

## Geomática aplicada a drenagem urbana

### RESUMO

**Jéssica Fernanda Ogassawara**  
[ogassawarajessica@gmail.com](mailto:ogassawarajessica@gmail.com)  
[orcid.org/0000-0003-1729-591X](https://orcid.org/0000-0003-1729-591X)  
Universidade Federal de Pelotas (UFPe),  
Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil.

**Leydimere Janny Cota Oliveira**  
[leydimereoliveira@unipampa.edu.br](mailto:leydimereoliveira@unipampa.edu.br)  
[orcid.org/0000-0001-7612-8439](https://orcid.org/0000-0001-7612-8439)  
Universidade Federal do Pampa  
(UNIPAMPA), Itaqui, Rio Grande do Sul,  
Brasil.

O crescimento urbano, o uso inadequado do solo e a falta de infraestrutura, alteram o ciclo hidrológico diminuindo a infiltração da água no solo e aumentando o escoamento superficial das águas pluviais. Assim, se faz necessário conhecer a vazão máxima e a capacidade da bacia de suportá-la, visando um dimensionamento apropriado das obras hidráulicas. Um dos métodos utilizado para estimar vazões de projeto de obras hidráulicas é o Método Racional, que tem como principal parâmetro o coeficiente de escoamento superficial (C). Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi obter o valor de C para os períodos de retorno de 2, 5, 10 e 25 anos para o bairro Cohab localizado no município de Itaqui-RS, utilizando técnicas da ciência Geomática. Dessa maneira, foi realizado um levantamento planialtimétrico e posterior processamento dos dados para a geração de um Modelo Digital de Elevação (MDE), que auxiliou na obtenção da declividade. Também foram determinadas as classes do uso e cobertura do solo por meio da classificação supervisionada de uma imagem de satélite. Finalmente, os valores espacializados de C foram estimados a partir da sobreposição dos mapas de declividade e de uso e cobertura do solo, considerando os diferentes períodos de retorno em análise.

**PALAVRAS-CHAVE:** Vazão de Projeto. Escoamento Superficial. Obras Hidráulicas.

## INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o processo de urbanização nas cidades vem ocorrendo de forma acelerada e, muitas vezes, sem um planejamento adequado. Este fato, influencia na alteração do ciclo hidrológico das bacias hidrográficas, como por exemplo, a diminuição da infiltração da água na superfície e, conseqüentemente, no aumento do escoamento superficial das águas pluviais que fluem através das obras hidráulicas (MONTES; LEITE, 2009). O aumento do volume do escoamento superficial provoca o aumento da vazão de cheia dos cursos d'água, o que pode ocasionar alagamentos, podendo deixar muitas pessoas desabrigadas e gerar altos prejuízos econômicos para os municípios (PORTO, 1995; TUCCI, 2016).

O Método Racional é muito utilizado na engenharia para estimar as vazões de pico de cheias em pequenas bacias hidrográficas, especialmente, para o dimensionamento de estruturas hidráulicas, visando uma maior eficiência no sistema de drenagem urbana (THANAPURA et al., 2007). Um dos principais parâmetros deste método é o coeficiente de escoamento superficial (C) (YOUNG et al., 2009).

O escoamento superficial corresponde a parcela do ciclo hidrológico referente a locomoção das águas sobre a superfície do solo. Pois, da precipitação que atinge o solo, parte fica retida na cobertura do solo, e do excedente da água retida, parte se infiltra e a outra parte esco superficialmente (TUCCI, 2009).

Normalmente, em áreas urbanas quando ocorre a precipitação, a mesma transcorre sobre superfícies impermeáveis, acarretando no aumento do escoamento superficial e na velocidade de locomoção por condutos e canais, diminuindo o processo de infiltração e limitando a evapotranspiração e, por conseguinte aumentando o escoamento superficial (TUCCI, 2016).

Conforme Urbonas e Roesner (1992) e Tucci (2000) o C possui um valor variável devido a distribuição da precipitação, o uso do solo, a cobertura vegetal e a topografia da bacia hidrográfica. Para fins de projeto, os engenheiros geralmente utilizam valores tabelados de C, os quais são encontrados em quase todos os manuais introdutórios de hidrologia para engenharia e são incorporadas aos padrões de projeto para agências governamentais locais e estaduais (YOUNG et al., 2009).

Segundo Young et al. (2009), embora essas tabelas sejam disponíveis e amplamente utilizadas, a base empírica para os valores de C muitas vezes não é documentada. Desta maneira, a estimativa precisa deste coeficiente é de extrema importância para o dimensionamento adequado das obras hidráulicas (BIANCHI et al., 2012), visando um sistema de drenagem eficaz para garantir a segurança da população.

Novas tecnologias e melhorias nas capacidades computacionais estão sendo desenvolvidas e cada vez mais sendo utilizadas para estudos e pesquisas hidrológicas (ROSA, 2009; FAUSTINO et al., 2014), englobando a ciência denominada Geomática. Conforme Silveira (2016, p. 40):

A Geomática consiste em um campo de atividades que integra análise, apresentação, distribuição e gerenciamento de dados espaciais necessários às tomadas de decisão. Mesmo sendo um termo relativamente novo, representa a evolução dos campos de levantamento e mapeamento, reunindo atividades

tradicionais de cartografia, topografia e geodésia, com as novas tecnologias: sensoriamento remoto, sistemas de informações geográficas (SIG) e sistemas de posicionamento global por satélite (GNSS).

Os fatores citados acima influenciam na obtenção de variáveis que auxiliam no dimensionamento de obras hidráulicas com maior grau de precisão. Sendo assim, uma das técnicas utilizadas para a aquisição de resultados que assessoraram na determinação do C é o levantamento planialtimétrico através do posicionamento relativo, utilizando receptores GNSS (Sistemas Globais de Navegação por Satélite).

O levantamento planialtimétrico pode auxiliar na obtenção do Modelo Digital de Elevação (MDE) da região pretendida, sendo de suma importância para a determinação da declividade da área, que por sua vez ajudará na determinação do valor de C. Para gerar o MDE são interpolados os dados de altitude obtidos através do processamento dos dados do levantamento dentro de um ambiente SIG. Além disso é necessário a utilização de técnicas de sensoriamento remoto e ferramentas de geoprocessamento para a execução do mapa de uso do solo, dado este fundamental para os resultados finais do valor de C.

Dessa maneira, o objetivo do presente trabalho foi obter o valor de C para os períodos de retorno de 2, 5, 10 e 25 anos para o bairro Cohab localizado no município de Itaqui-RS utilizando ferramentas de geoprocessamento e levantamentos de campo. Tais parâmetros poderão servir de auxílio para a determinação da vazão máxima de projetos de drenagem urbana para a área em estudo.

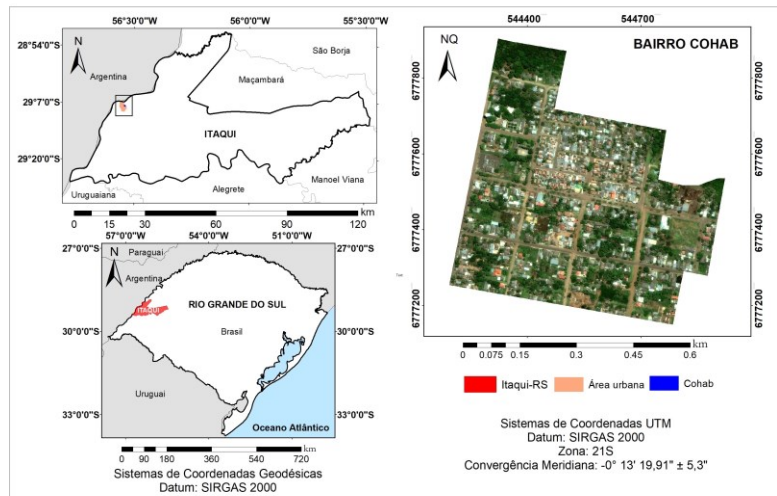
## MÉTODOS

### ÁREA DE ESTUDO

O município de Itaqui localiza-se na Fronteira Oeste do estado do Rio Grande do Sul, na divisa com a Argentina, sendo banhado pelo Rio Uruguai e tem como cidades limítrofes: Alegrete, Maçambará, Manoel Viana, São Borja e Uruguiana (Figura 1). A cidade possui uma população com 38.159 habitantes em uma área de 3.404,037 km<sup>2</sup>, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010).

Tendo em vista que a ocupação urbana em áreas declivosas está mais sujeita aos impactos ambientais decorrentes da ausência de um sistema de drenagem, a área determinada para o estudo foi o Bairro Cohab (Figura 1), região bastante acidentada dentro da área urbana do município de Itaqui, a qual é drenada pelo Rio Cambaí - afluente do Rio Uruguai.

Figura 1 – Mapa de localização do bairro Cohab no município de Itaquí-RS



Fonte: Autoria própria (2018).

## MODELO DIGITAL DE ELEVAÇÃO (MDE)

Levantamentos planialtimétricos foram realizados na região do Bairro Cohab, utilizando-se receptores GNSS Ashtech ProMark 500 de dupla frequência L1/L2 com precisão horizontal 3mm+0,5ppm e vertical 6mm+0,5ppm. Os rastreios das coordenadas tiveram duração de 5 minutos para áreas abertas e de 10 minutos para áreas onde se encontraram elementos que poderiam obstruir o sinal do receptor, como árvores e prédios, seguindo as especificações do IBGE (2008), totalizando 161 pontos levantados.

Para a realização do rastreamento das coordenadas e posterior processamento dos dados, foi utilizado como ponto de controle um vértice de centragem forçada de coordenada conhecida, obtida através de processamento via Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC). O processamento do vértice de coordenada conhecida foi realizado através da triangulação usando como base as estações de Alegrete e Cerro Largo, ambos estão englobados na Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo. O vértice se encontra na Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA) no campus de Itaquí-RS.

Para o processamento dos dados foi utilizado o software GNSS solutions versão 3.70.5 com licença livre para utilização em 30 dias, permitindo a obtenção das coordenadas geodésicas e altitudes elipsoidais dos pontos coletados. Em seguida, para maiores facilidades de cálculos, as coordenadas geodésicas foram convertidas para coordenadas planas UTM (Universal Transversa de Mercator), através do software ProGrid. As altitudes elipsoidais também foram convertidas, através do software MAPGEO2015, para altitudes ortométricas, por meio da obtenção da ondulação geoidal. Ambos os softwares, ProGrid e MAPGEO2015, são fornecidos gratuitamente pelo IBGE. Vale ressaltar que o sistema de referência geodésico adotado para todo o processamento foi o SIRGAS 2000.

Posteriormente, os dados foram interpolados para a obtenção do Modelo Digital de Elevação (MDE) da área de estudo, visando a representação do relevo

de forma fidedigna (CHAVES, 2002). Para tal processo foi utilizado o software ArcGIS 10.2.2<sup>®</sup> Environmental Systems Research Institute Inc (ESRI, 2014), utilizando o interpolador *Topo to Raster*. Pois, esse método de interpolação tem como o objetivo converter dados vetoriais em modelos hidrológicos de elevação assegurando a convergência do escoamento superficial ao longo da drenagem mapeada (CHAVES, 2002; NOGUEIRA; AMARAL, 2009).

### COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL (C)

O coeficiente de escoamento superficial C é um parâmetro essencial na equação do Método Racional, conforme pode ser observado na Equação 1. Este método é amplamente aplicado para o cálculo de vazão de cheias, também denominada de vazão de projeto.

$$Q = \frac{C.I.A}{360} \quad (1)$$

onde Q é vazão máxima de escoamento em m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>, C é o coeficiente de escoamento, I é a intensidade média máxima de precipitação em mm.h<sup>-1</sup> e A é a área de contribuição da bacia em ha.

Uma vez que o coeficiente de escoamento superficial se transforma de acordo com a urbanização da bacia o valor de C foi obtido através da avaliação do tipo de cobertura e uso do solo, declividade do terreno e tempo de retorno de 2, 5, 10 e 25 anos, conforme a Tabela 1 adaptada de Genovez (2001).

Tabela 1 – Classes do uso do solo

Superfície	Tempos de Retorno (anos)			
	2	5	10	25
Asfalto	0,73	0,77	0,81	0,86
Telhado	0,75	0,80	0,83	0,88
Gramados (cobrimento > 75% da área)				
Plano (0-2%)	0,21	0,23	0,25	0,29
Médio (2-7%)	0,29	0,32	0,35	0,39
Inclinado (>7%)	0,34	0,37	0,40	0,44
Floresta				
Plano (0-2%)	0,22	0,25	0,28	0,31
Médio (2-7%)	0,31	0,34	0,36	0,40
Inclinado (>7%)	0,35	0,39	0,41	0,45

Fonte: Adaptado de Genovez (2001).

A partir do MDE gerado, foi possível determinar a declividade da área em estudo através da ferramenta *Slope* do software ArcGIS, com a finalidade de se observar a topografia da região em questão, necessária para a determinação do coeficiente de escoamento superficial. Em seguida a declividade foi definida em

três classes segundo Genovez (2001): Plano (0 – 2%), Médio (2 – 7%) e Inclinado (acima de 7%).

Para a determinação das classes do uso e cobertura do solo foi aplicada a técnica de classificação orientada a segmentos na imagem de satélite WorldView3 (DIGITAL GLOBE, 2014) fornecida pela Prefeitura Municipal de Itaquí-RS, com resolução espacial de 30 cm. Esta classificação baseia-se no agrupamento dos pixels adjacentes da imagem em segmentos de acordo com a sua similaridade espectral (Eastman, 2016). Trata-se de uma metodologia que considera variantes geométricas e topológicas, surgindo como alternativa na obtenção de informações mais detalhadas e confiáveis, principalmente em imagens de alta resolução espacial (Alvez; Vergara, 2005).

Para tal procedimento foi utilizado o software TerrSet-IDRISI, em sua versão teste de 30 dias, onde foi aplicado as ferramentas *Segmentation*, *Segtrain* e *Segclass*, com intuito de segmentar a imagem, criar as classes pretendidas para a classificação e por fim realizar a classificação do uso do solo da imagem, respectivamente. As classificações adotadas seguiram a abordagem de Genovez (2001), conforme a Tabela 1. A precisão da classificação do uso do solo foi avaliada por meio do coeficiente Kappa (K), pois, segundo Congalton (1991), este coeficiente é adequado neste tipo de avaliação, por levar em consideração toda a matriz de confusão na resolução de seus cálculos. O coeficiente Kappa foi estimado pela Equação 2.

$$K = \frac{n \sum_{i=1}^c x_{ii} - \sum_{i=1}^c (x_{i+} \cdot x_{+i})}{n^2 - \sum_{i=1}^c (x_{i+} \cdot x_{+i})} \quad (2)$$

onde K é uma estimativa do coeficiente Kappa,  $x_{ii}$  é o valor na linha i e coluna i,  $x_{+i}$  é a soma da linha i e  $x_{i+}$  é a soma da coluna i da matriz de confusão, n é o número total de amostras e c o número total de classes.

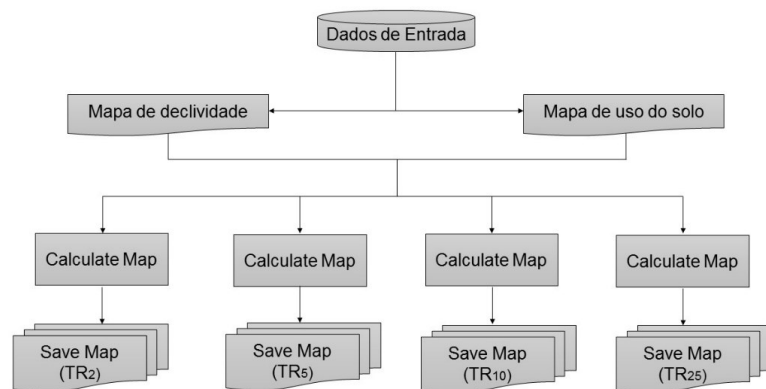
Toda imagem de satélite possui distorções sistemáticas devido ao seu processo de aquisição e por isso foi necessário realizar o georreferenciamento da imagem de satélite utilizada no estudo em questão, considerando pontos de controle obtidos através do levantamento planialtimétrico. Foram utilizados 07 pontos de controle, enquadrando-se na recomendação de que deve ser utilizado no mínimo 06 pontos, conforme Richards (1993), quando se utiliza uma equação de polinômio de 1º grau para o georreferenciamento. Vale ressaltar que os pontos de controle escolhidos devem estar bem distribuídos dentro da área de estudo, conforme pode ser observado na Figura 3, pois este fato influencia na precisão geométrica obtida através da estatística do Resíduo Médio Quadrático (RMS) (SANTOS et al., 2008). Para tal procedimento, utilizou-se a ferramenta *Georeferencing* também do software ArcGIS.

Após a obtenção dos mapas de declividade e de classificação do uso do solo para o bairro Cohab, foi realizada a sobreposição de ambos para a obtenção dos valores de C, considerando-se as classificações e os diferentes tempo de retorno. Nesta etapa, utilizou-se o software DinamicaEGO, plataforma de modelagem ambiental que possibilita a execução de modelos analíticos elaborados a partir de

dados de hipóteses (SOARES-FILHO et al., 2013), conforme o fluxograma ilustra na Figura 2.

Após serem adicionados os dados de entrada no software, foi utilizada a ferramenta *Calculate Map* para a execução dos cálculos necessários para a obtenção dos valores de C, sendo que as mesmas foram executadas sobre toda a extensão de ambos os mapas, visando a aquisição do resultado final: quatro mapas de sobreposição, sendo um para cada período de retorno em análise.

Figura 2 – Fluxograma do modelo utilizado no DinamicaEGO



Fonte: Autoria própria (2017).

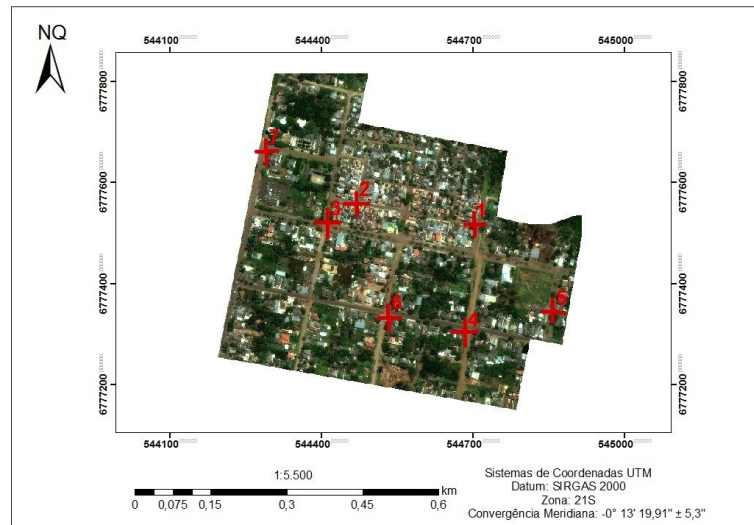
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### GEORREFERENCIAMENTO DA IMAGEM DE SATÉLITE

Os 07 pontos de controle utilizados no georreferenciamento da imagem de satélite estão apresentados na Figura 3. Observa-se que a escolha dos pontos de controle foi feita de maneira que os mesmos estivessem distribuídos em diferentes regiões da área de estudo.

Pode-se observar na Tabela 2 os pares de coordenadas dos pontos de controle (X, Y levantamento) e os respectivos valores dos pares de coordenadas na imagem (X, Y imagem), obtendo assim um residual entre ambos os pares de coordenadas, que se refere ao deslocamento dos mesmos. Também é possível observar na tabela o RMS total de 0,190m, se enquadrando na recomendação de que o RMS tolerável deve alcançar, no máximo, o valor de 1 pixel do raster, neste caso: 0,30m (MELO et al., 2015).

Figura 3 – Pontos de controle para o georreferenciamento



Fonte: Autoria própria (2017).

Tabela 2 – Classes do uso do solo

Levantamento (m)		Imagem (m)		Residual	Residual	Residual
544706,847	6777517,430	544703,329	6777516,217	-0,087	-0,707	0,112
544469,976	6777562,682	544466,081	6777560,757	-0,216	0,000	0,216
544415,110	6777520,982	544411,388	6777518,712	0,119	0,115	0,165
544415,110	6777306,714	544681,918	6777304,798	0,195	0,141	0,241
544415,110	6777344,923	544857,690	6777343,758	0,067	0,000	0,067
544537,801	6777336,384	544533,542	6777333,627	-0,224	-0,180	0,287
544291,578	6777664,831	544287,996	6777662,424	0,146	0,000	0,146
RMS total = 0,190m						

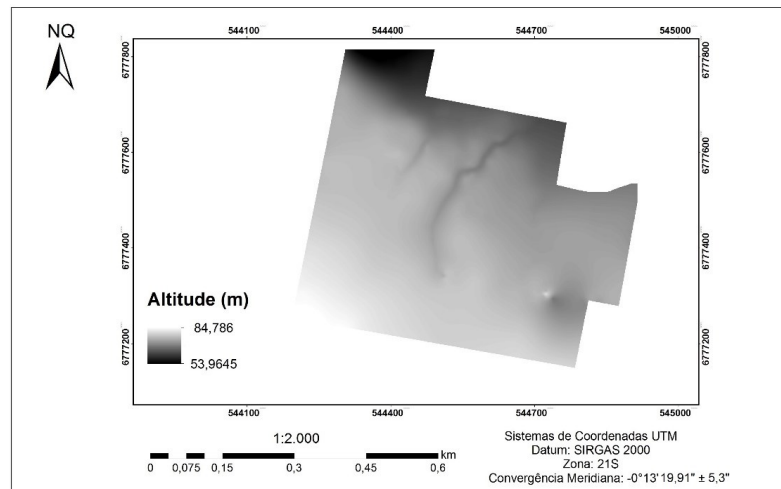
Fonte: Autoria própria (2017).

### DETERMINAÇÃO DO MODELO DIGITAL DE ELEVAÇÃO HIDROLOGICAMENTE CONSISTENTE (MDEHC)

Após o processamento dos dados obtidos através do levantamento planialtimétrico, foi possível gerar o Modelo Digital de Elevação (MDE). Posteriormente, fez-se necessário a aplicação do algoritmo *Fill* do software ArcGIS para o preenchimento das depressões espúrias (altitudes equivocadas) obtidas no processo da interpolação (ELESBON et al., 2011), pois estes elementos bloqueiam o trajeto do escoamento superficial (Hutchinson, 1989), obtendo então um Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente (MDEHC) (Figura 4).



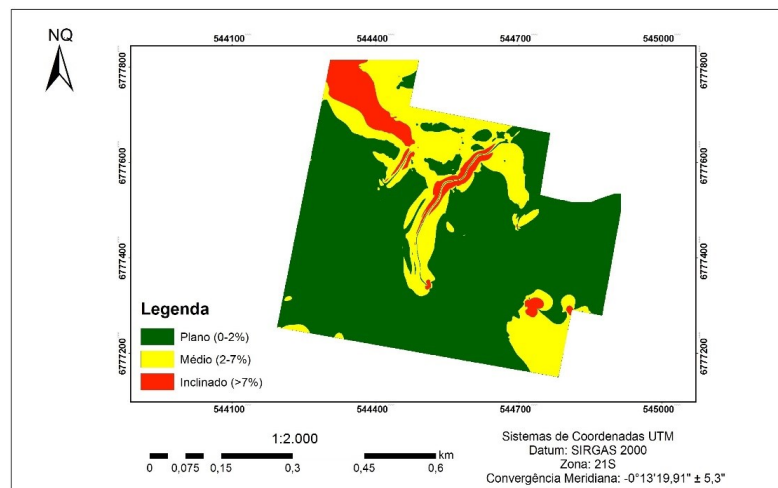
Figura 4 – Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente (MDEHC)



Fonte: Autoria própria (2017).

O MDEHC serviu de base na determinação do mapa de declividade (Figura 5) da área em estudo. Para tal processo, foi considerado as características da classificação do uso do solo, ou seja, número de linhas e colunas, coordenadas limites (X, Y) e tamanho das células, pois estas informações devem ser iguais para ambos os mapas, devido à influência no processo de sobreposição dos mesmos no software DinamicaEGO. Consequentemente, o MDEHC gerado também possui resolução espacial de 30 cm.

Figura 5 – Mapa de Declividade



Fonte: Autoria própria (2017).

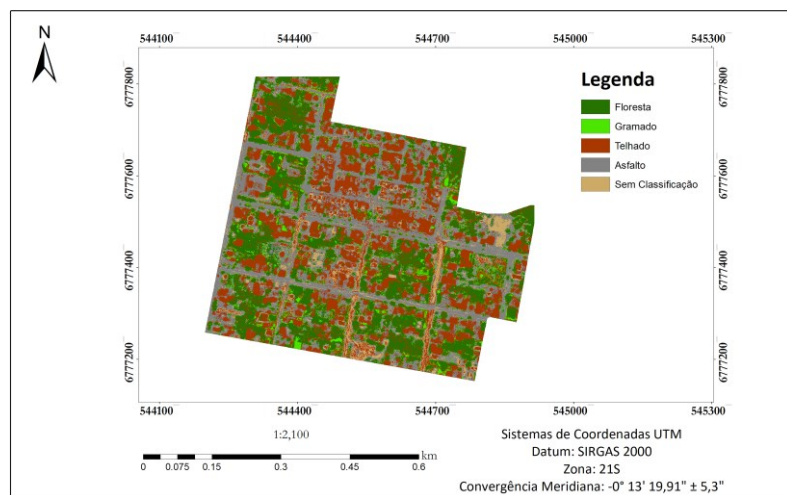
Conforme observado na Figura 4, a área em estudo possui um desnível de 30,823m com maiores altitudes na porção sul, dessa maneira esta região acaba influenciando nos fluxos de escoamento superficial a jusante. Também é analisado a predominância de áreas planas (Figura 5) na área em estudo, principalmente nas regiões com maiores altitudes, característica essa que influencia na velocidade do escoamento superficial, que por sua vez acaba tendo menos intensidade. Este fato

somado ao sistema de drenagem precário acarreta em alagamentos na região que, por conseguinte contribuem para regiões com menores altitudes.

### MAPA DO USO DE SOLO

A Figura 6 ilustra a classificação do uso do solo do bairro Cohab e a Tabela 3 apresenta os valores de área referentes à cada uma das classes encontradas. O percentual observado para a classe Floresta foi de 27,80%, representando todas as árvores presentes na região. A classe Gramado apresentou 5,65% da área total, abrangendo toda a vegetação rasteira presente na área de estudo. Já as classes Telhado e Asfalto apresentaram valores iguais a 32,71% e 26,89%, respectivamente. Sendo assim, mais de 50% da área de estudo são áreas impermeáveis que influenciam no aumento do escoamento superficial. A menor área classificada foi de 6,95% sendo identificada como áreas sem classificação. Esta classe corresponde a áreas de solo exposto e foram classificadas como sem classificação pois não se enquadravam na classificação proposta por Genovez (2001).

Figura 6 – Mapa de Classificação do uso do solo



Fonte: Autoria própria (2018).

Tabela 3 – Área correspondente à cada Classificação do uso do solo

Classificação	Área (Km <sup>2</sup> )	% da Área
Floresta	0,09	27,80
Gramado	0,11	5,65
Telhado	0,10	32,71
Asfalto	0,08	26,89
Sem Classificação	0,02	6,95
Área total	0,31	100,00

Fonte: Autoria própria (2018).

Conforme a Tabela 4, o K obtido foi de 0,6820, valor considerado como muito bom, conforme Fonseca (2000), sendo que esta classificação abrange K entre 0,6 a 0,8. Índices abaixo desta classificação são analisados como péssimos ( $K < 0$ ), ruins ( $0 < K \leq 0,2$ ), razoáveis ( $0,2 < K \leq 0,4$ ) e bom ( $0,4 < K \leq 0,6$ ). Os índices acima da classificação obtida são analisados como excelentes ( $0,8 < K \leq 1$ ). Desta maneira, podemos observar que o mapa de classificação do uso solo adquirido foi satisfatório, pois 68,20% da classificação está em concordância com os 242 pontos utilizados como referência para análise de validação.

Tabela 4 – Matriz de Confusão e Índice Kappa

Classes	1	2	3	4	5	Soma (linhas)
1) Floresta	34	8	3	0	0	45
2) Gramado	0	17	0	0	0	17
3) Telhado	2	4	84	0	17	107
4) Asfalto	0	0	4	32	8	44
5) Sem Classificação	0	2	4	5	18	29
Soma (colunas)	36	31	95	37	43	242

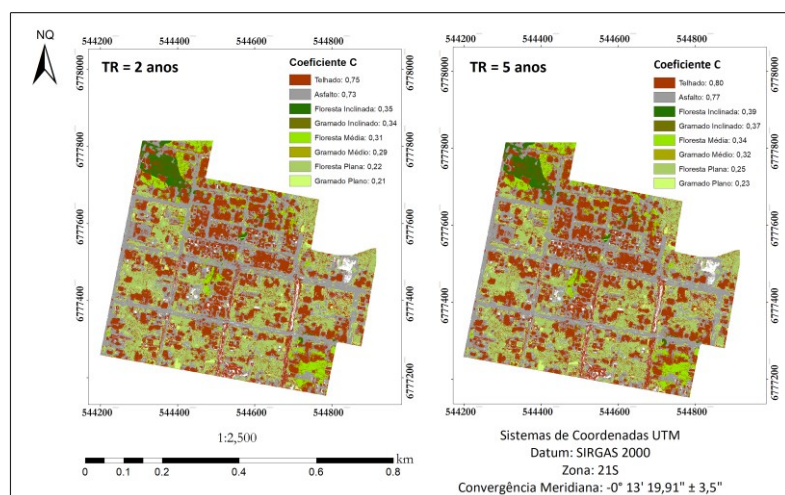
Kappa = 0,6820

Fonte: Autoria própria (2018).

### DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE ESCOAMENTO (C)

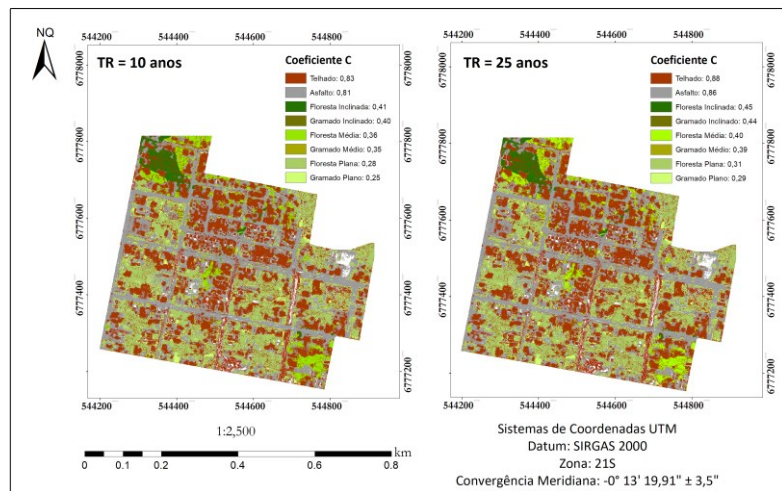
Como já mencionado anteriormente, foi necessário realizar a sobreposição dos mapas de Declividade e de Classificação do Uso do Solo para a obtenção do valor de C para cada TR em estudo, como pode ser observado nas Figuras 7 e 8.

Figura 7 – Valores de C para TR de 2 e 5 anos



Fonte: Autoria própria (2018).

Figura 8 – Valores de C para TR de 10 e 25 anos



Fonte: Autoria própria (2018).

Vale ressaltar que os mapas de sobreposição obtidos possuem a mesma classificação, conforme Genovez (2001), e o que os diferenciam são os valores de C para cada TR. Assim, os valores de C para a área em estudo em relação a cada TR pretendido, podem ser obtidos através da Tabela 2, considerando a classificação da Figura 6.

Observando as Figuras 7 e 8, é possível analisar que os valores de C aumentam para cada classificação conforme aumenta o TR, ou seja, ambos são diretamente proporcionais. Isto se dá devido ao fato de que as obras de engenharia são dimensionadas para durar vários anos e por isso acabam se expondo a um risco de que sua capacidade seja extravasada pela vazão de projeto, onde o mesmo aumenta a cada ano. Desta maneira os parâmetros que auxiliam no dimensionamento destas obras devem ser condizentes com o aumento deste risco, dando maior segurança e confiabilidade para as estruturas hidráulicas projetadas.

Após a distribuição dos valores de C na região em estudo, foi possível calcular o seu valor médio, para cada TR, considerando a contribuição de cada valor associado a uma área, realizando uma média ponderada. Os valores de C médio obtidos foram de 0,56 para um TR de 2 anos, 0,60 para um TR de 5 anos, 0,63 para um TR de 10 anos e 0,68 para um TR de 25 anos. Ressalta-se que para a área que não se enquadrava na classificação de Genovez (2001), 6,95% da área total, não foi atribuído um valor de C e por isso não foi incluído nos cálculos das médias ponderadas, pois resultava em valores inferiores aos adquiridos (aproximadamente 0,04 a cada valor), considerando então apenas as áreas classificadas (93,05%).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os prejuízos devido aos alagamentos em meios urbanos têm aumentado exponencialmente nas cidades brasileiras, reduzindo a qualidade de vida e causando danos e prejuízos econômicos para a sociedade. Basta uma chuva forte, para perceber a ineficiência das redes de drenagem, redes essas que são limitadas e que não estão preparadas para receberem um volume maior de águas pluviais.

Sendo assim, o presente trabalho buscou mostrar abordagens inovadoras que podem ser aplicadas na execução de projetos voltados à drenagem urbana, sendo estas, técnicas que englobam a ciência denominada geomática, como a topografia, geodésia, sistema de informações geográficas (SIG) e sensoriamento remoto, as quais possibilitaram a espacialização dos valores de C para área em estudo nos diferentes TR em análise.

Uma vez que na região de estudo mais de 50% da classificação de uso e cobertura do solo são compostos por áreas impermeáveis, a obtenção dos valores de C fidedignos é fundamental para o dimensionamento das obras hidráulicas, e, por isso serão realizados trabalhos futuros utilizando outros métodos de estimativa de coeficiente de escoamento superficial a fim de validar os resultados obtidos no presente trabalho.

Vale ressaltar ainda que essa validação é necessária antes da aplicação dos resultados encontrados, no entanto apesar desta limitação espera-se que a metodologia aplicada possa ser utilizada como subsídio para outros estudos.

## Geomatics applied to drainage urban

### ABSTRACT

Urban growth, inadequate land use and lack of infrastructure alter the hydrological cycle by decreasing the infiltration of water into the soil and increasing the runoff of rainwater. Thus, it is necessary to know the maximum flow and capacity of the basin to support it, aiming at an appropriate design of the hydraulic works. One of the methods used to estimate flows of hydraulic works is the Rational Method, whose main parameter is the runoff coefficient (C). In this context, the objective of this work was to obtain the value of C for the return periods of 2, 5, 10 and 25 years for the Cohab neighborhood located in the municipality of Itaquí-RS, using techniques of Geomatics science. In this way, a planialtimetric survey and subsequent data processing were carried out to generate a Digital Elevation Model (MDE), which helped to obtain the slope. The classes of land use and cover were also determined through the supervised classification of a satellite image. Finally, the spatialized values of C were estimated from the overlapping of slope maps and land use and cover, considering the different periods of return under analysis.

**KEYWORDS:** Project Flow. Surface Runoff. Hydraulic Works.

## REFERÊNCIAS

ALVES, R. de A. L.; VERGARA, O. R. Identificação de alvos urbanos em imagens Ikonos, aplicando classificação orientada a segmentos. In: **XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, p. 2573-2580, 2005.

BESKOW, S.; CALDEIRA, T. L.; MELLO, C. R.; FARIA, L. C.; GUEDES, H. A. S. Multiparameter probability distributions for heavy rainfall modeling in extreme southern Brazil. **Journal of Hydrology: Regional Studies**, v. 4, p. 123-133, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejrh.2015.06.007>.

BIANCHI, R. de C.; RIZZI, N. E.; GUIMARÃES, R. Z.; SCHECHI, R. G. Estimativa da Vazão Máxima da Bacia Hidrográfica do Rio Canguiri através do Método de Ven Te Chow. **Raega - O Espaço Geográfico em Análise**, v. 25, p. 164-185, 2012. <http://dx.doi.org/10.5380/raega.v25i0.28010>

CARVALHO, D. F. de.; SILVA, L. D. B. da. **Apostila de Hidrologia: Escoamento Superficial**. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ, 2006. Disponível em: <<http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/HIDRO-Cap7-ES.pdf>>. Acesso em: 15 de abr. 2017.

CHAVES, M. A. **Modelos digitais de elevação hidrologicamente consistentes para a Bacia Amazônica**. 2002. 113 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal), Universidade Federal de Viçosa. Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, Viçosa.

CONGALTON, R. A Review of Assessing the Accuracy of Classification Remotely Sensed Data. **Remote Sensing of Environment**, v. 37, p. 35-36, 1991. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(91\)90048-B](https://doi.org/10.1016/0034-4257(91)90048-B)

DIGITALGLOBE. **Área urbana de Itaquí**. Longmont: DigitalGlobe Incorporated, 2014. 1 imagem de satélite. WorldView-3. Res. espacial 30 cm, 08 de nov. 2014.

®ESRI. **ArcGIS for Desktop, version 10.2.2**. Environmental Systems Research Institute Inc, Califórnia, EUA, 2014.

EASTMAN, J. R. **TerrSet Tutorial**. Clark Labs. Clark University, 2016. Disponível em: <<https://clarklabs.org/download/terrset-tutorial-data/>>. Acesso em: 23 de dez. 2018.

FAUSTINO, A. B.; RAMOS, F. F.; SILVA, S. M. P. Dinâmica temporal do uso e cobertura do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Doce (RN) com base em

Sensoriamento Remoto e SIG: uma contribuição aos estudos ambientais. **Sociedade e Território**, v. 26, n. 2, p. 18-30, 2014.

FONSECA, L. M. G. **Processamento digital de imagens**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2000. 105p.

FREVERT, R. K.; SCHWAB, G.O.; EDMINSTER, T.W.; BARNES, K. K. **Soil and water conservation engineering**. 1.ed. New York: John Wiley and Sons Inc, 1963. 56p.

GENOVEZ, A. B. Vazões máximas. In: PAIVA, J. B. D.; PAIVA, E. M. C. D. (org.). **Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2001. p.33-112.

HUTCHINSON, M. F. 1989. A new procedure for gridding elevation and stream line data with automatic removal of spurious pits. **Journal of Hydrology**, v. 106, n. 3-4, p. 211-232. [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(89\)90073-5](https://doi.org/10.1016/0022-1694(89)90073-5)

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=431560>>. Acesso em: 07 de mai. 2017.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **MAPGEO2015**. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/modelo\\_geoidal.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/modelo_geoidal.shtm)>. Acesso em: 16 de out. 2016.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **ProGrid**. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/param\\_transf/default\\_param\\_transf.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/param_transf/default_param_transf.shtm)>. Acesso em: 16 de out. 2016

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Recomendações para levantamentos Relativos estáticos-GPS**. 2008. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesi/default\\_normas.shtm?c=14](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesi/default_normas.shtm?c=14)>. Acesso em: 16 de out.2016.

KUMAR, R.; CHATTERJEE, C. Regional flood frequency analysis using L-moments. **Journal of Hydrologic Engineering**, v. 10, n. 4, p. 380-382, 2006. [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)1084-0699\(2005\)10:1\(1\)](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)1084-0699(2005)10:1(1)).

MAHMOUD, S. H.; MOHAMMAD, F. S; ALAZBA, A. A. Determination of potential runoff coefficient for Al-Baha Region, Saudi Arabia using GIS. **Arabian Journal of**



**Geosciences**, v. 7, n. 5, p. 2041-2057, 2014. <https://doi.org/10.1007/s12517-014-1303-4>

MELO, D. H. C. T. B.; VOLPI, E. M.; SILVA, H. M. da.; MENEZES, L. A.; MOURA, P. V. Decifrando o Georreferenciamento no ArcGIS. **MundoGEO**. 2015. Disponível em: <<http://mundogeo.com/blog/2015/04/19/decifrando-o-georreferenciamento-no-arcgis/>>. Acesso em: 03 de jun. 2017.

MONTES, R. M.; LEITE, J. F. **A drenagem urbana de águas pluviais e seus impactos cenário atual da Bacia do Córrego Vaca –Brava Goiânia-GO**. 2009. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Engenharia Ambiental), Universidade Católica de Goiás. Departamento de Engenharia, Goiânia.

NOGUEIRA, J. D. de L.; AMARAL, R. F. do. Comparação entre os métodos de interpolação (Krigagem e Topo to Raster) na elaboração da batimetria na área da folha Touros – RN. In: XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, Natal, Brasil, **Anais...** São José dos Campos: INPE, p. 4117-4123, 2009.

PORTO, M. F. A. Aspectos Qualitativos do Escoamento Superficial em Áreas Urbanas. In: Tucci, C. E. M.; Porto, R. L. L.; Barros, M. T. **Drenagem Urbana**. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, v.5, p.387-414, 1995.

PRUSKI F. F.; RDRIGUES L. N.; SILVA, D. D. da. Modelo Hidrológico para estimativa do escoamento superficial em áreas agrícolas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.5, n.2, p.301-307, 2001. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662001000200021>

RICHARDS, J. A. **Remote sensing digital image analysis**. 2.ed. Berlin: Springer-Verlag, 1993. 281 p. Cap. 2: Error correction and registration of image data, p. 39-74.

ROSA, R. Geomática no Brasil: histórico e perspectivas futuras. **Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica**, n. 9, p. 29-40, 2009.

SANTOS, A. G. dos.; SEGANTINE, P. C. L.; SILVA, I. da. Metodologia para georreferenciamento de mapas digitais urbanos baseada na atribuição de pesos aos pontos de controle. In: II SIMPOSIO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO, **Anais...**Recife – PE, 2008.

SCHWAB, G.O.; FREVERT, R.K.; DMINSTER, T.W. & BARNES, K.K. Soil and water conservation engineering. **Soil Science**, v. 134, n. 2, p. 146, 1882.

SILVA, J. M. A.; PRUSKI, F.F.; SILVA, D.D.; CECÍLIO, R. A. Metodologia para obtenção do hidrograma de escoamento superficial em encostas e canais. Parte I: Desenvolvimento e avaliação. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.26, n.3, p.695-703, 2006.

SILVEIRA, G. R. P da. **Geomática aplicada na caracterização conservacionista de uma bacia hidrográfica no município de São Manuel (SP)**. 2016. Dissertação (Ciências Agrônômicas), Universidade Estadual de São Paulo. Pós-Graduação em Agronomia. Botucatu.

SOARES-FILHO, B. S.; RODRIGUES, H. O.; FOLLADOR, M. A hybrid Analytical-heuristic method for calibrating landuse change models. **Environmental Modelling & Software**, v.43, p. 80-87, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2013.01.010>

THANAPURA, P.; HELDER, L. D.; BURCKHARD, E. W.; O'NEILL, M.; GALSTERD. Mapping Urban Land Cover Using QuickBird NDVI and GIS Spatial Modeling for Runoff Coefficient Determination. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v. 73, n. 1, p. 57-65, 2007. <https://doi.org/10.14358/PERS.73.1.57>

TUCCI, C. E. M (Org). **Hidrologia – Ciência e Aplicação**. 4. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2009.

TUCCI, C. E. M. Coeficiente de escoamento e vazão máxima de bacias urbanas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 5, n. 1, p 61-68, 2000. <https://doi.org/10.21168/rbrh.v5n1.p15-23>

TUCCI, C. E. M. Regulamentação da drenagem urbana no Brasil. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v.13, n. 1, 2016. <https://doi.org/10.21168/reg.v13n1.p29-42>

URBONAS, B. R.; ROESNER, L. A. Hydrologic design for urban drainage and flood control. In: **Handbook of hydrology**. David Maidment (ed.) McGraw Hill Book Co, p. 5.1-5.52, 1993.

YOUNG, C. B.; McENROE, B. M.; ROME, A.C. Empirical Determination of Rational Method Runoff Coefficients. **Journal of Hydrologic Engineering**, v. 14, n. 12, 2009. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)HE.1943-5584.0000114](https://doi.org/10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0000114)

**Recebido:** 19 fev. 2018

**Aprovado:** 03 mai. 2019

**DOI:** 10.3895/rbgeo.v7n1.7817

**Como citar:** OGASSAWARA, J. F.; OLIVEIRA, L. J. C.. Geomática aplicada a drenagem urbana. **R. bras. Geom.**, Curitiba, v. 7, n. 1, p. 042-060, jan/mar. 2019. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/rbgeo>>. Acesso em: XXX.

**Correspondência:**

Jéssica Fernanda Ogassawara

Rua Marcílio Dias, 1618, Ap. 201, Centro, CEP 96020-480, Pelotas, RS, Brasil.

**Direito autoral:** Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

