

AS CHEIAS EM IÇARA: VERIFICAÇÃO DA DRENAGEM EXISTENTE ESTUDO DE CASO.

Gustavo Meller Casagrande (1), Nestor Back (2).

UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense

(1) gustavomeller@gmail.com (2) nrbk@unesc.net

RESUMO

O objetivo deste estudo é verificar a seção adequada do canal, para atender a vazão no período de cheias na cidade de Içara, Santa Catarina. Para atingir este propósito foram utilizados três métodos: o método racional para elaboração dos cálculos (indicado para calcular a vazão para áreas menores que 3Km²), a equação de Manning (para calcular o diâmetro da tubulação e assim encontrar a área necessária), e a consideração de chuvas intensas (ajustadas com parâmetros para o município de Içara – SC, para o cálculo das chuvas máximas). Nesta última fórmula foram utilizados períodos de retorno de 2, 5, 10 e 50 anos. Por meio dos cálculos e das medições a campo foi possível encontrar a vazão máxima, que mostrou o diâmetro indicado para ser utilizado na tubulação e fazer uma comparação com o canal existente. Os valores de área encontrados ao final do estudo são considerados apropriados para amenizar o problema das enchentes. Os resultados são apresentados por meio de tabelas e gráficos, apontando que de fato as canalizações já existentes não suportam a vazão nos períodos de enchentes, sendo indicadas hipóteses que poderiam vir a sanar o problema no município.

Palavras-Chave: Içara; Vazão; Drenagem.

1. INTRODUÇÃO

As cidades brasileiras nas últimas décadas tiveram seu crescimento acelerado, especialmente nas últimas três décadas, onde o êxodo rural foi uma constante e nas cidades ocorreu a maior concentração desta população. Sabe-se que no Brasil um dos grandes e graves problemas sempre foi a falta de planejamento urbano, o crescimento exacerbado, a ocupação do solo e espaço de maneira desordenada. Fatos que tem contribuído para a crescente problemática relacionada a cheias, tendo sua biodiversidade natural destruída no ato da construção e ocupação irregular e acelerada.

Em Içara a problemática não foi diferente. Situada no sul de Santa Catarina, o município é um dos que mais cresce em termos populacionais na Região carbonífera da AMREC. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), sua população estimada em 1991 era de 38.095 habitantes e hoje é de 53.998

habitantes e faz limite com Criciúma, Jaguaruna, Araranguá, Morro da Fumaça, Sangão e Balneário Rincão.

Com este aumento populacional, obteve-se recorrentes alagamentos, especialmente na região central da cidade. O que antes era um belo rio, hoje é somente um canal que vez ou outra mostra para a população que mesmo drenado, mesmo desviado, seu leito ainda espera por uma solução. O problema não é recente para a cidade, mas por ser uma situação muito ocorrente na região, as primeiras administrações públicas drenaram o Rio Içara. Por conta própria, alguns proprietários de terrenos também contribuíram com a drenagem.

Na última década, com a expansão da construção civil, novos edifícios, casas e pavimentações ganharam as ruas. Alguns prédios e casas foram construídos em cima do canal, o que agravou ainda mais o problema das cheias.

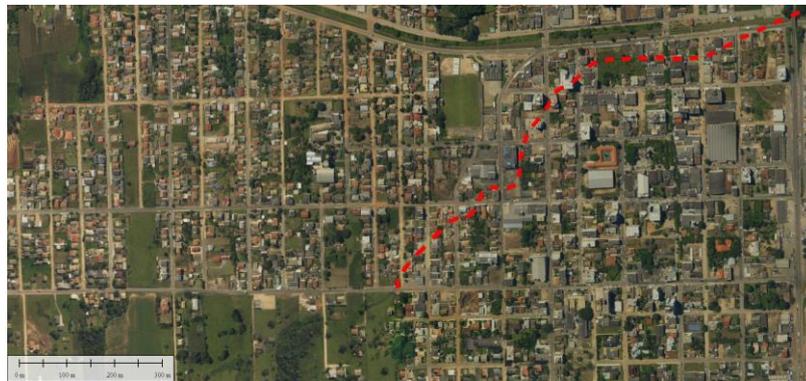
Conforme Back (2013), no livro “Chuvas intensas e chuva para dimensionamento de estruturas de drenagem para o Estado de Santa Catarina”, será possível primeiramente calcular a intensidade da chuva, para depois, através do método racional, calcular as vazões máximas e dimensão de todo o canal, em trechos. Podendo, dessa forma, verificar e responder a seguinte pergunta: “Qual a seção ideal que o canal deve possuir para evitar o problema das cheias no município de Içara?” Para isso, definiu-se como objetivo geral: dimensionar através de cálculos o valor da seção dos canais, para que a mesma seja de fato considerada uma obra eficaz, ou seja, que não cause mais alagamentos na cidade.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para realizar a seguinte pesquisa, foi necessária uma saída de campo, iniciada no dia 15/09/2016, para fazer as devidas medições dos canais e tubulações existentes. Ficou-se constatado que haviam várias seções diferentes. A seção que se inicia ao sul, na rua 7 de Setembro tem uma entrada 1,45x1,10m, percorrendo um caminho de aproximadamente cinco metros, deste ponto em diante passa a ser duas tubulações de 1 m de diâmetro cada. Esta tubulação tem 424 m de extensão e percorre pelo Centro, chegando na rua Vitória onde ela desagua em um canal de 2,10x1,50m que possui 725 metros de extensão percorrendo um trecho como um canal aberto e passando por baixo de casas, edifícios, ruas e empreendimentos comerciais desaguando no Rio Içara, através de tubos, próximo ao viaduto da SC-445, Rodovia

Paulino Búrigo. A figura 1 apresenta todo o caminho percorrido pelo canal do trecho sul.

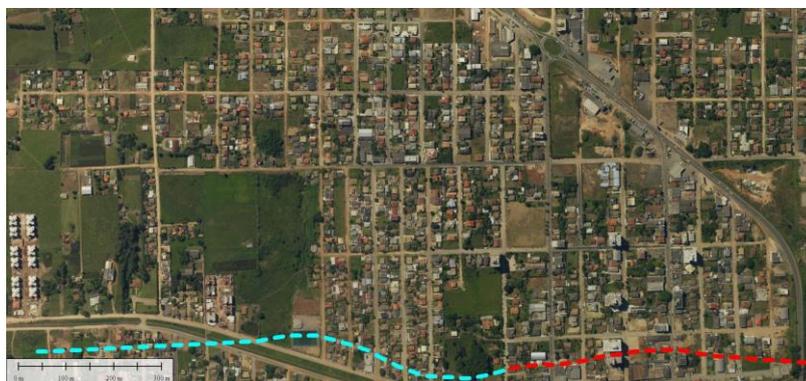
Figura 1: Trecho sul da drenagem existente.



Fonte: Do autor/2016 (software GlobalMapper)

No trecho norte, há uma tubulação de um metro de diâmetro que começa na Avenida Procópio Lima próximo ao Residencial Santo Expedito com um quilômetro de extensão, seguindo pela mesma avenida desaguando na rua Januário Borges em uma galeria de 2,50x2,50m com 626 m de extensão. Esta galeria também passa por baixo de casas e prédios e desagua no Rio Içara. Por isso, foi necessário dividir a mesma em quatro pontos de referência diferentes, achando por métodos matemáticos a vazão de pico máxima para cada um deles. A figura 2 apresenta todo o caminho percorrido pelo canal do trecho norte.

Figura 2: Trecho norte da drenagem existente.

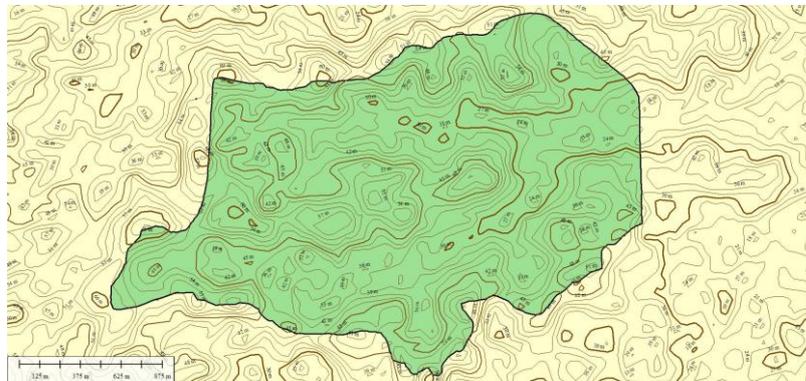


Fonte: Do autor/2016 (software GlobalMapper)

O acesso ao mapa de curvas de nível foi possível com o auxílio do software Global Mapper e com as aerofotografias do município fornecidas pela Prefeitura de Içara, assim delimitando a bacia de contribuição avaliada e também encontrando sua área, conforme a figura 3.

O Global Mapper é um software de geoprocessamento com diversas funcionalidades. O programa exibe os mais populares formatos de vetores e dados de elevação. Por meio dele, é possível converter, editar, imprimir, registrar trilhas GPS, permitindo que o usuário desfrute de toda a funcionalidade SIG de sua base de dados.

Figura 3: Curvas de nível e bacia de contribuição delimitada.

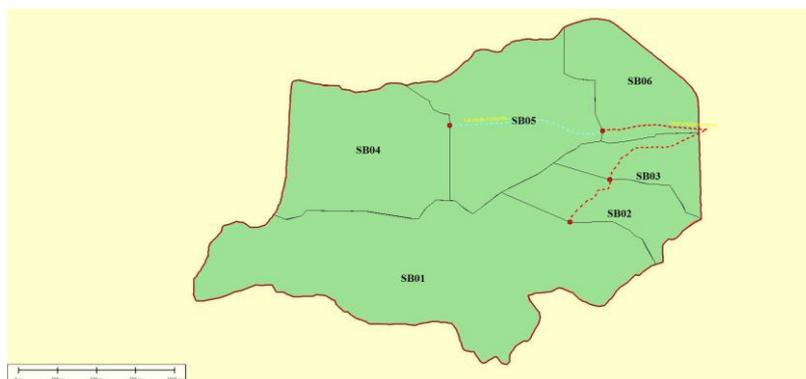


Fonte: Do autor/2016 (software GlobalMapper)

A bacia possui uma área de 4,42Km² de contribuição.

Como a drenagem existente faz troca de seções em determinados pontos, dividiu-se a bacia de contribuição em seis sub-bacias, com a finalidade de obter valores mais precisos, para assim encontrar a vazão máxima em cada ponto.

Figura 4: Sub bacias e pontos definidos



Fonte: do autor/2016 (software GlobalMapper)

Através do software foi possível encontrar a área de cada sub-bacia e delimitar os comprimentos de talvegues, procurando traçar em cima do canal do rio já existente. Os dados estão demonstrados na tabela a seguir:

Tabela 1: Dados das Sub-Bacias.

Bacias	Comprimento do talvegue (m)	Área (Km ²)	Declividade (m/Km)
1	2612	1,76	9,2
2	424	0,343	7,1
3	725	0,254	6,9
4	1323	0,823	13,6
5	1000	0,797	8
6	626	0,439	6,4

Fonte: Do autor/2016.

A vazão máxima foi estimada pelo método de racional ou Lloyd-Davies (1850), que é indicado para a determinação de projeto para estruturas hidráulicas em pequenas bacias, ou seja, área de drenagem inferiores a 3km² (300ha), ou quando seu tempo de concentração for inferior a uma hora. Neste método a vazão máxima é calculada empregando a equação 1:

$$Q = C * I * A / 360 \quad \text{Equação (1)}$$

Onde:

Q= vazão de pico em m³/s;

C= coeficiente de escoamento superficial varia de 0 a 1;

I= intensidade media da chuva em mm/h;

A=área da bacia em ha.

Para calcular o coeficiente de escoamento superficial da bacia é necessário levar em consideração alguns fatores físicos como o nível de impermeabilização da região, tipo de solo e sua ocupação, a intensidade da chuva incidente na bacia, entre outros. Para maior facilidade de uso, este coeficiente foi convencionado de acordo com o tipo de utilização do solo (PORTO, 1995).

O mesmo pode ser calculado através do estudo da área impermeável de cada sub bacia.

$$C = 0,05 + 0,009 * AI \quad \text{Equação (2)}$$

Onde:

C= coeficiente de escoamento superficial varia de 0 a 1;

AI=área impermeável em porcentagem.

A área impermeável foi delimitada através da leitura da imagem, assim analisa-se a área de cada sub-bacia e delimita-se a área urbana, para assim encontrar a área impermeável, que está demonstrada na tabela 2.

Tabela 2: Área impermeável de cada sub-bacia.

Sub-Bacias	Área impermeável (Km ²)	Área total (Km ²)	AI (%)
1	0,336	1,76	19
2	0,297	0,343	87
3	0,179	0,254	70
4	0,097	0,823	12
5	0,569	0,797	71
6	0,318	0,439	72

Fonte: Do autor/2016.

Com os dados da Tabela 2 calcula-se o valor do coeficiente de escoamento superficial, utilizando a equação 2. Os valores estão apresentados na Tabela 3, para cada sub-bacia.

Tabela 3: Coeficiente de escoamento superficial.

Sub-Bacias	C
1	0,23
2	0,84
3	0,69
4	0,17
5	0,70
6	0,71

Fonte: Do autor/2016.

O estudo das precipitações máximas é um dos caminhos para conhecer a vazão de enchente de uma bacia. Além disso, o dimensionamento de uma obra de drenagem urbana deve proporcionar segurança efetiva à população, bem como a aplicação justa dos recursos públicos. Devido a isso, é necessário eficácia e precisão na hora da elaboração dos cálculos e na escolha da chuva de projeto e de seu período de retorno, pois a definição desses critérios estipulará o risco da obra (TUCCI, 2001).

Observando os dados de precipitação conclui-se que quanto maior a duração da chuva, menor será a sua intensidade. Nota-se que os maiores valores de intensidades são menos frequentes. Estas relações podem ser transformadas em curvas de

intensidade-duração com determinada frequência visualizadas na figura 6 e podem ser expressas por equações que relacionam os três aspectos da chuva intensidade-duração-frequência (BACK, 2013). A mesma apresentada por Back (2013), conforme a Equação 3:

$$i = K * \frac{Tr^m}{(tc + b)^n} \quad \text{Equação (3)}$$

Onde: i = intensidade da chuva em mm/h;

K , b , m e n = coeficientes adimensionais;

Tr = período de retorno em anos;

Tc = tempo de concentração em minutos.

A equação acima foi ajustada com base na equação de chuvas intensas de Içara – SC, indicada por Back (2013) como mostrada na equação 4:

$$i = 722,90 * \frac{Tr^{0,174}}{(tc+8,95)^{0,70}} \text{ para } 5 < tc < 120 \text{ min} \quad \text{Equação (4)}$$

O período de retorno é entendido como o tempo no qual um determinado evento hidrológico pode ser igualado ou excedido em um ano qualquer, logo, o profissional responsável pela escolha do mesmo, deve estar atento e ciente de sua responsabilidade ética e de segurança, tendo em vista que a escolha do período de retorno da tormenta de projeto significa a escolha de um risco aceitável para a obra desejada (PORTO, 1995).

Na figura 5 são apresentados alguns valores de período de retorno recomendados para diferentes tipos de obras hidráulicas.

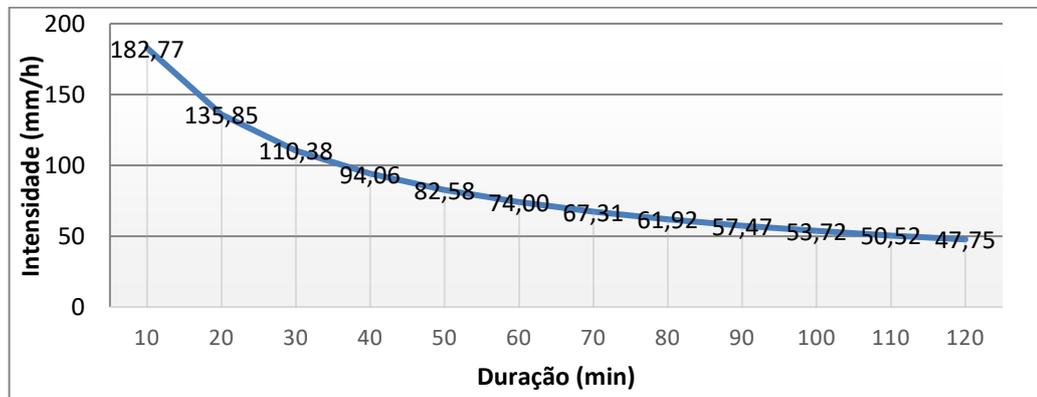
Figura 5: Tabela período de retorno.

Tipo de obra	Tipo de ocupação	T (anos)	Fonte
Microdrenagem	Residencial	2	Dae-Cetesb (1980) Porto et al. (2000)
	Comercial	5	
	Área com edifícios de serviço público	5	
	Aeroporto	2 – 5	
	Área comercial e artéria de tráfego	5 - 10	
Macro drenagem	Áreas residenciais e comerciais	50 - 100	
	Área de importância específica	500	

Fonte: Chuvas intensas e chuva para dimensionamento de estruturas de drenagem para o estado de Santa Catarina. (Back, Álvaro Jose, 2013)

Para o cálculo curva I-D-F de intensidade de chuva foi considerado chuva com duas horas de duração e com tempo de retorno de 50 anos, conforme a figura 6,.

Figura 6: Gráfico de intensidade de chuva



Fonte: do autor/2016.

O tempo de concentração é o tempo que leva para que toda a bacia considerada contribua para o escoamento superficial (Tomaz, 2002).

Nas sub-bacias 2,3,4,5 e 6 o tempo de concentração foi calculado usando a fórmula de California Culverts Practice (1942), mostrado na equação 5, desenvolvida pelo Departamento de Estradas de Rodagem da Califórnia, que diz:

$$tc = 57 * \left(\frac{L^2}{I} \right)^{0,385} \quad \text{Equação (5)}$$

Onde:

tc= tempo de concentração;

L= comprimento do talvegue, em km;

I= declividade, em m/km.

Como a sub-bacia 1 possui uma área maior de 1 km², foi utilizado a fórmula de Kirpich modificada, conforme a equação 6:

$$tc = 85,2 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0,385} \quad \text{Equação (6)}$$

Onde:

tc= tempo de concentração;

L= comprimento do talvegue, em km;

H= desnível total do talvegue, em metros.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 VAZÕES MÁXIMAS

Utilizando a equação 1 em cada sub-bacia foram obtidos os valores das vazões máximas em cada trecho. Estes valores, apresentados na Tabela 5 com um período de retorno de 50 anos, apenas demonstram o que cada área da sub-bacia está contribuindo individualmente.

Tabela 5: Valores de vazão de cada sub-bacia, $Tr=50$ anos.

Sub-Bacias	Q (m ³ /s)
1	7,22
2	12,84
3	6,48
4	4,58
5	18,67
6	11,95

Fonte: do autor/2016.

Para calcular os valores máximos de vazão basta somar os valores obtidos de vazão da sub-bacia à jusante, como as sub-bacias 1 e 4 são as primeiras da bacia de contribuição, os valores calculados anteriormente são os máximos. Porém, os valores de vazão máxima da sub-bacia 2 é a soma da vazão máxima da sub-bacia 1 mais a contribuição da sub-bacia 2. Já na 5 é a soma da sub-bacia 4 mais a contribuição da sub-bacia 5 e nas sub-bacias finais segue a mesma ideia, soma-se o valor das sub-bacias à jusante com a suas vazões de contribuição. Estes valores estão demonstrados na tabela 6.

Tabela 6: Valores de vazão total nos pontos.

Sub Bacias	Tr= 50 anos	Tr= 10 anos	Tr= 5 anos	Tr= 2 anos
	Q (m ³ /s)			
1	7,22	5,45	4,82	4,11
2	20,06	15,14	13,41	11,42
3	26,54	20,03	17,74	15,11
4	4,58	3,46	3,06	2,61
5	23,25	17,55	15,55	13,24
6	35,20	26,57	23,54	20,05

Fonte: do autor/2016.

3.2 DIMENSIONAMENTO DOS CANAIS

Uma vez encontrados os valores de vazões máximas de cada sub-bacia para cada período de retorno, calcula-se através da equação 6 a dimensão mínima de cada trecho para que os mesmos suportem toda a quantidade de água que ali passará. Para este cálculo utiliza-se uma fórmula deduzida de Manning, como demonstrado abaixo:

$$D = 1,511 * (n * Q * I^{-0,5})^{0,375} \quad \text{Equação (6)}$$

Onde:

D= diâmetro máximo, em metros;

n= coeficiente de Manning;

Q= vazão máxima, em m³/s;

I= declividade, em m/m.

Devido os canais existentes em Içara serem algumas tubulações de concreto e outros canais retangulares com paredes de blocos de pedras, foi utilizado na fórmula um coeficiente de Manning de 0,018 para as tubulações de concreto e para os canais com a base em solo com apenas as paredes blocos de pedras, um coeficiente de Manning de 0,035, para assim de fato fazer um cálculo mais preciso e parecido com o real.

De modo a analisar a qual período de retorno a atual drenagem suporta foram calculadas as vazões e as dimensões máximas para um período de retorno de 50, 10, 5 e 2 anos.

Como nas sub-bacias 1 e 4 são áreas rurais de difícil o acesso, não foi possível fazer a medição dos canais existentes, são canais de terra de dimensões variadas que foram alargados ao decorrer dos anos pelos próprios moradores, não tendo tanta relevância nos cálculos por serem pontos onde não alagam e não atrapalham a população.

Tabela 7: Valores de vazão total nos pontos para Tr 50 anos.

Q(m ³ /s)	D calculado (m)	Area calculada(m ²)	Area exis.(m ²)
7,22	2,17	1,85	-
20,06	2,61	2,67	1,65/0,785
26,54	3,74	5,48	3,15
4,58	1,70	1,14	-
23,25	2,70	2,85	0,392
35,20	3,14	4,23	6,25

Fonte: do autor/2016.

Tabela 8: Valores de vazão total nos pontos para Tr 10 anos.

Q(m ³ /s)	D calculado (m)	Area calculada(m ²)	Area exis.(m ²)
5,45	1,95	1,50	-
15,14	2,35	2,16	1,65/0,785
20,03	3,36	4,44	3,15
3,46	1,53	0,92	-
17,55	2,43	2,31	0,392
26,57	2,95	3,43	6,25

Fonte: do autor/2016.

Tabela 9: Valores de vazão total nos pontos para Tr 5 anos.

Q(m ³ /s)	D calculado (m)	Área calculada(m ²)	Area exis.(m ²)
4,82	1,87	1,37	-
13,41	2,24	1,97	1,65/0,785
17,74	3,21	4,05	3,15
3,06	1,46	0,84	-
15,55	2,32	2,11	0,392
23,54	2,82	3,13	6,25

Fonte: do autor/2016.

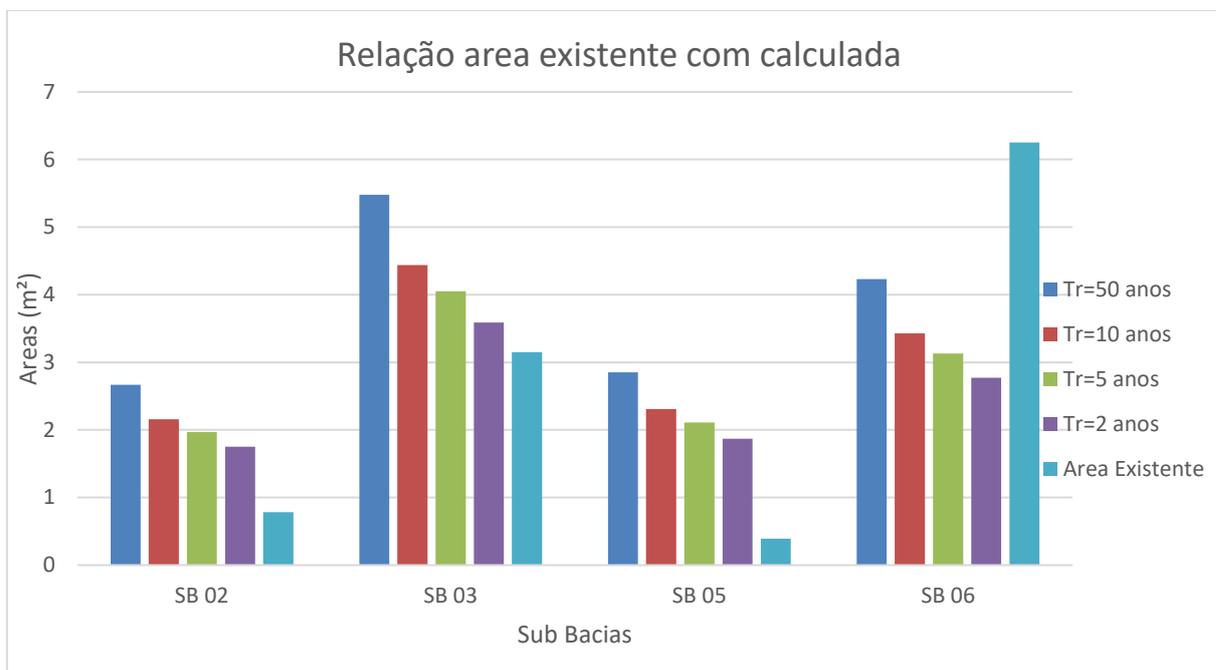
Tabela 10: Valores de vazão total nos pontos para Tr 2 anos.

Q(m ³ /s)	D calculado (m)	Area calculada(m ²)	Area exis.(m ²)
4,11	1,76	1,21	-
11,42	2,11	1,75	1,65/0,785
15,11	3,03	3,59	3,15
2,61	1,38	0,75	-
13,24	2,18	1,87	0,392
20,05	2,66	2,77	6,25

Fonte: do autor/2016.

Com os valores obtidos pelo método racional foi possível observar que para um projeto com o período de 50, 10, 5 e 2 anos apenas no trecho da sub-bacia 6, a galeria existente suporta a carga de vazão de pico e os outros trechos as dimensões calculadas ficam abaixo das existentes, ou seja, elas não suportam as cargas de chuva em dias com alta intensidade, resultando alagamentos. O gráfico abaixo representa esses dados.

Figura 6: Gráfico da relação área existente com calculada.



Fonte: do autor/2016.

Outro fator que influenciou nas últimas cheias foi que todo o bairro Cristo Rei, Raichaski, Primeiro de Maio e Centro foram pavimentados de 2014 a 2016, ou seja, o coeficiente de escoamento superficial utilizado na formula do método racional aumentou significativamente. Conforme estudos de Tucci, é possível deduzir os coeficientes de asfalto e solo compactado como mostrado na tabela 9:

Tabela 9: Valores de coeficientes para algumas superfícies

Tipo de superfície	Valor médio	C
Cimento e asfalto	0,95	0,90-0,95
Paralelepípedo	0,6	0,58-0,81
Blockets	0,78	0,70-0,89
Concreto e asfalto poroso	0,03	0,05
Solo compactado	0,66	0,59-0,079

Fonte: TUCCI, C.E.M. Coeficiente de Escoamento e Vazão Máxima de Bacias Urbanas. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, p 5.

Se fizermos uma relação entre os coeficientes de cimento e asfalto e solo compactado, ou seja, divide-se o valor médio do solo compactado pelo valor médio do cimento e asfalto, iremos ter um aumento de 31% do valor da vazão máxima, pois na formula do método racional o valor do coeficiente está diretamente relacionado. Este fato

influenciou diretamente nas enchentes, tornando-as devastadoras e fazendo com que o município decreta-se estado de emergência em 2014 e 2015.

4. CONCLUSÕES

Ao final deste trabalho verifica-se que as áreas das tubulações e canais existentes no município de Içara estão bem abaixo do ideal, como exemplo na Avenida Procópio Lima, onde houve alagamento em 11/05/2015, o canal tem 2,10x1,50 metros de seção, totalizando uma área de 3,15 m², localizado na sub-bacia 3, deveria ter no mínimo para um período de retorno de 50 anos, uma área de 5,48 m², para suportar a vazão máxima calculada. Na atual situação nem para um projeto com período de retorno de 2, 5 e 10 e 50 anos a tubulação atual seria suficiente. Somente no trecho da sub-bacia 6 o canal existente suportaria a vazão calculada. Levando em consideração também, o fato de que houveram muitas pavimentações no decorrer dos anos, alterando significativamente o coeficiente de escoamento. Este trabalho mostra que o município deve começar a pensar em uma solução para o problema, sendo ela um desvio destes rios através de canais auxiliares ou então a criação de uma bacia de retenção. Se nenhuma solução for pensada e aplicada, assim que novos episódios de altos volumes de chuvas ocorrerem, o problema das enchentes novamente voltará a aparecer, atrapalhando os moradores e causando muitos prejuízos ao município.

5. SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

- Calcular uma possível bacia de detenção do início dos rios;
- Calcular um canal para auxiliar na drenagem;
- Analisar o “porquê” que mesmo a galeria de 2,5x2,5 metros suportando a vazão calculada em períodos de chuvas intensas alaga as ruas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BACK, A. J. **Chuvas intensas e chuva para dimensionamento de estruturas de drenagem para o Estado de Santa Catarina**. Florianópolis, Epagri. 2013. 177p.

TUCCI, C. E. M.; MARQUES, D. M. L. da M. **Avaliação e controle da drenagem urbana**. 1 a ed. Porto Alegre: ABRH/Editora da Universidade/UFRGS/FINEP, 2000.

TUCCI, C.E.M. **Coeficiente de Escoamento e Vazão Máxima de Bacias Urbanas.**

Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Porto Alegre, v.5, n.1, Jan/Mar 2000.

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação.** 2a ed. Porto Alegre:

ABRH/Editora da Universidade/UFRGS, 2001.

TUCCI, C.E.M.; PORTO, R.L.L.; BARROS, M.T. **Drenagem Urbana.** Porto Alegre:

ABRH/Editora da Universidade/UFRGS, 1995.

TOMAZ, P. **Cálculos Hidrológicos e Hidráulicos para Obras Municipais:**

Piscinões, Galerias, Bueiros, Canais. Métodos SCS, Denver, Santa Bárbara,
Racional, TR-55. São Paulo: Editora Navegar, 2002.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em

<http://www.ibge.gov.br/>. Acesso em 20 setembro 2016.

GLOBAL MAPPER – Software de mapeamento. Disponível em

<http://www.bluemarblegeo.com/>. Acesso em 20 setembro 2016.