

1 **AVALIAÇÃO DE PERMEABILIDADE DE PAVIMENTOS PARA CALÇADAS VISANDO**
2 **A REDUÇÃO DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL**

3
4 (1)Thaís Nunes Faria

5 (2)Frederico Carlos Martins de Menezes Filho

6 (1)Estudante do curso de Engenharia Civil-Universidade Federal de Viçosa, Rio Paranaíba

7 (2)Professor do curso de Engenharia Civil- Universidade Federal de Viçosa, Rio Paranaíba

8
9 Presidente da Banca: Frederico Carlos Martins de Menezes Filho

10 Membro: Maria Cláudia Sousa Alvarenga

11 Membro: Mariana Miziara Amui

12 **DATA:05/12/2017**

13
14 **RESUMO:** O crescimento urbano teve início no século XVIII e sua principal consequência foi a
15 impermeabilização de áreas ribeirinhas e aumento populacional nos centros urbanos. Esse
16 crescimento teve reflexo direto no sistema de drenagem, que por muitas vezes não contempla
17 corretamente sua função. Com isso houve aumento de inundações nos períodos chuvosos, causando
18 diversos prejuízos à população. De acordo com diversos estudos, técnicas compensatórias são
19 utilizadas para melhoria do sistema de drenagem, atenuando os impactos causados pelas áreas
20 impermeabilizadas. O presente trabalho teve por objetivo analisar a redução do escoamento de
21 quatro pavimentos submetidos a chuva simulada. Como técnica compensatória foi utilizado o
22 pavimento permeável e os outros três pavimentos de uso comum (grama, bloco com grama e piso
23 de concreto). Conforme esperado o pavimento permeável teve um comportamento semelhante ao da
24 grama, atingido porcentagens de infiltração de até 52%, enquanto o pavimento convencionalmente
25 usado, o piso de concreto, teve porcentagens de infiltração de 4,9%. Sendo assim, o pavimento
26 permeável é indicado como uma alternativa de pavimentação em áreas de calçada e
27 estacionamentos, quando não há possibilidades do uso de grama, pois essa continua sendo a
28 alternativa mais eficiente.

29
30 **PALAVRAS-CHAVES:** Drenagem; melhores práticas de manejo; simulador de chuva; concreto
31 poroso; escoamento superficial.

32
33 **ABSTRACT:** The urban growth began in the eighteenth century and its main consequence was the
34 waterproofing of riverside areas and population increase in urban centers. This growth had a direct
35 effect on the drainage system, that for many times doesn't adequately contemplates its function.

Formatado: Inglês (Estados Unidos)

36 Seeing that, there were an increase of floods in the rainy periods, causing several damages to the
37 population. According to many studies, compensatory techniques are used to the improvement of
38 the drainage system ,to mitigate the impacts caused by the waterproofed areas. The present project
39 had the objective of analyzing the reduction of the runoff of four pavements submitted to simulated
40 rainfall. It was employed as compensatory technique the permeable pavement and the other three
41 floors of common use (grass, grass block and concrete floor). As expected , the permeable
42 pavement had a similar behavior to the grass reaching infiltration percentages of up to 52% .
43 Whereas the conventionally used floor (concrete floor) had infiltration percentages of 4,9%. Thus,
44 the permeable pavement is indicated as an alternative of paving in sidewalk areas and parking lots,
45 when there is no possibility of using grass, since this one remains the most effective alternative.
46

47 **KEYWORDS:** Drainage; best management practices; rain simulator; concrete porous; surfasse
48 runoff.

49 1. INTRODUÇÃO

50
51 O crescimento urbano tem ocorrido significativamente em países em desenvolvimento desde a
52 década de 70 e estagnou-se em muitos países desenvolvidos. Tal desenvolvimento acarreta
53 impactos na infraestrutura urbana, como a grande concentração populacional em pequenas áreas, a
54 urbanização das áreas periféricas de forma descontrolada, a ausência de tratamento de esgoto, a
55 ausência de sistemas de drenagem, a ocupação do leito de rios, a impermeabilização e canalização
56 de rios, entre outros.

57 Nos últimos anos, o total de água retirado de rios, aquíferos e outros aumentou cerca de nove
58 vezes, enquanto que a população está três vezes maior e o consumo de água por pessoa dobrou. As
59 reservas mundiais representavam 16,8 mil m³/pessoa no ano de 1950. Atualmente, as reservas
60 foram reduzidas para 7,3 mil m³/pessoa, e tem-se a estimativa que nos próximos 25 anos esse valor
61 seja reduzido a 4,8 mil m³/pessoa. Isso advém como resultado do aumento da população, da
62 industrialização, da agricultura e da contaminação das águas (TUCCI, 2005).

63 Um dos impactos que mais geram prejuízos à população, além da falta d'água, são as
64 inundações, que em sua maioria estão relacionadas com o acúmulo de água em partes onde há uma
65 grande área impermeável e uma falta de sistema de drenagem eficiente (TUCCI, 2005).

66 Em 2013, o Anuário Brasileiro de Desastres Naturais apresentou dados alarmantes com
67 relação a quantidade de pessoas afetadas por inundações, sendo a macrorregião sudeste a mais
68 prejudicada. No total foram 36 óbitos, 13.283 enfermos, 1.461 feridos, 59.023 desabrigados,
69 208.274 desalojados e 6 desaparecidos.

70 O problema das inundações envolve ações multidisciplinares, desde a conscientização da
71 população até técnicas que visam combater as mesmas. O uso das melhores práticas de manejo
72 como as valas e trincheiras de infiltração, pavimentos permeáveis e telhados verdes vem se
73 tornando frequentes a fim de minimizar os impactos gerados pela intensa impermeabilização do
74 solo.

75 Neste enfoque, este projeto tem como base proporcionar dados que possam mostrar a
76 eficiência de cada tipo de pavimento e promover a utilização dos mesmos, gerando ganhos para a
77 sociedade e para o meio ambiente.

78

79 **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

80 **A DRENAGEM URBANA**

81

82 Durante séculos, grande parte da população concentrou-se nos campos, caracterizando o uso
83 do solo da Idade Média. Com o Renascimento, as cidades começam a surgir. Contudo, a cidade
84 como se conhece hoje começou a ganhar contornos mais claros após a Revolução Industrial. As
85 consequências do aumento das cidades foram a falta de saneamento, mobilidade e habitação
86 (MIGUEZ, 2016).

87 O crescimento da cidade resulta na impermeabilização do solo, alterando assim o ciclo
88 hidrológico natural de determinada região. A ocorrência de doenças de veiculação hídrica fez com
89 que surgisse a concepção higienista e com isso procedeu-se a canalização de rios existentes nos
90 centros urbanos. Contudo, sistemas de drenagem não foram criados e as águas vindas das chuvas
91 misturam-se com os rios canalizados, causando um déficit na qualidade da água (SILVEIRA, 1998).

92 De fato, o desenvolvimento urbano considera apenas aspectos ligados a condição de espaço
93 da população, como por exemplo o trânsito, e despreza as outras infraestruturas como água,
94 saneamento, drenagem urbana e inundações ribeirinhas. Não preserva as condições naturais de
95 escoamento: infiltração e canais naturais, desenvolve os condutos e canais com superfícies de
96 concreto para aumentar o escoamento, privilegia para o uso do espaço de acordo com os interesses
97 de ocupação sem nenhuma preocupação de conservação ambiental (CRUZ & TUCCI, 2008).

98 Contudo, pode-se dizer que os problemas de drenagem urbana surgem por falhas entre o
99 projeto e o seu funcionamento efetivo. A falta de manutenção ou redução da vida útil são falhas que
100 geram a perda de capacidade do projeto de drenagem. Todavia, a ocorrência de cheias não está
101 associada somente a isso, pois a impermeabilização do solo, a falta de planejamento, a ocupação de
102 áreas ribeirinhas e o acúmulo de lixo em locais inapropriados faz aumentar a predisposição para
103 eventos deste tipo (POMPÊO, 2000).

104 Assim, durante muitos anos, a drenagem urbana foi abordada sem considerar o aumento
105 populacional e o zoneamento urbano, por exemplo. O aumento da população e a impermeabilização
106 do solo, trouxeram problemas, como as inundações, que são tratados de formas inadequadas e sem
107 solução definitiva (CANHOLI,2005).

108 O risco de inundação também está diretamente ligado com a frequência e duração de
109 precipitações na bacia. Uma cidade com elevada área impermeável apresentara maior volume de
110 escoamento superficial e vazão máxima, o que resulta em altos custos em obras de drenagem urbana
111 e fortes impactos sobre a população e infraestrutura (MENEZES FILHO, 2012). Ressalta-se ainda
112 que as práticas sanitaristas de evacuação rápida das águas pluviais através de obras hidráulicas não
113 são tão eficazes quanto o devido planejamento de ocupação do solo e a adoção de medidas
114 compensatórias, posturas essas que caracterizam um novo conceito de drenagem urbana, conhecida
115 como drenagem sustentável ou técnicas compensatórias (GARRIDO NETO, 2012).

116

117 **TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS**

118

119 A fim de minimizar os efeitos negativos da urbanização sobre os processos hidrológicos,
120 surgiram as técnicas compensatórias. Essas alternativas se diferenciam do sistema clássico de
121 drenagem, pois buscam considerar o impacto causado pela urbanização levando em consideração a
122 bacia de drenagem como base de estudo (TUCCI, 2005).

123 As técnicas compensatórias baseiam-se, essencialmente, na retenção e na infiltração das águas
124 precipitadas, visando o rearranjo temporal das vazões e, eventualmente, a diminuição do volume
125 escoado, reduzindo a probabilidade de inundações e possibilitando ganhos na qualidade das águas
126 pluviais (BAPTISTA, 2015).

127 Como técnicas compensatórias há dois grupos que se destacam: um que privilegia a
128 armazenagem e a recuperação da capacidade de retenção e outro que foca na infiltração. As
129 medidas que priorizam o armazenamento simulam o armazenamento que ocorriam naturalmente na
130 bacia. São exemplos de medidas de armazenamento os reservatórios de detenção, de retenção e de
131 lote. Já as medidas que tem como base a infiltração, favorecem a permeabilidade do solo, reduzindo
132 o risco de inundações. São exemplos de medidas de infiltração o pavimento permeável, a vala de
133 infiltração, a trincheira de infiltração e o telhado verde. Esses dispositivos podem ser integrados ao
134 ambiente urbano, uma vez que em tempos de seca podem ser projetados para uso de recreação. A
135 integração das soluções de drenagem com a valorização do ambiente urbano pode ser uma
136 importante forma de resolver o problema das cheias, permitindo a otimização do espaço com
137 soluções multifuncionais (MIGUEZ, 2016).

138 Deste modo, são exemplos de drenagem sustentável ou de técnicas compensatórias o LID (*Low*
139 *Impact Development*), denominado no Brasil de Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto e o
140 SUDS (*Sustainable Urban Drainage System*), em português traduzido como Sistema de Drenagem
141 Urbana Sustentável. Esses conceitos visam aumentar a infiltração do solo, buscando a restauração
142 do ciclo hidrológico no meio urbano afetado pelo crescimento populacional e consequente
143 impermeabilização do solo. Através de técnicas compensatórias como o pavimento permeável
144 pode-se chegar a este objetivo (SOUZA, CRUZ & TUCCI 2012). Aliado a conceitos como o LID e
145 o SUDS, há também o MPM (Melhores Práticas de Manejo) que visa incorporar ao sistema de
146 drenagem soluções práticas que possam reduzir os impactos no sistema de drenagem e aliar ao
147 paisagismo (MOURA, PELLEGRINO & MARTINS, 2014).

148

149 **PAVIMENTO PERMEÁVEL**

150

151 Pavimento permeável é um pavimento que atende simultaneamente as solicitações de esforços
152 mecânicos e condições de rolamento e cuja estrutura permite a percolação e/ou o acúmulo de
153 temporário de água, diminuindo o escoamento superficial, sem causar dano a estrutura. Já a
154 estrutura permeável é a combinação das camadas de sub-base permeável, base permeável, camada
155 de assentamento permeável (quando for o caso) e revestimento permeável, dimensionada para
156 suportar o carregamento do tráfego, distribuir os esforços no subleito e permitir a percolação de
157 água (NBR 16416:2015).

158 Pavimentos permeáveis são medidas de infiltração que visam aumentar a infiltração em áreas
159 urbanas e reduzir o risco de cheias. O uso deste tipo de pavimento permite a infiltração da água no
160 solo. A infiltração é facilitada pela porosidade do material utilizado, a sub-base deve permitir o
161 armazenamento de água e esta água coletada pode infiltrar no solo ou ser conduzida ao sistema de
162 drenagem (DUARTE, 2003). Segundo Araújo et al.(2000) pavimentos permeáveis podem ser de
163 asfalto poroso, de concreto poroso ou de blocos de concreto vazado preenchido com material
164 granular (areia, grama). São estruturas que apresentam elevada permeabilidade e favorecem a
165 infiltração da água no solo, contribuindo para o controle da produção do escoamento superficial. No
166 Brasil as áreas destinadas ao sistema viário e estacionamento podem chegar a 30% da área da bacia
167 de drenagem. Assim o uso de pavimentos permeáveis tem contribuído para o aumento dos débitos
168 superficiais e dos problemas de inundações urbanas (ABCP,2015)

169 Pode-se então dizer que o uso correto de pavimentos permeáveis gera, além dos ganhos
170 hidrológicos, ganhos na circulação viária, com melhoria da segurança e conforto, reduzindo a
171 formação de empóças de água e melhoria da aderência, com redução da aquaplanagem, além da
172 redução do ruído de circulação. Os pavimentos porosos que permitem a infiltração, geram ganhos

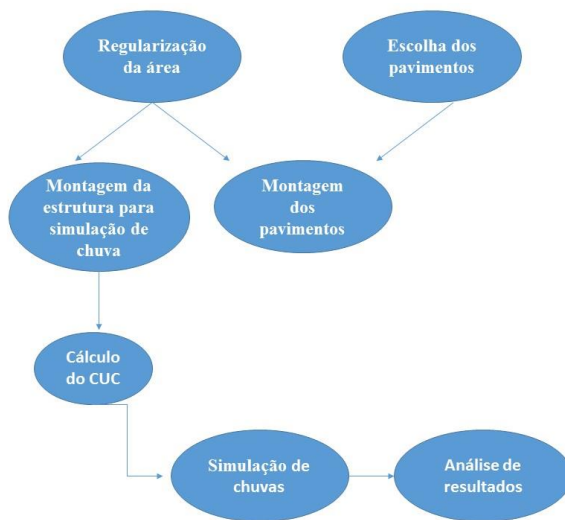
173 ambientais como a recarga do lençol freático. Além disso, o uso de pavimentos permeáveis também
174 representa ganhos financeiros, como por exemplo na redução das dimensões do sistema de
175 drenagem (ARAÚJO, 2000).

176

177 3. MATERIAIS E METODOS

178

179 As etapas de elaboração deste projeto estão enunciadas na Figura 1.



180

181 Figura 1- Etapas da elaboração do projeto para análise de pavimentos.

182 *CUC- Coeficiente de Uniformidade proposto por Christiansen

183

184 **REGULARIZAÇÃO DA ÁREA**

185

186 O experimento foi realizado em uma área próxima aos laboratórios de Engenharia Civil da
187 UFV-CRP. Com o auxílio de uma retroescavadeira realizou-se um desnível de 3% em uma área de
188 5mx2m para a instalação do experimento (Figura 2).



Figura 2 - Área utilizada para instalação do experimento

189

190

191

ESCOLHA DOS PAVIMENTOS

193

194

195

196

197

198

199

200

201

202

203

204

205

206

207

208

MONTAGEM DOS PAVIMENTOS

209

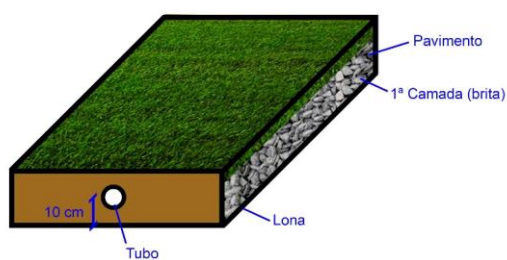
210

211

212

213

214 de brita e outra de pavimento. Na Figura 3 é ilustrado como as camadas estão dispostas no
215 experimento.
216



217
218 Figura 3- Disposição das camadas no experimento.
219

220 Na Figura 4 é mostrada a disposição dos pavimentos após a finalização da montagem. É
221 importante frisar que após a camada de brita, panos de algodão foram colocados para que o solo
222 utilizado na instalação dos pavimentos não escoasse para a brita.
223



224
225 Figura 4- Segundo passo da montagem dos pavimentos.
226

227
228

229 **MONTAGEM DA ESTRUTURA COM BICOS PARA SIMULAÇÃO DE CHUVAS**

230

231 Com o intuito de simular chuvas foi preparado uma estrutura em formato de pórtico onde um
232 bico do tipo FullJet HH cone cheio foi instalado. Para garantir escoamento contínuo a estrutura
233 estava conectada a um conjunto moto-bomba. Na Figura 5 é mostradp a realização dessa etapa.



234

235

Figura 5: Montagem do bico.

236

237 A simulação ocorreu inicialmente no bloco 1 e 2 , e depois nos blocos 3 e 4. Para aprimorar os
238 cálculos e tornar os dados confiáveis, dois bicos de diâmetros diferentes (1/4" e 3/8") foram
239 testados. Para o teste da eficiência dos bicos foi realizado o cálculo do CUC, que será enunciado no
240 item 3.5.

241 Na Figura 6 pode-se observar o modelo do bico testado.



242

243

Figura 6 - Bico FullJet HH .

COEFICIENTE DE UNIFORMIDADE PROPOSTO POR CHRISTIANSEN-CUC

É de fundo científico expressar a uniformidade de distribuição de água em uma área por meio de um coeficiente de uniformidade. Através de valores arbitrários, a distribuição é considerável aceitável ou não. Neste enfoque, optou-se pelo Coeficiente de uniformidade proposto por Christiansen (CUC) (CHRISTIANSEM, 1942).

O presente trabalho contou com a utilização de dois bicos do tipo FullJet HH, um com diâmetro de 1/4" e outro com diâmetro de 3/8". O cálculo do CUC foi realizado em ambos, assim como também o cálculo da precipitação média.

O coeficiente de uniformidade proposto por Christiansen (CUC) avalia a uniformidade da distribuição da chuva gerada pelo bico, que adotou o desvio médio como medida de dispersão, conforme equação 1.

$$CUC = \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n |X_i - \bar{X}|}{n\bar{X}}\right) \quad (1)$$

Onde;

n é o número de observações;

X_i é a altura precipitada no local i e

\bar{X} é a altura média precipitada.

Para o número de observações foram colocados copos de 200ml espaçados de 20 cm em um bloco, conforme a Figura 7:



Figura 7- Espaçamento entre copos para cálculo do CUC

Foram feitas três repetições para cada um dos bicos e os dados foram analisados.

Segundo Mantovani (2001) resultados de CUC superiores a 90% são considerados excelente e entre 70 e 80% são considerados razoáveis. Porém, Mantovani (2001) realizou estudos para

270 sistemas de irrigação por aspersão convencional e para áreas menores que 100 m². Entretanto, em
271 estudo similar ao realizado, Reis (2015) obteve valores de CUC variando de 68,3 a 82,2%. Para
272 Lima (2017), os valores de CUC variaram em 64,2 a 64,8% e são considerados satisfatórios para
273 análises experimentais.

274

275 **SIMULAÇÕES DE CHUVAS**

276

277 Para simular um evento de chuva intensa, dispôs-se da utilização de bicos e um conjunto
278 moto-bomba. Após os testes com os bicos e com a média da intensidade pluviométrica por eles
279 geradas, deu-se início a simulação de chuvas. Para cada conjunto de dois pavimentos foram
280 realizadas três simulações. Telhas de zinco foram instaladas ao redor com o intuito de propiciar uma
281 estabilidade no experimento, sem grandes variações provocadas pelo vento.

282 O conjunto moto-bomba conectada a estrutura foi ligado sempre com a mesma abertura,
283 mantendo assim a mesma intensidade pluviométrica. Para garantir dados com pequenas variações,
284 as simulações foram realizadas, assim como também os testes de CUC e intensidade pluviométrica,
285 sempre no mesmo horário e em condições climáticas semelhantes e com mesma variação de tempo.
286 Para assegurar que uma simulação não interferisse em outra, estas foram realizadas com intervalo
287 de um dia. Em cada início de simulação o experimento ficava ligado por cerca de 2 minutos para
288 que o ar da tubulação fosse retirado.

289 As simulações de chuva foram realizadas no intuito de se quantificar os volumes infiltrados
290 de cada pavimento. Segundo Maus (2007) o concreto poroso possui uma infiltração de 100%,
291 enquanto o asfalto possui 29% de infiltração, a grama 96% e o paralelepípedo 80%. Segundo
292 estudos de Tucci (2005) o concreto poroso e a grama possuem escoamento superficial semelhantes,
293 enquanto pavimentos como concreto, blockets e até mesmo solo compactado possuem um
294 escoamento superficial elevado se comparado aos dois primeiros. Para Teixeira (2015), o solo
295 gramado possui infiltração total, enquanto outros pavimentos como solo exposto, concreto maciço e
296 concreto convencional possuem baixa infiltração e o concreto poroso possui uma infiltração
297 elevada, porém menor que o solo com grama.

298 Assim foram realizadas as simulações com duração de 15 minutos, garantindo uma
299 intensidade pluviométrica suficiente para realização de cálculos e comparações.

300

301

302

303

COLETA DE DADOS

304

305

306

307

308

309

310

O principal dado obtido neste trabalho será a quantidade de água que infiltra nos pavimentos depois de realizada a simulação de chuva. Baldes com capacidade de 20 litros foram instalados na camada inferior à do pavimento para coletar a água infiltrada. Pode ser observado na Figura 3 que há um espaço entre as britas que deve ser preenchido com água, antes que essa comece a escoar para os baldes. N Figura 8 é mostrado os baldes conectados aos tubos no momento exato da simulação. Os resultados foram coletados em todas as simulações.



311

312

Figura 8: Simulação de chuva e coleta de dados

313

314

4. RESULTADOS

315

COEFICIENTE DE UNIFORMIDADE PROPOSTO POR CHRISTIANSEN -CUC

316

317

318

319

320

321

Para a escolha do melhor bico a ser utilizado nas simulações de chuva, o coeficiente de uniformidade proposto por Christiansen (CUC) foi usado como parâmetro. Nas tabelas 1 e 2 são apresentados os valores de CUC obtidos.

Tabela 1: CUC diâmetro 1/4"

Diâmetro 1/4"	
CUC (%)	63,5
	77,7
	79,3
Média (%)	73,5
Desvio Padrão (%)	8,69

322

323

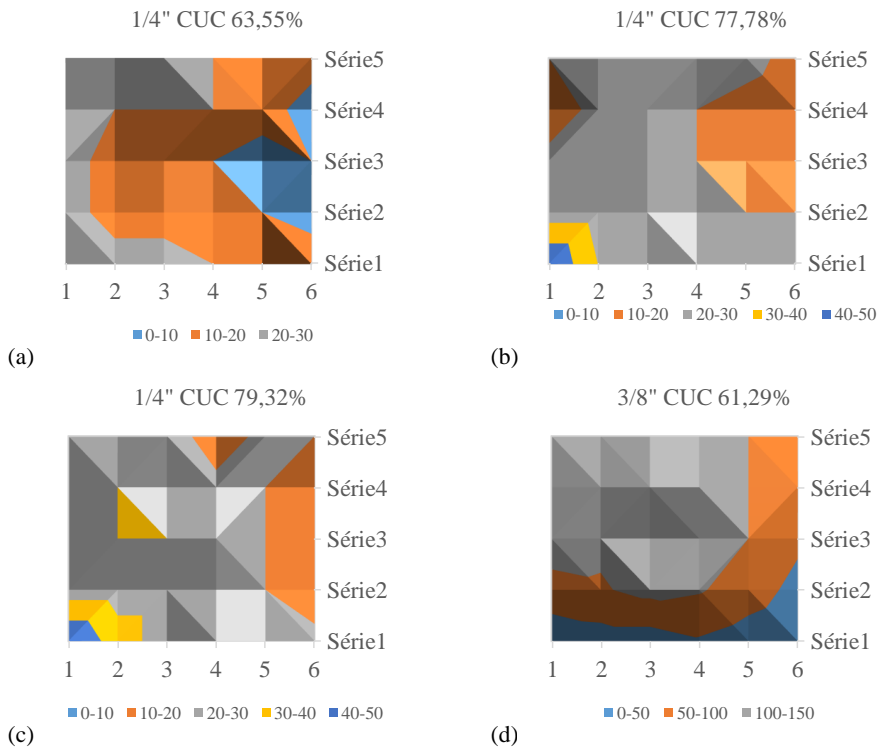
Tabela 2: CUC diâmetro 3/8"

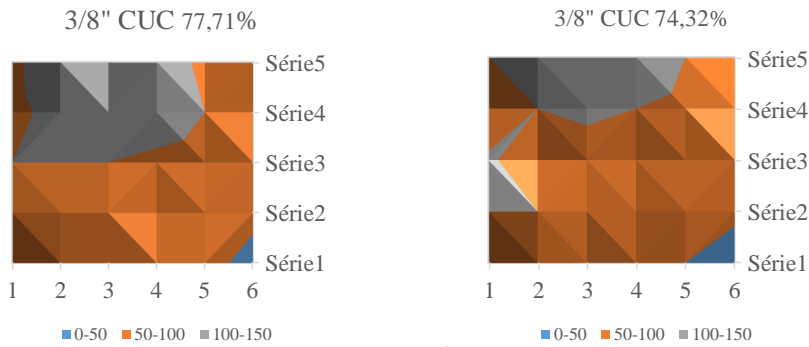
Diâmetro 3/8"	
CUC (%)	61,3
	77,7
Média (%)	74,3
Desvio Padrão (%)	71,1
	8,66

324

325 Na Figura 9 e apresentada a distribuição espacial de cada um dos bicos nas três simulações.

326 Primeiramente as três distribuições do bico de 1/4" e logo após as distribuições do bico de 3/8".





(e) (f)
 327 Figura 9: (a), (b) e (c) Distribuição espacial do CUC para diâmetro de 1/4"; (d), (e) e (f)
 328 Distribuição espacial do CUC para diâmetro de 3/8".

329 Portanto, de acordo com os dados obtidos o valor médio do CUC do diâmetro de 1/4" é um
 330 pouco maior que o valor médio do CUC do diâmetro de 3/8", entretanto segundo os gráficos de
 331 distribuição espacial pode-se observar uma melhor distribuição espacial do diâmetro de 3/8".

332 INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA GERADA PELOS BICOS

333 Durante as simulações realizadas para o cálculo do CUC também foi analisada a intensidade
 334 pluviométrica média gerada pelos bicos. Com o dado de intensidade pluviométrica, consegue-se
 335 obter o total de água que cada bloco de pavimento está recebendo. Na Tabela 3 observar-se a
 336 intensidade obtida durante cada uma das três simulações feitas para os dois bicos. Sendo assim,
 337 considerando-se o CUC e o maior valor para intensidade pluviométrica utilizou-se para as
 338 simulações o bico de 3/8".

341 Tabela 3: Valores de intensidade pluviométrica

Simulações	Intensidade Pluviométrica(mm/h)	
	1/4"	3/8"
1	26,6	127,5
2	23,3	94,7
3	25,4	84,1
Média(mm/h)	25,1	102,1

343

344

345

SIMULAÇÕES DE CHUVAS

346

347

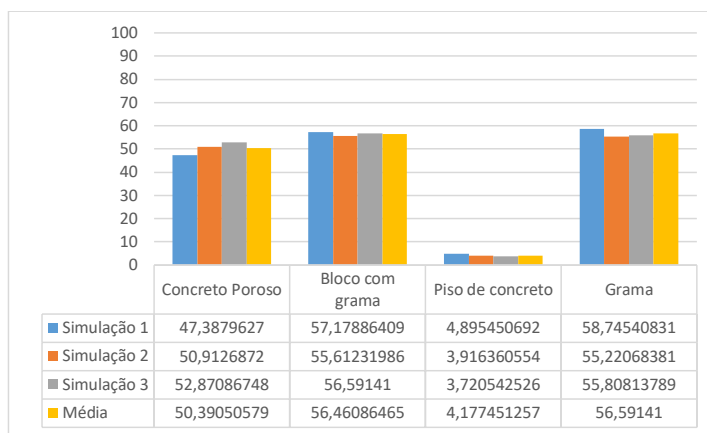
348

349

350

351

No presente trabalho os quatro pavimentos analisados (concreto poroso, bloco vazado com grama, piso de concreto e grama) foram submetidos a mesma intensidade pluviométrica no valor de 102 mm/h. Na Figura 10 é representada a quantidade de água coletada em cada uma das simulações e posteriormente a média feita entre esses valores.



352

353

Figura 10 -Porcentagem de água infiltrada em cada pavimento

354

355

356

357

358

359

360

361

Pode-se observar que o concreto poroso, a grama e o bloco com grama possuem porcentagens de água coletadas nos recipientes semelhantes e que o piso de concreto possui baixos níveis de água coletada, como esperado. De posse dessas análises pode-se verificar que o uso de concreto poroso, quando não há possibilidade de uso de grama e/ou bloco com grama, traz benefícios para o sistema de drenagem local. O uso de técnicas compensatórias, como o concreto poroso, reduz o escoamento superficial como pode ser observado nos dados encontrados neste trabalho.

362

5. CONCLUSÃO

363

364

365

366

367

A partir dos dados obtidos, das análises e das comparações feitas com estudos de Maus (2007) e Teixeira (2015) pode-se concluir que a utilização de técnicas compensatórias traz melhorias para o sistema de drenagem. Como enunciado nos itens 1 e 2, o escoamento superficial tem grande colaboração para o sistema de drenagem, principalmente em áreas onde há ocorrência de

368 inundações devida a impermeabilização do solo. Podemos perceber que o concreto poroso possui
369 uma taxa de infiltração de 50% enquanto o piso de concreto, normalmente utilizado, possui uma
370 taxa de infiltração média de 4%; sendo assim a utilização do concreto poroso é recomendada
371 quando há necessidade de pavimentação da área.

372 Portanto, conclui-se que em locais onde não há possibilidade do uso de grama ou piso de
373 grama, pois esta continua sendo a maneira mais eficiente na redução do escoamento superficial;
374 como por exemplo estacionamentos, calçadas em locais de grande acesso, o uso de concreto poroso
375 é recomendado.

376

377 6. AGRADECIMENTOS

378

379 Agradecer é reconhecer que tivemos a oportunidade de aprender e crescer com diversas
380 pessoas. Agradeço, primeiramente a Deus, pela vida e pela fé. Aos meus pais, irmão e sobrinha por
381 todo amor compartilhado. Aos técnicos do Instituto de Ciências Agrárias da UFV-CRP, em especial
382 ao Bruno, por toda ajuda e colaboração para realização desse projeto. Ao professor Lineker, pela
383 orientação inicial e por acreditar na concretização desse trabalho. Ao meu orientador, Frederico,
384 pelos ensinamentos, pela paciência e por acreditar na minha capacidade. Obrigada a todos que
385 contribuíram direta ou indiretamente, vocês foram essenciais.

386

387 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

388

- 389 ABCP. Projeto técnico: Pavimento Permeável. 2015.
390 Anuário brasileiro de desastres naturais: 2013 / Ministério da Integração Nacional. Secretaria
391 Nacional de Proteção e Defesa Civil. Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres. –
392 Brasília: CENAD, 2014.
393 ARAÚJO, P.R., TUCCI, C.E.M., GOLDEFUM J. A. Avaliação da eficiência dos pavimentos
394 permeáveis na redução do escoamento superficial. Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS.
395 Porto Alegre, 2000.
396 AGOSTINHO, M.S.P.; POLETO, C. Sistemas Sustentáveis de Drenagem Urbana: Dispositivos.
397 Holos Environment, v.12 n.2, 2012 – P.121.
398 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16416: Pavimentos Permeáveis
399 de Concreto- Requisitos e Procedimentos. 1 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2015. 32 p.
400 BAPTISTA, Márcio; Nascimento, Nilo; Barraud, Sylvie. Técnicas compensatórias em Drenagem
401 Urbana, Porto Alegre: ABRH,2015. 2ª reimpressão da 2ª edição 318p.
402 BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Ministério do Meio Ambiente. Instituto
403 Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa de informações Básicas Municipais. Perfil dos
404 Municípios Brasileiros. Brasília, 2005.
405 CANHOLI, A. P.. “Drenagem urbana e controle de enchentes”. São Paulo, Oficina de Textos, 2005.
406 CHRISTIANSEN, J. E. Irrigation by sprinkling. Berkeley, University of California: Agricultural
407 Experiment Station, 1942. 124p. (Bulletin, 670).

408 CRUZ, J. C.; TUCCI, C. E. M. Estimativa da disponibilidade hídrica através da curva de
409 permanência. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos. v.13, n.1, p.111-124. 2008.
410 DUARTE, R.X.M. Reservatórios de Lote para Drenagem Urbana. Trabalho Final de Graduação.
411 Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro (Escola Politécnica), 2003.
412 GARRIDO NETO, P.S.. Telhados verdes associados com um sistema de aproveitamento de água de
413 chuva: Elaboração de dois projetos para futuros estudos sobre esta técnica em drenagem urbana e
414 prática sustentável na construção civil. Trabalho Final de Graduação. Rio de Janeiro: Universidade
415 Federal do Rio de Janeiro (Escola Politécnica), 2012.
416 LIMA, B.O.. Transporte de material dissolvido pelo escoamento superficial produzido por um
417 simulador de chuva sobre uma superfície impermeável / Bruno Oliveira Lima. – Poços de Caldas,
418 2017. 69 f.
419 MANTOVANI, E. C. AVALIA: Programa de Avaliação da Irrigação por Aspersão e Localizada.
420 Viçosa, MG: UFV, 2001.
421 MAUS, V.W., RIGHES, A.A.; BURIOL, G.A. Pavimentos Permeáveis e Escoamento Superficial da
422 Água em Áreas Urbanas. I Simpósio de Recursos Hídricos do Norte e Centro-Oeste. 2007.
423 MENEZES FILHO, F. C. M. 2012. Estimativa das áreas impermeáveis de bairros de Porto Alegre-
424 RS como etapa ao planejamento urbano. Artigo publicado à Revista Ambiente e Água – Na
425 Interdisciplinary Journal of Applied Science.
426 MIGUEZ, M.G.. Drenagem Urbana: do projeto tradicional a sustentabilidade/ Marcelo Gomes
427 Miguez, Aline Pires Veról, Osvaldo Moura Resende. – 1. Ed.- Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.
428 POMPEO, C. A. Drenagem urbana sustentável. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 5, n. 1,
429 p. 15-23, jan./mar. 2000.
430 MOURA, N.C.B; PELLEGRINO, P.R.M; MARTINS, J.R.S. Transição em infraestruturas urbanas e
431 de controle pluvial: uma estratégia paisagística de adaptação às mudanças climáticas. Paisagem e
432 ambiente- n.34- São Paulo- P.107-128- 2014.
433 SILVEIRA, A.L.L. Hidrologia urbana no Brasil. In: Drenagem Urbana: gerenciamento, simulação e
434 controle. Porto Alegre :ABRH/Editora da Universidade/ UFRGS, cap1, pp. 7-25, 1998.
435 SOUZA, C. F.; CRUZ, M. A. S.; TUCCI, C. E. M.. “Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto:
436 Planejamento e Tecnologias Verdes para a Sustentabilidade das Águas Urbanas”, Instituto de
437 Pesquisas Hidráulicas — UFRGS, RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume 17 n.2
438 - Abr/Jun 2012, 9-18.
439 TUCCI, Carlos E.M. Gestão de Águas Pluviais Urbanas/ Carlos E. M. Tucci – Ministério das
440 Cidades- Global Water Partnership – World Bank – Unesco 2005.
441 TUCCI, C.E.M, BRAGA Jr., B.P.F; SILVEIRA, A.(1989). Avaliação do impacto da urbanização
442 nas cheias urbanas. RBE, Caderno de Recursos Hídricos. Vol.7, n.1.
443 TUCCI, C.E.M.. Inundações Urbanas. ABRH/RHAMA. Coleção ABRH, v.11. 393p. Porto Alegre,
444 RS.2007.