

## XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

### **ESTUDO DO COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL DE UM CAMPO EXPERIMENTAL COM PAVIMENTAÇÃO PERMEÁVEL**

*Elias Riffel<sup>1</sup>; Marcio de Oliveira Nunes<sup>2</sup> & Jedson Rodrigo Teixeira<sup>3</sup>*

**Abstract:** The use of permeable pavement has proven to be an effective solution to mitigate surface runoff problems arising from soil waterproofing, improving the drainage system and reducing the risk of flooding. From this context, the article aims to determine the surface runoff coefficient (SRC) of a pavement composed of a permeable structure and covered with interlocking concrete blocks of the paver type, referred to in this research as permeable paving experimental field (PPEF). The field has dimensions of 3.00 x 5.00 m and was built in the courtyard of block E of the Civil and Soil Engineering Laboratory of the Brusque Educational Foundation University Center - UNIFEBE. The monitoring of rainfall volumes was measured and recorded by the meteorological station IBRUSQ26, located in an annex to block F of the same institution. The methodology for planning the information was outlined by bibliographical research associated with a field study to measure the rainwater precipitated by the station and the volume of water drained by the PPEF hydrometer. The analysis of the results revealed that there was convergence between the SRC values calculated in the field and the parameters proposed by the relevant literature.

**RESUMO:** A utilização do pavimento permeável tem se mostrado uma solução eficaz para mitigar os problemas do escoamento superficial oriundos da impermeabilização do solo, melhorando o sistema de drenagem e diminuindo os riscos de alagamentos. A partir desse contexto, o artigo tem o objetivo de determinar o coeficiente de escoamento superficial (CES) de um pavimento composto por uma estrutura permeável e revestida com blocos de concreto intertravados do tipo *paver* denominada nesta pesquisa de campo experimental de pavimentação permeável (CEPP). O campo tem dimensões de 3.00 x 5.00 m e foi construído no pátio do bloco E do Laboratório de Engenharia Civil e Solos (LECS) do Centro Universitário da Fundação Educacional de Brusque/SC - UNIFEBE. O monitoramento dos volumes pluviais de precipitação foi medido e registrado pela estação meteorológica IBRUSQ26, localizada em anexo ao bloco F da mesma instituição. A metodologia para planejamento das informações foi delineada por uma pesquisa bibliográfica associada a um estudo de campo para medições da água da chuva precipitada pela estação e do volume de água drenado pelo hidrômetro do CEPP. A análise dos resultados permitiu constatar que houve convergência dos valores do CES calculados no campo com os parâmetros propostos pela literatura pertinente.

**Palavras-chave:** pavimento permeável; escoamento superficial; drenagem urbana.

### **INTRODUÇÃO**

As mudanças crescentes nas características ambientais devido às ações antrópicas, como o crescimento desordenado de núcleos urbanos sem infraestrutura e planejamento, levam ao desequilíbrio dos ecossistemas naturais em função de alterações na ocupação e uso do solo. O aumento constante das taxas de urbanização em bacias hidrográficas preservadas, provoca alterações no escoamento superficial direto, com redução da infiltração em razão do aumento das áreas impermeabilizadas (Giudice; Mendes, 2013).

1) Centro Universitário da Fundação Educacional de Brusque - UNIFEBE. *E-mail:* eliasriffel@unifebe.edu.br

2) Centro Universitário da Fundação Educacional de Brusque - UNIFEBE. *E-mail:* marcio.nunes@unifebe.edu.br

3) Centro Universitário da Fundação Educacional de Brusque - UNIFEBE. *E-mail:* jedson.teixeira@unifebe.edu.br

O ciclo hidrológico é um evento que vem sendo prejudicado devido ao crescimento desordenado das cidades, que resultam no aumento do escoamento superficial de águas pluviais, impactos diretos na população e ao meio ambiente, sobretudo nas áreas mais carentes por não possuírem infraestrutura em suas moradias (Araújo *et al.*, 2000).

A utilização de um revestimento drenante pode ser assimilado aos terrenos naturais permeáveis, pré-existentes, possibilitando dessa forma uma aproximação ao ciclo hidrológico ambiental da água, cujo funcionamento hidráulico é garantido pela injeção imediata da água da chuva na estrutura do pavimento. A entrada das águas pluviais na superfície da via pode ser de forma distribuída, no caso de revestimentos permeáveis, ou de forma localizada, para o caso de entradas gradeadas ou ralos conectados ao sistema drenante (Azzout *et al.*, 1994).

Para Tennis *et al.* (2008), o pavimento de concreto permeável é um meio eficaz para atender às demandas ambientais. Ao capturar água da chuva e permitir que ela penetre no solo, o concreto permeável é fundamental para recarregar águas subterrâneas, reduzir o escoamento de águas pluviais, além de criar um uso mais eficiente da terra ao eliminar a necessidade de lagoas de retenção, valas e outros dispositivos de gerenciamento de águas pluviais. Na verdade, o uso de concreto permeável está entre as Melhores Práticas de Gestão (BMP) ao permitir o gerenciamento do escoamento de águas pluviais.

De acordo com a ABNT (NBR 16416, 2015) o pavimento permeável é definido como uma estrutura que atende simultaneamente solicitações de esforços mecânicos de rolamento e cuja estrutura permeável possibilita a infiltração das águas pluviais, diminuindo o escoamento superficial. A estrutura drenante é constituída pelas camadas de sub-base, base, assentamento e revestimento permeáveis, dimensionadas para suportar o carregamento do tráfego, distribuir os esforços para o subleito e permitir a percolação de água.

A partir desse contexto, foi traçado o objetivo da pesquisa de determinar o coeficiente de escoamento superficial (CES) delimitado pela estrutura de um pavimento drenante com área de 15 m<sup>2</sup> denominado neste estudo de campo experimental de pavimentação permeável (CEPP).

Na etapa preliminar à construção do CEPP, foram realizados ensaios de laboratório para atendimento às prescrições normativas dos materiais que compõem as camadas do pavimento, como também o dimensionamento da altura da camada granular hidráulica. A metodologia da pesquisa foi delineada por um estudo exploratório para calcular o CES baseado nas informações de eventos hidrológicos de chuva (EHC) a partir de duas medições:

- a) do volume da precipitação atmosférica monitorado pela estação meteorológica IBRUSQ26 localizada no campus do Centro Universitário da Fundação Educacional de Brusque - UNIFEBE, em anexo ao bloco F.
- b) do volume da precipitação percolado pelo CEPP através da leitura do hidrômetro instalado no final do tubo coletor de drenagem, localizado no pátio do bloco E, da mesma instituição.

A pesquisa foi limitada por uma série de 34 EHC durante o período de 1 ano entre as datas de 24/06/2024 até 11/04/2025. Na avaliação dos resultados foi verificado que os valores do CES medidos no CEPP atenderam o que os autores pesquisados apresentam como referência de escoamento para a mesma tipologia de blocos intertravados de concreto, até com determinado êxito, quando comparados com alguns autores, assemelhando o CEPP como se fosse uma área sem pavimentação.

## **COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL (CES)**

Pruski *et al.* (2014) avaliam que o escoamento superficial gerado na bacia corresponde ao ciclo hidrológico relacionado ao deslocamento das águas sobre a superfície do solo, sendo fundamental

para o projeto de obras de engenharia, pois os estudos hidrológicos estão ligados ao aproveitamento da água superficial e à proteção contra fenômenos provocados pelo seu deslocamento, e determinado por Horn *et al.* (2011) como sendo da relação entre este volume escoado superficialmente e o volume total da precipitação, uma vez que o escoamento superficial é gerado quando a intensidade precipitada é superior à taxa de infiltração do solo, sendo toda essa precipitação escoada superficialmente denominada de precipitação efetiva.

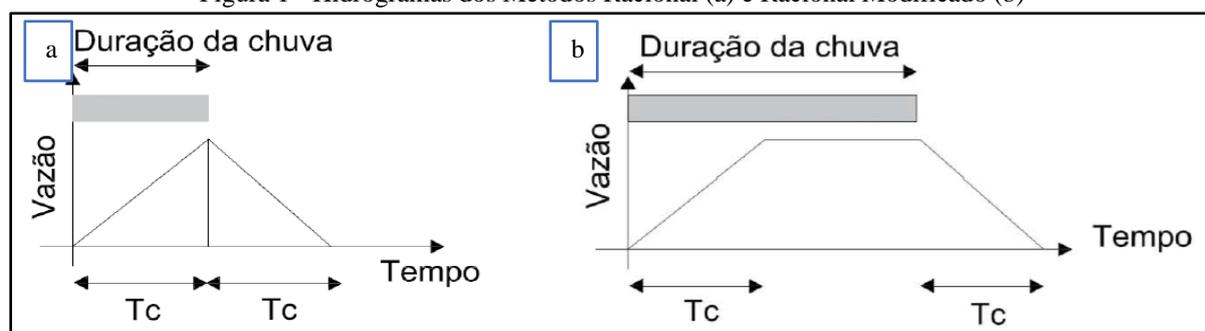
Dentre os métodos de cálculo que permitem estimar a vazão máxima do escoamento superficial resultante de um EHC, sem predispor neste estudo relativizar por demais métodos, mas pelo qual Porto (2015) evidencia as referências mais remotas datar no século passado, na Inglaterra, em que pese o Método Racional como o mais difundido para o cálculo de vazões de pico em pequenas bacias, de até 3 km<sup>2</sup>.

Conforme relacionado por Gribbin (2014), Método Racional surgiu na Inglaterra em 1889, e descreveu a evolução do método em um processo evolutivo de três etapas:

- A vazão de pico é calculada considerando uma bacia completamente impermeável, na qual toda a precipitação é convertida em escoamento;
- Mais tarde, foi adicionado um fator de proporcionalidade denominado coeficiente de *runoff* ou coeficiente de deflúvio, por considerar a infiltração no solo e a evapotranspiração;
- Para o projeto de coletores de águas pluviais urbanas, a vazão máxima é suficiente, mas para o projeto de uma bacia de retenção, é necessário um hidrograma de escoamento para uso nos procedimentos de propagação, sendo então desenvolvido o Método Racional Modificado.

Os hidrogramas, gráficos de descarga ao longo do tempo, podem ser considerados funções matemáticas, e representam a resposta da bacia hidrográfica para uma determinada chuva (Houghtalen *et al.*, 2012). Os hidrogramas do Método Racional e do Método Racional Modificado foram demonstrados na figura 1.

Figura 1 - Hidrogramas dos Métodos Racional (a) e Racional Modificado (b)

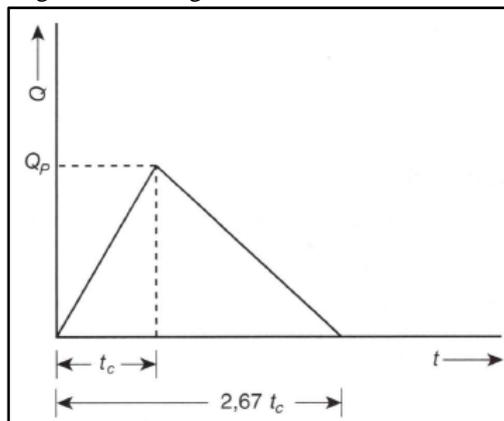


Fonte: Drumond *et al.* (2019).

De acordo com a figura 2.a, o hidrograma do Método Racional é representado por um triângulo isósceles (Porto, 2015), sendo  $T_c$  o tempo de concentração para atingir o pico da vazão e  $2T_c$  o tempo total de escoamento (Tomaz, 2002), com a duração da precipitação (constante em todo o processo) igual ao tempo de concentração (Canholi, 2014). Se a duração da precipitação for superior ao  $T_c$  da bacia hidrográfica, o hidrograma resultante tem forma trapezoidal, conforme mostrado na figura 2.b (Cleveland *et al.*, 2011).

Gribbin (2014) acrescenta outra construção do Método Racional Modificado, também usado para pequenas bacias hidrográficas, em que permanece a vazão máxima como calculada pelo Método Racional, ao iniciar com um triângulo simples e estendendo a base de tempo para  $2,67 T_c$ , como foi representado na figura 2. Nesse modelo, o volume de escoamento resultante é 33% maior que o excesso de precipitação que contribui para o hidrograma.

Figura 2 - Hidrograma de escoamento 2,67Tc



Fonte: Gribbin (2014).

Para Pruski *et al.* (2014), a vazão máxima do escoamento superficial no Método Racional é determinada através da equação 1.

$$Q = (C \times im \times A) \div 360 \quad (1)$$

Q = vazão máxima de escoamento, em m<sup>3</sup>/s;

C = coeficiente de escoamento superficial (CES), adimensional;

im = intensidade máxima média de precipitação considerada constante para o tempo de duração e igual ao tempo de concentração da bacia, em mm/h;

A = área da bacia de drenagem, em ha.

Porto (2015) demonstrou que o valor do CES é determinado em função da ocupação do solo, expressando os respectivos valores para períodos de retorno da ordem de cinco a dez anos. Para o cenário de períodos de retorno maiores, há necessidade de corrigir dos valores do CES, através da equação 2.

$$Ct = 0,8 \times T^{0,1} \times C_{10} \quad (2)$$

Ct = coeficiente de escoamento superficial para o período de retorno em T anos;

T = período de retorno em anos;

C<sub>10</sub> = coeficiente de escoamento superficial para T de 10 anos, conforme os valores da figura 3.

Figura 3 - Valores de coeficiente de escoamento superficial direto

Zonas	C
<b>Edificação muito densa:</b> Partes centrais densamente construídas de uma cidade com ruas e calçadas pavimentadas	0,70 - 0,95
<b>Edificação não muito densa:</b> Partes adjacentes ao centro, de menor densidade de habitações, mas com ruas e calçadas pavimentadas	0,60 - 0,70
<b>Edificações com poucas superfícies livres:</b> Partes residenciais com construções cerradas, ruas pavimentadas	0,50 - 0,60
<b>Edificações com muitas superfícies livres:</b> Partes residenciais com ruas macadamizadas ou pavimentadas	0,25 - 0,50
<b>Subúrbios com alguma edificação:</b> Partes de arrabaldes e subúrbios com pequena densidade de construção	0,10 - 0,25
<b>Matas, parques e campos de esporte:</b> Partes rurais, áreas verdes, superfícies arborizadas, parques ajardinados, campos de esporte sem pavimentação	0,05 - 0,20

Fonte: Porto (2015).

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Campo experimental de pavimentação permeável (CEPP)

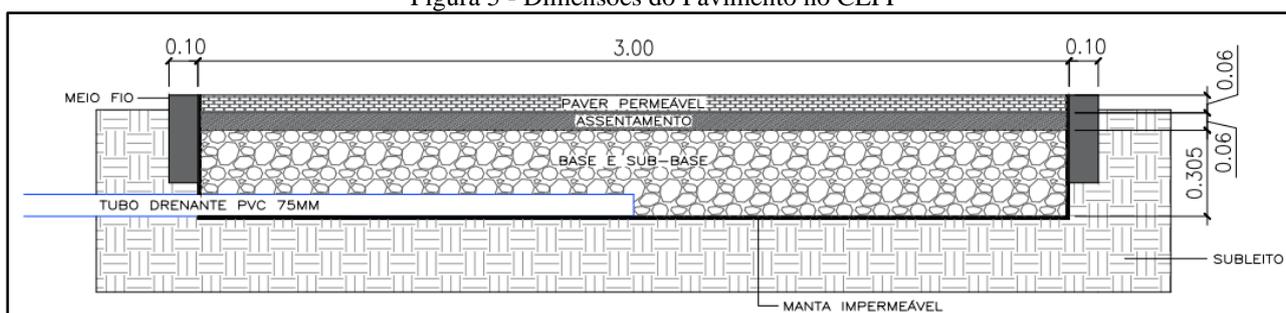
O CEPP foi edificado no *campus* do Bloco E do Centro Universitário da Fundação Educacional de Brusque - UNIFEBE, na cidade de Brusque/SC, nas proximidades do Laboratório de Engenharia Civil e Solos (LECS), com dimensões de 3.00 x 5.00 m e área de 15 m<sup>2</sup>, conforme visto na figura 4.

Figura 4 - CEPP



O CEPP possui uma altura total de 42,5 cm, sendo 30,5 cm a camada de base granular pétreia, constituída por uma mistura de brita 2, brita 1 e brita 0. Possui ainda uma camada de assentamento de 6 cm, constituída de brita 0 e pedrisco, que compõem a estrutura-reservatório do pavimento drenante. O revestimento foi executado com blocos de concreto poroso intertravado do tipo *paver* de espessura de 6 cm, com resistência característica à compressão  $f_{ck}$  25 MPa, parâmetros que atendem às especificações normativas para trânsito de pedestres. Em relação ao processo de drenagem da água pluvial, o sistema foi concebido sem infiltração no subleito, utilizando-se uma manta impermeável e um tubo drenante de PVC Ø 75 mm ligado a uma caixa de 250 litros, a qual direciona o volume escoado pelo CEPP para a tubulação (de concreto) geral de drenagem do pátio. A figura 5 representou o corte esquemático com as alturas efetivas das suas camadas.

Figura 5 - Dimensões do Pavimento no CEPP



### Estação meteorológica e hidrômetro

A estação meteorológica IBRUSQ26, está localizada ao lado do Bloco F da UNIFEBE. Através dela, é possível monitorar e registrar a temperatura e umidade do ar, precipitação, velocidade e direção do vento, radiação solar, pressão atmosférica, entre outros índices. Os dados da estação ficam registrados em um histórico virtual, podendo ainda ser acessado em tempo real. Nesta pesquisa, foram utilizados os índices pluviométricos dos EHC registrados na estação para o cálculo do CES. A estação está representada na figura 6. O hidrômetro foi instalado na entrada do reservatório que está conectado ao campo experimental. Sendo assim, toda água que percola pelo pavimento passando pelo tubo drenante, ao entrar no reservatório é medida pelo hidrômetro, evidenciando que o subleito foi

isolado da base granular através de 3 camadas de manta impermeável plástica de PVC, além de 1 camada de manta geotêxtil. A figura 7 mostra o hidrômetro instalado no reservatório do CEPP.

Figura 6 - Estação Meteorológica



Figura 7 - Hidrômetro



### Coefficiente de escoamento superficial (CES)

No escopo da pesquisa, de avaliar apenas a área delimitada pelo CEPP, o Método Racional não foi aplicado, visto que o mesmo procede para pequenas bacias, com áreas de drenagem menores que 0,8 km<sup>2</sup> ou 200 acres (Dhakar, 2013), restrita às áreas até 2 km<sup>2</sup> (Garotti e Barbassa, 2010), menores do que 3 km<sup>2</sup> (Tomaz, 2002). Assim sendo, segundo os estudos de Pruski *et al.* (2014), o escoamento superficial (ES) pode ser determinado pela equação do balanço hídrico, onde subtrai-se do volume da precipitação total (PT), o índice de cobertura vegetal (ICV) e a infiltração acumulada (I), conforme representado pela equação 3.

$$ES = PT - ICV - I \quad (3)$$

ES = lâmina de escoamento superficial, em mm;

PT = precipitação total, em mm;

ICV = interceptação pela cobertura vegetal, em mm;

I = infiltração acumulada, em mm.

Para a determinação do volume escoado na pesquisa, foram desconsiderados os parâmetros da bacia hidrográfica e do subleito, visto que o sistema de drenagem do CEPP foi estabelecido a partir de um modelo sem infiltração. Da seção 3, de conceitos e definições, da ABNT (NBR 16416, 2015), tem-se que o CES é dado pela razão do volume de água precipitada escoado superficialmente pelo volume total de água precipitada, conforme expresso na equação 4. Sendo assim, para determinação do volume escoado (VE) subtraiu-se do volume precipitado (VP) o valor do volume drenado (VD) medido no hidrômetro, dividido pela área (A) do CEPP. A equação 5 mostra o cálculo do volume escoado.

$$CES = VE \div VP \quad (4)$$

$$VE = VP - (VD \div A) \quad (5)$$

VE = Volume escoado (litros/m<sup>2</sup>).

VP = Volume precipitado medido na estação em mm e convertido na equação 04 em litros/m<sup>2</sup> (1 mm = 1 litro/m<sup>2</sup>).

VD = Volume drenado medido em litros pelo hidrômetro (litros).

A = Área do pavimento do CEPP = 15m<sup>2</sup>.

## ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os volumes precipitados foram divididos em duas classes de EHC: classe 1 até 60 mm e classe 2 de 60 mm até 268,98 mm. A classe 1 tem início no menor valor precipitado para o qual o CEPP apresentou medição do hidrômetro, de 17,02 mm até 60,00 mm, em que houve maior convergência de volumes precipitados. A classe 2 partiu de 60 mm até 269,98 mm, maior expressão do período de medição. As tabelas 1 e 2 representaram os volumes precipitados (VP) e os valores do CES para as duas classes de eventos.

Tabela 1 - Precipitação classe 1

Volume precipitado (litros/m <sup>2</sup> )	CES
17,02	1,000
17,27	0,414
17,78	0,997
20,32	0,650
22,61	0,848
24,13	0,899
25,91	0,443
25,91	0,627
26,16	0,659
29,21	0,598
30,99	0,446
31,75	0,482
34,29	0,665
35,30	0,228
36,83	0,605
42,41	0,471
43,94	0,329
44,20	0,525
44,45	0,450
44,45	0,534
44,96	0,459
46,99	0,275
48,00	0,489
50,29	0,419
53,60	0,421
54,86	0,410
56,64	0,362

Tabela 2 - Precipitação classe 2

Volume precipitado (litros/m <sup>2</sup> )	CES
65,35	0,761
71,12	0,462
72,39	0,286
100,35	0,484
107,70	0,346
120,40	0,364
268,98	0,198

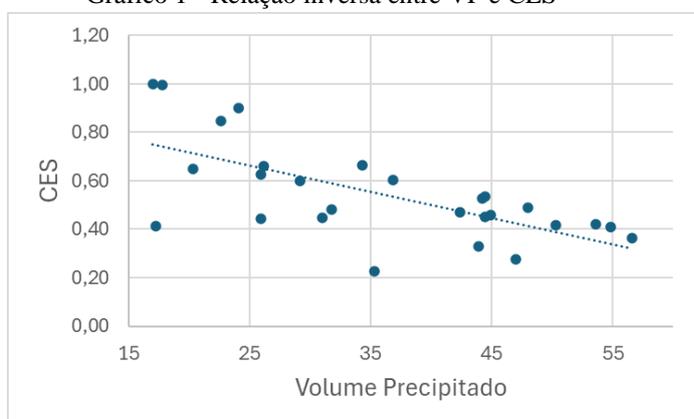
Nas tabelas 1 e 2, em termos de expressão estatística, o CES definido como a variável aleatória da pesquisa, foi analisado sob duas medidas descritivas: a média amostral ( $\bar{x}$ ) e o desvio padrão ( $s$ ). Na tabela 1, foram obtidos os valores de  $\bar{x}_1 = 0,482$  e  $s_1 = 0,1556$ ; enquanto que para a tabela 2,  $\bar{x}_2 = 0,364$  e  $s_2 = 0,132489$ .

Os valores de VP e CES da classe I, que apresentaram maior ocorrência dentre o conjunto das 34 observações, foram submetidos às análises de correlação e regressão lineares. Antes de performar o teste de correlação foi testado o pressuposto de normalidade, verificando se VP e CES apresentaram uma distribuição normal. Como o número amostral de ambos os dados é menor que 50, o teste de normalidade utilizado foi de Shapiro-Wilk, sendo:  $p > 0,05$ : a distribuição é considerada normal (dados paramétricos) e  $p \leq 0,05$ : a distribuição não é normal (dados não paramétricos). Para CES, o p foi de 0,023 e para VP, o p foi de 0,115. Como um dos dados apresentou uma distribuição não paramétrica, o coeficiente de correlação utilizado foi de Spearman, ao invés de Pearson (para dados paramétricos).

VP e CES apresentaram uma correlação estatisticamente significativa ( $p < 0,001$ ), cuja magnitude foi de moderada a forte ( $r = -0,616$ ). A correlação negativa representa que, conforme a intensidade de VP aumenta, há diminuição do CES. A magnitude dessa influência foi quantificada na análise de regressão linear.

Na formulação da regressão linear foi presumindo VP como preditor (variável independente) e CES como desfecho (variável dependente). O valor do coeficiente de determinação  $r^2 = 0,440$ , assim, pode-se afirmar que VP explica 44% das alterações do CES. A estimativa do preditor (coeficiente angular da reta de regressão) foi estatisticamente significativo ( $p < 0,001$ ) e seu valor foi de  $-0,0108$ , ou seja, para cada litro/m<sup>2</sup> aumentado em VP, tem-se uma diminuição de 0,0108 no CES. O gráfico 1 mostra a relação entre as variáveis.

Gráfico 1 - Relação inversa entre VP e CES



Os valores do CES que foram obtidos na pesquisa apresentaram significativa redução do escoamento sobre a superfície do pavimento, em comparação sobretudo com superfícies impermeáveis, onde os índices de escoamento podem chegar até 0,95, aumentando a velocidade do escoamento e como consequência, muitas vezes, ocasionando situações de alagamentos em zonas urbanas. Pruski *et al.* (2014) mencionaram os valores de coeficiente de escoamento propostos pelo *Colorado Highway Department*, de acordo com diferentes características de uma bacia hidrográfica, como segue na tabela 3.

Tabela 3 - Valores de C propostos pelo *Colorado Highway Department*

Características da Bacia	Coefficiente de escoamento
Superfícies impermeáveis	0,90 - 0,95
Terreno estéril montanhoso	0,80 - 0,90
Terreno estéril ondulado	0,60 - 0,80
Terreno estéril plano	0,50 - 0,70
Prados, campinas, terreno ondulado	0,40 - 0,65
Matas decíduas, folhagem caduca	0,35 - 0,60
Matas coníferas, folhagem permanente	0,25 - 0,50
Pomares	0,15 - 0,40
Terrenos cultivados em zonas altas	0,15 - 0,40
Terrenos cultivados em vales	0,10 - 0,30

Fonte: Pruski *et al.* (2014).

Tucci (2000) definiu em seu estudo alguns valores de coeficiente de escoamento a partir de diferentes superfícies em áreas urbanas, sendo  $C_i$  o coeficiente de escoamento de áreas urbanas impermeáveis, conforme mostrado na tabela 4.

Tabela 4 - Valores de Ci para algumas superfícies

Tipo de superfície	Valor médio	Ci
Cimento e asfalto	0,95	0,90 - 0,95
Paralelepípedo	0,60	0,58 - 0,81
<i>Blockets</i>	0,78	0,70 - 0,89
Concreto e asfalto poroso	0,03	0,05
Solo compactado	0,66	0,59 - 0,79

Fonte: Adaptado de Tucci (2000).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Brasil vem demonstrando ao longo dessas últimas décadas um crescimento significativo da população urbana, criando-se as chamadas regiões metropolitanas. E, a partir do desenvolvimento urbano, ocorre por conseguinte a impermeabilização do solo através dos telhados das construções, pátios e ruas calçadas. Dessa forma, parte da água que antes infiltrava no solo, passa a escoar sobre as superfícies edificadas e pelo aparelhamento dos sistemas de drenagem urbana, impactando a capacidade de vazão e exigindo maior dimensionamento das seções para o escoamento.

Nesse contexto, foi proposto como objetivo da pesquisa analisar o coeficiente de escoamento superficial (CES) proveniente da drenagem das precipitações acumuladas em um campo experimental de pavimento permeável, denominado neste estudo de CEPP. A análise limitou-se às dimensões do CEPP, ou seja, para o cálculo do CES não foram consideradas as questões que envolvem o contexto de uma bacia hidrográfica.

Dentro desse escopo de trabalho, foi aplicado o método do balanço hídrico para solo modificado, proposto na equação 3. Na formulação do método foram analisados 34 EHC durante o período de 09/05/2024 a 09/05/2025, a partir dos valores das precipitações acumuladas e monitoradas pela estação meteorológica IBRUSQ26, além dos volumes drenados e medidos pelo hidrômetro instalado no reservatório interligado no CEPP.

À luz dos valores pesquisados, concluiu-se que o pavimento permeável apresenta-se como uma estratégia eficaz na redução do escoamento superficial para o planejamento futuro das cidades, diminuindo os impactos econômicos e sociais causados pelo subdimensionamento dos sistemas de drenagem das cidades. A impermeabilização do solo é o fator que acarreta a maior concentração espacial das demandas dos recursos hídricos, além de impactar diretamente sobre o ciclo hidrológico da água nos ambientes urbanos.

Dentre as contribuições da pesquisa, evidencia-se o aspecto ambiental relacionado ao emprego de materiais sustentáveis, visto que o pavimento drenante pode ser uma das soluções para diminuir o escoamento superficial e propor um planejamento urbano eficiente, o que vem corroborar com os objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS), de medidas para combater as mudanças do clima, além da gestão dos recursos hídricos, visto que o pavimento permeável possibilita a recarga dos lençóis subterrâneos de água.

Nos atributos técnicos, a pesquisa mostrou que o pavimento drenante remete a índices de escoamento superficial relacionado às tipologias de superfícies não impermeabilizadas, como áreas não revestidas, de matas e folhagem permanente, ou ainda com pequena densidade de construções, demonstrando sua eficiência na redução do escoamento e contribuindo para minimizar os impactos dos alagamentos.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a parceria entre o Centro Universitário da Fundação Educacional de Brusque - UNIFEBE pela disponibilização da área para execução do campo experimental e ao Fundo de Amparo à Pesquisa e Inovação - FAPESC pelo fomento financeiro para aquisição de equipamentos e materiais durante a realização da pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, P. R. de *et al.* (2000). “Avaliação da eficiência dos pavimentos permeáveis na redução de escoamento superficial”. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, vol. 5, n. 3, pp. 21-29
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16416 (2015): “Pavimentos permeáveis de concreto - Requisitos e procedimentos”. Rio de Janeiro, 25 p.
- AZZOUT, Y. *et al.* (1994). *Techniques alternatives en assainissement pluvial: choix, conception, réalisation et entretien*. Paris: Technique et Documentation Lavoisier, 372 p.
- CANHOLI, A. P. (2015). *Drenagem urbana e controle de enchentes*. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 384 p.
- CLEVELAND, T. G. *et al.* (2011). *Use of the rational and modified rational methods for TxDOT hydraulic design*. Lubbock: Texas Tech University, pp. 158
- DHAKAL, Nirajan *et al.* (2013). “Modified rational unit hydrograph method and applications”. Water Management, pp. 01-13
- DRUMOND, P. de P. *et al.* (2019). “Hidrograma unitário do método racional modificado” in Anais do XXIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Foz do Iguaçu, Nov. 2019, pp. 01-10
- GAROTTI, L. M.; BARBASSA, A. P. (2010). “Estimativa de área impermeabilizada diretamente conectada e sua utilização como coeficiente de escoamento superficial”. Engenharia Ambiental Sanitária, v. 15, n. 1, pp. 19-28
- GRIBBIN, J. E. (2016). *Introdução a hidráulica, hidrologia e gestão de águas pluviais*. 4. ed. São Paulo: Cengage Learning, 546 p.
- HORN, J. F. C. *et al.* (2011). “Coeficientes de escoamento superficial: estudo comparativo entre dados observados e literatura” in Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Maceió, Nov. 2011, pp. 01-14.
- HOUGHTALEN; R. J. *et al.* (2012). *Engenharia Hidráulica*. 4. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 316 p.
- PORTO, R. L. L. (2015). “Escoamento superficial direto”, in *Drenagem urbana*. Org. por Tucci, C. E. M., Porto, R. L. L. e Bastos, M. T. de., ABRH, ed. UFRGS, Porto Alegre - RS, pp. 107-165.
- PRUSKI, F. F. *et al.* (2014). *Escoamento superficial*. 2. ed. Viçosa: Editora UFV, 2014, pp. 87
- TENNIS, P. D. *et al.* (2004). *Pervious Concrete Pavements*. Skokie: PCA, pp. 36
- TOMAZ, Plínio. (2002). *Cálculos hidrológicos e hidráulicos para obras municipais*. São Paulo: Navegar Editora, pp. 452
- TUCCI, C. E. M. (2000). “Coeficiente de escoamento e vazão máxima de bacias urbanas”. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, vol. 5, n. 1, pp. 61-68