



# As Engenharias frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente 2

Henrique Ajuz Holzmann  
(Organizador)

**Atena**  
Editora  
Ano 2019

Henrique Ajuz Holzmann  
(Organizador)

As Engenharias frente a Sociedade, a  
Economia e o Meio Ambiente 2

Atena Editora  
2019

2019 by Atena Editora  
Copyright © Atena Editora  
Copyright do Texto © 2019 Os Autores  
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora  
Editora Executiva: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Antonella Carvalho de Oliveira  
Diagramação: Natália Sandrini  
Edição de Arte: Lorena Prestes  
Revisão: Os Autores

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

#### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista  
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
E57	As engenharias frente a sociedade, a economia e o meio ambiente 2 [recurso eletrônico] / Organizador Henrique Ajuz Holzmann. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (As Engenharias Frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente; v. 2)  Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-430-6 DOI 10.22533/at.ed.306192506  1. Engenharia – Aspectos sociais. 2. Engenharia – Aspectos econômicos. 3. Desenvolvimento sustentável. I. Holzmann, Henrique Ajuz. II. Série.  CDD 658.5
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

Atena Editora  
Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
contato@atenaeditora.com.br

## APRESENTAÇÃO

As obras As Engenharias frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente Volume 1, 2, 3 e 4 abordam os mais diversos assuntos sobre métodos e ferramentas nas diversas áreas das engenharias a fim de melhorar a relação do homem com o meio ambiente e seus recursos.

O Volume 1 está disposto em 31 capítulos, com assuntos voltados a engenharia do meio ambiente, apresentando processos de recuperação e reaproveitamento de resíduos e uma melhor aplicação dos recursos disponíveis no ambiente, além do panorama sobre novos métodos de obtenção limpa da energia.

Já o Volume 2, está organizado em 32 capítulos e apresenta uma vertente ligada ao estudo dos solos e águas, com estudos de sua melhor utilização, visando uma menor degradação do ambiente; com aplicações voltadas a construção civil de baixo impacto.

O Volume 3 apresenta estudos de materiais para aplicação eficiente e econômica em projetos, bem como o desenvolvimento de projetos mecânico e eletroeletrônicos voltados a otimização industrial e a redução de impacto ambiental, sendo organizados na forma de 28 capítulos.

No último Volume, são apresentados capítulos com temas referentes a engenharia de alimentos, e a melhoria em processos e produtos.

Desta forma um compendio de temas e abordagens que facilitam as relações entre ensino-aprendizado são apresentados, a fim de se levantar dados e propostas para novas discussões em relação ao ensino nas engenharias, de maneira atual e com a aplicação das tecnologias hoje disponíveis.

Boa leitura

Henrique Ajuz Holzmann

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
ESTUDOS DA ÁGUA E SEDIMENTOS NA BACIA DO RIO UBERABINHA EM UBERLÂNDIA - MG	
Maria da Graça Vasconcelos	
Luiz Alfredo Pavanin	
Erich Vectore Pavanin	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3061925061</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>13</b>
BATIMETRIA E MEDIÇÃO DE VAZÃO NA BACIA DO RIO JI-PARANÁ - RO	
Renato Billia de Miranda	
Camila Bermond Ruezzeno	
Bruno Bernardo dos Santos	
Frederico Fabio Mauad	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3061925062</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>26</b>
MONITORAMENTO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA PARA ENSAIO DE PROVA DE CARGA EM SOLO BASÁLTICO	
Daniel Russi	
Sandra Garcia Gabas	
Giancarlo Lastoria	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3061925063</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>37</b>
UTILIZAÇÃO DO MÉTODO PAPEL FILTRO E CENTRÍFUGA PARA DETERMINAÇÃO DE CURVAS DE RETENÇÃO DE ÁGUA NO SOLO E CORRELAÇÕES COM PARÂMETROS GEOTÉCNICOS	
Ana Carolina Dias Baêso	
Eduardo Souza Cândido	
Roberto Francisco de Azevedo	
Gustavo Armando dos Santos	
Tulyo Diniz Oliveira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3061925064</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>51</b>
DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS CARACTERÍSTICOS DE UM SOLO TROPICAL DA BAIXADA FLUMINENSE NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO	
Fernando Benedicto Mainier	
Claudio Fernando Mahler	
Viktor Labuto Ramos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3061925065</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>61</b>
ELABORAÇÃO DE UMA CARTA DE UNIDADES DE TERRENO DO MUNICÍPIO DE CACHOEIRO DE ITAPEMIRIM – ES	
Bruna Xavier Faitanin	
Éder Carlos Moreira	
Altair Carrasco de Souza	
Vitor Roberto Schettino	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3061925066</b>	

<b>CAPÍTULO 7 .....</b>	<b>69</b>
ESTABILIZAÇÃO DE UM SOLO SILTE ARENOSO DA FORMAÇÃO GUABIROTUBA COM CAL PARA USO EM PAVIMENTAÇÃO	
Wagner Teixeira Eclesielter Batista Moreira João Luiz Rissardi Vanessa Corrêa de Andrade Ronaldo Luis dos Santos Izzo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3061925067</b>	
<b>CAPÍTULO 8 .....</b>	<b>80</b>
INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE CAL HIDRATADA NA RESISTÊNCIA DE SOLOS SEDIMENTARES	
Jair de Jesús Arrieta Baldovino Eclesielter Batista Moreira Ronaldo Luis Dos Santos Izzo Juliana Lundgren Rose Erico Rafael Da Silva Wagner Teixeira Felipe Perretto Roberto Pan	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3061925068</b>	
<b>CAPÍTULO 9 .....</b>	<b>95</b>
PERFILAGEM DO SUBSOLO NO MUNICÍPIO DE APUCARANA-PR COM BASE EM DADOS DE SONDAGENS DE SIMPLES RECONHECIMENTO COM SPT	
Mariana Alher Fernandes Augusto Montor de Freitas Luiz	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3061925069</b>	
<b>CAPÍTULO 10 .....</b>	<b>104</b>
UTILIZAÇÃO DO PERMEÂMETRO DE TUBO NA DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE PERMEABILIDADE DE CAMADAS SUPERFICIAIS DE SOLOS	
Marcos Túlio Fernandes Glaucimar Lima Dutra	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250610</b>	
<b>CAPÍTULO 11 .....</b>	<b>116</b>
DIMENSIONAMENTO DE ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO EM SOLO REFORÇADO COM GEOSSINTÉTICOS	
Alessandra Lidia Mazon Maytê Pietrobelli de Souza Bianca Penteado de Almeida Tonus André Fanaya	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250611</b>	

**CAPÍTULO 12 ..... 133**

AVALIAÇÃO DA ERODIBILIDADE DO SOLO DE CARACTERÍSTICA NÃO LATERÍTICA SOB O ENFOQUE GEOTÉCNICO NAS MARGENS DA TO-222 NO MUNICÍPIO DE ARAGUAÍNA - TO

Glacielle Fernandes Medeiros  
Renata de Moraes Farias  
Palloma Borges Soares  
Ana Sofia Oliveira Japiassu  
Andressa Fiuza de Souza  
Igor Guimarães Matias

**DOI 10.22533/at.ed.30619250612**

**CAPÍTULO 13 ..... 144**

ADAPTAÇÃO DE METODOLOGIA DE HIERARQUIZAÇÃO DE NÍVEIS DE ATENÇÃO UTILIZADA EM MINERAÇÃO PARA TRABALHOS DE MAPEAMENTO DE RISCOS GEOTÉCNICOS EM ÁREA URBANA

Marcelo Corrêa da Silva  
Daiara Luiza Guimarães

**DOI 10.22533/at.ed.30619250613**

**CAPÍTULO 14 ..... 157**

PRODUÇÃO DE CONCENTRADO ÚMIDO FOSFATADO: UMA EXPERIÊNCIA DE ESTÁGIO NA MINERAÇÃO

Matheus Henrique Borges Coutinho  
Ricardo Antonio de Rezende  
Cibele Tunussi  
Marcos Vinicius Agapito Mendes

**DOI 10.22533/at.ed.30619250614**

**CAPÍTULO 15 ..... 163**

ESTUDO DOS DESPERDÍCIOS DE MATERIAIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL E SUGESTÕES PARA A MINIMIZAÇÃO E REUTILIZAÇÃO DOS MESMOS, VISANDO A OTIMIZAÇÃO DOS CUSTOS DAS OBRAS E MENORES IMPACTOS AMBIENTAIS

Beatriz Zeurgo Fernandes  
Rafael Bergjohann  
Luiz Carlos de Campos

**DOI 10.22533/at.ed.30619250615**

**CAPÍTULO 16 ..... 176**

USO DA CINZA DO BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR COMO SUBSTITUTO PARCIAL DO CIMENTO PORTLAND

Kenyson Diony Souza Silva  
Raduan Krause Lopes  
Fabiano Medeiros Da Costa

**DOI 10.22533/at.ed.30619250616**

**CAPÍTULO 17 ..... 192**

ESTUDOS PRELIMINARES DA APLICAÇÃO DE RESÍDUO DE MINÉRIO DE COBRE SULFETADO NA ELABORAÇÃO DE ARGAMASSAS DE ASSENTAMENTO E REVESTIMENTO

Julia Alves Rodrigues  
Dilson Nazareno Pereira Cardoso  
Abel Jorge Rodrigues Ferreira  
Edinaldo José de Sousa Cunha  
Bruno Marques Viegas  
Edilson Marques Magalhães  
José Antônio da Silva Souza

**DOI 10.22533/at.ed.30619250617**

**CAPÍTULO 18 ..... 200**

AValiação DO COMPORTAMENTO DE COMPOSIÇÕES A BASE DE CIMENTO DE ALUMINATO DE CÁLCIO FRENTE AOS MICRORGANISMOS STAPHYLOCOCCUS AUREUS E ESCHERICHIA COLI

Renata Martins Parrreira  
Talita Luana de Andrade  
Newton Soares da Silva  
Cristina Pacheco Soares  
Victor Carlos Pandolfelli  
Ivone Regina de Oliveira

**DOI 10.22533/at.ed.30619250618**

**CAPÍTULO 19 ..... 209**

UMA TÉCNICA, BASEADA EM PROJETO DE EXPERIMENTOS, PARA OTIMIZAÇÃO DA DOSAGEM DE ARGAMASSA MISTA DE CIMENTO, CAL E AREIA

André Rodrigues Monticeli  
Paulo César Mappa  
Aellington Freire de Araújo  
Emerson Ricky Pinheiro  
Karoline Santos da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.30619250619**

**CAPÍTULO 20 ..... 221**

REDUÇÃO DO CONSUMO DE AÇO EM VIGAS DE CONCRETO ARMADO SUBMETIDAS AO ESFORÇO CORTANTE ATRAVÉS DA ESCOLHA DO ÂNGULO DAS BIELAS

Lucas Teotônio de Souza  
Paula de Oliveira Ribeiro

**DOI 10.22533/at.ed.30619250620**

**CAPÍTULO 21 ..... 232**

ANÁLISE DE CRONOGRAMA FÍSICO x CRONOGRAMA REALIZADO NA OBRA DO FÓRUM DE RIO NEGRO/PR PARA FINS DE DIMINUIÇÃO DOS ATRASOS

Nathalia Loureiro de Almeida Correa

**DOI 10.22533/at.ed.30619250621**

**CAPÍTULO 22 ..... 250**

ANÁLISE DA IMPORTÂNCIA DO CORRETO DIMENSIONAMENTO DOS VERTEDORES EM BARRAGENS E SUAS INFLUÊNCIAS ECOLÓGICAS E SOCIOECONÔMICAS. ESTUDO DE CASO: USINA HIDRELÉTRICA DE XINGÓ

Jéssica Beatriz Dantas  
Djair Félix da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.30619250622**

<b>CAPÍTULO 23</b> .....	<b>262</b>
ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO DE PAVIMENTO PERMEÁVEL EM UMA ÁREA DA CIDADE DE JOINVILLE/SC	
Adilon Marques dos Santos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250623</b>	
<b>CAPÍTULO 24</b> .....	<b>281</b>
ANÁLISE NUMÉRICA DA SENSIBILIDADE DO ALGORITMO IMPLEX APLICADO EM UM CENÁRIO HIPOTÉTICO DE ESTABILIDADE DE TALUDE VIA TÉCNICA DE DESCONTINUIDADES FORTES	
Nayara Torres Belfort	
Ana Itamara Paz de Araujo	
Kátia Torres Botelho Galindo	
Igor Fernandes Gomes	
Leonardo José do Nascimento Guimarães	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250624</b>	
<b>CAPÍTULO 25</b> .....	<b>294</b>
DIMENSIONAMENTO DE LAJES MACIÇAS POR MEIO DE CÁLCULO MANUAL E COM O AUXÍLIO DE UM SOFTWARE COMPUTACIONAL	
Iva Emanuely Pereira Lima	
Vitor Bruno Santos Pereira	
Vinicius Costa Correia	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250625</b>	
<b>CAPÍTULO 26</b> .....	<b>306</b>
DIMENSIONAMENTO OTIMIZADO DE PILARES MISTOS PREENCHIDOS DE AÇO E CONCRETO	
Jéssica Salomão Lourenção	
Élcio Cassimiro Alves	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250626</b>	
<b>CAPÍTULO 27</b> .....	<b>325</b>
ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS: MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS	
João Augusto Dunck Dalosto	
Luiz Fernando Hencke	
Jhonatan Conceição dos Santos	
Hevrlí da Silva Carneiro Pilatti	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250627</b>	
<b>CAPÍTULO 28</b> .....	<b>336</b>
APLICAÇÃO DO CPR EM SOLOS MOLES NA REGIÃO DO CAMPO DOS PERDIZES: DUPLICAÇÃO DA BR 135, ENTRE O KM 39,36 E O KM 39,90	
Rodrigo Nascimento Barros	
Larysse Lohana Leal Nunes	
Saymo Wendel de Jesus Peixoto Viana	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250628</b>	
<b>CAPÍTULO 29</b> .....	<b>348</b>
ANÁLISE DA QUALIDADE DO AR INTERNO DE UMA TERAPIA INTENSIVA	
Sylvia Katherine de Medeiros Moura	
Antonio Calmon de Araújo Marinho	
Wagner Amadeus Galvão de Souza	
Angelo Roncalli Oliveira Guerra	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250629</b>	

<b>CAPÍTULO 30</b> .....	<b>357</b>
'ARTENGENHARIA': UMA PONTE TRANSDISCIPLINAR PARA O DESENVOLVIMENTO DO POTENCIAL HUMANO E SUAS CONTRIBUIÇÕES PARA A GESTÃO DO CONHECIMENTO	
Ana Alice Trubbianelli	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250630</b>	
<b>CAPÍTULO 31</b> .....	<b>371</b>
PROCEDIMENTO DE ANÁLISE EXPERIMENTAL E NÚMÉRICO DE UMA PONTE EXECUTADA COM PALITOS DE PICOLÉ	
Matheus Henrique Morato de Moraes	
João Eduardo Sousa de Freitas	
Diogo Henrique Morato de Moraes	
Juarez Francisco Freire Junior	
Wellington Andrade da Silva	
Geraldo Magela Gonçalves Filho	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250631</b>	
<b>CAPÍTULO 32</b> .....	<b>383</b>
EXERGIA HÍDRICA EM SISTEMAS REDUTORES DE PRESSÃO	
Conrado Mendes Moraes	
Ângela B. D. Moura	
Eduardo D. P. Schuch	
Eduardo de M. Martins	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250632</b>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR</b> .....	<b>393</b>

## ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO DE PAVIMENTO PERMEÁVEL EM UMA ÁREA DA CIDADE DE JOINVILLE/SC

**Adilon Marques dos Santos**

UNISOCIESC

Joinville - SC

**RESUMO:** O incômodo com desastres por meio da natureza está cada vez mais presente no cotidiano das sociedades urbanas, contudo cada vez mais se busca repensar e desenvolver novas maneiras de mitigar e combater situações naturais que trazem destruição, danos materiais e até vidas humanas. A abordagem ambiente também é contemplada, e é influencia direta no desenvolvimento dos objetivos do projeto, pois a existência de enchentes causa o dano no ambiente das cidades urbanas, seus animais e vegetação. O desenvolvimento do trabalho se deu, nos levantamentos científicos e conceitos das melhores praticas de drenagem, escolha do local para analise e posteriormente o dimensionamento do modelo do sistema de drenagem, resultando em um projeto de pavimentação drenante. O uso da tecnologia de pavimento permeável, para dar suporte a um sistema de drenagem eficiente, previu conceitos compensatórios e atuais de drenagem urbana. Foram levantados dados e informações, analisados, exposto o método de trabalho empregado e posteriormente desenvolvido todo o dimensionamento, tendo no final a projeção física do pavimento e contribuição para mitigar

danos e aumentar a eficiência do sistema drenante no local. Chegando assim no objetivo proposto do projeto, onde se analisou capaz de reter cerca de setenta e nove caminhões pipa de água, com capacidade de vinte mil litros cada um.

**PALAVRAS-CHAVE:** Drenagem urbana, Pavimento permeável, Enchentes, Meio Ambiente, Projeto de Drenagem.

**ABSTRACT:** The discomfort with disasters through nature is increasingly present in the everyday life of urban societies, but more and more we seek to rethink and develop new ways to mitigate and combat natural situations that bring destruction, material damage and even human lives. The environmental approach is also contemplated, and is a direct influence on the development of the project objectives, since the existence of flood causes damage to the environment of urban cities, their animals and vegetation. The development of the work was done in the scientific surveys and concepts of the best drainage practices, choice of the site for analysis and later the design of the drainage system model, resulting in a drainage paving project. The use of permeable pavement technology, to support an efficient drainage system, predicted compensatory concepts and current urban drainage. Data and information were collected, analyzed, exposed the work

method employed and later developed all the design, having at the end the physical projection of the pavement and contribution to mitigate damages and increase the efficiency of the drainage system in the place. Arriving thus in the proposed objective of the project, where it was analyzed able to retain about seventy-nine water kite trucks, with a capacity of twenty thousand liters each.

**KEYWORDS:** Urban drainage, Pervious pavement, Floods, Environment, Drainage Project.

## 1 | INTRODUÇÃO

A influência das precipitações sobre o ambiente com consequências diretas nas atividades sociais e humanas, tendo como princípio socioeconômico, principalmente, tem levado a uma crescente demanda de ações, e informações para combater essa realidade dos meios urbanos.

Sendo assim, a dinâmica temporal e espacial da precipitação pluviométrica dentro de uma bacia hidrográfica, bem como o seu próprio funcionamento, é de grande importância para o planejamento urbano. Conforme Hermann (2014) e Horn (2012), as chuvas têm influência na infraestrutura e nos recursos naturais das cidades e causam situações como enchentes, erosões e, conseqüentemente, levam prejuízos às populações.

Silveira (2009) mostra que houve um aumento da frequência de enchentes na cidade de Joinville entre os anos de 1851 a 2008.

Essa problemática leva a necessidade de repensar seus sistemas de drenagem e infraestrutura, sendo uma questão que mobiliza recursos e profissionais de várias áreas tais como habitação, saúde, infraestrutura e defesa civil.

Com o intuito de analisar a contribuição de um pavimento permeável como tecnologia de combate às enchentes urbanas, o presente trabalho se desenvolveu, como exposto a seguir:

## 2 | BACIA HIDROGRÁFICA

A hidrologia é uma ciência que tem como base os processos envolvidos em conceitos físicos naturais por meio de observação. Os fenômenos provocados nos processos hidrológicos de uma bacia hidrográfica são eventos meteorológicos, os quais possuem uma previsão em curto prazo mais segura, pois tecnologicamente a médio e longo prazo sua precisão se torna mais instável (TUCCI, 2000).

O Brasil é uma potência no que se refere ao acesso aos recursos hídricos, por toda sua extensa e rica malha hidrográfica, essas estruturas naturais recebem o nome de bacia hidrográfica. Conceitualmente é um sistema de nascentes, cursos d'água, suas nascentes e foz, sempre definidas por uma hierarquização de todo o sistema da bacia hidrográfica (SANTOS, 2004).

### 3 | DRENAGEM URBANA

Todo projeto de infraestrutura ou de drenagem urbana parte do princípio de que a água tem que escoar o mais rápido possível para fora do espaço na qual não há interesse, por diversos fatores variáveis, que a água fique ali ocupando o espaço. Todo o processo de urbanização também é outro fator que interfere diretamente na eficiência da drenagem urbana, a impermeabilização do solo e as redes de condutos pluviais. Todas essas definições de projeto, logo terão influência em outros conceitos atrelados ao da drenagem, como o aumento de determinadas ordens de magnitude das vazões máximas, o nível de enchente e sua frequência (SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS, 2002).

O desenvolvimento da urbanização nos últimos anos no Brasil é um dos fatores mais relevantes na análise desta situação. Quando se pensa em drenagem urbana, obrigatoriamente necessita-se entender o processo que os espaços urbanos vêm ocupando. Segundo o Instituto Brasileiro de Estatística e Geografia (2011), na década de 1950, a população urbana do Brasil era de 18.782.891 habitantes, passando em 2010 para 160.925.792 habitantes, um aumento de quase 10 vezes a quantidade de pessoas nos espaços urbanos.

Joinville historicamente desenvolveu-se dentro de suas bacias hidrográficas, que naturalmente já comportavam sua área de enchente. O desenvolvimento da cidade e de sua estrutura urbana, bem como a impermeabilização de seu solo perto de rios e encostas, naturalmente fez com que a cidade convivesse com problemas de enchentes trazendo prejuízos sociais, econômicos e de saúde. A mancha de enchente localiza-se essencialmente em seu perímetro urbano, tendo essa densidade populacional e estrutural como fator relevante na eficiência de sua drenagem urbana. Segundo Tucci (2005), enchentes devido à urbanização ocorrem nos sistemas de drenagem urbana pelo fato do solo impermeabilizado, suas canalizações e por eventuais obstruções nestes sistemas.

Fundamentalmente existem duas maneiras distintas de pensar a drenagem no meio urbano, diferentes formas de trabalhar o escoamento superficial direto em meios urbanizados, sendo um embasado no aumento da condutividade hidráulica e outro pensando o armazenamento destas águas (SCARATI; MARTINS, 2006).

Baptista & Nascimento (2005) pensaram a problemática da drenagem urbana de duas formas distintas, prevendo a intervenção hidráulica: o processo tradicional ou clássico e o técnico alternativo, que pensa em tratar as questões compensatórias de drenagem e no controle da origem.

#### 3.1 Sistema clássico

As bases para o tratamento da drenagem das águas pluviais e servidas têm como recomendação o rápido transporte das mesmas, de áreas urbanas, por meio de galerias, condutos subterrâneos preferencialmente, normalmente funcionando por

gravidade. Tendo sua captação por meio de bocas de lobo, e direcionadas para o sistema de macrodrenagem.

Segundo Scarati Martins (2006), todo o sistema de drenagem pensado e projetado dentro desta perspectiva tende a aumentar as vazões dos cursos ali vinculados, causando enchentes nestas áreas à jusante, em comparação a condição anterior daquela implantação do sistema de drenagem.

### 3.2 Sistema alternativo ou compensatório

É uma alternativa aos sistemas clássicos, pois trata todo o sistema de drenagem como um sistema geral, essas tecnologias possibilitam minimizar o impacto da urbanização e impermeabilização das esferas urbanas. Essa compensação vem do princípio de controlar todo o excesso de água proveniente das áreas impermeabilizadas, retardando sua transferência direta para a jusante.

Tal sistema de drenagem teve seu desenvolvimento a partir do ano de 1970 na Europa e América do Norte, evoluindo seus conceitos tecnológicos e científicos, buscando outra forma de tratar as problemáticas de enchentes e impermeabilização. Usufruindo basicamente de conceito de “compensação” de drenagem, assim minimizando os efeitos da drenagem, e os impactos na vida urbana e seu meio ambiente (BAPTISTA; NASCIMENTO, 2005).

A partir disto, Baptista & Nascimento (2005) expõem medidas e aplicações não estruturais relevantes com impacto direto na minimização das *enchentes*, sendo elas estas:

- a. Bacias ou reservatórios de detenção ou bacias de amortecimento de enchentes;
- b. Estruturas de armazenamento temporário, implantadas por simples adequação de configuração topográfica em área de estacionamento, terrenos esportivos e áreas livres em geral;
- c. Pavimentos porosos ou permeáveis, destinados ao armazenamento temporário e/ou infiltração, em áreas de estacionamento ou sistema viário;
- d. Estruturas que favoreçam a percolação, tais como trincheiras, poços, valas, valetas etc;
- e. Canalização em cursos d'água com técnicas que favorecem o escoamento lento ou mesmo a detenção temporária das águas;
- f. Tratamento do fundo dos vales com zoneamento de planícies de enchente e delimitação de áreas *non aedificandi* destinadas ao armazenamento temporário.

O uso destas perspectivas tecnológicas tem se mostrado mais eficaz com o passar do tempo, assim realizando seu objetivo que é armazenar as águas provenientes do escoamento superficial e destinando gradativamente essas águas, ou deixando que

elas infiltrem naturalmente ou solo.

## 4 | PAVIMENTO PERMEÁVEL

Nos pavimentos convencionais normalmente impermeáveis ou com baixa permeabilidade, o acúmulo de água superficial é evidente, logo em momento de grande precipitação, essas áreas estão mais propensas a enchentes. Já o concreto permeável tem como característica a permeabilidade de quase sempre 100% do excesso superficial de água infiltrando no solo, ou até mesmo ser direcionado por estruturas auxiliares de drenagem, assim sendo um ótimo agente hidráulico para pensar um sistema de drenagem urbana efetivo, como observa-se na Figura 1, Pavimento impermeável (a) e o Pavimento permeável (b) (ABCP, 2011).

A estrutura de um pavimento permeável deve ser dimensionada considerando-se a chuva da região, um determinado período de retorno, e de acordo com as características de permeabilidade e suporte do solo, e ainda deve-se considerar o nível do lençol freático (ABCP, 2011).



Figura 1: Pavimento impermeável (a) x Pavimento permeável (b)

Fonte: EPA, 2014.

A água infiltrada fica retida dentro da estrutura do pavimento, funcionando como uma caixa de retardo, assim deve ser dimensionada considerando a estrutura do solo, acúmulos de chuva e tráfego das vias empregadas, tendo como principal ponto de ganho o escoamento da água da superfície do pavimento, assim mantendo a área útil para tráfego.

### 4.1 Estrutura e função de um pavimento permeável

O pavimento permeável dentro de uma perspectiva de drenagem urbana é considerado uma tecnologia de drenagem compensatória, tendo seu uso principalmente em áreas como estacionamento e ruas com tráfego de veículos leves, locais de esportes, praças e condomínios, residências, etc (ASCE, 1992).

Com base em estudos realizados desde os anos de 1980, na França, essa

tecnologia pode ser empregada em vias de médio e alto tráfego, assim como as vias em torno da cidade de Bordeaux (CERTU, 1998).

Todos esses esquemas estruturais, quando vistos sob a ótica hidráulica, tem como objetivo a redução do escoamento superficial, assim intervindo diretamente na bacia de drenagem das instalações ali implementadas, diminuindo as áreas impermeáveis atreladas ao sistema como um todo, apresentando eficiência superior, principalmente em chuvas de pouca intensidade (ASCE, 1992).

Dentro dessas abordagens sabe-se que há dois usos diretos do pavimento permeável, os infiltrantes e os armazenadores (ABCP, 2015).

- a. Infiltrantes: são aqueles em que a água infiltra por entre o concreto e escorre direto para o solo;
- b. Armazenadores: aqueles que pretendem que parcialmente ou toda a água infiltrada seja retida em reservatórios e afins, por meio de condutos, assim trabalhadas na macrodrenagem.

A seguir a Figura 2a, 2b e 2c ilustram os sistemas distintos de projeção da implementação construtiva dos pavimentos permeáveis, e suas respectivas funções.

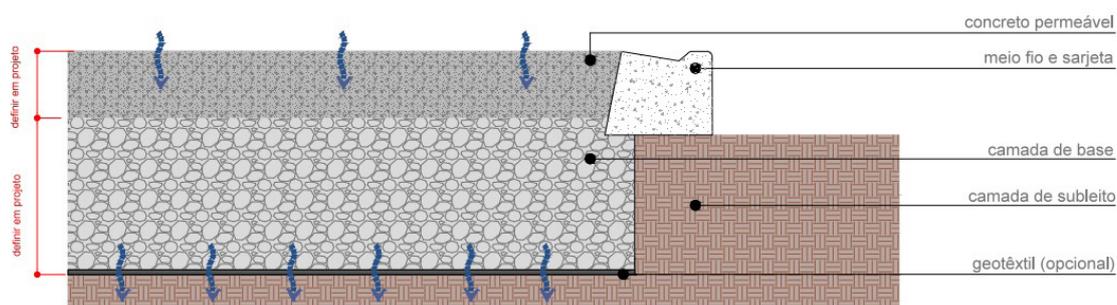


Figura 2a: Pavimento permeável com infiltração total ao solo

Fonte: ABCP, 2015.

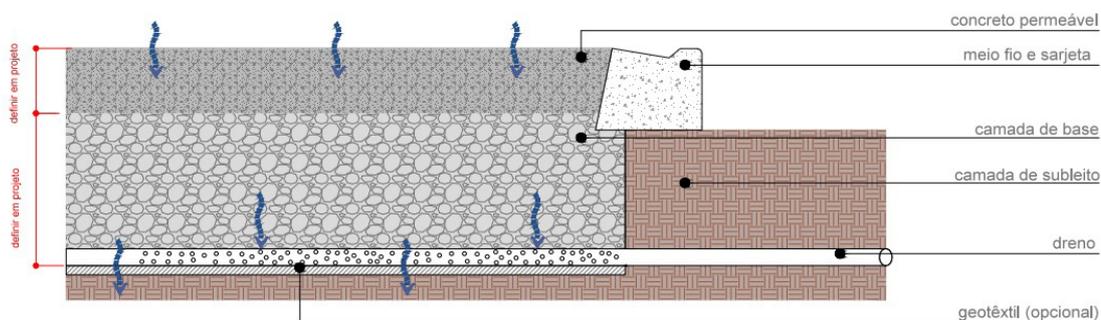


Figura 2b: Pavimento permeável com infiltração parcial ao solo

Fonte: ABCP, 2015.

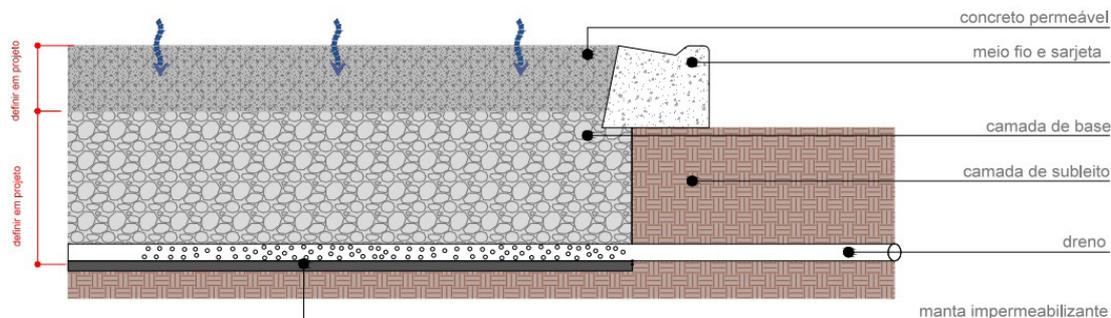


Figura 2c: Pavimento permeável sem infiltração ao solo

Fonte: ABCP, 2015.

Existe uma grande variedade de estruturas que se enquadram no conceito de pavimentos permeáveis, com algumas diferenciações bem claras. Dois tipos de pavimentos permeáveis normalmente encontrados são os pavimentos permeáveis feitos de blocos de concreto, vazados ou não, e os pavimentos porosos, conhecido também como concreto asfáltico poroso, e também, como camada porosa de atrito (CPA).

#### 4.2 Coeficiente de permeabilidade

A permeabilidade do solo é sua capacidade de permitir a percolação de fluidos através dos vazios contidos no solo. O coeficiente de permeabilidade indica a velocidade de infiltração da água no solo, referida em m/s (PINTO, 2002), permitindo assim a análise do solo para verificação da viabilidade técnica da implantação de um sistema de pavimento permeável mais eficiente para cada situação.

## 5 | DIRETRIZES PARA DIMENSIONAMENTO DA CAMADA DE RETENÇÃO DO PAVIMENTO PERMEÁVEL

Neste item referencial trabalha-se dois métodos semelhantes de dimensionamento, tanto um como o outro partindo de princípios similares e fazendo referencial ao processo de dimensionamento modular da camada do pavimentos permeáveis como referência básica.

Os dois métodos serão colocados como Método 1 e Método 2, logo discriminados a partir daqui.

## 6 | MÉTODO CIRIA

O Método 1 é proposto por CIRIA (2007), e atende aos três sistemas de execução de pavimento permeáveis, o com infiltração total da água ao solo, o de infiltração parcial da água ao solo e o sem infiltração ao solo, aqui classificados sequencialmente

como A, B e C.

Primeiramente define-se o fator R, nomenclatura dada a Razão entre área drenada com a área de infiltração, que é dada pela equação a seguir (CIRIA, 2007):

$$R = AD / Ab \quad (1)$$

Sendo:

AD= área drenada (m<sup>2</sup>)

Ab=base da área do sistema de infiltração (m<sup>2</sup>)

CIRIA (2007) e Interpave (2008) adotam R=2,0 como sendo o valor máximo de uso do R.

O fator R, faz-se necessário em outra equação para o cálculo da profundidade máxima da água numa região plana de infiltração, equação essa determinada segundo CIRIA (2007) pela equação a seguir:

$$h = (D/n) * (R*i-q) \quad (2)$$

Sendo:

h= Profundidade máxima da camada de pedras britadas (m);

D= Duração da chuva (h);

i= Intensidade da chuva (mm/h) conforme período de retorno adotado;

q= Condutividade Hidráulica do Solo (m/h);

R= Razão entre a área drenada com área de infiltração;

n= porosidade do material (volume dos vazios/volume total).

Tomaz (2002) afirma que o h<sub>min</sub> adotado deve ser de 0,30m. Posteriormente depois de calcular h, foi necessário dimensionar o Tempo de esvaziamento, (Tomaz, 2002) conforme equação a seguir:

$$T_{\text{esvaziamento}} = (n * h) / q \quad (3)$$

Sendo:

h = Profundidade máxima da camada de pedras britadas (m);

q = Condutividade Hidráulica do Solo (m/h);

n = porosidade do material (volume dos vazios/volume total).

O dimensionamento destes fatores, no desenvolver da cama de sub-base atende os três métodos distintos de dimensionamento, tanto para o modelo de escoamento direto ao solo quanto ao sistema parcial de infiltração do solo e o sistema sem infiltração ao solo.

### 6.3 Intensidade de precipitação

O tempo de concentração de chuva é um fator necessário como descrito nos itens anteriores, logo o dimensionamento deste valor se torna fundamental para a viabilidade do dimensionamento do projeto.

Para obtenção do valor da precipitação do período de chuva, destaca-se a seguir a equação 10, a equação de Lopes e Ramos (2006):

$$i_{T,d} = \frac{1,14 \cdot e^{1,5 \cdot \ln(\ln d / 7,3)} \cdot \left\{ 75,802 - 27,068 \cdot \ln \left[ -\ln \left( 1 - \frac{1}{T} \right) \right] - 15,622 \right\}}{d} \quad (4)$$

Sendo:

$i$  = Intensidade média máxima da chuva, em mm/min;

$T$  = Período de retorno, em anos;

$t$  = Duração da chuva, em minutos.

A partir da equação de Lopes e Ramos (2006), chega-se a um valor para o tempo de concentração.

No próximo item, abordam-se as diretrizes para o dimensionamento da camada de retenção da água que será drenada pelo pavimento permeável, logo ponto máximo do trabalho proposto.

## 7 | DIRETRIZES PARA DIMENSIONAMENTO DA CANALIZAÇÃO DA ÁGUA INFILTRADA NA PAVIMENTAÇÃO PERMEÁVEL.

Aqui procura-se expor todos os cálculos para o dimensionamento das tubulações que servirão para o auxílio na drenagem da água que será armazenada no reservatório de um pavimento permeável. Tendo a estrutura em “espinha de peixe” ou transversalmente ao sentido da via de modelo.

Usa-se a Lei de Darcy para a determinação da vazão do pavimento, logo o cálculo da vazão de saída da estrutura do reservatório (sub-base) de pedras britadas, onde serão instalados tubos perfurados com o objetivo de remover parcialmente a água ali infiltrada, cálculo esse estimado conforme Cedergreen, 1974 (Iterpave, 2008).

$$Q = K \cdot (h / b)^2 \quad (5)$$

Sendo:

$Q$ = taxa de *runoff* (escoamento superficial) no pavimento (m/s)

$K$ = coeficiente de permeabilidade da sub-base (m/s)

$h$ = espessura da sub-base acima da área impermeável (m)

$b$ = metade da distância entre os drenos (m)

ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland (2011) expõe valores para o coeficiente de permeabilidade, como podemos observar a seguir na tabela 1:

Tipo de Solo	Coefficiente de permeabilidade K (m/s)	Grau de Permeabilidade
Brita	$>10^{-3}$	Alta
Areia de brita, areia limpa, areia fina	$10^{-3}$ a $10^{-5}$	Média
Areia, areia suja e silte arenoso	$10^{-5}$ a $10^{-7}$	Baixa
Silte, silte argiloso	$10^{-7}$ a $10^{-9}$	Muito Baixa
Argila	$<10^{-9}$	Praticamente Impermeável

Tabela 1 - Valores de coeficiente de permeabilidade de solos

Fonte: Terzagui, Peck, 1967

Logo com a informação do valor de K, pode-se chegar ao valor de determinação de b e posteriormente o dimensionamento do diâmetro do tubo em relação à capacidade de condutividade com a água drenada, sabendo assim números de tubos em relação à área e suas distâncias. O dimensionamento do reservatório e possíveis canalizações.

Após a determinação do espaçamento mínimo entre os tubos de drenagem, os mesmos foram dimensionados, para isso seguimos um processo determinado por Tomaz (2009), que conforme Tabela 2 obtém-se as informações das vazões de tubos de concreto que variam de 5 cm até 45 cm de diâmetro e declividade variante de 0,05% até 5%, como pode-se visualizar a seguir:

Diâmetro da tubulação		Vazão a seção plena (m <sup>3</sup> /s)									
		m/m	m/m	m/m	m/m	m/m	m/m	m/m	m/m	m/m	m/m
cm	m	0,005	<u>0,01</u>	0,015	0,02	0,025	0,03	0,035	0,04	0,045	0,05
5	0,05	0,000	<u>0,001</u>	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002
10	0,10	0,003	<u>0,004</u>	0,005	0,006	0,007	0,008	0,008	0,009	0,010	0,010
15	0,15	0,009	<u>0,013</u>	0,016	0,019	0,021	0,023	0,025	0,026	0,028	0,030
20	0,20	0,020	<u>0,028</u>	0,035	0,040	0,045	0,049	0,053	0,057	0,060	0,064
25	0,25	0,036	<u>0,052</u>	0,063	0,073	0,082	0,089	0,097	0,103	0,109	0,115
30	0,30	0,059	<u>0,084</u>	0,103	0,119	0,133	0,145	0,157	0,168	0,178	0,188
35	0,35	0,089	<u>0,127</u>	0,155	0,179	0,200	0,219	0,237	0,253	0,268	0,283
40	0,40	0,128	<u>0,181</u>	0,221	0,256	0,286	0,313	0,338	0,361	0,383	0,404
45	0,45	0,175	<u>0,247</u>	0,303	0,350	0,391	0,428	0,463	0,495	0,525	0,553

Tabela 2 - Vazões a seção plena de tubos de 5cm a 45cm e para declividades de 0,005m/m a 0,05m/m conforme Equação de Manning.

Fonte: Plínio Tomaz, 2009.

Tendo as informações referentes às tubulações é necessário determinar a vazão em relação à intensidade de precipitação das águas pluviais, informação essa determinada pela equação 11 (TOMAZ, 2009), como verificado a seguir:

$$\text{Vazão total} = i * \text{Ac} \quad (6)$$

**Ac** = Área de contribuição;

**i** = Intensidade da chuva (mm/h) conforme período de retorno adotado;

Posteriormente deve-se utilizar o valor determinado da vazão total e dividir pela capacidade de vazão da tubulação escolhida conforme Tabela 4, assim determinando o número de tubos necessário para atender a demanda do sistema drenante (TOMAZ, 2009). A seguir equação 12:

$$\text{Número de tubos} = \text{Vazão total calculada} / \text{Vt} \quad (7)$$

**Vt** = Vazão da tubulação (m<sup>3</sup>/s).

Tendo o número de tubos necessário para o processo de escoamento da água que será retida no sistema do pavimento, nos resta a verificação de que o números de tubos respeitaram a distância máxima necessária calculada anteriormente, conforme equação 13 a seguir:

$$\text{Distância entre tubos} = L / \text{Número de tubos} \quad (8)$$

**L** = Comprimento total do trecho (m).

Atendendo as especificações ou se fazendo necessário o aumento no número de tubos para se adequar a distância máxima, tendo o sistema de escoamento da água armazenado na sub-base finalizada, o próximo passo para desenvolvê-lo será esse exposto no próximo parágrafo.

## 8 | ANÁLISE DO TRECHO BASE

As dimensões do trecho estudado são semelhantes em toda a sua extensão de 650 metros, tendo basicamente uma largura de 10 metros, conforme medidas tiradas “in loco”. Foram registradas as medidas em três pontos, no sentido centro bairro. O primeiro acontece na estaca 3+10m, o segundo ponto na estaca 12+10m e posteriormente o terceiro ponto 32+00m, como ilustra a Figura 3 a seguir:

A realização das medições nos trechos teve como objetivo obter a média das larguras do trecho da Rua Marquês de Olinda.

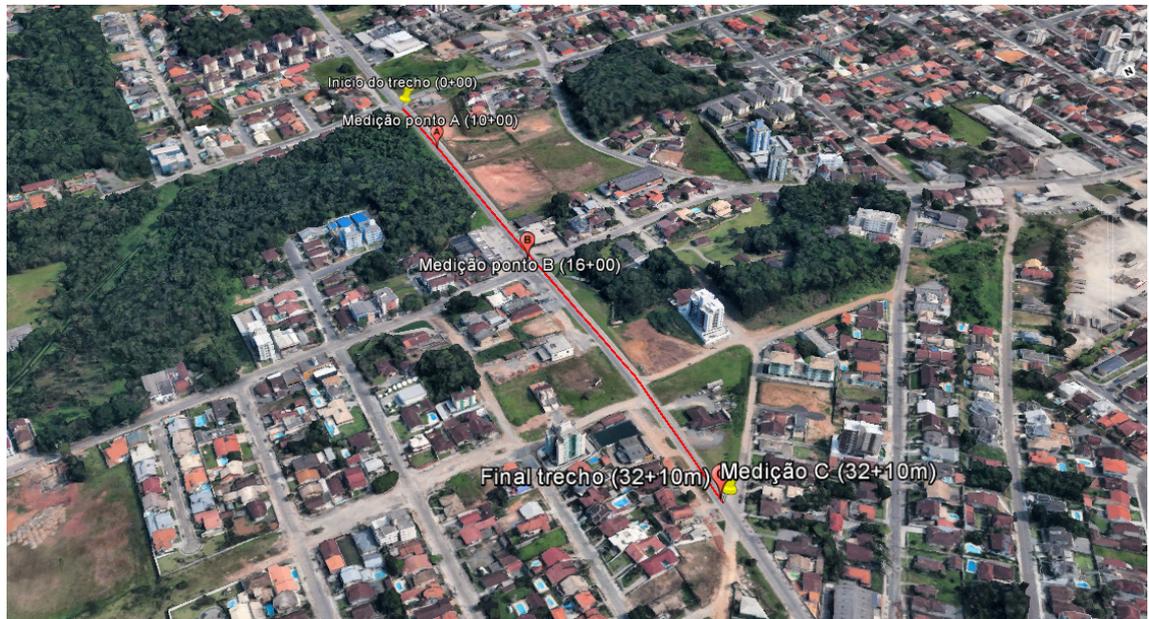


Figura 3 - Representação dos pontos de medição no trecho modelo

Fonte: Google Earth, 2017

Os resultados estão disponibilizados a seguir na Tabela 3:

TABELA DE RESULTADOS DO TRECHO DE TRABALHO	
ESTACA	LAGURA (Metros)
10+00	11,00
16+00	10,00
32+10	10,00

Tabela 3 - Valores de Larguras medidas na rua Marquês de Olinda

Fonte: Os Autores, 2017.

Com as informações levantadas acima, conclui-se que a largura média do trecho calculado através da soma total a divisão pelo número de medição, chegou-se a informação:

$$\frac{11,00 + 10,00 + 10,00}{3} = 10,33 \text{ metros}$$

Com essa informação realizou-se o dimensionamento da camada de retenção do pavimento permeável, expondo a melhor maneira de desenvolvimento para a situação encontrada no trecho proposto.

## 9 | DIMENSIONAMENTO DA CAMADA DE RETENÇÃO DO PAVIMENTO PERMEÁVEL

Neste item será abordado o dimensionamento da camada de retenção do pavimento permeável poroso, embasado no referencial teórico do item 2.5, onde estão expostas as diretrizes que determinaram o método de dimensionamento aqui desenvolvido.

Primeiramente como já abordado, foi necessário definir qual sistema de pavimento permeável adotou-se, dos três modelos de sistemas de pavimento permeável referenciados no item 2.3. Optou-se pelo método que não destina nenhum fluido direto ao solo como ilustrada na Figura 6c. Logo nosso sistema de pavimento permeável será impermeabilizado perante o solo.

## 10 | DETERMINAÇÃO DO TEMPO DE PRECIPITAÇÃO

Para determinar o tempo de precipitação, onde foi referenciado no item 2.5.4 usou-se a equação de Lopes e Ramos.

Usando um tempo de retorno de 5 anos, comum para microdrenagens, dentro de um período de 60 minutos, chegou-se a um valor de:

$$\underline{0,8043} \text{ mm/min ou } \underline{0,048} \text{ m/h}$$

No próximo item trabalha-se com dimensionamento da camada de retenção de água do sistema de pavimento permeável estudado, sabendo assim qual a medida geométrica para nossa sub-base.

## 11 | DIMENSIONAMENTO USANDO O MÉTODO CIRIA

Primeiramente estima-se alguns parâmetros que serão necessários para o processo de dimensionamento de nosso sistema de pavimento permeável.

Como primeiro passo definiu-se conforme equação 2, o fator R, ou seja, a Razão entre a área drenada e a área de infiltração. Para chegar ao valor final aplicou-se os valores conforme dados levantados do trecho do projeto, sendo eles a área drenada em 32.500 metros quadrados e da área de infiltração sendo 5.000 metros quadrados, conforme especificação da CIRIA (2007) que determina a largura da rua (10 metros) mais vinte metros de contribuição para cada lado.

$$\mathbf{AD} \text{ (área drenada)} = \mathbf{50 \times 650 = 32500 \text{ m}^2}$$

$$\mathbf{AD} \text{ (área do sistema de infiltração)} = \mathbf{10,33 \times 650 = 6714,5 \text{ m}^2}$$

Logo coloca-se essa informação na fórmula de R chegando ao valor de 4,84, para o fator R.

$$\mathbf{R = AD / Ab}$$

$$R = 32500 / 6714,5$$

$$R = 4,84$$

Posteriormente a equação 3 foi calculada, conforme referencial teórico. Seus fatores para os cálculos são os seguintes, assim chegando à altura máxima necessária da camada de retenção, ou seja, nossa sub-base.

**D** = Duração da chuva foi estimada 1 hora, situação corriqueira para região de Joinville, pois as chuvas mais alarmantes se caracterizam por acontecer em um curto espaço de tempo com alta intensidade.

**i** = A intensidade da chuva foi adotado o valor de 0,048m/h ou 48mm/h, valor esse referente ao tempo de precipitação e o tempo de retorno (5 anos).

**q** = A condutividade hidráulica do solo será o valor de 0, pois como adotou-se o sistema sem contribuição do solo, onde não há nenhum tipo de infiltração ao solo, a influência de **q** será nula.

**R** = Razão dimensionada anteriormente, onde seu valor corresponde a 4,84.

**n** = porosidade mínima adotada para o pavimento poroso é de 0,30, conforme método apresentado por CIRIA (2007).

A partir destas definições há o cálculo da equação 3:

$$h = (D / n) * (R * i - q)$$

$$h = (1 / 0,30) * [(4,84 * 0,048 - 0)]$$

$$h = 0,77857 \text{ m}$$

$$h = 0,78 \text{ m}$$

Segundo o dimensionamento proposto por CIRIA (2007), chegou-se na definição que a altura de sub-base para o sistema de pavimento permeável sem infiltração ao solo, será de 78 centímetros, então pode-se pensar nos trabalhos de execução deste perfil para o trecho da Rua Marquês de Olinda, que soma um comprimento de 650m.

## 12 | DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA COLETOR DAS ÁGUAS

Para dimensionar as tubulações que serão responsáveis em fazer o encaminhamento da água que ficará reservada na sub-base foi necessário definir o coeficiente de permeabilidade da sub-base, logo pode-se atingir esse dado através de ensaio, ou tendo como base na Tabela 1. Usaremos os valores propostos pela ABCP conforme a tabela 2.

**h** = É referente a altura da sub-base já calculada anteriormente 0,78 m;

**Q** = 0,048m/h ou 0,000013333 m/s taxa faz referência a intensidade da chuva.

**K** = 0,001 m/s ou 0,000001 mm/s

A seguir segue desenvolvimento do cálculo da equação 11:

$$Q = K * (h / b)^2$$

$$0,000013333 = 0,001 * (0,78 / b)^2$$

$$b = 6,755 \text{ m}$$

Assim define-se que metade da distância máxima possível é de 6,755 metros, logo a *Distância* máxima é igual a 13,51m.

$$L_{\max} = 2 * 6,755 = 13,51 \text{ m}$$

$$L_{\max} = 13,51 \text{ m}$$

A partir disto, utiliza-se uma tubulação de 150mm de PEAD com perfuração em todo seu comprimento, conforme Tabela 4, se valendo de uma declividade de 1% que tem a capacidade de condução a seção plena de 13L/s. Supondo que toda a água na área de contribuição proposta, seja infiltrada no pavimento permeável, logo a vazão total de drenagem será:

$$32500,00 \text{ m}^2 * 0,000013333 \text{ m/s} = \underline{0,4333 \text{ m}^3/\text{s}}$$

$$\underline{433,32 \text{ L/s}}$$

Logo tendo o resultado de 433,32 litros por segundo, dividi-se esse resultado por 13 litros por segundos, que seria a capacidade do tubo de 150 mm, tem-se o valor de 33,33, logo 34 que seria o número mínimo necessário de tubos para o sistema do pavimento permeável.

$$433,32 \text{ m}^3/\text{s} / 13,00 \text{ m}^3/\text{s} = 33,33; 34.$$

Posteriormente, utiliza-se o número de tubos necessário e dividimos pela extensão do trecho de trabalho onde se projeta o pavimento permeável.

$$650,00 \text{ m} / 34 = 19,12 \text{ m}$$

Como calcula-se que a distância máxima entre os tubos teria que ser de 13,51 metros e chegou-se a uma distância de 19,12 metros, logo a distância que deve ser usado é o valor de 13,5 metros, o número de tubos instalados deve ser de 48 tubos.

$$650,00 \text{ m} / \text{Número de tubos} = 13,51 \text{ m}$$

$$\text{Número de tubos} = 48,11; 48.$$

A partir da definição do tubo de dreno e sua quantidade, um pensamento se

torna relevante, a viabilidade econômica, pois é um material que agregará um valor discutível, a partir daqui se torna importante pensar em saídas para esses tubos transversais, algo que a frente houve a definição do tema.

Posteriormente define-se o sistema de pavimento permeável projetado e dimensionado para o trecho de trabalho.

### 13 | O PAVIMENTO PERMEÁVEL

Aqui foi definido o sistema de pavimento permeável, com sua camada de reservatório dimensionada e as tubulações de dreno.

- a. Pavimento de concreto poroso: 12 cm de espessura estipulada;
- b. Base de areia graduada grossa: espessura 5 cm;
- c. Geotêxtil: revestindo área embaixo da base;
- d. Sub-base: Brita Graduada com 0,78 m de altura;
- e. Camada de areia graduada: 5 cm para o assentamento de tubos;
- f. Tubulação de PEAD 150mm de diâmetro, sendo um tubo a cada 13,5 metros em uma extensão total de 650 metros.
- g. Geomembrana para impermeabilização do sistema perante o solo.

A seguir o projeto proposto de um sistema de pavimento permeável, com seus detalhamentos. Figura 4, a seguir.

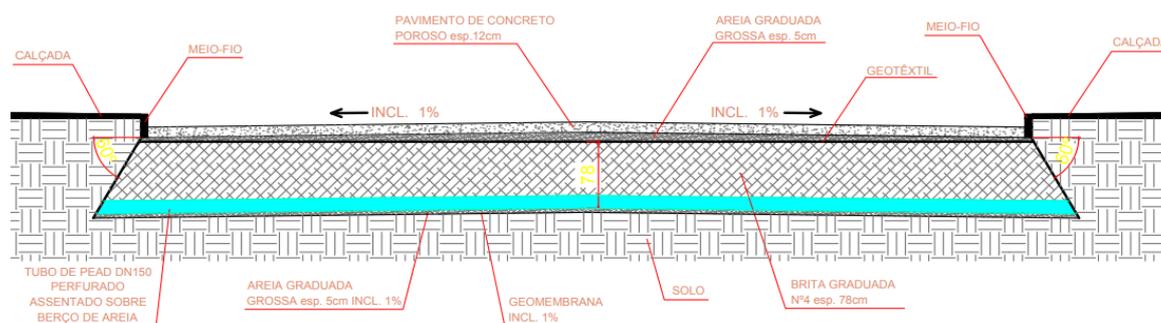


Figura 4 – Corte transversal do projeto do pavimento permeável

Fonte: O Autor, 2017.

### 14 | CONCLUSÃO FINAL

Após a elaboração de referencial teórico, escolha de local para projeção da implantação do sistema de pavimento permeável, definição do melhor método de implantação, dimensionamento da camada de retenção, elaboração de projeto e planilha de custos unitários, chegou-se a um resultado considerado satisfatório para o que foi proposto.

O pavimento permeável proposto através de revestimento de concreto poroso, teve sua escolha por ser uma tecnologia pouco implementada que tem em suas funções, ótimas características para o combate às enchentes, sendo a drenagem urbana ponto crucial na escolha do material a se empregar na infraestrutura de uma via da cidade de Joinville.

Quando foi analisada a tecnologia do pavimento permeável se evidenciou o ganho com o escoamento superficial, ao comparar com uma via de pavimento impermeável, pois como já referenciado sua permeabilidade é superior a  $10^{-5}$ , permitindo a retenção de até um 1.571.000 litros de água, o que para melhor visualização, representaria cerca de 79 caminhões pipa trucados com capacidade de 20.000 litros cada um, na camada de sub-base do pavimento, gerando maior espaço de tempo entre a precipitação e o encaminhamento desta água para os rios, assim mitigando as enchentes com a diminuição da vazão de pico ao se comparar com o sistema de drenagem atual, no qual o princípio é escoar o mais breve possível a precipitação para os rios, logo esse fator foi o mais relevante para afirmar que o projeto tem ganhos funcionais.

O sistema de pavimento permeável projetado e analisado confere as seguintes vantagens e desvantagens.

As vantagens:

- a. Aumento do escoamento superficial, minimização da possibilidade de acúmulo de água na superfície do pavimento;
- b. Aumento do tempo de encaminhamento das águas pluviais até jusante, minimizando situações de enchentes;
- c. Pavimento de concreto, com maior durabilidade em comparação ao pavimento asfáltico;
- d. Infraestrutura otimizada, usando o pavimento como tecnologia de drenagem;
- e. Sistema de cisterna e distribuição de água;

As desvantagens seriam:

- a. Custo de implantação alto comparado a execução de pavimento asfáltico e sistema de microdrenagem tradicional;
- b. Manutenção enquanto ao processo de colmatação do pavimento poroso;

Logo a escolha do sistema proposto tendo a característica de impermeabilização perante o solo do trecho, é um fator que aumenta seu custo consideravelmente, no entanto direcionado para solos argilosos e siltes, solos característicos da região de Joinville-SC, levou-se a propor a solução apresentada. A característica do solo no local específico pode levar a adaptação do sistema de um pavimento permeável para a melhor funcionalidade requerida, essa maleabilidade é outro fator interessante que agrega valor ao sistema do pavimento permeável.

Por fim, foi de extrema relevância ao trabalho produzido, e que a experiência aqui desenvolvida é de grande valia para o crescimento profissional e pessoal, que projetam ser grandes profissionais do segmento da engenharia civil e que o trabalho de conclusão de curso seja uma perspectiva para futuras vidas profissionais, logo atendendo as satisfações propostas neste trabalho espera-se que a drenagem urbana e a relevância social empregadas nas obras de infraestrutura sejam cada vez mais discutidas e aperfeiçoadas no cotidiano social brasileiro, pois só assim todo esforço e desenvolvimento tecnológico de ferramentas de valor sejam verdadeiramente implementadas nas realidades urbanas deste país.

## REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS. **DESIGN AND CONSTRUCTION OF URBAN STORMWATER MANAGEMENT SYSTEMS**. New York: ASCE, 1992. 724p.

BAPTISTA, M.; NASCIMENTO, N.; BARRAUD, S. **Técnicas compensatórias em drenagem urbana**. Porto alegre: ABRH, 2005. 266p.

CERTU. **Techniques alternatives aux réseaux d'assainissement pluvial**. Lyon: CERTU/CETE Sud-Ouest, 1998. 156p.

CIRIA, Construction Industry Research and Information Association. **The SUDS manual**. London, 2007, CIRIA C697, ISBN 978-0-86017-697-8, 606 páginas.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Stormwater technology fact sheet, Porous Pavement**. Washington, D. C.: EPA, 1999. EPA 832-F99-023.

HERMANN, Maria Lúcia de Paula. **Atlas de Desastres Naturais do Estado de Santa Catarina: Período de 1980 a 2010**. 2.ed. Florianópolis: Instituto Histórico e Geográfico de Santa Catarina – IHGSC; Cadernos Geográficos – GCN/UFSC, 2014.

HORN, João Francisco Carlexo. **Regime hidrológico de duas microbacias contíguas: um comparativo entre uso urbano e rural**. 2012. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, 2012.

INTERPAVE. **Permeable pavements**. <http://www.paving.org.uk>, dezembro de 2008 Edição 5, 80 páginas.

LOPES, F. H. Y.; RAMOS, D. A. **Estudo Comparativo entre Equações de Chuvas para o Município de Joinville, SC**. Joinville, 2006.

MARCHIONI, Mariana & SILVA, Cláudio Oliveira - **Conceitos e Requisitos para Pavimentos Intertravado Permeável**. São Paulo, Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), 2011. 8p.

MARCHIONI, Mariana & SILVA, Cláudio Oliveira - **Pavimento Intertravado Permeável - Melhores Práticas**. São Paulo, Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), 2011. 24p.

PINTO, C. **Curso básico de mecânica dos solos**. Oficina de textos. 2ª edição. São Paulo, 2002.

PORTLAND, Associação Brasileira de Cimento (ABCP). **Manutenção de**

**Pavimentos Intertravados Permeáveis.** São Paulo, 2011.

PORTLAND, Associação Brasileira de Cimento (ABCP). **Projeto Técnico: Pavimento Permeável.** Soluções para Cidades. São Paulo, 2015.

SANTOS, Rozely Ferreira dos. **Planejamento ambiental: teoria e prática.** São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

SCARATI MARTINS, J. R. **Programa de Capacitação em Drenagem Urbana e manejo Sustentável de Águas Pluviais - Gestão de Drenagem e Inovações Tecnológicas em Micro Drenagem - Apostila de Curso Volume II,** (2006). FCTH - FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE HIDRÁULICA.

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS: **Manual de Drenagem Urbana.** Curitiba-PR. 2002. 150 pág.

SILVEIRA, Wivian Nereida; KOBAYAMA Masato; GOERL, Roberto Fabris; BRANDENBURG, Brigitte. **História das Enchentes em Joinville: 1851 – 2008.** Curitiba: Organic Trading, 133p., 153 p. 2009.

TERZAGHI, K. and PECK, R. B. (1967). **Soil Mechanics in Engineering Practice,** 2nd edn.. John Wiley, New York, London, Sydney.

TOMAZ, Plínio. **Cálculos hidrológicos e hidráulicos para obras municipais.** Navegar, São Paulo, 2002.

TOMAZ, Plínio. **Curso de Manejo de Águas Pluviais.** Navegar, São Paulo, 2009.

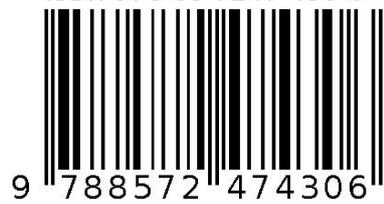
TUCCI. C E. M. (org.). **Hidrologia – Ciência e Aplicação.** ABRH/EDUSP/Editora da UFRGS, Porto Alegre, 2000.

TUCCI. C E. M. **Modelos Hidrológicos.** EDITORA DA UFRG Porto Alegre – RS; 2005. 678 p.

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Greening EPA.** Disponível em :<<http://www.epa.gov/oaintrnt/index.htm>>. Acesso em: 11 de Outubro de 2016.

Estatuto da Cidade, Lei 10.257 da Constituição Brasileira, 2001.

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-430-6



9 788572 474306