

Drenagem e a Urbanização – Estudo de caso dos impactos da urbanização no sistema de drenagem em uma cidade de pequeno porte

Henrique de Matos¹,

Flávia Cauduro²,

Resumo: O crescimento populacional e o processo de urbanização, sem planejamento em infraestrutura urbana, vem acompanhado de inúmeros problemas, principalmente no que se refere às instalações urbanas dos sistemas de água, esgotos sanitários e pluviais, e a inexistência de fiscalização que resulta na ocupação das áreas de risco. Dentre os sistemas instalados, o sistema de esgotamento pluvial compreende conjuntos de medidas que têm como objetivo minimizar os riscos e os prejuízos causados por inundações e possibilitar o desenvolvimento urbano de forma harmônica, articulada e sustentável. Em uma perspectiva mais moderna, os sistemas de drenagem devem ser vistos como um dos componentes do espaço urbano, uma vez que é impossível dissociá-lo da infraestrutura das cidades. O sistema deve ser projetado para compor a paisagem urbana e promover sua valorização de forma bem integrada ao urbanismo. O presente estudo tem objetivo de estudar o impacto do crescimento urbano no sistema de drenagem de uma cidade de pequeno porte do Estado de Santa Catarina. O objeto de estudo abrange a área central de uma municipalidade de 16.684 habitantes, fundada no ano de 1885. A área de estudo contempla uma região de ocupação mista, composta principalmente por residências horizontais e verticais, comércios de pequeno e médio, e está inserida na bacia hidrográfica do Rio Urussanga. O estudo foi realizado em três anos pré-definidos, 1999, 2009 e 2019. Com auxílio de imagens via satélite foi medido o desenvolvimento urbano nestes períodos com base nas taxas de uso e ocupação do solo correlacionadas com os Coeficientes de Escoamento Superficial. Foram então quantificados valores que permitem mensurar os impactos da urbanização num sistema de drenagem tradicional de modo a analisar os agentes de impacto e listar o desenvolvimento do sistema. O processo de urbanização estudado apresentou os resultados esperados, com o passar dos anos a área se desenvolve sem preocupação com as taxas ocupação do solo, apresentando uma redução de área verde na ordem de 36% ao longo dos anos. O sistema de drenagem é sobrecarregado devido a impermeabilização do solo e apresenta uma defasagem imediata a sua concepção, quando não analisado corretamente o cenário de pós urbanização.

Palavras-chave: escoamento superficial; crescimento urbano; manejo pluvial.

¹ Engenheiro Civil, Universidade do Extremo Sul Catarinense, rickit20@hotmail.com

² Ma. Professora, Engenheira Civil, Universidade do Extremo Sul Catarinense, flavia.cauduro@unesc.net

Drainage and Urbanization - Case Study of the Impacts of Urbanization on the Drainage System in a Small Town

Abstract: Population growth and the urbanization process, without planning on urban infrastructure, have been accompanied by problems, especially with regard to urban water system installations, sewage and rainfall, and the lack of monitoring of results in risk areas. Among the installed systems, or the rainwater exhaust system comprises sets of measures that have as minimum limits the risks and damages caused by floods and enable urban development in a harmful, articulated and sustainable way. From a more modern perspective, drainage systems should be seen as one of the components of urban space, as it is impossible to disassociate the infrastructure of cities. The system should be designed to compose an urban landscape and promote its enhancement in a way that is well integrated with urbanism. This study aims to study the impact of urban growth on the drainage system of a small city in the state of Santa Catarina. The object of study covers a central area of a city with 16,684 inhabitants, founded in 1885. One study area comprises a region of mistaken occupation, composed mainly of horizontal and vertical residences, small and medium trades and is inserted in the watershed of the Rio Urussanga. The study was conducted over the previous three years, 1999, 2009 and 2019. With the aid of satellite imagery was measured or urban development, statistics based on land use and occupation rates correlated with Runoff Coefficients. Values were then quantified that use to measure the impacts of urbanization on a traditional drainage system in order to analyze the impact agents and list or develop the system. The process of urbanization studied shows the expected results, over the years in the area, to develop without concern for land use rates, presenting a reduction of green area in the order of 36% over the years. The drainage system is overloaded due to soil sealing and presents an immediate interruption in its creation when not properly analyzed or in the post-urbanization scenario.

Key-words: runoff coefficient; urban growth; rain management.

Introdução

O crescimento populacional e o processo de urbanização, sem planejamento em infraestrutura urbana, vem acompanhado de inúmeros problemas, principalmente no que se refere às instalações de sistemas de esgotos sanitários e pluviais. As principais consequências do processo de urbanização no sistema de drenagem estão no aumento do escoamento superficial, devido a diminuição da infiltração que é causada pela ocupação e impermeabilização do solo (SILVA, 2007).

O processo de urbanização, que é caracterizado como a ocupação do solo e/ou a mudança de uso deste para características urbanas, promove, segundo Tucci (1995), a



impermeabilização das superfícies através de telhados, ruas, calçadas, pátios, entre outros. A parcela da água que infiltrava na superfície da área, com a impermeabilização, passa a escoar na superfície até chegar aos condutos, ou seja, há aumento do escoamento superficial. Isto exige maior capacidade de escoamento das seções e quando não atendida ocorrem inundações.

Com a finalidade de solucionar os problemas gerados no processo de urbanização são criados os sistemas de drenagem urbana. Ou seja, sistemas de drenagem urbana nada mais são do que gerenciadores da água da chuva que escoam no meio urbano (TUCCI; MARQUES, 2000).

Em uma abordagem histórica é possível analisar que o conceito de drenagem surge em paralelo as primeiras civilizações. Entretanto, ao longo dos tempos, e até à Idade Moderna, as obras de drenagem não foram consideradas, em regra, como infraestruturas necessárias e condicionantes ao desenvolvimento e ordenamento dos núcleos urbanos (MATOS, 2013).

Numa perspectiva mais moderna, os sistemas de drenagem devem ser vistos como um dos componentes do espaço urbano, uma vez que é impossível dissociá-lo da infraestrutura das cidades. O sistema de drenagem compõe a paisagem urbana, promovendo sua valorização, quando bem integrada ao urbanismo, ou sua degradação, quando o sistema de drenagem está degradado. Neste sentido, seu conceito deve ser ampliado, não estando representado apenas pelos elementos de infraestrutura (SOUZA; MORAES; BORJA, 2013).

No Brasil, os sistemas de drenagem urbana aplicados ainda seguem um padrão baseado apenas em eficiência hidráulica de condutos, apesar de já haver um reconhecimento de que este tipo de abordagem não resolve os problemas no longo prazo; é apenas uma ação pontual e que age sobre os efeitos. Desta forma, os sistemas de drenagem continuam sendo concebidos sem teste de falha. Apesar de haver grande avanço acadêmico no desenvolvimento de técnicas e abordagens mais integradoras, com foco na bacia hidrográfica e nos impactos da urbanização sobre os processos naturais, ainda não houve apropriação desse conhecimento na prática dos técnicos municipais e tomadores de decisão (SOUZA, 2013).

Considerando as deficiências nos sistemas de drenagem aplicados, os processos de urbanização trazem um aumento na frequência e magnitude das enchentes devido a ocupação do solo com superfícies impermeáveis. Adicionalmente o desenvolvimento urbano pode



produzir obstruções ao escoamento como aterros e pontes, drenagens inadequadas e obstruções ao escoamento junto a condutos e assoreamento (TUCCI; BERTONI, 2003).

Os impactos negativos tendem a ser relevantes nas áreas urbanas. As características socioeconômicas da comunidade exposta, o padrão de uso e ocupação do solo, a ocorrência do evento e as características da cheia definem a magnitude dos danos da inundação na área atingida. Danos esses que podem ser tangíveis, nos quais é possível haver a mensuração monetária, e danos intangíveis, como bens de difícil quantificação, como vidas humanas, bens de valor histórico, arqueológico e sentimental (CANÇADO, 2009).

No estado de Santa Catarina, as enchentes e inundações constituem graves problemas devido ao crescimento da ocupação urbana, desmatamento de áreas vegetadas e de margens de cursos d'água, aumento de áreas impermeabilizadas, entre outras causas (SANTA CATARINA, 2018).

Ainda, na municipalidade deste estudo, na última década houve vários registros de alagamentos e inundações causados por fortes chuvas de verão (CLICK RBS, 2009; TERRA, 2010; VALE ALTERNATIVO, 2017; LITORAL SUL, 2019; COCAL DO SUL, 2019). No mês de fevereiro do ano de 2019, a Defesa Civil decretou situação de emergência devido às fortes chuvas ocorridas no início do mês. Conforme os dados computados pela Defesa Civil, Secretaria de Obras e Fundação Municipal do Meio Ambiente, o município contabilizou mais de R\$ 2 milhões de prejuízo por causa da chuva. Desse montante, R\$ 1,3 milhão refere-se às obras de infraestrutura pública, como estradas, oito pontes, bueiros e escola (COCAL DO SUL, 2019; 4OITO, 2019).

Devido a estes fatos, o presente estudo propõe o estudo de caso do impacto da urbanização na drenagem urbana de uma cidade de pequeno porte do Estado de Santa Catarina.

Materiais e métodos

Este estudo abrange a área central do município de Cocal do Sul, no estado de Santa Catarina com, aproximadamente, 16.684 habitantes com densidade demográfica de 213,13 hab./km² (IBGE, 2019), fundada no ano de 1885 por colonizadores italianos e emancipada em

26 de setembro de 1991. O município se desenvolveu e cresceu através da agricultura, pecuária, comércio e, principalmente, indústria cerâmica.

A área de estudo compreende uma extensão de aproximadamente 0,12 km², e está inserida na bacia hidrográfica do Rio Urussanga, Figura 1, a qual possui área total de 679,16 km². A área de estudo contempla uma região de ocupação mista, composta principalmente por residências horizontais e verticais, comércios de pequeno e médio porte, além de duas escolas de ensino fundamental e médio.

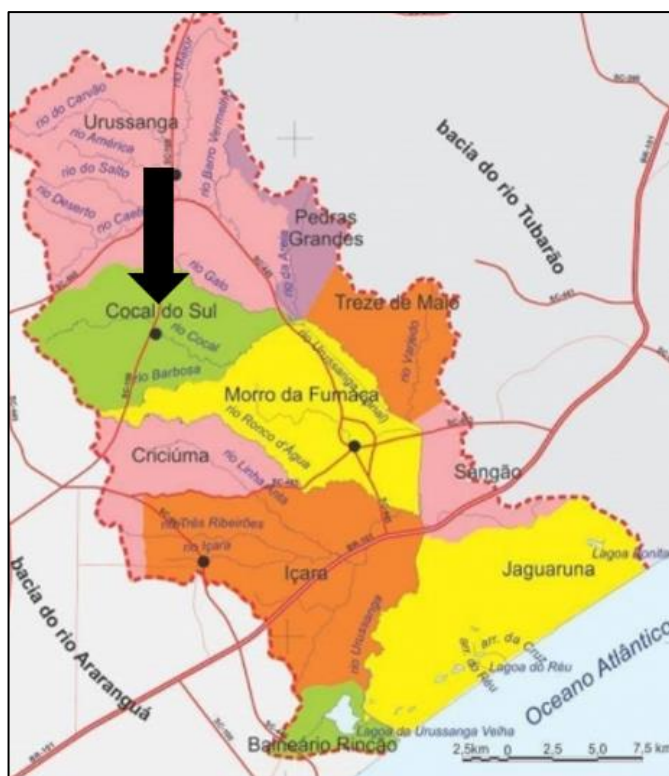


Figura 1. Inserção da área na Bacia Hidrográfica (Fonte: Santa Catarina, 2019)

O estudo foi realizado em três anos pré-definidos 1999 (Figura 2), 2009 (Figura 3) e 2019 (Figura 4). As cores na imagem representam as características das superfícies: em vermelho telhados; em azul escuro asfalto, em azul claro estrada de pedra intertravada; em amarelo estrada de lajota; e em laranja estrada de terra.



Figura 2. Área de estudo no ano de 1999 (Fonte: Google, 2019)

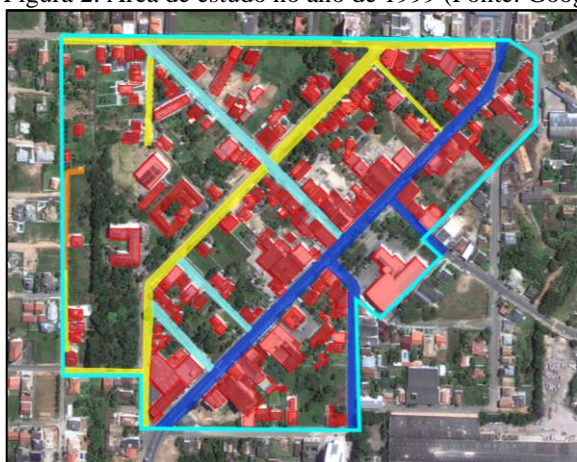


Figura 3. Área de estudo no ano de 2009 (Fonte: Google, 2019)

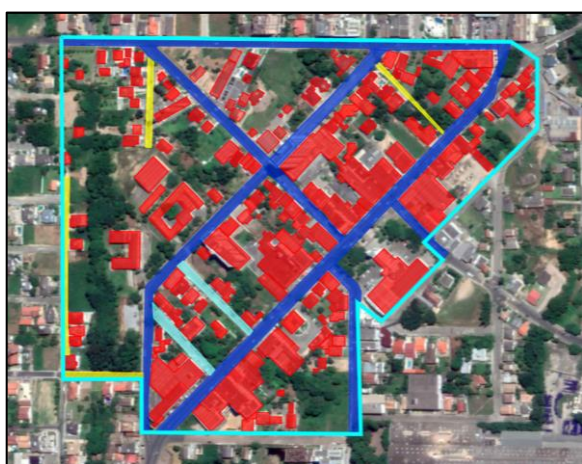


Figura 4. Área de estudo no ano de 2019 (Fonte: Google, 2019)

O desenvolvimento do estudo foi segmentado em quatro etapas (Figura 5).

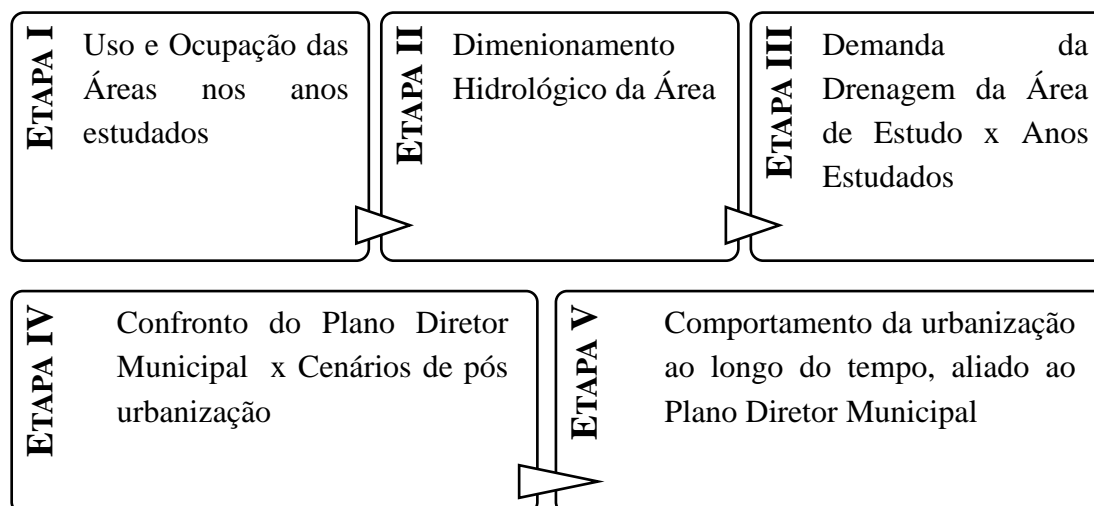


Figura 5. Desenvolvimento do Estudo

A Etapa I que estudou o desenvolvimento urbano da área foi medido com base nas taxas de uso e ocupação do solo correlacionadas com os coeficientes de escoamento superficial, Tabela 1. A partir desta tabela e das taxas de uso e ocupação do solo, foi determinado o Coeficiente de Escoamento Superficial Médio para cada período, $C_{médio}$.

Além disto, esta etapa do estudo teve auxílio de imagens via satélite (SIGSC, 2012; GOOGLE, 2019) para medição das taxas de uso e ocupação do solo nos intervalos de 10 anos e do levantamento de dados topográficos e altimétricos da área a partir do Sistema de Informações Geográficas de Santa Catarina (SIGSC, 2012).

Tabela 1. Coeficientes de escoamento superficial.

Superfície	Coeficiente de escoamento superficial (C)	Fonte (ANO)
Área construída	0,85	ASCE, 1997.
Gramado	0,20	PARANÁ, 2002.
Solo exposto	0,10	FHWA, 2013
Estrada de terra	0,15	FHWA, 2013
Estrada de pedra intertravada	0,60	ASCE, 1997.
Estrada de lajota	0,70	PARANÁ, 2002
Estrada asfaltada	0,95	ASCE, 1997.

Na Etapa II, foi realizado o estudo do dimensionamento hidrológico, e o tempo de concentração da chuva na bacia foi determinado através da fórmula de Kirpich, Equação 1. Esta fórmula é indicada e utilizada frequentemente, e segundo os estudos de Silveira (2005), possui resultados razoáveis na sua utilização para bacias urbanas de até 26 km², sem o uso de coeficientes redutores, apesar de ser desenvolvida com dados de bacias rurais no estado do Tennessee.

$$tc = 57 \left(\frac{L^3}{Dh} \right)^{0,385} \quad (1)$$

em que:

tc = tempo de concentração (min);

L = comprimento do curso (km);

Dh= diferença de cotas (m).

Os índices pluviométricos utilizados para o cálculo de chuva foram baseados no histórico de chuvas da cidade de Urussanga-SC e, a partir da Equação 2 foi determinada a intensidade da chuva (BACK, 2013).

$$i = \frac{3445,7 TR^{0,138}}{(tc+26,3)^{1,012}} \quad (2)$$

em que:

i = a intensidade pluviométrica (mm h⁻¹) para tc < 120 minutos;

TR = o tempo de recorrência (anos);

tc = tempo de concentração (min).

A escolha do tempo de recorrência para o projeto de uma obra de engenharia, que por consequência, irá influenciar diretamente na vazão de projeto do estudo, depende de sua importância (DNIT, 2006). A prefeitura do município de São Paulo recomenda para obras de canalização e drenagem, classificados com baixo impacto, o TR de 25 anos (SÃO PAULO, 1999).

De modo a avaliar somente os impactos que a urbanização causa no meio ambiente da cidade, foi considerada a mesma intensidade de chuvas (i) para os três anos estudados.

A Etapa III foi desenvolvida com base nas equações da Hidráulica. Para estimar a vazão na área de estudo foi utilizado o Método Racional, Equação 3.

$$Q = \frac{CiA}{360} \quad (3)$$

em que:

Q = vazão máxima de escoamento, em m^2s^{-1} ;

C = coeficiente escoamento superficial, adimensional;

i = intensidade média máxima da chuva, em $mm h^{-1}$;

A = área de contribuição da bacia, em ha.

Ainda na Etapa III foram dimensionados os componentes da drenagem com base nas equações da Hidráulica. As bocas de lobo (bl's) consideradas neste estudo são do tipo simples, calculadas como vertedores retangulares, conforme Federal Highway Administration (FHWA, 2013). Para compensar os efeitos globais de fatores como: obstruções por detritos carreados pelas águas; irregularidades nos pavimentos juntos às sarjetas e bocas de lobo; e hipóteses de cálculo inconsistentes com a realidade; é indicado que seja aplicado coeficiente de redução da vazão de engolimento da boca de lobo, para bocas de lobo do tipo simples é indicada a redução de 20% (CETESB, 1984; SÃO PAULO, 2012).

As tubulações de drenagem foram consideradas do tipo tubos circulares em concreto e dimensionadas de acordo com a Fórmula de Manning para condutos livres do formato circular.

Na Etapa IV foram analisados, principalmente, dois índices provenientes do Plano Diretor Municipal (PDM), a taxa de ocupação do solo, que é a porcentagem do terreno que pode ser ocupado pela projeção da edificação e a taxa de infiltração mínima exigida, que corresponde a fração do terreno com capacidade de permeabilidade. Isto, pelo fato de que tais considerações impactam diretamente neste estudo, afetando como controlador, ou balizador dos índices de uso e ocupação do solo.

Etapa V, a partir dos dados históricos foi possível prever o ano no qual o processo de urbanização atingirá os índices do planejamento municipal, ou seja, o ano onde haverá o C_{médio} máximo planejado para a área de estudo. Na previsão deste cenário máximo foi considerado os dados estabelecidos no PDM, o histórico de crescimento urbano apontado pelo parâmetro do C_{médio} e através de Regressão Linear foi possível determinar o ano de ocorrência do cenário máximo.

Resultados e discussões

Os resultados deste estudo serão apresentados nas mesmas etapas em que o estudo foi desenvolvido. Desta forma é pretendido garantir maior clareza e compreensão dos resultados.

Na primeira etapa do estudo, foi possível obter as taxas de uso e ocupação do solo para os três anos definidos, Tabela 2.

Tabela 2. Uso e Ocupação do Solo, em %.

Superfície	Ano		
	1999	2009	2019
Área construída	29	35	42
Gramado	36	30	23
Solo exposto	10	11	11
Estrada de terra	0,60	0,20	-
Estrada de pedra intertravada	9	4	0,70
Estrada de lajota	9	12	5
Estrada asfaltada	5	8	18

Os resultados confirmaram que a cidade está em crescimento urbano com base nas taxas de uso e ocupação do solo na região central da mesma. Os resultados mostraram crescente expansão nos índices de área construída e asfaltadas, e, conseqüente, diminuição das áreas gramadas e com vegetação natural. No estudo, as áreas construídas consistem em superfícies com telhados e concreto, ou seja, representam as edificações, sejam elas comerciais ou residenciais. Estes índices de uso e ocupação do solo apresentam números expressivos de

crescimento a cada período estudado, ou seja, a cada 10 anos foi possível constatar crescimento de 20% em área construída. Por consequência do crescimento apresentado acima, as áreas gramadas apresentaram queda superior a 36% ao longo do período estudado.

Houve também grande mudança em relação a pavimentação utilizada. Apesar de não apresentar mudança na área superficial pavimentada, houve crescente utilização de revestimento asfáltico como pavimento. Conforme apresentado na Tabela 1, a utilização deste tipo de pavimento aumenta a impermeabilidade do solo, como consequência aumenta também o Coeficiente de Escoamento Superficial. Assim, haverá água precipitada que não conseguirá infiltrar no solo e terá que ser recebida e transportada pelo sistema de drenagem.

O coeficiente de escoamento superficial médio para os anos de 1999, 2009 e 2019 foram respectivamente de 0,50; 0,55 e 0,62.

O Coeficiente de Escoamento Superficial está diretamente relacionado ao processo de crescimento e, assim, a urbanização de uma área ou cidade (WILKEN, 1978).

O Cmédio encontrado permite classificar e comparar a área de estudo com outras cidades a partir da composição e urbanização local. Assim foi possível constar que a área migrou da zona de edificação com muitas superfícies livres, ruas macadamizadas ou pavimentadas para a zona de edificação não muito densa com ruas e calçadas pavimentadas, conforme Wilken (1978).

O relato de Wilken (1978) pode ser observado de fato na prática durante a análise das imagens aéreas, Figuras 1, 2 e 3, onde é de fácil constatação o crescimento de área visível de telhados (cores: branco, cinza e laranja) e a diminuição significativa de áreas de gramado (cor verde).

Ainda sobre a classificação de Wilken (1978), o crescimento urbano da área elevou o coeficiente de escoamento superficial, ou seja, a impermeabilização promovida na área pela urbanização é da ordem de 24% no intervalo de 20 anos.

Na segunda etapa, dimensionamento hidrológico, foi obtido o tempo de concentração para a área em estudo de 7,83 min, e a intensidade pluviométrica de 150,88 mm.h⁻¹, a qual permitiu obter as vazões máximas de escoamento nos cenários estudados.

A vazão máxima do escoamento superficial para os anos de 1999, 2009 e 2019 foram, respectivamente, 2,52 m³.s⁻¹, 2,74 m³.s⁻¹ e 3,10 m³.s⁻¹. A vazão máxima de escoamento

corresponde ao volume de água lançada ao sistema de drenagem e que estes devem suportar. No estudo, o aumento dos valores de $C_{médio}$ impactam diretamente, e de igual proporção, nos dados obtidos na vazão máxima de escoamento. Assim houve crescimento de 8,73% no intervalo de 1999 a 2009, e de 13,14% no intervalo de 2009 a 2019.

Na terceira etapa, aplicando os valores de vazão encontrados no dimensionamento do sistema de drenagem tradicional, nos três anos pré-definidos, é possível verificar como é a evolução, em relação ao quantitativo de bocas de lobo (bl's) e também o diâmetro de tubulação necessário para atender a vazão de cálculo.

O número de Bocas de lobo necessárias para os anos de 1999, 2009 e 2019 foram, respectivamente, 57, 62 e 71 unidades. Já o diâmetro necessário para estes anos foram 1313 mm, 1354 mm e 1418 mm.

No cenário estudado houve aumento no número de bl's necessárias para atender a vazão de água das chuvas neste centro urbano. É possível verificar aumento de 5 bl's ao longo dos 10 primeiros anos, 1999 a 2009, e de 9 bl's nos 10 anos seguintes, 2009 a 2019. No intervalo de 20 anos o aumento necessário nas unidades de bl's é de aproximadamente 25%. Como consequência do aumento da vazão de escoamento é necessário que o diâmetro da tubulação instalada seja ampliado.

O sistema de drenagem, quando não aliado aos instrumentos de controle de uso e ocupação do solo e desenvolvimento das cidades, como o Plano Diretor Municipal, é idealizado e concebido aquém das necessidades drenantes. Assim, como visto no parágrafo anterior, onde a área teve crescimento urbano, aumento da vazão máxima de escoamento e o sistema de drenagem, se não foi dimensionado considerando o crescimento urbano, 20 anos depois, não atende o requerido.

Como consta na introdução, a municipalidade vem sofrendo com fortes chuvas que causaram pontos de alagamentos e inundações resultando em prejuízos materiais. Nos anos de 2017, 2018 e 2019 houve registros de alagamentos específicos na área deste estudo de caso (VALE ALTERNATIVO, 2017; DEFESA CIVIL DE COCAL DO SUL, 2019), conforme Figura 6.



Figura 6. Alagamento na rua Paulino Búrigo, fevereiro de 2019: (a) Extensão do alagamento ao longo da rua (Fonte: Sulinfoco, 2019), (b) Alagamento invade faixas de rolamento e calçada (Fonte: Cocal Do Sul, 2019)

As ocorrências comentadas no parágrafo anterior, possivelmente, são sinais físicos das alterações do uso e ocupação do solo sem o aprimoramento do sistema de drenagem existente. As inundações são sinais nítidos de defasagem do sistema ou falta de manutenção dos mesmos.

Adentrando a etapa IV é importante dizer, que no Brasil, as cidades fazem uso do Plano Diretor Municipal como instrumento de regulamentação e controle do ambiente urbano. Ainda assim, mesmo tendo estabelecida sua obrigatoriedade pela Constituição Federal em 1988, muitas cidades engatinham na implementação do mesmo, e principalmente, na elaboração de um plano que considere as especificidades de cada localidade.

A municipalidade de estudo teve seu primeiro Plano Diretor Municipal publicado em 2006, sete anos depois do primeiro ano avaliado por este estudo e quinze anos após sua emancipação. Este primeiro plano diretor passou por duas revisões desde então, 2016 e 2019, esta última com maiores alterações.

De acordo com a área de estudo, zona central da municipalidade, no Plano Diretor Municipal de 2006 e nas revisões de 2016 e 2019, os índices analisados são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 Índices Urbanísticos (Prefeitura Municipal de Cocal do Sul, Anexo 6, 2006, 2016 e 2019).

Índice	2006 (%)	2016 (%)	2019 (%)
Taxa de Ocupação Máxima	75	75	80
Taxa de Permeabilidade Mínima	15	15	15

A revisão do Plano Diretor Municipal em 2019 trouxe mudança, no aumento do percentual da taxa de ocupação máxima, que migrou dos 75% estabelecidos no ano de 2006 para 80%. A taxa de permeabilidade mínima permanece nos 15%.

Em regiões centrais, devido à valorização imobiliária, a tendência é que as edificações se utilizem da maior área construída permitida. A permissão de maior taxa de ocupação indica que haverá maior densificação das construções e assim menor área livre nos terrenos destinados a calçadas, rampas, acessos, e até mesmo às áreas destinadas a infiltração. Essa alteração indica que somente o mínimo, ou no máximo 20% da área do terreno será utilizada para infiltração do solo.

Ainda, segundo Souza (2003), as condições de uso e ocupação reais, normalmente, apresentam maiores taxas de impermeabilização do que aquelas de projeto, uma vez que os padrões de pós-ocupação diferem do previsto nos Planos Diretores Municipais.

Mudanças no Plano Diretor Municipal influenciam diretamente nos valores futuros de Coeficiente de Escoamento Superficial e por consequência na vazão máxima de escoamento. Essas alterações podem inclusive tornar defasado o sistema de drenagem existente devido as mudanças nos cenários de urbanização, principalmente quanto a permissão maior de área construída e menor área destinada a infiltração.

Na localidade houve revisão no Plano Diretor Municipal no ano de 2019. Com relação a Taxa de Ocupação Máxima, da área de estudo, houve aumento da mesma, ou seja, permite que a densificação das construções seja maior, e por consequência deverá chegar maior vazão de chuva no sistema de drenagem.

Para a quinta etapa, onde é pretendido determinar o cenário máximo de urbanização da área de estudo. Seguindo os índices da Tabela 3 no que se refere a revisão do PDM de 2019, foi considerado para este cenário máximo que não haverá solo exposto e estradas de terra, pedra

ou lajota. Assim, foi obtido o valor de $C_{\text{médio}}$ de 0,79, sendo este o $C_{\text{médio}}$ máximo planejado para o PDM atual da área, Tabela 4. Nesse cenário máximo houve aumento de 27,86% no $C_{\text{médio}}$ da área e a mesma passou a ser uma “zona de edificação muito densa”, conforme classificação Wilken (1978). Ainda, considerando a urbanização constante na área estes valores de ocupação máxima e $C_{\text{médio}}$ máximo serão atingidos no ano de 2048.

Tabela 4. Comparação Uso e Ocupação do solo, Anos x Pós urbanização em %.

Superfície	Anos			
	1999	2009	2019	2048
Área construída	29	35	42	67
Gramado	36	30	23	12
Solo exposto	10	11	11	-
Estrada de terra	0,60	0,20	-	-
Estrada de pedra intertravada	9	4	0,70	-
Estrada de lajota	9	12	5	-
Estrada asfaltada	5	8	18	21
$C_{\text{médio}}$	0,50	0,55	0,62	0,79

Para o cenário máximo foi dimensionado também os valores de Vazão Máxima de escoamento, número de bocas de lobo e diâmetro da tubulação, Tabela 9.

Tabela 9. Demanda da Drenagem.

Período	Anos			
	1999	2009	2019	2048
Q (m ³ /s)	2,52	2,74	3,10	3,96
Bl's (un)	57	62	71	89
Diâmetro (mm)	1313	1354	1418	1554

Seguindo a crescente apresentada nos anos estudados a área apresentará, em 2048, crescimento de 27,74% na Vazão Máxima de escoamento, em relação ao ano de 2019, ou seja, crescimento de aproximadamente 0,95% por ano. Percentualmente podem ser valores de baixa significância, porém eles representam acréscimo de 1 (uma) unidade de boca de lobo a cada 1



ano e 7 meses. O diâmetro máximo da tubulação apresenta crescimento percentual menor, de cerca de 9,51% entre 2019 e 2048.

Souza (2013) expõe a realidade brasileira, aonde normalmente os sistemas de drenagem têm sido implantados apenas quando iniciam os problemas localizados de alagamentos, não havendo avaliação prévia de sua necessidade, no que se refere as instalações de bocas de lobo, principalmente.

Nos cenários estudados a crescente do número de bocas de lobo é um dos fatores mais preocupantes em relação ao déficit que o sistema de drenagem irá apresentar ao longo do tempo. O sistema mostrou estar aquém das necessidades de recolher as águas das chuvas, então essas águas que não serão absorvidas pelas bocas de lobo geram os pontos de alagamentos na localidade.

Conclusões

A conclusão deste estudo de caso, com o objetivo de analisar o impacto do crescimento urbano no sistema de drenagem urbana, contribui para afirmar que a área do estudo apresentou, durante o período estudado, crescimento urbano, quando comparada as taxas de uso e ocupação do solo urbano.

Os resultados mostram aumento de área construída de cerca de 20% a cada intervalo de 10 anos, e conseqüentemente redução na área gramada de 17% no primeiro intervalo, 1999 a 2009, e de 23% no segundo, 2009 a 2019. Além da troca, quase que por total, do tipo pavimentação utilizada para asfalto, totalizando 76% da superfície de estradas com esse pavimento, que representou crescimento de 260% do revestimento asfáltico na área estudada.

Devido ao processo de urbanização, que é caracterizado neste estudo pela impermeabilização das superfícies. Há o aumento do coeficiente de escoamento superficial e, por conseqüência, o aumento da vazão máxima escoada, das unidades de bocas de lobo e diâmetro de tubulação foram, respectivamente, 23%, 25% e 8%.

Por isso, a importância do Plano Diretor Municipal estar alinhado as políticas relacionadas aos sistemas de drenagem urbana. O Plano deve ser considerado um dos



integrantes dos sistemas de drenagem, e qualquer alteração, principalmente as relacionadas a taxa de ocupação e permeabilidade, impactam de maneira expressiva o sistema existente.

Esse é um fator crucial ao desenvolvimento das cidades, já que com essas informações é possível determinar, no planejamento do Sistema de Drenagem Urbana, o prazo de eficiência do sistema implantado e quando serão necessárias ampliações. É plausível a utilização dos dados para criar ciclos de trabalhos de ampliação do sistema e, além disso, se será necessário a compensação do sistema tradicional com outras medidas mitigatórias, que tratam a chuva no local que ela precipita.

Referências Bibliográficas

4OITO, Redação - Jornal. Em Cocal do Sul, R\$ 2 milhões de prejuízos: Cálculo refere-se aos danos no município com o temporal do começo do mês. **4OITO**, Cocal do Sul, 14 fev. 2019. Disponível em: <<https://www.4oito.com.br/noticia/em-cocal-do-sul-r-2-milhoes-de-prejuizos-10639>>. Acesso em: 09 nov. 2019.

American Society of Civil Engineers. **Design and construction of Urban Stormwater Management Systems**. Disponível em: https://www.waterboards.ca.gov/losangeles/water_issues/programs/stormwater/municipal/AdminRecordOrderNoR4_2012_0175/2001LAMS4_AR/Items%20532%20to%20553_reduced.pdf. Acesso em: 07 set. 2019.

BACK, Álvaro José. **Chuvas intensas e chuva para o dimensionamento de estruturas de drenagem para o estado de Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 2013. 193 p.

BRASIL. IBGE. Censo Demográfico, 2019. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sc/cocal-do-sul/panorama>. Acesso em: 27 out. 2019.

CANÇADO, Vanessa Lucena. **Consequências Econômicas Das Inundações E Vulnerabilidade: Desenvolvimento de metodologia para avaliação do impacto nos domicílios e na cidade**. 2009. 394 f. Monografia (Especialização) - Curso de Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

CETESB. **Drenagem Urbana: Manual de Projeto**. 3. ed. São Paulo: Ascetesb, 1986. 464 p.

Federal Highway Administration (FHWA). **Urban Drainage: Design Manual**. 3. ed. Washington: U.s. Department Of Transportation, 2013. 478 p. FHWA-NHI-10-009 HEC-22. Disponível em: <https://www.fhwa.dot.gov/engineering/hydraulics/pubs/10009/10009.pdf>. Acesso em: 23 out. 2019.

COCAL DO SUL. DEFESA CIVIL DE COCAL DO SUL. **Cocal do Sul decreta situação de emergência após enxurrada**. Disponível em:



<https://www.cocaldosul.sc.gov.br/noticias/index/ver/codMapaItem/6245/codNoticia/534613>. Acesso em: 09 nov. 2019.

CHUVA causa deslizamentos em Urussanga e deixa ruas alagadas em Cocal do Sul. **SULINFOCO**, Cocal do Sul, 24 dez. 2017. Disponível em: <https://www.sulinfoco.com.br/chuva-causa-deslizamentos-em-urussanga-e-deixa-ruas-alagadas-em-cocal-do-sul/>. Acesso em: 09 nov. 2019.

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Diretrizes Básicas para Elaboração de Est. e Proj.- VERSÃO FINAL - Parte I**. 2006. Disponível em: ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/manuais/documentos/726_diretrizes_basicas-escopos_basicos-instrucoes_de_servico.pdf. Acesso em: 01 nov. 2019.

LOURENÇO, Rossana. Sistemas Urbanos de Drenagem Sustentáveis. 2014. 145 f. **Dissertação (Mestrado)** - Curso de Engenharia Civil, Instituto Politécnico, Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, Coimbra, 2014.

MATOS, José de Saldanha. Aspectos Históricos e Actuais da Evolução da Drenagem de Águas Residuais em Meio Urbano. **Engenharia Civil, Lisboa**, v. 5, n. 16, p.13-23, jan. 2003. Disponível em: <http://www.civil.uminho.pt/revista/revistas/16>. Acesso em: 13 abr. 2019.

PARANÁ. **Plano diretor de drenagem para a bacia do rio Iguaçu na região metropolitana de Curitiba**. Governo do estado do Paraná, 2002. Disponível em: <http://www.aguasparana.pr.gov.br/pagina-265.html>. Acesso em: 09 nov. 2019.

SANTA CATARINA. **Recursos Hídricos De Santa Catarina. Gerência de Planejamento de Recursos Hídricos-** GEPHI. Florianópolis, ANO. Disponível em: <http://www.aguas.sc.gov.br/base-documental/bacias-hidrograficas-do-estado>. Acesso em: 03 jun. 2019.

SÃO PAULO, FCTH. **Diretrizes básicas para projetos de drenagem urbana no município de São Paulo**. Prefeitura do Município de São Paulo, 1999. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/obras/normas_tecnicas/index.php?p=31338 Acesso em: 03 jun. 2019.

SÃO PAULO (cidade). Secretária Municipal de Desenvolvimento Urbano. **Manual de drenagem e manejo de águas pluviais**. São Paulo: SMDU, 2012.

REIS, Flávio. **Método Racional**. 2017. Disponível em: <https://www.hidromundo.com.br/metodo-racional/>. Acesso em: 15 out. 2019.

SC: chuva causa alagamentos e isola famílias no sul do Estado. **TERRA**, 01 fev. 2019. Disponível em: <https://www.terra.com.br/noticias/brasil/cidades/sc-chuva-causa-alagamentos-e-isola-familias-no-sul-do-estado,ed8ba21a4572b310VgnCLD200000bbcecb0aRCRD.html>. Acesso em: 09 nov. 2019.

SILVA, Joseleide Pereira da. Estudos Preliminares para implantação de trincheiras de infiltração. 2007. 155 f. **Dissertação (Mestrado)** - Curso de Engenharia Civil, Engenharia



Civil, Universidade de Brasília, Brasília, 2007. Disponível em: <http://repositorio.unb.br/handle/10482/2655>. Acesso em: 24 abr. 2019.

SILVEIRA, André Luiz Lopes da. Desempenho de Fórmulas de Tempo de Concentração em Bacias Urbanas e Rurais. **Rbrh – Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre**, v. 10, n. 1, p.5-23, jan. 2005.

SOUZA, Vladimir Caramori Borges de. Gestão da drenagem urbana no Brasil: desafios para a sustentabilidade. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, [s.l.], v. 1, n. 1, p.57-72, 27 mar. 2013. Revista GESTA. <http://dx.doi.org/10.17565/gesta.v1i1.7105>

SOUZA, Vladimir Caramori Borges de; MORAES, Luiz Roberto Santos; BORJA, Patrícia Campos. Déficit na drenagem urbana: buscando o entendimento e contribuindo para a definição. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, [s.l.], v. 1, n. 2, p.162-175, 13 nov. 2013. Revista GESTA. <http://dx.doi.org/10.17565/gesta.v1i2.7213>.

TEMPORAL provoca alagamentos em Cocal do Sul e Urussanga. **PORTAL LITORAL SUL**, Criciúma, 01 fev. 2019. Disponível em: <https://portallitoralsul.com.br/video-temporal-provoca-alagamentos-em-cocal-do-sul-e-urussanga/>. Acesso em: 09 nov. 2019.

TUCCI, Carlos E. M.; MARQUES, David da Motta. **Avaliação e controle da drenagem urbana**. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 2000. 558 p.

TUCCI, Carlos E. M. **Inundações urbanas**. In: TUCCI, C.E.M.; PORTO, R.L.L.; BARROS, M.T. Drenagem Urbana. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS. p.15-36.1995.

TUCCI, Carlos E. M.; BERTONI, Juan Carlos. Inundações Urbanas na América do Sul. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos/world Meteorologicalorganization/global Waterpartnership, 2003. 155 p. Disponível em: <https://www.cepal.org/samtac/noticias/documentosdetrabajo/5/23335/InBr02803.pdf>. Acesso em: 27 out. 2019.

VENDAVAL e chuva causam estragos em cidades de SC. **VALE ALTERNATIVO**, 24 dez. 2017. Disponível em: <https://www.valealternativo.com.br/n/7681/vendaaval-e-chuva-causam-estragos-em-cidades-de-sc>. Acesso em: 09 nov. 2019.

WILKEN, P., S. **Engenharia de drenagem superficial**, 1978, São Paulo: CETESB. 477 p.