

## Quantificação temporal das vazões máximas de projeto para a Bacia do Córrego Melancias - MG

Felipe Bernardes Silva<sup>1\*</sup>, Nayara Paula Andrade Vieira<sup>1</sup>, Micael de Souza Fraga<sup>1</sup>, Edson de Oliveira Vieira<sup>2</sup>, Cristina Rodrigues Nascimento<sup>2</sup>

### Resumo

O crescimento urbano desordenado é evidente em inúmeras cidades brasileiras, sendo comum a ocupação sobre áreas de risco como encostas de morros, e, principalmente, margens de rios e córregos. Diante disso o objetivo do presente trabalho foi avaliar a variação do coeficiente de escoamento superficial provocado pela urbanização na bacia do Córrego Melancias, município de Montes Claros, Minas Gerais, a partir daí determinar as vazões máximas para os períodos de retorno de 5, 50 e 100 anos. A metodologia consistiu da aquisição e classificação das imagens LANDSAT-5/TM para quatro anos (1984, 1990, 2000 e 2011). A Bacia do Córrego Melancias/MG apresentou valores crescentes de vazão máxima, em função do aumento do período de retorno e do aumento das áreas impermeabilizadas. Ao longo do período de estudo observou-se um incremento de vazão, apresentando uma vazão acumulada, para o ano de 2011, de 239,42 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup> para o período de retorno de 5 anos e uma vazão de 447,71 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup> para o período de retorno de 100 anos.

**Palavras-chave:** Rede de drenagem. Eventos de máxima precipitação. Parâmetros fisiográficos.

### Temporal quantification of the maximum streamflow for the Melancias Stream Basin, Minas Gerais state, Brazil

### Abstract

The urban sprawl is evident in many Brazilian cities, has been common the occupation on risk areas such as hillsides and mostly margins of rivers and streams. The objective of this study was to evaluate the variation run-off co-

<sup>1</sup>Doutorando em Engenharia Agrícola pela a Universidade Federal de Viçosa (DEA-UFV)

\*Autor correspondente: felipe.bernardes@ufv.br

<sup>2</sup>Professor do Instituto de Ciências Agrárias da UFMG

efficient caused by urbanization the basin of the stream Melancias, Montes Claros city, Minas Gerais, from there determine the maximum flows for return periods of 5, 50 and 100 years. The methodology consisted of the acquisition and classification of Landsat-5 / TM images for four years (1984, 1990, 2000 and 2011). The Melancias stream Basin showed increasing values of maximum flow, due to the increase of the return period and the increase in impermeable areas. Throughout the study period there was an increase in flow, presenting a cumulative flow for the year 2011, of  $239,42\text{m}^3\text{ s}^{-1}$  to the return period of 5 years and a flow of  $447,71\text{m}^3\text{ s}^{-1}$  for the return period of 100 years.

**Keywords:** Drainage system. Maximum rainfall events. Physiographic parameters.

## Introdução

O avanço do processo de urbanização desordenada, com a criação de imensas metrópoles com pouco ou nenhum planejamento, causa diversos danos ao meio ambiente e à sociedade. Os corpos d'água que inicialmente serviam como fonte de água e alimento proporcionando condições para a criação e desenvolvimento das vilas, hoje se encontram, em muitas cidades, com elevado índice de degradação, principalmente em sua mata ciliar, devido à exacerbada ocupação urbana, promovendo erosão, assoreamento, redução da vazão, redução da qualidade da água e alterações significativas no ecossistema local.

Na atual realidade brasileira, são raros os municípios que não apresentem boa parcela da população residente em locais precários. Isso implica em ocupação de áreas como encostas de rios e vales inundáveis, que são terraplanados e os cursos d'água canalizados (COSTA; DUPAS; PONS, 2012). Essa expansão para além de limites seguros é muitas vezes estimulada por iniciativas privadas sobre interesses sociais, não respeitando a legislação vigente e os planos diretores dos municípios (ROLNIK, 2009, *apud* COSTA; DUPAS; PONS, 2012). Assim, a ciência do Sensoriamento Remoto apresenta-se como importante ferramenta para projetos de engenharia e planejamento urbano, sendo amplamente empregada no mapeamento de áreas afetadas por inundações, modelagem hidrológica, estudo de impactos ambientais em bacias hidrográficas, avaliações de questões relativas ao ciclo hidrológico, poluição de mananciais, entre outros (PISANI; ZMITROWICK, 1992). Satélites equipados com diversos tipos de sensores oferecem uma infinidade de dados e produtos, que permitem quantificar a evolução da dinâmica da superfície, possibilitando avaliar o comportamento de um determinado tipo de cobertura e a sua influência no contexto geral de uma bacia hidrográfica (NOVO, 2010).

Segundo Genovez (2001), pequenas bacias hidrográficas apresentam dificuldade quanto à obtenção de dados de vazão sendo, portanto, necessário a utilização de métodos que levem em consideração dados de precipitação, comumente encontrados.

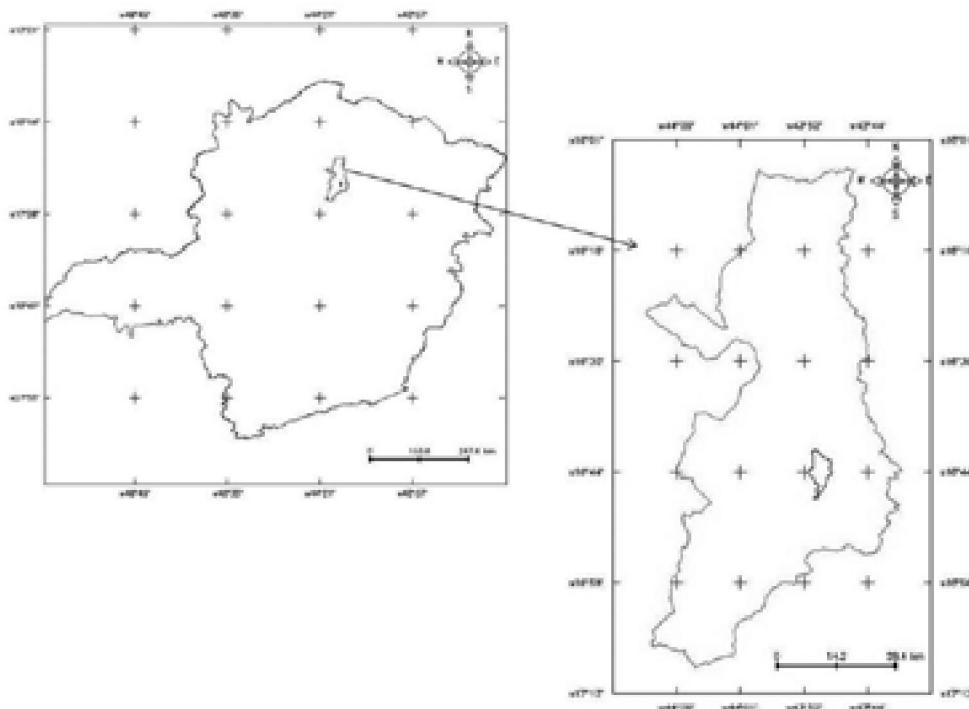
Nesse contexto, o objetivo do trabalho foi avaliar a dinâmica do avanço da urbanização na Bacia do Córrego Melancias/MG, a partir de séries temporais de imagens do satélite LANDSAT-5/TM, correlacionando mudanças no uso e ocupação do solo, principalmente a porcentagem de área impermeável, com a variação do coeficiente de escoamento superficial e a sua consequência nas vazões máximas de projeto para diferentes períodos de retorno.

## Materiais e métodos

### Área de Estudo

A área de estudo está localizada na zona leste do município de Montes Claros/MG, compreendendo 21 bairros e parte do centro da cidade. A nascente do Córrego Melancias corresponde à coordenada geográfica  $16^{\circ} 46'57,618''$  S e  $43^{\circ} 50'38,87''$  W, e sua foz, na coordenada geográfica  $16^{\circ} 41'10,146''$  S e  $43^{\circ} 51'21,12''$  W. A Figura 1 apresenta a localização espacial da Bacia do Córrego Melancias/MG.

Figura 1 - Localização espacial da Bacia do Córrego Melancias no município de Montes Claros no estado de Minas Gerais



Fonte: Elaborada pelos autores, 2015.

A bacia apresenta uma área 30,146 km<sup>2</sup>, sendo o comprimento do rio principal com 12,7 km.

### **Avaliação do uso e ocupação do solo ao longo da série temporal**

Foram adquiridas imagens do município de Montes Claros/MG, junto ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) do satélite LANDSAT 5 sensor TM, em quatro anos diferentes: 1984, 1990, 2000 e 2011. Quatro classes de interesse foram definidas para a classificação da superfície da bacia, sendo elas: áreas urbanas, solo exposto e vegetação rala, vegetação densa e corpos d'água.

### **Estimativa de vazões máximas de projeto**

O método escolhido para a determinação da vazão máxima de projeto foi o Método Racional que encontra-se expresso na equação 1 (TUCCI, 1997):

$$Q_{max} = \frac{C i_m A}{360} \quad (1)$$

Em que:

$Q_{max}$  = vazão máxima de escoamento superficial, m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>;

$C$  = coeficiente de escoamento superficial, adimensional;

$i_m$  = intensidade de precipitação máxima média, mmhora<sup>-1</sup>;

$A$  = área total da bacia de drenagem em ha.

### **Coeficiente de escoamento (C)**

Devido à variação do coeficiente de escoamento superficial ao longo da área analisada utiliza-se a equação 2:

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n C_i A_i}{A} \quad (2)$$

Sendo:

$C$  = coeficiente de escoamento superficial médio para a bacia, adimensional;

$C_i$  = coeficiente de escoamento superficial da subárea  $i$ , adimensional (TABELA 1);

$A_i$  = subárea considerada (ha);

$A$  = área total considerada (ha).

Tabela 1 - Valores de C propostos pelo Colorado Highway Departement

Características da bacia	C
Superfícies impermeáveis	0,9
Terreno estéril	0,6
Matas decídua	0,45

Fonte: Adaptada de PRUSKI *et al.*, 2004.

Como no trabalho foram utilizados períodos de retorno de 5, 50 e 100 anos, fez-se necessário o emprego do fator de correção (Cf) para o coeficiente de escoamento superficial, segundo a Tabela 2 a seguir:

Tabela 2 - Fator de correção do coeficiente de escoamento superficial para diferentes períodos de retorno

Período de retorno (anos)	Cf
2 a 10	1
25	1,1
50	1,2
100	1,25

Fonte: WRIGHT; MCLAUGHIN, citada por TUCCI, 1997.

### Intensidade máxima média da precipitação ( $i_m$ )

É obtida, utilizando-se a relação intensidade - duração - frequência para o local de estudo. Para tanto, obtiveram-se os seguintes parâmetros (equação 3):

$$i_m = \frac{KT^a}{(t+b)^c} \quad (3)$$

Onde:

$i_m$  = intensidade máxima média de precipitação para uma duração igual ao tempo de concentração da bacia, mm h<sup>-1</sup>;

$K, a, b, c$  = parâmetros de ajuste relativos à estação pluviográfica, Tabela 3;

$T$  = período de retorno em anos,

Os períodos de retorno de 5, 50 e 100 anos foram escolhidos para fins de cálculo neste trabalho, pois são os mais utilizados para o dimensio-

namento de obras hidráulicas em áreas urbanas, tanto para obras menores como o dimensionamento de bueiros (5 anos), quanto para obras de canalização a céu aberto (50 e 100 anos), segundo Villela e Mattos (1975).

$t$  = duração da precipitação, em minutos, obtida pela Fórmula de Kirpich:

$$t_c = 57 \left( \frac{L^3}{H} \right)^{0,385} \quad (4)$$

Sendo:

$t_c$  = tempo de concentração, em minutos;

$L$  = comprimento do talvegue, em km;

$H$  = diferença de nível entre o mais remoto da bacia e a seção de deságue, em metros.

Os Parâmetros de ajuste relativos à estação pluviográfica do município de Montes Claros/MG, estão apresentados na Tabela 3.

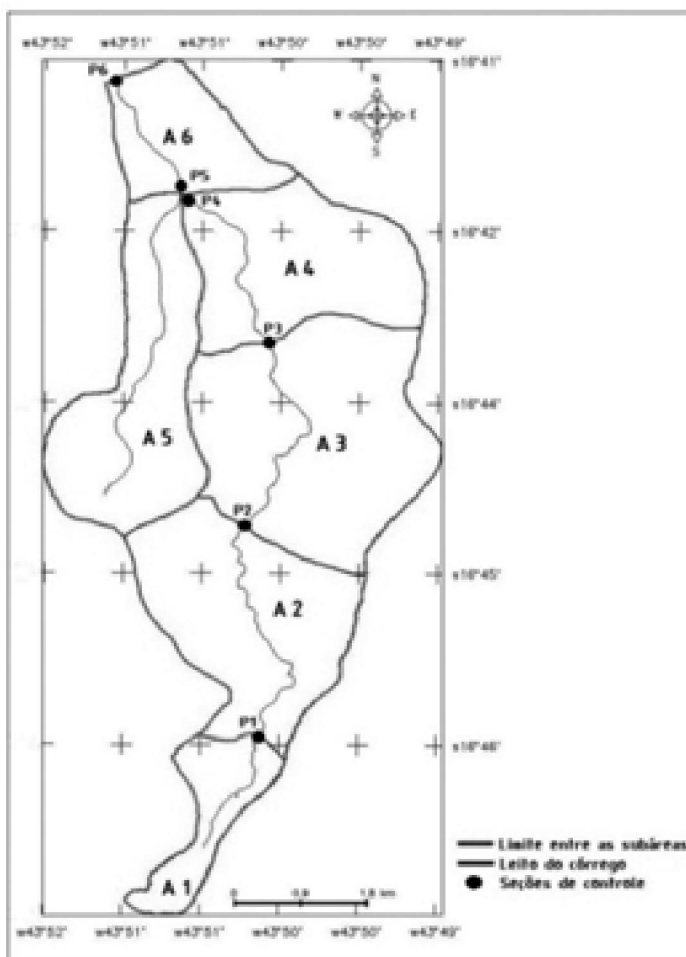
Tabela 3 - Parâmetros de ajuste relativos à estação pluviográfica do município de Montes Claros/MG

Localidade	K	a	b	c
Montes Claros/MG	4050	0,167	34,789	0,992

Fonte: FREITAS, *et al.*, 2001.

Com a finalidade de se obter um maior detalhamento em relação ao monitoramento na Bacia do Córrego Melancias - MG, essa foi dividida em subáreas, obedecendo às curvas de nível do terreno (FIGURA 2).

Figura 2 - Divisão da Bacia do Córrego Melancias/MG em subáreas



Fonte: Elaborada pelos autores, 2015.

## Resultados

### Análise do uso e da ocupação do solo na Bacia do córrego Melancias/MG

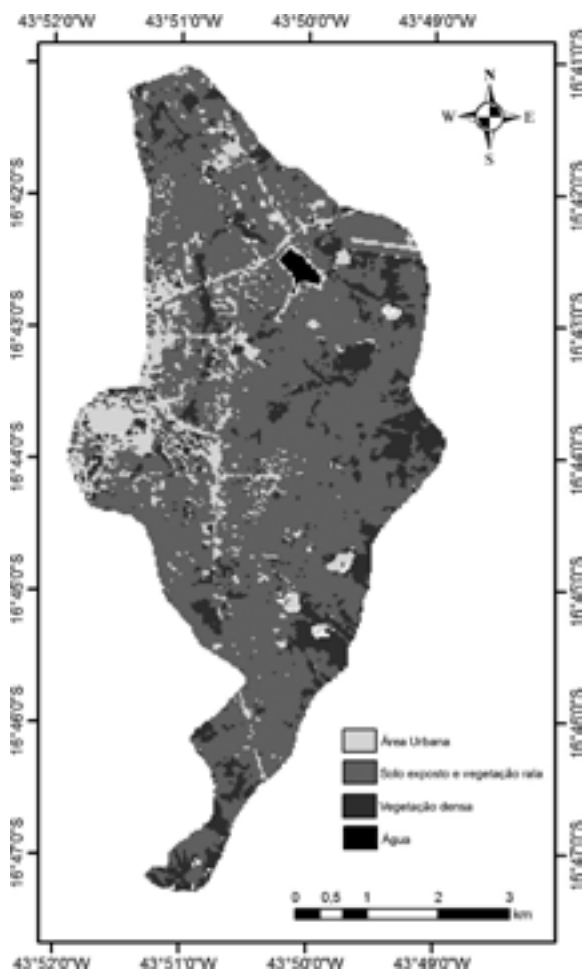
Com base nas classificações pode-se perceber que a evolução da área urbana se deu rapidamente na Bacia do Córrego Melancias/MG, reduzindo, drasticamente, as áreas de solo exposto, vegetação rala, e vegetação densa. No ano de 1984, as áreas de solo exposto e vegetação rala possuíam predomínio em relação às outras, com o que pode ser observado na Figura 3.

No ano de 1990, o uso e a ocupação do solo apresentaram significativa mudança, proveniente do grande incremento de áreas urbanizadas (FIGURA 4).

As áreas de solo exposto e vegetação rala sofreram maior redução em áreas próximas ao centro, ou seja, a região mais a oeste da bacia, uma vez que essas áreas, pela proximidade do centro da cidade, sofreram uma rá-

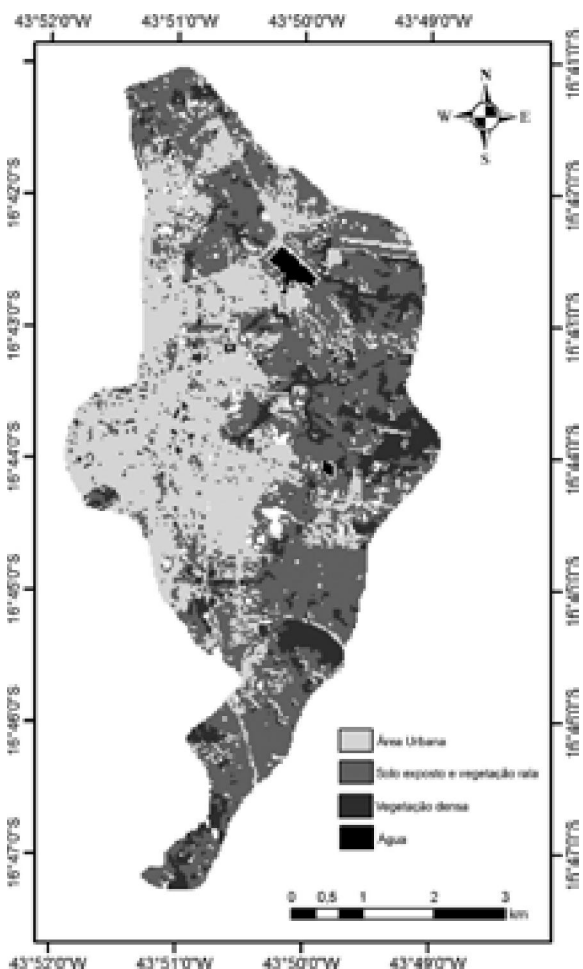
pida ocupação. Quando se compara em termos de crescimento, as áreas urbanizadas dentro da bacia cresceram, entre 1984 e 1990, 224,6%. Com isso houve uma redução tanto nas áreas de solo exposto e vegetação rala, quanto de vegetação densa, sendo que a primeira apresentou redução de 36,2% e a segunda, seguindo a mesma tendência, apresentou redução de 16,2%.

Figura 3 - Uso e ocupação do solo para a Bacia do Córrego Melancias/MG para o ano de 1984.



Fonte: Elaborada pelos autores, 2015.

Figura 4 - Uso e ocupação do solo para a Bacia do Córrego Melancias/MG, para o ano de 1990.



Fonte: Elaborada pelos autores, 2015.

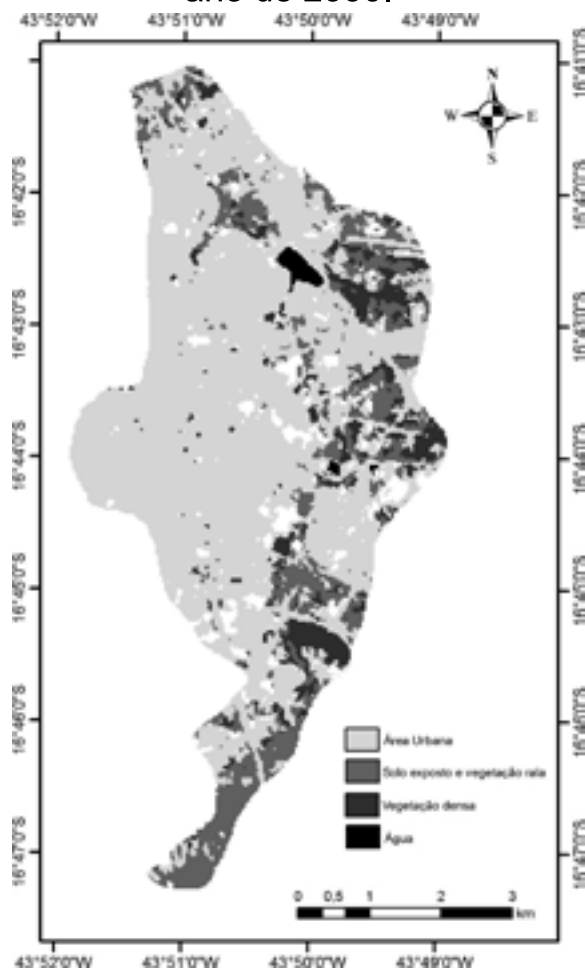
Entre 1990 e 2000 (FIGURA 5), a urbanização apresentou um crescimento de 84,3%, ao mesmo tempo em que houve um significativo decréscimo nas áreas de solo exposto de vegetação rala, que apresentaram uma redução de 66,06%. Ainda é interessante ressaltar que as áreas ocupadas com vegetação densa também apresentaram redução em termos quantitativos dentro do mesmo período, reduzindo a área em 41,21%, sendo esse valor



um indicativo da abertura de novos loteamentos, uma vez que boa parte das áreas de solo exposto e vegetação rala foram ocupadas por áreas urbanas, o que implica na derrubada de áreas preservadas. Esse período apresentou maior redução nas áreas de vegetação densa.

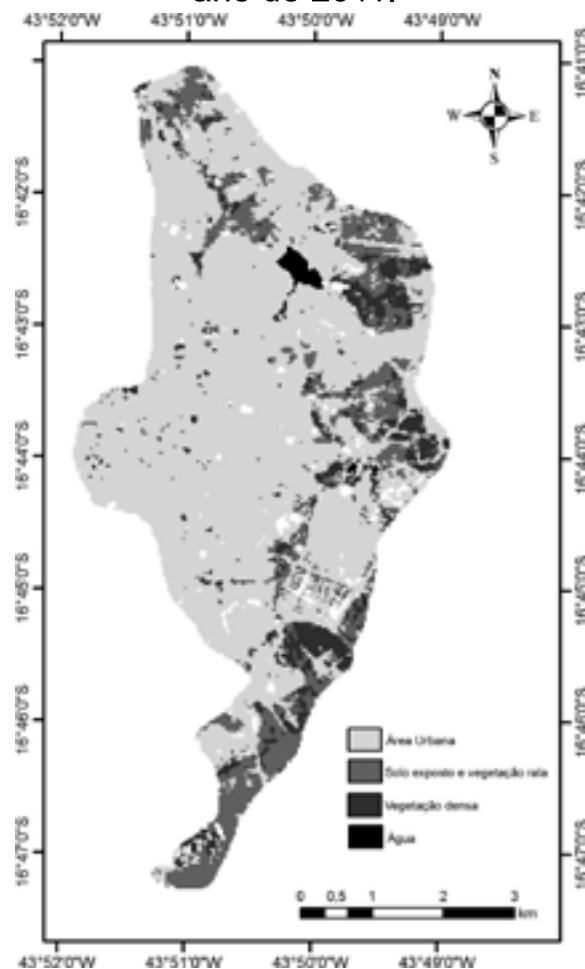
O ano de 2011 (FIGURA 6) apresentou uma pequena variação do seu uso e ocupação do solo se comparado com o ano 2000.

Figura 5 - Uso e ocupação do solo para a Bacia do Córrego Melancias/MG, para o ano de 2000.



Fonte: Elaborada pelos autores, 2015.

Figura 6 - Uso e ocupação do solo para a Bacia do Córrego Melancias/MG, para o ano de 2011.



Fonte: Elaborada pelos autores, 2015.

Nos últimos 11 anos estudados, a Bacia do Córrego Melancias apresentou um crescimento urbano de 3,4%. Da mesma maneira as regiões ocupadas por solo exposto e vegetação rala também, e vegetação densa, apresentaram uma pequena variação.

Durante todo o período analisado as áreas urbanizadas na Bacia do Córrego Melancias passaram de 11,8%, em 1984, para 75,0%, em 2011, representando um incremento em termos de área equivalente a 1.850,58 ha (aproximadamente 500%). No total, a vegetação densa apresentou ao longo dos 27 anos um decréscimo de 48,3%, ou seja, redução de 224,02 ha. Ao mesmo tempo o solo exposto e vegetação rala reduziram em 78,25% (1.702,63 ha), devido ao crescimento acelerado e desordenado da área urbana.

### **Determinação dos parâmetros da equação do Método Racional para Bacia do Córrego Melancias/MG, para os períodos de retorno de 5, 50 e 100 anos**

Nas Tabelas abaixo, verifica-se a evolução do coeficiente de escoamento superficial para cada área de contribuição e em função dos períodos de retorno de 5, 50 e 100 anos, conforme metodologia proposta por Wright - McLaughlin engineers (1969, *apud* TUCCI, 2004).

No ano de 1984 (TABELA 4), à medida que o córrego avança em direção à sua foz, o mesmo passa por áreas que estão em processo de urbanização, que apresentam algum sinal de crescimento, como é o caso da A2, A3 e A4, porém esses contribuem para um leve aumento no coeficiente de escoamento.

Tabela 4 - Coeficiente de escoamento superficial para as áreas de contribuição na Bacia do Córrego Melancias/MG para o ano de 1984

Áreas de contribuição	Coeficiente de escoamento médio		
	Tempo de retorno		
	5 anos	50 anos	100 anos
A6	0,612	0,725	0,751
A5	0,613	0,726	0,751
A4	0,595	0,708	0,735
A3	0,588	0,702	0,729
A2	0,602	0,718	0,745
A1	0,564	0,676	0,703

Fonte: Elaborada pelos autores, 2015.

A Tabela 5, referente ao ano de 1990, apresenta um comportamento semelhante à Tabela 4, principalmente em relação a A1, uma vez que apresentou pequena variação, porém, a partir de A2, novamente é observado um significativo aumento, e como pode ser observado nas FIG. 3 e 4, a urbanização começa a avançar em direção a região leste da bacia.

Tabela 5 - Coeficiente de escoamento superficial para as áreas de contribuição na Bacia do Córrego Melancias/MG para o ano de 1990

Áreas de contribuição	Coeficiente de escoamento médio		
	Tempo de retorno		
	5 anos	50 anos	100 anos
A6	0,699	0,807	0,824
A5	0,701	0,808	0,825
A4	0,666	0,775	0,795
A3	0,661	0,771	0,791
A2	0,666	0,777	0,798
A1	0,586	0,699	0,725

Fonte: Elaborada pelos autores, 2015.

No ano 2000 (TABELA 6), o coeficiente de escoamento superficial, atinge valores elevados em toda a bacia, apresentando valores menores nas áreas de contribuição próximas à nascente (pois apresentam menor taxa de solo impermeável considerando-se toda a bacia).

Tabela 6 - Coeficiente de escoamento superficial para as áreas de contribuição na Bacia do Córrego Melancias/MG, para o ano de 2000

Áreas de contribuição	Coeficiente de escoamento médio		
	Tempo de retorno		
	5 anos	50 anos	100 anos
A6	0,814	0,917	0,923
A5	0,812	0,915	0,922
A4	0,790	0,893	0,901
A3	0,795	0,898	0,906
A2	0,751	0,852	0,862
A1	0,703	0,815	0,834

Fonte: Elaborada pelos autores, 2015.

Na Tabela 7, ficam evidentes algumas pequenas alterações no coeficiente C, porém observa-se uma tendência de estabilidade, uma vez que boa parte da bacia encontra-se impermeabilizada (75,65% do total).

Tabela 7 - Coeficiente de escoamento superficial para as áreas de contribuição na Bacia do Córrego Melancias/MG, para o ano de 2011

Áreas de contribuição	Coeficiente de escoamento médio		
	Tempo de retorno		
	5 anos	50 anos	100 anos
A6	0,815	0,917	0,924
A5	0,814	0,916	0,923
A4	0,795	0,898	0,907
A3	0,799	0,902	0,910
A2	0,775	0,879	0,889
A1	0,672	0,783	0,804

Fonte: Elaborada pelos autores, 2015.

Como a bacia apresenta diferentes tempos de concentração, uma vez que a mesma é composta por diferentes áreas de contribuição, o mesmo acontece com a intensidade de precipitação, como pode ser observado na Tabela 8.

Tabela 8 - Tempos de concentração para as seções de controle ao longo da Bacia do Córrego Melancias/MG

Seções de controle	Área de drenagem (ha)	Tempo de concentração (min)
P6	3014,55	117,58
P5	2732,58	97,17
P4	2165,58	97,17
P3	1640,43	67,5
P2	789,21	38,71
P1	190,71	7,00

Fonte: Elaborada pelos autores, 2015.

### Estimativas de vazões máximas para Bacia do Córrego Melancias/MG

De posse dos valores do coeficiente de escoamento (C) e da inten-

sidade de precipitação ( $i_m$ ), considerando os períodos de retorno de 5, 50 e 100 anos, e da métrica das áreas de contribuição, foram estimadas as vazões máximas para os anos de 1984, 1990, 2000 e 2011, como pode ser observado nas Tabelas 9, 10, 11 e 12.

Tabela 9 - Estimativa da vazão máxima de projeto para as áreas de contribuição da Bacia do Córrego Melancias/MG, para o ano de 1984

Seções de controle	Vazão máxima (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )		
	Tempo de retorno		
	5 anos	50 anos	100 anos
P6	184,81	321,55	373,54
P5	193,21	336,09	390,40
P4	148,43	259,67	302,49
P3	144,19	252,76	294,74
P2	98,51	172,58	201,20
P1	39,10	68,77	80,32

Fonte: Elaborada pelos autores, 2015.

Tabela 10 - Estimativa da vazão máxima de projeto para as áreas de contribuição da Bacia do Córrego Melancias/MG, para o ano de 1990

Seções de controle	Vazão máxima (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )		
	Tempo de retorno		
	5 anos	50 anos	100 anos
P6	206,59	350,39	401,69
P5	216,16	366,43	419,97
P4	162,16	277,31	319,29
P3	158,11	270,60	311,70
P2	108,42	185,90	214,35
P1	39,80	69,67	81,18

Fonte: Elaborada pelos autores, 2015.

Analisando as Tabelas acima é possível visualizar o quanto foi grande a variação das vazões máximas de projeto ao longo do período de estudo. Em 1984 (TABELA 9) a Bacia do Córrego Melancias/MG possuía 11,85% de áreas urbanizadas, 72,24%, com solo exposto e vegetação rala e 15,39%, com vegetação densa, o que resultou em uma vazão máxima de projeto de 184,81 (TR = 5 anos), 321,55 (TR = 50 anos) e 373,54 (TR = 100 anos).

No ano de 1990 (TABELA 10), as áreas urbanizadas passaram a ocupar 39,18%, enquanto que as áreas de solo exposto e vegetação rala passaram a ocupar 46,96% e a vegetação densa ocupava 13,14%. Esse incremento de 224,06% de áreas urbanizadas promoveu um aumento de 11,78% na vazão máxima para a bacia para TR = 5 anos, 8,97% para TR = 50 anos e 7,5% para TR = 100 anos. Já no ano 2000 (TABELA 11), as áreas urbanizadas passaram a ocupar 74,71% da bacia, implicando em um aumento na vazão máxima, que passou a ser 12,44% (TR = 5 anos), 9,64% (TR = 50 anos) e 8,16% (TR = 100 anos) maior do que o ano 1990.

Na comparação entre o ano de 2000 e 2011 ocorreu um pequeno acréscimo na vazão máxima para a bacia, considerando-se todos os períodos de retorno, atingindo valores que tendem à estabilidade (TABELAS 11 e 12). Durante todo o período de estudo (1984 a 2011), a vazão máxima apresentou um incremento de 29,55% para TR = 5 anos, 23,12% para TR = 50 anos e 19,86% para TR = 100 anos, evidenciando o impacto que elevadas taxas de urbanização podem causar sobre áreas urbanas.

Tabela 11 - Estimativa da vazão máxima de projeto para as áreas de contribuição da Bacia do Córrego Melancias/MG, para o ano de 2000

Seções de controle	Vazão máxima (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )		
	Tempo de retorno		
	5 anos	50 anos	100 anos
P6	232,30	384,18	434,49
P5	241,61	399,71	452,13
P4	183,94	305,51	346,33
P3	179,92	298,62	338,38
P2	122,14	203,56	231,19
P1	47,54	80,93	92,98

Fonte: Elaborada pelos autores, 2015.

A vazão máxima de projeto, que apresentou um valor de 239,42 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup> para TR = 5 anos e de 447,71 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> para TR = 100 anos, correspondendo a um aumento de 87 %, evidenciando a necessidade de estudos aprofundados na área, a fim de verificar se a calha do córrego é capaz de escoar com segurança o volume precipitado.

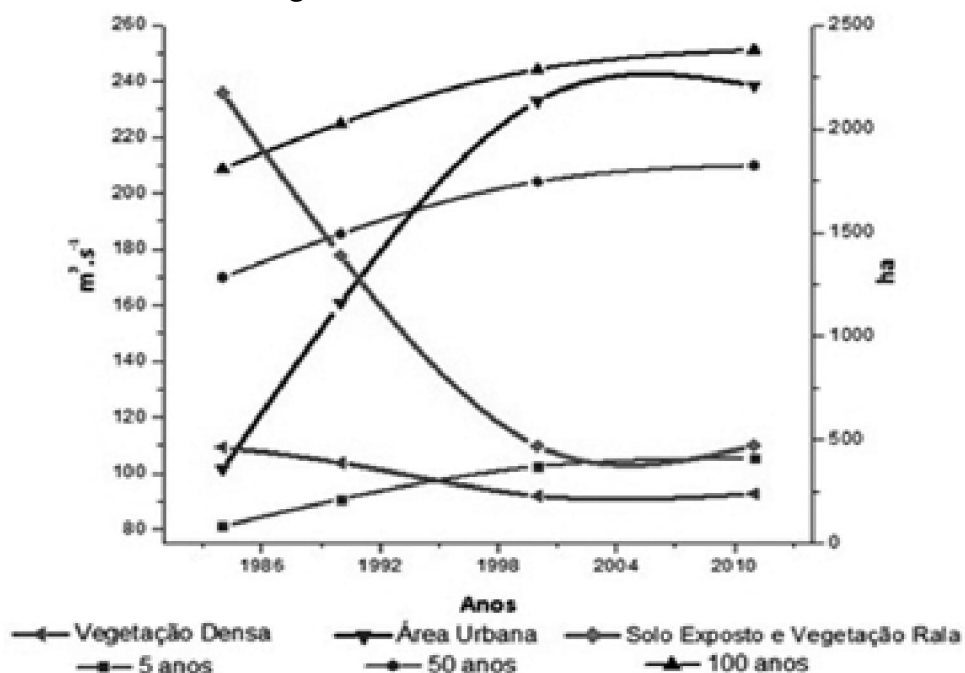
Tabela 12 - Estimativa da vazão máxima de projeto para as áreas de contribuição da Bacia do Córrego Melancias/MG, para o ano de 2011

Seções de controle	Vazão máxima (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )		
	Tempo de retorno		
	5 anos	50 anos	100 anos
P6	239,42	395,90	447,71
P5	249,63	412,79	466,80
P4	192,52	319,39	361,83
P3	189,43	314,06	355,66
P2	126,12	210,01	238,41
P1	45,44	77,76	89,56

Fonte: Elaborada pelos autores, 2015.

Observando a Figura 7 para os períodos de retorno de 5, 50 e 100 anos, é possível observar o quão drástico foi a variação da vazão máxima de projeto ao longo do estudo.

Figura 7 - Evolução das vazões máximas ao longo da série histórica para a Bacia do Córrego Melancias/MG



Fonte: Elaborada pelos autores, 2015.

## Discussão

Alguns trabalhos realizados no país também evidenciam resultados semelhantes como os de Matos *et al.* (2011), que revela, em seu trabalho, uma redução de 755% na área vegetada no entorno do igarapé Tucumba/Pa, em virtude do processo de urbanização, utilizando técnicas de Sensoriamento Remoto, no período de 1972 a 2006, resultando em sérios impactos como a poluição ambiental e a degradação das margens do mesmo. Vasconcelos *et al.* (2011), utilizando o processamento de imagens LANDSAT-5/TM na Bacia do rio Iguaçu/RJ, concluiu que, no período de 1991 a 2010, houve uma redução de quase 20,5 km<sup>2</sup> na classe “Vegetação Rasteira” e um incremento de 10,5 km<sup>2</sup> na classe “Área Urbana”. Da mesma maneira, Bertani; Breunig; Spohr (2012) relataram um aumento de 109,25% (295,23 ha) na área urbana do município de Frederico Westphalen/RS, no período de 1987 a 2011, utilizando imagens LANDSAT-5/TM.

## Conclusão

É possível inferir que, ao longo do período de estudo, a Bacia do Córrego Melancias/MG apresentou valores crescentes de vazão máxima, em função do aumento do período de retorno e do aumento das áreas impermeabilizadas, uma vez que as mesmas tiveram incremento de aproximadamente 500%, alterando o coeficiente de escoamento de 0,612 (1984) para 0,815 (2011), considerando o período de retorno igual a 5 anos. Como consequência maior, será a vazão máxima de projeto, que apresentou um valor de 239,42 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup> para TR = 5 anos e de 447,71 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup> para TR = 100 anos, para o ano de 2011, correspondendo a um aumento de 87 %.

## Referências

- BERTANI, G.; BREUNIG, F. M.; SPOHR, R. B. Análise de crescimento da mancha urbana do município de Frederico Westphalen, RS-Brasil através de imagens Landsat 5 TM. **Revista Geografar**, Curitiba, v. 7, n. 1, p. 68-83, jun. 2012. Disponível em: <www.ser.ufpr.br/geografar>. Acesso em: 10 jan. 2012.
- COSTA, C. W.; DUPAS, F. A.; PONS, N. A. D.; Regulamentos de uso do solo e impactos ambientais: avaliação crítica do plano diretor participativo do município de São Carlos, SP. **Geociências**, São Paulo: UNESP, v. 31, n. 2, p. 143-157, 2012.
- FREITAS, A. J.; SILVA, D. D.; PRUSKI, F. F.; PINTO, F. A.; PEREIRA, S. B.; GOMESFILHO, R. R.; TEIXEIRA, A. M. **Equações de chuvas intensas no estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: COPASA, Viçosa: UFV, 2001, 65 p.
- GENOVEZ, A. M. G. Vazões máximas. In: PAIVA, J. B. D.; PAIVA, E. L. C. D. (Orgs.). **Hidrologia Aplicada à Gestão de Pequenas Bacias Hidrográficas**. Porto Alegre: UFSM/ABRH, 2001. cap. 3. p. 33-112.



MATOS, F. C.; TARGA, M. S.; BATISTA, G. T.; DIAS, N. W.; Análise temporal da expansão urbana no entorno do Igarapé Tucunduba, Belém, PA, Brasil. **Revista Biociências**, Taubaté, v. 17, n.1, p.7-16, 2011. Disponível em: <periodicos.unitau.br>. Acesso em: 10 jan. 2012.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2010, 363 p.

PISANI, M. A. J.; ZMITROWICZ, W. **Sensoriamento Remoto via orbital aplicado a estudos urbanos**. São Paulo: EPUSP, 1992. Disponível em: <http://publicacoes.pcc.usp.br/PDF/BTsPetreche/BT56-%20Pisani.pdf>. Acesso em: 27 out. 2011.

PRUSKI, F. F.; BRANDÃO, V. S.; SILVA, D. D. **Escoamento Superficial**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2004.

ROLNIK, R. La democracia em el filo de La navaja: limites y posibilidades para La implementación de uma agenda de reforma urbana em Brasil. **Eure, Sección Artículos**, v. 25, n. 104, 2009 *apud* COSTA, C. W.; DUPAS, F. A.; PONS, N. A. D. Regulamentos de uso do solo e impactos ambientais: avaliação crítica do plano diretor participativo do município de São Carlos, SP. **Geociências**, São Paulo: UNESP, v. 31, n. 2, p. 143-157, 2012.

TUCCI, C. E. M. (Org) **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: EDUSP/ABRHU, 1997. 544 p.

VASCONCELOS, A. O.; LUCENA, A. J.; ROTUNNO FILHO, O. C.; FRANÇA, J. R. A.; PERES, L. F. Análise Multitemporal do Uso e Cobertura do Solo da Bacia Hidrográfica do Rio Iguaçu Através do Processamento de Imagens LANDSAT-5 TM. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15. (SBSR), 2011, Curitiba. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011. p. 6097-6104.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill, 1975, 245 p.

WRIGHT-MCLAUGHIN ENGINEERS. Urban storm drainage criteria manual. Denver: [S.n.], 1969. 2v *apud* TUCCI C. E. M. (Org). **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: EDUSP/ABRHU, 1997. 544 p.