e aumentam a proporção de áreas verdes nas cidades.

As técnicas de Biorretenção ou Jardim de Infiltração, *Vegeted infiltration Swale or Bioretention Cell* (6), são áreas rebaixadas que reduzem e retardam o fluxo de pico do escoamento de águas pluviais no local onde implantado, atuando de modo semelhante às bacias naturais. Capturam o escoamento, incentivam a infiltração, promovendo a evapotranspiração, a recarga das águas subterrâneas, além de reduzir a carga de poluentes que chegaria aos canais e rios (Eckart *et al.*, 2017).

Os Pavimentos Permeáveis ou *Pervious Surface/Permeable Paving* (7), são pavimentos que agem no controle do pico e volume do escoamento superficial, no controle da poluição difusa e, quando infiltram a água no solo, promovem a recarga de águas subterrâneas (Silveira,2002).

Os Telhados verdes ou *Green Roofs* (8), são telhados cobertos total ou parcialmente com vegetação sobre membranas de impermeabilização de alta qualidade. Contribuem com o aumento de áreas permeáveis no ambiente urbano, reduz o escoamento das águas pluviais e o custo de energia, prolongam a vida útil dos telhados, entre outros benefícios (Eckart *et al.*, 2017, Getter & Rowe, 2006; Carter & Butler, 2008).

As Trincheiras de Infiltração ou *Infiltration Trench* (9), têm a propriedade de armazenar pequenos volumes enquanto as águas pluviais são infiltradas no solo (Cerqueira, 2012). Ampliam a área permeável, infiltra água no solo e contribuem para a diminuição do escoamento superficial das águas pluviais.

Valas de Infiltração ou biovaletas, *Swales of Infiltration* (10), são valas ou canais rasos abertos, com declives laterais suaves e vegetação resistente às inundações. Elas transportam, controlam e melhoram a qualidade das águas pluviais pela infiltração, sedimentação e filtração. Substituindo ou contribuindo com o escoamento dos meios-fios e sarjetas tradicionais usadas em ambientes urbanos (Eckart *et al.*, 2017).

As Áreas de paisagens ou *Landscape* (11), são constituídos pela área de terra coberta principalmente por gramado ou grama cortada e muitas vezes com uma inclinação uniforme (STEP, 2018). Esse dispositivo é capaz de proporcionar belas paisagens nas cidades e a melhoria da qualidade de vida para a sociedade.

Por fim, as Faixas de grama ou Tiras de Filtro Vegetal, *Veg filter* (12), são concebidas para desacelerar e infiltrar parcialmente escoamentos laminares provenientes das superfícies impermeáveis urbanas (Silveira, 2002), como estacionamentos e outras superfícies.

Ao longo dos últimos anos, vêm sendo utilizados estes dispositivos para melhorar a drenagem urbana das cidades. Assim, como todo sistema de drenagem, o Desenvolvimento de Baixo Impacto LID, possui pontos positivos como aumento da infiltração da água no solo, retenção da água pluvial em espaços construídos e criação de áreas de lazer e paisagístico para as cidades urbanizadas. Além disso, de uma forma geral, a implantação de algumas técnicas LID não possuem custo elevado, portanto ao se realizar uma análise de área urbana, o LID apresenta uma boa relação de custo-benefício.

METODOLOGIA

Visando alcançar os objetivos deste trabalho, segue abaixo a descrição dos processos metodológicos que foram adotados na pesquisa.

A área para estudo, a Central Estadual de Abastecimento (CEASA), apresenta-se em zona urbana (Figura 2), no município de Porto Alegre/RS. A metodologia consistiu em três etapas: (i) definição da área de estudo, na qual a área é localizada dentro do software LID TTT por imagem de satélite do Google, para a criação da análise existente da área de estudo - CEASA; (ii) criação do mapa atual e do mapa com o novo artefato sustentável para a área de estudo, verificando mudanças na drenagem pluvial para as melhorias do local; (iii) processamento de relatório da área no software LID TTT, analisando os dois estudos propostos.

O mapa utilizado para análise foi georreferenciado do Google Maps inserido dentro do software LID TTT, com auxílio da topografia extraída de imagem de satélite, posteriormente processada e importada do QGIS 3.22.0, para a determinação de quais locais seriam mais adequados conforme a topografia para a implantação dos recursos do LID.

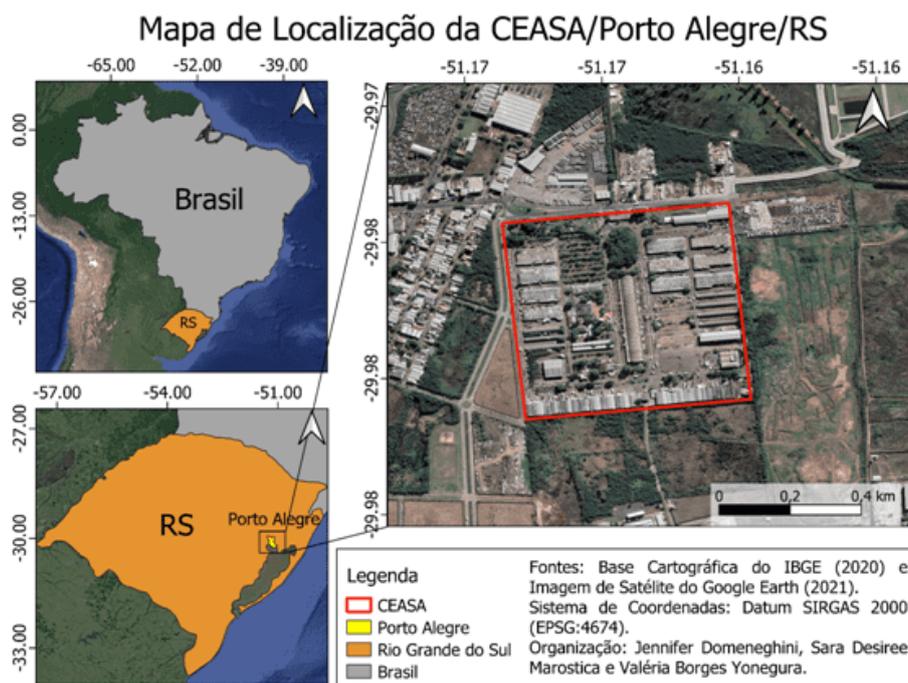


Figura 2. Implantação da área da CEASA. Fonte: Elaborado pelos autores no QGIS 3.22.0, com base cartográfica do IBGE (2020) e imagem de satélite do Google Earth (2021).

Para realizar a análise foram necessárias a criação de dois cenários no software, pré-desenvolvimento e pós-desenvolvimento do produto apresentado, utilizando a mesma área de estudo. O pré-desenvolvimento engloba a área em seu estado atual, ou seja, sem modificações. Enquanto no cenário de pós-desenvolvimento, são aplicadas as técnicas de LID para a área que atendam ao objetivo final.



Figura 3. Etapas do Processo Metodológico adotado no Software LID TTT. Fonte: Elaborada pelos autores.

As etapas simplificadas do método adotado para o Software LID TTT (Figura 3) foram divididas em 6 etapas. Na primeira etapa, foram elaboradas duas simulações de cenários da área de pesquisa de acordo com os requisitos do software LID TTT. Na segunda etapa, foram realizadas configurações para cada um dos cenários com o nome e título do projeto e a definição de qual tipo de cenário (pré ou pós desenvolvimento). Na terceira etapa, foi realizada a localização do estudo de caso para análise (CEASA,RS-BRASIL). Na quarta etapa foram definidos critérios de configuração e desenvolvimento dos cenários incluindo o tipo e distribuição da tempestade (média anual ou evento de tempestade), definições da profundidade total da chuva em mm, a duração em horas e o controle de volume de escoamento/mm. Na quinta etapa, foram simulados os dois cenários para o processamento dos relatórios no *software* LID TTT, em que foram calculadas as medidas quantitativas em relação ao pré e pós-desenvolvimento da área. Por fim, buscou-se analisar os dois cenários gerados pelo software através de relatório comparativo de pré e pós desenvolvimento apresentando o produto final com dispositivos sustentáveis de baixo impacto para averiguação se a meta de controle de redução do escoamento foi atingida após a implantação do LID.

Na pesquisa adotou-se o evento de tempestade com os mesmos dados de pré e pós desenvolvimento entre os dois cenários, com exceção do controle do volume de escoamento devido a aplicação dos dispositivos LID na etapa de pós-desenvolvimento. Os dados foram definidos a partir de parâmetros de drenagem urbana pluvial da cidade de Porto Alegre seguindo a profundidade total de chuvas de 27 mm com duração de 4 horas sem intervalos. A distribuição da tempestade foi usada sobre critérios da SCS (*Storm Distribution Select*) e o controle de volume de escoamento pluvial com meta de redução de profundidade da chuva de 25mm no pré-desenvolvimento e pós-desenvolvimento.

Na criação do cenário de pré-desenvolvimento foram aplicados dispositivos já existentes no local, de acordo com diagnóstico das características do estudo de caso em análise. Em contrapartida, no cenário pós-desenvolvimento foram aplicados dispositivos LID para o controle do potencial de chuvas, em conformidade com o manual do software (STEP, 2018). Por fim, com o desenvolvimento dos dois cenários projetados, foram gerados os relatórios pelo programa para análise dos dispositivos de aplicação das técnicas LID, seus benefícios e desvantagens no controle potencial de chuvas para o estudo de caso do CEASA, RS, BRASIL. Partindo desta premissa, a análise apresentada nos resultados e discussão foi obtido através da aplicação das técnicas LID no estudo de caso.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No cenário atual, assim como no de pós-desenvolvimento, foram utilizados dados relacionados ao controle de profundidade da chuva e meta de redução de 25 mm. No estado atual é possível constatar que a região é limitada apenas por um coletor geral pluvial e este acaba recebendo uma contribuição muito grande de águas urbanas, causando muitos problemas de alagamento e uma necessidade de reforma do sistema de drenagem urbana, o qual não é favorecido pela topografia do local. No uso desta metodologia para a área do CEASA, foi possível incrementar o potencial de drenagem urbana através de sistemas sustentáveis, com o uso de ferramentas LID e de BMP disponibilizadas pelo *software*.

Atualmente, a capacidade de drenagem deste espaço é inadequada, não sendo suficiente para o local, em decorrência da baixa captação nas redes de galerias pluviais, as quais deságuam somente no canal Coletor Geral chamado 'CB6'. O alvo de redução do espaço de escoamento sugerido pelos autores foi composto por uma área de 4.774,00m² que delimita o estudo de caso (Figura 4).

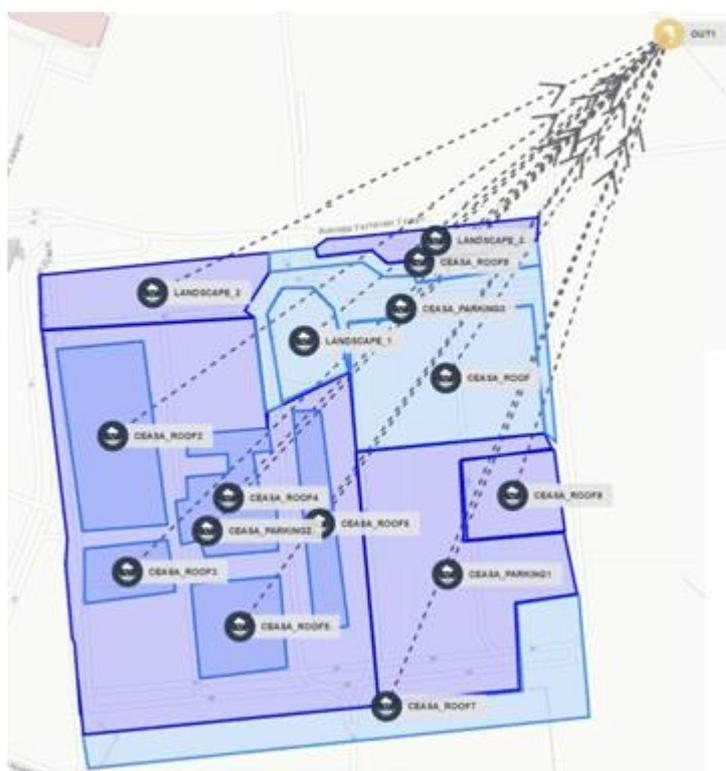


Figura 4. Implantação da área de pré-desenvolvimento do CEASA.
Fonte: Adaptado pelos autores no software LID TTT.

O controle de escoamento fornecido pelo relatório do software no pré-desenvolvimento foi de 1.808,44m³, referentes às três áreas de 'landscape' existentes do local. Estas delimitações permitiram que uma pequena área do escoamento fosse drenada pelas áreas de paisagens, captando uma parcela do escoamento pluvial existente. Pode-se adicionar que no primeiro estudo, não foi possível ter um volume e controle de escoamento tratado, devido à análise de pré-desenvolvimento não possuir nenhum componente sustentável que buscasse minimizar as práticas desses fluxos de detenção das águas urbanas, conforme imagem.

Após o desenvolvimento do mapa existente do Ceasa, foi elaborado o projeto de pós-desenvolvimento da área no software. Os itens que foram adicionados ao novo layout foram os relacionados à Biorretenção, com a criação de telhados verdes denominados de 'CEASA_ROOFX'.

Estes foram disponibilizados em nove locais, nos telhados dos maiores galpões do Ceasa, onde serviram para captar a água da chuva com sistema de armazenamento, tornando-se filtros naturais com as plantas e a terra.

Para a melhor distribuição da água dos telhados verdes, foram disponibilizadas as chamadas valetas de biorretenção, localizadas no projeto de pós-desenvolvimento como 'BIORRETENT1' e 'BIORRETENT2'. As áreas em questão ficaram dispostas em locais com cota de nível mais baixa do terreno para o melhor escoamento pluvial do local. Em adição, (conforme o manual do software LID TTT), as características das áreas de biorretenção devem se localizar no projeto como áreas de depressões superficiais escavadas que contêm vegetação cultivada em uma mistura de solo projetada com cobertura morta, colocada acima de um leito de drenagem de cascalho.

Assim, controla-se a quantidade de água com a retenção na superfície ou no subsolo, infiltração total ou parcial no solo nativo e a evapotranspiração do local. Além do mais, referindo-se ao mapa de pós-desenvolvimento, foi criada uma vala vegetada 'SWALES1', localizada no acesso principal do projeto, ao lado da 'landscape1'. Nesse caso das valas vegetadas, verificou-se que essa técnica pode promover uma melhor drenagem no solo, para facilitar o escoamento da área destinada. Por fim, ocorreu a criação da área 'veg_filter' que seriam as tiras de filtro vegetal ou tiras de proteção que fornecem uma infiltração adicional para fluxos de folhas que saem de uma área de captação.

Para a execução deste item foi analisado se a área possuía os requisitos para tal. Segundo o manual do software LID TTT "a área deveria geralmente ser mais larga (maiores que 5 m) na sua extensão e possuir áreas com vegetação de declive suave". Partindo deste princípio, a vegetação existente foi mantida na área e as tiras de proteção serviram para reduzir o risco de erosão e ajudar a evitar que o escoamento superficial se concentrasse. Na projeção do projeto de pós-desenvolvimento final (Figura 5), foi constatado que a área de volume de controle de escoamento fornecido resultou em 8.891,89m³, com isto o valor de escoamento fornecido para a área foi relativamente maior com as ferramentas LID.

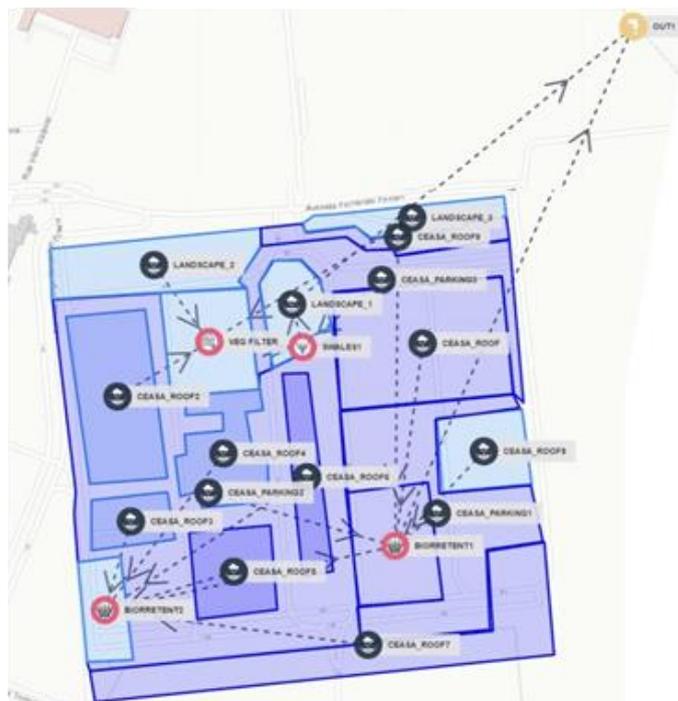


Figura 5. Implantação da área de pós-desenvolvimento do CEASA.

Fonte: Adaptado pelos autores no Software LID TTT.

Além disso, observou-se um aumento no controle do potencial das chuvas, no projeto inicial de pré desenvolvimento a redução de águas da chuva era de 14,08%. Após a implementação das técnicas LID no projeto de pós desenvolvimento a redução de águas pluviais aumentaram para

68,76%, melhorando o controle de drenagem do CEASA através de práticas sustentáveis. Para melhor visualização segue abaixo a tabela 1, com a comparação dos dois estudos com relação ao balanço hídrico, de acordo com o software LID TTT.

Tabela 1. - Comparação de Balanço Hídrico dos Cenários.

Estudos de Caso (Cenários)	Redução Volume Escoamento Fornecido [m ³]	Redução Águas da Chuva [mm] %	V [mm]%
Pré - Desenvolvimento	1.808,44m ³	14,08%	54,78%
Pós - Desenvolvimento	8.891,89m ³	68,76%	

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise das questões ambientais têm seguido a forma como as cidades evoluem e dado maior atenção às questões sustentáveis. Os estudos experimentais em espaços construídos permitem a avaliação dos impactos de drenagem pluvial visando favorecer soluções com potencialidades ambientais como mostrado através dos dispositivos de desenvolvimento de baixo impacto.

Verificou-se claramente uma relação de sustentabilidade entre o sistema de drenagem e a área de estudo, utilizando das ferramentas LID para local de intervenção. Além disso, outros benefícios com os dispositivos sustentáveis poderiam ser possíveis no espaço construído como mostrado no estudo de caso, com a melhoria na qualidade do espaço e a saúde ambiental da região que teria riscos reduzidos de sofrer alagamentos.

Através dos dados obtidos na análise do CEASA, mostraram que a ferramenta é de grande valia para estudantes e planejadores. Em adição, notou-se que o desempenho do software foi satisfatório. Concluindo, foi verificado a partir do uso do software que melhorias como a adoção do uso de telhados verdes, biorretenção, valas vegetadas e tiras de filtro vegetal, aumentaram a área permeável e vegetada. Desta forma, contribui-se com o sistema de drenagem urbana existente no local, potencializando o fluxo da drenagem urbana. Por fim, essa análise contribui para a possibilidade de criação de projetos sustentáveis como do estudo de caso apresentado, que visem à melhoria dos ambientes construídos utilizando-se da metodologia abordada, e sendo replicado em outros contextos tornando-se muito útil na esfera do planejamento urbano e infraestrutura ambiental.

AGRADECIMENTOS

Agradecimento à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro e a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bean, E.Z., Hunt, W.F., Bidelspach, D.** (2007). Field survey of permeable pavement surface infiltration rates. *J. Irrig. Drain. Eng.*, ASCE 133 (3), 249–255. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9437\(2007\)133:3\(249\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9437(2007)133:3(249)).
- Carter, T., & Butler, C.** (2008). Ecological impacts of replacing traditional roofs with green roofs in two urban areas. *Cities and the Environment*, 1(2), 1-17.
- Cerqueira, L. F. F., & Pimentel da Silva, L.** (2016). Methodological Proposal for Redesigning Informal Communities Constructing Resilience in Hydrological Stress Conditions. *Ambiente & Sociedade (Online)*, 19 (1), 43-62.

- Chocat, B., Krebs, P., Marsalek, J., Rauch, W., Schilling, W.** (2001). Urban drainage redefined: from stormwater removal to integrated management. *Water Sci. Technol.* 43, 61–68. <https://doi.org/10.2166/wst.2001.0251>.
- Delleur, J.W.** (2003). The evolution of urban hydrology: past, present, and future. *J. Hydraul. Eng.* 129, 563–573. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9429\(2003\)129:8\(563\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9429(2003)129:8(563)).
- Fletcher, T. D.; Shuster W.; Hunt W. F.; Ashley R.; Butler D.; Arthur S.; Trowsdale S.; Barraud S.; Semani-Davies A.; Bertrand-Krajewski J-L.; Mikkelsen P. S.; Rivard G.; Uhl M.; Dagenais D. & Viklander M.** (2015). “SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage”, *Urban Water Journal*, 12:7, 525-542, DOI:10.1080/1573062X.2014.916314
- Eckart, K.; McPhee, Z., Bolisetti, T.** (2017). “Performance and implementation of low impact development - A review.” *Science of The Total Environment*, 607-608, 413-432, DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.06.254
- Elliott, A.H., Trowsdale, S.A.** (2007). A review of models for low impact urban stormwater drainage. *Environ. Modell. Softw.* 22 (3), 394–405. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2005.12.005>.
- Getter, K. L., Rowe, D. B.** (2006). The Role of Extensive Green Roofs in Sustainable Development. *Horts Science*, 41(5), 1276-1285.
- Silveira, A.L.L.** (2002). Apostila: Drenagem Urbana: aspectos de gestão. 1ª (ed.) Curso preparado por: Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul e Fundo Setorial de Recursos Hídricos (CNPq).
- Sustainable Technologies: Evaluation Program - STEP.** (2018). LOW IMPACT DEVELOPMENT TREATMENT TRAIN TOOL, “SOFTWARE LID TTT”. Disponível em: <<https://sustainabletechnologies.ca/lid-ttt/>> Acesso em: 20 set. 2021.