



## **AVALIAÇÃO DO FLUXO DE ÁGUA DOS CANAIS NAS RUAS DE FREIBURG - ALEMANHA**

RODRIGUES, Valdemir Antonio<sup>1</sup>; SANSÍGOLO, Cláudio Angeli<sup>1</sup>; CICCIO, Larisse Souza de<sup>2</sup>;  
VIANA, Sthefany Rodrigues Fernandes<sup>2</sup>; CONEGLIAN, Ademilson<sup>3</sup>; HAAS, Julian<sup>4</sup>

**RESUMO** – (AVALIAÇÃO DO FLUXO DE ÁGUA DOS CANAIS NAS RUAS DE FREIBURG - ALEMANHA). A cidade de Freiburg, estado de Baden Württemberg – Alemanha, fica localizada entre as coordenadas geográficas: (47° 59'46" N e 07° 51'01" E), altitude de 278 metros, clima frio no inverno e quente no verão, onde um sistema de calhas com água corrente passam pelas ruas do centro proporcionando um microclima mais ameno com aumento da umidade relativa do ar. Esta pesquisa teve como objetivos: avaliar o potencial de produção de água do rio Wagensteigbach; aprimoramento de metodologias de estimativas de vazão da água em canais de área urbana; realizar a medição da declividade (em %) e da vazão (em l/s e m<sup>3</sup>/s) em três canais: pequeno, médio e grande. A água dos canais é proveniente do rio Wagensteigbach, denominado de rio de escada de carros da floresta negra. Neste foi feito um canal industrial (Gewerbekanal) que leva água para os canais. A vazão foi medida em três pontos: P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>, em três canais: C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>, em três ruas: Schustertrasse, Salzstrasse, Bächle; e, estimada através do método área-velocidade com medição de velocidade em vários pontos e profundidades do rio. Com um molinete fluviométrico da marca Global Water Flow Probe, foram observadas as velocidade da água em (m/s). Mediu-se a área da secção transversal do fluxo de escoamento dos canais em m<sup>2</sup>. Com estas variáveis foi possível obter o volume de água escoado por unidade de tempo (l/s e m<sup>3</sup>/s). Os resultados da vazão dos canais: C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>, foram respectivamente de: 21,76 - 61,56 - 205,91 (l/s). Estes apresentaram baixas declividades 2,17%; 1,72% e, 1,16% e baixas velocidades da água: 1,66; 1,32; e 1,82 (m/s), respectivamente. Os resultados permitem verificar a vazão com diferentes volumes da água, baixas velocidades da água e declividades dos canais; verificou-se também um aumento da lâmina d'água nas diferentes dimensões das calhas e estas proporcionam uma ornamentação no centro da cidade. A água circulante contribui no equilíbrio térmico, na umidade relativa do ar, em benefício da comunidade urbana em épocas de verão.

**Palavras-chave:** fluxo, água, canais, área-velocidade, ruas de Freiburg.

<sup>1</sup> Docentes – FCA – UNESP - Botucatu – São Paulo - Brasil. Email: valdemirrodriques@fca.unesp.br;

<sup>2</sup> Estudantes do Curso de Pós-Graduação da Faculdade de Ciências Agronômicas UNESP - Botucatu - SP;

<sup>3</sup> Doutor em Agronomia, Área de Concentração- Energia na Agricultura, UNESP - Botucatu – SP;

<sup>4</sup> Doutorando – Institut für Bodenkunde und Waldernährungslehre – Universität Freiburg – Alemanha.

**ABSTRACT** – (AVALUATION OF THE FLOW OF WATER THE CHANNELS OF THE STREETS OF FREIBURG - GERMANY ) The city of Freiburg, state of Baden-Wurtemberg, Germany, located at 47° 59'46" N e 07° 51'01" E, elevation of 278 meters climate with cold winters and warm summers. During summer a system of channels with a constant water flow along the streets of the city's center increases the relative humidity, contributing to a milder local micro-climate. The objectives of this work are to evaluate the potential of water production of the river Wgensteigbach, enhancing methodologies to estimate water flow in urban channels, and to conduct measurements of declination (in %) and water flow (in l/s and m<sup>3</sup>/s) in three of the former mentioned channels: a small, a medium-sized, and a large channel. The water of these channels originates from the river Wagensteigbach, named after the historic place where carts used to cross the Black Forest. From this river a large channel, called Gewerbekanal, leads water to the channel system of the city. Water flow was observed at three points (P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>) of three channels (C1, C2, C3) in three streets: (Schusterstrasse, Salzstrasse, Bächle), and estimated, using the flow-area-velocity-method, by measuring the flow velocity and water depth at various sites along the channels. Water velocity (in m/s) was measured with a velocity probe of Global Water Instrumentation Inc. (USA). The flow area (in m<sup>2</sup>) was measured by determining the transversal profile of the channels. With these variables it was possible to calculate the water flow per time unit (e.g. l/s and m<sup>3</sup>/s). The results for the channels C1, C2, and C3 were 21.76, 61.56, and 205.91 l/s, respectively, having low declinations and velocities of 2.17 %, 1.72 %, and 1.16 %, and 1.66, 1.32, and 1.82 m/s, respectively. The results allow to validate the water flow with low volume, inclination, and velocity. They also allow to validate the effect of the various sizes of channels along different streets, besides the mere effect of decoration. The circulating water may be contributing to the thermic equilibrium and the relative humidity, resulting in a more pleasant micro-climate during the summer months.

**Keywords:** flow, water, channels, flow-area-velocity, streets of Freiburg

## 1 INTRODUÇÃO

A importância da microbacia não se limita apenas a um contexto hidrológico, mas também ecológico, econômico e social, devido as riquezas naturais. Estas são unidades de menor dimensão e, portanto, perfeitas para produção de água, conservação e manejo, envolvendo basicamente água, solo, vegetação, animais e a produção florestal sustentável.

A finalidade deste trabalho foi essencialmente a medição de vazão dos canais de escoamento da água circulante

pelas ruas e sua relação com o microclima da cidade de Freiburg – Alemanha.

A vazão é o resultado em (m<sup>3</sup>/s) de um processo que envolve a área e o deflúvio da microbacia, onde o deflúvio em (mm) é o volume total de água que passa em determinado tempo por unidade de área da microbacia hidrográfica, resultado da integração de todos os fatores hidrológicos em uma microbacia, incluindo: clima, fisiografia e uso do solo.

A água doce é um recurso natural de importância vital para sobrevivência dos seres em todos os ecossistemas, e sua

sustentabilidade deve ser uma meta de preservação para as atuais e próximas gerações. A utilização inadequada do solo e da água tem proporcionado aumento de áreas degradadas e alterado a qualidade da água disponível em todas as regiões do mundo, de acordo com (RODRIGUES, 2011).

A saúde da microbacia deve-se à perpetuação de seu funcionamento hidrológico (vazão, quantidade e qualidade da água), de seu potencial produtivo ao longo do tempo (biogeoquímica) e da biodiversidade ao longo da paisagem (mata ciliar, zonas ripárias, reservas de vegetação natural etc.) de acordo com (LIMA, 1999).

Os objetivos do trabalho foram: avaliar o potencial de produção de água do rio Wagensteigbach, aprimoramento de metodologias de estimativas de vazão da água em canais de área urbana; declividade e velocidade da água, e, realizar a medição de vazão em litros e metros cúbicos por segundo em três canais: pequeno, médio e grande, nas ruas da cidade de Freiburg – Alemanha.

## **2 MATERIA E MÉTODOS**

A cidade de Freiburg fica localizada no estado de Baden Württemberg –

Alemanha, circunscrita entre as coordenadas geográficas: (47° 59'46" N e 07° 51'01" E), com altitude de 278 metros.

A determinação da declividade, vazão e velocidade da água dos canais foram realizadas em três pontos de medição: (P1, P2, e P3) nos três canais: (C1, C2, e C3). Estes foram classificados em: pequeno (P), médio (M) e grande (G); localizados em três ruas da cidade de Freiburg, quais sejam: Schustertrasse – rua do sapateiro; Salzstrasse – rua do sal; Bächle – rua do riozinho.

O método área-velocidade foi adotado na medição da vazão. O procedimento da norma ISO EN 748:2007 da International Standards Organization, exige a medição de velocidade em vários pontos e profundidades da seção vertical do rio. Com auxílio de um molinete fluviométrico da marca Global Water Flow Probe, foram observadas as médias de velocidade da água em (m/s). A velocidade da água também pode ser determinada pela seguinte equação:  $V = D/t$

Sendo: V = velocidade da água em (m/s); D = distância pré-determinada com uma trena para observação do flutuador, (m); t = tempo de percurso do flutuador, (s), obtida com auxílio de um cronômetro.

A medição da área do vertedor, a secção transversal do fluxo da água, local de escoamento dos canais foi realizada e quantificada pela equação:  $A = B.h$

Sendo:  $A$  = área do vertedor em( $\text{cm}^2$ );  $B$  = base e  $h$  = altura do vertedor em(cm).

Com estas duas variáveis: área do vertedor e velocidade da água foram possíveis obter a vazão do fluxo de água escoado por unidade de tempo em (l/s e  $\text{m}^3/\text{s}$ ), de acordo com a equação:  $Q = A.V$

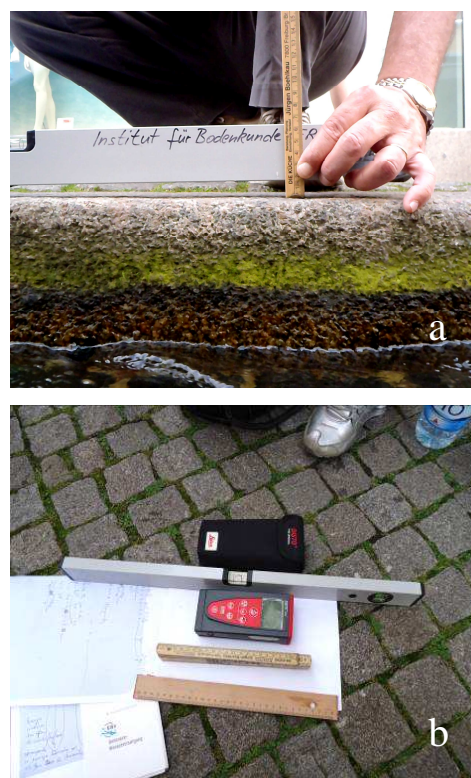
Sendo:  $Q$  = vazão (l/s ou  $\text{m}^3/\text{s}$ );  $A$  = área da secção do canal ( $\text{cm}^2$  ou  $\text{m}^2$ );

$V$  = velocidade da água (cm/s ou m/s).

A declividade nos três pontos de medição foi determinada pelo comprimento e altura de rampa do canal, utilizando instrumentos, quais sejam: nível de precisão, trena, régua e aparelho a laser de medição da distância. Este ambiente instrumental pode ser observado na Figura 1.

A declividade é a inclinação da superfície do terreno em relação ao plano horizontal. A declividade do terreno é expressa como a variação de altitude entre dois pontos do terreno, em relação à distância que os separa, de acordo com (RODRIGUES, 2011). A declividade dos

canais foram medidas em centímetros e transformada em (%) através do declivímetro: a) comprimento da hipotenusa em nível, b) altura do cateto oposto corresponde à declividade (cm) e c) o comprimento do cateto adjacente (cm) corresponde a 100%. A altura do cateto oposto corresponde a D%. Aplicação direta do teorema de Pitágoras onde:  $a^2 = (b^2 + c^2)$ .



**Figura 1.** a-) Medição declividade do Canal; b-) Instrumentos de medição.

As microbacias hidrográficas da Floresta Negra com as nascentes preservadas proporcionam a sustentabilidade ambiental necessária à produção de água para o

reabastecimento dos canais das ruas de Freiburg. As nascentes preservadas do rio Wagensteigbach, denominado de rio de escada de carros da Floresta Negra (Figura 2a); fonte de produção de água dos canais das ruas de Freiburg – Alemanha (Figura 2b).



**Figura 2.** a-) Rio da Floresta Negra; b-) Canal da rua de Freiburg.

A importância da floresta na manutenção dos serviços ambientais e

conservação da microbacia hidrográfica são comprovadas através da regularidade na produção de água doce com qualidade e disponibilidade para a comunidade, segundo (RODRIGUES, 2011). O primeiro serviço ambiental da floresta ocorre na interceptação das chuvas pelas copas das árvores, onde a água fica retida pelas copas e em seguida ocorre a evaporação para a atmosfera, e, parte atinge o solo realimentando os processos hidrológicos nas microbacias, com escoamento superficial da água, infiltração e fluxo de base, componentes principais da vazão.

A Floresta Negra é uma cordilheira do sudoeste da Alemanha, no estado (*Land*) do Baden-Württemberg. Ela é separada pelo vale do Reno do maciço dos Vosges, de que retoma a forma triangular e o tipo de relevo, mais elevado ao sul. O ponto culminante é o Feldberg, que atinge 1493 metros. Região bastante irrigada, a Floresta Negra é atravessada pela linha divisória de águas entre o oceano Atlântico e o Mar Negro (WIKIPÉDIA, 2011).

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A água que reabastece os canais de drenagem das ruas da cidade de Freiburg é

proveniente da microbacia do rio Wagensteigbach, rio de escada de carros da Floresta Negra, bem como das precipitações pluviométricas e do degelo dos Alpes Suíço. Os resultados das medições de vazão,

velocidade da água, área da secção e declividade dos canais de drenagem das ruas do centro da cidade, são apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Medição da Vazão dos canais nas ruas de Freiburg.

Canais de água	Pontos (P)	D (%)	H (cm)	L (cm)	A (cm <sup>2</sup> )	V (m/s)	Q (m <sup>3</sup> /s)	Q (l/s)
Canal (Pq)C <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	1,67	4,50	31,00	139,50	1,65	0,023	23,25
	P <sub>2</sub>	2,33	3,90	31,50	122,85	1,66	0,020	20,42
	P <sub>3</sub>	2,50	4,00	32,40	129,60	1,67	0,022	21,60
	Média	2,17	4,13	31,63	130,65	1,66	0,022	21,76
Canal (M) C <sub>2</sub>	P <sub>1</sub>	2,33	11,67	48,50	565,99	1,54	0,087	87,08
	P <sub>2</sub>	1,83	8,17	48,00	392,00	1,25	0,049	49,00
	P <sub>3</sub>	1,00	8,50	48,60	413,10	1,18	0,049	48,60
	Média	1,72	9,45	48,37	457,03	1,32	0,062	61,56
Canal (G) C <sub>3</sub>	P <sub>1</sub>	0,83	12,33	65,70	810,29	1,82	0,147	147,32
	P <sub>2</sub>	1,17	15,67	67,80	1062,22	1,82	0,193	193,12
	P <sub>3</sub>	1,47	21,33	71,50	1525,33	1,82	0,277	277,28
	Média	1,16	16,44	68,33	1132,61	1,82	0,206	205,91

Onde: Declividade dos canais (D, %); altura da lâmina d'água (H, cm); largura dos canais (L, cm); área da secção (A, cm<sup>2</sup>); velocidade da água (V, m/s); vazão (Q, l/s e m<sup>3</sup>/s).

O canal pequeno (C<sub>1</sub>) nos três pontos de medição apresentou um declive de 1,67%;

2,33% e, 2,50%, em dados médios de 2,17%. Já o canal médio (C<sub>2</sub>) um declive de 2,33;

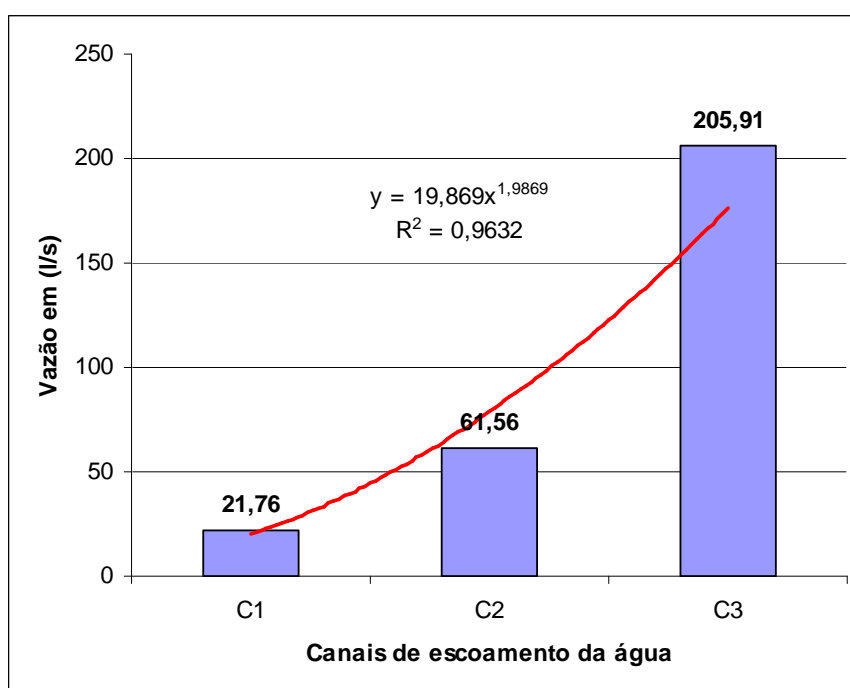
1,83 e, 1,00%, em média de 1,72%. O canal grande (C<sub>3</sub>) com declividades de: 0,83; 1,17; e, 1,47, apresentam a menor declividade média de 1,16%, (Tabela 1).

Os gradientes de declividade dos canais foram considerados planos pela classificação de tipos de relevo, com esta baixa declividade a água escoar por gravidade pelos drenos das ruas de Freiburg e, em baixa velocidade. 1,66; 1,32; e 1,82 m/s.

Vale ressaltar que os canais de drenagem permitem observar diferentes

volumes de água circulando pelas ruas da cidade, sendo que estes já fazem parte da ornamentação histórica de Freiburg.

A estimativa de vazão em litros por segundo escoada na secção transversal dos três canais: C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, e C<sub>3</sub>, foram realizadas: na rua do Sapateiro ou Schustertrasse em 21,76 (l/s); na rua do Sal ou; Salzstrasse em 61,56 (l/s), e, na rua do Riozinho ou Bächle em 205,91 (l/s) conforme observa-se na (Figura 3).



**Figura 3.** Vazão de três canais das ruas de Freiburg.

O aumento da lâmina d'água, e, conseqüentemente da umidade relativa do ar,

proporcionam maior equilíbrio térmico na cidade em épocas de verão.

A água circulante nos canais da cidade, além da importância ambiental em área urbana, ela desempenha uma função de sustentabilidade quando retorna ao canal realimentando o fluxo de vazão do Rio Dreisam, estimada em  $Q = 7,0$  (m<sup>3</sup>/s).

A estação hidrométrica de medição da vazão do Rio Dreisam, utiliza o Ultrason de Dopler, com sensores que medem a velocidade da água do rio (V1) e a velocidade do son (V2) com quatro sensores de última geração; dois sensores em cada lado do canal principal do rio Dreisam.

Na cidade de Freiburg a umidade segue a tendência da temperatura em função das características específicas do clima

regional, principalmente a maior precipitação média anual, maior a umidade relativa do ar. Os canais de água circulante pelas ruas da cidade podem contribuir com uma pequena parcela no aumento da umidade.

Como a água é um ótimo regulador térmico, portanto, pode se deduzir que o microclima da cidade de Freiburg nas épocas de verão torna-se mais ameno com maior equilíbrio térmico, sendo fundamental para o conforto térmico desta população.

A análise de variância para a vazão da água (Tabela 2) observa-se que houve diferenças significativas neste parâmetro nos três canais de escoamento de água.

**Tabela 2.** Análise de variância para a vazão da água nos canais de escoamento, L/s

FV	GL	SQ	QM	F	P
Canais de escoamento de água	2	56354	28177	17,48*	0,0031
Resíduo	6	9671	1612		
Total	8	66025			

\* significativo a 5% de probabilidade.

Valores médios para a vazão da água nos canais de escoamento e teste de Tukey para a comparação de médias, mostram diferenças significativas a 5% .

Através das análises de variância para os parâmetros: velocidade da água, área dos canais e vazão, observa-se que houve diferenças significativas nestes três parâmetros nos três canais de escoamento de



água. Os valores médios para estes parâmetros no teste de comparação de médias por Tukey, também apresentam diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade.

O parâmetro declividade dos canais, não apresentou diferença significativa nos três canais de escoamento de água, através da análise de variância e no teste de comparação de médias por Tukey no nível de 5%.

#### **4 CONCLUSÃO**

As estimativas de vazão da água nos canais apresentam diferentes volumes de água circulando pelas ruas da cidade com aumento da lâmina d'água, variação da vazão do fluxo na ordem de 21,76; 61,56; e, 205,91 litros por segundo.

Os três canais C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, e C<sub>3</sub> nos seus três pontos de medição P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, e P<sub>3</sub> apresentaram declividades médias decrescente de 2,17%; 1,72% e, 1,16% respectivamente. Os gradientes de declividade dos canais são planos, a água escoar por gravidade pelas ruas da cidade de Freiburg e, em baixas velocidades de: 1,66; 1,32; e 1,82 metros por segundo.

O rio Wagensteigbach, apresenta um potencial de produção de água com vazão média de  $Q = 0,3$  (m<sup>3</sup>/s), que reabastece os canais de água circulante e fazem parte da ornamentação histórica nas ruas da cidade de Freiburg - Alemanha.

A água circulante nos canais das ruas promove um melhor equilíbrio térmico com melhor regularidade da umidade relativa do ar da cidade de Freiburg, resultando num maior conforto térmico para a população.

#### **5 AGRADECIMENTOS**

À CAPES, Programa PROBRAL – Viagem Brasil Alemanha em: 17/07 a 10/08/2011.

#### **6 REFERÊNCIAS**

LIMA, W. P. A microbacia e o desenvolvimento sustentável. *Ação Ambiental*, v. 1, n. 3, p. 20-22, 1999.

RODRIGUES, V. A.; CARVALHO, W. A. Análise morfométrica da microbacia hidrográfica do córrego Água Limpa. In: **WORKSHOP EM MANEJO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS**, 8, 2004, Cunha. Anais... Botucatu: Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, 2004. p. 144-163.

RODRIGUES, V. A. Análise dos processos hidrológicos em modelo didático de microbacias. Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal. Garça. R. C. E. E. F., v.17, n.1, fev, 2011.

WIKIPÉDIA. Floresta Negra. Disponível em:  
[http://pt.wikipedia.org/wiki/Floresta\\_Negra](http://pt.wikipedia.org/wiki/Floresta_Negra). Acesso em 11/11/2011.