

UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE – UNESC

CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

LAURA STEINER

**AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE DRENAGEM PLUVIAL URBANA COM
APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE FRAGILIDADE.
ESTUDO DE CASO: MICROBACIA DO RIO CRICIÚMA, SC**

CRICIÚMA, JUNHO DE 2011.

LAURA STEINER

**AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE DRENAGEM PLUVIAL URBANA COM
APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE FRAGILIDADE.
ESTUDO DE CASO: MICROBACIA DO RIO CRICIÚMA, SC**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado para a obtenção do grau de Engenharia Ambiental, no Curso de Engenharia Ambiental da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC.

Orientadora: Prof^a MSc. Nadja Zim Alexandre

CRICIÚMA, JUNHO DE 2011.

LAURA STEINER

**AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE DRENAGEM PLUVIAL URBANA COM
APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE FRAGILIDADE.
ESTUDO DE CASO: MICROBACIA DO RIO CRICIÚMA, SC**

Trabalho de Conclusão de Curso, aprovado pela Banca Examinadora para a obtenção do grau de Engenheira Ambiental no Curso de Engenharia Ambiental da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC, com Linha de Pesquisa em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental.

Criciúma, 13 junho de 2011.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. MSc. Nadja Zim Alexandre – Mestre – (IPAT/UNESC)

Prof^o Marcos Back – Mestre – (UNESC)

Vilson Paganini Bellettini - Eng^o Civil e Agrimensor – (IPAT/UNESC)

Dedico este trabalho aos meus pais, os quais acreditam que o estudo é a maior herança concedida a um filho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, força a qual me impulsiona para as realizações de cada dia.

A meus pais Donaldo e Maria de Fátima pelo apoio e compreensão por minhas falhas e conquistas ao longo da graduação.

In memoriam a minha noninha, pessoa marcante que passou em minha vida.

A minha irmã Carla, pela amizade e compreensão.

Ao meu namorado e amigo Marcelo, por me apoiar em todos os momentos.

As minhas colegas de faculdade Bia, Mari, Mirna e Mila, pelo companheirismo e amizade durante a faculdade.

Aos meus colegas de trabalho do IPAT os quais contribuíram para minha formação: Tio Clóvis, Ives, Julia, Morgana, Paula, Jader, Galatto, Marcos, Vilson, Alfredo, Jana, Tamiles, Val, Andrieli, Bruna e a todos que não foram citados, mas que fizeram parte desse momento.

Agradeço em especial a professora e mestra Nadja Zim Alexandre, pelo conhecimento repassado ao longo desse trabalho, em meio a sua calma e bom humor contagiante.

Enfim, agradeço a todos que me fazem bem e estão ao meu lado me motivando e torcendo por minhas conquistas ao longo da vida.

"Reparta o seu conhecimento. É uma forma de alcançar a imortalidade".

Dalai Lama

RESUMO

O sistema de drenagem ocupa um lugar de destaque entre as obras hidráulicas e sanitárias, fundamental no planejamento das cidades. Este sistema faz parte do conjunto de melhoramentos públicos existentes em uma área urbana. O presente trabalho tem por finalidade analisar o sistema de drenagem pluvial urbana a partir da aplicação da metodologia apoiada em Indicadores de Fragilidade do Sistema (IFS), composto por indicadores de natureza tecnológica, ambiental e institucional. A aplicação desta metodologia foi realizada nas dezessete áreas drenadas pelos afluentes de primeira ordem do rio Criciúma, classificados como Pontos de Estudo (PE). Os resultados da avaliação foram semelhantes em todos os PE, apontando a ineficiência dos dispositivos de coleta, o alagamento da maioria das áreas analisadas, o assoreamento do corpo receptor, e outros indicadores relevantes, permitindo o conhecimento geral a respeito do funcionamento dos sistemas públicos relativos à drenagem pluvial urbana existente na microbacia do rio Criciúma, no município de Criciúma-SC.

Palavras-chave: Drenagem Pluvial Urbana. Indicadores de Fragilidade do Sistema (IFS). Microbacia.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Representação do ciclo hidrológico.....	17
Fonte: Água Fonte de Vida, 2011.....	17
Figura 2: Representação de uma bacia hidrográfica.....	21
Fonte: http://umaarvorechamadamarcao.blog.terra.com.br/	21
Figura 3: Processos ocorridos devido à urbanização.....	23
Fonte: Lorandi e Cançado (2002 apud Tucci, 1993).	23
Figura 4: Sistematização das bacias, sub-bacias e microbacias hidrográficas do município de Criciúma, SC.	35
Fonte: IPAT/UNESC, 2009.....	35
Figura 5: Localização e divisão da microbacia do rio Criciúma em dezessete Pontos de Estudo - PE.	37
Figura 6: Localização do PE 1 na microbacia do rio Criciúma.	42
Figura 7: Guias fora do percurso de escoamento da água superficial.	44
Fonte: IPAT 2010.	44
Figura 8: Localização do PE 2 na microbacia do rio Criciúma.....	45
Figura 9: Localização do PE 3 na microbacia do rio Criciúma.	47
Figura 10: Descarte de resíduos em local inadequado.	49
Fonte: IPAT, 2011.	49
Figura 11: Falta de pavimentação no PE 3.	50
Fonte: IPAT, 2011.	50
Figura 12: Localização do PE 4 na microbacia do rio Criciúma.	51
Figura 13: Falta de manutenção no sistema de microdrenagem.....	53
Figura 14: Localização do PE 5 na microbacia do rio Criciúma.	54
Figura 15: Disposição de RCC sobre a guia na Rua José Zanette.	56
Fonte: IPAT, 2010.	56
Figura 16: Localização do PE 6 na microbacia do rio Criciúma.	57
Figura 17: Localização do PE 7 na microbacia do rio Criciúma.	59
Figura 18: Sedimentos obstruindo o sistema de microdrenagem.....	61
Fonte: IPAT 2010.	61
Figura 19: Deposição de resíduos em terrenos baldios e no entorno das áreas de mineração desativadas.	61
Fonte: IPAT 2010.	61
Figura 20: Localização do PE 8 na microbacia do rio Criciúma.	62
Figura 21: Lançamento de esgoto nas guias.....	64

Fonte: IPAT, 2010.	64
Figura 22: Alagamento próximo ao Corpo de Bombeiros.....	64
Fonte: ENGEPLUS, 2011.....	64
Figura 23: Localização do PE 9 na microbacia do rio Criciúma.....	65
Figura 24: Prejuízos à pavimentação da avenida Santos Dumont após chuva intensa.....	67
Fonte: IPAT, 2010.	67
Figura 25: Localização do PE 10 na microbacia do rio Criciúma.	68
Figura 26: A) Disposição de resíduos e esgoto no sistema de microdrenagem. B) Guia fora do percurso de escoamento da água superficial.	70
Figura 27: Localização do PE 11 na microbacia do rio Criciúma.	71
Figura 28: A) Disposição de resíduos na microdrenagem. B) Lançamento de esgoto doméstico na rede de drenagem pluvial.....	73
Fonte: IPAT, 2010.	73
Figura 29: Localização do PE 12 na microbacia do rio Criciúma.	74
Figura 30: Ponto de alagamento na rua Agrícola Índio Guimarães.....	76
Fonte: IPAT 2010.	76
Figura 31: Localização do PE 13 na microbacia do rio Criciúma.....	77
Figura 32: Alagamento na Rua Araranguá.....	79
Fonte: ENGEPLUS, 2011.....	79
Figura 33: Localização do PE 14 na microbacia do rio Criciúma.	80
Figura 34: Alagamento na Avenida Rui Barbosa.....	82
Fonte: ENGEPLUS, 2010.....	82
Figura 35: Praça Nereu Ramos.....	82
Fonte ENGEPLUS, 2010.....	82
Figura 36: Localização do PE 15 na microbacia do rio Criciúma.	83
Figura 37: Disposição de RCC sobre o sistema de drenagem.....	85
Fonte: IPAT, 2010.	85
Figura 38: Alagamento na Rua Marcelo Lodetti.	85
Fonte: ENGEPLUS, 2010.....	85
Figura 39: Localização do PE 16 na microbacia do rio Criciúma.	86
Figura 40: Alagamento próximo ao Colégio Marista, no bairro Pio Correa.	88
Fonte: ENGEPLUS 2011.....	88
Figura 41: Alagamento na Rua João Cechinel.....	89
Fonte: ENGEPLUS, 2011.....	89
Figura 42: Caos na Rua Felipe Schimidt.....	89

Fonte: ENGEPLUS, 2011.....	89
Figura 43: Alagamento na Mário da Cunha Carneiro.....	90
Fonte: ENGEPLUS, 2010.....	90
Figura 44: Localização do PE 17 na microbacia do rio Criciúma. Fonte: Dal Pont 2011.....	91
Figura 45: Deslizamento de encostas.....	93
Fonte: IPAT, 2011.....	93
Figura 46: Disposição de RCC em terrenos baldios.....	93
Fonte: IPAT, 2010.....	93
Figura 47: Ocorrência de alagamento na Rua Coronel Pedro Benedet.....	94
Fonte: ENGEPLUS 2011.....	94
Figura 48: Representação do índice de fragilidade tecnológico (IFT), índice de fragilidade ambiental (IFA), índice de fragilidade institucional (IFI) e índice geral de fragilidade (IGF) para os 17 pontos de estudos (PE) localizados na microbacia do rio Criciúma, SC.....	95

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Termos e componentes de um sistema de drenagem pluvial.	27
Quadro 2: Fatores que afetam o sistema de drenagem (Silva, 2004).	38
Quadro 3: Indicadores de Fragilidade do Sistema (IFS) e abordagem aplicada no estudo. Fonte: Silva (2004), adaptado pela autora.	40
Quadro 4: Índice de Fragilidade aplicado no PE 1.	43
Quadro 5: Índice de Fragilidade aplicado no PE 2.	46
Quadro 6: Índice de Fragilidade aplicado no PE 3.	48
Quadro 8: Índice de Fragilidade aplicado no PE 5.	55
Quadro 9: Índice de Fragilidade aplicado no PE 6.	57
Quadro 10: Índice de Fragilidade aplicado no PE 7.	59
Quadro 11: Índice de Fragilidade aplicado no PE 8.	63
Quadro 12: Índice de Fragilidade aplicado no PE 9.	66
Quadro 13: Índice de Fragilidade aplicado no PE 10.	68
Quadro 14: Índice de Fragilidade aplicado no PE 11.	71
Quadro 15: Índice de Fragilidade aplicado no PE 12.	75
Quadro 16: Índice de Fragilidade aplicado no PE 13.	77
Quadro 17: Índice de Fragilidade aplicado no PE 14.	80
Quadro 18: Índice de Fragilidade aplicado no PE 15.	84
Quadro 19: Índice de Fragilidade aplicado no PE 16.	87
Quadro 20: Índice de Fragilidade aplicado no PE 17.	91

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS	15
2.1 <i>Objetivo Geral</i>	15
2.2 <i>Objetivos Específicos</i>	15
3 JUSTIFICATIVA	16
4 REFERENCIAL TEÓRICO	17
4.1 <i>O Ciclo Hidrológico</i>	17
4.1.1 <i>Efeito da Urbanização no Ciclo das Águas</i>	22
4.2 <i>Sistema de Drenagem Urbana</i>	25
4.2.1 <i>Micro e Macrodrenagem</i>	27
4.2.2 <i>Medidas Estruturais e Medidas Não-estruturais</i>	28
5 MATERIAIS E MÉTODOS	35
5.1 <i>Descrição da Área de Estudo</i>	35
5.2 <i>Metodologia Apoiada em Indicadores de Fragilidade do Sistema (IFS)</i>	38
6 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS	42
6.1 <i>Ponto de Estudo- PE 1</i>	42
6.2 <i>Ponto de Estudo- PE 2</i>	44
6.3 <i>Ponto de Estudo- PE 3</i>	47
6.4 <i>Ponto de Estudo - PE 4</i>	50
6.5 <i>Ponto de Estudo- PE 5</i>	53
6.6 <i>Ponto de Estudo- PE 6</i>	56
6.7 <i>Ponto de Estudo- PE 7</i>	59
6.8 <i>Ponto de Estudo- PE 8</i>	62
6.9 <i>Ponto de Estudo- PE 9</i>	65
6.10 <i>Ponto de Estudo- PE 10</i>	67
6.11 <i>Ponto de Estudo- PE 11</i>	70
6.12 <i>Ponto de Estudo- PE 12</i>	73

6.13 Ponto de Estudo- PE 13.....	76
6.14 Ponto de Estudo- PE 14.....	79
6.15 Ponto de Estudo- PE 15.....	83
6.16 Ponto de Estudo- PE 16.....	86
6.17 Ponto de Estudo- PE 17.....	90
7 Análise Integrada dos Resultados	95
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS	99
REFERÊNCIAS.....	101
ANEXO	
Mapa da Bacia do rio Criciúma	

1 INTRODUÇÃO

O processo de urbanização ocasiona transformações na drenagem urbana, aumentando a frequência das inundações e conseqüentemente acarretando danos sociais e ambientais para a população.

A ocupação desordenada do solo assim como o desmatamento, provoca efeitos que alteram os componentes do ciclo hidrológico, interfere na infraestrutura dos recursos hídricos e atinge conseqüentemente a qualidade da água. A falta de rede de esgoto junto com a ineficiência da distribuição e coleta de lixo aumenta a possibilidade de ocorrência de inundações, provocada por entupimento de bueiros e galerias, ocasionando a veiculação de doenças.

O sistema de drenagem faz parte do conjunto de melhoramentos públicos existentes em uma área urbana (CETESB, 1986). Para Chernicharo e Costa (1995), este sistema ocupa um lugar de destaque entre as obras hidráulicas e sanitárias fundamental no planejamento das cidades.

O sistema de saneamento é composto por obras que proporcionam o bem estar da população, referentes ao abastecimento e tratamento de água, coleta e tratamento de esgoto, coleta e disposição adequada de resíduos e sistema de drenagem pluvial urbana.

Visando melhorar a situação no Brasil, em 2007 foi ratificada a Lei Federal N° 11.445, a qual estabelece a Política Pública de Saneamento Básico atribuindo aos municípios à elaboração dos Planos de Saneamento Básico. Tal plano foi elaborado por IPAT/UNESC (2009) para o município de Criciúma-SC e apontou problemas no sistema de drenagem na zona urbana do município.

Diante desse resultado, a Prefeitura Municipal de Criciúma (PMC) solicitou novamente o Setor de Projetos Ambientais do IPAT/UNESC, a realização do Plano de Manejo das Águas Pluviais na microbacia do rio Criciúma, com intuito de diagnosticar o sistema de drenagem pluvial da mesma, através dos dados levantados no campo no período de agosto de 2010 a fevereiro de 2011.

O presente trabalho propõe à análise destes dados utilizando a metodologia apoiada em Indicadores de Fragilidade do Sistema (IFS). Como base adotou-se o trabalho realizado por Bruno Jardim da Silva e outros da UFBA - Universidade Federal da Bahia, na Elaboração do Componente de Drenagem do Plano Municipal de Saneamento Ambiental do Município de Alagoinhas-BA.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar o sistema de drenagem pluvial urbana na microbacia do rio Criciúma com aplicação do Índice de Fragilidade.

2.2 Objetivos Específicos

- Levantar os principais pontos críticos da drenagem pluvial na microbacia do rio Criciúma;
- Relacionar a influência da população e dos órgãos administrativos, quanto à falha do sistema de drenagem pluvial do município;
- Adaptar e aplicar a metodologia do Indicador de Fragilidade do Sistema (IFS) para o município de Criciúma.

3 JUSTIFICATIVA

A drenagem urbana tem se tornado alvo de discussões nos últimos tempos. A falta ou dimensionamento inadequado deste sistema contribui para o aumento das inundações, acarretando danos sociais, econômicos e ambientais.

Tucci (2003) confirma que os prejuízos devido às inundações na drenagem urbana nas cidades brasileiras têm aumentado exponencialmente, reduzindo a qualidade de vida e o valor das propriedades. Este processo decorre da urbanização e consequente impermeabilização do solo associado ao dimensionamento inadequado da canalização do escoamento pluvial.

O município de Criciúma vem sofrendo com esses impactos, pois o desenvolvimento urbano ocasionou o desmatamento e a ocupação de encostas, alterando o comportamento do meio ambiente, decorrente de construções que diminuem as áreas verdes urbanas, modificando o ciclo hidrológico e reduzindo a permeabilização do solo.

A ocorrência de frequentes inundações no município motivou a possibilidade de estudo e avaliação do sistema de drenagem pluvial urbana na microbacia do rio Criciúma.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 O Ciclo Hidrológico

O comportamento natural da água quanto as suas ocorrências, transformações e relações com a vida humana é bem caracterizado através do conceito de ciclo hidrológico (GARCEZ; ALVAREZ, 1988).

Para Tundisi (2010), o ciclo hidrológico depende fundamentalmente da reciclagem da água através da evaporação dos oceanos, da precipitação, da infiltração da água nos aquíferos e das reservas de água nos sistemas continentais Figura 1. A evapotranspiração da vegetação é outro componente básico do ciclo hidrológico, pois repõe para a atmosfera água sob forma gasosa.

Segundo Silveira (1997), o ciclo hidrológico é o fenômeno global de circulação fechada da água entre a superfície terrestre e a atmosfera, produzido pela energia solar junto à gravidade e a rotação terrestre.

Figura 1: Representação do ciclo hidrológico.



Fonte: Água Fonte de Vida, 2011.

Inicia-se a descrição do ciclo hidrológico a partir do vapor de água presente na atmosfera que se condensa e precipita (SILVEIRA, 1997).

A precipitação que ocorre sobre a terra é dispersa de várias formas. Parte da água da precipitação evapora durante a queda não atingindo a superfície. A

maior parte da precipitação atinge a superfície terrestre; esta é interceptada pela vegetação e o restante atinge a superfície propriamente dita. Uma parte da água restante escoar sobre a superfície do solo, podendo infiltrar no solo ou atingir os canais e sistemas de drenagem, alimentando os lagos ou rios, escoando para os oceanos. Enquanto que a outra parte, penetrando profundamente no solo, vai suprir o lençol d'água subterrâneo (VILLELA; MATTOS, 1975).

Estes autores avaliam o ciclo hidrológico como um meio de apresentar os fenômenos hidrológicos, os quais se destacam pela precipitação, infiltração, evaporação e transpiração, escoamento superficial e escoamento subterrâneo.

Tucci e Bertoni (1997), entendem precipitação como toda água proveniente do meio atmosférico que atinge a superfície terrestre. Neblina, chuva, granizo, orvalho, geada e neve são formas diferentes de precipitações. O que diferencia essas formas de precipitações é o estado em que a água se encontra.

De acordo com Villela e Mattos (1975), o movimento vertical das massas de ar é um requisito fundamental para a formação das precipitações, que são classificadas de acordo com as condições que produzem o movimento vertical do ar.

As precipitações convectivas são típicas das regiões tropicais. Neste caso o aquecimento desigual da superfície terrestre provoca o aparecimento de camadas de ar com densidades diferentes, o que gera uma estratificação térmica da atmosfera em equilíbrio instável. Se esse equilíbrio for quebrado, provoca uma ascensão brusca e violenta do ar menos denso, capaz de atingir grandes altitudes. Essas precipitações são de grande intensidade e curta duração, restritas a pequenas áreas (VILLELA; MATTOS, 1975).

Os autores informam que as precipitações são chamadas de orográficas quando ventos quentes e úmidos são soprados do oceano para o continente, encontram uma barreira montanhosa, elevam-se e resfriam havendo condensação do vapor, formação de nuvens e ocorrência de chuvas. São chuvas de pequena intensidade e de grande duração, que cobrem pequenas áreas.

Tucci e Bertoni (1997), classificam as precipitações em frontais ou ciclônicas quando estas decorrem da interação de massa de ar quentes e frias. Nas regiões de convergência na atmosfera, o ar mais quente e úmido é impulsionado para cima, resultando no seu resfriamento e na condensação do vapor de água, de forma a produzir chuvas. São chuvas de grande duração, atingindo grandes áreas com intensidade média, podendo vir acompanhadas por ventos fortes com

circulação ciclônica. Os autores alertam ainda que este tipo de precipitação pode produzir cheia em grandes bacias.

Com relação às cheias, Villela e Matos (1975), alertam para a importância da manutenção de áreas propícia à infiltração no âmbito de cada bacia.

“Denomina-se infiltração ao fenômeno de penetração da água nas camadas de solo próximas à superfície do terreno, movendo-se para baixo, através dos vazios, sob a ação da gravidade, até atingir uma camada-suporte, que a retém, formando então a água do solo” (Martins, 2000, p.44).

Ainda conforme Villela e Mattos (1975), existem fatores como a umidade do solo, permeabilidade do solo, temperatura do solo e profundidade do extrato impermeável, que interferem na infiltração.

Desta forma, os autores avaliam que um solo seco possui maior capacidade de infiltração inicial pelo fato de se somarem as forças gravitacionais e as de capilaridade. A permeabilidade do solo, que pode ser afetada por fatores como cobertura vegetal, compactação, infiltração de materiais finos, e outros; é agente predominante no fenômeno da infiltração da água, pois o seu fluxo para baixo depende desse fator.

Para Martins (2000), a temperatura também exerce influência na capacidade de infiltração da água no solo, pois altera a espessura da mesma, sendo mais espessa em épocas de temperaturas mais baixas e menos espessa em temperaturas mais elevadas.

Sendo assim, Villela e Mattos (1975) defendem que a capacidade de infiltração é uma das medidas de infiltração, que por sua vez é também um fenômeno de fluxo da água do solo, sua medida depende da temperatura da água e da condição de contorno, qual seja a profundidade do solo.

A vegetação tem importância fundamental no ciclo hidrológico devido ao processo de evapotranspiração, ou seja, conjunto de processos físicos e fisiológicos que provocam a transformação da água precipitada na superfície da Terra em vapor (GARCEZ; ALVAREZ, 1988).

“Evaporação é o conjunto dos fenômenos de natureza física que transformam em vapor a água da superfície do solo, a dos cursos de água, lagos reservatórios de acumulação e mares. Transpiração é a evaporação devida à ação fisiológica dos vegetais. As plantas, através de suas raízes, retiram do solo a água para suas atividades vitais. Parte dessa água é cedida à atmosfera, sob a forma de vapor, na superfície das folhas” (MARTINS, 2000, pag. 56).

O escoamento superficial, segundo Garcez e Alvarez (1988), é a fase do ciclo hidrológico que trata do conjunto das águas que, por efeito da gravidade, se desloca na superfície da terra. O estudo do escoamento abrange desde a chuva que cai no solo, saturado ou impermeável, e escorre superficialmente, até o grande curso de água que deságua no mar.

Para Martins (2000), o escoamento superficial tem origem nas precipitações. Parte da água das chuvas é interceptada pela vegetação e outros obstáculos, de onde se evapora posteriormente. A ação da interceptação e a da acumulação tende a reduzir-se no tempo e a da infiltração a tornar-se constante.

O escoamento subsuperficial é difícil de ser separado do escoamento superficial, pois ocorre nas camadas superiores do solo. O escoamento subterrâneo contribui lentamente com o tempo e é o responsável pela alimentação do curso de água durante a estiagem (MARTINS, 2000).

Villela e Mattos (1975) comentam que o escoamento superficial sofre a influência de fatores de natureza climática, relacionados à precipitação pluviométrica ou de natureza fisiográfica ligados às características físicas da bacia.

Dentre os fatores climáticos destacam-se a intensidade e a duração da precipitação. Quanto maior a intensidade, mais rápido o solo atinge a sua capacidade de infiltração provocando um excesso de precipitação que escoará superficialmente. Uma precipitação que ocorre quando o solo está úmido devido uma chuva anterior, terá maior facilidade de escoamento. A duração também é diretamente proporcional ao escoamento, pois para chuvas de intensidade constante, haverá maior oportunidade de escoamento quanto maior for sua duração (VILLELA; MATTOS, 1975).

Ainda Villela e Mattos (1975), comentam sobre a importância dos fatores fisiográficos, os quais compreendem a área, a forma, a permeabilidade e a capacidade de infiltração, e a topografia da bacia. A área está relacionada à quantidade de água que ela pode captar. A permeabilidade influi na capacidade de infiltração, pois quanto mais permeável for o solo, maior será a quantidade de água que ele pode absorver, diminuindo assim o excesso de precipitação. Outros fatores que influem no escoamento superficial são as obras hidráulicas construídas na bacia, como uma barragem que, acumulando a água em um reservatório, reduz as vazões máximas do escoamento superficial e retarda a sua propagação. O contrário

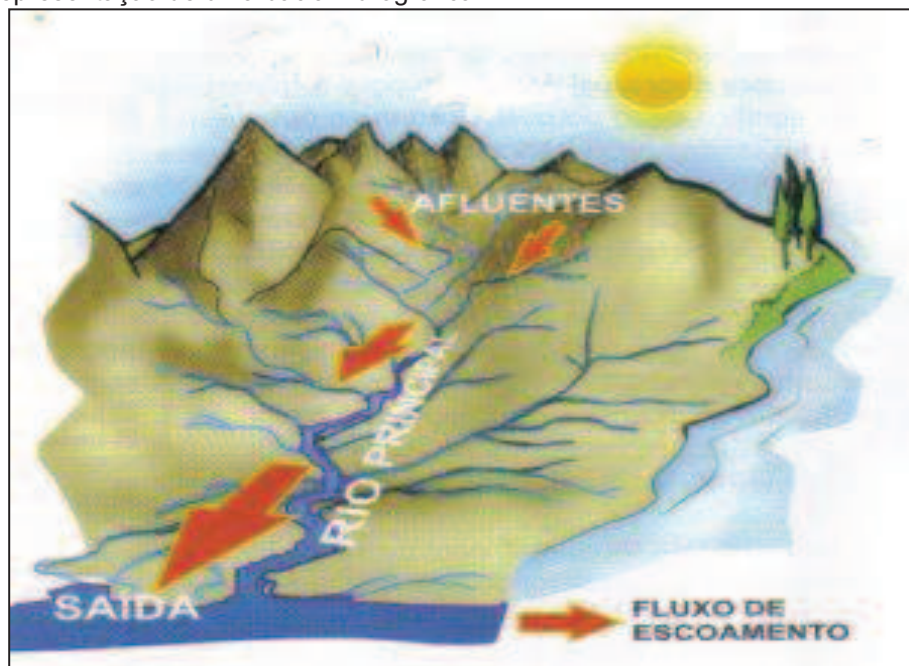
pode-se alinhar um rio ou retificá-lo aumentando a velocidade do escoamento superficial.

Conforme Silveira (1997), o ciclo hidrológico é analisado na fase terrestre, onde o elemento de análise é a bacia hidrográfica.

A bacia hidrográfica abrange toda a área que drena água, sedimentos e materiais dissolvidos para um ponto comum, ao longo de um curso d'água ou rio. Desta forma, qualquer parte da superfície terrestre faz parte de uma bacia hidrográfica. Cada bacia é formada por um conjunto de microbacias e, a eficácia do manejo da qualidade de água será maior à medida que focar as bacias de escalas menores (SCHIAVETTI et al, 2002).

Para Villela e Mattos (1975) a bacia hidrográfica é uma área de captação natural da água da precipitação que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída. Os autores descrevem que esta é necessariamente contornada por um divisor, assim designado por ser uma linha de separação que divide as precipitações que caem em bacias vizinhas e que encaminha o escoamento superficial resultante para um ou outro sistema fluvial. O divisor segue uma linha rígida em torno da bacia, atravessando o curso d'água somente no ponto de saída ou rio principal (Figura 2).

Figura 2: Representação de uma bacia hidrográfica.



Fonte: <http://umaarvorechamadamarcao.blog.terra.com.br/>.

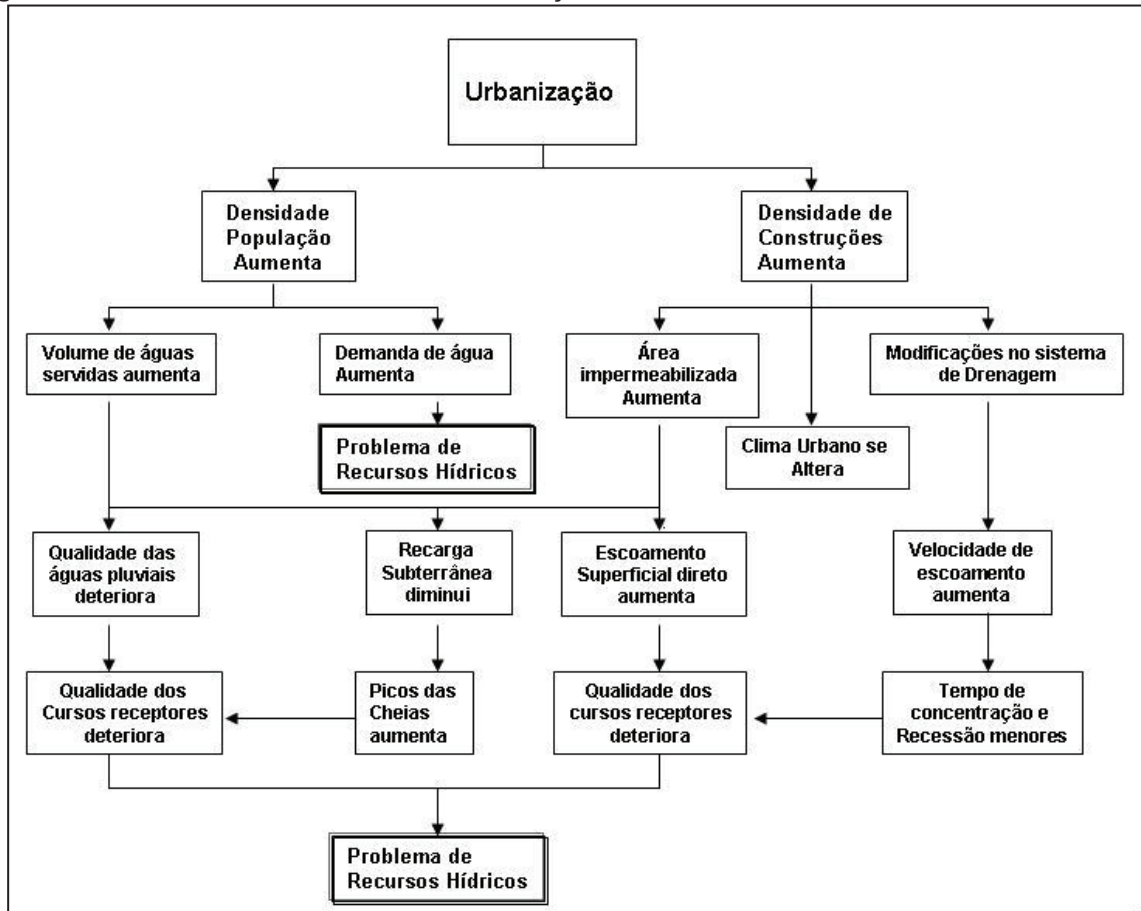
Os terrenos de uma bacia são delimitados por um divisor topográfico ou superficial e um divisor freático ou subterrâneo. O divisor topográfico é condicionado pela topografia, fixando a área da qual provém o deflúvio superficial da bacia. O divisor de águas freático é determinado pela estrutura geológica dos terrenos, sendo influenciados também pela topografia. O divisor freático estabelece os limites dos reservatórios de água subterrânea de onde é derivado o deflúvio da bacia. O deflúvio de uma bacia é composto de água que chega aos cursos d'água depois de percorrer caminhos subsuperficiais e subterrâneos (VILLELA; MATTOS, 1975).

4.1.1 Efeito da Urbanização no Ciclo das Águas

De acordo com Tucci (1999: p.152) “o desenvolvimento urbano brasileiro tem produzido aumento significativo na frequência das inundações, na produção de sedimentos e na deterioração da qualidade da água”.

Durante o processo de urbanização Tucci (1999), a cobertura da bacia é alterada para pavimentos impermeáveis e são inseridos condutos para escoamento pluvial, gerando as alterações como: a) redução da infiltração no solo; b) aumento do escoamento superficial; c) redução do escoamento subterrâneo; d) redução da evapotranspiração (Figura 3).

Figura 3: Processos ocorridos devido à urbanização.



Fonte: Lorandi e Cançado (2002 apud Tucci, 1993).

Segundo Neto (2007) o comportamento do escoamento superficial sofre alterações em decorrência do processo de urbanização de uma bacia, principalmente como consequência da impermeabilização da superfície, o que produz maiores picos e vazões.

O mesmo autor defende que na primeira fase de implantação de uma cidade, o desmatamento pode causar um aumento dos picos e volumes e, conseqüentemente, da erosão do solo. Se o desenvolvimento urbano ocorrer de forma desordenada, estes resultados podem ser agravados com o assoreamento em canais e galerias, diminuindo suas capacidades de condução da água. Além de degradar a qualidade da água e possibilitar a veiculação de doenças, a deficiência de redes de esgoto contribui também para aumentar a possibilidade de ocorrência de inundações. Uma coleta de lixo ineficiente, junto a um comportamento indisciplinado dos cidadãos, resulta no entupimento de bueiros e galerias e deterioração da qualidade da água.

Para Junior et al (2006), o processo de ocupação dos centros urbanos provoca impactos no meio ambiente, relacionados com as modificações do ciclo hidrológico e a intensa impermeabilização do solo, cujas consequências são o crescimento dos eventos de inundações urbanas com prejuízos materiais, patrimoniais e humanos para a sociedade.

Segundo Philippi Jr. e Malheiros (2005) a impermeabilização do solo causada pela decorrência da implantação de vias de circulação com asfalto, piso impermeável nos quintais das residências e indústrias, o baixo índice de áreas verdes urbanas e a construção de casas nas várzeas dos cursos d'água aumentam a ocorrência de enchente e alagamento refletindo negativamente nas atividades urbanas e em problemas de saúde pública.

Tucci (1997) relaciona os impactos da urbanização, podendo estes serem resumidos: a) no aumento do escoamento superficial refletindo-se na vazão máxima dos hidrogramas e na antecipação dos picos de cheia; b) na redução da evapotranspiração e da infiltração, reduzindo a alimentação das águas subterrâneas (freáticas); c) no aumento da produção e carreamento de material sólido; d) na deterioração da qualidade das águas superficiais, principalmente no início das chuvas pela drenagem de águas que conduzem material sólido e lavam as superfícies urbanas.

A tendência da urbanização na drenagem urbana é que esta ocorra no sentido de jusante para montante, devido às características de relevo. Quando um loteamento é projetado, o município exige que o projeto de esgoto pluvial seja eficiente no sentido de drenar a água do loteamento, mas não avalia o impacto sobre o restante da rede de drenagem a jusante. O somatório da impermeabilização dos vários loteamentos aumenta a frequência e magnitude das enchentes rio abaixo (TUCCI, 1999).

O mesmo autor comenta sobre a absorção da energia solar pelas superfícies impermeáveis, as quais aumentam a temperatura ambiente, e produzem ilhas de calor na parte onde predomina o concreto e o asfalto. O aumento de temperatura também cria condições de movimento de ar que criam condições de aumento de precipitação.

Durante o desenvolvimento urbano, o aumento dos sedimentos produzidos pela bacia hidrográfica é significativo, devido às construções, limpeza de terrenos para nos loteamentos, construção de ruas, avenidas e rodovias, entre

outras causas. Desta forma, a qualidade da água das redes pluviais depende da limpeza urbana e sua frequência, da intensidade da precipitação e sua distribuição temporal e espacial, da época do ano e do tipo de uso da área urbana (TUCCI, 1999).

Ainda por Tucci (1999), a urbanização contribui também para a contaminação dos aquíferos urbanos onde se destacam como fontes potenciais de contaminação:

a) aterros sanitários contaminam as águas subterrâneas pelo processo natural de precipitação e infiltração;

b) a utilização de fossas sépticas como destino final do esgoto, tende a contaminar uma parte superior do aquífero. Tal contaminação pode comprometer o abastecimento de água urbano quando existe comunicação entre diferentes camadas dos aquíferos através de percolação e de perfuração inadequada dos poços artesianos;

c) a rede de condutos pluviais pode contaminar o solo através de perdas de volume no seu transporte e até por entupimento de trechos da rede que pressionam a água contaminada para fora do sistema de condutos.

4.2 Sistema de Drenagem Urbana

O sistema de drenagem faz parte do conjunto de melhoramentos públicos existentes em uma área urbana. O escoamento de águas pluviais sempre ocorrerá independente de existir ou não sistema de drenagem adequado. A qualidade desse sistema é que determinará o grau dos benefícios ou prejuízos à população (CETESB, 1986).

Para Canholi (2005) a drenagem urbana durante muito tempo foi abordada de maneira secundária no contexto da divisão do solo para usos urbanos, refletindo em um dos problemas mais sérios das grandes e médias cidades brasileiras.

Barros (2005) defende que um sistema de drenagem deve ser projetado, executado e operado em consonância com os demais serviços públicos da cidade. Ele também interfere diretamente nos recursos hídricos da bacia, e, portanto, deve ser tratado no âmbito do sistema de gestão da água na região.

Conforme Chernicharo e Costa (1995), os sistemas de drenagem pluvial urbana ocupam um lugar de destaque entre as obras hidráulicas e sanitárias fundamental no planejamento das cidades e no saneamento das mesmas.

O saneamento no Brasil trata de problemas que dizem respeito ao abastecimento de água, à coleta e tratamento dos esgotos domésticos e industriais, a drenagem pluvial urbana e a coleta e disposição adequada dos resíduos sólidos (PHILIPPI JUNIOR, 1982).

A universalização do Saneamento Básico foi assumida como um compromisso de toda a sociedade brasileira, conforme a Lei 11.445/2007, que designa um importante esforço de reforma institucional que envolve governo, prestadores de serviços, indústrias, agentes financeiros e sociedade por meio de suas organizações e dos canais de participação (BRASIL, 2009).

O Plano Municipal de Saneamento Básico representa um suporte institucional de fundamental importância na implementação de instrumentos de planejamento das cidades (BRASIL, 2009).

De acordo com Neto (2007), drenagem é o termo empregado na denominação das instalações destinadas a escoar o excesso de água, seja em rodovias, na zona rural ou na malha urbana.

Tucci et al (1997) esclarecem que este conjunto de medidas tem por objetivo minimizar os riscos a que as populações estão sujeitas, diminuindo os prejuízos causados por inundações e possibilitando o desenvolvimento urbano de forma sustentável.

Os mesmos autores esclarecem que as soluções eficazes de drenagem urbana dependem de fatores como:

I) Existência de uma política para o setor que defina objetivos a serem alcançados e os meios (legais, institucionais, técnicos e financeiros) para atingi-los;

II) Existência de uma política para ocupação do solo urbano articulada com a política de drenagem urbana;

III) Processo de planejamento que considere medidas de curto, médio e longo prazo em toda a bacia, e agregue as medidas de drenagem de águas pluviais no ambiente urbano;

IV) Existência de entidade que domine as tecnologias necessárias, implante obras e medidas, desenvolva atividades de comunicação social, promova a participação pública, estabeleça critérios e aplique leis e normas;

V) Domínio da tecnologia adequada para planejamento, projeto, construção e operação das obras;

VI) Organização de campanhas de educação e esclarecimento da opinião pública.

4.2.1 Micro e Macrodrenagem

De acordo com Chernicharo e Costa (1995) os sistemas de drenagem pluvial são constituídos por microdrenagem, que são estruturas locais coletoras de águas pluviais e a macrodrenagem, constituída pelos canais e galerias localizados nos fundos de vales, representando os grandes troncos coletores.

Conforme Gribbin (2009), durante o século passado as canalizações pluviais eram usadas em ambientes urbanos para transportar água de esgoto e águas pluviais nos mesmos tubos, sistemas classificados como unitários. Atualmente esses foram praticamente eliminados, dando lugar a coletores pluviais separados dos coletores de esgotos sanitários.

A microdrenagem urbana é definida pelo sistema de condutos pluviais em nível de loteamento ou de rede primária urbana. Para Tucci e Bidone (1995) o dimensionamento de uma rede de esgotamento pluvial é baseado nas seguintes etapas: a) subdivisão da área e traçado; b) determinação das vazões que afluem à rede de condutos; e c) dimensionamento da rede de condutos.

O Quadro 1 apresenta os principais termos e componentes utilizados por Tucci et al (1997) para o dimensionamento do sistema de drenagem pluvial.

Quadro 1: Termos e componentes de um sistema de drenagem pluvial.

Componentes	Descrição e funções
Galeria	canalizações que conduzem as águas pluviais provenientes das bocas-de-lobo e das ligações privadas
Poço de Visita	dispositivos localizados em pontos convenientes do sistema de galerias que permitem mudança de direção, de declividade, de diâmetro e inspeção e limpeza das canalizações
Trecho	porção de galeria situada entre dois poços de visita
Boca-de-lobo	dispositivos que captam águas pluviais transportadas pelas sarjetas
Tubos de	canalizações que conduzem as águas pluviais captadas nas bocas-de-lobo para as

Componentes	Descrição e funções
ligações	galerias ou poços de visita
Meio-fio	elementos de concreto, assentados entre o passeio e a via pública, paralelamente ao eixo da rua
Sarjetas	faixas de via pública, paralelas e vizinhas ao meio-fio. A valeta formada é a receptora das águas pluviais que caem sobre as vias públicas e que para elas escoam
Sarjetões	calhas localizadas nos cruzamentos de vias públicas, formadas pela sua própria pavimentação e destinadas a orientar o fluxo das águas que escoam pelas sarjetas
Conduitos forçados	obras destinadas à condução das águas superficiais coletadas, sem preencher completamente a seção transversal dos conduitos
Estações de bombeamento	conjunto de obras e equipamentos destinados a retirar água de um canal de drenagem, quando este não possuir mais condições de escoamento por gravidade

Fonte: Tucci et al, 1997.

As estruturas de macrodrenagem destinam-se à condução final das águas captadas pela drenagem primária, dando prosseguimento ao escoamento das ruas, sarjetas, valas e galerias, que são estruturas de microdrenagem. A macrodrenagem de uma zona urbana corresponde à rede de drenagem natural pré-existente nos terrenos antes da ocupação, sendo constituída pelos córregos, riachos e rios localizados nos talwegues e vales (MARTINS, 1995).

Segundo Chernicharo e Costa (1995) os sistemas de macrodrenagem constituem-se por: a) canal fechado - consiste em estruturas de concreto, margeadas por interceptores de esgotos de ambos os lados; b) canal aberto - compreende canalizações abertas no meio de avenidas; e c) leito preservado - quando a área em questão ainda não é densamente povoada, consiste em uma alternativa de menor agressão à estética e paisagística aos fundos de vale, desempenhando uma menor intervenção nos cursos d'água, evitando o emprego de obras estruturais.

4.2.2 Medidas Estruturais e Medidas Não-estruturais

Barros (2005) comenta que o sistema de drenagem é composto por dois tipos de intervenções no ambiente, que são conhecidas como medidas estruturais e as medidas não estruturais.

O mesmo autor esclarece que as medidas estruturais equivalem às obras hidráulicas que proporcionam uma boa drenagem do escoamento superficial. As não-estruturais correspondem a uma série de propostas, voltadas à redução dos efeitos das chuvas intensas na área urbana, que não envolvem grandes obras de engenharia. As medidas não-estruturais de baixo investimento e de curto prazo resultam em grandes benefícios para a drenagem. O sistema de drenagem não pode dispensar nenhuma dessas medidas.

Para Barros (2005), as medidas estruturais de um sistema de drenagem variam conforme as características do problema a ser resolvido. Para o autor, as principais medidas estruturais para drenagem urbana são:

I) Sistema de coleta da água de chuva no lote e lançamento na rede: corresponde a todas as obras de coleta de água superficial no lote e transporte até a rede de drenagem. II) Sistema de microdrenagem: compõe-se de bocas de lobo e bueiros para captação das águas superficiais que correm pelas ruas e vias [...] A coleta se faz por rede de galerias, transportando as águas superficiais até o ponto de lançamento nos canais, córregos e/ou rios [...] III) Rede (sistema) de macrodrenagem: a macrodrenagem é formada por um sistema de canais e rios que recebem a água coletada pela microdrenagem. Em geral, os canais e rios naturais em áreas urbanas não têm capacidade para dar escoamento à vazão da chuva de projeto, e portanto, devem ser objeto de obras de ampliação para aumento das suas capacidades de transporte de água [...] IV) Reservatórios para controle de cheias: são barramentos construídos em rios para reter o excesso de chuva e proteger áreas à jusante [...] V) Reservatórios urbanos de detenção ou bacias de detenção: são pequenos reservatórios construídos em determinadas áreas da cidade para conter o excesso de chuva e proteger áreas à jusante [...] VI) Drenagem forçada em áreas baixas: em algumas cidades há regiões ocupadas por habitações e/ou comércio localizadas abaixo do nível d'água de cheias dos córregos próximos. Essas áreas devem ser protegidas por diques, para evitar a invasão das águas e, ao mesmo tempo, devem ser drenadas por bombeamento. Esse conjunto de obras diques e estação de bombeamento, constitui um sistema de drenagem forçada [...] VII) Manutenção do sistema de drenagem: é fundamental manter as bocas de lobo e os sistemas de micro e macrodrenagem desobstruídos e limpos para que desempenhem sua função adequadamente [...] (BARROS, 2005: p. 240).

Vários autores destacam a importância das medidas não estruturais a serem adotadas no controle de cheias, entre eles Tucci (1997) e Barros (2005). Neste contexto, Barros (2005) é o que melhor apresenta o resumo destas medidas, destacando:

I) Outorga para controle de cheias: são obras que interferem no regime dos rios, ou seja, construção de galerias, obras de alteração de curso e/ou aumento da capacidade de escoamento de rios, construções de travessias e pontes.

II) Leis de uso e ocupação do solo: o tipo de ocupação do solo é um dos fatores mais significantes na formação das cheias. Este fator está diretamente

ligado ao processo de infiltração e, por conseguinte à produção de escoamento superficial.

III) Fixação de critérios para projetos de drenagem: é fundamental estabelecer critérios de projeto para estudos hidrológicos e hidráulicos, tanto da micro como da macrodrenagem.

IV) Fixação de critérios para obras de infraestrutura: é fundamental estabelecer normas de construção de obras de infraestrutura, como pontes, passarelas, etc., quando estas interferem na drenagem.

VI) Medidas de controle de cheias no próprio lote ou medidas individuais e de convivência: medida bastante eficiente em regiões onde a ocupação já está bastante consolidada. Esse sistema é formado por uma estrutura que impede a entrada de água no lote.

VII) Restabelecimento parcial da capacidade de retenção de água do lote: a manutenção da capacidade de infiltração do lote, exige do empreendedor obras para reter a parcela da chuva que deixou de infiltrar devido à impermeabilização sofrida pela intervenção da cobertura do solo.

VIII) Seguro enchente: é formado a partir de um fundo criado pela própria comunidade, em que cada proprietário paga um certo valor, em razão do dano esperado em seu lote em caso de inundação.

IX) Sistemas de alerta: a dimensão do sistema de drenagem considera um certo risco de falha. Quando ocorre uma grande tempestade ou uma chuva de grande intensidade e magnitude, a chance do sistema entrar em colapso e ocorrerem inundações é muito grande.

X) Programas de educação ambiental: instrumento fundamental para desencadear uma nova postura do cidadão em relação às questões ambientais.

4.3 Enchente, Inundação e Alagamento

Os problemas de enchentes, inundações e alagamentos que muito atingem as populações que estão localizadas em áreas urbanas e rurais são decorrentes de fenômenos naturais de caráter hidrológico (SANTOS, 2010).

De acordo com Barros (2005), a enchente ocorre na bacia hidrográfica toda vez que ocorre precipitação e há um aumento do nível d'água sem que ocorra transbordamento. Desta maneira, a vazão dos rios aumenta significativamente

devido ao escoamento superficial. Se este aumento provocar extravasamento, ocorre a inundação, ou seja, o rio sai de seu leito (calha) menor e passa a ocupar o seu leito maior.

Santos (2010) define alagamento como os processos decorrentes ou não dos problemas de natureza fluvial, causando o acúmulo momentâneo de águas em um dado local por problemas de deficiência no sistema de drenagem devido a seu baixo coeficiente de escoamento superficial.

As inundações em áreas urbanas resultam de dois processos, que podem ocorrer isoladamente ou de forma integrada (PORTO ALEGRE, 2005):

- Inundação devido à urbanização: as inundações aumentam sua frequência e magnitude devido à ocupação do solo com superfícies impermeáveis e rede de condutos de escoamentos. O desenvolvimento urbano pode produzir obstruções ao escoamento, como aterros e pontes, drenagens inadequadas e obstruções ao escoamento nos condutos e assoreamento;

- Inundações de áreas ribeirinhas: os rios possuem dois leitos, o leito menor, onde a água escoar na maior parte do tempo, e o leito maior, que é inundado em determinado intervalo de tempo. O impacto devido à inundação ocorre quando a população ocupa o leito maior do rio, ficando sujeita a enchentes.

Barros (2005) esclarece que a inundação é provocada pelo excesso de escoamento superficial, identificado como chuva excedente ou chuva efetiva, gerado pelo aumento dos índices de impermeabilização do solo e pela diminuição dos processos de infiltração e de retenção de água. As inundações ocorrem quando o volume de escoamento superficial gerado ultrapassa a capacidade de escoamento dos cursos d'água que drenam as cidades.

Os sedimentos que atingem a macrodrenagem ficam depositados devido à redução de declividade e da capacidade de transporte. Os mesmos reduzem a capacidade de escoamento de cheias dos canais da macrodrenagem e as inundações se tornam mais frequentes (TUCCI; COLLISCHONN 2000).

Barros (2005) destaca alguns fatores responsáveis pela produção de inundações em áreas urbanas, entre eles:

- I) O aumento do volume de escoamento superficial para o mesmo índice de precipitação, tornando o sistema de drenagem obsoleto e incapaz de escoar as chuvas para as quais ele foi projetado;

- II) O crescimento do volume de sedimentos afluentes aos canais drenadores, decorrente da ocupação irregular do solo;
- III) A existência de planos diretores urbanos que não consideram devidamente os aspectos de drenagem da bacia;
- IV) O descarte de resíduos sólidos em córregos, galerias e canais, decorrente de sistema deficiente de coleta;
- V) Falta de conscientização da população para o problema da drenagem;
- VI) Falta de investimentos para controlar as cheias urbanas;
- VII) A ineficiência de sistemas de drenagem urbana;
- VIII) Problemas com obras mal executadas, galerias obstruídas, pontes com posicionamento inadequado, etc.;
- IX) Falta de legislação própria para tratar de problemas de drenagem;
- X) Definição imprópria da área de abrangência de projetos de drenagem, muitas vezes transferindo inundações de uma cidade a outra;
- XI) Falta de informações hidrológicas e meteorológicas confiáveis para execução de projetos de drenagem urbana;
- XII) Falta de cadastramento das obras de drenagem existentes, tanto da microdrenagem como da macrodrenagem;
- XIII) Inexistência de órgão gestor e coordenador específico para a drenagem urbana, principalmente para cidades de médio e grande porte;
- XIV) Inexistência de norma técnica para projetos de drenagem urbana numa mesma bacia hidrográfica;
- XV) Ocorrência de eventos hidrometeorológicos extraordinários, acima do risco assumido para falha das obras de drenagem.

Villela e Mattos (1975) apontam o excesso de chuva e descarregamento de qualquer volume de água acumulado à montante como principais causas de enchente. Nesse caso, pode ser devido ao rompimento da obra que retinha a água ou à abertura brusca das comportas de um reservatório. Os autores destacam ainda que uma enchente só causa inundação quando o volume de água que a causou transborda o canal.

Outra causa de enchente é a própria construção de obras que têm por finalidade combater esses efeitos em certa área. Desta forma, uma galeria de águas pluviais, somente servirá para deslocar para jusante, possivelmente para áreas

menos valorizadas, o volume de água devido à enchente. Nesse caso essas obras são a causa da enchente a jusante (VILLELA; MATTOS, 1975).

4.4 Indicadores

Para Tayra e Ribeiro (2006) a partir do lançamento do conceito do desenvolvimento sustentável em meados da década de 1980 e sua popularização após a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (Rio-92), um dos principais desafios tornou-se a construção de instrumentos para sua mensuração, pois estes também seriam instrumentos essenciais para guiar a ação e subsidiar o acompanhamento e a avaliação do progresso alcançado rumo ao desenvolvimento sustentável.

A Lei Federal n. 10.257/2001 que criou o Estatuto da Cidade fortaleceu em vários aspectos o uso de indicadores de monitoramento como um importante instrumento para gestão pública.

Levati (2009) destaca a importância da utilização de indicadores para avaliar o desenvolvimento de políticas públicas e subsidiar a tomada de decisão. A autora desenvolveu uma metodologia para avaliação da salubridade ambiental na área urbana de Criciúma, Santa Catarina.

Segundo Fiori (2006) a partir da temática do desenvolvimento sustentável, evidencia-se a necessidade da utilização de instrumentos adequados ao tratamento das inúmeras abordagens feitas com este intuito, e neste contexto, a autora destaca a construção de ferramentas que utilizam indicadores como meio de monitoramento.

Merico (1997) destaca que os indicadores comunicam informações tornando compreensível um conjunto de fenômenos que não é imediatamente detectável. Os mesmos são elaborados para cumprir com as funções de simplificar, quantificar, analisar e comunicar, permitindo compreender fenômenos complexos, tornando-os quantificáveis de maneira tal que possam ser analisados em um dado contexto e assimilados por diferentes níveis da sociedade.

Para o autor os indicadores além de facilmente interpretáveis, devem possuir capacidade de agregação com diversos outros indicadores e componentes, a fim de possibilitar a elaboração de índices. Os índices agregariam diversos indicadores de um campo de análise específico, tornando informações complexas rapidamente absorvíveis (MÉRICO, 1997).

De acordo com Montibeller-Filho (2010) índice é um valor agregado que resulta de cálculos envolvendo uma série de indicadores, representativos de diversas dimensões ou características de um fenômeno ou sistema. Um índice é um indicador de alta categoria, compreende um nível superior, resultado da junção de um conjunto de indicadores e variáveis.

Silva et al (2004) desenvolveram e aplicaram uma metodologia apoiada em Indicadores de Fragilidade do Sistema - IFS na elaboração do componente Drenagem Urbana de Águas Pluviais que compõe o Plano Municipal de Saneamento Ambiental de Alagoinhas, no estado da Bahia.

Em 2010 o Governo Municipal de São Lourenço do Oeste - SC, adaptou a metodologia de Silva (2004) para a elaboração do Plano de Saneamento Básico no município, realizado por NOTUS Serviços de Engenharia S/C Ltda.

A metodologia atribuída por Silva et al (2004) tem como princípios básicos essenciais:

- Os dispositivos que compõem as redes de drenagem das águas pluviais devem possuir funções hidráulicas e urbanas bem definidas;
- O sistema de drenagem urbana, com todos os seus componentes, possui uma responsabilidade relevante na qualidade ambiental das áreas onde estão situados;
- O sistema de drenagem urbana deve possuir ampla integração com os demais serviços e sistemas relacionados com o saneamento ambiental, objetivando a otimização das ações e a excelência dos resultados ambientais.

Ainda de acordo com a metodologia desenvolvida por Silva et al (2004) a avaliação do sistema de drenagem inicia-se a partir da definição de Fatores Intervenientes e de Indicadores de Fragilidade do Sistema (IFS). Estes por sua vez, podem ser de natureza climatológica, ambiental, tecnológico ou institucional.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 Descrição da Área de Estudo

O município de Criciúma possui uma área de 235,627 Km² com uma população total de 192.308 mil habitantes (IBGE, 2010).

O ponto central do município encontra-se na latitude de 28°40'40"S e longitude 49°22'12"W, localizando-se no Sul do Estado de Santa Catarina, região Sul do Brasil. As águas superficiais do município de Criciúma drenam para as bacias hidrográficas do rio Araranguá e rio Urussanga, ambas pertencentes a 10ª região hidrográfica do Estado de Santa Catarina (SANTA CATARINA, 1997).

A Figura 4 apresenta a sistematização das bacias, sub-bacias e microbacias hidrográficas do município de Criciúma –SC (IPAT/UNESC, 2009).

Figura 4: Sistematização das bacias, sub-bacias e microbacias hidrográficas do município de Criciúma, SC.

Bacia Hidrográfica	Sub-bacia	Microbacia
Rio Araranguá	rio Sangão	rio Sangão rio Maina rio Criciúma rio Cedro baixo rio Sangão
	rio dos Porcos	rio Quarta Linha rio Eldorado
	rio Mãe Luzia	rio Medeiros
Rio Urussanga	rio Linha Anta	rio Linha Anta rio Ronco d'água

Fonte: IPAT/UNESC, 2009.

Segundo Krebs et al (2006), a cidade de Criciúma desenvolveu-se na porção centro-norte do município, onde se situa a microbacia do rio Criciúma. Este rio nasce e se desenvolve dentro de área urbanizada e hoje, sua rede de drenagem está bastante modificada da original, ocorrendo longos trechos em que o rio se encontra canalizado ou desviado de seu leito original. A drenagem urbana do

município apresenta sérios problemas relacionados à baixa infiltração do solo e ao subdimensionamento do sistema de drenagem.

Entre as microbacias que drenam o município, a do rio Criciúma caracteriza-se por ser a mais densamente povoada e conseqüentemente a mais problemática, decorrente da impermeabilização do solo, que por sua vez acentua o escoamento superficial (IPAT/UNESC, 2009).

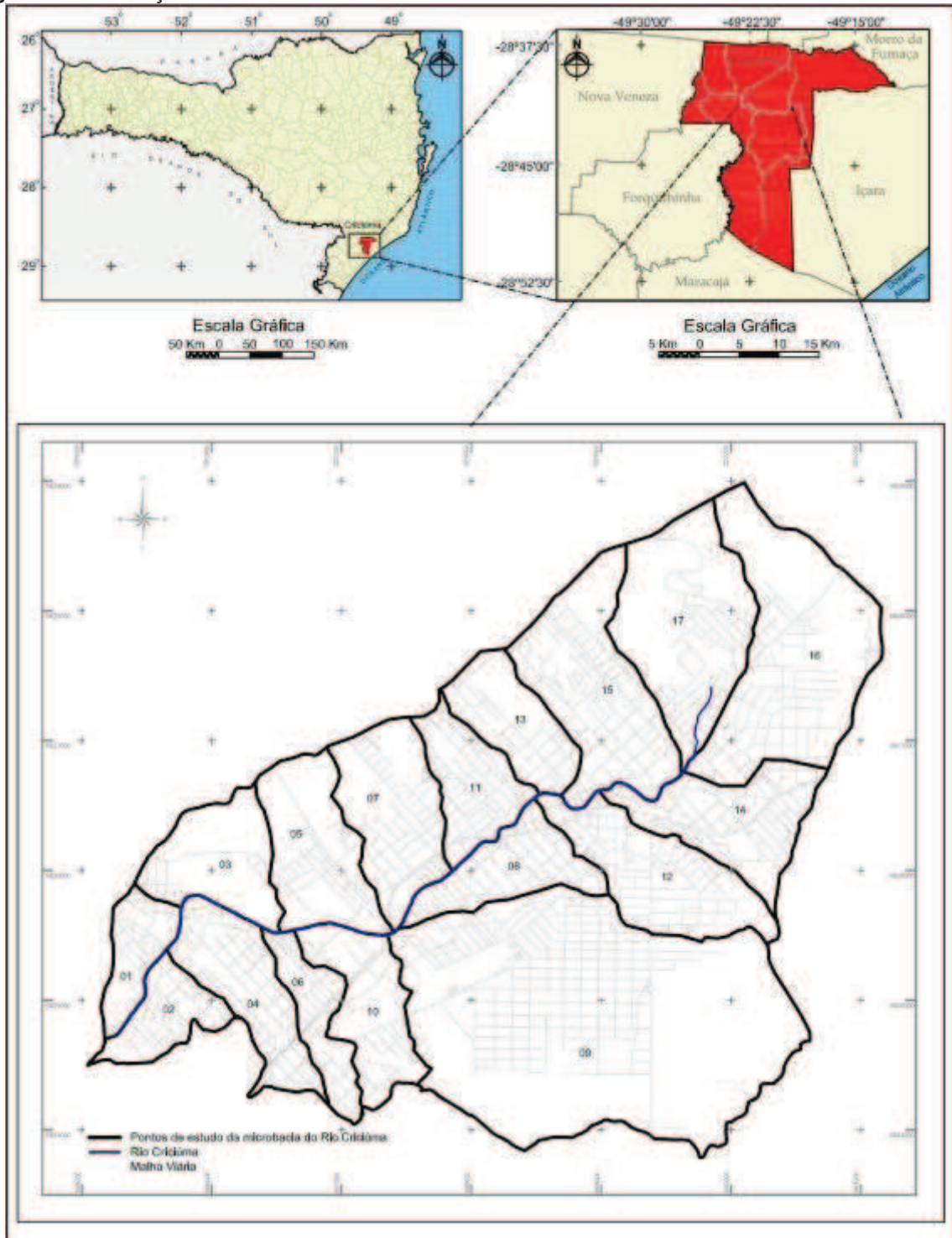
Para Krebs et al (2006), os problemas de alagamento na cidade são decorrentes da ocupação urbana desordenada; atividades de mineração e beneficiamento de carvão realizadas em épocas passadas e que contribuíram para o assoreamento dos cursos d'água; edificações e ruas construídas à margem do rio; subdimensionamento e obstrução do sistema de micro e macrodrenagem. Na época, os autores citaram ainda a falta de rede de coleta e tratamento de esgoto doméstico como uma contribuição para a ocorrência de alagamentos.

O presente estudo foi elaborado considerando a microbacia do rio Criciúma que compreende uma área de 18,65 km² (IPAT/UNESC, 2009). Esta microbacia é contribuinte da sub-bacia do rio Sangão, que por sua vez drena para a bacia do rio Araranguá.

Ao longo de sua extensão o rio Criciúma recebe a contribuição de dezessete afluentes considerados de primeira ordem. As bacias de drenagem de cada um destes afluentes serviram para a definição das áreas de estudo, sendo estas consideradas neste trabalho como Pontos de Estudo (PE).

A Figura 5 apresenta a localização e a divisão da microbacia do rio Criciúma em dezessete Pontos de Estudo (PE). A delimitação dos Pontos de Estudo (PE) foi obtida a partir da leitura das curvas de nível solicitada ao Projeto Subsídios ao Planejamento Territorial e Definição de Medidas para Minimização dos Efeitos das Cheias Urbanas no Município de Criciúma - SC, realizado em 2006 pela CPRM- Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais.

Figura 5: Localização e divisão da microbacia do rio Criciúma em dezessete Pontos de Estudo - PE.



Fonte: DAL PONT, 2011.

Os dados utilizados foram obtidos em campo no período de agosto de 2010 a fevereiro de 2011 com objetivo de atender a demanda requerida pelo Plano de Manejo das Águas Pluviais na microbacia do rio Criciúma, contratado pela Prefeitura Municipal de Criciúma (PMC) junto ao Setor de Projetos Ambientais do IPAT/UNESC.

A coleta das informações iniciou-se a partir da leitura de mapas do sistema viário, disponibilizados pela PMC, para reconhecimento do local. As informações foram obtidas ainda por meio de fotos, análises da micro e macrodrenagem e observações gerais das áreas que compreendem os Pontos de Estudo (PE). Algumas fotos as quais indicam os alagamentos das áreas em estudo foram registradas pelo jornal eletrônico Engeplus em janeiro dos anos de 2010 e 2011.

As imagens referentes à localização dos Pontos de Estudo (PE) na microbacia do rio Criciúma foram efetuados por Dal Pont (2011), com intuito de ilustrar de forma detalhada a área que abrange a solicitada pesquisa.

5.2 Metodologia Apoiada em Indicadores de Fragilidade do Sistema (IFS)

Os dados destinados ao Plano de Manejo das Águas Pluviais da Microbacia do rio Criciúma foram analisados conforme a metodologia apoiada em Indicadores de Fragilidade do Sistema (IFS).

Como base foi adotada a metodologia desenvolvida por Bruno Jardim da Silva e colaboradores, na Elaboração do Componente Drenagem do Plano Municipal de Saneamento Ambiental do Município de Alagoinhas - BA em 2004.

Conforme proposto na metodologia de Silva et al (2004), a avaliação do sistema de drenagem inicia-se a partir da definição dos Fatores Intervenientes e de Indicadores de Fragilidade do Sistema (IFS). Os fatores intervenientes podem ser de natureza climatológica, ambiental, tecnológica e institucional. O Quadro 2 mostra a natureza, os fatores e a abordagem que deve ser considerada na aplicação desta metodologia.

Quadro 2: Fatores que afetam o sistema de drenagem (Silva, 2004).

Natureza	Fatores	Abordagem
Climatológico	Regime de chuvas intensas	*representatividade da equação intensidade x duração x frequência
Ambiental	Arranjo do Traçado	*interação com a topografia *respeito ao sistema natural de drenagem
	Usos do solo	*nível de impermeabilização dos terrenos *erodibilidade dos terrenos *ocupação marginal dos corpos interceptores

Natureza	Fatores	Abordagem
	Padrões de conforto das vias	<ul style="list-style-type: none"> *de pedestres *de grande fluxo de veículos e de pedestres *de grande fluxo de veículos e baixo fluxo de pedestres *de médio movimento *de acesso local
	Interação com demais equipamentos de saneamento urbano	<ul style="list-style-type: none"> *lançamento de efluentes domésticos na rede *lançamento de outros efluentes na rede *deposição de lixo nas galerias e canais *dispersão de sedimentos nas vias
Tecnológico	Estruturas de micro drenagem	<ul style="list-style-type: none"> *dimensão dos dispositivos hidráulicos *padrão construtivo *adequação do conjunto de dispositivos *manutenção e conservação dos dispositivos
	Estruturas de macro drenagem	<ul style="list-style-type: none"> *dimensão dos dispositivos hidráulicos *padrão construtivo *adequação do conjunto de dispositivos *manutenção e conservação dos dispositivos
Institucional	Aspectos gerenciais	<ul style="list-style-type: none"> *interatividade dos componentes *aporte financeiro no orçamento *recursos humanos *planejamento das ações e estudos existentes
	Aspectos legais	<ul style="list-style-type: none"> *existência de normas e outros instrumentos *aplicação dos dispositivos

Fonte: SILVA, 2004.

Os indicadores de fragilidade do sistema de drenagem pluvial podem ser de natureza tecnológica, ambiental e institucional. O Quadro 3 mostra os indicadores de fragilidade, a natureza e a abordagem aplicada no presente estudo.

Cabe destacar que o Quadro 3 foi adaptado para este estudo, sendo que as alterações foram realizadas em função dos dados disponíveis e para uma melhor compreensão do resultado através da modificação de alguns dos indicadores propostos por Silva (2004) e do desenvolvimento de outros. Estes também foram esclarecidos a partir da abordagem aplicada no estudo.

A metodologia de IFS estabelecida por Silva et al (2004) foi aplicada nas áreas problemas do município de Alagoinhas - BA as quais correspondem às ruas que apresentam maiores problemas referentes ao sistema de drenagem. Tal metodologia desenvolvida a partir de IFS mostrou-se adequada para o Plano Municipal de Saneamento Ambiental de Alagoinhas, no seu componente Drenagem

Urbana, estabelecendo diversos tipos de ações a serem propostas com vistas a resolver os problemas identificados.

Diferente deste trabalho, o qual tem como objetivo avaliar o sistema de drenagem pluvial urbana na microbacia do rio Criciúma, onde o IFS foi adaptado e aplicado nas áreas delimitadas pelas bacias de drenagem dos dezessete afluentes de primeira ordem de tal microbacia, consideradas neste contexto como PE.

Esta adaptação teve como alteração a exclusão de alguns indicadores desnecessários para a aplicação neste estudo, pois o mesmo abrange uma área extensa a ser trabalhada, obtendo um resultado de ampla abordagem referente aos fatores que afetam o sistema de drenagem urbana, permitindo a hierarquização dos principais problemas a partir do sistema de pontuação.

Quadro 3: Indicadores de Fragilidade do Sistema (IFS) e abordagem aplicada no estudo. Fonte: Silva (2004), adaptado pela autora.

Natureza	Indicadores e abordagem adotada neste estudo
Tecnológico	<p>Ineficiência do escoamento nas vias: consideram-se áreas com predominância de planícies, as quais facilitam o alagamento.</p> <p>Ineficiência dos dispositivos de coleta: equivalem aos equipamentos que compõem o sistema de microdrenagem.</p> <p>Interferência inadequada no trânsito de veículos: situação do trânsito de veículos em geral, em meio a um alagamento.</p> <p>Interferência inadequada no movimento de pedestres: deslocamento dos pedestres em meio a um alagamento.</p> <p>Redução da vida útil dos pavimentos e acessos: estado as quais as vias se encontram após ocorrência de chuvas intensas.</p>
Ambiental	<p>Degradação física dos terrenos: consideram-se terrenos baldios e áreas com maiores declividades, as quais facilitam a produção de sedimentos.</p> <p>Favorecimento da produção de sedimentos: consideram-se locais próximos a áreas verdes, terrenos baldios, áreas com maiores declividades, ou seja, fatores que produzem maior quantidade de sedimentos.</p> <p>Ocorrência de alagamentos: áreas onde ocorrem alagamentos.</p> <p>Contribuição para o alagamento de outro PE</p> <p>Deposição de resíduos gerais nas vias públicas: descarte de todos os tipos de resíduos em locais públicos.</p> <p>Assoreamento do corpo receptor: processo ocasionado pelo acúmulo de resíduos, entulho e outros detritos no fundo dos rios.</p>

Natureza	Indicadores e abordagem adotada neste estudo
Institucional	<p>Elevação dos gastos com manutenção e conservação dos equipamentos públicos: os equipamentos equivalem a obras destinadas a utilização pública como: rodoviárias; escolas; postos de saúde; hospitais; terminais; corpo de bombeiros; praças; delegacias; fórum; etc.</p> <p>Aumento da demanda de recursos financeiros para a implantação de obras: recursos financeiros necessários para corrigir a falha de obras já existentes.</p> <p>Ineficiência operacional: falta de capacidade de manter o sistema de microdrenagem.</p>

Fonte: SILVA (2004), adaptado pela autora.

O trabalho em questão adotou as dezessete áreas drenadas pelos afluentes de primeira ordem do rio Criciúma, como Pontos de Estudo (PE), sendo estes os locais onde se manifestam os Indicadores de Fragilidade do Sistema (IFS).

Em cada Ponto de Estudo (PE), ou seja, em cada uma das dezessete áreas drenadas pelos afluentes de primeira ordem do rio Criciúma, foram analisadas as manifestações dos Indicadores de Fragilidade do Sistema (IFS). Diferente da metodologia estabelecida por Silva (2004), os indicadores receberam valor 0 (zero) quando não foi observado manifestação no PE; 0,5 quando a manifestação do indicador foi considerada moderada, ou seja, o indicador existe na área em estudo mas não de forma agravante, e 1,0 quando a manifestação observada era considerada relevante.

Para obter o Índice Geral de Fragilidade (IGF) atribuíram-se pesos para os problemas de natureza tecnológica, ambiental e institucional nos valores de 2, 3 e 1, respectivamente, conforme proposto por Silva (2004).

O resultado da soma dos Indicadores de Fragilidade do Sistema (IFS) é multiplicado pelo valor atribuído para cada problema, resultando no Índice Geral de Fragilidade (IGF). Quanto maior o valor do IGF mais grave será o problema do Ponto de Estudo (PE) no que diz respeito à drenagem pluvial urbana.

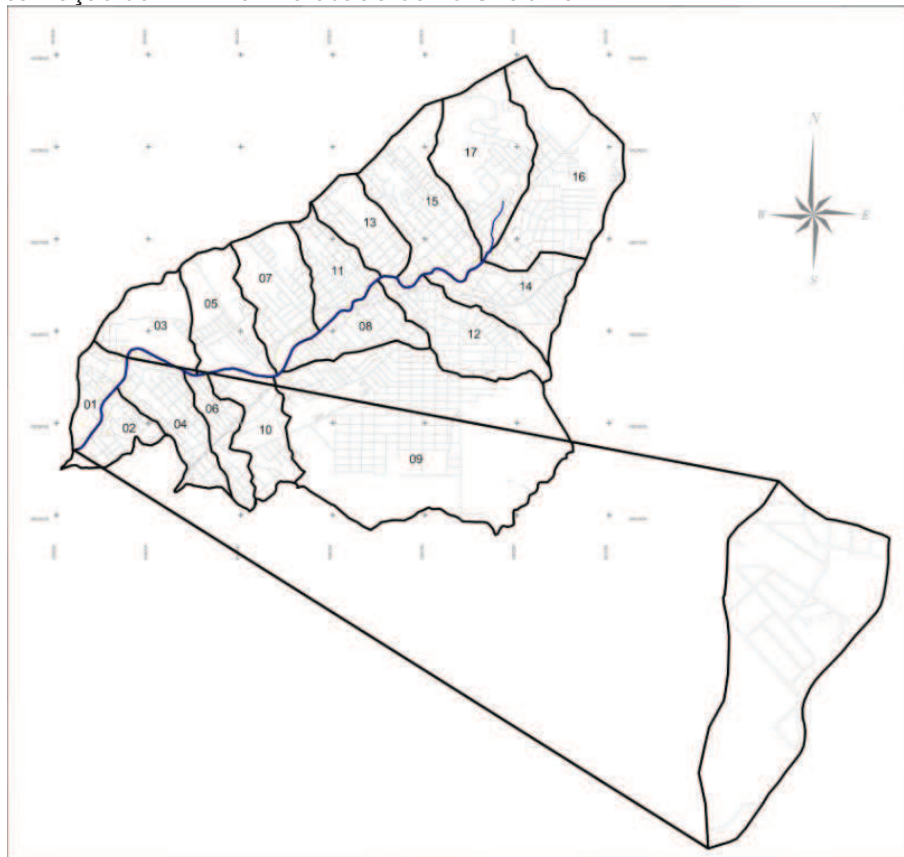
6 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

A microbacia do rio Criciúma recebe a contribuição de dezessete afluentes de primeira ordem, cujas bacias de drenagem definem os Pontos de Estudo (PE) onde se aplicou a metodologia de Indicadores de Fragilidade do Sistema (IFS) como forma de avaliar o sistema de drenagem pluvial.

6.1 Ponto de Estudo- PE 1

O PE 1 possui uma área de aproximadamente 0,38 Km² e abrange os bairros São Francisco e Boa Vista. Está localizado na região oeste da microbacia em uma zona densamente povoada, onde as margens do rio encontram-se completamente ocupadas com residências, contribuindo para o assoreamento do mesmo. A Figura 6 apresenta a localização geográfica do PE 1 na microbacia do rio Criciúma. O Quadro 4 apresenta a aplicação do Índice de Fragilidade no PE 1.

Figura 6: Localização do PE 1 na microbacia do rio Criciúma.



Fonte: DAL PONT, 2011.

Quadro 4: Índice de Fragilidade aplicado no PE 1.

Ponto de Estudo - PE 1		
Natureza	Indicadores	
Tecnológico	*ineficiência do escoamento nas vias	0,5
	*ineficiência dos dispositivos de coleta	1
	*interferência inadequada no trânsito de veículos	1
	*interferência inadequada no movimento de pedestres	1
	*redução da vida útil dos pavimentos e acessos	0,5
Índice de Fragilidade - Tecnológico (x2)		8
Ambiental	*degradação física dos terrenos	0,5
	*favorecimento da produção de sedimentos	0,5
	*ocorrência de alagamentos	1
	*contribuição para o alagamento de outro PE	1
	*deposição de resíduos gerais nas vias públicas	0,5
	*assoreamento do corpo receptor	1
Índice de Fragilidade - Ambiental (x3)		13,5
Institucional	*elevação dos gastos com manutenção e conservação dos equipamentos públicos	0
	*aumento da demanda de recursos financeiros para implantação de obras	1
	*ineficiência operacional	1
Índice de Fragilidade - Institucional (x1)		2
Índice Geral de Fragilidade		23,5

Fonte: SILVA (2004), adaptado pela autora.

Esta área possui declividade que varia de 0% até pontos que chegam a 100%, estes são mínimos comparados a área total do PE 1. A predominância de planícies propicia a falha no escoamento das vias, e há algumas ocorrências de produção de sedimentos originados na degradação física dos terrenos baldios, os quais não são conservados por seus proprietários.

A ineficiência dos dispositivos de coleta das águas pluviais deve-se ao fato das bocas-de-lobo estarem situadas fora do percurso de escoamento da água superficial, prejudicando na captação em época de precipitação intensa (Figura 7).

Figura 7: Guias fora do percurso de escoamento da água superficial.



Fonte: IPAT 2010.

De acordo com IPAT/UNESC (2009) na rua São Ludgero com a rua São Francisco ocorre a junção de um corpo d'água com a rede de tubulação de drenagem pluvial, apresentando-se como uma área de risco de alagamento.

Os dezessete PE da microbacia do rio Criciúma estão interligados. Devido a diversos fatores, principalmente o relevo e a ineficiência do sistema de drenagem, o PE 1 contribui para o alagamento do PE 2.

6.2 Ponto de Estudo- PE 2

O PE 2 possui uma área de aproximadamente 0,56 Km², localizado próximo a foz do rio Criciúma, compreende os bairros Santa Augusta, Tereza

Cristina e Pinheirinho. A Figura 8 apresenta a localização do PE 2 na microbacia do rio Criciúma e o Quadro 5 mostra o resultado da aplicação do Índice de Fragilidade.

Figura 8: Localização do PE 2 na microbacia do rio Criciúma.



Fonte: DAL PONT, 2011.

Os bairros que integram o PE 2 são densamente ocupados por residências, muitas construídas muito próximas ao rio, contribuindo para o assoreamento do corpo receptor. A produção de sedimentos deste PE vem da degradação física dos terrenos baldios. Em períodos de precipitação mais intensa aumenta o acúmulo de água nas vias, dificultando o deslocamento de pedestres e veículos.

A declividade deste PE varia de 0% até 30%, mesmo possuindo pouca declividade o PE 2 contribui para o alagamento do PE 1.

Quadro 5: Índice de Fragilidade aplicado no PE 2.

Ponto de Estudo - PE 2		
Natureza	Indicadores	
Tecnológico	*ineficiência do escoamento nas vias	0,5
	*ineficiência dos dispositivos de coleta	1
	*interferência inadequada no trânsito de veículos	1
	*interferência inadequada no movimento de pedestres	1
	*redução da vida útil dos pavimentos e acessos	0
Índice de Fragilidade - Tecnológico (x2)		7
Ambiental	*degradação física dos terrenos	0,5
	*favorecimento da produção de sedimentos	0,5
	*ocorrência de alagamentos	1
	*contribuição para o alagamento de outro PE	1
	*deposição de resíduos nas vias públicas	0,5
	*assoreamento do corpo receptor	1
Índice de Fragilidade - Ambiental (x3)		13,5
Institucional	*elevação dos gastos com manutenção e conservação dos equipamentos públicos	0
	*aumento da demanda de recursos financeiros para implantação de obras	1
	*ineficiência operacional	1
Índice de Fragilidade - Institucional (x1)		2
Índice Geral de Fragilidade		22,5

Fonte: SILVA (2004), adaptado pela autora.

Um dos pontos críticos deste PE situa-se no cruzamento da rua João Meller e Avenida dos Italianos. Para IPAT/UNESC (2009), o acúmulo de águas superficiais nos períodos de precipitações intensas, ocorre devido à ineficiência do sistema de microdrenagem que não suporta a vazão que recebe.

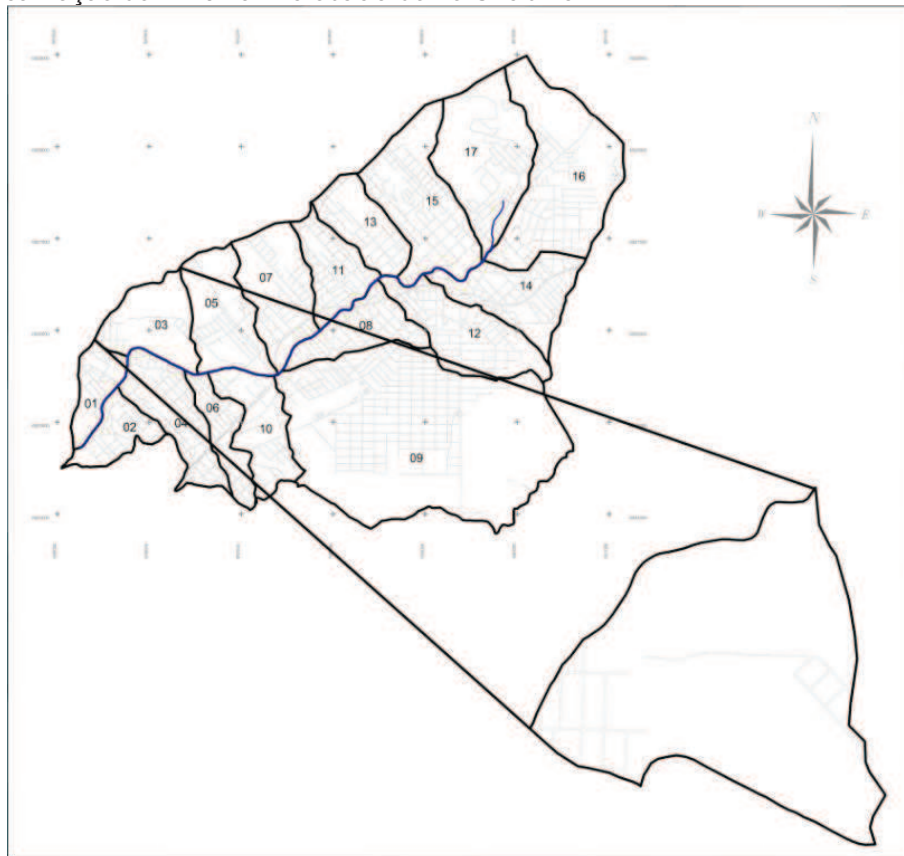
Ainda conforme apontado no estudo realizado por IPAT/UNESC (2009), no encontro da rua João Spillere com a rua Ademar Costa o sistema de drenagem

natural foi aterrado, bem como o despejo de esgotamento cloacal, sendo que esta área possui risco de alagamento.

6.3 Ponto de Estudo- PE 3

Com área de 0,72 Km² o PE 3 abrange os bairros Boa Vista e Vila Floresta. A exemplo do PE 1 e P2 ocorre intensa ocupação das margens do rio Criciúma por residências no trecho que corresponde ao PE 3. Esta prática contribui para o assoreamento do rio, dificultando o escoamento pluvial. A Figura 9 apresenta a localização do PE 3 na microbacia do rio Criciúma.

Figura 9: Localização do PE 3 na microbacia do rio Criciúma.



Fonte: DAL PONT, 2011.

O Quadro 6 mostra o resultado da aplicação do Índice de Fragilidade no PE 3.

Quadro 6: Índice de Fragilidade aplicado no PE 3.

Ponto de Estudo - PE 3		
Natureza	Indicadores	
Tecnológico	*ineficiência do escoamento nas vias	0
	*ineficiência dos dispositivos de coleta	1
	*interferência inadequada no trânsito de veículos	0
	*interferência inadequada no movimento de pedestres	0
	*redução da vida útil dos pavimentos e acessos	1
Índice de Fragilidade - Tecnológico (x2)		4
Ambiental	*degradação física dos terrenos	1
	*favorecimento da produção de sedimentos	1
	*ocorrência de alagamentos	0
	*contribuição para o alagamento de outro PE	1
	*deposição de resíduos gerais nas vias públicas	1
	*assoreamento do corpo receptor	1
Índice de Fragilidade - Ambiental (x3)		15
Institucional	*elevação dos gastos com manutenção e conservação dos equipamentos públicos	0
	*aumento da demanda de recursos financeiros para implantação de obras	1
	*ineficiência operacional	1
Índice de Fragilidade - Institucional (x1)		2
Índice Geral de Fragilidade		21

Fonte: SILVA (2004), adaptado pela autora.

Esta área é bastante habitada por catadores de resíduos, estes descartam os mesmos em locais inadequados facilitando o carreamento para os rios e vias de acesso (Figura 10).

Figura 10: Descarte de resíduos em local inadequado.



Fonte: IPAT, 2011.

A declividade topográfica varia de 0% até 30%, mesmo não sendo tão acentuada é favorável ao escoamento superficial, não ocorrendo alagamento deste PE, mas contribuindo para o alagamento do PE 1. As vias são compostas por 50% de estradas de chão, aumentando assim, a quantidade de sedimentos carregados pelo escoamento superficial, comprometendo a microdrenagem Figura 11.

Figura 11: Falta de pavimentação no PE 3.

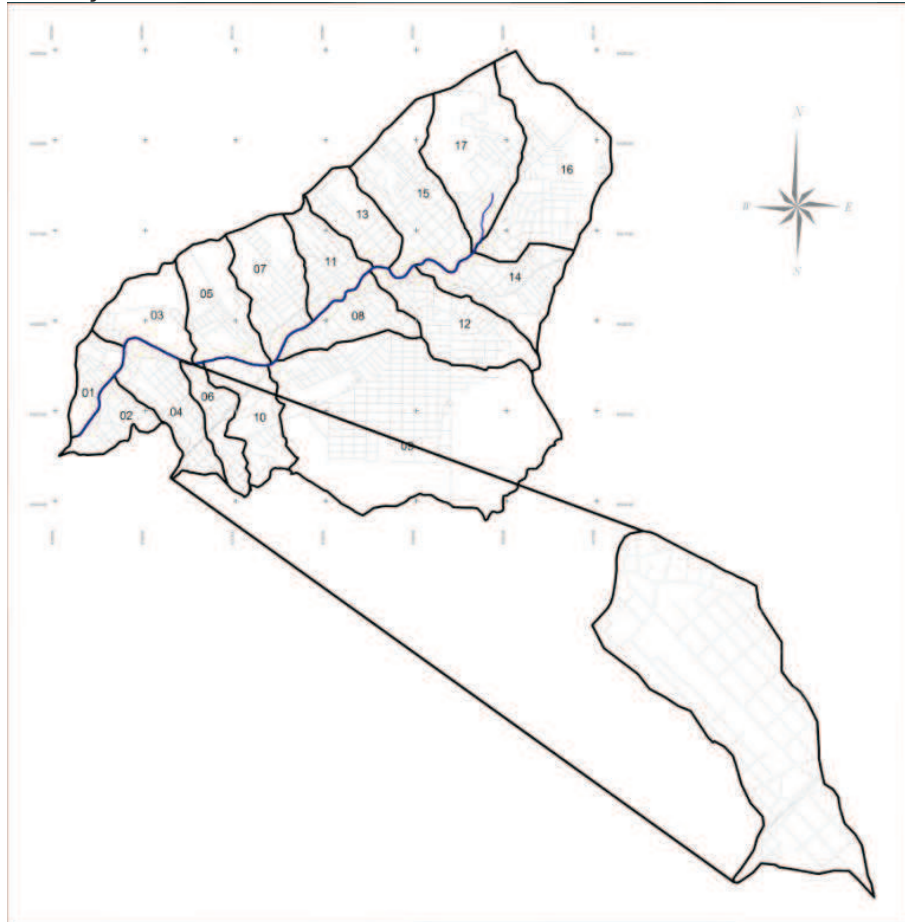


Fonte: IPAT, 2011.

6.4 Ponto de Estudo - PE 4

Com uma área de 0,81 Km² o PE 4 compreende os bairros Paraíso, Tereza Cristina e Pinheirinho. A Figura 12 apresenta a localização do PE 4 na microbacia do rio Criciúma.

Figura 12: Localização do PE 4 na microbacia do rio Criciúma.



Fonte: DAL PONT, 2011.

Possui predominância de uma topografia plana, mesmo apresentando pontos irrelevantes que chegam a 100%. A pouca declividade e a ineficiência do sistema de drenagem contribuem para o alagamento do PE 2.

Neste PE os alagamentos ocorrem no bairro Paraíso na planície aluvial do rio que se encontra ocupada por residências. O trecho do rio Criciúma que corresponde a este PE encontra-se em seu leito original, sem canalização, facilitando o assoreamento do mesmo. O Quadro 7 mostra o resultado da aplicação do Índice de Fragilidade no PE 4.

Quadro 7: Índice de Fragilidade aplicado no PE 4.

Ponto de Estudo - PE 4		
Natureza	Indicadores	
Tecnológico	*ineficiência do escoamento nas vias	1
	*ineficiência dos dispositivos de coleta	1

Ponto de Estudo - PE 4		
Natureza	Indicadores	
	*interferência inadequada no trânsito de veículos	1
	*interferência inadequada no movimento de pedestres	1
	*redução da vida útil dos pavimentos e acessos	0,5
	Índice de Fragilidade - Tecnológico (x2)	9
Ambiental	*degradação física dos terrenos	0,5
	*favorecimento da produção de sedimentos	0,5
	*ocorrência de alagamentos	1
	*contribuição para o alagamento de outro PE	1
	*deposição de resíduos gerais nas vias públicas	1
	*assoreamento do corpo receptor	1
	Índice de Fragilidade - Ambiental (x3)	15
Institucional	*elevação dos gastos com manutenção e conservação dos equipamentos públicos	0
	*aumento da demanda de recursos financeiros para implantação de obras	1
	*ineficiência operacional	0,5
	Índice de Fragilidade - Institucional (x1)	1,5
	Índice Geral de Fragilidade	25,5

Fonte: SILVA (2004), adaptado pela autora.

Durante os trabalhos de campo, constatou-se a realização dos serviços de limpeza de algumas bocas-de-lobo no PE 4. Contudo, este serviço se mostra ineficiente frente ao descuido e estado físico em que as mesmas se encontram, sendo facilmente observado o acúmulo de lixo dentro do sistema de drenagem (Figura 13).

Figura 13: Falta de manutenção no sistema de microdrenagem.



Fonte: IPAT, 2010.

As vias de acesso deste PE são pavimentadas, porém encontram-se em mal estado de conservação.

Neste PE também estão presentes os catadores de resíduos, aumentando o descarte dos mesmos em locais impróprios os quais facilitam o assoreamento dos corpos receptores e o lançamento nas vias de acesso.

6.5 Ponto de Estudo- PE 5

O PE 5 possui uma área de 0,89 Km² e engloba apenas o bairro Santo Antônio. A Figura 14 apresenta a localização do PE 5 na microbacia do rio Criciúma.

Figura 14: Localização do PE 5 na microbacia do rio Criciúma.



Fonte: DAL PONT, 2011.

A declividade varia em média de 0% a maior que 100%, este último é observado em apenas alguns pontos da área, permitindo um escoamento superficial rápido. Com isso os problemas de alagamento ocorrem com maior frequência em duas ruas. No entanto, em períodos de elevada pluviosidade contribui para o alagamento do PE 7.

No trecho que corresponde a este PE o rio Criciúma não é canalizado, o que de certa forma contribui para o seu assoreamento, devido ao descaso da população. O Quadro 8 mostra o resultado da aplicação do Índice de Fragilidade neste ponto de estudo.

Quadro 8: Índice de Fragilidade aplicado no PE 5.

Ponto de Estudo - PE 5		
Natureza	Indicadores	
Tecnológico	*ineficiência do escoamento nas vias	0
	*ineficiência dos dispositivos de coleta	1
	*interferência inadequada no trânsito de veículos	0,5
	*interferência inadequada no movimento de pedestres	0,5
	*redução da vida útil dos pavimentos e acessos	0
Índice de Fragilidade - Tecnológico (x2)		4
Ambiental	*degradação física dos terrenos	1
	*favorecimento da produção de sedimentos	1
	*ocorrência de alagamento	0,5
	*contribuição para o alagamento de outro Ponto de Estudo-PE	1
	*deposição de resíduos gerais nas vias públicas	1
	*assoreamento do corpo receptor	1
Índice de Fragilidade - Ambiental (x3)		16,5
Institucional	*elevação dos gastos com manutenção e conservação dos equipamentos públicos	0
	*aumento da demanda de recursos financeiros para implantação de obras	1
	*ineficiência operacional	1
Índice de Fragilidade - Institucional (x1)		2
Índice Geral de Fragilidade		22,5

Fonte: SILVA (2004), adaptado pela autora.

Por localizar-se em um local com maior declividade e possuir grande quantidade de terrenos baldios, o assoreamento do curso d'água ocorre tanto pelo carreamento de sedimentos devido ao escoamento superficial, quanto em função da disposição inadequada de resíduos de construção civil (RCC) nas vias públicas (Figura 15).

Esta prática sobrecarrega o sistema de microdrenagem, fazendo com que em períodos de maior pluviosidade o sistema não comporte a vazão a ser escoada, tornando-o ineficiente.

Figura 15: Disposição de RCC sobre a guia na Rua José Zanette.



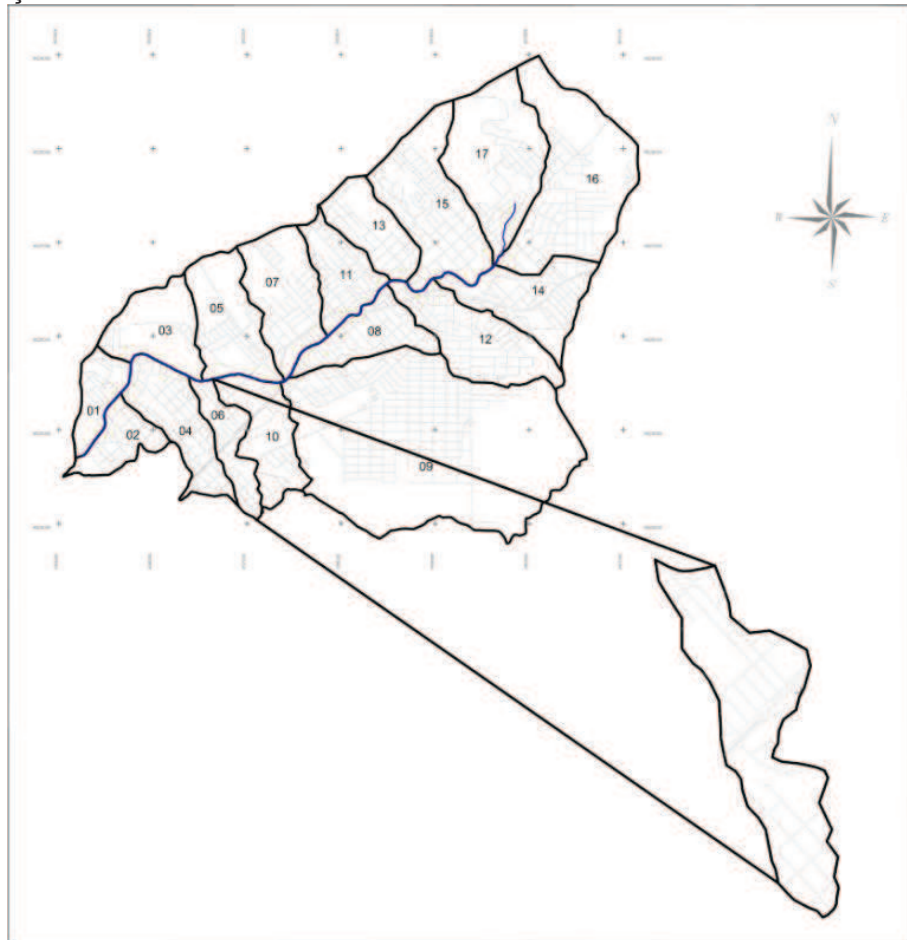
Fonte: IPAT, 2010.

O ponto de maior frequência de alagamento deste PE encontra-se na junção das ruas Joinville e Blumenau. Conforme IPAT/UNESC (2009), neste local as vias estão posicionadas paralelamente ao sentido de escoamento superficial, desta forma as águas escoam pelas próprias vias ocasionando alagamentos.

6.6 Ponto de Estudo- PE 6

O PE 6 compreende uma área de 0,45 Km² e abrange apenas o bairro Pinheirinho. A Figura 16 apresenta a localização do PE 6 na microbacia do rio Criciúma. O Quadro 9 mostra o resultado da aplicação do Índice de Fragilidade neste ponto de estudo.

Figura 16: Localização do PE 6 na microbacia do rio Criciúma.



Fonte: DAL PONT, 2011.

Devido a fatores como a declividade acentuada do relevo e a ineficiência do sistema de drenagem, o PE 6 contribui para o alagamento do PE 4 e o PE 10.

Quadro 9: Índice de Fragilidade aplicado no PE 6.

Ponto de Estudo - PE 6		
Natureza	Indicadores	
	*ineficiência do escoamento nas vias	0,5
	*ineficiência dos dispositivos de coleta	1
Tecnológico	*interferência inadequada no trânsito de veículos	0,5
	*interferência inadequada no movimento de pedestres	0,5
	*redução da vida útil dos pavimentos e acessos	0
	Índice de Fragilidade - Tecnológico (x2)	5
Ambiental	*degradação física dos terrenos	0,5

Ponto de Estudo - PE 6		
Natureza	Indicadores	
	*favorecimento da produção de sedimentos	0,5
	*ocorrência de alagamentos	0
	*contribuição para o alagamento de outro Ponto de Estudo-PE	1
	*deposição de resíduos gerais nas vias públicas	0,5
	*assoreamento do corpo receptor	1
	Índice de Fragilidade - Ambiental (x3)	10,5
	*elevação dos gastos com manutenção e conservação dos equipamentos públicos	0
Institucional	*aumento da demanda de recursos financeiros para implantação de obras	1
	*ineficiência operacional	1
	Índice de Fragilidade - Institucional (x1)	2
	Índice Geral de Fragilidade	17,5

Fonte: SILVA (2004), adaptado pela autora.

O PE 6 possui declividade topográfica que varia de 0% até um ponto que chega a 100%, este considerado irrelevante comparado a dimensão da área em estudo. A área que corresponde à mata ciliar encontra-se parcialmente ocupada por residências, no entanto o rio apresenta-se assoreado. Apesar de existirem neste PE poucos terrenos baldios, a má conservação dos mesmos constitui em um dos principais problemas relacionados à obstrução dos dispositivos de drenagem nesta área de estudo.

Outro ponto que favorece o assoreamento do rio Criciúma nesta área é o acúmulo de resíduos domésticos e de resíduos de construção civil (RCC) depositados nas vias públicas, os quais impedem a realização da função do sistema de drenagem pluvial.

6.7 Ponto de Estudo- PE 7

O PE 7 com uma área de 0,96 Km², compreende os bairros Santo Antônio e Operária Nova. A Figura 17 apresenta a localização do PE 7 na microbacia do rio Criciúma e o Quadro 10 mostra o resultado da aplicação do Índice de Fragilidade.

Figura 17: Localização do PE 7 na microbacia do rio Criciúma.



Fonte: DAL PONT, 2011.

Quadro 10: Índice de Fragilidade aplicado no PE 7.

Ponto de Estudo - PE 7		
Natureza	Indicadores	
	*ineficiência do escoamento nas vias	0
	*ineficiência dos dispositivos de coleta	1
Tecnológico	*interferência inadequada no trânsito de veículos	0,5
	*interferência inadequada no movimento de pedestres	0,5
	*redução da vida útil dos pavimentos e acessos	1

Ponto de Estudo - PE 7	
Natureza	Indicadores
	Índice de Fragilidade - Tecnológico (x2) 6
Ambiental	*degradação física dos terrenos 1
	*favorecimento da produção de sedimentos 1
	*ocorrência de alagamentos 0,5
	*contribuição para o alagamento de outro PE 1
	*deposição de resíduos gerais nas vias públicas 1
	*assoreamento do corpo receptor 0
	Índice de Fragilidade - Ambiental (x3) 13,5
Institucional	*elevação dos gastos com manutenção e conservação dos equipamentos públicos 0
	*aumento da demanda de recursos financeiros para implantação de obras 1
	*ineficiência operacional 1
	Índice de Fragilidade - Institucional (x1) 2
Índice Geral de Fragilidade 21,5	

Fonte: SILVA (2004), adaptado pela autora.

A topografia deste PE é acentuada com uma cobertura vegetal de 21,17%, composta por 7,38% vegetação em estágio médio, 6,95% reflorestamento por eucalipto e 6,84% campo antrópico, sendo ainda identificadas nesta área, antigas áreas mineradas de carvão a céu aberto e bocas de mina de encosta (CPRM, 2006).

As áreas mineradas atualmente encontram-se ocupadas por residências, as quais se instalam em ruas que não são pavimentadas. Os sistemas de microdrenagem construídos nestes locais aumentam a possibilidade da ineficiência dos coletores devido ao carreamento dos sedimentos para dentro desse sistema, como mostra a Figura 18.

Figura 18: Sedimentos obstruindo o sistema de microdrenagem.



Fonte: IPAT 2010.

Apesar de Criciúma possuir uma cobertura completa de coleta de resíduos, ainda assim pode ser observada nas antigas áreas de mineração a deposição dos mesmos (Figura 19).

Figura 19: Deposição de resíduos em terrenos baldios e no entorno das áreas de mineração desativadas.



Fonte: IPAT 2010.

Conforme CPRM (2006) em períodos de intensa pluviosidade o cruzamento da rua Martin Afonso de Souza com a rua Santarém sofre com acúmulo de água, pelo fato da tubulação está subdimensionada, provocando transtorno aos proprietários dos estabelecimentos comerciais situados no entorno.

Entre as ruas Catulo da Paixão Cearense e Ataulfo Alves há um trecho da drenagem a céu aberto, contribuindo para o alagamento dessas ruas. A declividade da área que integra o PE 7 varia de 0% até 30%, contribuindo para o alagamento dos PE 13 e o PE 5.

6.8 Ponto de Estudo- PE 8

O PE 8 ocupa uma área de 0,63 Km², compreendendo os bairros Santa Bárbara e Centro. A Figura 20 apresenta a localização do PE 8 na microbacia do rio Criciúma.

Figura 20: Localização do PE 8 na microbacia do rio Criciúma.



Fonte: DAL PONT, 2011.

Este PE abrange o centro urbano do município e conseqüentemente onde há maior concentração de pessoas, principalmente em função da verticalização que ocorre neste local. As vias públicas são pavimentadas predominantemente com asfalto. A área é plana com declividade que varia de 0% até 15%, propiciando o alagamento devido à baixa velocidade de escoamento. O Quadro 11 mostra o resultado da aplicação do Índice de Fragilidade no PE 8.

Quadro 11: Índice de Fragilidade aplicado no PE 8.

Ponto de Estudo - PE 8		
Natureza	Indicadores	
Tecnológico	*ineficiência do escoamento nas vias	1
	*ineficiência dos dispositivos de coleta	1
	*interferência inadequada no trânsito de veículos	1
	*interferência inadequada no movimento de pedestres	1
	*redução da vida útil dos pavimentos e acessos	0
Índice de Fragilidade - Tecnológico (x2)		8
Ambiental	*degradação física dos terrenos	0
	*favorecimento da produção de sedimentos	0
	*ocorrência de alagamentos	1
	*contribuição para o alagamento de outro PE	0
	*deposição de resíduos gerais nas vias públicas	0,5
	*assoreamento do corpo receptor	1
Índice de Fragilidade - Ambiental (x3)		7,5
Institucional	*elevação dos gastos com manutenção e conservação dos equipamentos públicos	1
	*aumento da demanda de recursos financeiros para implantação de obras	1
	*ineficiência operacional	1
Índice de Fragilidade - Institucional (x1)		3
Índice Geral de Fragilidade		18,5

Fonte: SILVA (2004), adaptado pela autora.

Durante o período em que se realizou o levantamento de campo, constatou-se que neste PE o sistema de microdrenagem encontrava-se sobrecarregado em função do lançamento de esgotos domésticos dos edifícios, residências, atividades comerciais e de prestação de serviços (Figura 21). A estação de tratamento de esgoto da cidade de Criciúma foi concluída em 2010, porém na ocasião menos que 10% da população da cidade havia efetivado a ligação dos tubos

responsáveis pela condução dos esgotos domésticos para a Estação de Tratamento de Esgoto.

Figura 21: Lançamento de esgoto nas guias.



Fonte: IPAT, 2010.

O local de alagamento desse PE é identificado na rua do Corpo de Bombeiros, mais especificamente na junção da rua Abílio de Paulo com a rua Dolário dos Santos (Figura 22).

Figura 22: Alagamento próximo ao Corpo de Bombeiros.



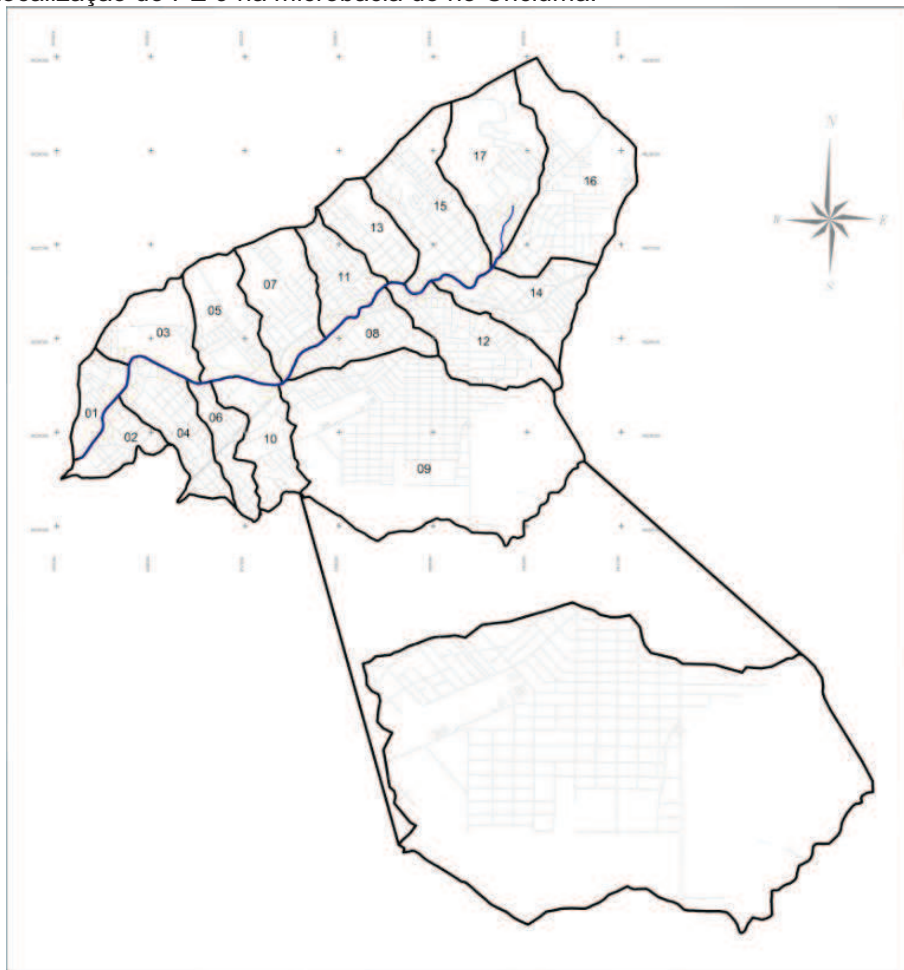
Fonte: ENGEPLUS, 2011.

Esta esquina é rebaixada, dessa forma recebe a água da chuva que escoam das partes mais altas ocorrendo acúmulo neste ponto e impedindo o tráfego dos veículos e pedestres.

6.9 Ponto de Estudo- PE 9

O PE 9 com uma área de 4,83 Km², representa uma grande parte da microbacia, compreendendo os bairros Jardim Maristela, São Luiz, Fábio Silva, Bosque do Repouso, Milanese, Santa Bárbara, Comerciário e Michel. A Figura 23 apresenta a localização do PE 9 na microbacia do rio Criciúma e o Quadro 12 o resultado da aplicação do Índice de Fragilidade.

Figura 23: Localização do PE 9 na microbacia do rio Criciúma.



Fonte: DAL PONT, 2011.

Quadro 12: Índice de Fragilidade aplicado no PE 9.

Ponto de Estudo - PE 9		
Natureza	Indicadores	
Tecnológico	*ineficiência do escoamento nas vias	0,5
	*ineficiência dos dispositivos de coleta	1
	*interferência inadequada no trânsito de veículos	1
	*interferência inadequada no movimento de pedestres	1
	*redução da vida útil dos pavimentos e acessos	1
Índice de Fragilidade - Tecnológico (x2)		9
Ambiental	*degradação física dos terrenos	0,5
	*favorecimento da produção de sedimentos	0,5
	*ocorrência de alagamentos	1
	*contribuição para o alagamento de outro PE	1
	*deposição de resíduos gerais nas vias públicas	1
	*assoreamento do corpo receptor	0
Índice de Fragilidade - Ambiental (x3)		12
Institucional	*elevação dos gastos com manutenção e conservação dos equipamentos públicos	1
	*aumento da demanda de recursos financeiros para implantação de obras	1
	*ineficiência operacional	1
Índice de Fragilidade - Institucional (x1)		3
Índice Geral de Fragilidade		24

Fonte: SILVA (2004), adaptado pela autora.

No bairro São Luiz pelo fato de ser uma área industrial, a pavimentação é bastante prejudicada pelo tráfego de caminhões. Em épocas de chuvas intensas a pavimentação do trecho da Avenida Santos Dumont fica bastante prejudicada (Figura 24). Esta situação contribui com o carreamento de sólidos para o sistema de drenagem aumentando a sua ineficiência.

Figura 24: Prejuízos à pavimentação da avenida Santos Dumont após chuva intensa.



Fonte: IPAT, 2010.

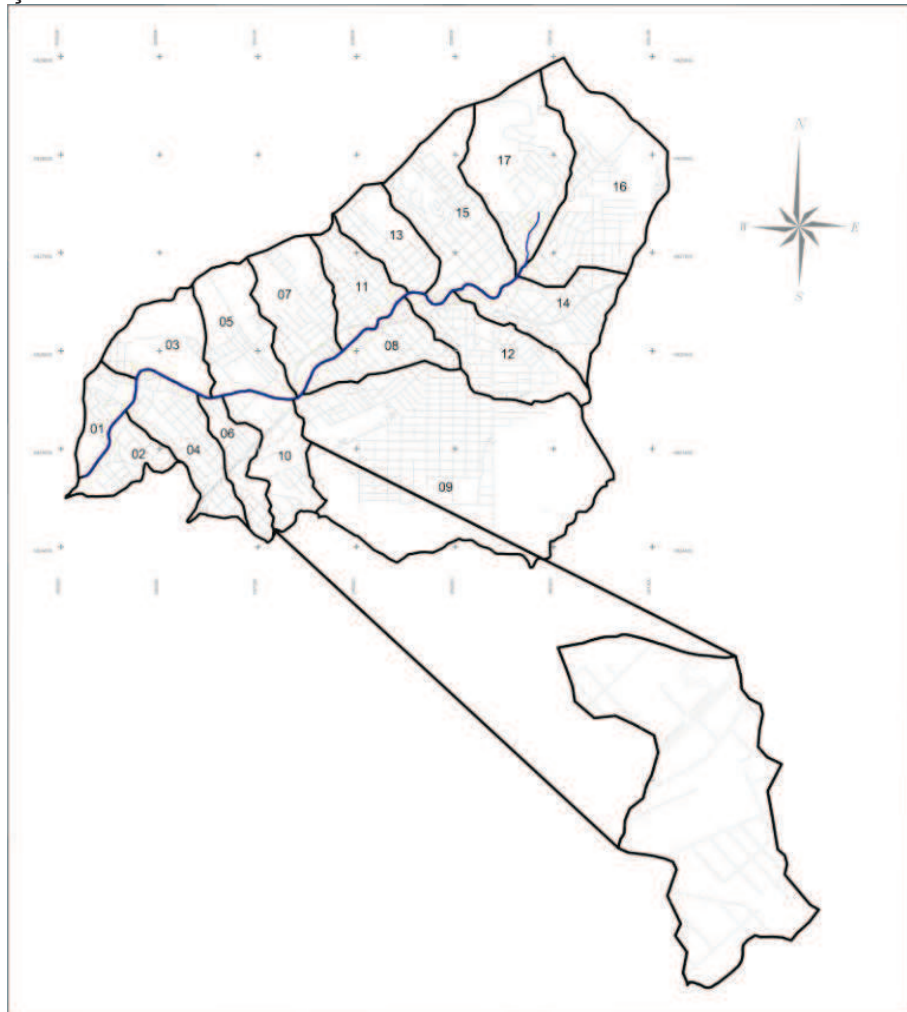
A declividade varia de 0% a maior que 100% em algumas áreas deste PE. Os principais pontos de alagamento do PE 9 encontram-se na rua Victalino Scremin e avenida Santos Dumont.

De acordo com IPAT/UNESC (2009), na rua Victalino Scremin as águas que escoam pela encosta são naturalmente barradas num açude e a partir deste ponto são canalizadas por um dreno. Este ponto é considerado crítico, pois em época de precipitações intensas as águas que descem à vertente alagam lotes atingindo alturas de até 1,5 m de profundidade. Na avenida Santos Dumont são frequentes os alagamentos devido ao subdimensionamento das bocas-de-lobo e a falta de galerias de drenagem (CPRM, 2006).

6.10 Ponto de Estudo- PE 10

O PE 10 possui uma área de 0,73 Km² e abrange parte do bairro Pinheirinho e o bairro Milanese. A Figura 25 apresenta a localização deste ponto de estudo na microbacia do rio Criciúma. O Quadro 13 mostra o resultado da aplicação do Índice de Fragilidade.

Figura 25: Localização do PE 10 na microbacia do rio Criciúma.



Fonte: DAL PONT, 2011.

Quadro 13: Índice de Fragilidade aplicado no PE 10.

Ponto de Estudo - PE 10		
Natureza	Indicadores	
	*ineficiência do escoamento nas vias	1
	*ineficiência dos dispositivos de coleta	1
Tecnológico	*interferência inadequada no trânsito de veículos	0
	*interferência inadequada no movimento de pedestres	0
	*redução da vida útil dos pavimentos e acessos	1
	Índice de Fragilidade - Tecnológico (x2)	
Ambiental	*degradação física dos terrenos	0,5
	*favorecimento da produção de sedimentos	0,5
	*ocorrência de alagamentos	0

Ponto de Estudo - PE 10		
Natureza	Indicadores	
	*contribuição para o alagamento de outro Ponto de Estudo-PE	1
	*deposição de resíduos gerais nas vias públicas	0,5
	*assoreamento do corpo receptor	1
Índice de Fragilidade - Ambiental (x3)		10,5
	*elevação dos gastos com manutenção e conservação dos equipamentos públicos	0
Institucional	*aumento da demanda de recursos financeiros para implantação de obras	1
	*ineficiência operacional	1
Índice de Fragilidade - Institucional (x1)		2
Índice Geral de Fragilidade		18,5

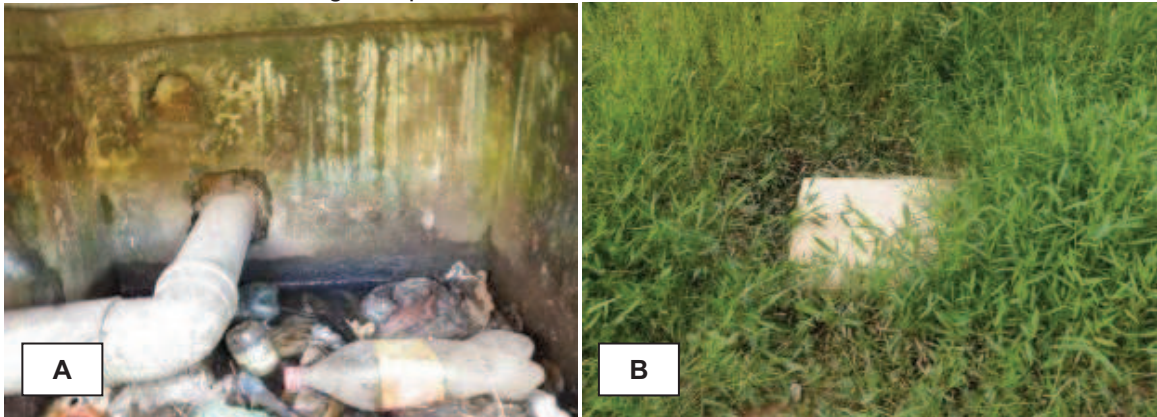
Fonte: SILVA (2004), adaptado pela autora.

Apesar de possuir uma declividade topográfica que varia de 0% até 100%, sendo que esta última é considerada irrelevante comparada ao tamanho da área, não foi localizado nenhum ponto de alagamento crítico, apenas pequenos acúmulos de água que não interferem no trânsito de veículos e no deslocamento de pedestres. Uma parcela da água que escoar no PE 10 contribui para o alagamento do PE 9.

Pequenos acúmulos de água são observados próximo ao Fórum, na Avenida Santos Dumont. Em relação ao sistema de microdrenagem, muitos coletores são ineficientes devido ao lançamento de resíduos sólidos e esgoto doméstico, os quais contribuem para o entupimento do sistema (Figura 26A).

As bocas-de-lobo estão localizadas fora do percurso de escoamento da água superficial, que faz com que estes dispositivos não atendam a demanda (Figura 26B).

Figura 26: **A)** Disposição de resíduos e esgoto no sistema de microdrenagem. **B)** Guia fora do percurso de escoamento da água superficial.



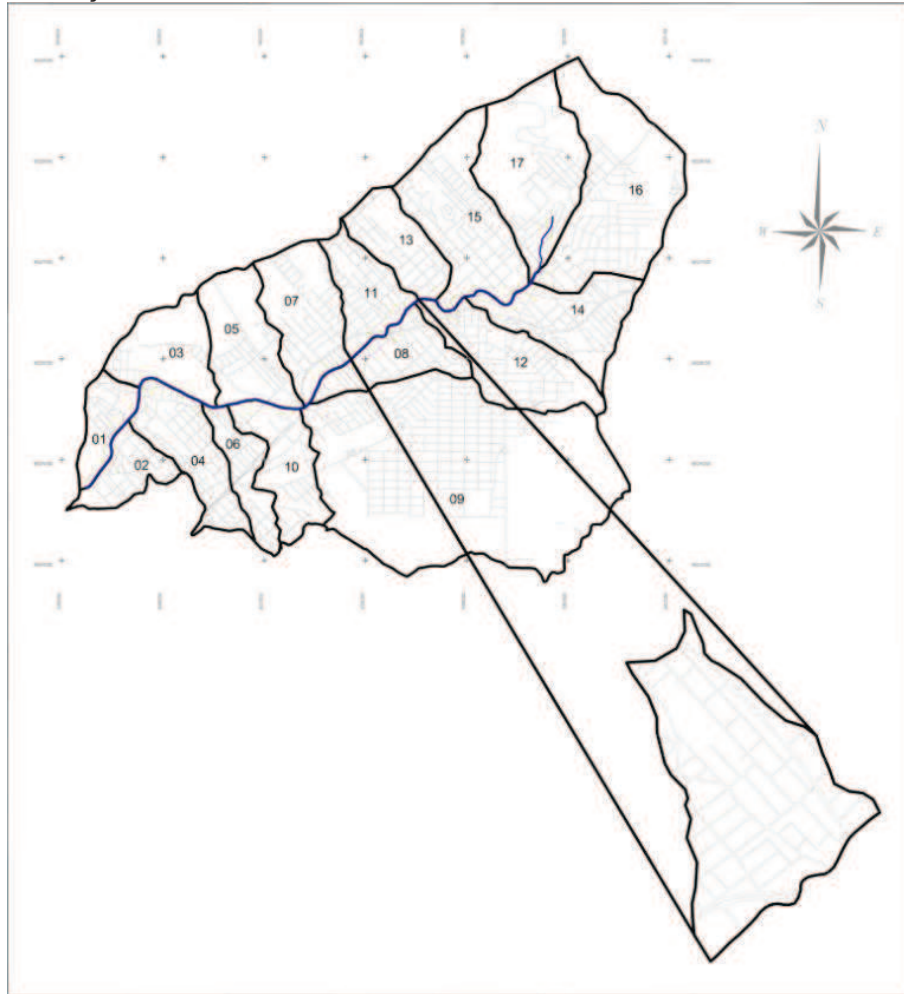
Fonte: IPAT, 2010.

A falta de manutenção dos terrenos baldios contribui para a degradação física do terreno e para a invasão de matos, ocasionando a obstrução do sistema de microdrenagem.

6.11 Ponto de Estudo- PE 11

Com uma área de 0,62 Km², o PE 11 compreende os bairros Operária Nova, Santa Bárbara, Santa Catarina e parte do centro urbano. A Figura 27 apresenta a localização do PE 11 na microbacia do rio Criciúma.

Figura 27: Localização do PE 11 na microbacia do rio Criciúma.



Fonte: DAL PONT, 2011.

Aproximadamente 80% da área que compreende este Ponto de Estudo (PE) 11 faz parte do bairro Operária Nova. A declividade topográfica deste bairro vai até 47%, condicionando um escoamento superficial que proporciona o alagamento somente da rua Venceslau Braz. Contudo, o relevo deste ponto de estudo contribui para o alagamento do PE 8 e o PE 7. O Quadro 14 mostra o resultado da aplicação do Índice de Fragilidade no PE 11.

Quadro 14: Índice de Fragilidade aplicado no PE 11.

Ponto de Estudo - PE 11		
Natureza	Indicadores	
	*ineficiência do escoamento nas vias	0
Tecnológico	*ineficiência dos dispositivos de coleta	1
	*interferência inadequada no trânsito de veículos	0,5

Ponto de Estudo - PE 11	
Natureza	Indicadores
	*interferência inadequada no movimento de pedestres 0,5
	*redução da vida útil dos pavimentos e acessos 0,5
	Índice de Fragilidade - Tecnológico (x2) 5
Ambiental	*degradação física dos terrenos 0,5
	*favorecimento da produção de sedimentos 0,5
	*ocorrência de alagamentos 0,5
	*contribuição para o alagamento de outro PE 1
	*deposição de resíduos gerais nas vias públicas 0,5
	*assoreamento do corpo receptor 1
	Índice de Fragilidade - Ambiental (x3) 12
Institucional	*elevação dos gastos com manutenção e conservação dos equipamentos públicos 0
	*aumento da demanda de recursos financeiros para implantação de obras 1
	*ineficiência operacional 1
	Índice de Fragilidade - Institucional (x1) 2
Índice Geral de Fragilidade 19	

Fonte: SILVA (2004), adaptado pela autora.

A declividade dos terrenos favorece a produção dos sedimentos e no carreamento de resíduos lançados sobre as vias, contribuindo para a obstrução dos coletores e dificultando a captação da água superficial durante as precipitações intensas. Outro problema encontrado é o lançamento de esgoto doméstico diretamente no sistema de drenagem pluvial, dessa forma ocorre também à contaminação dos sistema de macrodrenagem constituído pelos rios e córregos (Figura 28 A e B).

Figura 28: A) Disposição de resíduos na microdrenagem. B) Lançamento de esgoto doméstico na rede de drenagem pluvial.



Fonte: IPAT, 2010.

6.12 Ponto de Estudo- PE 12

Com uma área de 1 Km², envolve parte dos bairros Comerciarío, Michel e Centro. A Figura 29 apresenta a localização do PE 12 na microbacia do rio Criciúma. O Quadro 15 mostra o resultado da aplicação do Índice de Fragilidade neste PE.

Figura 29: Localização do PE 12 na microbacia do rio Criciúma.



Fonte: DAL PONT, 2011.

A área do PE 12 apresenta relevo ondulado, apresentando em alguns pontos declividade topográfica acentuada chegando até 100%. O fluxo de pedestres e veículos é bastante prejudicado nas áreas de alagamento deste PE. Desta forma, as vias de acesso não suportam o tráfego, reduzindo assim, a vida útil da pavimentação.

No bairro Comerciário um dos pontos de alagamento situa-se na rua Gonçalves Ledo. As águas superficiais na rua Desembargador Pedro Silva e na rua Celestino Rovaris escoam pela microdrenagem que conflui no sentido da rua Gonçalves Ledo, com cota topográfica mais baixa, acumulando-se no local (IPAT/UNESC, 2009).

Quadro 15: Índice de Fragilidade aplicado no PE 12.

Ponto de Estudo - PE 12		
Natureza	Indicadores	
Tecnológico	*ineficiência do escoamento nas vias	0,5
	*ineficiência dos dispositivos de coleta	1
	*interferência inadequada no trânsito de veículos	1
	*interferência inadequada no movimento de pedestres	1
	*redução da vida útil dos pavimentos e acessos	0,5
Índice de Fragilidade - Tecnológico (x2)		8
Ambiental	*degradação física dos terrenos	0
	*favorecimento da produção de sedimentos	1
	*ocorrência de alagamentos	1
	*contribuição para o alagamento de outro PE	1
	*deposição de resíduos gerais nas vias públicas	0,5
	*assoreamento do corpo receptor	0
Índice de Fragilidade - Ambiental (x3)		10,5
Institucional	*elevação dos gastos com manutenção e conservação dos equipamentos públicos	1
	*aumento da demanda de recursos financeiros para implantação de obras	1
	*ineficiência operacional	1
Índice de Fragilidade - Institucional (x1)		3
Índice Geral de Fragilidade		21,5

Fonte: SILVA (2004), adaptado pela autora.

O trecho da rua Santa Catarina limitado pelas ruas Dr. Bulcão Viana e Cecília Darós Casagrande é considerado um ponto crítico de alagamento. Outro ponto crítico de alagamento no bairro Comerciário é observado na esquina da travessa Jorge Victor com a rua Agrícola Índio Guimarães (Figura 30).

Figura 30: Ponto de alagamento na rua Agrícola Índio Guimarães.



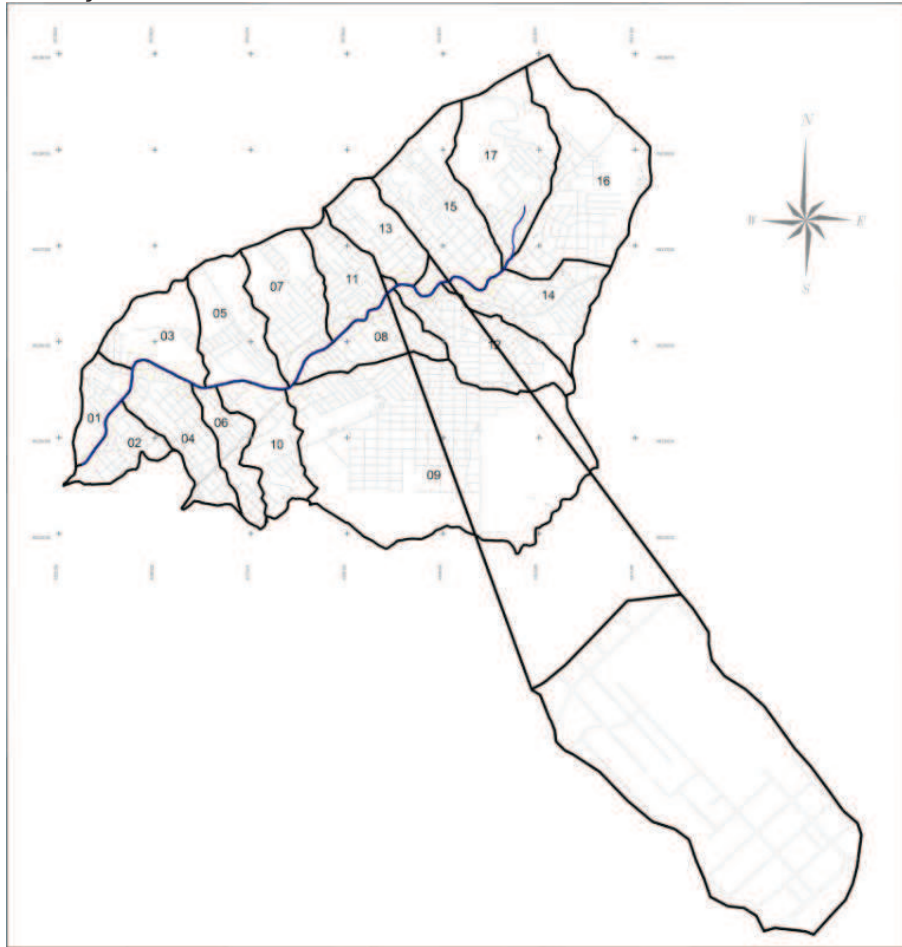
Fonte: IPAT 2010.

Na rua Henrique Chenaud limitada pela rua Cecília Daros Casagrande com Constante Casagrande, ocorre alagamento devido ao lançamento de resíduos de construção e demolição os quais tornam ineficientes os dispositivos de coleta, impedindo que os mesmos realizem sua função. A rua Melvin Jones no centro da cidade também sofre com alagamento.

6.13 Ponto de Estudo- PE 13

O PE 13 com uma área de 0,61 Km² compreende os bairros Santa Catarina, Centro e uma pequena parte do Vera Cruz. A Figura 31 apresenta a localização do PE 13 na microbacia do rio Criciúma.

Figura 31: Localização do PE 13 na microbacia do rio Criciúma.



Fonte: DAL PONT, 2011.

Neste PE a declividade vai até 47%, contribuindo para o alagamento do PE 11 e o PE 12. O Quadro 16 mostra o resultado da aplicação do Índice de Fragilidade no PE 13.

Quadro 16: Índice de Fragilidade aplicado no PE 13.

Ponto de Estudo - PE 13		
Natureza	Indicadores	
	*ineficiência do escoamento nas vias	0
	*ineficiência dos dispositivos de coleta	1
Tecnológico	*interferência inadequada no trânsito de veículos	0,5
	*interferência inadequada no movimento de pedestres	0,5
	*redução da vida útil dos pavimentos e acessos	0
Índice de Fragilidade - Tecnológico (x2)		4

Ponto de Estudo - PE 13		
Natureza	Indicadores	
Ambiental	*degradação física dos terrenos	1
	*favorecimento da produção de sedimentos	1
	*ocorrência de alagamentos	0,5
	*contribuição para o alagamento de outro Ponto de Estudo-PE	1
	*deposição de resíduos gerais nas vias públicas	0,5
	*assoreamento do corpo receptor	0
Índice de Fragilidade - Ambiental (x3)		12
Institucional	*elevação dos gastos com manutenção e conservação dos equipamentos públicos	1
	*aumento da demanda de recursos financeiros para implantação de obras	1
	*ineficiência operacional	1
Índice de Fragilidade - Institucional (x1)		3
Índice Geral de Fragilidade		19

Fonte: SILVA (2004), adaptado pela autora.

Na rua Araranguá ocorre o extravasamento do rio Criciúma, alagando parte do PE 13 e contribuindo para o alagamento do PE 12 (Figura 32).

Figura 32: Alagamento na Rua Araranguá.



Fonte: ENGEPLUS, 2011.

A rua Giácomo Sônego nas proximidades do Colégio Energia é também bastante prejudicada pelo alagamento, o qual dificulta o deslocamento de pedestres e veículos. Outro ponto de alagamento fica próximo à Praça Domênico Sônego na rua Eugênio de Bona Castelan, devido as ruas com maiores declividades condicionarem rapidamente o escoamento das águas pluviais, ocorrendo assim um grande acúmulo de água.

6.14 Ponto de Estudo- PE 14

Com uma área de 0,9 Km² o PE 14 abrange parte dos bairros São Cristóvão, Centro, Comerciário e o bairro Ceará. A Figura 33 apresenta a localização do PE 14 na microbacia do rio Criciúma.

Figura 33: Localização do PE 14 na microbacia do rio Criciúma.



Fonte: DAL PONT, 2011.

A topografia é acentuada chegando a ser maior que 100% em alguns pontos, com exceção da parte central da cidade (bairro Centro) onde são encontrados os pontos mais críticos em relação ao alagamento. O escoamento superficial do PE 14 contribui para o alagamento do PE 15. O Quadro 17 mostra o resultado da aplicação do Índice de Fragilidade no PE 14.

Quadro 17: Índice de Fragilidade aplicado no PE 14.

Ponto de Estudo - PE 14		
Natureza	Indicadores	
Tecnológico	*ineficiência do escoamento nas vias	0,5
	*ineficiência dos dispositivos de coleta	1
	*interferência inadequada no trânsito de veículos	1
	*interferência inadequada no movimento de pedestres	1

Ponto de Estudo - PE 14	
Natureza	Indicadores
	*redução da vida útil dos pavimentos e acessos 1
	Índice de Fragilidade - Tecnológico (x2) 9
Ambiental	*degradação física dos terrenos 0
	*favorecimento da produção de sedimentos 1
	*ocorrência de alagamentos 1
	*contribuição para o alagamento de outro Ponto de Estudo-PE 1
	*deposição de resíduos gerais nas vias públicas 0,5
	*assoreamento do corpo receptor 0
	Índice de Fragilidade - Ambiental (x3) 10,5
Institucional	*elevação dos gastos com manutenção e conservação dos equipamentos públicos 1
	*aumento da demanda de recursos financeiros para implantação de obras 1
	*ineficiência operacional 1
	Índice de Fragilidade - Institucional (x1) 3
	Índice Geral de Fragilidade 22,5

Fonte: SILVA (2004), adaptado pela autora.

Os pontos críticos de alagamento se constituem na avenida Rui Barbosa (Figura 34), com a Marechal Deodoro e a Praça Nereu Ramos (Figura 35).

Por se localizarem em uma área comercial e com grande movimento de veículos e pedestres o alagamento nesta área é considerado crítico. Os alagamentos ocorrem devido à falha do dimensionamento da microdrenagem local junto com o descarte individual de resíduos.

Figura 34: Alagamento na Avenida Rui Barbosa.



Fonte: ENGEPLUS, 2010.

Figura 35: Praça Nereu Ramos.



Fonte ENGEPLUS, 2010.

Os sedimentos produzidos nas zonas de maior declive são carreados para as partes mais baixas, contribuindo para a formação de lama que cobre as vias e diminui a função dos dispositivos de coleta.

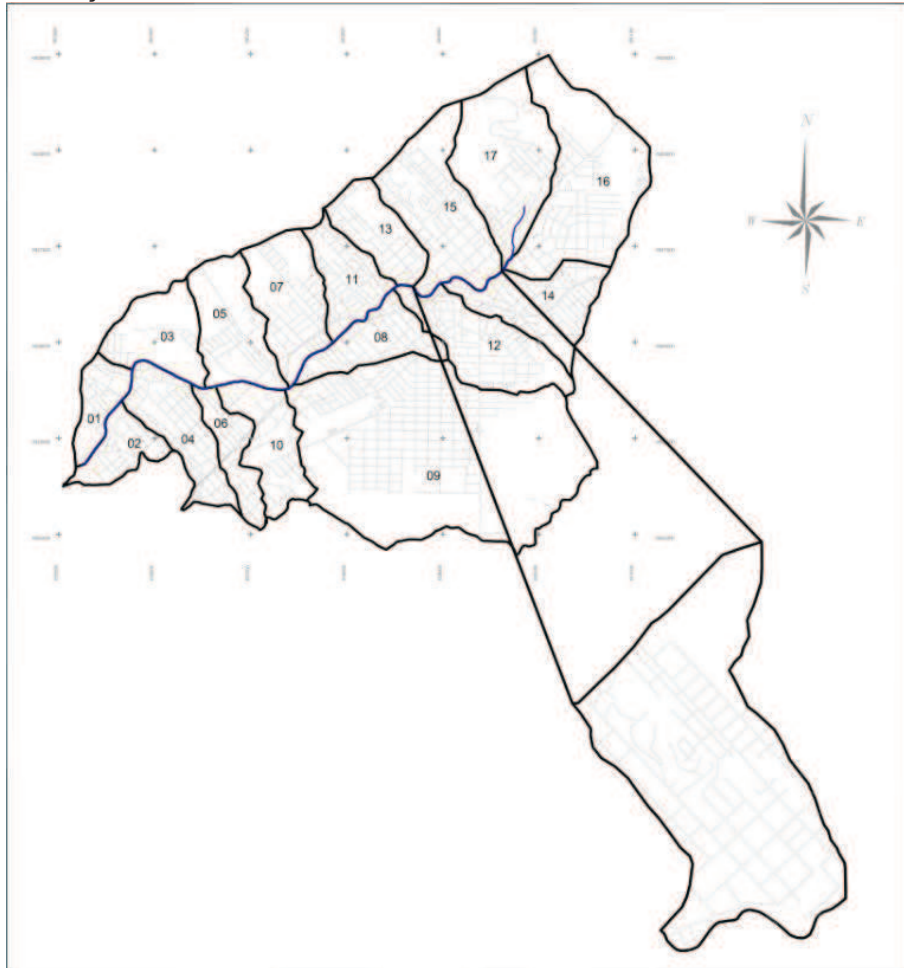
Outro local de alagamento é na rua Pedro Milanese no bairro Comerciário, pelo fato da Avenida Centenário possuir uma cota mais elevada que a cota dessa rua. Dessa forma quando ocorrem precipitações intensas parte da Avenida

Centenário é coberta por água, contribuindo para o alagamento da rua Pedro Milanese.

6.15 Ponto de Estudo- PE 15

O PE 15 possui uma área de aproximadamente 1,32 Km², compreendendo os bairros Vera Cruz, Lote 6 e parte do Centro. A Figura 36 apresenta a localização do PE 15 na microbacia do rio Criciúma.

Figura 36: Localização do PE 15 na microbacia do rio Criciúma.



Fonte: DAL PONT, 2011.

O Quadro 18 apresenta o resultado da aplicação do Índice de Fragilidade no PE 15.

Quadro 18: Índice de Fragilidade aplicado no PE 15.

Ponto de Estudo - PE 15		
Natureza	Indicadores	
Tecnológico	*ineficiência do escoamento nas vias	0
	*ineficiência dos dispositivos de coleta	1
	*interferência inadequada no trânsito de veículos	1
	*interferência inadequada no movimento de pedestres	1
	*redução da vida útil dos pavimentos e acessos	0,5
Índice de Fragilidade - Tecnológico (x2)		7
Ambiental	*degradação física dos terrenos	1
	*favorecimento da produção de sedimentos	1
	*ocorrência de alagamentos	1
	*contribuição para o alagamento de outro Ponto de Estudo-PE	1
	*deposição de resíduos gerais nas vias públicas	0,5
	*assoreamento do corpo receptor	0
Índice de Fragilidade - Ambiental (x3)		13,5
Institucional	*elevação dos gastos com manutenção e conservação dos equipamentos públicos	1
	*aumento da demanda de recursos financeiros para implantação de obras	1
	*ineficiência operacional	1
Índice de Fragilidade - Institucional (x1)		3
Índice Geral de Fragilidade		23,5

Fonte: SILVA (2004), adaptado pela autora.

Parte da área apresenta topografia acentuada chegando a ser maior que 100%, contribuindo para o alagamento do PE 17. As encostas encontram-se parcialmente ocupadas por residências, tornando-se uma ocupação de risco. Foi também observado nesta área o descarte inadequado de resíduos de construção civil, próximo ao sistema de microdrenagem (Figura 37).

Figura 37: Disposição de RCC sobre o sistema de drenagem.



Fonte: IPAT, 2010.

A falha no sistema de drenagem pluvial da rua Hilário Fernandes Pacheco, provoca alagamento no local. O mesmo caso ocorre na rua Henrique Lage e rua Marcelo Lodetti (Figura 38) onde há incidência de alagamento devido às mesmas falhas no sistema de drenagem.

Figura 38: Alagamento na Rua Marcelo Lodetti.



Fonte: ENGEPLUS, 2010.

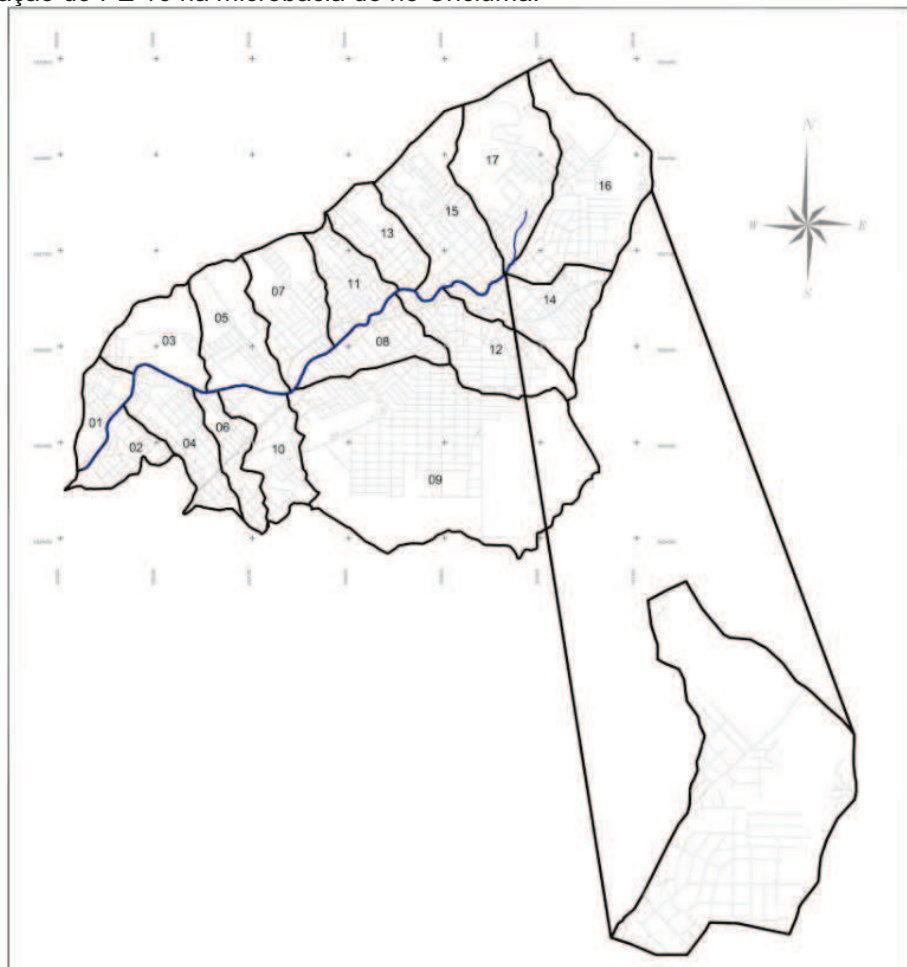
Por estarem localizadas próximas ao centro, torna-se inevitável o caos em relação ao deslocamento dos pedestres e veículos, prejudicando também o estado das vias de acesso.

Outro ponto de alagamento é observado na rua Margarida Franco Madeira, na qual sofre com danificações na pavimentação e que segundo IPAT/UNESC (2009) o avanço da urbanização sobre um corpo d'água resultou em alguns pontos críticos durante os períodos de elevadas precipitações.

6.16 Ponto de Estudo- PE 16

O PE 16 possui uma área de 1,88 Km² e abrange os bairros Mina Brasil, São Simão, Próspera, Pio Correa e parte do Centro. A Figura 39 apresenta a localização do PE 16 na microbacia do rio Criciúma. O Quadro 19 apresenta o resultado da aplicação do Índice de Fragilidade.

Figura 39: Localização do PE 16 na microbacia do rio Criciúma.



Fonte: DAL PONT, 2011.

Quadro 19: Índice de Fragilidade aplicado no PE 16.

Ponto de Estudo - PE 16		
Natureza	Indicadores	
Tecnológico	*ineficiência do escoamento nas vias	1
	*ineficiência dos dispositivos de coleta	1
	*interferência inadequada no trânsito de veículos	1
	*interferência inadequada no movimento de pedestres	1
	*redução da vida útil dos pavimentos e acessos	1
Índice de Fragilidade - Tecnológico (x2)		10
Ambiental	*degradação física dos terrenos	1
	*favorecimento da produção de sedimentos	1
	*ocorrência de alagamentos	1
	*contribuição para o alagamento de outro Ponto de Estudo-PE	1
	*deposição de resíduos gerais nas vias públicas	0,5
	*assoreamento do corpo receptor	0
Índice de Fragilidade - Ambiental (x3)		13,5
Institucional	*elevação dos gastos com manutenção e conservação dos equipamentos públicos	1
	*aumento da demanda de recursos financeiros para implantação de obras	1
	*ineficiência operacional	0,5
Índice de Fragilidade - Institucional (x1)		2,5
Índice Geral de Fragilidade		26

Fonte: SILVA (2004), adaptado pela autora.

A declividade varia de 0% a maior que 100%. Nas partes mais íngremes deste PE é observada a presença de vegetações e nascentes, nas outras áreas mais planas a ocorrência de alagamentos. Apesar de ser uma área a receber manutenção no sistema de microdrenagem, durante as precipitações intensas, o sistema não suporta a vazão que recebe resultando no alagamento da mesma.

Nesta área se encontram os colégios Marista (Figura 40) e Humberto de Campos, o CEJA (Centro de Educação de Jovens e Adultos), a GERED (Gerência

de Educação), a URC (Unidade Radiológica de Criciúma) e várias clínicas e consultórios médicos. Devido à ineficiência da rede de drenagem ocorre com frequência o acúmulo de água nas ruas e calçadas durante período de precipitação intensa dificultando o acesso aos locais públicos.

Figura 40: Alagamento próximo ao Colégio Marista, no bairro Pio Correa.



Fonte: ENGEPLUS 2011.

Após o alagamento o local fica prejudicado em relação à pavimentação, pois o acesso se resulta em pavimentos soltos e sedimentos vindos de terrenos íngremes.

A rua Duílio Zomer Mattei apresenta declividade acentuada contribuindo para o acúmulo de água ao longo das ruas Humberto de Campos e Augusto dos Anjos.

De acordo com IPAT/UNESC (2009) os problemas de alagamento ao longo da rua Humberto de Campos (Figura 41) ocorrem devido à contribuição das águas pluviais que vertem do Morro Cechinel, através da canalização implantada ao longo da rua Guerra Junqueira. Junto à rua Felipe Schmidt (Figuras 42 e 43), esta drenagem segue em sentido a rua Marechal Deodoro, onde logo atrás do Posto Rosso se conecta com outro curso de água que verte do PE 17 o qual contribui para o alagamento do PE 16.

Figura 41: Alagamento na Rua João Cechinel.



Fonte: ENGEPLUS, 2011.

Figura 42: Caos na Rua Felipe Schimidt.



Fonte: ENGEPLUS, 2011.

Figura 43: Alagamento na Mário da Cunha Carneiro.



Fonte: ENGEPLUS, 2010.

6.17 Ponto de Estudo- PE 17

O PE 17 com uma área de 1,38 Km², abrange os bairros Lote 6, Cruzeiro do Sul e Mina Brasil. A Figura 44 apresenta a localização do PE 17 na microbacia do rio Criciúma.

Figura 44: Localização do PE 17 na microbacia do rio Criciúma. Fonte: Dal Pont 2011.



Fonte: DAL PONT, 2011.

O Quadro 20 apresenta o resultado da aplicação do Índice de Fragilidade no PE 17.

Quadro 20: Índice de Fragilidade aplicado no PE 17.

Ponto de Estudo - PE 17		
Natureza	Indicadores	
	*ineficiência do escoamento nas vias	0
	*ineficiência dos dispositivos de coleta	1
Tecnológico	*interferência inadequada no trânsito de veículos	0,5
	*interferência inadequada no movimento de pedestres	0,5
	*redução da vida útil dos pavimentos	0
Índice de Fragilidade - Tecnológico (x2)		4

Ponto de Estudo - PE 17		
Natureza	Indicadores	
	*degradação física dos terrenos	1
	*favorecimento da produção de sedimentos	1
Ambiental	*ocorrência de alagamentos	0,5
	*contribuição para o alagamento de outro Ponto de Estudo-PE	1
	*deposição de resíduos gerais nas vias públicas	0,5
	*assoreamento do corpo receptor	0
Índice de Fragilidade - Ambiental (x3)		12
	*elevação dos gastos com manutenção e conservação dos equipamentos públicos	0
Institucional	*aumento da demanda de recursos financeiros para implantação de obras	1
	*ineficiência operacional	1
Índice de Fragilidade - Institucional (x1)		2
Índice Geral de Fragilidade		18

Fonte: SILVA (2004), adaptado pela autora.

A declividade topográfica em algumas partes do PE 17 ultrapassa a 100%, condicionando um escoamento superficial de maneira rápida, contribuindo para o alagamento do PE 16 e PE 15.

As nascentes do rio Criciúma estão localizadas neste PE mais precisamente próximas ao Hospital São João Batista e ao Criciúma Clube. Apesar da presença de vegetação e nascentes, este é um ponto com presença de residências, e à medida que se dirige para as áreas mais baixas percebe-se um aumento da densidade populacional, apresentando maior índice de impermeabilização, resultando muitas vezes no deslizamento de encostas, situação observada na Figura 45.

Figura 45: Deslizamento de encostas.



Fonte: IPAT, 2011.

Com relação à deposição de resíduos gerais nas vias, os resíduos de construção civil foram mais observados em terrenos baldios próximo ao Hospital São João Batista (Figura 46).

Figura 46: Disposição de RCC em terrenos baldios.



Fonte: IPAT, 2010.

A declividade desta área condiciona a degradação física dos terrenos favorecendo na produção de sedimentos, os quais contribuem para a obstrução do sistema de microdrenagem.

Quanto à ocorrência de alagamentos, este se dá na Rua Coronel Pedro Benedet, como mostra a Figura 47.

Figura 47: Ocorrência de alagamento na Rua Coronel Pedro Benedet.



Fonte: ENGEPLUS 2011.

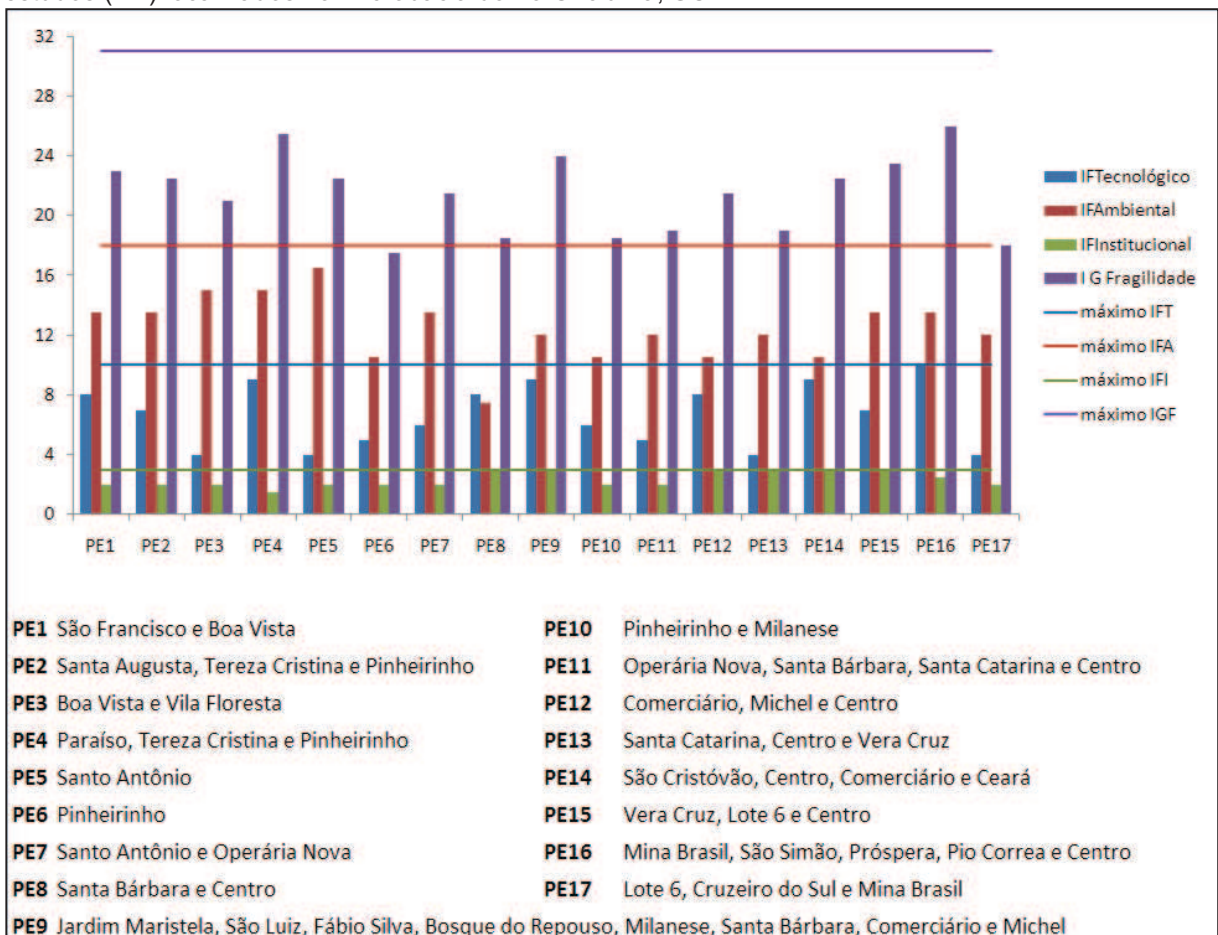
De acordo com IPAT/UNESC (2009) esta área recebe o escoamento superficial das vias situadas a montante propiciando o acúmulo de água a jusante. O subdimensionamento e a ausência de bocas-de-lobo são os fatores condicionantes para as formações dos alagamentos em épocas de precipitação intensa.

7 ANÁLISE INTEGRADA DOS RESULTADOS

A metodologia baseada em Indicadores de Fragilidade do Sistema (IFS) foi adaptada e aplicada para a microbacia do rio Criciúma com objetivo de avaliar o funcionamento do sistema de drenagem pluvial urbana. A partir do Índice Geral de Fragilidade, foram levantados os principais problemas das dezessete áreas de estudo.

A Figura 48 mostra os resultados do Índice Geral de Fragilidade composto pelos Índices de Fragilidade Tecnológico, Ambiental e Institucional para os dezessete Pontos de Estudos (PE) da microbacia do rio Criciúma, Santa Catarina.

Figura 48: Representação do índice de fragilidade tecnológico (IFT), índice de fragilidade ambiental (IFA), índice de fragilidade institucional (IFI) e índice geral de fragilidade (IGF) para os 17 pontos de estudos (PE) localizados na microbacia do rio Criciúma, SC.



Fonte: STEINER, 2011.

Conforme pode ser observado, o PE 16 obteve o maior valor para Índice Geral de Fragilidade (IGF), atingindo 26 pontos de um total de 31 pontos passível de

ser alcançado pelo índice conforme metodologia adotada.

Analisando os dados de composição do IGF, observa-se que neste PE o Índice de Fragilidade Tecnológico (IFT) recebeu pontuação máxima com atribuição de peso 1,0 para todos os indicadores. Neste sentido, destaca-se que o IFT representa principalmente as dificuldades referentes à mobilidade de pedestres e veículos durante os episódios de alagamento, visto que este PE localiza-se próximo aos equipamentos públicos. A ineficiência dos dispositivos de coleta e o subdimensionamento da microdrenagem são os fatores condicionantes para os alagamentos críticos em épocas de precipitações intensas neste PE.

O valor máximo do Índice de Fragilidade Ambiental foi atribuído ao PE 5 que obteve 16,5 pontos de um total de 18. Neste PE foram identificados vários terrenos baldios os quais não possuem manutenção, favorecendo a produção de sedimentos destinados ao sistema de microdrenagem.

Também o fato do bairro Santo Antônio, que se insere no PE 5, se encontrar em fase de expansão urbana, é comum se observar a deposição de resíduos de construção civil de forma irregular e propícia para o entupimento dos bueiros comprometendo o sistema de drenagem. Neste sentido, vale lembrar o que descreve Tucci (1999) que afirma que durante a fase de desenvolvimento urbano o aumento dos sedimentos produzidos pela bacia hidrográfica é significativo, devido às construções, limpeza de terrenos para implantação dos loteamentos, construção de ruas, avenidas e rodovias, entre outras causas.

No entanto, o indicador referente a alagamento neste PE foi considerado moderado (0,5 pontos), uma vez que esta manifestação é sentida com maior frequência em apenas uma rua. A declividade da área favorece tal situação.

Os pontos de estudos PE 8, PE 9, PE 12, PE 13, PE 14 e PE 15 apresentaram resultados máximos para o Índice de Fragilidade Institucional de acordo com a metodologia aplicada. Os indicadores de natureza institucional foram relevantes nestes PEs e demonstram que a falta de manutenção nos dispositivos de coleta se reflete na ineficiência operacional do sistema de drenagem pluvial em vários pontos estudados. Vale lembrar que o sistema de drenagem faz parte do conjunto de melhoramentos públicos existentes em uma área urbana e que o escoamento de águas pluviais sempre ocorrerá independente de existir ou não sistema de drenagem adequado. A qualidade desse sistema é que determinará o grau dos benefícios ou prejuízos à população conforme relata o documento da

Cetesb (1986).

Em toda a extensão do rio Criciúma, onde o canal encontra-se naturalmente a céu aberto, observa-se o descaso da população para com o rio registrando-se graves problemas de assoreamento devido principalmente ao lançamento de resíduos, entulhos e ausência de mata ciliar. Esta situação se destaca no índice de fragilidade ambiental e é observado nos PE 1, PE 2, PE 3, PE 4, PE 5, PE 6, PE 8, PE 10 e PE 11.

Junior et al (2006) comentam que a ocupação dos centros urbanos está relacionada com as modificações do ciclo hidrológico e a intensa impermeabilização do solo, cujas consequências são o crescimento dos pontos críticos de alagamento. Esta situação é observada com frequência nos PE 14, PE 15, PE 16 e PE 17 os quais possuem importantes vias de acesso que se destinam ao centro de Criciúma, interferindo severamente no deslocamento de veículos e pedestres.

Os dezessete pontos de estudo (PE) da microbacia do rio Criciúma encontram-se interligados. Devido a diversos fatores, principalmente o relevo e a ineficiência do sistema de drenagem, todos contribuem para o alagamento de outro PE, com exceção do PE 8, no qual o sentido de escoamento direciona a água diretamente para o rio Criciúma.

Em toda a área de estudo ocorrem alagamentos em função de chuvas intensas, exceto nos PE 3, PE 6 e PE 10. Após o alagamento as ruas se transformam em depósitos de sedimentos e a pavimentação é bastante prejudicada, principalmente nos locais com maior tráfego de veículos, reduzindo a vida útil das mesmas.

Esta situação pode ser observada principalmente no PE 16 e PE 9, neste último a área mais prejudicada se encontra no bairro São Luiz, onde é frequente o tráfego de veículos pesados, pelo fato de ser uma área industrial. No PE 16 os sedimentos são provenientes das partes íngremes, os quais são depositados nas vias de acesso, as mesmas são danificadas pelo tráfego intenso de veículos, os quais se destinam aos equipamentos públicos localizados nos bairros Pio Correa e parte do Centro.

As informações relacionadas ao sistema de microdrenagem confirmam a ineficiência dos dispositivos de coleta em toda a microbacia do rio Criciúma. Esta falha no sistema é devido ao descaso quanto à manutenção, que deve ser realizada pelos órgãos públicos e a ausência da conscientização da população refletida pela

quantidade de entulho disposto de forma irregular nas calçadas, nas proximidades das bocas de lobo e até mesmo no próprio rio Criciúma ou em seus afluentes. O lançamento irregular de esgoto doméstico diretamente no sistema de drenagem pluvial constitui-se também num agravante para o mau do mesmo.

Outro fator negativo constatado em vários pontos de estudo é a falta de conservação dos terrenos baldios, o que facilita a degradação física dos terrenos e favorece a produção de sedimentos que se destinam ao sistema de microdrenagem.

A deposição de resíduos em locais inadequados foi constatada com maior frequência nos PE 3, PE 4 e PE 7. Neste último, observou-se a disposição de resíduos de naturezas diversas (doméstico, construção civil e industrial) em antigas áreas degradadas pela mineração de carvão. Estas áreas estão sendo ocupadas também de forma irregular por residências.

Ainda neste sentido destaca-se que nos pontos PE 2 e PE 3 residem vários catadores, que recolhem vários tipos de resíduos e realizam a seleção dos materiais recicláveis em suas casas. Os materiais que não são comercializados são abandonados nos terrenos baldios, favorecendo o carreamento para as vias e sistemas de microdrenagem.

De forma geral, a análise dos resultados obtidos corrobora com o que afirma Barros (2005) quando faz referência que um sistema de drenagem deve ser projetado, executado e operado em consonância com os demais serviços públicos da cidade. Tais serviços devem satisfazer ao abastecimento de água, à coleta e tratamento dos esgotos domésticos, a drenagem pluvial urbana e a coleta e disposição adequada dos resíduos sólidos domésticos, ou seja, na visão de Philippi Junior (1982) devem atender à demanda inerente ao saneamento básico.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A drenagem urbana está associada a vários fatores que interferem na captação e condução das águas pluviais, tais como o relevo, o regime das chuvas, a existência de áreas verdes, a porcentagem e o tipo de pavimentação das vias, entre outros aspectos que influenciam diretamente nas condições de escoamento das águas de superfície.

No município de Criciúma, a exemplo de várias cidades brasileiras, o processo de urbanização ocorreu em detrimento das condicionantes ambientais. Esta situação associada ao dimensionamento inadequado do sistema de drenagem pluvial contribui com frequentes alagamentos em vários pontos do município, principalmente na microbacia do rio Criciúma.

O presente estudo procurou identificar os pontos frágeis do sistema de drenagem atribuindo valores aos problemas detectados. Para tanto, foi adotada uma metodologia apoiada em Indicadores de Fragilidade do Sistema (IFS), tomando-se como base os trabalhos realizados por Silva e seus colaboradores na elaboração do componente Drenagem Urbana de Águas Pluviais que compõe o Plano Municipal de Saneamento Ambiental de Alagoinhas, no estado da Bahia. Em Santa Catarina, o município de São Lourenço do Oeste adotou a proposta daquele autor para a elaboração do seu Plano de Saneamento Básico.

Para melhor representar a realidade local e em função dos dados disponíveis, foi necessário adaptar a metodologia com objetivo de aplicá-la à microbacia do rio Criciúma. A área foi subdividida em 17 pontos de estudo (PE), tomando-se por base os divisores topográficos dos afluentes de primeira ordem do rio Criciúma.

Apesar do caráter experimental, a aplicação da metodologia de Indicadores de Fragilidade do Sistema (IFS) à área de estudo resultou em valores que retratam e transmitem de forma sintética os problemas observados no município.

Os pontos críticos com maior criticidade com relação à drenagem pluvial na área estudada foram os PE 16, PE 4 e PE 9, os três localizados na margem esquerda do rio Criciúma.

A análise parcial dos indicadores que compõe o Índice de Fragilidade nestes PEs, serve como orientação para a solução dos problemas detectados.

Contudo um melhor detalhamento pode ser obtido setorizando-se cada PE e aplicando o IFS em quadras ou conjunto de quadras.

Realizando o levantamento dos dados por quadras, poderia ser quantificada a manifestação de cada indicador, por exemplo: o percentual de impermeabilização, de cobertura vegetal, de dispositivos de coleta, entre outros. Com base nessa quantificação, seriam estabelecidos pesos diferenciados e proporcionais à manifestação. Quando a manifestação do indicador não fosse observada na quadra, tal indicador receberia o valor 0 correspondendo à porcentagem de 0%. Quando a manifestação do indicador for até 50%, este seria considerado moderado recebendo o valor 0,5. E se a manifestação do indicador fosse maior que 50%, este receberia o valor equivalente a 1 considerado relevante.

Desta forma, os resultados da aplicação da metodologia de IFS apresentariam um caráter mais impessoal e independente da visão particular do técnico. Como tal proposta necessitaria de tempo para ser aplicada, não seria possível de ser adaptada para o presente estudo, tornando como sugestão a sua utilização em trabalhos com objetivo de aprimorar os sistemas públicos existentes em uma área urbana.

O uso de indicadores de fragilidade na análise de problemas relacionados à drenagem pluvial urbana consiste em uma ferramenta auxiliar na gestão pública municipal. Como se fundamenta na valoração dos problemas, o uso destes indicadores permite a realização de revisões periódicas de forma a acompanhar a evolução do sistema. Essa possibilidade torna o uso de IFS ainda mais interessante quando aplicado ao município de Criciúma, uma vez que neste município se encontram em fase de implantação várias obras que objetivam melhorar o sistema de drenagem urbana.

REFERÊNCIAS

AMESC. Associação dos Municípios do Extremo Sul Catarinense. **Plano Básico de Desenvolvimento Ecológico e Econômico – PBDEE**. Araranguá, SC. 1997. 380 p.

BARROS, M. T. L. Drenagem Urbana: Bases Conceituais e Planejamento. In: PHILIPPI JÚNIOR, Arlindo (Ed.). **Saneamento, Saúde e Meio Ambiente: Fundamentos para um desenvolvimento sustentável**. Barueri, SP: Manole, 2005. p. 221-266.

BRASIL, **IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Santa Catarina, Cidades, Informações Estatísticas. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: 18 mai. 2011.

BRASIL, **Lei Federal n. 10.257, de 10 de julho de 2001**. “Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências”. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/LEIS_2001/L10257.htm> Acesso em: 06 mai. 2011.

BRASIL. Lei n. 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nºs 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Brasília: **DOU**, 5 jan 2007. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm>. Acesso em: 24 fev. 2011.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Lei nacional de saneamento básico: perspectivas para as políticas e a gestão dos serviços públicos**. CORDEIRO, Berenice de Souza (Org.). Brasília, DF: Editora, 2009. 3 v.

CANHOLI, Aluísio Pardo. **Drenagem Urbana e Controle de Enchentes**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005. 301 p.

CETESB. **Drenagem Urbana: manual de projeto**. 3 ed. São Paulo: CETESB, 1986. 451 p.

CHERNICHARO, Carlos, A. L. COSTA, Ângela, M. L. M. Drenagem pluvial. In: BARROS, R. T. V. **Manual de Saneamento e Proteção Ambiental para os Municípios**. Belo Horizonte, BH: Escola de Engenharia da UFMG, 1995. p. 161-180.

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Gerência de Hidrologia e Gestão Territorial. **Projeto Subsídios ao Planejamento Territorial e Definição de Medidas para Minimização dos Efeitos das Cheias Urbanas no Município de Criciúma, SC**. Porto Alegre – RS, 2006. Relatório Técnico. Mimeografado. Disponível em: <<http://www.grupoge.ufsc.br/publica/sibele.pdf>>. Acesso em: 11 mai. 2011.

FIORI, Sibeli. **Indicadores Urbanos: avaliação, adequação e aplicação em Passo Fundo** – RS/Brasil. Florianópolis 2006. Artigos.

GARCEZ, Lucas Nogueira; ALVAREZ, Guillermo Acosta. **Hidrologia**. São Paulo: Editora Edgard Blücher LTDA, 1988. 291 p.

GRIBBIN, John E. **Introdução à Hidráulica, Hidrologia e Gestão de Águas Pluviais**. São Paulo: Cengage Learning, 2009. 494 p.

IPAT/UNESC. Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas/ Universidade do Extremo Sul Catarinense. Plano Municipal Integrado de Saneamento Básico do Município de Criciúma, SC. **Diagnóstico do Sistema de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas**. Criciúma, 2009. 172 p.

IPAT/UNESC. Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas/ Universidade do Extremo Sul Catarinense. Plano Municipal Integrado de Saneamento Básico do Município de Criciúma, SC. **Versão Final**. Criciúma, 2009. 246 p.

JUNIOR, L. L. C.; BARBASSA, A. P. Parâmetros de projeto de microrreservatório, de pavimentos permeáveis e de previsão de enchentes urbanas. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. V.11 n. 1 Rio de Janeiro mar. 2006. Artigos. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522006000100007&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 16 fev. 2011.

KREBS, A, S, J, et al. **Projeto Subsídios ao Planejamento Territorial e Definição de Medidas para Minimização dos Efeitos das Cheias Urbanas no Município de Criciúma, SC**. 2006. Artigos. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/rehi/simposio/pa/Definicao%20de%20medidas%20para%20minimizacao%20dos%20efeitos%20das%20cheias%20urbanas%20no%20municipio%20de%20Criciuma,%20SC.pdf>>. Acesso em: 18 mai. 2011.

LEVATI, Morgana. **Aplicação do Indicador de Salubridade Ambiental (ISA) para Áreas Urbanas. Estudo de Caso: Município de Criciúma, SC**. 2009. 101 p. TCC (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma.

LORANDI, Reinaldo; CANÇADO, Cláudio J. Parâmetros Físicos para Gerenciamento de Bacias Hidrográficas. In: CAMARGO, A. F. M.; SCHIAVETTI, Alexandre. **Conceitos de bacias hidrográficas: teorias e aplicações**. Ilhéus, BA: Editus, 2002. p. 37-66.

MARTINS, J, A. Escoamento superficial. In: PINTO, Nelson L. de Souza. et al. **Hidrologia Básica**. São Paulo: Edgard Blücher, 2000. p. 36-43.

MARTINS, J. A. Infiltração. In: PINTO, N. L. S. et al. **Hidrologia Básica**. São Paulo: Edgard Blücher, 2000. p. 44-55.

MARTINS, J. R. S. Obras de Macrodrenagem. In: BARROS, M.T; PORTO, R.L; TUCCI, C. E. M. **Drenagem Urbana**. Porto Alegre, RS: ABRH/Editora da Universidade/UFRGS, 1995. p. 167-240.

MERICO, L, F, K. Proposta Metodológica de Avaliação do Desenvolvimento Econômico na Região do Vale do Itajaí (SC) Através de Indicadores Ambientais. **Dynamis**, Blumenau, v.5, n.19, p.59-67, abr/jun 1997.

MONTIBELLER-FILHO, Gilberto. Indicadores e Equidade Social: propriedades dos indicadores de sustentabilidade e ausência do princípio de justiça social em estudos sobre mudança climática e c02. **Interthesis**: Revista Internacional Interdisciplinar. Doutorado Interdisciplinar em Ciências Humanas - UFSC, Florianópolis- SC, v.7.01, p.01-23, jan/jun 2010.

NETO, A.C. Sistemas Urbanos de Drenagem. **ANA. Agência Nacional de Águas**. 2007. Artigos. Disponível em: <http://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/CDOC/ProducaoAcademica/Antonio%20Cardoso%20Neto/Introducao_a_drenagem_urbana.pdf> Acesso em: 11 mar. 2011.

NOTUS. Serviços de Engenharia S/C Ltda. Plano de Saneamento Básico de São Lourenço do Oeste, SC. **Diagnóstico do Sistema de Drenagem Urbana e Manejo de Águas Pluviais**. Florianópolis, 2010. 31 p.

PHILIPPI Arlindo, Júnior; MALHEIROS, Tadeu Fabrício. Saneamento e Saúde Pública: Integrando Homem e Ambiente. In: PHILIPPI JÚNIOR, Arlindo (Ed.). **Saneamento, Saúde e Meio Ambiente: Fundamentos para um Desenvolvimento Sustentável**. São Paulo: Manole, 2005. p. 3-31.

PHILIPPI, Arlindo Junior et al. **Saneamento do Meio**. São Paulo: FUNDACENTRO, 1982. 235 p.

PORTO ALEGRE. **Plano Diretor de Drenagem Urbana: Manual de Drenagem Urbana**. Porto Alegre: Instituto de Pesquisas Hidráulicas - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005. 159 p.

SANTOS, Flávio Augusto Altieri. **Alagamento e Inundação Urbana: modelo experimental de avaliação de risco**. Belém – PA. 2010. 165p. (Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais) - Universidade Federal do Pará/Museu Paraense Emílio Goeldi/Embrapa. Disponível em:<http://www.ufpa.br/ppgca/dissertacoes/2010/Dissertacao_Flavio_Santos.pdf>. Acesso em: 11 mai. 2011.

SÃO LOURENÇO DO OESTE. Plano de Saneamento Básico de São Lourenço do Oeste, SC. **Diagnóstico do Sistema de Drenagem Urbana e Manejo das Águas Pluviais**. Relatório IV –B. Disponível em: <http://www.saolourenco.sc.gov.br/saneamento/rel_5.pdf>Acesso em: 21 fev. 2011.

SCHIAVETTI, Alexandre et al. Caracterização Sócio-ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira, Sul da Bahia, Brasil. In: SCHIAVETTI, Alexandre; CAMARGO, Antônio, F.M. **Conceitos de bacias hidrográficas: teorias e aplicações**. Ilhéus, BA: Editus, 2002. p. 141-162.

SILVA, Bruno, Jardim et al; In: **O Componente Drenagem Urbana no Plano Municipal de Saneamento Ambiental de Alagoinhas, Bahia 2004**. Artigo.

Disponível em:

<<http://www.semasa.sp.gov.br/admin/biblioteca/docs/pdf/35Assemmae126.pdf>>.

Acesso em: 21 fev. 2011.

SILVEIRA, A. L. L. Ciclo Hidrológico e Bacia Hidrográfica. In: TUCCI, C. E. M.

Hidrologia: Ciência e Aplicação. 2 ed. Porto Alegre, RS: Editora da Universidade: ABRH, 1997. p. 35-40.

TAYRA, Flávio; RIBEIRO, Helena. **Modelos de indicadores de sustentabilidade: síntese e avaliação crítica das principais experiências**. Saúde e Sociedade.v.15 n.1 São Paulo jan./abr. 2006. Artigos. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-12902006000100009&lng=pt&nrm=iso>

Acesso em: 11 mai 2011.

TUCCI, C. E. M. et al. Drenagem Urbana. In: TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 2 ed. Porto Alegre, RS: Editora da Universidade: ABRH, 1997. p. 805-842.

TUCCI, C. E. M; BERTONI, J. C. Precipitação. In: TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 2 ed. Porto Alegre, RS: Editora da Universidade: ABRH, 1997.

p. 177-231.

TUCCI, C. E. M; COLLISCHONN, W. Drenagem Urbana e Controle de Erosão. In: TUCCI, C. E. M; MARQUES, David M.L. da Motta (Ed.). **Avaliação e Controle da Drenagem Urbana**. Porto Alegre, RS: UFRGS, 2000. p. 119-127.

TUCCI, Carlos, E. M. BIDONE, F. et al. Drenagem Urbana. In: TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 2 ed. Porto Alegre, RS: Editora da Universidade: ABRH, 1997. p. 805-848.

TUCCI, Carlos, E. M. Drenagem Urbana e Controle de Inundações. In: CHASSOT, A. **Ciência da Terra e Meio Ambiente**. São Leopoldo, RS: Editora Unisinos, 1999. p. 151-174.

TUCCI, Carlos, E. M. Drenagem Urbana. **Gestão das Águas**. 2003. Artigos.

Disponível em: <<http://cienciaecultura.bvs.br/pdf/cic/v55n4/a20v55n4.pdf>> Acesso em: 24 fev. 2011.

TUCCI, Carlos, E. M. et al. Evaporação e Evapotranspiração. In: TUCCI, C. E. M.

Hidrologia: Ciência e Aplicação. 2 ed. Porto Alegre, RS: Editora da Universidade: ABRH, 1997.253-277.

TUCCI, Carlos, E. M; BIDONE, F. R. A. Microdrenagem. In: BARROS, M.T; PORTO, R.L; TUCCI, C. E. M. **Drenagem Urbana**. Porto Alegre, RS: ABRH/Editora da Universidade/UFRGS, 1995. p.77-105.

TUNDISI, T. M.; TUNDISI, J. G. Impactos potenciais das alterações do Código Florestal nos recursos hídricos. **Biota Neotropica**. vol.10 n. 4 Campinas out de

2010. Artigos. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1676-06032010000400010&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 11 mar. 2011.

VILLELA, Swami Marcondes. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo: Ed. McGraw-Hill do Brasil, 1975. 237 p.

ANEXO
Mapa da Bacia do rio Criciúma