

## Aplicação de soluções alternativas para o controle da erosão em estradas não pavimentadas

---

**Autores:** Da Cunha Bruna, Graciele; Goetten, Willian Jucelio; Serbent, María Pilar\*

**Contacto:** [mserbent@frc.utn.edu.ar](mailto:mserbent@frc.utn.edu.ar)

**País:** Argentina

### Resumo

O planejamento urbano é um importante instrumento para o progresso e crescimento das cidades, principalmente para mitigar as consequências negativas ocasionadas pela falta de investimento e infraestrutura, principalmente em municípios de pequeno porte. O sistema de drenagem urbana serve como exemplificação para esta situação, sendo uma das infraestruturas urbana vinculadas ao saneamento básico que menos recebe recursos e atenção. Desta forma, o presente trabalho se propõe a analisar a aplicação de soluções alternativas para controle de processos erosivos, utilizando como modelo de estudo um pequeno município localizado na região sul do Brasil, que possui significativa incidência de precipitações elevadas. Por meio de levantamento técnico e da aplicação de soluções alternativas para o controle da erosão, especificamente em estradas não pavimentadas, foi possível determinar diferentes cenários para diferentes soluções, destacando suas vantagens e desvantagens, além de uma análise econômico-financeira sobre a aplicação de cada cenário. Como resultado, identificou-se que as soluções conhecidas como vala de infiltração e trincheira de infiltração indicaram capacidades adequadas de drenagem e menos custo de implantação.

**Palavras-chave:** drenagem urbana; saneamento Básico; sustentabilidade.

### 1. Introdução

O saneamento básico brasileiro pouco evoluiu conjuntamente com as grandes obras de habitação, de pavimentação e de mobilidade urbana (Barros, 2018). No cenário atual, grande parte dos municípios necessita de um planejamento que englobe todas as questões do saneamento básico, desde as redes de abastecimento de água potável até as canalizações de esgoto e manejo das águas pluviais. O desenvolvimento urbano vem se intensificando, proporcionando a expansão das cidades. Juntamente com este crescimento, originou-se uma série de consequências negativas para o meio urbano, especialmente pela falta de infraestrutura e investimentos dos municípios (Tuccl, 2015).

No Brasil os sistemas de drenagem urbana se encontram subdimensionados, não desempenhando de forma eficaz a sua função de controle pluvial (DNIT, 2005). O planejamento urbano se tornou um importante instrumento para o progresso e expansão das cidades (Righetto et al., 2009). Entretanto, os pequenos municípios não dispõem de grandes investimentos na área de drenagem urbana, dessa forma são necessários projetos de baixo custo que busquem soluções simples, capazes de amenizar os impactos causados.

A região do Alto Vale do Itajaí, localizada no Estado de Santa Catarina, sempre conviveu com problemas relacionados à drenagem pluvial, principalmente por sofrer com cheias decorridas das variações climáticas, que acarretam os mais variados problemas as comunidades locais (Goetten e Tambosi, 2023). Toda obra de drenagem urbana necessita de estudos complexos e precisos antes da elaboração de um projeto executivo. Quando se trata a de municípios pequenos então, estes estudos devem ser realizados com cautela pois os recursos necessários para a execução desse tipo de obra são escassos e devem ser aplicados co-

retamente (Goetten e Wilhelm, 2022). Tal realidade é identificada no pequeno município de Laurentino/SC, que possui baixa capacidade de investimento. Assim, visando encontrar soluções para os problemas de drenagem, desenvolveu-se um estudo de caso, buscando-se uma solução eficiente que garanta baixo impacto e segurança à população local, auxiliando na melhora na infraestrutura da cidade.

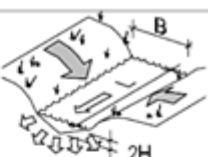
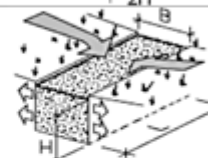
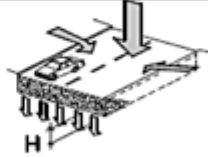
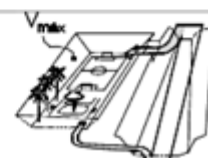
## 2. Desenvolvimento

### 2.1. Soluções alternativas

Quando o equilíbrio hídrico é ameaçado, diversas consequências aparecem e interferem na vida humana. Por este motivo vem se tornando primordial o planejamento dos centros urbanos, principalmente, pela questão de sua evolução e crescimento (Botelho e Guerra, 2012). Dentro deste contexto, a engenharia e arquitetura oferecem inúmeros modelos de soluções que podem ser aplicáveis em diversas situações, independente do espaço disponível inclusive (Camargo, 2002). Segundo Camapum e Lelis (2010), “Os sistemas de controle de águas da chuva são considerados ações estruturais que objetivam evitar problemas como alagamentos, inundações, enchentes e erosões”. Atualmente esses sistemas se apresentam de forma convencional, por meio de grandes obras de infraestrutura, e por meio de sistemas não-convencionais (alternativos), buscando soluções de baixo custo de implantação. Os sistemas não convencionais, além do papel de drenagem podem auxiliar na retenção e armazenamento, controlando tanto a vazão quanto o uso dessa água armazenada (Canholi, 2005).

Os autores Goldenfum e Silveira (2007) descrevem e apresentam os principais sistemas alternativos para o manejo de águas pluviais, destacados no quadro a seguir:

QUADRO1. Principais sistemas alternativos de baixo custo para manejo de águas pluviais

Tipo de dispositivo	Conceito	Ilustração
Vala de infiltração	Vala de infiltração tem também seu dimensionamento voltado ao descarte do escoamento superficial em sua superfície de contribuição através da infiltração.	
Trincheira de infiltração	Dispositivo de drenagem deve ser mensurado para infiltrar a água de todo escoamento superficial que passa sobre a área de contribuição. Esta estrutura rasa é escavada e preenchida com material granular, que contribuem para drenagem do local.	
Pavimento poroso	Este modelo de pavimento possui grandes qualidades e eficiência, contribuindo para amenizar grandes problemas causados pelo excesso de água pluvial, nos centros das cidades principalmente. Sua camada porosa, localizada na parte inferior do pavimento, é a responsável por sua funcionalidade.	
Bacia de detenção	Seu principal objetivo é a resolução ou a prevenção da geração do escoamento superficial, sendo aplicados em locais tanto abertos quanto públicos. A bacia de detenção deve ser pré-dimensionada para dispensar o escoamento máximo.	

Fonte: Adaptado de Goldenfum e Silveira (2007).

### 3. Metodologia

#### 3.1. Tipo de pesquisa

O presente trabalho caracteriza-se como pesquisa descritiva, pois seu objetivo é realizar um estudo de caso, analisando a rede de drenagem existente e estabelecendo uma solução eficiente para os problemas de alagamentos provenientes da falta de planejamento no município de Laurentino/SC, Brasil.

Quanto aos procedimentos utilizados, fez-se uso primeiramente da pesquisa de campo, pois houve a necessidade de visitar o local para obter registros fotográficos, compreender melhor as causas das erosões e averiguar a possibilidade da aplicação dos métodos propostos. A prefeitura do município disponibilizou informações do local, entre elas o mapa planialtimétrico. Os dados da pluviometria foram obtidos através de consultas online nos sites do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Já a Associação dos Municípios do Alto Vale do Itajaí (AMAVI), disponibilizou a carta hidrológica do município, contendo curvas de níveis e cursos de água. Após o levantamento de todas as informações necessárias, aplicou-se então as fórmulas para determinação do método mais correto a ser executado. Com o método definido realizou-se então, uma análise técnica e econômica, para assim, optar pelo modelo que mais se enquadre na situação do local e as condições do município.

#### 3.2. Análise técnica e econômica

A realização de qualquer projeto de engenharia nos dias atuais exige como passo inicial, uma análise técnica e econômica, com a finalidade de garantir seu melhor desempenho na questão de utilidade e duração. Desta forma a elaboração de um cronograma e de orçamentos tornam-se instrumentos indispensáveis para a elaboração de um planejamento bem sucedido em especial, de obras do setor público.

Através de valores pré-estabelecidos por meio das tabelas do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), foi possível determinar os custos médios de execução para cada dispositivo de drenagem em estudo. Isto contribuirá de maneira expressiva na escolha do tipo do sistema para implantação futura. O orçamento foi direcionado aos elementos pré-dimensionados no primeiro semestre do ano de 2019, pois os valores sofrem correções constantemente, acompanhando os preços de mercado.

#### 3.3. Definição da chuva de projeto

Para definição da chuva de projeto e por consequência da vazão máxima de escoamento superficial, utilizou as curvas de IDF propostas por Back (2014) e as equações propostas por Bertoni (2015) conforme o Quadro 2.

QUADRO 2. Equações utilizadas para definição da vazão de projeto

Tempo de concentração	$t_c = 57 \cdot (L^3/\Delta H)^{0,385}$	(1)
Tempo de retorno	$R = 100 \times [1 - (1 - 1/T)^N]$	(2)
Chuva de projeto	$i = (K \cdot T_m) / (t + b)^n$	(3)
Escoamento superficial	$P_{ef} = (P - I_a)^2 / (P - I_a + S)$	(4)
Vazão máxima	$Q = 0,278 \times C \times I_m \times A$	(5)

Fonte: Adaptado de Bertoni (2015).

## 4. Resultado e discussões

### 4.1. Caracterização do município de Laurentino/SC

O município catarinense de Laurentino possui uma área total de 79,5 km<sup>2</sup>, situado no Vale Europeu, pertencendo a microrregião do Alto Vale do Itajaí, com uma localização de latitude sul de 27°13'55" e longitude oeste de 49°43'30". Sua altitude em relação ao nível do mar é de 345 metros. No ano de 2023 sua população foi estimada em 7.063 habitantes. De topografia bastante irregular o município apresenta planalto não muito extenso, cortado por vales e montanhas, de onde nascem inúmeros cursos de águas que terminaram seu trajeto no Rio Itajaí do Oeste que divide o centro da cidade.

### 4.2. Definições da área de estudo

Para aplicação do presente estudo foi selecionada uma rua do município de Laurentino, que de acordo com a Prefeitura Municipal, passa por episódios recorrentes de alagamento. A Rua sugerida foi a rua dos Vereadores, implementada em junho de 1988, tendo seu início no entroncamento com a Rua Frei Tito, seguindo o trajeto Leste-Oeste até seu fim com o encontro da BR-470. Apesar de estar inclusa no centro de cidade, sua infraestrutura é inadequada, principalmente quando relacionada a drenagem e pavimentação.

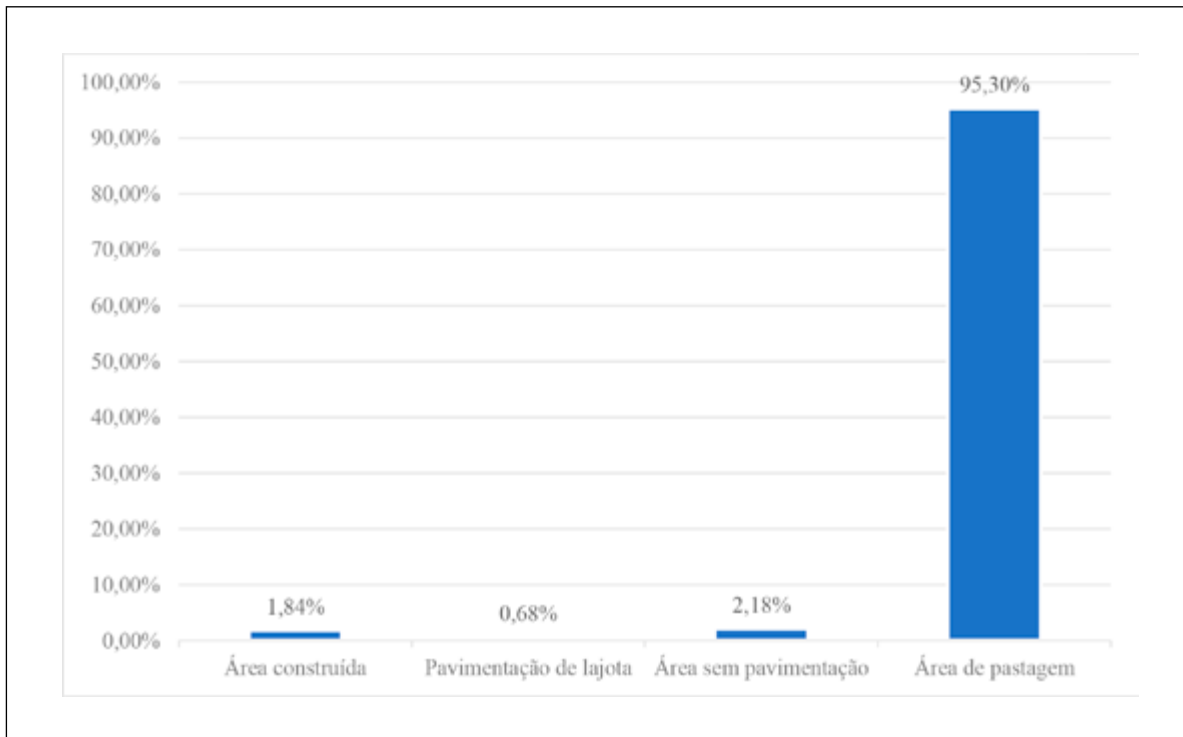
A rua conta com duas sub-bacias de contribuição pequenas que abrangem todo seu comprimento, dividindo-se então entre dois divisores de águas que serão os responsáveis por direcionar os cursos de águas pluviais até os locais para desaguar. Apesar de não possuir certos serviços básicos de infraestrutura, a rua está em desenvolvimento constante com a criação de diversos loteamentos, o que vem aumentando seu fluxo de veículos diariamente e agravando os problemas com erosões na via.

### 4.3. Pré-dimensionamento das soluções alternativas

De acordo com as informações apresentadas classificou-se a bacia de contribuição da rua como pequena, pois sua área de drenagem não ultrapassa os 2,5 km<sup>2</sup>, conforme classifica Brandão (2005). Com o objetivo de dimensionar soluções alternativas para amenizar os problemas da falta de drenagem no local, foram realizados os cálculos do tempo de concentração, determinou-se o tempo de retorno para obras hidráulicas, a chuva de projeto, escoamento superficial e a vazão máxima desta bacia.

Para aplicação das equações e determinação do escoamento superficial da sub-bacia estudada, precisou-se delimitar a porcentagem das áreas permeáveis e as não permeáveis (Beltrame, 2015). Por meio do mapa fornecido pela AMAVI, traçou-se as porcentagens das áreas construídas, áreas pavimentadas e não pavimentadas e áreas de pastagens e florestas (Figura 1).

FIGURA 1. Classificação do solo da sub-bacia hidrográfica



Fonte: Autores, 2023.

A partir da determinação das áreas permeáveis e as não permeáveis e da aplicação das equações propostas no Quadro 2, foi possível obter os seguintes resultados para as estimativas hidrológicas da sub-bacia em estudo (Quadro 3).

QUADRO 3. Resultados das estimativas hidrológicas

<b>Estimativa hidrológica</b>	<b>Equação</b>	<b>Resultado</b>
Tempo de concentração (sub-Bacia Hidrográfica Pequena)	(1)	13,20 (min)
Tempo de retorno	(2)	25 (anos)
Chuva de projeto (Intensidade-Duração-Frequência - IDF)	(3)	54,70 (mm/h)
Escoamento superficial	(4)	21,56 (mm)
Vazão máxima	(5)	2,20 (m <sup>3</sup> /s)

Fonte: Autores, 2023.

Para o primeiro elemento de drenagem, a vala de infiltração, foi pré-determinado as seguintes dimensões: 0,80 x 70 x 1,30 metros. Analisando a parte lateral da rua, entendeu-se que seria possível a implantação deste dispositivo no local.

O segundo dispositivo analisado, a trincheira de infiltração, foi pré-determinado as seguintes dimensões: 1,50 x 60 x 1,10 metros. Analisando a questão da possibilidade de implantação deste dispositivo no local, notasse também grande viabilidade de execução.

Já para o terceiro dispositivo averiguado, o pavimento poroso, foi pré-determinado uma camada de 28 cm. Analisando a viabilidade de execução para a rua, entendeu-se que seria uma obra mais vultosa, pois englobaria toda a sua extensão.

O último dispositivo, a bacia de retenção, foi pré-dimensionada com um volume de 4540 m<sup>3</sup>. Analisando da mesma forma a viabilidade de execução para a rua, percebe-se que este sistema de drenagem necessita de uma extensa área para sua aplicação, o que a torna inexecutável para a situação em estudo.

#### 4.4. Análise técnica e econômica

Para a composição desta análise técnica e econômica, buscou-se como base de dados, os valores da tabela SINAPI de março de 2019. Esta tabela traz valores unitários e por metragem dos principais componentes utilizados em obras da construção civil, podendo servir então, como parâmetro de um pré-orçamento.

Cada dispositivo foi pré-dimensionado de acordo com as características que a Rua dos Vereadores possui para possibilitar sua implantação. As tabelas seguintes trazem os custos médios dos insumos para a execução de cada sistema de drenagem anteriormente determinado. O prazo total para a execução foi pré-estabelecido em 30 dias úteis, sendo para cada etapa realizada determinando um período de execução.

Ao analisarmos o Quadro 4, identificamos que as soluções “pavimento poroso” e “bacia de retenção” foram aquelas que apresentaram maiores valores para implementação, o que as distanciam da realidade do município, enquanto as soluções “vala de infiltração” e “trincheira de infiltração” apresentaram valores baixos, mais próximos da capacidade econômico-financeira de Laurentino/SC.

QUADRO 4. Custo para implantação dos dispositivos alternativos de drenagem

<b>Dispositivo alternativo de drenagem</b>	<b>Valor de execução</b>
Vala de infiltração	R\$ 20.404,00
Trincheira de infiltração	R\$ 28.568,86
Pavimento poroso	R\$ 294.860,80
Bacia de retenção	R\$ 367.900,80

Fonte: Autores, 2023.

#### 5. Conclusão

Neste estudo de caso, um dos principais objetivos foi traçar um pré-dimensionamento de dispositivos de drenagem pluvial, que poderiam ser aplicados para amenizar ou solucionar os problemas decorrentes da falta de drenagem pluvial e conseqüentemente, com a erosão causada pelas chuvas intensas. Como resultado as soluções alternativas “vala de infiltração” e “trincheira de infiltração” se mostraram mais promissoras, dada a realidade do município.

Todas as análises que compõem estas propostas de implantação de drenagem podem servir futuramente para o serviço público municipal, pois os pequenos municípios necessitam de soluções simples que tenham o mesmo efeito de propostas complexas e onerosas. Os serviços de engenharia estão à disposição para atender tanto as grandes quanto as pequenas obras, mas sempre buscando pelos melhores resultados a todas as partes.

Com a finalização do desenvolvimento do estudo, pode-se concluir que muitos municípios enfrentam grandes problemas decorrentes da falta de drenagem urbana e da falta de um planejamento eficaz para o desenvolvimento de suas atividades. Em cidade menores, onde a população não é tão numerosa, esta questão interfere diretamente na melhoria de suas vidas, pois as dificuldades em obter recursos são maiores.

### Referências bibliográficas

- Back, Á.J. (27 a 31 de julho de 2014). *Chuva de projeto para drenagem superficial no estado de Santa Catarina* [Trabalho apresentado]. XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2014, Mato Grosso do Sul, Brasil. <http://conbea14.sbea.org.br/2014/anais/RO179-3.pdf>
- Barros, M.T.L. (2018). Drenagem urbana: bases conceituais e planejamento. En Philippi Júnior, A. (Ed.), *Saneamento, Saúde e Ambiente: Fundamentos para um desenvolvimento sustentável* (2ª ed., 980 p.). Manole.
- Beltrame, L.F., Louzada, J.A. y da Silveira, A.L. (2015). Infiltração e armazenamento no solo. En Tucci, C.E.M. (Org.), *Hidrologia: ciência e aplicação*. (4ª ed., 943 p.). UFRGS.
- Bertoni, J.C. (2015). Precipitação. En Tucci, C.E.M. (Org.), *Hidrologia: ciência e aplicação*. (4ª ed., 943 p.). UFRGS.
- Botelho, R.G.M, Guerra, J.T. y Silva, A.S. (Orgs.) (2012). *Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações* (8ª ed.). Bertrand Brasil.
- Brandão, V. S. et al. (2006). *Infiltração da água no solo*. (3ª ed.). UFV.
- Camapum de Carvalho, J. y Lelis, A.C. (2010). *Cartilha infiltração*. Editora FT.
- Camargo, A.F.M. y Schiavetti, A. (2002). *Conceitos de bacias hidrográficas. Teorias e Aplicações*. Editus.
- Canholi, A.P. (2005). *Drenagem urbana e controle de enchentes*. Oficina de Textos.
- DNIT, Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Diretoria de planejamento e pesquisa. (2005). *Manual de hidrologia básica para estruturas de drenagem*. DNIT.
- Goetten, W.J. y Tambosi, M. (2023). Medidas para o controle de eventos de alagamento no município de Rio do Campo/SC. Em Rech, A.S., Palomino, L.E. y Pinto Bolívar, P.C. (Orgs.), *Engenharia, tecnologia e experiências*. Ed. UnC.
- Goetten, W.J. y Wilhelm, D.F.A. (2023). Planejamento urbano – cenários para mitigação dos eventos de alagamento no município de Rio do Campo (SC). En Marchesan et al. (Orgs.), *VI Seminário sobre Água e desenvolvimento Regional – reflexões sobre nossas relações com os bens naturais*. Editora Liber Ars.
- Tucci, C.E.M. (2015). Hidrologia: Ciência e Aplicação. En Tucci, C.E.M (Org.), *Hidrologia: ciência e aplicação* (4ª ed., 943 p.). UFRGS.
- Righetto, A.M., Moreira, L.F.F. y Sales, T.E.A. (2009). Manejo de Águas Pluviais Urbanas. En Righetto, A.M. (Org.). *Manejo de Águas Pluviais Urbanas*. ABES.