

V SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE

METODOLOGIA PARA O DIMENSIONAMENTO DO VOLUME DE CONTENÇÃO INTRALOTE PARA O CONTROLE NA FONTE DA GERAÇÃO DE ESCOAMENTO: CASE DO DECRETO Nº 33.767/2019 DA PREFEITURA MUNICIPAL DE JOINVILLE

Robson Negri¹; Adilson Gorniack.²

RESUMO

O presente artigo tem por objetivo apresentar o método de dimensionamento para a contenção do escoamento superficial direto em lotes urbanos desenvolvido e proposto para o município de Joinville e regulado pelo Decreto nº 33.767/2019. A presente demanda teve origem na necessidade de regulamentação da Lei Complementar nº 470/2017 de Uso e Ocupação do Solo e foi sintetizada em uma equação que auxilia a determinação dos volumes a serem reservados nos lotes urbanos. A formulação matemática foi derivada do método racional, vinculado à conversão das áreas permeáveis mínimas legalmente exigidas e a real presente nos lotes urbanos, seguindo o conceito de responsabilidades pública e privada na parcela do escoamento superficial direto que acessa ao sistema público de drenagem pluvial. Como resultado destaca-se uma equação de dimensionamento geral com seu ábaco auxiliar e duas tabelas de volumes a serem reservados correlacionados as áreas dos lotes e as taxas de permeabilidade real adotadas nos projetos para Joinville.

ABSTRACT

This article aims to present the dimensioning method for the containment of direct runoff in urban plots developed and proposed for the municipality of Joinville and regulated by Decree nº 33.767 / 2019. The present demand originated from the need to regulate Complementary Law No. 470/2017 on Land Use and Occupation and was synthesized in an equation that helps determine the volumes to be reserved in urban lots. The mathematical formulation was derived from the rational method, linked to the conversion of the minimum permeable areas legally required and the real present in urban plots, following the concept of public and private responsibilities in the portion of the direct runoff that accesses the public rain drainage system. As a result, a general dimensioning equation with its auxiliary abacus and two volume tables to be reserved stand out, correlating the areas of the lots and the real permeability rates adopted in the projects for Joinville.

Palavras-Chave – Urbanização, Controle de Escoamento Superficial Urbano, Taxa de Permeabilidade.

1 Msc. Robson Negri – Professor da Católica de Santa Catarina – e-mail: robisonnegri@gmail.com

2 Msc Adilson Gorniack – Engenheiro Civil da Prefeitura Municipal de Joinville – e-mail: adilson.gorniack@joinville.sc.gov.br

INTRODUÇÃO

Em se tratando de gestão das águas urbanas, o acelerado processo de urbanização do Brasil, carente de uma regulação específica, como por exemplo, Planos de Drenagem, ou ainda, a reserva de áreas permeáveis nos lotes, têm como resultado a impermeabilização excessiva do solo, modificando o ambiente natural e, por conseguinte, o escoamento das águas das chuvas. Entre as mudanças produzidas destacam-se de forma negativa a intensificação das inundações.

Esse processo é fundamentalmente caracterizado pela substituição da vegetação em face de superfícies com maior grau de impermeabilização, seja as edificações e seus acessos no próprio lote, ou, na infraestrutura do loteamento (ruas), o que altera significativamente o ciclo hidrológico, notadamente os componentes do escoamento superficial direto, evapotranspiração e infiltração, sendo que as duas últimas diminuem e a primeira aumenta. Assim, essa substituição potencializa as inundações a jusante da área de intervenção.

Valendo-se de imagens do satélite *Landsat* e para bacias de estudo maiores que 2 Km², nas capitais São Paulo, Curitiba e Porto Alegre, Campana e Tucci (2001:114) apud Campana e Tucci (1994) estudaram a correlação existente entre área impermeável e densidade demográfica. No estudo, realizado em urbanizações de até 120.000 habitantes, cada habitante da bacia produziu cerca de 48,90 m² de área impermeável. Atualizando o estudo, tendo por base 12 bairros centrais na cidade de Porto Alegre, Filho e Tucci (2012:54) esclarecem que esse valor de 48,90 m² de área impermeável estabelecido na década de 1990 é significativamente majorado no espaço de tempo de 20 anos, passando para aproximadamente 90,00 m² por habitante.

Considerando que os lotes representam a parcela mais expressiva em termo de área impermeabilizada em relação à infraestrutura, bem alocar a água no lote na busca de conter o escoamento superficial na sua origem, é um princípio fundamental para mitigar as inundações urbanas.

Graciosa (2005:12) define esse controle como: *técnicas de controle na origem* [também denominadas, controle na fonte³, conforme São Paulo (1999:33)]

Canholli (2013:40) classifica essas técnicas em três categorias:

- Disposição no local – sistemas que promovem infiltração e percolação, tais como: valas (trincheiras - poços) e bacias de infiltração, pavimentos porosos e outros.

³ Sinônimo adotado pelos autores.

- Controle na entrada – sistema que visam restringir a entrada do escoamento superficial na rede pública de drenagem. Fazem parte dessa categoria as depressões em estacionamentos e praças, telhados verdes, cisternas.

- Detenção “*in situ*” – reservatórios **de contenção**⁴ ou áreas de reservação implantadas para controlar áreas urbanizadas restritas como condomínios (residencial e industrial) e loteamentos.

Do ponto de vista legal, o instrumento urbanístico que combate diretamente a impermeabilização excessiva do solo, é a Taxa de Permeabilidade à medida que promove a efetivação dessas técnicas.

Conforme Souza (2011), a Taxa de Permeabilidade (TP): “consiste na relação entre a área do terreno (lote ou gleba) que permite a infiltração da água, denominada superfície permeável, e a área total dele.

No nordeste do estado de Santa Catarina, encontra-se localizado o município de Joinville, com uma população de 577.077 habitantes e área de 1.125,70 Km², sendo destas aproximadamente 20% urbana e 80% rural (Joinville Cidade em Dados, 2018)⁵. Apesar dos recorrentes conflitos históricos relacionados aos eventos hidrológicos de chuvas intensas, bem como sua condição geomorfológica desfavorável ao escoamento das águas superficiais, legalmente Joinville apresenta a primeira citação conceitual ao tema, no Anexo IV do Decreto Municipal nº 27/1996 (Código de Parcelamento do Solo). Sua regulação quantitativa, no entanto, só se efetivou pela Lei Complementar nº 470/2017 (Redefine e institui, respectivamente, os Instrumentos de Controle Urbanísticos – Estruturação e Ordenamento Territorial do Município de Joinville), no seu Anexo VII.

Nessa Lei Complementar a Taxa Mínima de Permeabilidade foi definida para as categorias “urbanas” como de 20% e para as categorias “área urbana de proteção ambiental” e “rural” de 80%. Contudo, a mesma Lei permite a conversão dessa taxa mínima em áreas construídas: “A taxa de permeabilidade poderá ser convertida em sistemas de contenção de águas pluviais, conforme regulamentação específica (Art. 76, § 2º desta LC nº 470/2017).”

Essa regulamentação foi efetivada pelo Decreto nº 33.767/2019 da PMJ e o presente artigo apresenta o método que foi proposto para a definição e dimensionamento dos reservatórios de contenção, volumes armazenados, descritas nas categorias “*in situ*” e “*controle na entrada*”, aplicado no município de Joinville-SC

⁴ Negrito inserido pelos autores.

⁵ <https://www.joinville.sc.gov.br/wp-content/uploads/2018/09/Joinville-Cidade-em-Dados-2018-Ambiente-Constru%C3%ADdo.pdf>

METODOLOGIA

O conceito principal do método proposto está concentrado na forma de rateio das responsabilidades pública e privada sobre a parcela do escoamento superficial direto que acessa o sistema público de drenagem pluvial.

De modo geral, entende-se que a infraestrutura urbana deve estar preparada ou, ser adaptada estruturalmente, para receber as contribuições do escoamento superficial originário nas urbanizações regularmente autorizadas com base na Lei de parcelamento, uso e ocupação do solo, não podendo o poder público de eximir deste dever. Afinal, existem ferramentas técnicas e legais para que seja garantida a adequada implantação das infraestruturas de micro e macro drenagem no ato da aprovação e aceite dos novos parcelamentos do solo.

Baseado nisso, o poder público é responsável pela exigência e fiscalização dos sistemas implantados nos novos parcelamentos de solo, bem como pela adequação dos passivos de infraestrutura já existentes no município.

Da mesma forma, o poder legislativo e o executivo dos municípios são os responsáveis pela regulamentação das políticas de uso e ocupação do solo da urbe. Tal permissão legal confere direitos aos usuários do solo urbano, que vão muito além da simples possibilidade de estabelecer atividades econômicas ou construir nos imóveis urbanos, sendo indiretamente garantido, o acesso a infraestrutura urbana de forma integral.

Seguindo este raciocínio lógico, o escoamento superficial direto gerado e oriundo dos imóveis urbanos que atendem aos critérios de ocupação urbana previstos na lei de uso e ocupação do solo, em especial o índice de permeabilidade mínimo, não apresentam responsabilidade privada de mitigar seu efeito na infraestrutura pública que o receberá, até por que, remunera o erário através do imposto predial e territorial com o objetivo de garantir a existência e manutenção do sistema. Por outro lado, os imóveis que excedem o índice regulamentar de permeabilidade, passam a ter responsabilidade sobre a vazão excedente gerada.

Como se propõe que a estimativa seja realizada individualmente nas microbacias contribuintes, seus limites são constituídos pelas dívidas dos imóveis urbanos, sendo estes raramente maiores que os limites aceitáveis para aplicação do método racional.

Esse método tem por premissa fundamental bacias menores que 2,0 Km² Tucci (2000:539). Assim, ao se constatar que o Município possui 43 bairros e o maior (Zona Industrial Norte) com área

de 30,07 Km² distribuídos em 2.473 lotes ⁶, infere-se que a probabilidade de um lote ser maior que o limite do método racional, tende a zero (Joinville Cidade em Dados, 2019:19)⁷.

Portanto, a equação (1) foi adaptada da referida metodologia e representa adequadamente a máxima vazão efluente de escoamento superficial direto permitida para cada imóvel.

$$Q_{\text{permitida}} = \frac{[C_{\text{per}} \cdot (A_{\text{lote}} \cdot T_{\text{per leg}}) + C_{\text{imp}} \cdot (A_{\text{lote}} \cdot (1 - T_{\text{per leg}}))] \cdot i}{60.000} \quad (1)$$

Onde: Q_{mitida} – Vazão de Escoamento Superficial Máxima Permitida (m³/s); C_{per} – Coeficiente de Escoamento Superficial Permeável (-); C_{imp} – Coeficiente de Escoamento Superficial Impermeável (-); A_{lote} – Área do Imóvel Urbano (m²); $T_{\text{per leg}}$ – Taxa de Permeabilidade Legal (-); i – Intensidade da Precipitação de Projeto (mm/min);

Por outro lado, de forma autorizada (previstas em lei) os ocupantes dos imóveis podem ou não atender aos índices de permeabilidade mínimos exigidos, passando, pela filosofia proposta, a responder como responsáveis diretos pelo excedente de escoamento superficial direto gerado. A equação (2), também adaptada do método racional, representa a vazão efluente de escoamento superficial direto gerada em cada imóvel, em função de seu grau de permeabilidade real.

$$Q_{\text{gerada}} = \frac{[C_{\text{per}} \cdot (A_{\text{lote}} \cdot T_{\text{per real}}) + C_{\text{imp}} \cdot (A_{\text{lote}} \cdot (1 - T_{\text{per real}}))] \cdot i}{60.000} \quad (2)$$

Onde: Q_{gerada} – Vazão de Escoamento Superficial Gerada (m³/s); C_{per} – Coeficiente de Escoamento Superficial Permeável (-); C_{imp} – Coeficiente de Escoamento Superficial Impermeável (-); A_{lote} – Área do Imóvel Urbano (m²); $T_{\text{per real}}$ – Taxa de Permeabilidade Real (-); i – Intensidade da Precipitação de Projeto (mm/min);

A vazão permitida representa a máxima vazão efluente admissível para o lote (equação 1), sendo que quando a vazão gerada excede esta (equação 2), pode-se prever alguma medida mitigadora para que seja fisicamente regularizada, pecuniariamente compensada.

De modo geral as medidas compensatórias geralmente são calculadas em função do volume a mitigar, sendo que este pode ser estimado através da diferença entre os hidrogramas conceituais do método racional para as duas hipóteses consideradas, conforme equação (3) e (4).

⁶ Lote mínimo – área de 240,00m² Lei Complementar nº 470/2017.

⁷ <https://www.joinville.sc.gov.br/wp-content/uploads/2019/08/Joinville-Cidade-em-Dados-2019-Ambiente-Constru%C3%ADdo.pdf>

$$V_{mitigar} = (Q_{gerada} - Q_{permitida}) \cdot t_c \cdot 60 \quad (3)$$

$$V_{mitigar} = \frac{A_{lote}}{1.000} \cdot i \cdot t_c \cdot [C_{per} \cdot (T_{perreal} - T_{perleg}) + C_{imp} \cdot (T_{perleg} - T_{perreal})] \quad (4)$$

Deve-se observar que as referidas equações apresentam resultados coerentes e válidos somente se $Q_{gerada} > Q_{permitida}$, isto é, taxa de permeabilidade real menor que o valor legalmente permitido. Nos casos em que a $T_{perreal} > T_{perleg}$ tem como resultado $V = 0 \text{ m}^3$.

Ajustando matematicamente a equação (4), pode-se simplificar o equacionamento através da introdução de uma constante de ajuste para o modelo (K), conforme equação (5), sendo seu valor representado na Figura 1.

$$K = [(T_{perreal} - T_{perleg}) \cdot (C_{imp} - C_{per})] \quad (5)$$

Onde: $(T_{perreal} - T_{perleg}) = \Delta T$ e $(C_{imp} - C_{per}) = \Delta C$

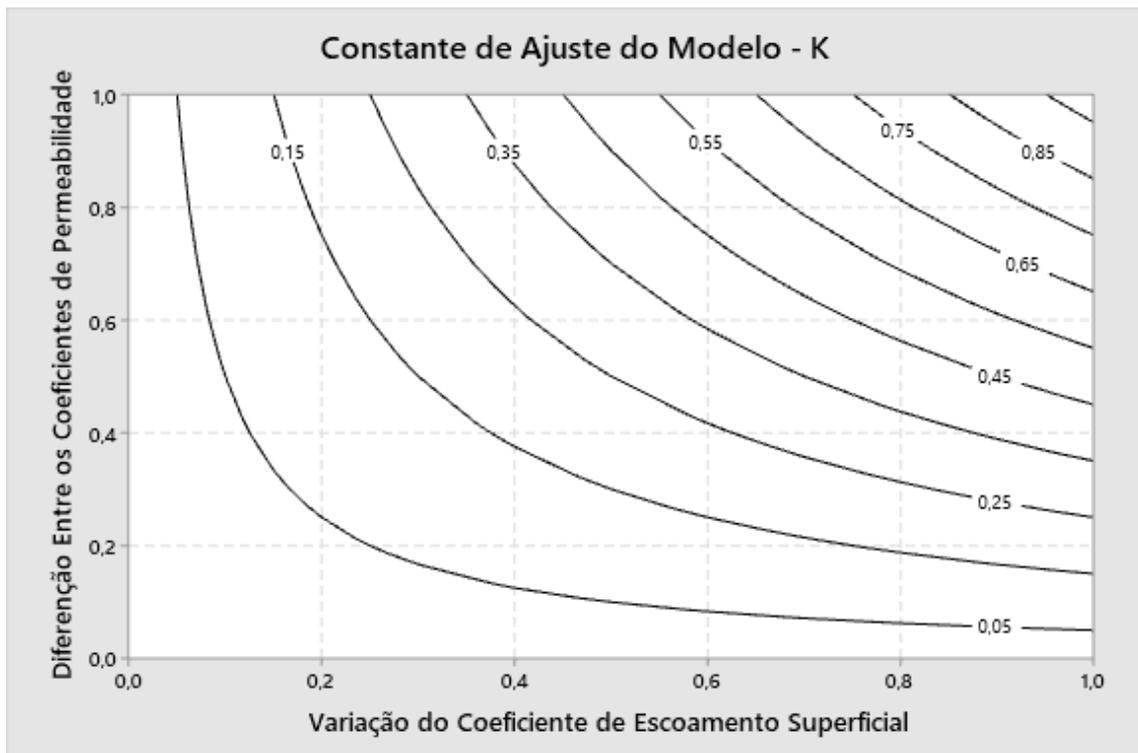


Figura 1 – Relação da constante de ajuste do modelo coma variação do Coeficiente de Escoamento Superficial e Diferença na permeabilidade Exigida e Real dos Lotes Urbanos

Por fim, o volume a mitigar pode ser estimado pela equação (6), a seguir.

$$V_{mitigar} = K \cdot \frac{A_{lote}}{1.000} \cdot i \cdot t_c \quad (6)$$

Onde: $V_{mitigar}$ – Volume a Mitigar (m^3); C_{per} – Coeficiente de Escoamento Superficial Permeável (-); C_{imp} – Coeficiente de Escoamento Superficial Impermeável (-); A_{lote} – Área do Imóvel Urbano (m^2); i – Intensidade da Precipitação de Projeto (mm/min); t_c – Tempo de Concentração (min); K – Coeficiente de Ajuste do Modelo (-).

RESULTADOS

Seguindo os preceitos previstos no artigo 76º da Lei Municipal Complementar nº 479/2017, e utilizando a metodologia proposta neste resumo técnico científico, editada pelo Decreto Municipal Regulamentador nº 33.767/2019, que prevê como medida mitigadora a implantação de reservatório individual e privado de contenção, seguido de dispositivo regulador de vazão, para os imóveis urbanos que não atendam aos índices de permeabilidade mínima previstos na citada Lei Municipal.

Cabe destacar que no referido município a redução no índice ou taxa de permeabilidade no lote é facultativo ao dono do imóvel, sendo, no entanto, compulsória a ação mitigadora.

Para o case em tela, foram considerados adequados os seguintes parâmetros, hidrológicos:

C_{per} = Coeficiente de Escoamento Superficial Permeável = 0,30

C_{imp} = Coeficiente de Escoamento Superficial Impermeável = 0,90

i = Intensidade da Chuva de Projeto (10 min, 25 anos) = 2,40 mm/min. (conforme NBR 10.844)

t_c = Tempo de Concentração = 10 min.

A legislação do Município de Joinville-SC, também prevê duas condições de permeabilidade em zonas variadas na área urbana, com índices de permeabilidade de 0,20 ou 0,80.

Com base em tais parâmetros, apresenta-se nas Tabelas 1 e 2 os volumes dos reservatórios de contenção para as condições de Joinville-SC. Perceber-se-á que se recomenda, por questões operacionais, o volume mínimo de 500 l.

Tabela 1 – Valores de Referência de Determinação do Volume de Contenção (m³) para Taxas de Permeabilidade (T_{perleg}) de 20%

Tper real	17,5%	15,0%	12,5%	10,0%	7,5%	5,0%	2,5%	0,0%
Área do lote (m²)								
240	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,518	0,605	0,691
360	0,500	0,500	0,500	0,518	0,648	0,778	0,907	1,037
400	0,500	0,500	0,500	0,576	0,720	0,864	1,008	1,152
500	0,500	0,500	0,540	0,720	0,900	1,080	1,260	1,440
600	0,500	0,500	0,648	0,864	1,080	1,296	1,512	1,728
700	0,500	0,504	0,756	1,008	1,260	1,512	1,764	2,016
800	0,500	0,576	0,864	1,152	1,440	1,728	2,016	2,304
900	0,500	0,648	0,972	1,296	1,620	1,944	2,268	2,592
1000	0,500	0,720	1,080	1,440	1,800	2,160	2,520	2,880
2000	0,720	1,440	2,160	2,880	3,600	4,320	5,040	5,760
3000	1,080	2,160	3,240	4,320	5,400	6,480	7,560	8,640
4000	1,440	2,880	4,320	5,760	7,200	8,640	10,080	11,520
5000	1,800	3,600	5,400	7,200	9,000	10,800	12,600	14,400
6000	2,160	4,320	6,480	8,640	10,800	12,960	15,120	17,280
7000	2,520	5,040	7,560	10,080	12,600	15,120	17,640	20,160
8000	2,880	5,760	8,640	11,520	14,400	17,280	20,160	23,040
9000	3,240	6,480	9,720	12,960	16,200	19,440	22,680	25,920
10000	3,600	7,200	10,800	14,400	18,000	21,600	25,200	28,800

Tabela 2 – Valores de Referência de Determinação do Volume de Contenção (m³) para Taxas de Permeabilidade (T_{perleg}) de 80%

Tper real	70,0%	60,0%	50,0%	40,0%	30,0%	20,0%	10,0%	0,0%
Área do lote (m²)								
240	0,500	0,691	1,037	1,382	1,728	2,074	2,419	2,765
360	0,518	1,037	1,555	2,074	2,592	3,110	3,629	4,147
400	0,576	1,152	1,728	2,304	2,880	3,456	4,032	4,608
500	0,720	1,440	2,160	2,880	3,600	4,320	5,040	5,760
600	0,864	1,728	2,592	3,456	4,320	5,184	6,048	6,912
700	1,008	2,016	3,024	4,032	5,040	6,048	7,056	8,064
800	1,152	2,304	3,456	4,608	5,760	6,912	8,064	9,216
900	1,296	2,592	3,888	5,184	6,480	7,776	9,072	10,368
1000	1,440	2,880	4,320	5,760	7,200	8,640	10,080	11,520
2000	2,880	5,760	8,640	11,520	14,400	17,280	20,160	23,040
3000	4,320	8,640	12,960	17,280	21,600	25,920	30,240	34,560
4000	5,760	11,520	17,280	23,040	28,800	34,560	40,320	46,080
5000	7,200	14,400	21,600	28,800	36,000	43,200	50,400	57,600
6000	8,640	17,280	25,920	34,560	43,200	51,840	60,480	69,120
7000	10,080	20,160	30,240	40,320	50,400	60,480	70,560	80,640

8000	11,520	23,040	34,560	46,080	57,600	69,120	80,640	92,160
9000	12,960	25,920	38,880	51,840	64,800	77,760	90,720	103,680
10000	14,400	28,800	43,200	57,600	72,000	86,400	100,800	115,200

Por fim, as equações, os parâmetros, bem como as tabelas 1 e 2 estão contempladas no Anexo I do Decreto Municipal nº 33.767/2019 que regulamenta a conversão da parcela do escoamento superficial nos casos em que a taxa de permeabilidade mínima é excedida, de sorte a bem servir, como ferramenta facilitadora no dimensionamento dessas parcelas nos projetos aportados no município, tanto no sentido do trabalho dos engenheiros e arquitetos, como também, no tempo de análise técnica na esfera pública.

CONCLUSÃO

O presente artigo constatou que os impactos da falta de regulamentação relacionada à gestão das águas pluviais urbanas, em todos os seus aspectos, apresentam-se tão relevantes quanto as políticas de uso e ocupação do solo urbano, e estando diretamente vinculados a estas. A concessão de permissões de uso e ocupação prevista em Lei, de modo mais amplo, conferem aos cidadãos direitos frente as infraestruturas disponíveis, sendo que o município passa, indiretamente a garantir.

O sistema de contenção e regulação do escoamento diretamente na fonte geradora representa uma solução viável tecnicamente e economicamente, tanto para o interesse público quanto o privado. A principal questão, que merece uma discussão ampla, envolve a adequação da representação social nas tomadas das decisões, bem como os limites da responsabilidade pública e privada sobre a geração do escoamento superficial direto. A falta da consolidação na sociedade deste conceito motiva divergências entre os técnicos representantes do setor público e os interesses privados, levando ao insucesso da aplicabilidade das regulamentações legais.

Especificamente relativo ao município de Joinville verifica-se que a questão da gestão das águas urbanas, seja no controle do escoamento superficial direto, ou ainda, na simples regulação do percentual da taxa de permeabilidade e, por conseguinte, áreas de infiltração, ficou negligenciada pelas políticas públicas de planejamento urbano. Tal afirmação é de fácil verificação, bastando um olhar temporal na falta de quantificação da taxa de permeabilidade citada no Decreto Municipal nº 27/1996, a qual, só foi possível de quantificação a partir do disposto na Lei Complementar nº 470/2017.

Contudo, tanto a LC quanto o Decreto de sua regulamentação em “case”, são marcos importantes na evolução da legislação e do controle do escoamento superficial direto no município, cabendo a evolução dos estudos nesse sentido, de forma a estruturar ferramentas de gestão e prevenção de passivos relacionados a insuficiência estrutural dos serviços públicos.

REFERENCIAS

- ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). **Instalações prediais de águas pluviais**. NBR 10.844 de dezembro de 1989.
- CAMPANA, N. A. e TUCCI, C. E. M. *Predicting floods from urban development's scenarios: Case study of the Diluvium basin*, Porto Alegre, Brazil. In. Urban Water, Oxford. v. 3 n. 2, 2001. Pp. 113-124.
- CANHOLI, Julio F. **Medidas de controle in situ do escoamento superficial em áreas urbanas: análise de aspectos técnicos e legais**. Dissertação de Mestrado da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental. São Paulo. SP. 2013. 167.p.
- FILHO, Frederico C. M. M., TUCCI, Carlos E. M. **Alteração na relação entre densidade habitacional x área impermeável: Porto Alegre - RS**. In. Revista de Gestão de Águas da América Latina, v. 09, n. 1 (Porto Alegre). Pp. 49-55, jan/jun. 2012.
- GRACIOSA, Melissa C. P., **Trincheiras de Infiltração como metodologia alternativa em drenagem urbana: modelagem experimental e numérica**. EESC-USP. São Carlos. 2005,
- JOINVILLE. **Zoneamento, uso e ocupação do solo**. Lei Complementar Nº 027/1996. Acesso sitio: Prefeitura Municipal de Joinville. SC. 2020.
- JOINVILLE. **Redefine e institui, respectivamente, os Instrumentos de Controle Urbanístico – Estruturação e Ordenamento Territorial do Município de Joinville, partes integrantes do Plano Diretor de Desenvolvimento Sustentável do Município de Joinville e dá outras providências**. Lei Complementar Nº 470/2017. Acesso sitio: Prefeitura Municipal de Joinville. SC. 2020.
- JOINVILLE. **Regulamenta a implantação de mecanismos de contenção de águas pluviais para o processo de conversão da taxa de permeabilidade prevista no art. 76, da Lei Complementar nº 470, de 09 de janeiro de 2017**. Lei Complementar Nº 33.767/2019. Acesso sitio: Prefeitura Municipal de Joinville. SC. 2020.
- SÃO PAULO. **Diretrizes Básicas para Projetos de Drenagem Urbana do Município de São Paulo**. Edição Eletrônica. (1999:33)
- SOUZA, Marcelo L. **Mudar a Cidade: uma introdução crítica ao planejamento e gestão urbanos**. 8º Edição. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.
- TUCCI, Carlos E. M., “Hidrologia, ciência e aplicação” in: **Precipitação**. Porto Alegre: EDU, 2000. p. 243 - 249