

DIAGNÓSTICO DA TEMPERATURA DAS ÁGUAS DOS PRINCIPAIS RIOS DE BLUMENAU, SC *WATER TEMPERATURE DIAGNOSIS OF THE MOST IMPORTANT BLUMENAU STREAMS*

Claudete Massuchin Percebon¹
André Virmond Lima Bittencourt²
Ernani F. da Rosa Filho²

RESUMO

Durante o período de junho de 2000 a agosto de 2002, foi desenvolvido um estudo de avaliação térmica das águas dos principais rios do município de Blumenau, Estado de Santa Catarina. Considerando que a temperatura das águas é um dos mais importantes índices para definir a qualidade dos rios, fez-se uma análise geral dos prováveis efeitos ambientais e antrópicos que possam afetá-la. Dentre tais fatores foram estudados: insolação, cobertura vegetal, a existência ou não de mata ciliar, poluição térmica, temperatura ambiente, direção e intensidade dos ventos, aspectos geotérmicos, topografia e substrato geológico drenado. Foi tomada a medida da temperatura das águas dos rios, e do ar, junto a pontos de coleta pré-definidos, em número de dois a quatro, em função da extensão dos rios estudados. Os resultados das temperaturas obtidos foram confrontados com outras variáveis ambientais da região na época do estudo. Tal diagnóstico mostrou que a resposta térmica dos rios é a assinatura das condições do meio e da preservação ambiental. Também, que a definição do perfil térmico de um rio é uma ferramenta importante nos trabalhos de monitoramento de águas superficiais. Trata-se de uma opção não onerosa, que não exige grandes aparatos e é relativamente fácil de ser implementada.

Palavras-chave: temperatura da água, parâmetros de qualidade de água, Blumenau - Brasil.

1 Mestranda em Geologia Ambiental - Universidade Federal do Paraná.

2 Laboratório de Pesquisas Hidrogeológicas (LPH), Departamento de Geologia – Universidade Federal do Paraná.

ABSTRACT

From June 2000 to August 2002, a study of thermal analysis of the main streams in the city of Blumenau, Santa Catarina State, South of Brazil, was carried out. Considering the water temperature as an index defining the water quality, a general diagnosis of the probable effects from ambience and antropics factors about this parameter was accomplished. Among the environmental factors connected with surface water temperature, the following factors were studied: insolation, vegetal cover and riparian zone, thermal pollution, environment temperature, direction and intensity of wind, geothermic, topographic and drained geological substrate aspects. The temperature of water and air in preestablished locations was measured. Due to the extension of the streams, it was defined from two to four sample sites for each stream. The results of the temperatures obtained in the research were matched with other environmental variables of the area. This diagnosis showed that the thermal answer of the streams is a function of the situation of the environment as well as its preservation. It has also been demonstrated that the thermal profile of a stream is an important tool in monitoring the quality of surface waters. It is a low price option, which does not require sophisticated equipments. Besides it, is relatively easy to be implemented in the water quality control works.

Key-words: water temperature, water quality parameters, Blumenau - Brazil

INTRODUÇÃO

A temperatura é um dos padrões, ou características organolépticas, de qualidade das águas, atrelada à sensibilidade dos organismos vivos, que tornam uma água atraente ou não para o consumo, assim como a transparência, sabor, odor e aparência. Na análise das águas, portanto, a temperatura é um dos fatores físicos mais expressivos a ser determinado (Ramalho 1977). Quando a alteração da temperatura de um corpo hídrico é tão significativa a ponto de alterar a sua qualidade, a mesma passa a ser caracterizada como poluição térmica.

A água apresenta uma excepcional habilidade de armazenar calor, isso faz com que um rio, depois de aquecido, volte muito lentamente a sua temperatura natural. A poluição térmica de várias fontes, também pode apresentar efeito cumulativo (Branco 1981).

O aquecimento das águas dos rios pode ter origem em processos naturais, como os geotérmicos, variações sazonais da temperatura ambiente e da insolação, e da redução de vazão. Também advém de processos antrópicos diretos, como a descarga de efluentes com temperatura diferente do corpo receptor, pelo calor liberado na oxidação de carga poluente lançada; ou indiretamente, pelo represamento das águas e desmatamentos na área de drenagem.

Dentre os fatores ambientais e efeitos tecnológicos, aos quais estão submetidos os principais rios da região de Blumenau, e que pudessem oferecer algum efeito sobre as oscilações da temperatura de suas águas superficiais, foram considerados: poluição térmica, temperatura do ambiente, presença ou ausência de cobertura vegetal, nebulosidade, densidade topográfica, insolação, direção de ventos, aspectos geotérmicos

e substrato drenado. O objetivo principal desse artigo é apresentar a resposta da temperatura das águas de tais rios às diferentes condições a que estão sujeitos. Deseja-se, também, mostrar que o uso desse simples diagnóstico pode ser traduzido em informações interessantes nos trabalhos de planejamento e monitoramento de qualidade de águas superficiais.

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Considera-se a temperatura como a quantidade de calor existente num corpo, termodinamicamente em equilíbrio.

Conforme enfatiza Odum (1988), a energia radiante que atinge a superfície da Terra é de 2 cal/cm²/min. Num dia claro de verão, sem nuvens, a quantidade máxima dessa luz solar, que pode atingir a superfície da Terra, é de 67 % desse valor. Ainda, dessa energia: 10 % é radiação ultravioleta; 45 % é luz visível e 45 % infravermelho. Ainda, do total de radiação recebida pela Terra, 31 % retornam refletidos para o espaço como albedo planetário, ou refletância.

A cobertura de nuvens, a água e a vegetação alteram ainda mais essa distribuição espectral. Em terreno ondulado ou montanhoso as vertentes orientadas para o sul recebem menos radiação solar, e, aquelas orientadas para o norte, mais do que as superfícies horizontais. O albedo das águas superficiais varia com o ângulo de incidência da radiação solar. Esse, quanto menor, maior a percentagem de refletância. As nuvens, principalmente aquelas das camadas mais baixas, controlam a emissão de radiação de longo comprimento de onda no período da noite, ou seja o Infravermelho, e também a entrada da radiação de curto comprimento,

ou ultravioleta, que entra na atmosfera durante o dia (Bryant 1977).

A vegetação tende a refletir o infravermelho próximo, que contém a maior parte da energia térmica solar, bem como os comprimentos de onda relativos ao verde. Esse é um dos mecanismos de resfriamento utilizado pelas plantas para controle de sua temperatura (Odum 1988).

A água apresenta propriedades únicas de tamponar ou moderar os efeitos do calor no meio ambiente. A remoção da vegetação ribeirinha, por sua vez, afasta a sombra e aumenta a erosão do solo. Os solos expostos liberam sólidos que são carregados e tendem a se depositar nos bancos laterais, coroaos ou ilhas rasas, dos rios. Esses absorvem energia térmica, que acaba sendo liberada para o ambiente. No caso dos rios esse calor é absorvido, direta e indiretamente, pela água (McCaul & Crossland 1974). A mata ciliar, além de proteger o solo contra a erosão, colabora para a população bentônica e ajuda no controle da temperatura (Horne & Goldman 1994).

A temperatura de águas superficiais é afetada pela latitude, altitude, estação do ano, circulação do ar, cobertura de nuvens, vazão e profundidade do corpo hídrico.

A capacidade de resfriamento da água varia de 7,3 a 36,6 kcal/h/m².°C, entre o ar e a água, dependendo da temperatura do vento e da água.

Números são os agravantes físicos, químicos e biológicos advindos da alteração térmica imposta a um corpo hídrico, que são citados na literatura (Branco 1981, Porto 1991, Mccaull & Crossland 1974, Braile & Cavalcanti 1979, Degremont 1979, Imhoff 1966, Pessoa & Jordão 1982, Odum 1988, Boon 1991). Dentre os principais estão:

- a) aumento da vaporização da água;
- b) alteração da solubilidade de diversas substâncias;
- c) mudança nas condições das reações químicas e bioquímicas, (essa pode ser mais nociva que o lançamento de uma carga poluidora pontual num dado trecho do rio);
- d) presença de barreira física para espécies de peixes migratórias;
- e) atrair para as áreas poluídas termicamente, espécies que procuram águas mais quentes, e, um ambiente desse tipo pode se tornar seletivo, com espécies se sobrepondo a outras a ponto de dizimá-las;
- f) aumentar a suscetibilidade dos organismos a materiais tóxicos, bem como a doenças causadas por fungos, parasitas e outros agentes;

- g) incrementar os processos de sedimentação, pela diminuição da viscosidade;
- h) reduzir do teor de oxigênio dissolvido;
- i) elevar a taxa de crescimento de plantas microscópicas aquáticas e peixes;
- j) causar desequilíbrio pela eclosão de ovas de peixes, fora da época apropriada, antes da disponibilidade de sua fonte de alimento;
- k) minorar o valor da água para abastecimento público, pois, além do aspecto organoléptico indesejável das águas mais quentes, induz a um aumento nos custos e dificulta o seu tratamento;
- l) choques térmicos podem induzir à mortalidade de pequenos crustáceos, importantes na cadeia alimentar;
- m) causar efeitos diretos na coagulação/desnaturação de proteínas que constituem a matéria viva;
- n) incrementar a capacidade tóxica de certas substâncias que se acham dissolvidas na água, como a Rotenona;
- o) propiciar mudanças genéticas, estresse, doenças debilitantes que encurtam a vida ou aumentam a mortalidade de espécies, (isso é notado, principalmente, em locais onde a poluição térmica é intensa e persistente por longos anos).

Águas que se apresentem com temperaturas acima da ambiente, na maioria das vezes, não são interessantes para captação industrial ou para o abastecimento de ETEs - Estações de Tratamento de Efluentes, pois podem apresentar um ou mais dos agravantes citados.

Segundo Bryant (1977) a temperatura média da superfície do planeta é de 15°C, e, exceto por processos geotérmicos presentes, as águas superficiais não apresentam temperaturas superiores a 35-40°C.

Em relação ao substrato geológico, por onde escoam as águas, observa-se que rochas escuras, expostas à insolação, podem exibir temperaturas maiores que aquelas do ar atmosférico local (Bigarella et al. 1996). Nas regiões úmidas, com boa cobertura vegetal, esse efeito da insolação nas rochas é praticamente anulado. As águas de pequenos rios que correm, pois, sobre substrato rochoso, em áreas expostas, podem apresentar gradiente diário de temperatura maior que 10°C. Isso se deve, em parte, pela liberação do calor irradiado da própria rocha (Horne & Goldman 1994).

Com relação aos padrões de potabilidade de águas, definidos dentro do Projeto de Gerenciamento de Recursos Hídricos de Santa Catarina (Fundação do Meio Ambiente, 198-), o limite de temperatura para água

de abastecimento público para a Alemanha e Comunidade Européia é de 25°C e para o Canadá apenas 15°C. Para o Brasil, segundo as Portarias 1469 ou a 36 (Brasil 2001) não existe um valor definido, apenas para o lançamento de efluentes em corpos hídricos o limite fixado é de até 40°C (Santa Catarina 1981, Conama 1984/91).

A temperatura, no entanto, é universalmente importante, sendo muitas vezes, um fator limitante à vida. Também o efeito estimulante da oscilação da temperatura das regiões temperadas, pode ser aceito como um princípio ecológico positivo e bem definido (Odum 1988).

Um rio pode ter uma água mais fria ou mais quente e estar em equilíbrio ecológico. Também isso pode ser bom ou ruim dependendo do uso de suas águas, seja a exigência de águas frias para um projeto de criação de trutas, ou de águas quentes na instalação de uma estância hidrotermal.

MATERIAL E MÉTODOS

O dados hidrotérmicos que embasaram esta análise foram levantados nos principais rios da área municipal de Blumenau (531 km²), localizada próxima ao litoral de Santa Catarina, no sul do Brasil, conforme a figura 01. Os corpos hídricos que tiveram suas temperaturas avaliadas foram: Garcia, Fortaleza, Itoupava, da Velha, Itajaí-Açu e do Testo e, para o caso desses dois últimos, apenas os trechos pertencentes ao município fizeram parte desse estudo.

A micro-região estudada pode ter seu clima classificado, de modo geral, como subtropical úmido, em todas as estações, com verões quentes e longos (cfa), segundo a classificação de Köppen. De acordo com a classificação de Thorthwaite seria úmido, com temperatura média entre 18°C e 20°C (mesotérmico) e com chuvas adequadas em todas as estações (B₂B₃ra).



Figura 1 - Mapa de Localização. Site map.

(Beltrame 1994, Santa Catarina 1986, Santa Catarina 1991, Santa Catarina 1997). A temperatura média geral ambiente de Blumenau, para o período de maio/2000 a setembro/2001, foi de 21,4°C.

A rede de drenagem de Blumenau se compõe de bacias com características muito diferentes entre si. São vários tipos de solos e litologias, vários níveis de cobertura vegetal; topografia ora muito acidentada, ora representada por aluviões ou áreas mais planas; regiões com elevada densidade de uso do solo e, outras, de baixa ocupação urbana. Os tributários do rio Itajaí-Açú, da área estudada, apresentam-se, na maior parte do tempo, com uma lâmina líquida em torno de 0,50 m, contrastando com o próprio, um rio de médio a grande porte.

Ao longo rios estudados foram definidos dezoito pontos para tomada das temperaturas da água e do ar. Esse trabalho utilizou os dados de temperatura do projeto Índice de Qualidade das Águas, desenvolvido pela Fundação do Meio Ambiente - FAEMA, da Prefeitura Municipal de Blumenau (FAEMA 2001, FAEMA 2002, FAEMA 2003-em preparação, PMB 2000). O levantamento feito corresponde ao período de junho/2000 a agosto/2002. Utilizou-se um termômetro de Álcool com escala de -10°C a 110°C. Tomou-se a temperatura do ar, à sombra e, imediatamente após, a temperatura da água colhida em balde coletor de vinte litros.

Para a análise da temperatura ambiente e pluviosidade no período estudado foram utilizados, também, os dados climáticos obtidos da estação meteorológica do Instituto de Pesquisas Ambientais - IPA da Fundação Universidade Regional de Blumenau - FURB (FURB 2002, FURB 2003).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nas tabelas 1 e 2 são colocados os resultados das temperaturas, respectivamente, das águas dos rios e do ar. Na tabela 3 tem-se os valores: médio, máximo e mínimo, obtidos. Na figura 2, estão os dezoito pontos de coleta, que foram georeferenciados, bem como a distribuição das médias de temperatura obtidas em cada um deles e sua intensidade.

A temperatura média geral das águas entre todos os rios de Blumenau, no período avaliado, foi de 20,5°C. O maior valor médio, entre os pontos analisados, foi do de número quatorze, do rio da Velha, em sua foz, com 29,8°C. O menor nas águas das nascentes do rio Itoupava, do ponto oito, com 8,8°C.

O rio que se mostrou, em média, com a maior temperatura, foi o Itajaí-Açú, com de 21,3°C. Seu grande volume de água propicia o armazenamento de calor e pouca flutuação na temperatura. O trecho blume-

nauense do rio, de cerca de 28 Km, entre seus pontos à entrada e saída da cidade (15 e 16), apesar das contribuições de poluentes, recebidas diretamente, ou através de seus tributários, mostra características térmicas similares em toda sua extensão. Por outro lado, o fato de exibir a maior média geral, permite concluir, também, que o mesmo recebe uma carga térmica significativa.

Dos afluentes do rio Itajaí-Açú, o rio mais aquecido, cujas águas têm média geral de 21,1°C, é o rio do Testo. Também os rios Itoupava e Fortaleza, em toda sua extensão, mostram águas com valores médios de temperatura acima de 20,0°C.

As águas da foz dos rios da Velha e Garcia se apresentam bastante poluídas, inclusive de cor escura, e mostram temperaturas médias significativas. Ambos, de suas nascentes até seu encontro com o Itajaí-Açú, exibem gradientes térmicos positivos. Esse crescimento na temperatura de suas águas chega a 8,5°C para o rio da Velha e 3,8°C para o rio Garcia. Esse incremento térmico está associado à descarga de poluentes, especialmente de esgotos sanitários, à medida que tais corpos hídricos escoam pelas áreas mais densamente povoadas do município.

As águas, da maioria dos tributários do rio Itajaí-Açú dentro do Município de Blumenau, apresentam flutuações significativas de temperatura com as estações do ano. Isso é mais evidente nos rios da região norte do município. No Itoupava, por exemplo, para um mesmo ponto, considerando a medidas feitas no inverno e verão, ou seja, num intervalo de cinco meses apenas, tem-se águas com uma diferença de 18,7°C. Esse efeito pode ter ação nociva ou estimulante sobre a biota local e esse é um fato que ainda merece ser mais bem avaliado.

De modo geral, o alinhamento orográfico na região de Blumenau apresenta direção predominante NW-SE, ou seja, a área recebe média radiação solar. Toda a região se caracteriza por vales profundos em forma de "v", especialmente a região sul do município. Assim sendo, segundo Von Hertwig (1991), a amplitude de temperaturas é maior em vales encaixados entre montanhas, pois o ar, aquecido durante o dia, tende a sair do vale durante a noite.

As águas mais frias pertencem ao rio Garcia, com média geral de 19,2°C. Suas nascentes, aqui representadas pelo ponto um, encontram-se em local ainda protegido por vegetação densa (Comitê do Rio Itajaí Açú 2003, Mata Atlântica do Vale do Itajaí 2003) e comportando poucas atividades antrópicas. Da mesma forma o rio percorre uma área de topografia acidentada (Santos 2000), com inclinação de vertentes pouco favoráveis a insolação.

Tabela 1 - Temperatura da Água junto aos pontos de coleta dos principais rios de Blumenau (°C). Water temperature next to the sample points of the main Blumenau streams (°C).

RIOS	PONTO	2000												2001												2002												MÉDIA
		JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEB	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEB	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO										
GARÇIA	1	16,2	13,5	15,2	*	19,7	20,3	22,7	20,2	20,1	14,8	13,8	11,0	17,9	18,3	18,6	19,3	18,9	23,2	23,0	19,4	19,9	11,7	18,3	17,9	16,9	18,9	18,9										
	2	17,0	14,6	15,8	*	19,4	21,8	24,2	21,1	20,1	15,1	14,6	15,1	19,1	19,3	19,3	20,6	20,1	24,4	24,6	20,0	4,4	12,1	18,9	18,9	18,9	18,9	18,9										
	3	20,1	16,9	17,5	*	19,9	23,2	25,9	23,0	21,0	15,7	15,6	16,6	20,0	19,9	20,0	21,3	21,8	25,4	25,9	26,9	4,4	13,9	19,8	19,9	20,0	20,0	20,0										
	4	19,0	16,5	17,0	*	20,0	23,0	25,4	23,4	21,1	15,2	15,6	16,5	20,0	20,6	20,3	21,3	22,7	26,9	26,0	21,0	5,3	13,7	19,6	20,0	20,0	20,0	20,0										
FORTALEZA	5	19,8	9,7	15,7	17,6	25,2	28,6	28,5	26,4	23,1	16,6	21,0	14,6	19,5	22,2	19,7	22,0	23,6	24,7	23,0	22,1	21,4	18,9	16,3	20,6	20,6	20,6	20,6										
	6	19,2	11,0	17,4	17,4	21,6	27,3	25,8	26,9	23,0	17,8	15,4	16,4	18,7	22,0	20,1	21,6	23,5	24,4	22,9	21,5	21,4	19,2	16,5	20,7	20,7	20,7	20,7										
	7	19,4	11,4	17,9	18,3	24,3	27,9	28,5	26,6	23,0	18,5	21,0	15,4	19,7	21,9	20,0	21,7	24,0	24,3	23,5	21,4	21,5	19,2	16,6	20,9	20,9	20,9	20,9										
ITOUUPAVA	8	17,7	8,9	14,1	10,1	24,0	27,0	24,1	25,5	22,5	15,5	20,5	15,3	19,1	21,7	20,5	21,2	22,1	21,0	21,0	21,3	21,8	18,7	15,6	20,4	20,4	20,4	20,4										
	9	16,7	9,4	15,1	16,0	25,9	27,3	25,4	25,8	22,2	16,3	20,4	14,4	19,6	22,8	19,6	21,3	22,7	24,8	22,4	21,8	21,5	18,9	16,0	20,4	20,4	20,4	20,4										
ITAJAÍ	10	19,3	9,8	15,7	18,4	25,4	28,5	28,2	27,0	23,8	18,9	21,3	15,8	20,1	23,1	21,9	22,6	23,3	25,0	23,0	22,2	20,0	19,8	18,2	21,0	21,0	21,0	21,0										
	11	16,3	14,1	15,5	*	19,0	21,3	22,6	22,9	21,5	17,0	16,5	18,1	17,2	18,1	18,2	21,5	21,5	23,7	22,6	20,8	9,5	14,8	16,8	18,1	18,1	18,1	18,1										
	12	16,2	12,6	14,7	*	19,3	20,9	23,9	23,9	22,0	18,5	20,2	17,9	17,4	18,7	18,7	21,6	22,1	23,6	21,5	19,8	16,1	15,8	19,2	19,2	19,2	19,2	19,2										
	13	17,7	16,3	17,8	*	21,3	27,0	27,0	23,0	22,3	17,4	20,5	18,8	17,9	18,2	18,8	22,1	23,4	25,3	24,1	21,7	21,2	16,4	16,5	20,7	20,7	20,7	20,7										
	14	20,6	16,6	16,2	*	23,9	29,8	27,4	24,3	23,1	18,2	21,0	19,2	18,4	18,8	19,2	22,7	23,7	25,5	24,7	22,1	22,4	16,7	17,0	21,5	21,5	21,5	21,5										
	15	16,7	13,7	15,8	18,7	19,9	25,0	27,5	26,1	23,1	15,6	20,5	18,3	18,9	18,8	24,0	26,1	27,2	28,5	29,3	21,0	18,2	18,0	21,2	21,2	21,2	21,2	21,2										
	16	17,6	14,1	18,5	18,5	20,1	25,2	28,8	26,1	22,9	18,9	20,7	18,3	18,4	18,8	19,1	23,5	26,0	27,0	28,9	23,3	22,2	18,2	17,8	21,3	21,3	21,3	21,3										
	17	19,8	11,9	18,4	18,0	28,3	26,2	25,7	26,0	23,0	18,4	14,7	14,5	20,5	21,8	21,5	24,5	24,8	27,9	22,4	19,6	21,0	18,3	22,8	21,1	21,1	21,1	21,1										
	18	19,2	10,5	15,7	16,7	25,8	26,5	26,5	23,1	15,1	14,8	14,2	20,6	21,5	21,7	25,0	26,1	28,3	22,6	19,2	21,7	18,0	22,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0										

* Dado não disponível!

FONTE: FAEMA (2001), FAEMA (2002), FAEMA (2003-em elaboração).

Tabela 2 - Temperatura do ar, junto aos pontos de coleta dos principais rios de Blumenau (°C). Air temperature next to the sample points of the main Blumenau streams (°C).

RIOS	PONTO	2000												2001												2002												MÉDIA											
		JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO																					
GARCIA	1	20,4	14,4	16,5	*	24,0	26,0	30,0	28,0	24,0	17,0	14,5	16,5	19,0	23,0	23,0	22,5	25,0	30,3	27,0	21,2	14,8	11,6	20,5	21,2	18,5	14,4	16,5	*	24,0	26,0	30,0	28,0	24,0	17,0	14,5	16,5	19,0	23,0	23,0	22,5	25,0	30,3	27,0	21,2	14,8	11,6	20,5	21,2
	2	18,1	14,4	16,5	*	24,0	26,0	30,0	28,0	24,0	16,0	13,5	16,5	20,0	25,0	24,0	22,5	24,0	30,0	29,0	21,5	15,5	11,0	21,5	21,4	18,2	14,4	16,5	*	25,0	26,0	30,0	29,0	24,0	18,0	14,5	16,0	19,5	25,0	21,0	23,0	24,0	30,0	29,0	21,8	15,2	10,8	23,0	21,5
	3	19,0	14,4	16,5	*	26,0	26,0	29,0	28,0	24,0	18,0	14,5	16,0	19,5	25,0	21,0	23,0	24,0	30,0	29,0	21,8	15,2	10,8	23,0	21,5	19,6	14,4	16,5	*	26,0	26,0	29,0	28,0	24,0	18,0	14,5	16,0	19,5	23,0	24,0	30,0	29,0	21,6	13,6	13,0	21,5	22,1		
	4	10,0	13,2	20,8	28,0	31,0	29,0	28,0	17,0	23,0	19,0	20,5	23,5	21,0	21,0	23,0	24,0	23,5	22,8	21,8	19,8	16,9	22,4	10,0	13,2	20,8	28,0	31,0	29,0	28,0	17,0	22,0	19,0	20,5	24,0	24,0	23,0	27,3	23,0	22,1	26,7	20,0	15,9	22,4					
FORTALEZA	5	8,0	15,4	18,5	25,0	28,5	30,0	29,0	28,0	18,0	20,0	24,0	20,5	23,0	25,0	23,0	24,0	24,5	25,0	22,4	18,5	15,5	21,8	8,0	15,4	18,5	25,0	28,5	30,0	29,0	28,0	18,0	20,0	24,0	20,5	23,0	25,0	23,0	24,0	24,5	25,0	22,4	18,5	15,5	21,8				
ITICUPAVA	6	17,2	8,0	13,2	18,5	32,0	31,0	28,0	30,0	28,0	16,0	24,0	17,0	23,0	25,0	28,0	26,0	23,5	30,0	23,0	21,9	26,5	20,0	17,8	23,9	17,2	8,0	13,2	18,5	32,0	31,0	28,0	30,0	28,0	16,0	24,0	17,0	23,0	25,0	28,0	26,0	23,5	30,0	23,0	21,9	26,5	20,0	17,8	23,9
DAVELHA	7	20,3	14,4	15,4	*	24,0	26,0	28,0	27,0	23,0	19,0	21,5	20,0	19,0	19,0	18,5	28,0	22,0	28,0	24,0	22,8	25,5	20,5	17,5	21,2	20,3	14,4	15,4	*	24,0	26,0	28,0	27,0	23,0	19,0	21,5	20,0	19,0	18,5	28,0	22,0	28,0	24,0	22,8	25,5	20,5	17,5	21,2	
	8	18,5	14,4	15,4	*	24,0	26,0	28,0	27,0	24,0	16,9	22,0	21,0	19,0	19,0	19,0	19,0	24,0	24,0	26,0	22,5	20,3	15,5	21,0	21,7	18,2	14,4	15,4	*	26,0	28,0	30,0	29,0	24,0	18,0	14,5	16,0	19,5	25,0	21,0	23,0	24,0	29,0	21,0	23,0	20,6	14,8	19,0	22,1
	9	19,6	14,4	16,5	*	31,0	30,0	29,0	29,0	24,0	17,0	22,0	20,5	18,0	19,0	20,0	24,0	23,0	25,0	22,6	23,4	18,0	17,7	22,1	19,6	14,4	16,5	*	31,0	30,0	29,0	29,0	24,0	17,0	22,0	20,5	18,0	19,0	20,0	24,0	23,0	25,0	22,6	23,4	18,0	17,7	22,1		
ITAUNA-AÇÚ	10	18,2	14,4	16,4	20,6	21,0	31,0	33,0	29,0	24,0	22,0	21,5	23,0	25,0	22,0	18,0	24,0	33,0	28,0	23,5	22,4	19,0	23,5	23,3	18,2	14,4	16,4	20,6	21,0	31,0	33,0	29,0	24,0	22,0	21,5	23,0	25,0	22,0	18,0	24,0	33,0	28,0	23,5	22,4	19,0	23,5	23,3		
DO TESTO	11	18,8	14,4	16,5	20,6	29,0	29,0	29,0	29,0	24,0	22,0	21,5	20,0	19,0	19,0	21,0	24,0	28,5	30,0	21,0	23,2	19,8	18,7	22,8	18,8	14,4	16,5	20,6	29,0	29,0	29,0	29,0	24,0	22,0	21,5	20,0	19,0	19,0	21,0	24,0	28,5	30,0	21,0	23,2	19,8	18,7	22,8		
	12	20,4	8,0	13,2	18,5	31,0	32,0	28,0	30,0	28,0	16,0	24,0	17,0	23,0	25,0	28,0	26,0	23,5	30,0	23,0	21,0	26,5	20,0	17,8	23,9	20,4	8,0	13,2	18,5	31,0	32,0	28,0	30,0	28,0	16,0	24,0	17,0	23,0	25,0	28,0	26,0	23,5	30,0	23,0	21,9	26,5	20,0	17,8	23,9

* Dado não disponível.

FONTE: FAEMA (2001), FAEMA (2002), FAEMA (2003-em elaboração).

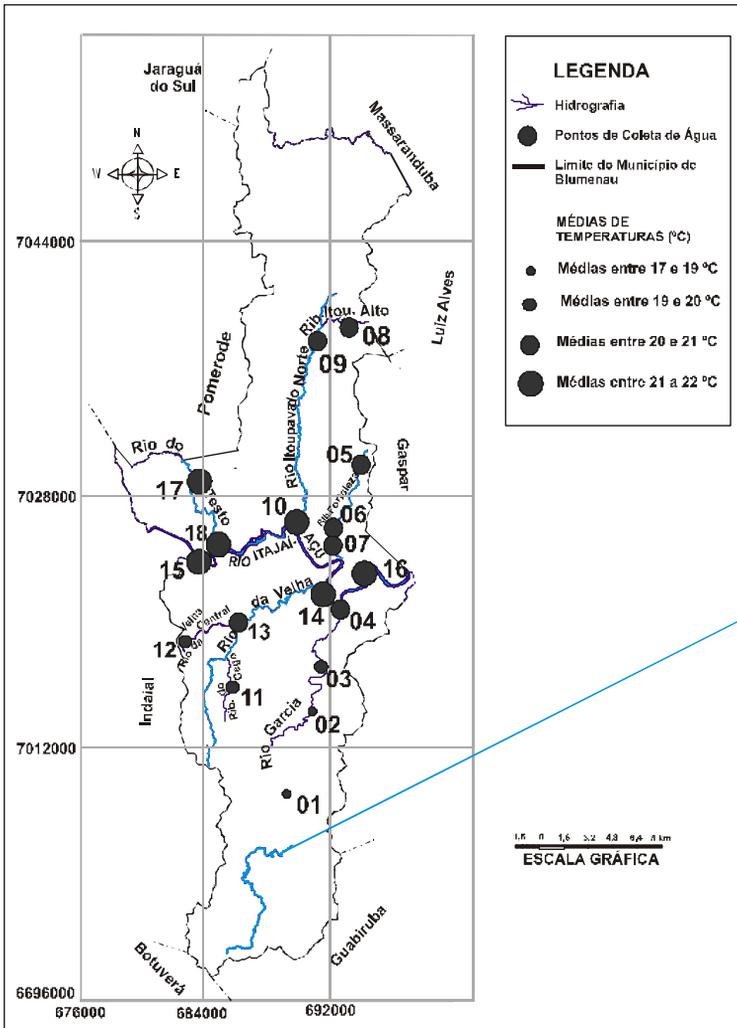


Figura 2 - Mapa de localização dos pontos de coleta, para cada rio estudado e temperatura média correspondente. Site map with the streams sampling points and respective temperature average.
 FONTES: PMB (2000), IBGE (1974), IBGE (1991).

Tabela 3 - Temperaturas médias, máximas e mínimas da água e do ar junto aos pontos de coleta dos principais rios da área de estudo. *Water and air temperatures next to the sample points of main streams of the studied area.*

PRINCIPAIS RIOS	PONTOS DE COLETA E MÉDIA	TEMPERATURAS (°C)					
		Médias		Máximas		Mínimas	
		TAG	TAMB	TAG	TAMB	TAG	TAMB
GARCIA	1	17,90	21,20	23,20	30,00	11,70	11,80
	2	18,80	21,40	24,60	30,00	12,70	11,00
	3	19,90	21,50	25,90	30,00	13,90	10,80
	4	20,00	22,00	26,90	31,00	13,70	13,00
	Média	19,10	21,50	25,20	30,30	13,00	11,70
FORTALEZA	5	20,80	22,30	28,60	31,00	9,70	10,00
	6	20,70	22,40	27,30	31,00	11,00	10,00
	7	20,90	21,80	27,90	30,00	11,40	8,00
	Média	20,80	22,20	27,90	30,70	10,70	9,30
ITOUPAVA	8	20,00	22,80	27,00	34,00	8,80	8,00
	9	20,40	27,50	27,30	36,00	9,40	8,00
	10	21,00	23,00	28,50	32,00	9,80	8,00
	Média	20,50	24,40	27,60	34,00	9,30	8,00
DA VELHA	11	19,10	21,20	23,70	29,00	14,10	12,50
	12	19,20	21,70	23,90	29,00	12,80	14,40
	13	20,70	22,10	27,00	33,00	16,30	14,10
	14	21,50	22,10	29,80	31,00	16,60	14,40
	Média	20,10	21,80	26,10	30,50	15,00	13,90
ITAJAÍ-AÇÚ	15	21,20	23,30	28,50	33,00	13,70	14,40
	16	21,30	22,60	28,90	30,00	14,10	14,40
	Média	21,30	22,90	28,70	31,50	13,90	14,40
DO TESTO	17	21,10	22,40	27,90	31,00	11,90	8,00
	18	21,00	21,90	28,30	32,00	10,50	8,00
	Média	21,00	22,20	28,10	31,50	11,20	8,00

OBS: TAG – Temperatura da Água
TAMB – Temperatura Ambiente

FONTES: FAEMA (2001), FAEMA (2002), FAEMA (2003-em elaboração).

Dentre os principais formadores do rio da Velha estão o ribeirão do Cego e ribeirão Velha Central, e nesses se encontram, respectivamente, os pontos de amostragem, o onze e doze. Tais ribeirões escoam, predominantemente, sobre argilitos e folhelhos claros (DNPM 1983, DNPM 1986) e drenam áreas com boa cobertura vegetal e paisagem acidentada. Tais condições induzem a temperaturas mais amenas, tanto para o ambiente, quanto para as águas superficiais. Essas são, pois, mais frescas, similarmente ao que ocorre às nascentes do rio Garcia.

Foram identificadas situações em que a temperatura das águas era superior à temperatura do ar. Essa diferença mostrou valores de até 4,1°C. Isso foi constatado em trechos de rios, inclusive, que mostram águas de boa qualidade, descartando-se, dessa forma, a possibilidade de descarga de efluentes térmicos.

Notadamente, a frequência desses casos é maior nos rios do Testo, Itoupava e Fortaleza, todos drenando as rochas metamórficas do Complexo Granulítico de Santa Catarina do norte do município. No caso específico dos rios do Testo e Itoupava, esses possuem pequena lâmina líquida, por vezes percorrem áreas expostas, com ausência ou muito pouca vegetação, planas ou de topografia mais amena, e drenam gnaisses, alguns bem máficos. Outra possibilidade seria a contribuição de algum efeito hidrotermal. Para avaliar essa hipótese, tomou-se a temperatura de duas fontes alimentadoras do rio Itoupava, próximas ao ponto oito, além de outras medidas de temperatura da água do rio a montante dessas e em outro rio próximo. Essa área, no caso, ainda apresenta boa cobertura vegetal e não está sujeita a atividades poluentes significativas. Os resultados desses testes de campo constam da tabela 4. A primeira

Tabela 4 - Avaliação de hidrotermalismo junto ao ponto oito do rio Itoupava. *Hydrothermal evaluation next to the point eight of the Itoupava stream.*

Amostra	Local de Amostragem	Data /Hora/Início/Término da Amostragem		02/12/02		06/03/03	
				Início: 10:00 h		Início: 17:00 h	
				Término: 11:00 h		Término: 18:00 h	
		TAG (°C)	TAMB (°C)	TAG (°C)	TAMB (°C)		
01	Dentro do rio no ponto normal de coleta {8} [E= 0693266; N= 7038672]	22,5	24,0	28,0	31,0		
02	Dentro do rio, a montante da primeira fonte [E= 0693297; N=: 7038685]	22,5	24,0	27,0	30,0		
03	Na primeira fonte [E= 0693299; N= 7038684]	24,0	24,0	31,0	31,0		
04	Na segunda fonte [E= 0693264; N= 7038662]	21,0	24,0	25,0	30,0		
05	Dentro do rio em ponto, a cerca de 1000 metros, a montante do ponto 8, [E= 0694147; N= 7038780]	22,0	23,0	27,0	28,0		
06	Em outro rio próximo, de outra bacia da região [E= 0694046; N= 7038148]	22,0	27,5	26,0	29,0		

OBS: TAG – Temperatura da Água
TAMB – Temperatura Ambiente

fonte (amostra 3), nas duas oportunidades, apresentou temperatura superior à da água do rio, e sempre igual à temperatura ambiente. Comparando-se a temperatura da água com a do rio a montante e jusante dessa fonte, nota-se um pequeno aumento da mesma. Os resultados sugerem a possibilidade de algum hidrotermalismo no local, mesmo que em baixo grau (Hamza 1978). O substrato geológico dessa região exibe muitos falhamentos (DNPM 1983) e pode haver contribuição de águas aquecidas do subsolo. Essa observação, embora pontual, talvez ocorra em outros trechos desse rio, ou nos demais da região. Esse pode ser um dos fatores que contribuem para as características térmicas observadas nesses rios. Um estudo conduzido, com maior densidade de medidas térmicas, e, também com a medição das vazões, tanto do rio como das fontes alimentadoras, elucidaria melhor tal hipótese.

Comparou-se a temperatura das águas, segundo os pontos amostrados e dias de coleta, com os dados de nebulosidade e ventos predominantes, dos períodos matutinos. Para o rio Itajai-Açu e o rio do Teste, das 23 amostragens, em 9 delas, ou seja, cerca de 40% dos casos, houve a simultaneidade do aumento da temperatura das águas com a queda da nebulosidade. Nos demais rios também foi observado esse fato, embora com menor intensidade.

A figura 3 mostra o levantamento dos ventos predominantes no período do estudo. Apesar de não ser, absolutamente, conclusivo o estudo feito com relação ao efeito dos ventos sobre a temperatura das águas superficiais estudadas, os resultados parecem indicar, especialmente para o rio Itajai-Açu, que ventos de direção NW aquecem suas águas, enquanto ventos de direção NE, reduzem sua temperatura. Também, como esperado, a ausência de ventos, ou ventos calmos, demonstram algum efeito sobre o aumento da temperatura de suas águas.

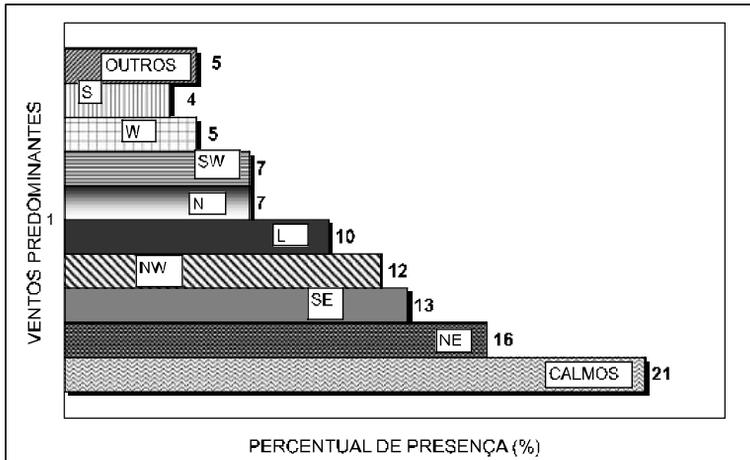
CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Esse estudo, desenvolvido na região de Blumenau permitiu avaliar a temperatura das águas de diferentes rios, expostos a várias condições e fatores. Também representa uma análise das prováveis correlações da resposta térmica das águas a tais variáveis.

O estudo da temperatura das águas desses rios mostrou indícios de que as características do substrato rochoso podem ser um dos fatores responsáveis pelo aumento da temperatura das águas superficiais. Em especial aquelas que escoam sobre rochas máficas.

Também os rios de áreas mais abertas, ou seja, sem mata ciliar significativa, que percorrem áreas de

Figura 3 - Predominância de ventos em Blumenau no período de maio de 2000 a setembro de 2002 (FURB 2002, FURB 2003).
The prevailing Blumenau winds during may/2000 to sep/2002 (FURB 2002, FURB 2003).



topografia mais plana, e se apresentam com pequena lâmina líquida, mostram-se com águas mais aquecidas. A área exposta dos rios Fortaleza e Itoupava, especialmente o ponto nove desse último rio, ilustram esse fato. Contrariamente, constatou-se a importância da cobertura vegetal, e também da vegetação ribeirinha, para o controle da temperatura das águas superficiais. Um bom exemplo são as águas mais frescas das nascentes dos rios Garcia e da Velha.

Da mesma forma a topografia e o alinhamento orográfico estão diretamente ligados aos níveis de insolação recebidos pelas águas superficiais.

Os trechos dos rios estudados, cujos pontos exibiram a temperatura mais elevada, são também aqueles que recebem a maior carga de poluentes advinda dos esgotos sanitários. Isso é mais evidente para o rio da Velha em seus pontos treze e quatorze.

Nesse estudo não ficou clara a contribuição da elevação da temperatura exclusivamente por atividades industriais. No entanto, para os rios que já mostram alguma predisposição para águas mais aquecidas, isso deveria ser levado em consideração nos licenciamentos de atividades que pudessem lhes imputar qualquer poluição térmica. Esse é assunto concreto em países da Europa e da América do Norte. No Brasil não existe um quadro similar divulgado, embora se conheçam efluentes térmicos, como os das refinarias de açúcar e termoelétricas, que devido à elevada temperatura, podem alterar grave-

mente a qualidade dos corpos receptores.

Como ainda não foram realizados trabalhos consistentes de medida da vazão dos corpos hídricos avaliados, com exceção do rio Itajaí-Açu, e alguns dados de escoamento dos rios Garcia e Itoupava, não foi possível utilizar esse parâmetro no estudo realizado, o que, se disponibilizado, acrescentaria maior esclarecimento na análise feita. Seriam muito importantes trabalhos futuros envolvendo o estabelecimento das vazões dos rios dessa região.

O fato do rio Itajaí-Açu exibir a maior média de temperatura entre os rios é um fato preocupante, pois, significa que o mesmo recebeu uma carga térmica muito expressiva. Da mesma forma significa que essa carga se conservou, no seu trajeto dentro de Blumenau, ou foi mantida por outras contribuições ao longo de seu percurso no município. Isso tudo, apesar de sua capacidade de assimilação ser muito maior que os demais, em função do seu porte avantajado.

Com a análise desenvolvida pode-se concluir que a resposta térmica da água de um rio é, na verdade, a somatória de diferentes efeitos de fatores ambientais e antrópicos a que esse rio, ou sua bacia, está sujeito.

Por outro lado, estudando a evolução da temperatura ao longo da extensão de alguns rios, pode-se apurar que cada rio tem seu próprio perfil térmico. Portanto, embora expostos a fatores comuns, cada rio se comporta como uma entidade própria. Em alguns ca-

sos se verificou a existência de um gradiente térmico bem definido. Isso leva a crer que, se conhecido o histórico térmico e, preferentemente, a vazão do rio, é possível estabelecer uma curva típica para sua temperatura. Essa certamente facilitaria os trabalhos de monitoramento de qualidade desse corpo hídrico, pois, com uma única tomada, seria possível estabelecer a temperatura em qualquer trecho do rio. Da mesma forma, qualquer alteração mais significativa indicaria uma

alteração na sua qualidade térmica. Tal constatação poderia estar associada à descarga de algum poluente, um desmatamento extensivo, ou outro fator a ser investigado.

Conclui-se, portanto, que a medida de temperatura da água de um rio, uma análise simples, fácil de ser obtida, pouco onerosa, pode ser uma ferramenta importante no controle ambiental das águas superficiais e ser ela própria uma resposta das condições do meio.

REFERÊNCIAS

- BELTRAME A.V. 1994. *Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas: modelo e aplicação*. Florianópolis, UFSC, 112 p.
- BIGARELLA J.J. & BECKER R.D. & PASSOS E. 1996. Intemperismo biológico, pedogênese, laterização, bauxitização e concentração de bens minerais. In: _____. *Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais*. Florianópolis, UFSC, 2:434-530.
- BOON P.J. 1991. Essencial elements in the case for river conservation. In: BOON P.J.; CALOW E. & PETTS G.E. (ed.) *River conservation and management*. New York, Wiley, 11-33.
- BRAILE P.M. & CAVALCANTI J.E.W.A. 1979. *Manual de tratamento de águas residuárias industriais*. São Paulo, CETESB, 764 p.
- BRANCO S.M. 1981. *Hidrobiologia aplicada à Engenharia Sanitária*. São Paulo, CETESB, 453-706.
- BRASIL, Ministério da Saúde. 2001. Portaria n. 1469, de 29 de dezembro de 2000. Estabelece procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade e dá outras providências. *Diário Oficial da República do Brasil*, Brasília, 10 jan.
- BRASIL. 2001. Portaria n. 36, de 19 de janeiro de 1990. Estabelece procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e a vigilância da qualidade de água para o consumo humano e seu padrão de potabilidade e dá outras providências. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, 10 jan.
- BRYANT E. 1977. *Climate process & change*. United Kingdom, Cambridge, University Press.
- COMITÊ DO RIO ITAJAÍ AÇU. *Vegetação*. Disponível em: <http://www.comiteitajai.org.br/hp/bacia/veg.php>. Acesso em: 20 jan. 2003.
- CONAMA. 1992. *Resoluções CONAMA, 1984/91*. 4. ed. Brasília, IBAMA.
- DEGRÉMONT. 1979. *Water treatment handbook*. 5.ed. Paris, Firmin-Didot.
- DNPM. 1983. *Carta Metalogenética*. Florianópolis, 2 mapas: preto e branco; 120x110 cm, escala 1:250.000.
- _____. 1986. *Mapa geológico de Santa Catarina*. Florianópolis, 1 mapa: color.; 85x115 cm, escala 1:500.000.
- FUNDAÇÃO DO MEIO AMBIENTE. Projeto gerenciamento de recursos hídricos de Santa Catarina (GTZ). Padrões de Potabilidade de Água, Trinkwasserordnung/22.05.86, Guidelines for Canadian Drinking Water Quality do ano de 1984.
- FUNDAÇÃO MUNICIPAL DO MEIO AMBIENTE. 2001. *Relatório de avaliação do índice de sustentabilidade para Blumenau (ISB) do ano de 2000*.
- _____. 2002. *Relatório de avaliação do índice de sustentabilidade para Blumenau (ISB) do ano de 2001*.
- _____. (em preparação). Relatório de avaliação do índice de sustentabilidade para Blumenau (ISB) do ano de 2002.
- FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE REGIONAL DE BLUMENAU. Instituto de Pesquisas Ambientais. *Boletins meteorológicos de Blumenau*. Disponível em: <http://www.ipa.furb.br>. Acesso em: 15 nov. 2002.
- _____. Instituto de Pesquisas Ambientais. *Boletins meteorológicos de Blumenau*. Disponível em: <http://www.ipafurb.br>. Acesso em: 26 fev.2003.
- HAMZA V.M. et al. 1978. *Coleção brasileira de dados geotérmicos*. São Paulo, IPT, 361 p.
- HORNE A.J. & GOLDMAN C.R. 1994. *Limnology*. 2. ed. New York, McGraw Hill, 576 p.
- IBGE. 1974. *Região Sul do Brasil*. Folha Botuverá - SG-22-Z-D-1-2. Rio de Janeiro, 2. ed., 1 mapa: color., 58 x 74 cm, escala 1:50000..
- IBGE. 1991. *Carta do Brasil*. Folha Blumenau-SG-22-Z-B-IV-4, MI-2881-4. Rio de Janeiro, 1 mapa: color., 58 x 75 cm, escala 1:50000.
- IMHOFF K. 1966. *Manual de tratamento de águas residuárias*. 21. ed. São Paulo, Edgard Blucher, 235 p.
- MATA atlântica do Vale do Itajaí. Disponível em: <http://sites.uol.com.Br/jmacedo/valem.htm>. Acesso em: 20 jan. 2003.

- McCAULL J. & CROSSLAND J. 1974. *Water pollution*. New York, Harcourt Brace Jovanovich, 38-59.
- ODUM H.T. 1988. *Ecologia*. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 434 p.
- PESSOA C.A. & JORDÃO E.P. 1982. *Tratamento de esgotos domésticos*. 2. ed. Rio de Janeiro, Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, BNH, 535 p.
- PORTO R. 1991. Caracterização da qualidade da água. In: _____. *Hidrologia ambiental*. São Paulo, Universidade de São Paulo/ABRH, 27-65.
- PREFEITURA MUNICIPAL. 2000. *Instituto de Pesquisas e Planejamento Urbano*: mapa oficial urbano. Blumenau, 1 mapa color. 200 x 85 cm, escala 1:20000.
- RAMALHO R.S. 1977. *Introduction to wastewater treatment processes*. New York, Academic Press, 409 p.
- SANTA CATARINA. 1981. Decreto n. 14250, de 05 de junho de 1981. Regulamenta dispositivos da Lei 5.793, de 15 de novembro de 1980, referentes à proteção e melhoria da qualidade ambiental. *Diário Oficial do Estado de Santa Catarina*, Florianópolis, 09 jun., p. 6-40.
- _____. 1986. Secretaria de Estado de Coordenação Geral e Planejamento Subchefia de Estatística, Geografia e Informação. *Atlas Geral de Santa Catarina*. Rio de Janeiro, Aerofoto Cruzeiro, 73 p.
- _____. 1991. Secretaria de Estado de Coordenação Geral e Planejamento. *Atlas escolar de Santa Catarina*. Rio de Janeiro, Aerofoto Cruzeiro.
- _____. 1997. Secretaria de Estado de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. *Bacias hidrográficas do Estado de Santa Catarina: diagnóstico geral*. Florianópolis, SEDUMA, 163 p.
- SANTOS G.F do. 2000. Análise morfométrica do vale do Garcia (Blumenau – SC). *Revista de Estudos Ambientais*, 2(2):77-95, maio/dez.
- VON HERTWIG I.F. 1991. *Plantas aromáticas e medicinais*. 2. ed. São Paulo, Ícone, 7-37.

Recebido em 23 jun. 2003

Aceito em 16 ago. 2004