

Repavimentação asfáltica e estudo das influências na drenagem urbana

Vinicius Aranha

Jéssiza Nathália Florêncio Zampieri

Cayttano Saul de Sá Zarpellon

Arnaldo Taveira Chioveto

Martha Tussolini

Gabrielle Darc Banczek Fonseca

Ana Heloísa Maia

Karina Luzia Andrade

Ana Maria de Lima

Letícia Alves da Costa Laqua


Silvan Gomes De Brito

Luana Vieira Ramalho

Gabriel Silva Prudencio



Periodicojs
EDITORA ACADÊMICA



Repavimentação asfáltica e estudo das influências na drenagem urbana

Vinicius Aranha

Jéssiza Nathália Florêncio Zampieri

Cayttano Saul de Sá Zarpellon

Arnaldo Taveira Chioveto

Martha Tussolini

Gabrielle Darc Banczek Fonseca

Ana Heloísa Maia

Karina Luzia Andrade

Ana Maria de Lima

Letícia Alves da Costa Laqua

Silvan Gomes De Brito

Luana Vieira Ramalho

Gabriel Silva Prudencio



Periodicojs
EDITORA ACADÊMICA

Conselho Editorial

Abas Rezaey

Izabel Ferreira de Miranda

Ana Maria Brandão

Leides Barroso Azevedo Moura

Fernado Ribeiro Bessa

Luiz Fernando Bessa

Filipe Lins dos Santos

Manuel Carlos Silva

Flor de María Sánchez Aguirre

Renísia Cristina Garcia Filice

Isabel Menacho Vargas

Rosana Boullosa

Projeto Gráfico, editoração, capa

Editora Acadêmica Periodicojs

Idioma

Português

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

R425 Repavimentação asfáltica e estudo das influencias na drenagem urbana. / Vinicius Aranha [et.al]. – João Pessoa: Periodicojs editora, 2025

E-book: il. color.

Inclui bibliografia

ISBN: 978-65-6010-174-6

1. Infraestrutura urbana. 2. Drenagem urbana. I.Aranha, Vinicius. II. Zampieri, Jéssica N. Florencio.III. Zarpellon, Cayttano Saul, IV. Chioveto, Arnaldo T. V. Tussolini, Martha. VI. Fonseca, Gabrielle D. VII. Maia, Ana E., VIII.Andrade, Karina L. IV. Lima, Ana M. X. Laqua, Leticia A. XI. Brito, Silvan G. XII. Ramalho, Luana V. XII. Prudencio, Gabriel S. XIV. Título.

CDD 620

Elaborada por Dayse de França Barbosa CRB 15-553

Índice para catálogo sistemático:

1 . . Infraestrutura - 620



Filipe Lins dos Santos
Presidente e Editor Sênior da Periodicojs

CNPJ: 39.865.437/0001-23

Rua Josias Lopes Braga, n. 437, Bancários, João Pessoa - PB - Brasil

website: www.periodicojs.com.br

instagram: [@periodicojs](https://www.instagram.com/periodicojs)

Prefácio



A coleção de ebooks intitulada de Estudos Avançados em Saúde e Natureza tem como propósito primordial a divulgação e publicação de trabalhos de qualidade nas áreas das ciências da saúde, exatas, naturias e biológicas que são avaliados no sistema duplo cego.

Foi pensando nisso que a coleção de ebooks destinou uma seção específica para dar enfâse e divulgação a trabalhos de professores, alunos, pesquisadores e estudiosos das áreas das ciências da saúde. O objetivo dessa seção é unir o debate interdisciplinar com temas e debates específicos da área mencionada. Desse modo, em tempos que a produção científica requer cada vez mais qualidade e amplitude de abertura para diversos leitores se apropriarem



dos estudos acadêmicos, criamos essa seção com o objetivo de metodologicamente democratizar o estudo, pesquisa e ensino na área da ciências da saúde.

Esse novo volume busca apresentar um debate interessante sobre a influência no aumento do escoamento superficial e o comprometimento dos dispositivos drenantes, permitindo-se por meio da problematização se refletir uma melhoria dos dilemas da infraestrutura urbana.

Filipe Lins dos Santos

Editor Sênior da Editora Acadêmica Periodicojs



Sumário



INTRODUÇÃO

8

Capítulo 1

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

23

Capítulo 2

SISTEMAS DE DRENAGEM

70

Capítulo 3

DIMENSIONAMENTO DE DISPOSITIVOS DE COLETA
DE ÁGUAS PLUVIAIS

106

6



Capítulo 4

METODOLOGIA

124

Capítulo 5

DESCRIÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

153

Considerações finais

173

Referências bibliográficas

177





INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, no Brasil foi possível notar um crescimento das áreas impermeabilizadas, reflexos de uma das transições rural-urbano mais aceleradas do mundo, característica marcante do cenário brasileiro depois da década de 60, salienta Tucci (1997), que ao longo do tempo reduziram drasticamente a quantidade de área urbanas permeáveis através das obras de engenharia como a pavimentação, calçadas e telhados, assim produzindo uma série de consequências e possíveis transtornos as populações urbanas.

Dentre os inúmeros problemas causados por essa eminente urbanização, têm-se como principal dano a população, as enchentes urbanas, definido por Pompêo (2000) como um fenômeno natural que ocorre periodicamente em fruto das intensas chuvas de largo período de retorno ou por consequências dos transbordamentos de cursos d'água oriundos da transformação no equilíbrio hidrológico da bacia hidrográfica.

Segundo Tucci (1997) a urbanização tem como característica primordial os efeitos de impermeabilização



do solo, no qual a pavimentação corresponde de forma significativa por grande parte deste efeito nas áreas urbanas, pois o pavimento é caracterizado por Bernucci et al (2008) por uma estrutura impermeável encontrada em múltiplas camadas construídas sobre a terraplanagem, com dever de resistir aos esforços solicitados pelo tráfego e fornecer boas condições de rolamento.

Não muito longe deste contexto, as cidades matogrossenses também seguiram esse panorama, pois em 1970 o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) apresentou dados interessantes quanto ao município de Barra do Garças, que possuía sua população estimada em 26570 habitantes com 4481 domicílios, já no último censo realizado pelo IBGE em 2010, foram quantificados 56560 habitantes e um número de 17795 domicílios. Neste argumento abordado, o estudo realizado terá como linha principal de desenvolvimento analisar os efeitos da pavimentação no sistema de drenagem, já que as altas taxas de impermeabilização nos perímetros urbanos provocam o aumento do escoamento superficial, fazendo-se necessário



a implantação dos sistemas de drenagem.

Diante disso, os sistemas de drenagem urbana sob ótica de Freire e Souza (2007) é caracterizado como uma rede de elementos que tem por função coletar as águas precipitadas em uma determinada superfície urbana, conduzindo-as para local adequado de tratamento, para posteriormente serem devolvidas aos cursos d'água. Já para o para o Plano Nacional de Saúde e Ambiente no Desenvolvimento Sustentável (1995), os sistemas de drenagem urbana são um conjunto de medidas, ações, obras e serviços prioritários em programas de saúde pública, de natureza essencialmente preventiva de inundações.

No município de Barra do Garças-MT houve um número significativo de repavimentação nas principais vias da cidade, em particular na av. Ministro João Alberto, principal instrumento de ligação entre os estados de Mato Grosso e Goiás dentro da municipalidade. Diante do alto tráfego de veículos pesados faz-se necessário os ajustes contínuos e manutenções da via, sendo a repavimentação o recurso utilizado pela prefeitura e órgãos responsáveis.



Em termos mais restridentes, a pesquisa tem finalidade de avaliar os danos causados ao presente sistema de drenagem urbana da avenida Ministro João Alberto, decorrentes das sucessivas repavimentações nos últimos anos, buscando explicar a sobrecarga do mesmo sistema. Perante todas as obras e reformas realizadas na via, principalmente no perímetro que tange a parcela mais urbanizada da cidade, ou seja, com maior área de impermeabilização, lacada num trecho de 1,8 km, houve uma expressiva mudança no sistema de drenagem urbana, principalmente no primeiro veículo condutor das águas pluviais, promovendo uma série de riscos, consequências e impactos para o mesmo. Nessa perspectiva, como reverter os fatores que propiciaram a sobrecarga e falha do sistema de microdrenagem na avenida Ministro João Alberto devido a repavimentação da BR-070 no trecho municipal?

Diante desta interrogativa, o presente estudo busca através de algumas hipóteses viabilizar e fundamentar a análise, partindo das consequências geradas diretamente aos componentes do sistema de drenagem, em especial, as



sarjetas. Procura também verificar se houve interferência significativa das repavimentações na obstrução de algumas bocas de lobo, propiciando um estado de fragilidade do sistema de drenagem, contudo aumentado as chances de transtornos inerentes em períodos chuvosos, tais como alagamentos, enchentes e inundações urbanas. Por fim, busca-se através do redimensionamento do sistema de drenagem, uma solução plausível e praticável para amenizar e contornar a atual cenário.

No capítulo 4.1, é apresentado um breve histórico da pavimentação no Brasil, para posteriormente abranger algumas definições e classes de pavimentos que são mais usuais. Será sintetizado na integra o pavimento instalado na av. Ministro João Alberto, buscando salientar as principais características do mesmo.

No capítulo 4.2, é apresentado as consequências causadas pela acelerada urbanização e aumento drástico das taxas de impermeabilização, definições de enchentes e inundações, suas formas decorrência e impactos gerados para população.



A caracterização e definição dos sistemas de drenagem, é abordado no decorrer do capítulo 4.3. Ele é fundamental, pois nele é caracterizado sistematicamente cada elemento que compõe o sistema tradicional de drenagem, sistema este instalado na avenida estudada. Também é apresentado meios alternativos que auxiliam na captação e retenção dos deflúvios.

E por último, no capítulo 4.4 é explanado todas diretrizes e formulações que permitiram o desenvolvimento do trabalho em termos matemáticos, pois é discriminado normativas referentes a cada parcela do desenvolvimento metodológico.

OBJETIVOS

OBJETIVO GERAL

Analisar os impactos proveniente da repavimentação entre os quilômetros 0 e 2 da Av.

Ministro João Alberto gerou para o sistema de



drenagem urbana.

OBJETIVO ESPECÍFICO

Quantificar e diagnosticar a situação que se encontra os dispositivos de microdrenagem no perímetro delimitado.

Discutir a influência da repavimentação para com o aumento do escoamento superficial e conseqüentemente os danos causados para o sistema de drenagem.

Redimensionar sob luz das normas e estatutos os principais componentes do sistema de drenagem (sarjetas, bocas de lobo, galerias entre tantos outros dispositivos.), procurando estar em harmonia com o plano diretor municipal.

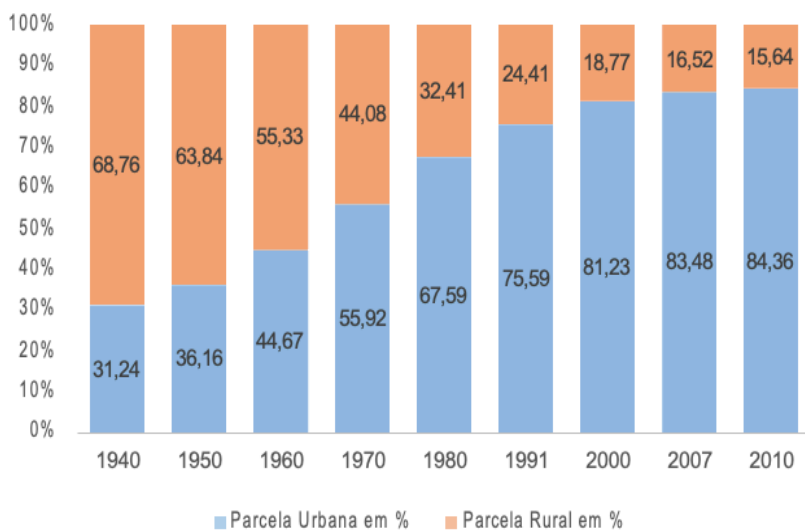
JUSTIFICATIVA

O Brasil apresentou ao longo das últimas décadas um crescimento notável na população urbana. O Gráfico



1 demonstra dados relevantes que dão veracidade ao crescimento da urbanização no Brasil, pois elenca números com enorme discrepância quando comparados os anos de 1940 e 2010, provando a quão significativa foi o fenômeno do êxodo rural.

Gráfico 1 - Evolução da urbanização no Brasil.



Fonte: IBGE (2010).

Segundo o último censo IBGE (2010)¹ a taxa

1 Disponível em: <https://seriesestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?vcodigo=POP122>.



representante da população urbana é de, aproximadamente, 84,36%. O processo de urbanização ocorreu de forma acelerada a partir da década de 60, gerando uma população urbana com infraestrutura inadequada, principalmente nos anos 80, quando os investimentos foram reduzidos, afirma Tucci (1997).

Licco (2015) enfatiza que os efeitos desse processo contínuo de urbanização elevam os índices de impermeabilização, produzindo um aumento significativo na frequência das inundações, na produção de sedimentos e na deterioração da qualidade da água. As consequências desse processo são importantes, pois o acesso à água e ao saneamento básico diminuiu, em média, 55% da mortalidade infantil (TUCCI, 2005 apud WRI, 1992, p. 385).

As enchentes, de maneira geral, são definidas por Pompêo (2000) como um processo natural que ocorre periodicamente nos cursos d'água quando há chuvas de elevada magnitude.

Ainda para o autor referido, enchentes em áreas urbanas são decorrentes primeiramente pelas chuvas



intensas de largo período de recorrência e por causa da própria urbanização.

De acordo com a Lei 11.445 de 2007 drenagem e manejo de das águas pluviais urbanas é o conjunto de atividades, infraestrutura e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas. Tradicionalmente, a drenagem urbana é definida como o conjunto elementos, interligados em um sistema, destinados a recolher as águas pluviais precipitadas sobre uma determinada região, conduzindo- as, de forma segura, a um destino final.

O sistema de drenagem faz parte de um conjunto de melhoramentos públicos existentes em áreas urbanas, no qual tem finalidade de minimizar os problemas de águas pluviais nas cidades, por meio de uma série de dispositivos que tratam de fazer com que os volumes gerados pelas chuvas sejam drenados rapidamente para jusante.

As pesquisas e estudos relacionados a drenagem



urbana normalmente são de caráter preventivo, pois os danos causados são financeiramente onerosos para o governo e devastador para a população, principalmente as que se encontram nas áreas de várzea. Diante disto, Canholi (2014) assegura que os sistemas de drenagem urbana inovadores objetivam promover em visão global o retardamento do escoamento superficial, de forma a majorar o tempo de concentração e por conseguinte diminuir as vazões máximas, que absolutamente vai em contrapartida aos mecanismos de drenagem usuais e arcaicos, que pregam o escoamento rápido da origem dos picos de cheias para os corpos d'águas a jusante, ou seja, a ligação dos sistemas de microdrenagem com o canal de macrodrenagem.

Nas últimas décadas, grande parte dos países em desenvolvimento, incluindo o Brasil, tiveram uma grande expansão urbana, já em contrapartida, a infraestrutura dos sistemas de drenagem não acompanhou tal evolução, tornando-se precários, advindo problemas com inundações, afirma Braga (1994). O autor reitera outras dificuldades enfrentadas pelos países supracitados, como o baixo nível



de conscientização do problema, a inexistência de planos a longo prazo, da utilização precária de medidas não estruturais e da manutenção inadequada dos sistemas de controle de cheias.

A região da nação que mais condensa população em áreas urbanizadas de acordo com IBGE (2010) é a sudoeste, com 92,95 %. Diante da elevada densidade demográfica desta região e principalmente das grandes metrópoles, o Atlas Brasileiro de Desastres Naturais, no volume São Paulo (CEPED, 2011) aponta dados alarmantes dentre os anos de 1991 e 2010 no estado paulista, onde as inundações e cheias resultaram em 40 pessoas gravemente feridas, 48 desaparecidas, 485 levemente feridas, 2.555 enfermas, 169 mortas, 69.206 desabrigadas, 69.521 deslocadas, 112.581 desalojadas e 4.138.650 afetadas.

No âmbito financeiro, a Prefeitura Municipal de São Paulo (2013) apresenta dados relevantes sobre prejuízos contraídos pela prefeitura municipal de São Paulo, onde para cada ponto de alagamento após uma chuva forte, estima-se um dano de R\$ 1 milhão diário ao país. Com



749 pontos de alagamentos identificados, as perdas anuais para o município podem chegar a R\$ 336 milhões, e a longo prazo podendo ultrapassar R\$ 762 milhões.

Durantes décadas, os engenheiros são responsáveis por tentar solucionar os problemas de drenagem urbana, no qual tentaram substituir a capacidade de armazenamento natural dos deflúvios com obras de engenharia, provocando o aumento da velocidade de escoamento. Diante disto Wanielista Yousef (1993), denuncia que um plano diretor de drenagem para ser aceitável deve levar ao menos cinco condicionantes indispensáveis: a viabilidade técnica, econômica, política, financeira e social. Outra resposta normalmente ditada pelos planos de drenagem é a ampliação das obras de canalizações e galerias, sendo realizadas sob um estudo demográfico e em concordância alocação e espaço referido, são soluções plausíveis para o eventual problema das cheias e inundações, afirma (SHEAFFER e WRIGHT, 1982 apud CANHOLI, 2005, p.21).

Em suma, faz-se necessário o estudo de drenagem e controle de enchentes devido ao elevado grau de



onerosidade causados por inundações, alagamentos e enchentes decorridos dos períodos chuvosos, pois de forma direta são contabilizados prejuízos enormes, variando de perdas parciais ou totais de veículos, móveis e residências, produtos no comércio e na indústria, interrupção das atividades normais da comunidade, atrasos e paralisação nos veículos de transportes.





Capítulo

1

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

PAVIMENTAÇÃO

Um breve histórico da pavimentação

Ao se tratar da história e evolução da pavimentação, depara-se paralelamente com a desenvolvimento da humanidade em si, pois era necessário fomentar meios e caminhos que possibilitassem o intercâmbio comercial, cultural, religioso, permitindo a urbanização, lembrando que as técnicas de pavimentação evoluem e adequam-se sempre que os meios de transportes modificam.

Na antiguidade foram construídas inúmeras vias com diversos tipos de pavimentos para principalmente dois fins, peregrinação religiosa e comerciais. Muitas dessas vias transformaram-se em modernas rodovias asfaltadas. As principais civilizações destacadas por Bittencourt (1958) apud Bernucci et al (2008, p.16) a iniciarem o processo revestimento de superfícies como forma de propiciar condições de tráfego para os veículos da antiguidade foram os Incas, Maias, Astecas, Índia, Egito, Babilônia, China e Mesopotâmia.



Quando o assunto é planejamento viário, os romanos foram os precursores, pois além dos objetivos supracitados, visavam a manutenção do vasto império conquistado, e designios militares. O autor ainda ressalta que a grande malha viária já existia antes mesmo da instalação do império, embora o desenvolvimento tenha engrenado de forma muito significativa a partir de então. O sistema viário romano contava elevado nível técnico e sistema de planejamento e manutenção. Dentre os inúmeros acessos construídos, tem grande extensão e significância a via que corria da Muralha de Antonino, na Escócia, a Jerusalém, com aproximadamente 5000km (PREGO, 2001).

No que diz respeito a geometria das estradas e vias romanas, elas possuíam normalmente traçados retilíneos, mesmo sendo muito comum seguirem os cursos dos rios e riachos, possuindo traçado suave como as rodovias de hoje. Nessa época ainda haviam outras preocupações relacionadas as vias, como aterros e drenagem, onde em geral a fundação era compostas por pedras grandes dispostas em linha, possibilitando uma boa plataforma e



drenagem, frisa Bernucci et al (2008).

Na Figura 1, tem-se uma melhor exemplificação da disposição das vias romanas.

Figura 1 - Via urbana em Pompéia, Itália.



Fonte: Bernucci et al (2008).

A imagem anterior deixa claro a disposição da rodovia romana, no qual é empregada o uso de rochas grandes alinhadas formando a fundação e também a



camada de rolamento. É relevante a presença de calçadas e meio fio em ambas laterais da via, possibilitando o tráfego de pessoas e comércio.

No Egito antigo, as estradas construídas não possuíam como finalidade maior o tráfego de veículos com rodas, e sim a passagem de enormes trenós destinados a transportar elevadas cargas, para a execução das pirâmides. As vias eram feitas com lajões justapostos, que em base tinham boa capacidade de suporte. Para diminuir o atrito, usufruíam-se do umedecimento através de musgos molhado, água e azeite, releva Bittencourt (1958).

Na América Latina, Hagen (1955) explica que as estradas de maior relevância foram construídas pelo Incas, espaço atualmente ocupado pelas federações do Equador, Chile, Peru, Argentina e Bolívia. O pesquisador viajante Alexandre Von Humboldt, durante os anos de 1799 a 1804 realizou expedições por várias partes da América do Sul, onde qualificou as obras rodoviárias como as mais úteis e estupendos trabalhos realizados pelo homem.

As estradas partes distintas do continente, desde



parcelas do litoral colombiano, grandes altitudes nos alpes chilenos a florestas na Argentina. As principais estradas longitudinais do império incaico foram uma serrana e outra costeira que possuíam respectivamente 4.350km e 3.900km. No sentido transversal foram realizadas inúmeras vias, totalizando mais de 17.000km, (BARBOSA, 2008). A rodovias eram encontradas de diversas larguras, dependendo da finalidade, variando entre 1,0m para os caminhos de pedestres e podendo chegar até 16,0m para funções militares, (BERNUCCI et al, 2008 apud HAGEN, 1955, p. 16).

No Brasil, Bernucci et al (2008) frisa que a primeira rodovia de que se tem registro era basicamente um caminho em 1560, no qual ligava São Vicente a Planalto Piratininga, realizada no governo do terceiro governador-geral do Brasil, Mem de Sá. Mais tarde, por volta de 1661, o governo da capitania de São Vicente restaurou este aberto, se tornando então um caminho que possibilitava tráfego de veículos, do qual ficou conhecida por Estrada do Mar.

Ao longo do tempo Moura (2018) destaca que



foram criadas e restauradas várias rodovias e caminhos, como em 1726 com criação do Caminho do Ouro ou também conhecida por Estrada Real, que ligava os estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro, favorecendo o transporte de minerais. Em 1837, iniciou a construção da Estrada da Maioridade, em homenagem a maioridade de D. Pedro II, que teve sua conclusão em 1844. Em 1920, criou-se a estrada Sociedade Caminho do Mar, que em seu trecho possui posto de pedágio e trechos pavimentados com concreto.

Nas imagens a baixo que compõe a Figura 2, é apresentado o que permaneceu da antiga Estrada Real e atualmente é uma parcela da pavimentação da cidade de Paraty, RJ.

Figura 2 - Resquícios do antigo Caminho do Ouro.



Fonte: Bernucci et al (2008, p.17).



Nessas ilustrações (Figura 2) está bem claro a situação que se encontra o que restou da antiga pavimentação que compunha a Estrada Real, estrada esta composta de pedras intercaladas, alinhadas e assentadas sobre o solo com pequenos espaçamentos entre uma rocha e outra, que auxiliam na drenagem.

A partir da década de 1930, com a criação do Departamento Nacional de Estradas e Rodagem (DNER), atualmente representado pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) em 1937, que alavancou a construção de rodovias pavimentadas por todo o país, tais como os 1300 km da rodovia que ligava Rio-Bahia, a pavimentação da via Dutra que liga Rio-São Paulo, feita com espessuras constantes com base de 20 cm de macadame hidráulico e revestimento de macadame betuminoso de 15 cm. Mais tarde, em meados de 1960, já tinham alguns projetos militares para execução da transamazônica e construção da ponte Rio- Niterói e as estradas radiais realizadas em Brasília durante o governo



de Juscelino Kubistchek (MOURA, 2018).

Diante desse cenário, a Tabela 1 apresenta de forma mais clara a evolução das rodovias pavimentadas e não pavimentadas no Brasil, onde é válido ressaltar o aumento na quilometragem de rodovias asfaltadas, seja federal ou estadual.



Tabela 1 - Evolução da rede rodoviária no Brasil (km).

Ano	Federal			Estadual		
	Pavimentada	não-pavimentada	total	pavimentada	não-pavimentada	Total
1970	24.146	27.394	51.540	24.431	105.040	129.471
1975	40.190	28.774	68.964	20.641	86.320	106.961
1980	39.685	19.480	59.165	41.612	105.756	147.368
1985	46.455	14.410	60.865	63.084	100.903	163.987
1990	50.310	13.417	63.727	78.284	110.769	189.053
1993	51.612	13.783	65.395	81.765	110.773	192.538
2003	57.143	14.049	71.192	84.352	111.410	195.762
2005	58.149	14.651	72.800	98.377	109.963	208.340
2007	61.304	13.636	74.940	106.548	113.451	219.999

Fonte: Adaptado de Ministério dos Transportes (2007)¹

¹ Disponível em: <http://www.transportes.gov.br/bit/inrodo.htm>



Este aumento denotado na Tabela 1, quando traduzido em porcentagem, mostra o quão significativo foi tal evolução, pois as rodovias federais tiveram um crescimento no processo de pavimentação de 253,88%, resultando em mais de 37 mil quilômetros, já as rodovias estaduais obtiveram um número ainda mais relevante, de 436,12%, resultando em 82 mil quilômetros de pavimento construído.

Pavimento

De maneira geral o DNIT (2006) define como pavimento de uma rodovia a superestrutura constituída por sucessivas camadas de espessuras finitas, assentadas sobre um semi-espaço considerado como infinito. Além dessas características, Bernucci et al (2008) enfatiza que pavimento é o produto final das múltiplas camadas de espessuras finitas, edificada sobre a superfície final do processo de terraplanagem, no qual há função de propiciar aos usuários melhores condições de rolamento, com conforto, economia,



e segurança, sendo simultaneamente capaz de resistir aos esforços solicitados pelo tráfego e clima.

O professor Edson de Moura da Faculdade de Tecnologia de São Paulo (FATEC-SP, 2018) aborda duas premissas de suma importância que um pavimento deve contemplar, onde a primeira é sempre oferecer conforto aos usuários, de forma que propicie uma rolagem suave, sem vibrações, ausência de solavancos e causando o menor ruído possível. A segunda, não menos relevante, é a segurança dos usuários, pois o pavimento deve possuir um traçado condizente com a velocidade diretriz proposta e ter rugosidade superficial e inclinação transversal de modo a propiciar o rápido escoamento da pista para garantir o maior atrito e aderência da pista para com os pneus.

Santana (1993) acrescenta que o pavimento é uma estrutura edificada sobre uma superfície obtida pelos serviços de terraplanagem com a função capital de fornecer ao usuário, segurança e conforto, que devem ser conseguidos sob o ponto de vista da engenharia, ou seja, com a máxima qualidade e menor custo possível.



Para Souza (2004), pavimento é uma estrutura erguida após a terraplanagem por meio de camadas de vários materiais de divergentes propriedades de resistência de deformabilidade. Esta estrutura ainda apresenta um elevado grau de complexidade no que se refere ao cálculo de tensão e deformabilidade.

Segundo a ABNT NBR-7207/82, o pavimento é uma estrutura construída após os serviços de terraplanagem e destinada, econômica e simultaneamente, em seu conjunto, a resistir e distribuir ao subleito os esforços verticais produzidos pelo tráfego, melhorar as condições de rolamento quanto à comodidade e segurança, e por fim resistir os esforços horizontais que nela atuando, tornando mais durável a superfície de rolamento.

De uma maneira geral, Bernucci et al (2008) exhibe em sua bibliografia uma tipificação dos materiais empregados na construção e execução da pavimentação, sendo estes apresentados no Quadro 1.



Quadro 1 - Características dos materiais frente aos esforços solicitantes.

MATERIAL	CARACTERÍSTICAS
Materiais granulares e solos	Materiais não coesivos, e que não resistem a tração, trabalhando eminentemente aos esforços de compressão. Já os solos coesivos resistem a compressão e a tração de pequena magnitude devido a sua porcentagem de finos
Materiais estabilizados quimicamente ou cimentados	São materiais granulares ou solos que recebem adição de cimento, cal ou outro aditivo, de forma a proporcionar um acréscimo significativo de rigidez do material natural e um aumento da resistência à compressão e à tração
Materiais asfálticos	Nesse caso a ligação entre agregados ou partículas é dada pelo ligante asfáltico, sendo a resistência à tração bastante superior aos solos argilosos, e por isso são enquadrados em classe diferente dos solos e dos materiais cimentados.

Fonte: Adaptado de Bernucci et al (2008, p. 352).



No Quadro 1 está apresentado os principais materiais empregados na execução das camadas de um pavimento, seja ele flexível, rígido ou semirrígido, pois normalmente as camadas de base, sub-base e subleito são regularizadas com materiais granulares de diferentes granulometrias, enquanto as camadas de rolamento são mais diversificadas.

Pavimento Flexível

Bernucci et al (2008) classificam os pavimentos de forma mais abrangente em flexíveis e rígidos. O pavimento flexível é definido quando todas as camadas que formam o pavimento sofrem com deformações elásticas significativas, quando solicitada por um carregamento aplicado, ao qual os esforços são distribuídos em parcelas equivalentes em meio a as camadas. O DNIT (2017) ressalta que pavimento flexível consiste em uma camada de rolamento asfáltica e de base, possuindo uma ou mais camadas, no qual é apoiada no leito da estrada, onde ainda a camada de rolamento é capaz



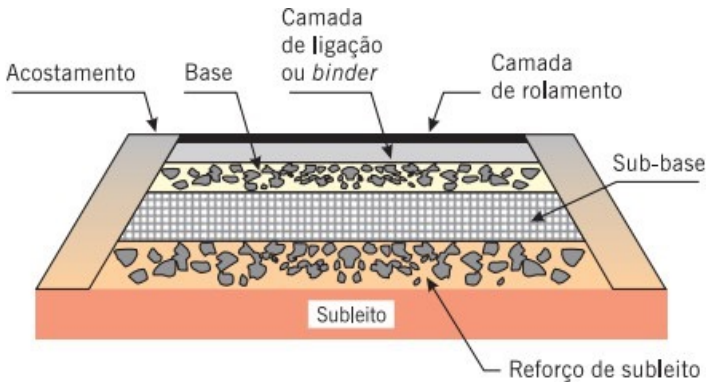
de adaptar-se as deformações da base quando requerida.

O pavimento asfáltico são aqueles em que a camada de revestimento é constituída por uma mesclagem de agregados e ligantes asfálticos. Em estado inicial é formada por quatro camadas fundamentais: revestimento asfáltico, base, sub-base e subleito, (MOURA, 2018). O pavimento asfáltico normalmente é composto por camada de rolamento, que se encontra diretamente em contato com as rodas dos veículos e por camadas intermediárias ou de ligação, e ao seu final é encontrada o subleito, camada ou plataforma da estrada terminada após as ações de movimentação de solo, ou seja, cortes e aterros.

Na Figura 3, é exemplificado a estrutura de um pavimento propriamente dito flexível.



Figura 3 - Ilustração do sistema de camadas de pavimento flexível.



Fonte: Bernucci et al (2008, p.10).

A seguir, serão definidos cada camada apresentada na Figura 3 que compõe o pavimento flexível segundo o Glossário de Termos Técnicos Rodoviários do Departamento Nacional de Estradas e Rodagem (DNER-GTTR).

- Camada de rolamento: também conhecida por faixa de rolamento ou simplesmente “capa asfáltica” é a estrutura superior dimensionada e destinada a permitir a ação do tráfego. A mistura empregada deve apresentar



estabilidade e flexibilidade compatíveis com o funcionamento elástico da estrutura.

- Camada de ligação ou binder: camada posicionada imediatamente abaixo da capa ou faixa de rolamento. Apresenta em sua mistura algumas diferenças quanto a capa asfáltica, portando maior porcentagem de vazios, agregados com granulometria elevada e menor consumo de filer e ligante.
- Acostamento: o espaço adjacente à faixa de trânsito, destinado às paradas emergenciais de veículos, não sendo normalmente dimensionadas para suportar trânsito. Os acostamentos são dotados de inclinações transversais para permitir o escoamento dos fluidos para fora da pista.
- Base: substrato construído de material inorgânico não metálico, sob qual o revestimento é aplicado. Camada responsável por resistir os esforços verticais advindos do



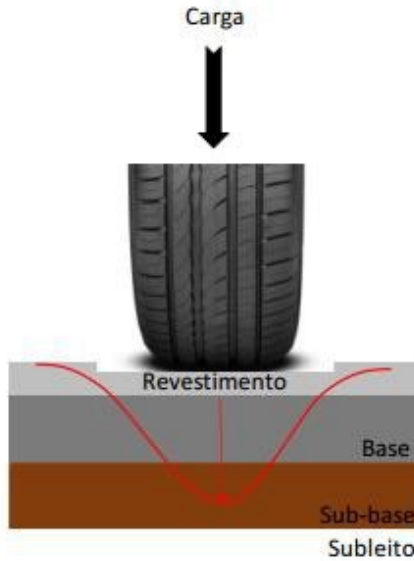
tráfego de veículos, distribuindo-os ao subleito. Esta cama é normalmente constituída de brita fina, cascalho, pedra amarrada, material estabilizado concreto asfáltico ou cimento portland.

- Sub-base: camada complementar à base, possuindo as mesmas funções desta, sendo executada quando for conveniente reduzir a espessura da base por motivos econômicos.
- Subleito: é compreendido como um maciço infinito que atua como fundação para um pavimento.

A Figura 4, ilustra de forma simplificada a distribuição das solicitações sob um pavimento flexível.



Figura 4 - Distribuição de esforços no pavimento flexível.



Fonte: Moura (2018, p.6).

Com base na ilustração anterior (Figura 4), é possível notar algumas características específicas desse pavimento, como a distribuição em parcelas proporcionais à rigidez das camadas, é notável deformações elásticas em todas as camadas e mesmo que as deformações cheguem a um estado limite, não levam ao rompimento do mesmo.

Com relação aos materiais empregados na



execução dos pavimentos flexíveis, Bernucci et al (2008) apresenta as composições de cada camada, onde a faixa de rolamento ou camada de revestimento é feita a base de material ligante betuminoso-asfalto, que corresponde entre 5 a 10%, enquanto as demais camadas são compostas por agregados e material granular de diversas granulometrias, satisfazendo 90 a 95%.

Na Figura 5, traz a representação real de um pavimento flexível finalizado.

Figura 5 - Rodovia pavimentada.



Fonte: Henrique (2005, p.11).



Observando atentamente a imagem anterior é possível notar a estratificação do pavimento nas camadas que compõe esse pavimento flexível, no qual fica evidente a presença da camada de revestimento, composta por material asfáltico, e as demais camadas que são responsáveis por suportar diretamente as solicitações do tráfego atuante, como a base, sub-base, reforço do subleito e subleito respectivamente.

Pavimento Rígido

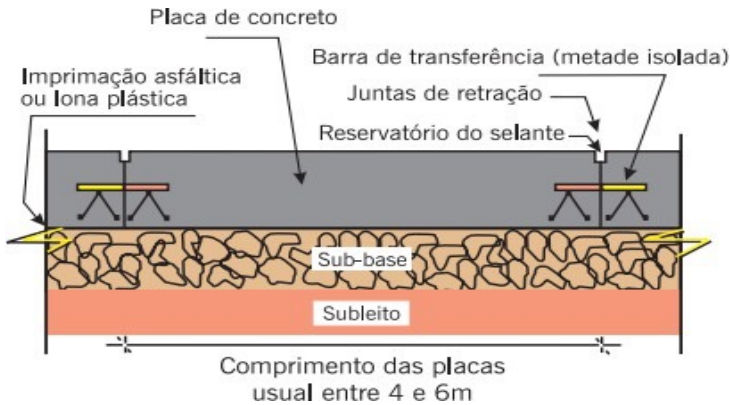
Os pavimentos rígidos são definidos por Balbo (1993) como aqueles em que a camada superior, ou seja, o revestimento é possui uma elevada rigidez em comparada as demais camadas inferiores, absorvendo assim praticamente todos os esforços solicitados. Nesse tipo de estrutura, a espessura é fixada em função da resistência a flexão das placas de concreto e também das camadas subjacentes, podendo ser armada ou não com barras de aço, completa



Bernucci et al (2008).

Assim, na Figura 6 é apresentada a estrutura do pavimento rígido sob ótica de Bernucci et al (2008).

Figura 6 - Ilustração de um típico pavimento rígido.



Fonte: Bernucci et al (2008, p.10).

Na Figura 6, é denotado a principal divergência entre o pavimento flexível e o rígido, porque nessa situação não é necessário o emprego da camada de base, camada esta normalmente responsável por suportar os esforços solicitantes do tráfego, já que a placa de concreto aqui instituída tem alta resistência e atua como camada de



rolamento e base simultaneamente.

O DNIT (2004) elenca principais elementos empregados na composição do pavimento rígido são o cimento Portland CP-I, CP-II, CP-III, CP-IV, agregados graúdos, miúdos, água, aditivos, materiais selantes de juntas, fibras de plástico ou de aço e barras de aço. Esses materiais são citados anteriormente são referentes a composição da camada de rolamento, pois as demais camadas são constituídas de material granular, apresentado no Quadro 1.

Diante do que foi apresentado no parágrafo anterior, a Figura 7 exemplifica um pavimento rígido.

Figura 7 - Estrutura real do pavimento rígido.



(a) juntas de dilatação



(b) armação do pavimento rígido

Fonte: Henrique (2005, p.21).

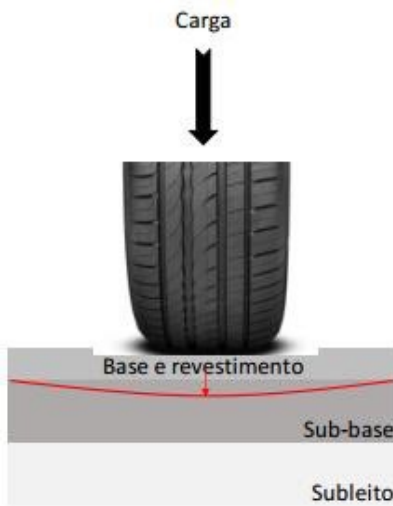


Na Figura 7.b, é possível notar a presença do concreto como camada de base e revestimento de forma simultânea, no qual ainda é armada com barras de aço estrutural, conferindo-o resistência aos esforços de tração. Também é perceptível a existência de juntas de dilatação transversais e longitudinais na Figura 7.a.

Na Figura 8, têm-se a ilustração da forma como atuam as tensões e os respectivos deslocamentos no pavimento definido posteriormente.



Figura 8 - Distribuição de tensões no pavimento rígido.



Fonte: Moura (2018, p.6).

Na Figura 8 está sendo apresentado a disposição estrutural, a forma como atuam as tensões e os deslocamentos no pavimento rígido, onde é possível destacar a melhor dispersão das tensões, pois os efeitos da carga atuante são distribuídos quase uniformemente por toda extensão da placa cimentícia.



Pavimento Semirrígido.

O DNIT (2017) define pavimento semirrígido como aquele pavimento que possui deformabilidade maior que o rígido, porém menor que o flexível, sendo constituído de uma base semiflexível, normalmente de materiais como solo-cal, solo-cimento e solo-alcatroado. Já a camada superficial é flexível, composta de materiais como concreto asfáltico e tratamento superficial betuminoso.

Segundo o Manual de Pavimentos Flexíveis e Rígido do DER-Paraná (2008), pavimentos semirrígidos são caracterizados por apresentar em sua estrutura as seguintes camadas: revestimento, base cimentada, sub-base granular, reforço do subleito e subleito. É válido ressaltar que essa base é quimicamente cimentada. A distribuição dessas camadas é exemplificada na Figura 9.



Figura 9 - Composição do pavimento semirrígido.



Fonte: Adaptado de PAIXÃO et al (2017, p.139).

Assim como nos flexíveis, os pavimentos semirrígidos também possuem revestimento asfáltico. A principal diferença entre ambos é a presença de ligantes hidráulicos (cimento Portland ou cal hidratada) em sua base, usadas para propiciar a camada uma maior rigidez afim de resistir os esforços conferidos pelo tráfego. A adição de ligantes hidráulicos pode ser em diferentes materiais, cada um com características próprias, sendo os mais usuais o solo tratado com cimento, solo cimento, solo-cimento-cal e brita graduada tratada com cimento – BGTC (PAIXÃO et al 2017).



O Departamento de Estradas e Rodagem do Estado do Paraná (DER-PR, 2005) caracteriza solo tratado com cimento como uma mistura executada na diretamente na pista ou em usina, composta por solo, sem presença de material orgânico, cimento Portland e água, compactos corretamente e submetidos a processos de cura. Aos sete dias de já é possível encontrar uma resistência a compressão entre 1,2 e 2,1 Mpa.

O solo cimento possui a mesma composição do solo tratado com cimento, porem o que diverge entre eles é que após sete dias de envelhecimento do solo cimento, este deve possuir resistência superior a 2,1 Mpa. Segundo os mesmos padrões do solo tratado com cimento, o solo cimento apresenta em sua composição maior quantidade de cimento, que fornece maior capacidade de resistiva, tendo também mais trincas no processo de cura (DER-PR, 2005).

Conforme as especificações de serviço do DER-PR (2005), o solo-cimento-cal possui finalidade de estabilização direta com cal no solo para atender a resistência esperado no pavimento. A mistura deve ser feita diretamente na pista,



sendo posteriormente compactada e submetida a processo eficiente de cura. Na composição podem ser usados cimento Portland comum e pozolânico. Para a cal é recomendado a utilização da cal hidratada cálcica, com teor mínimo de 50% de cal solúvel.

A brita graduada tratada com cimento (BTGC), segundo a Norma de Arteris (2016, p.3):

Consiste na associação de agregado mineral, cimento Portland, aditivos e água, em proporções determinadas experimentalmente, que cumprem certos requisitos de qualidade, uniformemente espalhadas sobre uma superfície previamente preparada, resultando uma mistura homogênea, compactada e rígida.

A BTGC é normalmente empregada como base de revestimentos betuminosos, porém também é utilizada em base de pavimentos intertravados e como sub-base de pavimentos de concreto. Em geral, usa-se o mesmo material pétreo da BGC (brita graduada tratada com cimento), entretanto com adição de cimento nas proporções de 3 a



5% (BERNUCCI et al, 2008). Quanto a resistência, aos sete dias de envelhecimento do pavimento, é possível encontrar resistência à compressão mínima de 4,2 Mpa e 7,0 Mpa aos vinte e oito dias (ABNT NBR 5739, 2018).

Na Figura 10, têm-se a ilustração da atuação das solicitações sobre o pavimento semirrígido.

Figura 10 - Distribuição de tensões no pavimento semirrígido.



Fonte: Moura (2018, p.6).



Portanto, na Figura 10 têm-se a representação da atuação das solicitações no pavimento semirrígido, no qual é denotado deformação elástica média quando comparada aos outros tipos de pavimentos, já que a camada de revestimento é de material asfáltico betuminoso, que confere maior deformação de forma concentrada, enquanto a base cimentada possui elevada resistência e faz com que as deformações advindas da camada superior, sejam uniformizadas, e não transpassadas para as camadas subjacentes.

ENCHENTES E INUNDAÇÕES

As enchentes podem ser um processo compreendido pela elevação do nível de água do rio em função das precipitações periódicas, atingindo a água em seu leito menor (ALMEIDA, 2011). Esse fenômeno tornou-se de maior relevância no decorrer das décadas devido a crescente urbanização, que em conjunto com o êxodo rural elevaram



notoriamente a densidade demográfica das áreas urbanas, obtendo um crescimento desorganizado e ocupação de áreas de risco, como várzeas, áreas de inundações frequente e zonas alagadiças (POMPÊO, 2000).

A Defesa Civil de São Bernardo do Campo – SP (2015) define inundações como sendo um transbordamento das águas de um curso d'água, atingindo a planície de inundação ou áreas de várzea e também como um fenômeno relacionado ao aumento repentino das precipitações, é também um caso particular de enchente, contudo difere-se em termo de magnitude, pois as inundações são caracterizadas quando elevação d'água normal atinge tal amplitude que as águas não mais se limitam à calha do rio, extravasando para as áreas marginais, normalmente não ocupada pelas águas.

Para Tucci (1995) as enchentes urbanas é processo que pode ocorrer devido a dois processos, seja isoladamente ou de forma interligada. O primeiro fenômeno são as enchentes ribeirinhas, provenientes da elevação natural dos rios que alcançam a população que ocupa os leitos dos



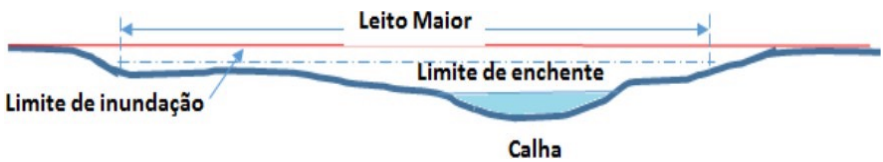
rios por falta de planejamento de uso e ocupação do solo. O segundo processo acontece devido a urbanização, que com o desenvolvimento urbano, ocorre a impermeabilização do solo através dos telhados, ruas, e calçadas, entre outros. Dessa forma obtém-se o maior escoamento superficial, já que antes havia uma parcela de água que era infiltrada no solo e agora passa escoar pelos dutos e dispositivos de drenagem.

Vianna (2000) ainda define as enchentes como eventos que são verificados valores extremos de vazão associados às inundações de planícies ou áreas adjacentes ao canal principal dos cursos d'água. São ainda eventos naturais dos regimes dos rios e qualquer outro corpo d'água, onde todo rio tem sua área natural de inundação, que veem a ser problematizados quando os limites naturais são ocupados.

A ilustração abaixo (Figura 11), exemplifica de forma mais clara os conceitos definidos pelos demais autores anteriormente.



Figura 11 - Representação dos Fenômenos de enchentes e inundações.



Fonte: Valente (2009) apud Licco e Mac Dowell (2015, p.164).

Para Novaes e Perusi (2016), o resultado mais comum dessas ocupações das áreas de risco e da urbanização em geral, são as inundações, cheias ou enchentes, alagamentos e outros transtornos devido ao escoamento pluvial, gerando a elevação e acúmulo de água, que em maior escala pode ser classificada como desastre natural, no qual as áreas urbanas são mais suscetíveis a inundações, já que normalmente uma precipitação que antes da urbanização não causaria enchentes, agora após esse processo podem provocar vazões muito maiores e inundações generalizadas devidas, principalmente, ao alto grau de impermeabilização, a remoção da vegetação natural e as canalizações dos rios,



além do acúmulo de resíduos sólidos e sedimentos durante os cursos d'água.

Perante isso, a ocorrência de um desastre natural é qualificada pela:

[...] ocorrência de pelo menos um destes fatores: 10 ou mais óbitos; 100 ou mais pessoas afetadas; declaração de estado de emergência ou calamidade pública pelo município, estado ou país; pedido de auxílio internacional (critérios definidos por SCHUREN et al. 2008). Quando o mesmo fenômeno ocorre em uma área sem moradias é denominado de evento natural; quando atinge uma área habitada, mas o número de óbitos ou pessoas afetadas não atinge o critério mencionado acima, denominado acidente (AMARAL, R.; GUTJAHR, 2011, P21).

Diante de tudo que foi abordado e discutido, Licco e Mac Dowell (2015), listam uma série de danos causados pelas inundações no perímetro urbano, como pode ser observado no Quadro 2.



Quadro 2 - Principais danos decorrentes de inundações em áreas urbanas.

Danos Tangíveis	
Diretos	Indiretos
Danos físicos aos domicílios: construção das residências.	Custos de limpeza, alojamento e medicamentos. Realocação e gastos na reconstrução. Perda de renda.
Danos Físicos ao comércio e serviços: construção e conteúdo (mobiliário, estoques, mercadorias e exposição).	Lucro cessantes, perda de informação e base de dados. Custos adicionais com criação de novas rotinas operacionais.
Danos físicos aos equipamentos e plantas industriais.	Interrupção da produção, perda de produção, receita e, quando for o caso, de exportação.
Danos físicos a infraestrutura.	Perturbações, paralizações e congestionamentos nos serviços, custos adicionais de transporte, efeitos multiplicadores dos danos sobre outras áreas.
Danos Intangíveis	
Diretos	Indiretos
Ferimentos e perda de vida humana.	Estados psicológicos de stress e ansiedade.
Doenças pelo contato com a água, como resfriado e infecções.	Danos de longo prazo a saúde.
Perda de objetos de valor sentimental.	Falta de motivação para o trabalho.
Perda de patrimônio histórico e cultural. Perda de animais de estimação.	Inconvenientes de interrupção e perturbações nas atividades econômicas, meios de transportes e comunicação. Perturbação no cotidiano dos moradores.

Fonte: Adaptado de Licco e Mc Dowell (2015, p. 167).



Esses processos conceituados e mencionados anteriormente são significativos em bacias hidrográficas urbanas, tendo em vista que as características inerentes de tal unidade referentes à sua área de contribuição e as alterações que a urbanização provoca, torna-se adequado análise de enchentes de forma tentar amenizar e prever suas consequências, que são onerosas a toda população inserida nesse cenário.

Impactos da urbanização

À medida que as cidades se desenvolvem, ocorre o efeito da urbanização, que geram uma série de impactos, já que o planejamento urbano, embora envolva fundamentos de diversificadas áreas, na prática é executado em um âmbito muito mais restrito. No Brasil, o planejamento da ocupação do espaço urbano é de inteira responsabilidade do Plano Diretor Urbano, que em suas diretrizes não tem considerado aspectos fundamentais de drenagem urbana e



qualidade da água, que trazem grandes custos e transtornos para a sociedade inerente (TUCCI, 1997).

Então, o Quadro 3 apresenta os seguintes impactos que ocorrem por um ou mais fatores ao longo do tempo em que as cidades urbanizam, mas que principalmente nas últimas décadas obtiveram maior evidência.

Quadro 3 - Impactos relacionados à urbanização.

Aumento das vazões máximas decorrentes aos efeitos de impermeabilização das superfícies e o aumento da capacidade de escoamento dos condutos e canais dispostos no perímetro urbano.	A habitação de áreas inadequadas e zonas de várzea para moradia da população migrante que normalmente é de baixa renda e não possui capacidade financeira, logo habitam locais sem infraestrutura.
Aumento da produção de sedimentos devido a desproteção das superfícies e produção de resíduos sólidos (lixo).	Ocupação do leito de inundação ribeirinha, sob frequentes inundações.
Deterioração da qualidade da água superficial e subterrânea.	Contaminação dos aquíferos.
Crise econômica no país.	Déficit de emprego, renda e de moradia é alto.

Fonte: Adaptado de Manual de Drenagem Urbana – Toledo
– PR (2017, p. 2).

Além disso, o Quadro 4 exhibe outros impactos



fomentados por conta da forma desorganizada da infraestrutura instalada, tais como:

Quadro 4 - Impactos relacionados à infraestrutura precária.

Projetos de obras de drenagem inadequados.	Redução da seção de escoamento por aterros.
Pontes e taludes de estradas que obstruem o escoamento.	Obstrução de rios, canais e condutos por conta da deposição de lixo e sedimentos.

Fonte: Adaptado de Freire e Souza (2007, p.8).

Em suma, Tucci (2005) afirma que as enchentes em áreas urbanas surgem por dois motivos, que podem atuar isoladamente ou de forma conjunta. As enchentes ribeirinhas são decorrentes da elevação natural dos rios, que possuem dois leitos, o leito menor onde a água escoar a maioria do tempo e o leito maior, que é inundado em média a cada dois anos. O impacto acontece sob a população quando o mesmo ocupa as zonas de várzeas, que são passíveis de inundação, ou seja, coincidem com a área do leito maior. Já as enchentes devido a urbanização têm seu acontecimento relacionado com a magnitude da ocupação do solo com



superfícies impermeáveis, impossibilitando a infiltração de parcela dos deflúvios, e elevando o escoamento superficial.

Aumento das vazões máximas

O desenvolvimento urbano altera de forma significativa a configuração da cobertura vegetal provocando inúmeros efeitos que alteram os componentes do ciclo hidrológico natural (HIDRICOS, 2017). Com a urbanização, Silveira (2000) alerta que a cobertura da bacia é transformada em pavimentos impermeáveis onde são introduzidos condutos subterrâneos para escoamento, suscitando inúmeras consequências, tais como a redução da infiltração do solo, a redução da evapotranspiração decorrente da remoção das coberturas natural e abaixamento do nível dos aquíferos devido à baixa infiltração que interfere diretamente na alimentação o mesmo.

Além desses citados anteriormente, tem o aumento do escoamento superficial devido à baixa taxa de infiltração, que contribui com o efeito do aumento da velocidade de



escoamento devido a introdução dos condutos, reduzindo o tempo de deslocamento dos deflúvios. Desta maneira as vazões máximas também aumentam, antecipando os picos no tempo.

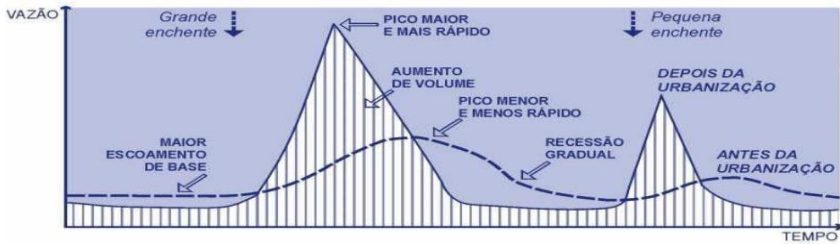
Na Figura 12, é apresentado a esquematização do efeito de evapotranspiração antes e depois da urbanização, e também um diagrama exemplificando a elevação dos picos durante as enchentes.

Figura 12 - Características das alterações de uma área rural para urbana.



Esquema do efeito da evapotranspiração





Picos de cheias em função do escoamento superficial elevado.

Fonte: Adaptado de (Schueler, 1987) apud Manual de Drenagem Urbana – Toledo – PR (2017, p. 4).

Nas imagens que compõe a Figura 12, tem-se a exemplificação do antes e depois do efeito da urbanização para com uma determinada região, no qual devido a retirada da cobertura vegetal, e conseqüentemente a implementação de materiais cujo impermeabiliza o solo, têm-se a diminuição da infiltração e percolação no solo e o aumento do escoamento superficial, que de forma mais ligeira eleva os picos de enchentes localizadas, propiciando um aumento do volume (Figura 12.b). Quanto ao efeito da evapotranspiração, ele é sucumbido, já que é reduzido drasticamente a quantidade de flora (Figura 12.a).



Aumento da temperatura

As superfícies impermeáveis absorvem com maior intensidade parte da energia solar incidente, elevando a temperatura ambiente, propiciando a existência de ilhas de calor nos centros urbanos, onde predominam o concreto e asfalto. O asfalto, devido sua cor, absorve mais energia devido a radiação solar do que as superfícies naturais antes encontradas, e o concreto, com o passar do tempo e o seu envelhecimento conseqüentemente, sua superfície envelhece, aumentando a absorção de radiação solar (HÍDRICOS, 2017).

Tucci (2002) ressalta que o aumento da captação da radiação solar por parte dos elementos introduzidos durante o efeito da urbanização, eleva a emissão de radiação térmica, produzindo calor. O aumento da temperatura também cria condições favoráveis de movimentação de ar ascendente que pode gerar o aumento das precipitações. Silveira (2000) mostra em seu estudo que parte central de Porto



Alegre exibe maior índice pluviométrico que sua periferia, atribuída a essa tendência de urbanização. Assim como em áreas urbanas precipitações críticas são mais intensas, ou seja, agravando as enchentes urbanas.

Aumento de sedimentos e material sólido (lixo)

Com o eminente desenvolvimento urbano, Ramos (1998) destaca que o aumento da produção de sedimentos nas bacias hidrográficas é significativo, principalmente no ápice do crescimento das construções, limpeza de terrenos para novos loteamentos, construção de ruas, avenidas e rodovias entre outros fatores. Na Figura a seguir, é possível observar o crescimento da produção de sedimentos nos mais diferentes estágios da urbanização.



sedimento, que acabam por contaminar as águas pluviais.

A sedimentação das bacias hidrográficas pode diminuir a medida que a urbanização se estabelece, porém, a existência de um outro problema, que é aparecimento do lixo (SILVEIRA, 2000). O lixo tem maior capacidade de obstrução dos canais e condutos, agravando ainda mais as condições ambientais. Esse problema é amenizado quando se institui um sistema eficaz de coleta de lixo e uma população conscientizada quanto aos riscos (RAMOS, 1998).



A nighttime photograph of a city street. In the foreground on the left, a brick wall is visible, with a metal drainage grate set into the sidewalk. The background shows a street with buildings, illuminated windows, and a colorful neon sign. A semi-transparent white box is overlaid on the right side of the image, containing the chapter title.

Capítulo

2

SISTEMAS DE DRENAGEM

Contexto da drenagem urbana

As cidades são normalmente desenvolvidas próximas a cursos d'água, entretanto, as regiões mais próximas destes apresentam um risco eminente de inundações. Perante este risco, o homem trabalha de várias formas sob o curso d'água, utilizando inúmeras técnicas para canalizar, cobrir ou até mesmo modificar o traçado (MACEDO, 2004).

A convívio do ser humano com os cursos d'água e a necessidade de expandir e evoluir as cidades deu início aos sistemas de drenagem. Estes evoluíram ao longo dos anos se tornando o que apreciamos nos dias de hoje.

Histórico da drenagem urbana

Historicamente, as civilizações possuem uma enorme interação com os cursos d'água. Desde as primeiras aglomerações constatadas, sua localização é sempre próxima a esses mananciais, tendo em vista que a disponibilidade



deste recurso torna mais acessível a produção de suprimentos para consumo e higiene da população, possibilitando ainda a evacuação dos dejetos, ressalta Baptista et al (2011).

Na idade média o risco e perigos fomentados pelas constantes inundações era o preço a se pagar pela disponibilidade de água, pois no interior das cidades as águas estavam sempre estancadas, uma vez que os sistemas de evacuação implantados ainda eram precários, e não contavam também com as devidas manutenções, propiciando condições de insalubridade (BAPTISTA e NASCIMENTO, 2001).

No século XIX inicia-se uma mudança na visão dos homens quanto as águas nas cidades, fomentada a partir dos grandes surtos de cólera e epidemias que agonizaram a Europa, surgindo os princípios higienistas. Estes exaltavam a eminente evacuação, para o mais longe e o mais rápido possível da água antes estancadas de qualquer natureza, baseando-se nas técnicas do “tout a l’égout” (Azzout,1996). Essa técnica é caracterizada como um sistema unitário capaz de captar as águas usadas, águas pluviais, dejetos das



latrinas, dejetos industriais em um mesmo canal, podendo ser traduzida como “tudo ao esgoto”.

Assim o primeiro sistema construído com base nesse conceito foi realizado em Hamburgo em 1843, quando houve a reconstrução da cidade depois de um incêndio (Chocat, 1997 apud Macedo, 2004, p. 18).

No Brasil, as ideias do “tout a l’égout” foram adotadas efetivamente depois da proclamação da república, em 1889, em harmonia com as ideias positivistas. Para Canholi (2014), estes princípios vigoram até os dias de hoje, mesmo que auxiliados por contribuições tecnológicas e científicos, como o sistema separativo para o esgoto pluvial e esgoto cloacal, tornando-se a base dos sistemas clássicos de drenagem.

Grande parte dos equipamentos e instrumentos de grande porte de saneamento existentes nos dias de hoje, foram construídos entre no final do século XIX e início do século XX. Suas dimensões, calculadas na época permitia o bom funcionamento do sistema durante décadas, porém após a Segunda Guerra Mundial, notou-se insuficiência do



mesmo devido ao aumento excessivo da urbanização e o elevado e intensivo uso da água, proporcionando inundações urbanas, já que a ocupação se dá normalmente de jusante para montante (CHOCAT, 1997).

Para Castro (2002) os efeitos causados pela urbanização proeminente, que teve início durante a década de 50, afora as inundações, a deterioração da qualidade da água dos meios receptores, levaram uma reflexão sobre o conceito dos sistemas separativos de drenagem e esgotamento sanitário.

Presentemente, até mesmo no Brasil, a tendência é se considerar a bacia de drenagem como um todo, um sistema inteiriço, onde o controle das águas urbanas de origem pluvial deve ser um processo permanente, mantido pelas comunidades. O controle dos excedentes não deve ser visto de forma isolada seja no tempo ou espaço, mas como um exercício em que a sociedade, em geral, deve participar de forma contínua (TUCCI, 1997).



Sistema convencional

Baptista e Nascimento (2001) afirmam que os sistemas convencionais ou clássicos de drenagem urbana são inspirados pelo princípio higienista. As águas pluviais são captadas e levadas por dispositivos de drenagem, condutos artificiais, normalmente subterrâneos, funcionando por gravidade, conduzindo o fluido das zonas urbanas para corpos d'água o mais rápido possível. Esse sistema então é munido por aparelhos de captação das águas superficiais, estruturas de condução, na forma de canais abertos ou condutos enterrados e obras complementares.

Macedo (2004), explica que o sistema clássico e mais usual, fomenta a maior eficiência hidráulica de escoamento possível, pois passa a ocorrer com maior velocidade, ou seja, tem como prioridade secar toda a cidade de forma instantânea ou escoar para jusante o volume de descarga. Entretanto com o crescimento das cidades e aumento das áreas impermeabilizadas, as cheias são propagadas para jusante mais rapidamente, transferindo



os vários transtornos da região montante para jusante. Além disso, este sistema apresenta falhas quando há ocupação das áreas de drenagem, provocando inundações, que para serem solucionadas, normalmente tem-se ampliação das dimensões das tubulações, tornando o sistema ainda mais oneroso.

Microdrenagem

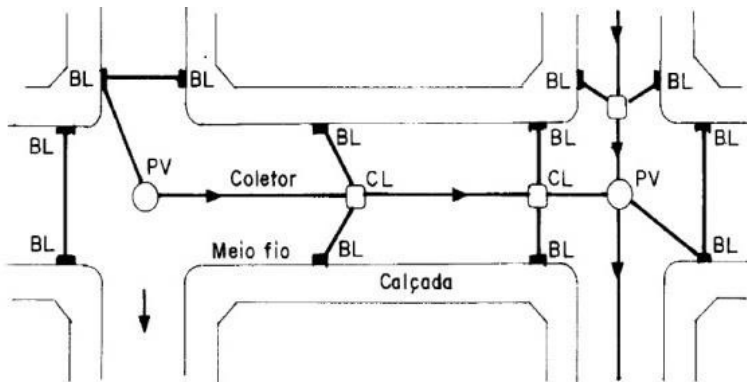
O projeto de drenagem convencional tem sua estrutura definida em duas partes significativas, a microdrenagem e macrodrenagem, onde a Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano do estado de São Paulo através do Manual de Drenagem e Águas Pluviais (2012) define microdrenagem como sistema de condutos pluviais associados ao sistema viário urbano. O bom funcionamento deste sistema depende essencialmente da execução cuidadosa, além da manutenção permanente, com limpeza e desobstrução das bocas de lobo e galerias antes dos períodos chuvosos. O sistema é composto por alguns



dispositivos, tais como guia (meio fio), sarjetas, sarjetões, bocas de lobo, poços de visita (poço de inspeção), caixas de ligação e galerias, entre outros.

A Figura 14 demonstra um esquema de locação dos dispositivos de drenagem urbana em uma via de maneira genérica.

Figura 14 - Sistema de microdrenagem.



Fonte: Tucci (2002, p.17).

Na Figura 14, é esquematizado a distribuição dos dispositivos de que contemplam o sistema de microdrenagem, no qual as siglas inseridas na Figura significam respectivamente: BL (Boca de Lobo), PV (Poço



de Visita) e CL (Caixa de Ligação).

Para a composição dos elementos do sistema de microdrenagem supracitados, o DNIT em suas normativas 030/2004, 018/2004 juntamente com o Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas de 2010 define e apresenta ilustrações dos seguintes dispositivos de drenagem pluvial, detalhados nos tópicos que seguem.

Meio-Fio

O Manual de Projeto Geométrico Travessias Urbanas (2010) caracteriza meio-fio por se tratar de uma construção longitudinal em degrau, disposta na borda da pista de rolamento, acostamento ou faixa de segurança, com o objetivo de delimitar fisicamente a pista, proteger o trânsito de pedestres, conduzir águas pluviais, conter o pavimento, delimitar áreas não pavimentadas e, especialmente, realçar para o motorista, mediante um obstáculo intencional ao deslocamento transversal do veículo, as trajetórias possíveis. Também é denominado de guia. Tipicamente são os meios-fios são usados extensivamente nas vias arteriais



urbanas, principalmente onde as sarjetas laterais não são viáveis, em função de acrescentar uma largura extra para a seção transversal da pista. Nessas vias, os meios-fios são colocados na borda das faixas de rolamento ou de acostamento, possibilitando a drenagem ser feita por bocas de lobo dispostas ao longo da mesma (MOURA, 2018). No âmbito da segurança, o autor referido enfatiza que em casos especiais que são adotados meios-fios em pistas expressas, devem ser locadas na borda externa do acostamento e ser de fácil transposição. Meios-fios fixados junto ao acostamento são recomendados quando necessitar controle de drenagem, controle de acesso e redução de erosão.

O DNIT (2010) enfatiza que meios-fios devem ser de fácil visibilidade, principalmente à noite em áreas sujeitas a neblina e chuvas constantes. Para isso, podem ser construídas com superfície refletora, mas é recomendável a construção usufruindo de cimento branco em sua composição ou pintura que ofereça uma boa visibilidade.

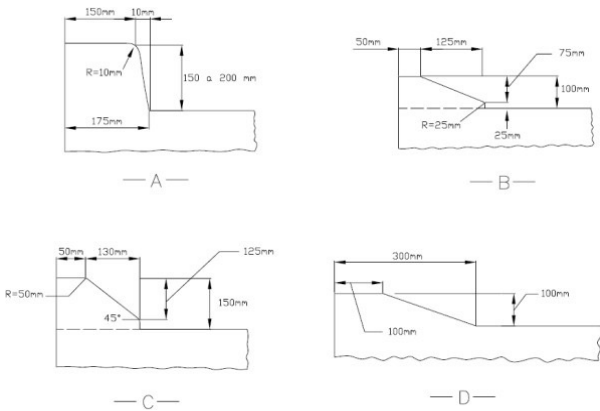
De um modo geral, o DNIT (2010) classifica os meios-fios de dois tipos relevantes, o meio-fio intransponível e o meio-fio transponível, onde o meio-fio



intransponível são os que apresentam uma face vertical ou proximidade vertical, projetados para evitar ou pelo menos desencorajar os veículos saírem da pista. Já os transponíveis são caracterizados por apresentarem face inclinada para o lado da via, projetados e executados de maneira a permitir que os veículos os transponham facilmente em caso de necessidade.

A seguir, a Figura 15 mostras as possíveis configurações de meios-fios, os quais podem ainda incluir ou não a sarjeta.

Figura 15 - Tipos de meios-fios.



Fonte: Manual de Projeto Geométrico Travessias Urbanas (2010, p.313).



Conforme exemplificado e indicado no desenho acima, normalmente meios-fios intransponíveis possuem altura entre 0,15 a 0,20m (Figura 15.a). Dessa forma, o DNIT (2010) através do Manual de Projeto Geométrico Travessias Urbanas assegura que devem ser usados ao longo de vias expressas e outras de alta velocidade, pois os veículos podem sofrer capotamentos e acidentes ao colidirem com o mesmo. Sua locação adequada são desejáveis em tuneis e muros de arrimo, preferencialmente quando dispõe de acostamentos de largura plena, porque esse tipo de meio-fio evita o tráfego próximo a parede, aumentando a segurança de pedestre e ciclistas.

Nas Figuras 15.b, 15.c e 15.d é demonstrado três tipos de meios-fios transponíveis, os quais podem ser ultrapassados facilmente, em caso de necessidade emergencial, embora ainda possa raspar o fundo de alguns veículos, contudo para amenizar esse fato e facilitar a travessia, pode-se arredondar as pontas como na Figura 15.c.



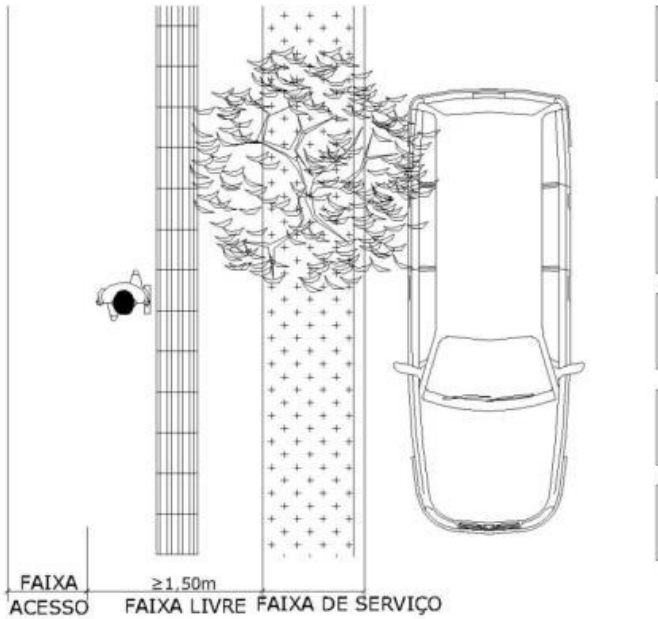
Meios-fios transponíveis são usados comumente em lugares que não permitem ou proíbem a travessia de veículos, mas ao mesmo tempo com a finalidade de reduzir os riscos de acidentes e danos aos veículos em caso de transposição que não possam ser impedidas. São aconselhadas, por exemplo, em ilhas canalizadoras de intersecções que não são usadas como refúgio de pedestres (DNIT,2010).

Calçada

É considerada pelo (DNIT, 2010) parte da via, normalmente segregada e em nível diferente, não destinada a trânsito de veículos, reservada ao trânsito de pedestres e, quando possível, destinada a implantação de mobiliário urbano, sinalização, vegetação e outros fins. Na Figura 16, fornecida pela Secretária Municipal de Meio Ambiente e Desenvolvimento Urbano (SEMADUR) da prefeitura de Campo Grande – MS, apresenta uma calçada simbólica.



Figura 16 - Esquema de Calçada.



Fonte: SEMADUR (2011, p.180).

A Figura 16 apresenta os principais componentes necessários para execução de uma calçada, no qual é possível notar uma largura variável maior ou igual a 1,50 m, possibilitando a instalação de piso tátil para auxiliar portadores de deficiência visual, e ainda conta com uma faixa de área permeável, que contribui com o paisagismo do ambiente e amenizando o processo de escoamento



superficial através da infiltração.

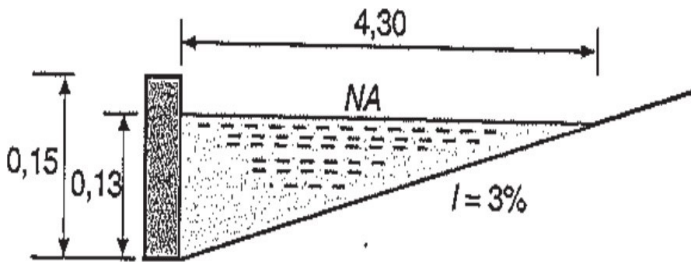
Sarjetas

A Norma DNIT 018/2004 define sarjetas como um dispositivo de drenagem urbana longitudinal construídos lateralmente as pistas de rolamento e plataformas de escalonamento, destinadas a interceptar os deflúvios, que escoando pelo talude podem comprometer a estabilidade dos taludes, a integridade dos pavimentos e a segurança do tráfego, e geralmente têm, por razões de segurança, a forma triangular ou retangular.

Na Figura 17, é exibido a ilustração de uma típica sarjeta triangular, que comumente é mais utilizada.



Figura 17 - Sarjeta triangular de concreto.



Fonte: Azevedo Netto (1998, p.546).

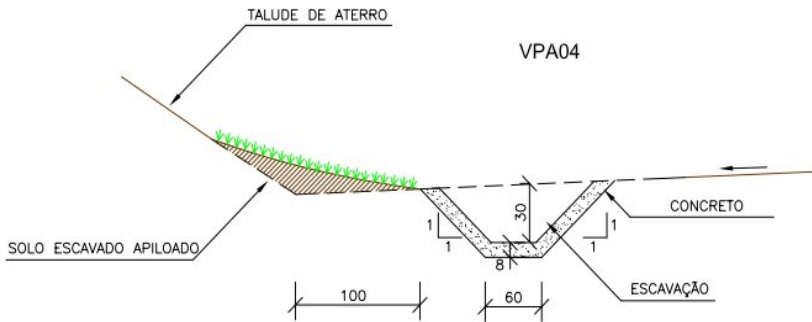
O Manual de Projeto Geométrico Travessias Urbanas (2010) do DNIT delega que as sarjetas devem ser previstas junto aos meios-fios, como parte integrada do sistema de drenagem da via. Devem possuir bocas de lobo e diversos dispositivos para o escoamento das sarjetas. De maneira geral, as atribuições da Norma 018/2004 reiteram que as sarjetas costumam ter larguras variando entre 0,30 e 0,60m, com inclinação de 5 a 8%, para aumentar sua capacidade hidráulica. Normalmente, não é apropriado dimensioná-las para conter todo o fluxo da drenagem, pois algum excesso de fluxo ocupará a faixa de rolamento.



Valetas

O DNIT através da Norma 018/2004 – ES define valetas como dispositivos locados nas cristas de cortes ou pés de aterro, consequentemente afastados das faixas de tráfego, com a mesma finalidade das sarjetas, porém por escoarem maiores deflúvios ou em razão de suas características construtivas possuem em geral forma trapezoidal ou retangular.

Figura 18 - Esquema transversal de uma valeta.



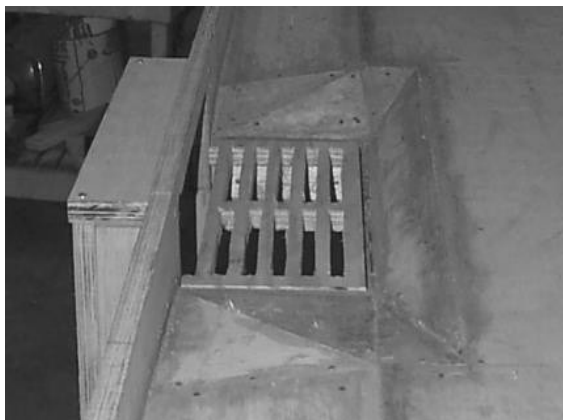
Fonte: Álbum de projetos – tipos de dispositivos de drenagem. DNIT (2013, p.28).



Bocas-de-lobo

De acordo com a Norma 030/2004 – ES do DNIT, as Bocas-de-lobo são dispositivos de captação, localizadas junto aos bordos dos acostamentos ou meios-fios da malha viária urbana, que através de ramais, transferem os deflúvios para as galerias ou outros coletores. Por se situarem em área urbana, por razões de segurança, são capeadas por grelhas metálicas ou de concreto. Na Figura 19, é apresentado um exemplo de boca-de-lobo.

Figura 19 - Vista da boca-de-lobo com grelha e abertura na guia, com depressão.



Fonte: Lara e Araújo (2011, p.137).



A Figura 19 apresenta uma boca-de-lobo combinada, que conta com grelhas metálicas que contribuem para amenizar a obstrução por meio da redução da passagem de material sólido (lixo). Nela também é instalada um sistema de depressões, que auxilia na captação de águas pluviais que correm pelas sarjetas, visto que é dotada de declividades em seus lados, trabalhando assim sob efeito gravitacional.

Galerias

A Norma DNIT 030/2004-ES classifica galerias como dispositivos destinados a condução dos deflúvios que se desenvolvem na plataforma rodoviária para os coletores de drenagem, através de canalizações subterrâneas integrando o sistema de drenagem da rodovia ao sistema urbano, de modo a permitir a livre circulação de veículos.

A diante, na Figura 20 apresenta-se uma ilustração da execução de uma galeria circular em pleno canteiro de obra, feita de concreto armado.



Figura 20 - Execução de Galeria unicelular.



Fonte: Spitz e Silva (2010, p.45)

De acordo com as instruções e recomendações da Rio Águas (2008), a profundidade máxima para ser executada uma galeria circular é de 3,0m e diâmetro mínimo de 0,40m. Os diâmetros comerciais correntes mais encontrados são os seguintes: 0,40; 0,50; 0,60; 0,80; 1,00; 1,20 e 1,50m.

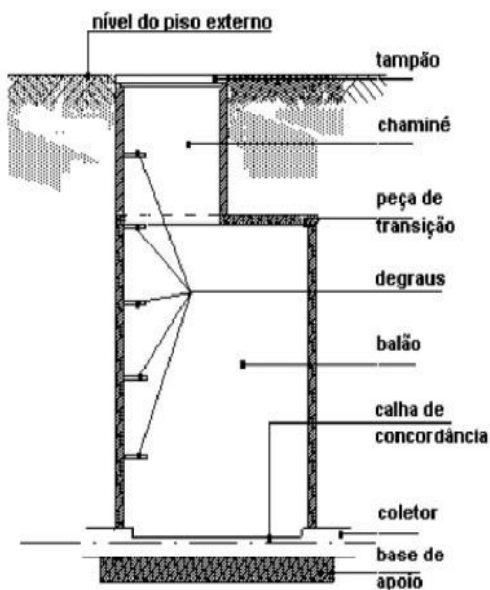
Poços de visita

Ainda a Norma 030/2004 – ES do DNIT exhibe a



definição de poços de visita sendo caixas intermediárias que se localizam ao longo da rede para permitir modificações de alinhamento, dimensões, declividades ou alterações de quedas. Na Figura 21, exibe o corte esquemático de um poço de visita, com todas peças que o compõe.

Figura 21 - Cortes esquemático de um simbólico poço de visita.



Fonte: Spitz e Silva (2010, p.44)



A locação dos poços de visita é variada, porém a Rio Águas (2008) através de suas diretrizes sugere que sejam locadas em pontos estratégico que atendem as mudanças de direção, cruzamentos de ruas que conseqüentemente é a união de vários coletores, mudanças de declividades e diâmetro. Ela também recomenda que sejam atribuídas com distância máxima entre dois dispositivos de 40,0 metros.

Macro drenagem

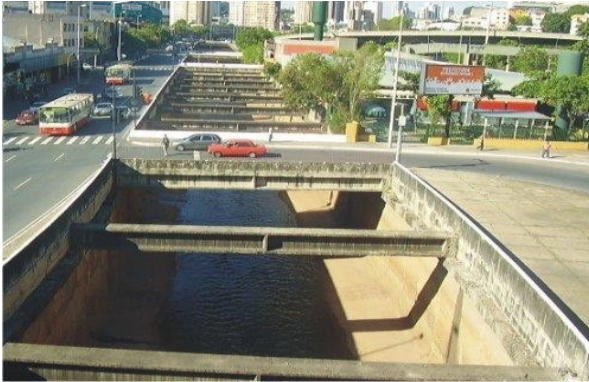
Por outro lado, a macro drenagem é denominada parte do sistema que é capacitado por afastar as águas de escoamento superficial resultante de uma chuva intensa (LLORET et al, 1999). O sistema de macro drenagem inclui além do sistema inicial, classificado como micro drenagem, o leito das ruas, assim como condutos receptores e coletores finais que podem ser um rio, canal ou galerias com grandes dimensões.

Na Figura 22, é possível observar a estrutura do sistema de macro drenagem construído no município de



Belo Horizonte-MG.

Figura 22 - Macrodrenagem das bacias dos Ribeirões Onça e Arrudas.



Fonte: COBRAPE (2008).

Spitz e Silva (2010) afirmam que o sistema de macrodrenagem envolve os sistemas coletores de diversos sistemas de microdrenagem. Ressalta ainda, que a macrodrenagem normalmente abrange áreas extensas, superiores a 4 km² ou 400ha, entretanto, não sendo fixado esses valores, já que existem os mais variados e diferentes configurações de sistemas. Certamente, o



sistema de macrodrenagem deve ser projetado para suportar precipitações maiores que a microdrenagem com riscos de acordo com prejuízos humanos e materiais.

Sistemas Compensatórios

Em contrapartida dos sistemas convencionais, Baptista e Nascimento (2001) caracteriza os sistemas alternativos ou compensatórios, naqueles que se baseiam na captação das águas precipitadas por meio do processo de infiltração, diminuindo assim o volume de escoamento superficial e reorganizando as vazões, dessa forma não sobrecarregando as regiões a jusante.

Barraud et al (2002) afirma em sua bibliografia que os sistemas conservadores de drenagem urbana, visam uma única solução possível, que possuiu eficácia por muitos anos, até encontrar seus limites, devido a saturação e sobrecarga do sistema, os elevados custos de operação envolvidos e o alto teor de poluição dos corpos receptores.

Os sistemas de drenagem atuais têm que garantir a



segurança dos usuários contra inundações e ainda asseverar o desenvolvimento urbano sem pesar e comprometer os orçamentos coletivos e privados, contribuindo de forma significativa para recuperação dos meios receptores (BARRAUD et al, 2002).

Com a evolução dos sistemas de drenagem para os sistemas de alternativos ou compensatórios de drenagem urbana, o processo de concepção e escolha do mesmo se torna mais difícil, sendo assim Baptista, Nascimento e Barraud (2011) assegura que envolve aspectos que transcendem os condicionantes hidráulicos e hidrológicos usualmente respeitados, pois devem ser levado em consideração também, os aspectos ambientais, sociais e econômicos, transformando em uma análise multitécnica.

Baptista e Nascimento (2001) distingue em duas fases o processo para escolha de um sistema compensatório de drenagem urbana, no qual a primeira compreende na eliminação de técnicas inviáveis para uma determinada área, devido uma gama de empecilhos, como fatores hidrológicos, sociais, geotécnicos, ambientais ou econômicos. A segunda



fase do processo de concepção do sistema de drenagem urbana é a mais relevante, pois é a tomada de decisão, que abrange a elaboração dos distintos cenários dos plausíveis arranjos das alternativas de projeto.

Diante disso, a escolha do sistema compensatório a ser implantado deve ser realizada levando em consideração os mais diversos condicionantes no meio, desde aspectos técnicos até os ambientais, sanitários, sociais, econômicos, políticos, paisagísticos, assim como qualquer outro que seja de suma importância.

Segundo Benedicto et al (2018), diferentemente da drenagem urbana clássica, onde visa-se apenas às situações de cheias, demandando elevados custos com canalizações e alterações no traçado dos rios, a drenagem compensatória ou alternativa destina-se à amenização dos danos da urbanização por meio do aumento das taxas de infiltração da água no solo e da desaceleração do escoamento superficial, permitindo a restauração do hidrograma e das condições pré-urbanização.

As técnicas compensatórias foram desenvolvidas



nos anos 70, na América do Norte, onde se aplicam com maior eficácia em regiões que possuem grandes territórios e áreas verdes. Conforme Canholi (2014), os 10 primeiros minutos da chuva carregam uma elevada carga de poluição, já que as águas pluviais limpam a cidade. Assim, foram desenvolvidas técnicas alternativas que propõe conter a quantidade de água escoada superficialmente, conduzindo-as para as galerias e rios, seja pela detenção ou infiltração, amortecendo a velocidade de escoamento pela elevação da evapotranspiração.

Esses sistemas em geral, quando bem concebidos, podem ser de suma importância para a manutenção da qualidade das águas pluviais, e assumem maior significância ainda, pois em diferentes escalas podem suprir, desde pequenas parcelas, até projetos de drenagem de cidades inteiras. Outro fator preponderante que torna mais favorável a utilização desses

sistemas alternativos, se deve ao fato de fácil harmonização com os ambientes urbanos, já que são



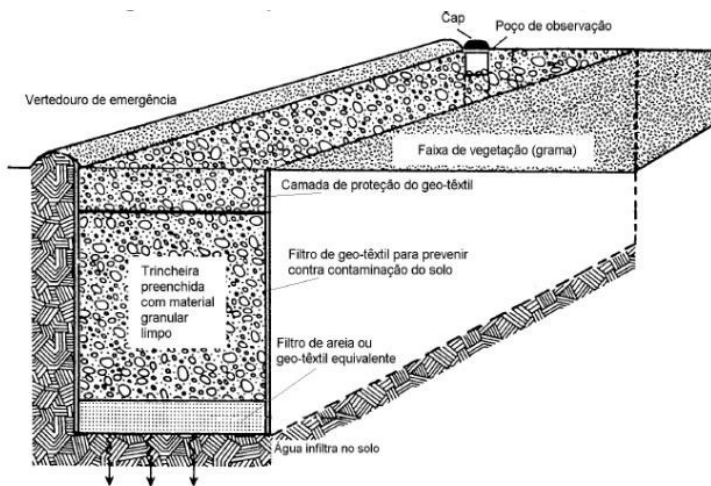
facilmente integrados, permitindo diversos usos pela população, como áreas de estacionamento, áreas para prática de esportes, áreas de lazer ou áreas inundáveis.

Ainda Baptista e Nascimento (2001) classifica esses procedimentos em três tipos distintos, levando em consideração a forma de controle de vazões:

Técnicas para controle na fonte: São aquelas vinculadas a pequenas superfícies de drenagem, como poços de infiltração, micro reservatórios individuais, valas, valetas ou áreas de armazenamento e/ou infiltração, telhados armazenadores, dentre outros. Dessa forma, a Figura 23 apresenta uma dessas técnicas:



Figura 23 - Trincheira de infiltração.



Fonte: Spitz e Silva (2010, p.27).

A Figura 23 ilustra uma trincheira de infiltração, que normalmente são constituídas de material granular, fornecendo a propriedade de infiltração, ou seja, percolação de água entre seus vazios, já que se encontra com aproximadamente 40% de porosidade. Possui ainda forma de valetas, tendo desempenho estrutural e evitando entrada de finos, reduzindo a poluição das águas.

Técnicas para controle nos sistemas viário e



de drenagem: pavimentos porosos, valas e valetas de armazenamento e/ou infiltração, áreas de armazenamento em pátios ou estacionamentos. Assim a Figura 24 exhibe um exemplo típico dessa técnica.

Figura 24 - Pavimento permeável.



Fonte: Albuquerque (2005, p.62).

O pavimento permeável exibido na figura 24 têm as mesmas características paisagísticas de um pavimento comum, contudo, tem a propriedade de reduzir o escoamento superficial das águas pluviais. Nesse pavimento, parcela

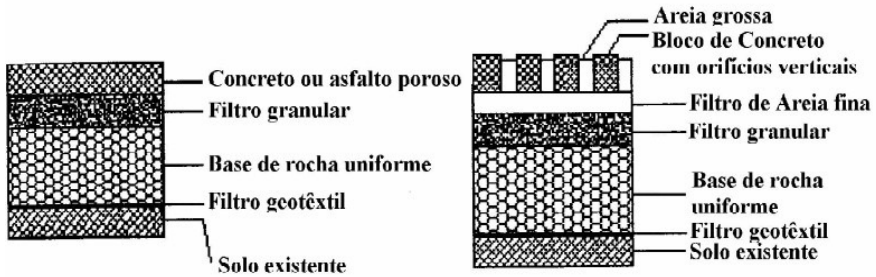


água é armazenada, absorvida e infiltrada para o terreno. Com sua utilização é possível diminuir os picos de cheias e o volume de escoamento, efeitos danosos estes que advindos da urbanização (SPITZ e SILVA, 2010).

Segundo Albuquerque (2005) os pavimentos permeáveis são constituídos por uma camada superior de revestimento drenante e várias camadas abaixo de material granular. Pode também, ser revestido de concreto poroso e blocos intertravados. Atualmente, sua utilização vem se tornando vantajosa quando analisada sob aspecto econômico, pois mesmo que existam custos adicionais de construção e manutenção, quando comparados aos pavimentos convencionais, são compensados pela redução do custo de instalação dos sistemas de drenagem. Na Figura 25, tem-se o perfil transversal de um típico pavimento permeável.



Figura 25 - Perfil do Pavimento Poroso.



Fonte: Spitz e Silva (2010, p.30).

As ilustrações que compõe a Figura 25 demonstram a composição do pavimento permeável, no qual a camada superior drenante, é assentada sobre consecutivas camadas de material granular. O revestimento normalmente é feito de com concreto poroso (asfáltico ou cimento) ou de blocos de concreto intertravados.

O revestimento é executado com concreto de granulometria formada de agregados isentos de finos, que sob ela é colocada uma camada filtrante (manta geotêxtil ou filtro de areia) e posteriormente uma camada de brita com elevada quantidade de finos (MEIRA, 2013). A base de brita possui duas funções específicas, pois exerce função



mecânica e ainda atua como reservatório de águas pluviais.

Técnicas para controle centralizado: bacias de retenção e/ou infiltração que armazenam em curto período para controle de inundações, e longos períodos para fins de redução de cargas de poluição e abastecimento do lençol freático.

Baptista e Nascimento (2001), enfatizam que estas tecnologias buscam compensar sistematicamente os efeitos da urbanização, tomando sempre como base de estudo a bacia hidrográfica em questão, controlando na fonte, a produção de excedentes de água ocasionados pela impermeabilização, através dos métodos supracitados, por meio de estruturas de armazenamento temporário, que evitam ou minimizam a transferência rápida dos volumes para jusante.

LEGISLAÇÃO E NORMATIVAS APLICADAS A DRENAGEM URBANA

Este capítulo tem por finalidade apresentar algumas



normativas, as mais utilizadas nesse trabalho, dentre tantas que abordam o assunto. Diante disso, foi realizado um breve comentário, iniciando pela Norma DNIT 018/2004 – ES – Drenagem – Sarjetas e Valetas – Especificação de Serviço: especifica a sistemática a ser seguida para execução de sarjetas e valetas de drenagem destinadas a conduzir as águas que incidem sobre um corpo estradal. Também é apresentado dados relacionados a quantitativos, materiais empregados, execução, manejo ambiental e controle de qualidade.

A Norma DNIT 030/2004 – ES – Drenagem – dispositivos de drenagem pluvial urbana – Especificações de Serviço, concede a definição de vários dispositivos de drenagem urbana, em específico as galerias, bocas-de-lobo e poços de visita, onde elucida os procedimentos que devem ser seguidos na construção destes dispositivos de drenagem pluvial urbana, aplicando de forma metódica a execução, quantitativos de materiais empregados, controle de qualidade e equipamentos necessários.

O Manual de Drenagem de Rodovias – DNIT



2006 é a edição mais atualizada fornecida pelo Instituto de Pesquisas Rodoviárias (IPR), que visa proporcionar os melhores subsídios técnicos aos profissionais, a fim de auxiliar no desenvolvimento de projetos de drenagem para rodovias com maior eficiência e modernidade. O Manual apresenta uma série de dados técnicos, modelos matemáticos, tabelas, ábacos e ilustrações que em conjunto fornecem condições para o dimensionado de tais projetos de drenagem pluvial.

O IPR – 740 apresenta o Manual de Projetos Geométricos de Travessias Urbanas (2010), que elenca inúmeras definições de elementos que compõe uma via urbana, tabelas e métodos de classificação das vias, critérios de projeto, ou seja, todo um aparato para projeto e execução de vias urbanas, relacionando os vários tipos de veículos que usufrui da mesma.

A ABNT NBR 9794/1987 – Tubos de concreto armado de seção circular para águas pluviais, estabelece todas as diretrizes necessárias para dimensionamento e execução de tubos de concreto armado, apresentando dados



pertinentes como quantitativos de materiais empregados, dimensões máximas e mínimas, posicionamento de armadura, critérios para realização de inspeção dos tubos instalados, disposição de formas e dados relacionados a compressão.

A ABNT NBR 9793/1986 – Tubos de concreto simples de seção circular para águas pluviais, apresenta informações pertinentes para projeto e execução de tubos de concreto, proporcionando condições exigíveis para aceitação de tubos de concreto simples de seção circular, destinada a condução de águas pluviais e de líquidos não agressivos, fornecendo dados como quantitativo de materiais necessários, tabela com dimensões a serem respeitadas, dosagem correta, processo de cura e características relacionadas a compressão diametral.





Capítulo

3

**DIMENSIONAMENTO DE
DISPOSITIVOS DE COLETA DE
ÁGUAS PLUVIAIS**

Cálculos das vazões das sarjetas

De acordo com Azevedo Netto (1998) os condutos livres são denominados como canais expostos a pressão atmosférica em pelo menos um ponto da sua seção, ou seja, normalmente apresentam uma superfície livre de água, em contato com a atmosfera.

O cálculo de vazões para condutos livres é mundialmente conhecido e estudado, principalmente pelas formulações de Manning–Chézy, que foram experimentadas em canais de diversos tamanhos, produzindo resultados coerentes entre o projeto e obra executada (AZEVEDO NETTO, 1998). A partir dos dados geométricos do perfil e os materiais empregados na sua execução, é capaz de quantificar a carga hidráulica transportada por determinado perfil, descrita pela equação (1):

$$Q = (A * Rh^3 * \sqrt{I_0}) / \eta$$



Em que:

$Q =$ Vazão (m^3/s);

$A =$ Área da seção molhada (m^2); $R_h =$ Raio hidráulico (m);

$I_0 =$ Declividade longitudinal (m/m);

$\eta =$ Coeficiente de rugosidade de Manning.

Para o desenvolvimento correto dessa fórmula faz-se necessário compreender dois termos supracitados, onde o raio hidráulico (R_h) é obtido pela relação entre a razão área da seção molhada e o perímetro molhado do perfil. Para obter o coeficiente de rugosidade de Manning é necessário entender a natureza das paredes e a condição em que se encontra o perfil, contudo a única objeção é que este coeficiente η é um dimensional, entretanto o valor adimensional da rugosidade (e/d), da conhecida fórmula universal, é calculado pela altura das asperezas (e), sem levar em consideração fatores que influem na rugosidade, como por exemplo, a orientação das asperezas, alturas essas dificilmente medidas ou adotadas com precisão



(AZEVEDO NETTO, 1998).

Diante de tal dificuldade, alguns autores optam por adotar valores determinados empiricamente para diversos materiais com finalidade de facilitar os cálculos, assim Porto (2006) elenca vários dados de coeficientes de rugosidade, apresentados na Tabela 2.



Tabela 2 - Valores do coeficiente de rugosidade da fórmula de Manning.

Natureza das paredes	Condições			
	Muito boas	Boas	Regulares	Más
Tubo de ferro fundido sem revestimento	0,012	0,013	0,014	0,015
Idem, com revestimento de alcatrão	0,011	0,012	0,013	...
Tubos de ferro galvanizado	0,013	0,014	0,015	0,017
Tubos de bronze ou de vidro	0,009	0,010	0,011	0,012
Condutos de barro vitrificado, de esgoto	0,011	0,013	0,015	0,017
Condutos de barro, de drenagem	0,011	0,012	0,014	0,017
Condutos de esgoto, de tijolos	0,012	0,013	0,015	0,017
Superfícies de cimento alisado	0,010	0,011	0,012	0,013
Superfícies de argamassa de cimento	0,011	0,012	0,013	0,015
Tubos de concreto	0,012	0,013	0,015	0,016
Condutos de aduelas de madeira	0,010	0,011	0,012	0,013
Calha e prancha de madeira aplainada	0,010	0,012	0,013	0,014
Canais com revestimento de concreto	0,012	0,014	0,016	0,018
Alvenaria de pedra e argamassa	0,017	0,020	0,025	0,030
Alvenaria de pedra seca	0,025	0,033	0,033	0,035
Alvenaria de pedra aparelhada	0,013	0,014	0,015	0,017
Asfalto	0,010	0,012	0,013	0,015
Calhas metálicas lisas	0,011	0,012	0,013	0,015
Canais degradados	0,025	0,028	0,030	0,033

Fonte: Adaptado de Porto (2006, p.273).



A tabela fornecida pelo Porto (2006) denota as naturezas principais ou mais utilizadas para execução de condutos livres, apresentando valores de rugosidade que variam de acordo com a condição do conduto, sendo esses valores aconselhados para projeto. Entretanto, quando o conduto livre possui mais de um material empregado em sua execução, é necessário encontrar um valor de rugosidade equivalente, no qual equação (2) apresentada pela Escola Politécnica da UPS pelo Departamento de Hidráulica determina:

$$\eta_e = \frac{(\sum P_i \cdot \eta_i^{1/2})^2}{(\sum P_i)^3}$$

Sendo:

η_e = Rugosidade equivalente de Manning pela fórmula de Einstein, 1934 ou rugosidade composta;

P_i = Perímetro molhado cujo coeficiente de



Manning é η_i ; η_i = Coeficiente de Manning cujo perímetro é P_i .

Portando, essa rugosidade equivalente é uma formulação empírica que denota um valor análogo quando se tem matérias distintos empregados na construção de um algum perfil.

Determinação do perfil teórico de projeto da sarjeta alterada

A forma de um determinado perfil é construída através das medidas que compõe o próprio perfil, medidas essas que podem ser adotadas ou obtidas por meio de medições realizadas com instrumentos adequados. Para o cálculo médio de qualquer medida é conveniente fazer a média aritmética dos dados obtidos, aplicando um desvio padrão. Dessa forma, o valor das medidas que implicam na construção do perfil das sarjetas, pode ser adquirido pela seguinte equação (9) abaixo:



$$P_p = \frac{\sum h}{\sum m}; \frac{\sum l}{\sum m}; \frac{\sum ci}{\sum m}; \frac{\sum e}{\sum m} \text{ e } \frac{\sum i}{\sum m}$$

Onde:

P_p = parâmetros do perfil da sarjeta alterada (cm);

h = altura da guia do meio fio (cm);

l = largura da base da sarjeta (cm);

ci = comprimento inclinado entre o final da base até o final da elevação da repavimentação;

i = inclinação, expresso em porcentagem (%);

e = elevação da repavimentação em relação a guia do meio fio.

Parâmetros do dimensionamento do sistema de drenagem urbana

O dimensionamento de um determinado sistema de drenagem pode ser realizado de inúmeras maneiras, levando em conta muitas diretrizes, como por exemplo, o tamanho da bacia hidráulica. Para bacias pequenas normalmente



é muito utilizado o método Racional, desenvolvido por William Thomas Mulvany em 1851, que é considerado bastante relevante para áreas não maiores que 2 ou 3 km², como aponta o Departamento De Águas e Energia Elétrica do Estado e São Paulo (DAEE, 2005).

Esse método leva o nome de “racional” pois era adverso aos antigos métodos empíricos, portanto, não racionais. A racionalidade é encontrada pela razão (Q/I), que leva em consideração a vazão da área de contribuição e a intensidade pluviométrica da região (PORTO, 2006). A fórmula que descreve o método é simples, apresentada pela seguinte equação (4):

$$Q = C \cdot I \cdot A$$

No qual,

Q = vazão da área de contribuição (m³/s);

I = intensidade média de precipitação sobre toda área de contribuição (m/s); C = coeficiente de escoamento (adimensional);



A = área de contribuição (m²).

Para cálculo dessa vazão é necessário compreender dois fatores importantes, o coeficiente de escoamento (C), que é obtido por meio de tabelas com valores pré-definidos ou através de formulas empíricas, explanadas por Porto (2006, p. 244), porém é mais utilizado para fins de cálculo valores exibidos na Tabela 4.

Tabela 3 - Valores de coeficiente de deflúvio (C).

Tipo de ocupação	Coeficiente C
Área com edificação; grau de adensamento	--
Muito grande	0,70 a 0,95
Grande	0,60 a 0,70
Média	0,40 a 0,60
Pequena	0,20 a 0,40
Áreas livres: matas, parques, campos	0,05 a 0,20
Pavimentos	0,70 a 0,95
Solos com vegetação;	--
Arenoso	0,05 a 0,15
Argiloso	0,15 a 0,35

Fonte: Adaptado de Riguetto (1998).



O outro fator preponderante no cálculo da vazão da área de contribuição nesse método é a intensidade média de precipitação sobre toda área de contribuição (I), descrito pela seguinte equação (5) a diante:

$$I = \frac{(tc-6)^{0,425} \{12,9 - 4,22 \ln[\ln(\frac{Tr}{Tr-1})]\}}{tc}$$

Em que:

I = intensidade média de precipitação sobre toda área de contribuição (m/s);

Tr = tempo de Recorrência (anos): com base em dados estatísticos, determina-se a chance de uma determinada intensidade de chuva ocorrer num dado espaço de tempo;

tc = tempo de concentração (min): tempo que a água leva para percorrer a maior distância dentro da bacia delimitada.



Para bacias pequenas, é recomendado pelo DAEE (2005) utilizar valores de T_r e t_c iguais a 10 anos e 10 minutos, respectivamente.

A aplicação do método Racional leva em consideração as formulações desenvolvidas por Manning, desenvolvidas para cálculo da vazão das áreas de contribuição, todavia para a verificação da necessidade de realização de projeto de drenagem em bacias pequenas, faz-se necessários calcular também a capacidade de escoamento superficial da sarjeta e da via ao qual se instala essa área, sendo assim o professor e engenheiro Alexandre Perri da Universidade de Santo André orienta usufruir das formulações de Izzard, que de forma mais simplória calcula tal vazão através da seguinte equação (6):

$$Q_o = K\sqrt{I_o}$$

Onde,

Q_o = vazão da sarjeta e pista (m^3/s);

K = coeficiente de simplificação de Izzard



(adimensional); I_o = declividade longitudinal (m/m).

Esse coeficiente é determinado por Izzard (1986) leva em consideração simplesmente a largura da pista analisado em questão, no qual é determinado empiricamente, sendo assim a Tabela 3 apresenta valores de K para algumas larguras de pista.

Tabela 4 - Método de Izzard para capacidade de sarjetas.

Largura da via (m)	3	4	5	6	7	8	9	10
K	0,539	0,718	0,898	1,077	1,257	1,436	1,616	1,795
Largura da via (m)	11	12	13	14	15	16	17	18
K	1,975	2,154	2,334	2,513	2,693	2,872	3,052	3,231

Fonte: Porto (2006).

O parâmetro (I_o) referente a declividade longitudinal da pista, leva em consideração dois fatores em sua determinação, a diferença de cotas (altitude) e a distância longitudinal de um determinado trecho, sendo assim descrita pela equação (7) a diante:



$$I_0 = \frac{\text{cota maior} - \text{cota menor}}{\text{distância longitudinal}}$$

A necessidade da realização de um projeto de drenagem urbana pelo método Racional, nasce quando a vazão da área de contribuição é maior que a capacidade de escoamento superficial da sarjeta e pista, logo é necessário implantar dispositivos hidráulicos capazes de abrigar a vazão excedente (PORTO, 2006).

Azevedo Netto (1998) impõe para as bocas-de-lobo em específico, o dispositivo subsequente na captação dos deflúvios, o cálculo da capacidade de engolimento através de uma equação empírica, independente do seu tipo, no entanto as bocas-de-lobo com grelha, que funcionam como um vertedouro de soleira livre, tem-se sua vazão expressadas por:

$$Q = 1,7 * P * Y^{3/2}$$

Onde,

Q = vazão de engolimento (m³/s); P = perímetro do



orifício (m);

Y = altura da água na sarjeta sobre a grelha (m).

Os demais elementos que compõe o sistema de drenagem são dimensionados para possuir capacidade escoar o volume advindo da captação dos dois primeiros veículos de drenagem, onde Azevedo Netto (1998) deixa alguns princípios e critérios básicos para dimensionamento, principalmente das galerias. Para efeito de cálculo dos demais dispositivos de drenagem (PVs, GAP), foi respeitada a equação da Continuidade, que determina a capacidade da rede:

$$Q = V \cdot A_m$$

Onde,

Q = vazão da rede (m^3/s);

V = velocidade média do trecho (m/s); A_m = área molhada (m^2).

Após as definições das vazões de projeto dos



trechos de galeria pelo método racional, o autor ainda ressalta que é válido lembrar dos seguintes princípios:

- Duração da chuva que resulta na vazão máxima é igual ao tempo de concentração;
- A intensidade permanece constante durante toda chuva;
- A impermeabilidade da superfície não se altera na duração da chuva;
- O escoamento nas galerias é o de conduto livre em regime permanente e não uniforme.

Além disso, é sugerido pelo mesmo autor alguns critérios que devem ser estabelecidos, ou pelo contratante, ou pela vivência do projetista. Os mais comuns são:

- Nas seções circulares, o diâmetro mínimo de 500 mm;
- Para seções retangulares, a dimensão mínima da altura de 0,50m;

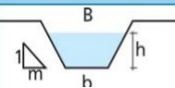
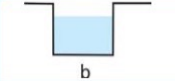
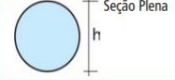
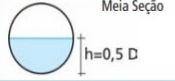
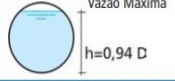


- As seções circulares são dimensionadas à seção plena de $0,95d$ e as retangulares com altura livre mínima de $0,10H$;
- A velocidade mínima de $0,75$ m/s;
- A velocidade máxima de $5,0$ m/s;
- Nas mudanças de diâmetros, as geratrizes superiores internas devem estar alinhadas.

Os parâmetros citados anteriormente necessários para determinação da vazão dos trechos, podem ser calculados através da equação de Manning já vista, ou encontradas catalogadas no Guia Prático para Projeto de Pequenas Obras Hidráulicas, fornecido pelo DAEE (2005), que possuem tabelas que levam em consideração dados pertinentes, como raio hidráulico, área e perímetro molhado de diversas seções transversais, apresentados na Figura 26.



Figura 26 - Elementos hidráulicos de diferentes tipos de seções transversais.

Geometria da Seção	Área Molhada (A_m)	Perímetro Molhado (P_m)	Raio Hidráulico (R_H)	Largura Superficial (B)
	$(b+mh)h$	$b + 2h\sqrt{1+m^2}$	$\frac{(b+mh)h}{b + 2h\sqrt{1+m^2}}$	$b+2mh$
	$b \cdot h$	$b+2h$	$\frac{b \cdot h}{b + 2h}$	b
 Seção Plena	$\frac{\pi \cdot D^2}{4}$	$\pi \cdot D$	$\frac{D}{4}$	----
 Meia Seção	$\frac{\pi \cdot D^2}{8}$	$\frac{\pi \cdot D}{2}$	$\frac{D}{4}$	----
 Vazão Máxima	$0,7662 \cdot D^2$	$2,6467 \cdot D$	$0,2895 \cdot D$	----

Fonte: Hidrologia e Hidráulica: conceitos básicos e metodologias (2005, p. 27).

A Figura 26 exibe os perfis mais utilizados em projetos hidráulicos pequenos e também os dados necessários para calcular os parâmetros apresentados na equação (9), estando ainda de acordo com as notas de aula do professor Alexandre Perri Moraes.



A nighttime photograph of a city street. In the foreground on the left, a brick wall is visible, with a metal drainage grate at the bottom. The background shows a street with a building that has a large, brightly lit neon awning in shades of orange, yellow, and green. The scene is dimly lit, with the primary light sources being the neon signs and streetlights.

Capítulo

4

METODOLOGIA

Do ponto de vista da sua natureza, a presente pesquisa classifica-se como aplicada, pois objetiva gerar conhecimento para a aplicação prática e solução de problemas que contenham objetivos a serem alcançados à médio prazo.

Também é classificada como explicativa no intuito de atingir os objetivos de diagnosticar o sistema de microdrenagem urbana e discutir sobre a influência da repavimentação sobre a mesma, uma vez torna-se uma tentativa de conectar as ideias para compreender as causas e efeitos desse fenômeno. Classifica-se ainda como exploratória para redimensionar o sistema de drenagem urbana do perímetro estipulado da cidade, com o intuito de explorar o problema e trazer soluções para o tema.

Por meio de consulta dos arquivos da prefeitura municipal de Barra do Garças-MT, diretrizes do DNIT e demais órgãos responsáveis pelo planejamento e execução dos projetos de pavimentação e drenagem da av. Ministro João Alberto, realizou-se uma verificação no perímetro que corresponde a toda avenida, observando alguns quesitos,



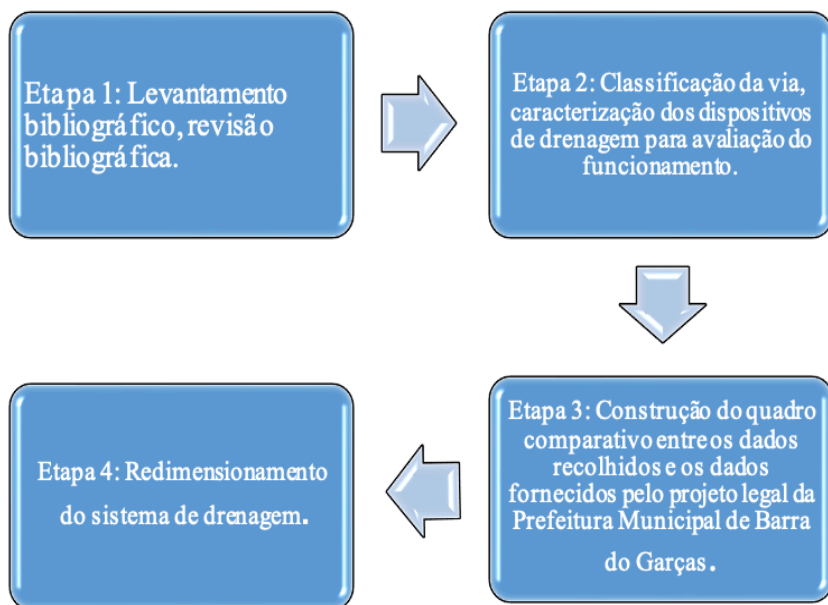
como o levantamento de quantitativo dos elementos que compõe o sistema de drenagem que foi alcançado à olho nu, pelo próprio aluno com o acompanhamento da orientadora. A verificação de quantos metros lineares de sarjetas afetadas foi feita com o auxílio de uma trena e realizado um memorial fotográfico.

Após o quantitativo estabelecido, haverá uma comparação com os projetos pertinentes, afim de aferir se a execução dos demais elementos do sistema estão em concordância com o projeto. Por final, em caso de falha ou sobrecarga do sistema, fomentar através das normas, manuais, bibliografias e catálogos o redimensionamento dos dispositivos de drenagem.

Para melhor compreensão do que foi efetuado no trabalho, a Figura 27 apresenta um fluxograma das etapas seguidas para elaboração do presente artigo.



Figura 27 - Desenvolvimento Metodológico.



Fonte: Do autor (2019).

A etapa 01 é fundamentada em coleta de dados, estudos e pesquisas em diversas fontes (Livros, normas técnicas, sites da internet, artigos, monografias e teses de doutorado), com o intuito de levantar as principais definições, processos, técnicas e materiais empregados na construção do sistema de drenagem. Dessa forma foi realizada um estudo bibliográfico dos seguintes temas:



pavimentação asfáltica, enchentes e inundações e sistemas de drenagem.

Depois de estudada a bibliografia do assunto, passou-se a etapa 02 que constitui basicamente da análise ocular no sistema de drenagem instalado na avenida Ministro João Alberto, onde realizou-se o quantitativo dos dispositivos de drenagem (metros lineares de sarjetas, bocas de lobo, poços de visita e galerias), num perímetro de 1216,00 metros, com o auxílio de trena, caneta, caderneta e celular para armazenamento de dados, afim de diagnosticar a situação dos mesmos, para posterior discussão da eficiência hidráulica.

Na etapa 03 foi construído um quadro comparativo, para analisar os dados recolhidos da pesquisa atual com o projeto da prefeitura municipal de Barra do Garças, permitindo assim verificar a fidelidade entre projeto e execução.

A partir dessa etapa, foi possível a concretização da etapa 04, que após diagnosticar a situação dos elementos de drenagem urbana encontrados na avenida, fez-se o



redimensionamento do sistema de drenagem, como proposta de solução para o problema.

ETAPA 1

Esta etapa foi construída com base no estudo de alguns temas relevantes que foram desenvolvidos nos capítulos que compõe o referencial teórico, estudo este auxiliado por inúmeras bibliografias de diversos autores, que transitam em várias fontes (artigos científicos, normas técnicas, livros, sites de internet, monografias, etc.) possibilitando ampliar os conhecimentos e dar maior veracidade para desenvolvimento da parte experimental. Os conceitos relevantes destrinchados no estudo tem como seguimento principal fomentar condições necessárias para analisar a situação dos dispositivos de drenagem instalados na via escolhida para estudo, afim de buscar uma solução plausível.

Os temas apresentados no desenvolvimento deste capítulo, vagam em diferentes assuntos, que a priori parecem



estar desconectados um com outro, no entanto, devido a pesquisa ser de vários caracteres anteriormente citados, ao fim é possível ver o relacionamento das principais vertentes abordadas, pois o estudo da pavimentação tem como intuito definir o pavimento instalado no perímetro estipulado, já o estudo dos sistemas de drenagem busca apresentar os conceitos capitais para o funcionamento de um sistema de drenagem urbano convencional, já que tem-se esse tipo de sistema introduzido. E por fim, é apresentado um subtema que trata das consequências e problemas quando se têm condições precárias no sistema de drenagem e má preservação da pista.

ETAPA 2

Caracterização da via

A caracterização da via teve início sob algumas premissas, que visa analisar o tráfego atuante, tipo de via, material utilizado para camada de rolamento, velocidade diretriz e quantidade e larguras das faixas, afim de classificar



o trecho de estudo. Para melhor compreensão do perímetro que foi estudado, a Figura 28 apresenta a limitação do trecho da av. Ministro João Alberto escolhido para análise.

Figura 28 - Mapa do perímetro analisado.



Fonte: Do autor (2019).

A Figura 28, demarca através da linha vermelha o perímetro em que catalogou-se todos os dados necessários para desenvolvimento do trabalho, no qual o trecho de 1.216,00 m está localizado entre os quilômetros 0 e 2 da avenida Ministro João Alberto, que ainda faz parte da BR-070, trecho este que abriga o grande centro comercial da cidade. Os pontos destacados na imagem acima, estão



localizados nas coordenadas (15°53'38.29" S; 52°15'30.26" O) e (15°53'15.50" S; 52°16'4.08" O) para início e final do trecho, respectivamente.

A camada de rolamento aplicado no perímetro da avenida Ministro João Alberto é enquadrada no grupo dos pavimentos flexíveis, mas específico sendo concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ), que é compreendido como concreto asfáltico (CA). O CBUQ é um dos tipos de misturas usinadas mais utilizados no Brasil, pois trata-se de uma mistura de material granular em diversas granulometrias e cimento asfáltico, que posteriormente é aquecida em temperaturas previamente escolhidas, assim sendo transportada por caminhões e lançadas em pista por veículos adequado, denominado de vibroacabadora.

De acordo com a Lei Nº 9.503, de 23 de setembro de 1997 que instituiu o Código de Trânsito Brasileiro (CTB), no art. 60 têm-se a classificação das vias de circulação, no qual é definida de acordo com sua utilização:



1) Vias urbanas:

- via de trânsito rápido;
- via arterial;
- via coletora;
- via local;

2) Vias rurais:

- rodovias;
- estradas;

Diante disso, o art. 61 do CTB (1997), define mais um critério relevante para classificação das vias, que é a velocidade máxima permitida, normalmente indicada por sinalizações, sempre obedecendo suas características técnicas e as condições de trânsito, sendo assim têm-se:

§ 1º Onde não existir sinalização regulamentadora, a velocidade máxima será de:

I. nas vias urbanas:

a) oitenta quilômetros por hora, nas vias de trânsito rápido;

b) sessenta quilômetros por hora,



- nas vias arteriais;
- c) quarenta quilômetros por hora, nas vias cóleras;
- d) trinta quilômetros por hora, nas vias locais;

No parágrafo segundo desse mesmo artigo ainda tem uma ressalva sobre a velocidade estabelecida para essas vias, que regulamenta velocidades superiores ou inferiores por meio de órgão ou entidade de trânsito ou rodoviário com circunscrição, através de sinalizações.

Sendo assim, com premissas apresentadas pelo CTB (1997) conclui-se que a via instalada na av. Ministro João Alberto no perímetro estabelecido para estudo é uma via arterial, dotada de 2 faixas de rolamento mais 2 faixas de acostamento adjacentes, totalizando 4 faixas para desenvolvimento do tráfego. Diante disso, a Figura 29 exhibe todas as quatro faixas que compõe a avenida.



Figura 29 - Composição das faixas da av. Ministro João Alberto.



Fonte: Do autor (2019).

Logo, o DNIT no Manual de Projetos Geométricos de Travessias Urbanas (2010), classifica as vias arteriais sob um outro aspecto importante, a largura da faixa de rolamento (LF), que condiciona a velocidade diretriz que seria legalmente ideal para fluidez do trânsito. É desejável que em vias artérias primárias com velocidade diretriz entre 60-80 km/h, tenham largura de faixa entre 3,50-3,60



m. Diante disso, o trecho de estudo da avenida Ministro João Alberto possui largura de faixa de rolamento de 4,25m e mais 2,35m para faixa de estacionamento, perfazendo então uma via com 13,20m de largura.

Ainda a via referida tem mais um fator preponderante para sua caracterização como via arterial, pois ela atende principalmente o tráfego direto, com um percurso contínuo para a travessia da cidade, sendo abastecidas por vias transversais ao seu sentido, se tornando o principal meio de acesso entre os estados de Goiás e Mato Grosso, já que mesmo em perímetro urbano ela ainda faz parte da BR-070.

Em relação ao tráfego de veículos, a velocidade atuante em boa parcela do dia é restringida devido ao elevado tráfego que é bastante diversificado, transitando entre todas as classes de veículos, tais como veículos leves, comerciais leves, ônibus, caminhões leves e médios e caminhões semipesados e pesados. Logo, é conclusivo que diante das diretrizes apresentados tanto pelo CTB quanto DNIT que a via estudada é uma via arterial.



Caracterização dos dispositivos de drenagem

Os dispositivos catalogados no perímetro estabelecido da avenida Ministro João Alberto para estudo do sistema de drenagem urbana foram caracterizados através das medições realizadas in loco, com o auxílio de trena 5m/16', prancheta e caneta, percorrendo aproximadamente 1.216,00m de cada lado da via, totalizando uma distância de quase 2.500,00 m.

Para o discernimento dos dispositivos encontrados na via, foram levantados dados referentes sua geometria, localização e estado de alteração para com a repavimentação, fornecendo assim um quantitativo que possibilita afirmar a necessidade de um redimensionamento.

Funcionamento dos dispositivos de drenagem

O funcionamento dos dispositivos de drenagem foi determinado através da análise de cada classe de dispositivos encontrado na vistoria realizada na data de 23 de fevereiro



de 2019. Para as bocas-de-lobo foi analisado o grau de obstrução do mesmo, podendo ser classificada em não obstruído, obstruído e parcialmente obstruído. Outro fator de suma importância que foi pautado para determinação do bom funcionamento das bocas-de-lobo é a distância entre cada elemento, já que existe normativas e autores que orientam distâncias máximas, afim de não haver sobrecarga e grande acúmulo de volume de um dispositivo para outro. A Tabela 3, ilustra quais dados e como foram catalogados para posterior análise das bocas-de-lobo.



Tabela 5 - Tabela tipo para armazenagem de dados das bocas-de-lobo.

Quadra 01												
Bocas-de-lobo												
	Lado esquerdo da via					Lado direito da via						
Qtd	c(cm)	l(cm)	hrep(cm)	obstrução	tipo de BL	c(cm)	l(cm)	hrep(cm)	obstrução	tipo de BL		
1												
2												
3												
4												

Fonte: Do autor (2019).



A Tabela 3 apresenta todas as medidas necessárias para obtenção da forma geométrica das bocas-de-lobo, contando ainda com dados referente ao funcionamento do dispositivo e a classe do mesmo, pois os parâmetros envolvidos são os seguintes:

c = comprimento da boca-de-lobo (cm); l = largura da boca-de-lobo (cm);

h_{rep} = altura da repavimentação em relação a boca-de-lobo (cm);

Esses três parâmetros apresentados anteriormente são encontrados através de medições realizadas com trena, já os parâmetros de obstrução e o tipo de BL, são atribuídos a análise visual do dispositivo, pois é de fácil entendimento a verificação do tipo de BL empregado e se há ou não material que o obstrua.

A Figura 30, ilustra quais foram as formas de medição realizadas em campo para obtenção das medidas das bocas-de-lobo.



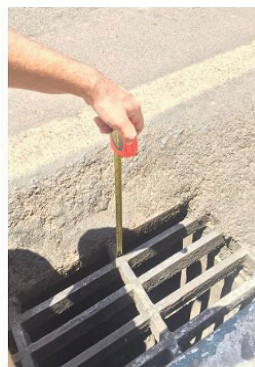
Figura 30 - Método de medição das bocas-de-lobo.



(a) Comprimento da BL



(b) Largura da BL



(c) Altura da repavimentação

Fonte: Do autor (2019).

Nas imagens que compõe a Figura 30, são apresentadas as formas de obtenção das medidas das bocas-de-lobo, onde a Figura (30.a) denota o comprimento longitudinal da BL, a Figura (30.b)exibe o método de medição da largura da BL, e pôr fim à altura da repavimentação em relação a BL é ilustrada pela Figura (30.c).

Para as sarjetas, foi realizado uma análise comparativa do perfil entre a parcela de sarjeta encontrada em estado inalterado e as parcelas modificadas com os



sucessivos processos de repavimentação, comparando a capacidade de transporte de carga hidráulica de cada. Para a determinação do perfil da sarjeta alterada foi realizada medições em três pontos de cada lado da via de cada quadra, início, meio e final de cada quadra, onde foram abstraídos dados da sua forma geométrica. A Tabela 4, elenca quais dados foram obtidos na vistoria da avenida.



Tabela 6 - Tabela tipo para armazenagem de dados das sarjetas.

Quadra 01												
Sarjetas												
Local das medições	Lado esquerdo da via						Lado direito da via					
	h(cm)	l(cm)	ci(cm)	i (%)	e(cm)		h(cm)	l(cm)	ci(cm)	i (%)	e(cm)	
Início												
Centro												
Final												

Fonte: Do autor (2019).



Assim como Tabela (4) apresentada anteriormente, essa proporciona todas as medidas necessárias para obtenção da forma geométrica das sarjetas alteradas por conta das sucessivas repavimentações, pois os parâmetros envolvidos são os seguintes:

h = altura da guia do meio fio (cm); l = largura da base da sarjeta (cm);

ci = comprimento inclinado entre o final da base até o final da elevação da repavimentação;

i = inclinação, expresso em porcentagem (%);

e = elevação da repavimentação em relação a guia do meio fio.

Para melhor compreensão das medidas anteriormente citadas, é exibido as imagens que compõe a Figura 31.



Figura 31 - Método de medição das sarjetas.



Fonte: Do autor (2019).

Na Figura 31 está representado quais foram as formas de medições realizadas para obtenção das medidas que juntas formas de maneira aproximada o perfil alterado pela repavimentação, no qual a Figura (31.a) exhibe a medição da largura da base, a Figura (31.b) demonstra o comprimento inclinado que é obtido entre a distância do final da base até o final da elevação da repavimentação. Os outros dois parâmetros apresentados nas Figuras (31.c e 31.d), são medidas verticais que indicam a altura da guia do meio fio e a altura total das camadas de repavimentação,



respectivamente.

Contudo, o método usado para unir todos os dados catalogados sobre as sarjetas danificadas pela repavimentação é simplesmente a média aritmética de cada parâmetro, ou seja, a soma integral de um dos determinados parâmetros dividido pela soma da quantidade de medições, encontrando assim uma média do perfil, dados esses que estão apresentados no Apêndice B, que foi utilizado como valor teórico para obtenção da carga hidráulica, apresentado pela equação (3) enunciada em 3.4.1.2:

$$\bar{v}_p = \frac{\sum h}{\sum m} \cdot \frac{\sum l}{\sum m} \cdot \frac{\sum c_i}{\sum m} \cdot \frac{\sum e}{\sum m} \cdot \frac{\sum i}{\sum m}$$

Já a carga hidráulica ou vazão transportada tanto pela parcela inalterada quanto da alterada foi determinada pela fórmula de Manning - Chézy, descrita em 3.4.1.1 pela equação (1) logo abaixo:

$$Q = (A * Rh^{\frac{2}{3}} * \sqrt{I_0}) / \eta$$



Como em grande parte do perímetro o perfil da sarjeta foi alterado pela repavimentação, composta por material asfáltico betuminoso, mudando a composição dos materiais empregados na sarjeta que antes era apenas formada de concreto simples (areia, seixo rolado, cimento e água), e agora se tornando um material composto, faz-se necessário encontrar um novo valor de rugosidade para essas paredes compostas, que foi determinado pela equação (2), delineada em 3.4.1.1:

$$\eta_e = \frac{(\sum P_i * \eta_i^{3/2})^{2/3}}{(\sum P_i)^3}$$

Assim, todos esses dados e cálculos necessários para obtenção das vazões e dos coeficientes de rugosidade equivalentes dos perfis teóricos, estão exibidos no Apêndice C.



REDIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE DRENAGEM

O método utilizado para o redimensionamento do sistema de drenagem convencional instalado no perímetro de estudo estabelecido foi o Método Racional de William Thomas Mulvany (1851), que é recomendada por Porto (2006) e o Manual de Drenagem Urbana de Curitiba (2002) para áreas de drenagem pequenas, entre 2 e 3km², que estabelece uma relação entre a chuva e a escoamento superficial (deflúvio) da área analisada. Diante disso, o Apêndice A apresenta todos os cálculos realizados no passo a passo descrito abaixo:

1. Cálculo da área de drenagem;
2. Cálculo da capacidade de escoamento superficial (Método de Izzard);
3. Cálculo da vazão da área de contribuição (Método Racional);

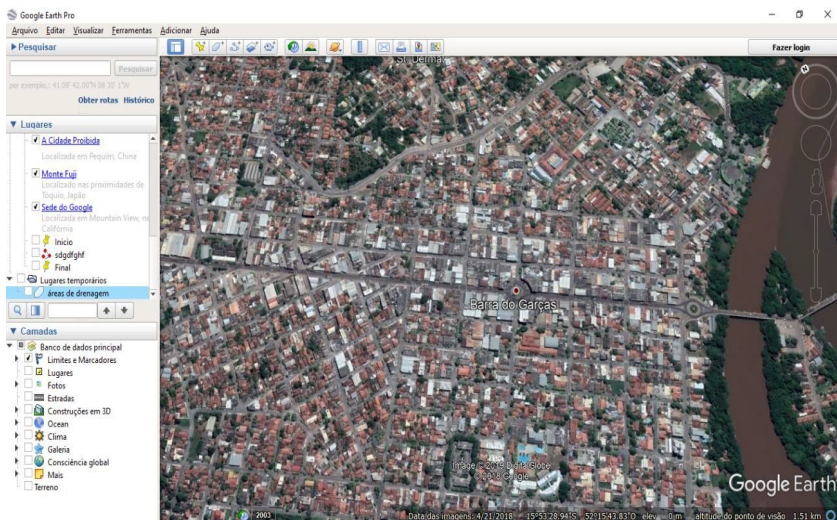


4. Verificação da necessidade da realização do projeto;
5. Dimensionamento dos dispositivos de drenagem (BL, PVs, GAP)
6. Determinação e locação da quantidade de dispositivos.

Para a determinação da área de drenagem (Passo a) é considerada uma série de fatores, tais como a topografia da área escolhida, direção do escoamento, curvas de nível, limites de lotes e dispositivos existentes. Como o levantamento de tantas informações simultaneamente é de difícil acesso, foi utilizado o atalho da ferramenta computacional Google Earth Pro, ferramenta capaz de unir todas as informações supracitadas. A Figura 32, apresenta a interface gráfica do programa usado.



Figura 32 - Interface gráfica do Google Earth Pro.



Fonte: Do autor (2019).

A Figura 32 apresentada anteriormente ilustra a interface do programa Google Earth Pro, no qual é possível obter uma série de informações de um determinado lugar, como altitude, latitude, perímetro, área, volume, perfil de elevação e muitos outros dados.

Parar a determinação do cálculo da capacidade de escoamento superficial (Passo b), levou-se em conta o método de Izzard, pois é mais simplório e prático que o



método de Manning. Essa metodologia tem a finalidade de calcular a vazão da “sarjeta + via”, que é descrita pela equação (6), apresentada em 4.4.1.3:

$$Q_0 = K\sqrt{I_0}$$

Após a verificação e confirmação da área de drenagem sendo menor que 2km², é possível usar o método racional para dimensionamento da vazão correspondente a área de contribuição (Passo c) estabelecida para o estudo, usufruindo da equação (4), explicada em 4.4.1.3:

$$Q = C*I*A$$

Depois da obtenção das vazões citadas anteriormente, verificou-se a necessidade (Passo d) de realização do redimensionamento, já que para haver tal procedimento a imposição abaixo deve ser respeitada:

$$Q \geq Q_0$$



Se tal prescrição for confirmada, significa que o volume de água pluvial advindo da área de contribuição é maior que a capacidade de escoamento da pista juntamente com a sarjeta, implicando em uma sobrecarga do sistema atual instalado na via, ou seja, haverá acúmulo de água em outras partes do centro comercial da av. Ministro João Alberto.

Para a realização do dimensionamento dos dispositivos de drenagem (Passo e), ou seja, o cálculo da vazão, foi realizado através das formulações de Manning, tendo em especial as bocas-de-lobo, que são dimensionadas através da equação (8) descrita em 4.4.1.3, e os demais elementos levaram em conta as recomendações descritas por Azevedo Netto (1998, p. 549) em 4.4.1.3. As imagens que ilustram a estrutura desse dimensionamento estão apresentadas no Anexo A, no qual apresenta todas as quadras analisadas e a disposição dos elementos drenantes.



A nighttime photograph of a city street. In the foreground on the left, there is a brick wall and a metal drainage grate. The background shows a building with large windows and a colorful neon sign with orange, yellow, and green lights. The scene is dimly lit, with the neon sign providing a primary light source.

Capítulo

5

DESCRIÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

ALTERAÇÃO DO SISTEMA DE DRENAGEM DEVIDO AOS EFEITOS SUCESSIVOS DA REPAVIMENTAÇÃO.

De maneira geral, foi constatado alterações provenientes do efeito da repavimentação para com o sistema de drenagem instalado na pista, no qual foi possível observar uma série de fatores que contribuíram para tal mudança, como os resquícios de material granular remanescente da pavimentação, alojados nas sarjetas, colaborando para o mal funcionamento do mesmo. A Figura 33 oferece a situação comum das sarjetas encontradas no perímetro estudado.



Figura 33 - Resquícios de material sólido alojado na sarjeta.



(a) Obstrução da sarjeta

(b) Escórias granulares

Fonte: Do autor (2019).

Em ambas imagens é claramente notável a presença de material sólido granular, derivados de duas fontes, as escórias remanescentes da última repavimentação e a degradação da guia do meio-fio, material normalmente feito de concreto. Além desses, contém material sólidos (lixo)



presente também, como plástico e tampinhas metálicas. Na Figura (33.a) ainda é possível ver a obstrução da própria sarjeta, por meio da execução da rampa para acesso de garagens, feito comum notado no perímetro da via. Também é consequência da repavimentação o acúmulo de água em partes da sarjeta, como visto na Figura (33.a), não permitindo o escoamento gravitacional, devido a obstrução do mesmo, que afeta diretamente declividade longitudinal da pista.

Outro ponto relevante que ficou nítido ao final da análise da avenida, foi a questão da altura da repavimentação quando comparada com a altura da guia da sarjeta e para com as bocas-de-lobo, que em muitos pontos da via foi possível encontrar um pavimento mais elevado do que a guia, mostrando o quão alto está o pavimento, como exibido na Figura 34.



Figura 34 - Altura do pavimento em relação aos dispositivos de drenagem.



(a) Elevação do pavimento em relação a guia

(b) Elevação do pavimento em relação a BL

Fonte: Do autor (2019).

Na Figura (34.a) apresenta a elevação da repavimentação quando comparada com o meio-fio, no qual é possível observar também a estratificação das camadas de pavimentos executadas ao longo dos anos. A Figura



(34.b) mostra o quão alto está essas camadas, chegando a aproximadamente 16 centímetros.

Os sucessivos processos de repavimentação trouxeram mudanças radicais no perfil transversal das sarjetas dispostas no perímetro da av. Ministro João Alberto, o que fica claro nas imagens abaixo, pois a Figura (35.a) apresenta o perfil da sarjeta triangular intacto, enquanto a Figura (35.b) exhibe a mudança devido à elevação das camadas de pavimento ao longo do tempo, se aproximando de um perfil trapezoidal.



Figura 35 - Comparação entre as sarjetas.



(a) Sarjeta correta

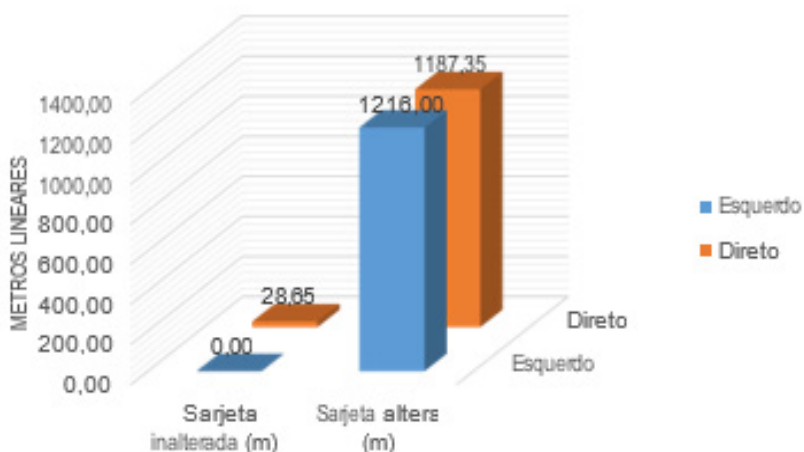
(b) Sarjeta altera

Fonte: Do autor (2019).

Outro fato que chama muita atenção é quantidade de metros lineares de sarjetas que foram alterados pela repavimentação, dados demonstrados no Gráfico 2 a seguir.



Gráfico 2 - Metros lineares de sarjetas.



Fonte: Do autor (2019).

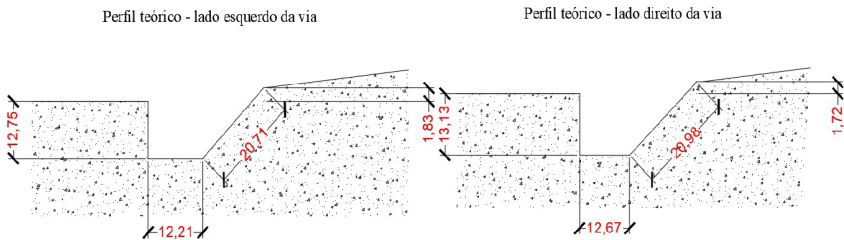
O Gráfico 2 acima, mostra o quão foi significativo o efeito da repavimentação para com o perfil das sarjetas, pois no lado esquerdo da via no perímetro analisado, tem-se 100% da quantidade de metros de sarjetas sendo alteradas, ou seja, 1216,00 m danificado. Já o lado direito da via também possui uma estatística elevada, no qual apenas 2,356% não foi alterada ou modificada, implicando em 97,664% ou 1187,35m de sarjetas acidentada.



Perfis teóricos.

Com toda a alteração apresentada no Gráfico 2 anterior, foi obtido através da equação (3) medidas que tentam ilustrar tal modificação dos perfis de sarjetas de ambos lados da via, sendo assim a Figura 36 esboça o resultado alcançado.

Figura 36 - Perfil teórico das sarjetas.



Fonte: Do autor (2019).

A Figura 36 ilustra de forma aproximada o novo perfil das sarjetas após os sucessivos processos de repavimentação, no qual é perceptível a mudança da forma geométrica, pois agora tem-se um perfil trapezoidal.



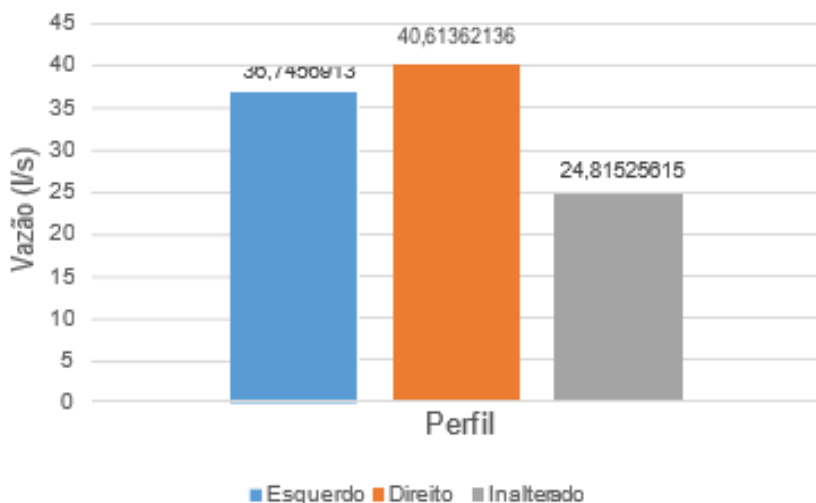
A imagem ainda apresenta dados importantes, como a elevação média da repavimentação, que em ambos lados da via são positivos, ou seja, a altura da repavimentação é maior que a altura da guia do meio fio.

Vazão

Através das medições realizadas em campo para determinação das vazões dos perfis teóricos alterado pela repavimentação de cada lado da via e o perfil inalterado, foi possível estabelecer uma linha comparativa sobre a eficiência hidráulica de cada dispositivo, que é demonstrada no Gráfico 3 abaixo:



Gráfico 3 - Eficiência hidráulica dos perfis de sarjetas.



Fonte: Do autor (2019).

Os dados apresentados no Gráfico 3, deixam claro como a eventual repavimentação mudou de forma expressiva a eficiência hidráulica da sarjeta, já que a variação geométrica no perfil foi muito significativa, impactando diretamente em sua vazão devido a alteração de parâmetros importantes, como a rugosidade, perímetro molhado e área molhada, pois a princípio a sarjeta inalterada tem capacidade hidráulica estimada em 24,815 l/s, porém



a alteração acarretou uma elevação de 40,934% no perfil teórico do lado direito da via, e 27,520% no perfil teórico do lado esquerdo da via. Essas elevações muito provavelmente não são consideradas em projeto, promovendo então uma sobrecarga para os demais dispositivos de drenagem.

BOCAS-DE-LOBO

As bocas-de-lobo também sofreram mudanças, modificações essas que contribuíram para o mal funcionamento e até interrupção total de alguns desses dispositivos tão importantes para escoamento dos deflúvios. O processo que levou a falha desses dispositivos e conseqüentemente sua obstrução, seja total ou parcial, não é possível afirmar ao certo, contudo, pode-se concluir que o processos de repavimentação contribuiu sim, com a elevação das cargas hidráulicas e restos de material granular depositado nas sarjetas podendo alcançar as bocas-de-lobo, sem contar outros fatores como o próprio dimensionamento que pode ser falho, assim Figura 37 apresenta a situação de



alguns desses dispositivos.

Figura 37 - Estado de funcionamento das BL.



(a) BL totalmente obstruída

(b) BL parcialmente obstruída

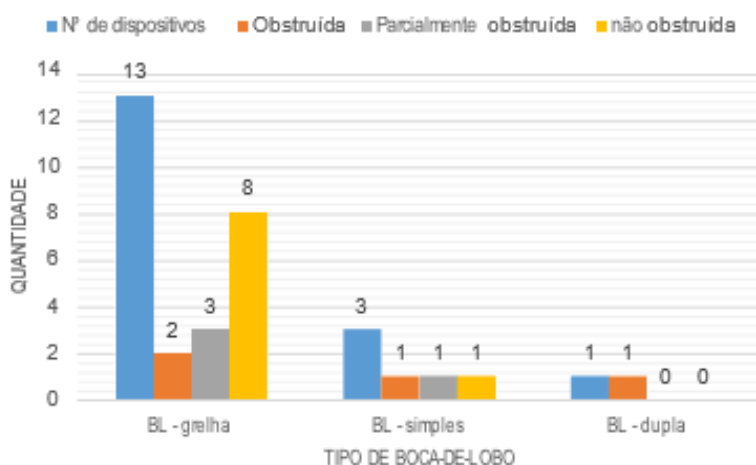
Na Figura (37.a) é notado a obstrução total da boca-de-lobo simples, pois é claro a presença a água que não foi escoada pelo dispositivo, já a Figura (37.b) mostra a situação de uma BL tipo grelha que foi muito comprometida após os processos de repavimentação, porque sua capacidade de engolimento foi drasticamente reduzida



devido o preenchimento de grande parte de sua grelha com pavimento.

Diante dessas imagens apresentadas anteriormente, foi realizado estudo quantitativo e classificatório em relação as bocas-de-lobo existentes na área de estudo, que é apresentado pelo Gráfico 4.

Gráfico 4 - Estado de obstrução das bocas-de-lobo.



Fonte: Do autor (2019).

O Gráfico 4 elenca dados referente ao grau



de obstrução e o tipo de bocas-de-lobo encontradas no perímetro analisado, no qual por questões analíticas foram adotadas três vertentes para caracterização do estado desses dispositivos. Os dados relevantes desse gráfico são a quantidade de elementos que estão sofrendo alguma interferência, pois entre obstruídos e parcialmente obstruídos encontra-se 8 dispositivos que não atuam em pleno funcionamento, que corresponde 47,05% do total de elementos dispostos no perímetro de estudo da via. Esse problema ocorre devido alguns fatores, como a deposição de material sólido (lixo) e resquícios de material granular remanescente das repavimentações, que contribuem diretamente para a obstrução deste elemento drenante.

DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE DRENAGEM DA AV. MINISTRO JOÃO ALBERTO

Através das bibliografias utilizadas e os dados coletados em campo, verificou-se a necessidade do redimensionamento do sistema de drenagem urbana



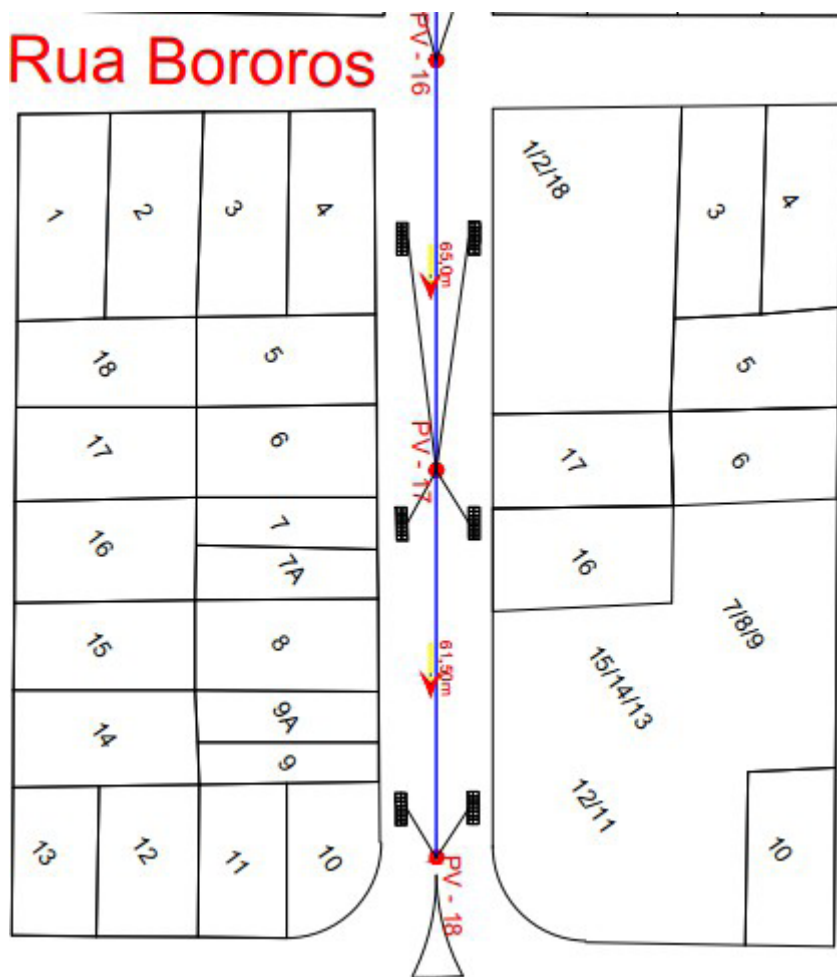
que compunha o a área de estudo, pois ficou evidente a falta de dispositivos de drenagem, já que por meio dos cálculos constatou uma vazão de contribuição maior que a capacidade de vazão da pista somado com a vazão dos dispositivos instalados.

Esse dimensionamento foi necessário devido a ineficiência do atual sistema encontrado na via, constatado através dos cálculos e da vistoria do perímetro, e também por conta da falta de informação relacionado a projetos existentes, já que a prefeitura municipal de Barra do Garças não contém nenhum arquivo ou planta referente a projetos executivos de drenagem da avenida Ministro João Alberto. Dessa forma, afim de propor uma alternativa plausível para solucionar o problema, ou no mínimo amenizar, foi optado por redimensionar o sistema.

Assim a Figura 38 exemplifica qual seria a situação ideal em termos de quantidade e locação dos dispositivos drenantes em uma única quadra.



Figura 38 - Exemplo de distribuição dos dispositivos corretamente dimensionados.



Fonte: Do Autor (2019).



A Figura 38 exhibe dois pontos relevantes quando se tem a comparação entre a situação real dessa quadra e essa ilustração de dimensionamento, o primeiro se dá por conta da quantidade de bocas-de-lobo, no qual a situação mínima ideal seria 6 dispositivos, de acordo com os cálculos efetuados, enquanto na realidade existem apenas 2. O outro ponto importante é presença dos poços de visita, elemento fundamental para transição, inspeção e ligação dos deflúvios, que na área total observada não foi constatado nenhum elemento do tipo.

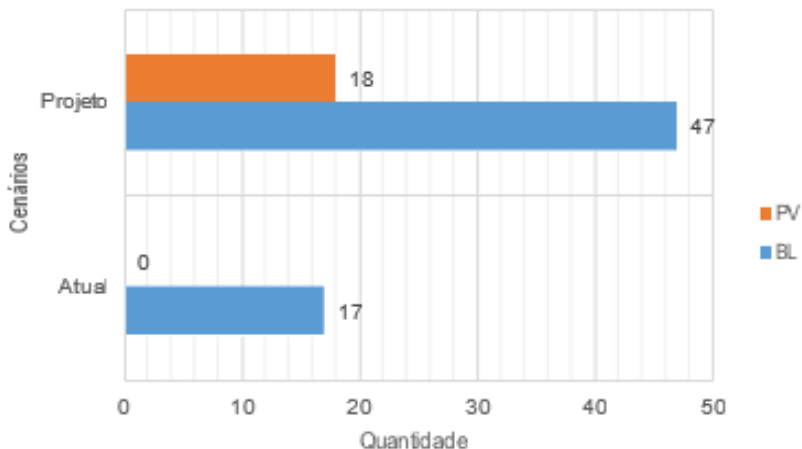
O projeto completo que contempla as demais quadras do perímetro analisado estão apresentadas no apêndice A, no qual também é ilustrado o posicionamento dos dispositivos de drenagem, dando margem para realizar o quantitativo do mesmo, que foi de suma importância para criar o comparativo do Gráfico 5.

Para o melhor entendimento da situação que se encontra a av. Ministro João Alberto em um todo, o Gráfico 5 abaixo apresenta uma comparação entre os dados coletados no perímetro delimitado para estudo e o



resultado do dimensionamento, pontuando principalmente o quantitativo de elementos drenantes.

Gráfico 5 - Projeto x realidade.



Fonte: Do autor (2019).

O Gráfico 5 acima permite observar e comparar a quantidade de dispositivos existentes nos 1216,00m analisados, com o mínimo adequado para tal situação, ou seja, mostrando a disparidade entre o projeto mínimo e a situação atual. Essa discrepância é evidente quando é notado que não tem nenhum PV nesse percurso, e apenas



17 BL, distribuídas de forma não uniforme com distâncias acima das recomendações, sendo que o mínimo necessário para suprir vazão de contribuição são 47.





CONSIDERAÇÕES

FINAIS

Diante do estudo apresentado, verificou-se a influência dos sucessivos processos de repavimentação sobre o sistema de drenagem instalado na av. Ministro João Alberto, num perímetro de 1216,00m que liga rótula de entrada da cidade até o Banco do Brasil.

Nessa área foi constatado de forma positiva que a elevação do pavimento da avenida aumentou significativamente o escoamento superficial, pois esse parâmetro é definido por Izzard (1986) como a somatória da capacidade de vazão da pista mais a capacidade das duas sarjetas laterais, que foi modificado quando houve variação no perfil das sarjetas, no qual obteve-se um ganho no transporte hidráulico, ou seja, elevando um dos componentes que influenciam o escoamento superficial.

Nessa análise foi possível constatar a mudança no primeiro veículo de drenagem, no qual apresentou uma transformação do perfil transversal em grande parte do perímetro, provocando alteração em 97,664% das sarjetas analisadas, devido as várias reformas da pista que conseqüentemente levou à elevação do pavimento ao longo



do tempo, promovendo a variação do perfil.

Como esperado desde o início do estudo, essa mudança de perfil triangular para trapezoidal de grande parte das sarjetas, surtiu efeito notável em sua capacidade hidráulica, aumentando a vazão significativamente em ambos lados da via. Esse ganho hidráulico certamente não foi previsto pelo sistema de drenagem instalado na via, tornando-o ineficiente e falho.

Outro fato confirmado foi a questão do quantitativo de elementos drenantes (BL e PVs), que após o redimensionamento do sistema de drenagem da avenida, ficou clara a falta de dispositivos, a má distribuição e carência de manutenção do sistema atual, pois como apresentado no Gráfico 4, aproximadamente 47,05% dos dispositivos existentes apresentam algum tipo de problema em seu funcionamento, diminuindo a eficiência do sistema atual.

Este trabalho da margem para ser realizado novos estudos, logo sugere-se para trabalhos futuros abordar o aspecto financeiro para implantação do projeto proposto



nesse estudo, assim como um estudo de viabilidade de projetos de sistemas compensatórios que aliviem o sistema convencional de drenagem urbana, de forma ambos trabalhem juntos na captação dos deflúvios.





REFERÊNCIAS

BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, L. A. Estudo experimental de pavimentos permeáveis para o controle do escoamento superficial na fonte. Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Porto Alegre. 162 p. 2005.

ALMEIDA, L.Q. Por uma ciência dos riscos e vulnerabilidades na Geografia. Mercator. Fortaleza, v. 10, n. 23, set./dez. 2011. p. 83-99.

AMARAL, R.; GUTJAHR, M.R. Desastres naturais. São Paulo: IG/SMA, 2011.

ARTERIS. Especificação particular de serviço – BGTC (Brita Graduada Tratada com Cimento). São Paulo, SP, Brasil: 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5739: Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, p. 9. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7207: Terminologia e classificação de pavimentação. Rio de Janeiro, p. 3. 1982.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9793: Tubos de concreto simples de seção circular para águas pluviais. Rio de



Janeiro, p. 4. 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.
NBR 9794: Tubos de concreto armado de seção circular
para águas pluviais. Rio de Janeiro, p. 5. 1987.

AZEVEDO NETO, M. F. Fernandez, R. Araujo, A. E. Ito.
Manual de Hidráulica. São Paulo, Edigar Blucher, 1998 8^a
ed. 669p.

AZZOUT, Y. Apoio à decisão aplicado à escolha de
técnicas alternativas em saneamento de águas pluviais.
1996. 245 p. (Tese de Doutorado em Métodos de Design
em planejamento, construção e técnicas urbanas) - Instituto
Nacional de Ciências Aplicadas, Lyon, 1996.

BALBO, J.T. Estudo das propriedades mecânicas das
misturas de brita e cimento e sua aplicação aos pavimentos
semi-rígidos. 1993,181. Tese (Doutorado em Engenharia)
– Departamento de Engenharia de Transportes, Escola
Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

BALBO, José Tadeu. Pavimentos Asfálticos – patologias e
manutenção. São Paulo, Editora Plêiade, 1997.

BALBO, José Tadeu. Pavimentação Asfáltica – materiais,
projeto e restauração. São Paulo, Editora Oficina de textos,



2007.

BARRAUD, S.; DECHESNE, M.; BARDIN, J. P.; VARNIER, J. C. Statistical analysis of pollution in stormwater infiltration basins. Lyon, França. Novatech 2004. Vol. 2. pp.1485-1492, 2002.

BAPTISTA, M. O.; NASCIMENTO, N. O. O contexto da Drenagem Urbana. Belo Horizonte: [s.n.], 2001.

BAPTISTA, M. O.; NASCIMENTO, N. O.; BARRAUD, S. Técnicas compensatórias em drenagem urbana. 2ª. ed. Belo Horizonte: ABRH, 2011. 318 p. ISBN ISBN-13: 9788588686311/ISBN-10: 8588686317. Acesso em: 28 Dezembro 2018.

BENEDICTO, A. O.; GODOY, J. A. R. R.; MOÇO, F. F. Drenagem Urbana: soluções alternativas sustentáveis. 1ª. ed. Tupã: ANAP, 2018. 121 p. ISBN ISBN 978-68242-70-4.

BERNUCCI, L. B. et al. Pavimentação Asfáltica - Formação básica para engenheiros. Rio de Janeiro: PETROBRAS: ABEDA, 2008.

BERNUCCI, L. B. et al. Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros. 3ª Reimpressão. ed. Rio de Janeiro: PETROBRAS, 2008. 516 p. Acesso em: 10 Dezembro 2018.



CANHOLI, A. P. Drenagem urbana e controle de enchentes. 2ª. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

BRAGA, B.D.F. Gerenciamento Urbano Integrado em ambiente tropical. URBANO. In: Seminário de Hidráulica computacional aplicada a problemas de drenagem urbana. São Paulo, ABRH, 1994.

BRASIL. Decreto-lei no 7.217, de 21 de junho de 2010. Regulamenta a Lei no 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, e dá outras providências: edição federal, São Paulo, v. 7, 2007. Suplemento.

BRASIL. Departamento Nacional de Estradas e Rodagem. Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico. Glossário de termos técnicos rodoviários. Rio de Janeiro, 1997. 296p. (IPR, publ., 700).

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. DNIT 030/2004 – ES: Dispositivos de drenagem pluvial urbana: Especificação de serviço. Rio de Janeiro. IPR, 2004.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. DNIT 018/2004 – ES: Sarjetas e valetas: Especificação de serviço. Rio de Janeiro. IPR, 2004.



BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria Executiva. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Manual de projeto de geométrico de travessias urbanas. Rio de Janeiro, 2010. 392p. (IPR, publ., 740).

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria Geral. Diretoria Executiva. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Álbum de projetos – tipo de dispositivos de drenagem. - 4. ed. Rio de Janeiro, 2013. 210p. (IPR, publ., 736).

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Manual de drenagem de rodovias – 2. ed. Rio de Janeiro, 2006. 337p. (IPR, publ., 724).

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT. Manual de Pavimentos Rígidos. Instituto de Pesquisas Rodoviárias, Rio de Janeiro, 2004.

CANHOLI, A. P.; (2014). Drenagem urbana e controle de enchentes (2ª ed.). São Paulo, São Paulo, Brasil: Oficina de Textos.

CASTRO, L.A.M. Proposição de indicadores para a avaliação de sistemas de drenagem urbana. 2002. 118 f.



(Dissertação de Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos)— Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2002.

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ESTUDOS E PESQUISAS SOBRE DESASTRE (CEPED). Atlas Brasileiro de Desastres Naturais 1991 a 2010: Volume São Paulo. Florianópolis: CEPED UFSC, 2011.

CHOCAT, B. Um sistema de auxílio à gestão para previsão e projeto de equipamentos saneamento. 1981. 314 f. (Tese de doutorado) - Instituto Nacional de Ciência Universidade Aplicada de Lyon e Claude Bernard - Lyon 1, Lyon, 1981.

COBRAPE. Companhia Brasileira de Projetos e Empreendimentos. Disponível em: http://www.cobrape.com.br/det_portfolio.php?id=101. Acesso em: 11 nov. 2018.

DAEE. DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA DO ESTADO DE SÃO PAULO. Diretoria de procedimento de outorga e fiscalização. Guia prático de projetos de pequenas obras hidráulicas. 2005, p. 96.

DER/PR - Departamento de Estrada e Rodagem do Estado do Paraná. Especificações de Serviços Rodoviários. Pavimentação: pavimento rígido. Paraná, PR, 2005.



DNIT, DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE.

Manual de Pavimentação. Rio de Janeiro, p. 274. 2006.

FREIRE, C. S.; SOUZA, L. G. Planejamento integrado de sistemas de drenagem urbana, Porto Alegre, p. 51, Abril 2007.

HAGEN, V.W.V. Auto-estrada do sol: sobre uma expedição de descoberta das antigas vias incas. 1955, p. 20-24.

HIDRICOS, S. D. E. D. M. A. E. R. Manual de Drenagem Urbana. Toledo: SUDERHSA, v. I, 2017. 37 p.

LICCO, E. A.; MAC DOWELL, S. F. Alagamentos, Enchentes Enxurradas e Inundações: Digressões sobre seus impactos sócio econômicos e governança. Iniciação - Revista de Iniciação Científica, Tecnológica e Artística, Edição Temática em Sustentabilidade., São Paulo, v. V, p. 16, Dezembro 2015. ISSN ISSN 2179-474X.

LLORET, C. R.; LEME, M. T. B.; FRANCISCO, J. C. P. Diretrizes Básicas para Projetos de Drenagem Urbana no Município de São Paulo. São Paulo: FCTH, 1999. 289 p.

MACEDO, P. M. Contribuição para a Avaliação global de Sistemas de Drenagem Urbana. Belo Horizonte: Programa



de Pós Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, 2004. 164 p.

MEIRA, A. C. Estudo de viabilidade técnica da implantação de pavimentos permeáveis do tipo infiltração total para redução do escoamento superficial, na cidade de alegrete/RS. Alegrete. 57 p. 2013.

MOURA, E. Transporte e obras da terra: movimento de terra e pavimentação. São Paulo: [s.n.], 2018. 151 p. Acesso em: 3 Janeiro 2019.

NOVAES, C. P.; PERUSI, C. Determinação do grau de risco à enchente na bacia do córrego morumbi, município de Piracicaba-SP. Formação (ONLINE), São Paulo, v. 3, p. 143-162, maio-ago 2016. ISSN ISSN: 2178-7298. ISSN-L: 1517-543X.

OTTONI, A.B. Drenagem Urbana. Soluções Alternativas Sustentáveis. Disponível em: https://www.researchgate.net/figure/Figura-4-Representacao-dos-fenomenos-alagamento-enchente-e-inundacao_fig11_323542835. Acesso em: 12 nov. 2018.

PAIXÃO, M.; CARNEIRO, C. C. C.; NOGUEIRA, M. D. C.. Pavimentos semirrígidos: prevenção tratamento da reflexão de trincas. Seminário Estudantil de Produção



Acadêmica, Salvador, p. 22, 2017.

POMPÊO, C. A. Drenagem Urbana Sustentável. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Florianópolis, v. 5, p. 15-24, 1 Janeiro 2000.

PORTO, R. de M. Hidráulica Básica. São Carlos, EESC/USP, 1998. 516p.

PREGO, A.A.S. A memória da pavimentação do Brasil. Associação Brasileira de Pavimentação. Abpv. 2001, p. 640. ISBN: 9788588353015

RAMOS, M. M. G. (1998). Drenagem Urbana: aspectos urbanísticos, legais e metodológicos em belo horizonte. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia Universidade Federal de Minas Gerais.

RIO ÁGUAS, Normas e diretrizes para projetos de drenagem urbana para o município do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 181p. 2008.

SANTANA, H. Manual de Pré-Misturados a Frio. IBP/Comissão de Asfalto. Rio de Janeiro, RJ, 1993.

SÃO BERNARDO DO CAMPO, Defesa Civil. Enchente, Inundação, Alagamento ou Enxurrada? Disponível



em: <http://dcsbcsp.blogspot.com.br/2011/06/enchente-inundacao-oualagamento.html>. Acessado em outubro de 2018.

SÃO PAULO (Município). Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica. Diretrizes básicas para projetos de drenagem urbana no município de São Paulo. São Paulo, 2013. 10 p.

SÃO PAULO. Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais: gerenciamento do sistema de drenagem urbana. São Paulo. 2012. 168p. ISBN 978-85-66381-01-6

SÃO PAULO. Secretária de Estado e Energia, Recursos Hídricos e Saneamento. Departamento de Águas e Energia Elétrica. Guia Prático para Projetos de Pequenas Obras Hidráulicas. São Paulo, DAEE, 2005. 116 p.

SHEAFFER, J.R.; WRIGHT, K.R. Urban storm drainage management. New York, Marcel Dekker, Inc., 1982

SILVEIRA, A. L. L. Impactos hidrológicos da urbanização em porto alegre. ABRH, Porto Alegre, p. 153-163, 2000.

SOUZA, Mauricio Jose de. Patologia em Pavimentos flexíveis, São Paulo, 2004.



SPITZ, F. D.; SILVA, P. T. C. A. Estudo Comparativo de Projeto de Drenagem Convencional e Sustentável para Controle de Escoamento Superficial em Ambientes Urbanos. Rio de Janeiro: UFRJ - Escola Politécnica, 2010.

TUCCI, C. E. M. ÁGUA NO MEIO URBANO. In: TUCCI, C. E. M. Água Doce. Porto Alegre: [s.n.], 1997. Cap. 14, p. 1-40. Acesso em: 4 Dezembro 2018.

TUCCI, C. E. M. Plano Diretor de Drenagem Urbana: princípios e concepção. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, v. II, p. 5-12, 02 Julho/Dezembro 1997. Acesso em: 3 Dezembro 2018.

TUCCI, C. E. M. Gerenciamento da Drenagem Urbana. RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, v. 7, p. 5-27, Jan/Mar 2002. Acesso em: 04 Dezembro 2018. TUCCI, C. E. M. Gestão de Águas Pluviais Urbanas. Rio Grande do Sul: [s.n.], 2005.

URBANO, S. M. D. D. Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais: gerenciamento do sistema de drenagem urbana. São Paulo: [s.n.], v. I, 2012. 168 p. ISBN 978-85-66381-01-6/ISBN 978-85-66381-00-9 (Coleção). Acesso em: 1 Dezembro 2018.



VIANNA, A. P. P. Utilização de modelagens hidrológica e hidráulica associadas a um sistema de informações geográficas para mapeamento de áreas inundáveis – Estudo de caso: município de Itajubá, MG. Dissertação (Mestrado). 2000. 120 f. Escola de Engenharia. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2000.

WANIELISTA, M. P. and YOUSEF, Y. A., (1993). ‘Stormwater Management’. New York: John Wiley. 579 p.



Política e Escopo da Coleção de livros Estudos Avançados em Saúde e Natureza



A Estudos Avançados sobre Saúde e Natureza (EASN) é uma coleção de livros publicados anualmente destinado a pesquisadores das áreas das ciências exatas, saúde e natureza. Nosso objetivo é servir de espaço para divulgação de produção acadêmica temática sobre essas áreas, permitindo o livre acesso e divulgação dos escritos dos autores. O nosso público-alvo para receber as produções são pós-doutores, doutores, mestres e estudantes de pós-graduação. Dessa maneira os autores devem possuir alguma titulação citada ou cursar algum curso de pós-graduação. Além disso, a Coleção aceitará a participação em coautoria.

A nossa política de submissão receberá artigos científicos com no mínimo de 5.000 e máximo de 8.000 palavras e resenhas críticas com no mínimo de 5 e máximo de 8 páginas. A EASN irá receber também resumos expandi-



dos entre 2.500 a 3.000 caracteres, acompanhado de título em inglês, abstract e keywords.

O recebimento dos trabalhos se dará pelo fluxo contínuo, sendo publicado por ano 4 volumes dessa coleção. Os trabalhos podem ser escritos em português, inglês ou espanhol.

A nossa política de avaliação destina-se a seguir os critérios da novidade, discussão fundamentada e revestida de relevante valor teórico - prático, sempre dando preferência ao recebimento de artigos com pesquisas empíricas, não rejeitando as outras abordagens metodológicas.

Dessa forma os artigos serão analisados através do mérito (em que se discutirá se o trabalho se adequa as propostas da coleção) e da formatação (que corresponde a uma avaliação do português e da língua estrangeira utilizada).

O tempo de análise de cada trabalho será em torno de dois meses após o depósito em nosso site. O processo de avaliação do artigo se dá inicialmente na submissão de artigos sem a menção do(s) autor(es) e/ou coautor(es) em nenhum momento durante a fase de submissão eletrônica.



A menção dos dados é feita apenas ao sistema que deixa em oculto o (s) nome(s) do(s) autor(es) ou coautor(es) aos avaliadores, com o objetivo de viabilizar a imparcialidade da avaliação. A escolha do avaliador(a) é feita pelo editor de acordo com a área de formação na graduação e pós-graduação do(a) professor(a) avaliador(a) com a temática a ser abordada pelo(s) autor(es) e/ou coautor(es) do artigo avaliado. Terminada a avaliação sem menção do(s) nome(s) do(s) autor(es) e/ou coautor(es) é enviado pelo(a) avaliador(a) uma carta de aceite, aceite com alteração ou rejeição do artigo enviado a depender do parecer do(a) avaliador(a). A etapa posterior é a elaboração da carta pelo editor com o respectivo parecer do(a) avaliador(a) para o(s) autor(es) e/ou coautor(es). Por fim, se o trabalho for aceito ou aceito com sugestões de modificações, o(s) autor(es) e/ou coautor(es) são comunicados dos respectivos prazos e acréscimo de seu(s) dados(s) bem como qualificação acadêmica.

A nossa coleção de livros também se dedica a publicação de uma obra completa referente a monografias, dissertações ou teses de doutorado.



O público terá terãõ acesso livre imediato ao conteúdo das obras, seguindo o princípio de que disponibilizar gratuitamente o conhecimento científico ao público proporciona maior democratização mundial do conhecimento



Índice Remissivo



A

Área

página 44

página 61

página 71

página 96

D

Drenagem

página 59

página 72

página 118

página 137



M

Material

página 31

página 52

página 53

página 155

P

Perfil

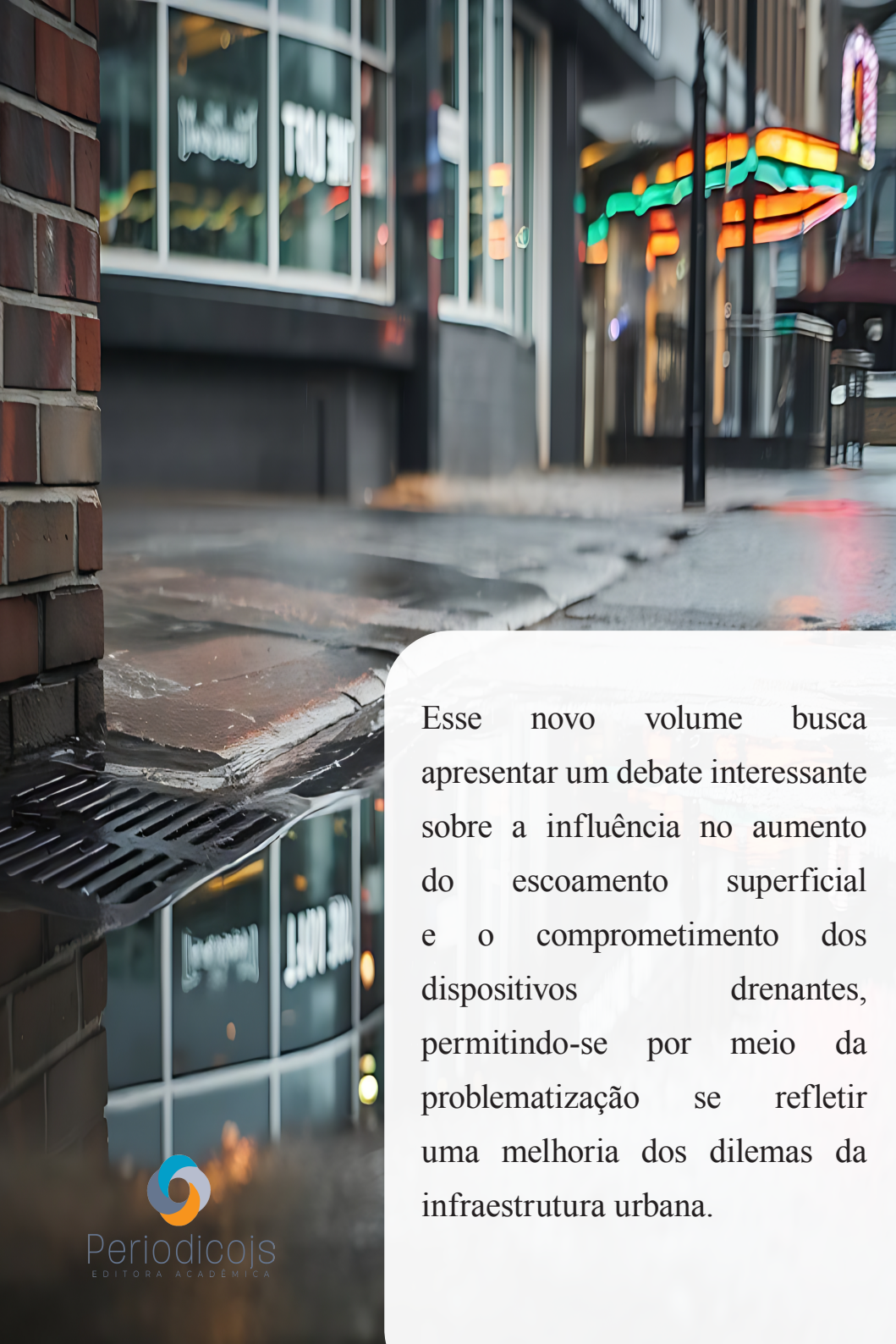
página 25

página 36

página 78

página 175





Esse novo volume busca apresentar um debate interessante sobre a influência no aumento do escoamento superficial e o comprometimento dos dispositivos drenantes, permitindo-se por meio da problematização se refletir uma melhoria dos dilemas da infraestrutura urbana.

