

Qualidade das Águas de uma Bacia Protegida por Floresta Ombrófila Densa

Adilson Pinheiro*, Gustavo Antonio Piazza*, Thiago Caique Alves*, Leandro Mazzuco de Aguida*,
Vander Kaufmann*, Rafael Gotardo*

pinheiro@furb.br

Recebido: 04/12/12 - revisado: 11/04/13 - aceito: 30/10/13

RESUMO

O lançamento de resíduos por atividades humanas tem refletido na diminuição da qualidade dos ecossistemas aquáticos, principalmente naqueles situados em áreas urbanas. Este estudo teve como objetivo avaliar concentrações e cargas de parâmetros físicos e químicos descritores da qualidade das águas do Ribeirão Garcia, no município de Blumenau, Santa Catarina. O levantamento de uso e ocupação do solo mostrou que 87% do território da bacia encontra-se preservado por fragmentos de Floresta Ombrófila Densa. O monitoramento dos parâmetros da qualidade foi realizado em seis seções fluviométricas ao longo do ribeirão, com uma sonda multiparâmetro e posteriormente complementado com análises laboratoriais. Foram analisados os parâmetros: temperatura da água, turbidez, sólidos totais e condutividade elétrica, pH, salinidade, oxigênio dissolvido, amônia, nitrato, cloretos, carbono, lítio, sódio, potássio, manganês, cálcio, acetatos e sulfatos, assim como presença de hormônios e de antibióticos. Os resultados foram apresentados na forma de concentração e carga transportada, além da interpretação por análises estatísticas multivariadas. Verificou-se que concentrações dos analitos tendem a uma melhora nos trechos afetados pelo sistema de coleta e tratamento de esgoto sanitário, assim como áreas preservadas por vegetação natural. Os valores de carga transportada, entretanto, apresentam-se elevados e de forma crescente ao longo de todo o curso do ribeirão. Constatou-se também a ocorrência do hormônio Estrona na faixa de concentração de ng/L. Antibióticos não foram observados em nenhuma seção fluviométrica. De forma geral as concentrações apresentam oscilações, porém a maioria não superou os padrões estabelecidos pela resolução do CONAMA nº 357/2005 para rios de classe 2.

Palavras-chave: monitoramento, qualidade da água, cobertura florestal, cargas transportadas, análise multivariada.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o processo de urbanização das cidades vem sendo acompanhado por alterações marcantes no uso e na ocupação do solo. Essa descaracterização do meio natural proveniente das ações antrópicas pode ocasionar impactos ambientais negativos nos recursos hídricos (LUOGON et al., 2009), sendo este um dos reflexos mais evidentes da crise ambiental da sociedade contemporânea, a qual está alicerçada no desenvolvimento socioeconômico (BUENO et al., 2005), mudança dos hábitos de consumo (MADRUGA et al., 2008) e na acelerada redução qualitativa e quantitativa dos recursos naturais (JUNIOR et al., 2011).

A qualidade da água de um rio consiste do efeito combinado de processos antrópicos e naturais que ocorrem ao longo do seu curso (PETERS E MEYBECK, 2000), como presença de atividades

antrópicas, precipitação, vazão mínima, cobertura vegetal das margens e magnitude da área florestada da bacia. Para Cunha et al. (2004), os recursos hídricos são dinâmicos e seu equilíbrio no ambiente hidrológico é estabelecido através de interações entre a água, o escoamento e a cobertura vegetal. A ocupação do solo por atividades humanas tem, por outro lado, alterado sensivelmente o equilíbrio de processos biológicos, físicos e químicos dos sistemas naturais (ANDRADE et al., 2007), que juntos determinam o padrão de qualidade dos recursos. As alterações antrópicas mais comuns da qualidade em recursos hídricos caracterizam-se pela supressão da cobertura vegetal e pelo lançamento de águas residuais domésticas e industriais aos corpos hídricos (LUOGON et al., 2009).

As transformações nos corpos hídricos ocasionadas pela urbanização podem ser mensuradas e diagnosticadas pelo monitoramento da qualidade das águas superficiais (MONTEIRO e PINHEIRO, 2004; SOUZA e MELLO, 2012). De acordo com De Alda e Barceló (2000), observa-se também uma tendência do monitoramento de analitos característicos

*Fundação Universidade Regional de Blumenau

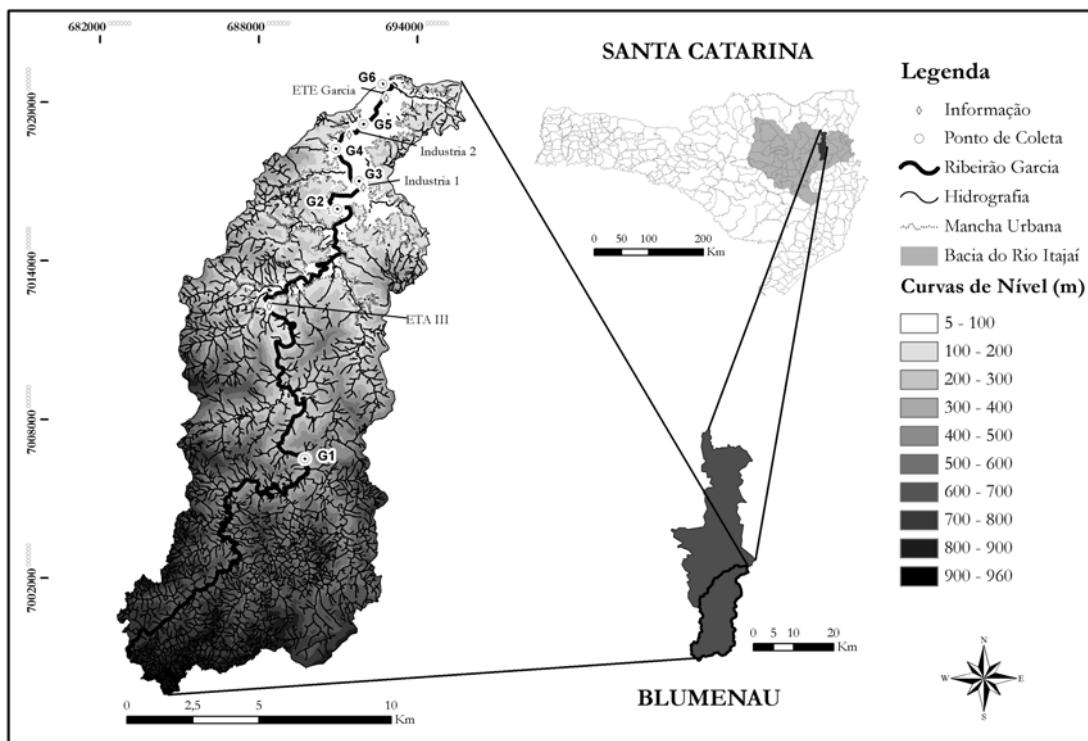


Figura 1 - Localização das seções fluviométricas de coleta no Ribeirão Garcia

de áreas urbanas, como por exemplo, hormônios e antibióticos. Estes compostos orgânicos emergentes são constituintes de um grande grupo de poluidores, denominados disruptores endócrinos. Considerando que 1 ng/L destes compostos, já é suficiente para causar distúrbios no sistema endócrino (PETROVIC et al., 2002), baixos níveis não devem ser negligenciados devido ao fato de que pouco é conhecido sobre sinérgicos e efeitos a longo prazo.

O monitoramento da qualidade da água é um dos principais instrumentos de planejamento e gestão de recursos hídricos, visto que funciona como ferramenta de controle e acompanhamento do processo de uso dos corpos hídricos (GUEDES et al., 2012). De acordo com Simeonov et al. (2003), um programa de monitoramento ambiental inclui, em geral, coletas frequentes nas mesmas seções fluviométricas de amostragem, análises em laboratório de parâmetros representativos de suas características físicas, químicas e biológicas e tratamento das séries de dados. As séries de dados geralmente resultam em uma ampla matriz de informação, cuja compreensão é dificultada, pois as relações entre variáveis são complexas (LIAO et al., 2008). Na maioria dos casos, poucas variáveis contêm informações de inte-

resse, enquanto que a maioria delas adiciona pouco ou nada à interpretação dos resultados (ANDRADE et al., 2007). Deste modo, abordagens multivariadas, como Análise Fatorial e Análise de Componentes Principais, vêm sendo aplicadas para apoiar a gestão dos recursos hídricos e extraír informações significativas a partir dessas bases de dados (ZENG e RASMUSSEN, 2005; PAPATHEODOROU et al., 2006; MELO JÚNIOR et al., 2006; ANDRADE et al., 2007; LIAO et al., 2008; ZHANG et al., 2010).

Neste sentido, o presente trabalho apresenta o levantamento periódico da qualidade das águas do Ribeirão Garcia e posteriormente relacionou-os com os dados de uso e ocupação do solo. Técnicas estatísticas multivariadas auxiliaram no entendimento dos resultados, gerando uma análise sobre a situação e a qualidade do sistema hídrico.

MATERIAS E MÉTODOS

Área de estudo

Este trabalho foi desenvolvido na bacia hidrográfica do Ribeirão Garcia, tributário do Rio

Itajaí-Açu, no município de Blumenau, Santa Catarina - Brasil. A bacia do Garcia possui uma área de 158 km² e é sub-bacia integrante da Bacia do Itajaí, a maior bacia da vertente atlântica do estado (16,5% da área territorial). A região tem uma distribuição bastante regular e uniforme de precipitação ao longo do ano, não havendo período de estiagem definido.

Inserido na área da bacia, encontra-se a estação de tratamento de água (ETA III), no curso superior do Ribeirão Garcia (G1-G2), além da estação de tratamento de efluentes industriais (G3 – indústria têxtil) e esgotos sanitários (G6 - ETE Garcia). A ocupação urbana na bacia se desenvolveu de jusante para montante, de forma que atualmente está instalada na região uma população de aproximadamente 40.000 habitantes (IBGE, 2010).

Seções fluviométricas de coleta

A fim de estabelecer pontos de controle, foram escolhidas ao longo do ribeirão seis seções fluviométricas (figura 1). A seção fluviométrica G1 é a mais próxima da nascente e fica localizada em uma região de margens cobertas por Floresta Ombrófila Densa preservada, que faz parte do “Parque da Serra do Itajaí”, na altitude de 308 m acima do nível do mar (a.n.m.) e com 8,70 m de largura. A seção fluviométrica G2 é a primeira a sofrer influência antrópica (inserida na mancha urbana), encontra-se a uma altitude de 31 m a.n.m. e possui 16,70 m de largura. A seção fluviométrica G3 localiza-se a jusante do lançamento de efluente industrial, na altitude de 21 metros a.n.m. e com 16,80 m de largura. As seções fluviométricas G4 e G5 são representativas de contribuição de esgotos domésticos tratados em sistemas individuais (tanque séptico e filtro anaeróbio), com 14,80 m e 15,60 m de largura, respectivamente. A seção G4 está a 17 m a.n.m. e a G5 a 15 m a.n.m. Parte das seções fluviométricas G4 e G5 encontram-se atendidas pelo sistema de coleta de esgoto. A seção fluviométrica G6 localiza-se na foz, junto ao Rio Itajaí-Açu, e é responsável por receber o efluente tratado proveniente do sistema de tratamento de esgotos sanitários na bacia do Ribeirão Garcia. A seção fluviométrica G6 tem 10,20 m de largura e está a 14 m a.n.m.

Classificação da ocupação do Solo

O mapa de uso e ocupação do solo da bacia foi gerado no Laboratório de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto (LABGEO) da FURB (Fundação Universidade Regional de Blumenau). Pri-

meiramente, foram coletados em campo a partir do aparelho de GPS (*Global Positioning System*) Garmin GPSMAP 76CSX a posição geográfica de todas as seções fluviométricas de amostragem e posicioná-las em uma base cartográfica. A base utilizada abrange o município de Blumenau e tem uma escala de 1:10.000. Os dados coletados foram espacializados e manuseados em ambiente SIG (Sistemas de Informação Geográfica), com o software ArcGIS® 10.1.

A classificação da vegetação foi de forma supervisionada, a partir da imagem de satélite LANDSAT 5 ETM+, com resolução espacial de 30 m e sete bandas espectrais (do azul ao infravermelho afastado). Inicialmente a imagem foi segmentada no software eCognition® 8. Em seguida, a imagem foi classificada em duas classes, área florestada ou área não florestada (outros). Apenas para fins de verificação, os polígonos formados na classificação foram conferidos com as imagens do software Google Earth, a partir da transformação dos arquivos *shape* (.shp) para formato *Keylog Markup Language* (.kml). Além da classificação, foi gerado o modelo numérico de terreno aplicando o algoritmo de interpolação triangular (*triangular irregular network* – TIN) do ArcMap. A malha triangular foi transformada em *raster* com resolução espacial de 10 m e desta forma foi possível gerar o mapa de curvas de nível.

Coleta de dados e medições

Foram realizadas três campanhas de medição de vazão e de concentração, nos dias 8 de agosto de 2012, 10 de setembro de 2012 e 5 de outubro de 2012. Em cada seção do ribeirão foram realizadas medições da área da seção, da velocidade do escoamento fluvial, da concentração de parâmetros físicos (temperatura da água, turbidez, sólidos totais e condutividade elétrica) e químicos (pH, salinidade e oxigênio dissolvido) e coletas de amostras de água para determinação das concentrações de amônia, nitrito, nitrato, cloreto, carbono, lítio, sódio, potássio, manganês, cálcio, acetatos, sulfatos, hormônios e antibióticos, em laboratório.

Medição de vazão

A vazão é entendida como o volume de água que passa pela seção transversal de um rio em um intervalo de tempo. A medição de vazão foi realizada com dois equipamentos distintos. Para as seções fluviométricas G1 ao G5 foi utilizado o molinete fluviométrico C31 da OTT e para a seção fluviométrica G6 (foz) foi utilizado ADCP S5 da SonTek.

Com o molinete, a vazão escoada na seção transversal foi determinada a partir da medição da velocidade. A velocidade foi determinada em diferentes profundidades na vertical e na horizontal em que a seção fluviométrica foi subdividida. Fez-se a contagem do número de rotações da hélice, apoiada por uma haste que tem a função de fornecer a profundidade da lâmina de água. As rotações foram registradas no contador de giros. As medições de velocidade foram feitas para as profundidades de 20% e 80% da lâmina de água. As medições na horizontal foram feitas com uma fita métrica fixada em ambas às margens do ribeirão.

Na foz, devido à profundidade do canal, foi utilizado o equipamento ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler). O aparelho é composto de uma prancha dotada de sensores, que funciona a partir do efeito de reflectância *doppler*. O seu funcionamento consiste na emissão e reflexão de ondas (*sonar*) de um objeto em movimento, adaptado para medir a velocidade e vazão da seção. O ADCP gera também o perfil da seção fluviométrica.

Amostragem e coleta de parâmetros físico-químicos

A coleta dos parâmetros de qualidade do ribeirão foi efetuada através de uma amostragem composta ao longo da seção de coleta, com o auxílio de uma garrafa coletora com orifício de entrada na parte superior. Submergiu-se a garrafa coletora por 30 segundos a cada metro e, pelo menos em duas profundidades, uma superficial e uma ao fundo do ribeirão quando possível. Em seguida, ao retirar a garrafa do ribeirão, as amostras foram acondicionadas em frascos de menor tamanho e posteriormente colocadas em um recipiente térmico a 4°C, para conservar as amostras. Ao chegar no laboratório, as amostras foram imediatamente analisadas e, em seguida, a quantidade restante foi armazenada em refrigerador para análises posteriores.

A sonda multiparâmetro utilizada para a análise de analitos foi a Hydrolab DS5X que fez a medição de 13 parâmetros: temperatura, turbidez, sólidos totais, condutividade elétrica, pH, salinidade, amônia, nitrato, cloreto, oxigênio dissolvido, ORP (índice de oxi-redução) e clorofila-a.

A sonda foi programada para efetuar leituras simultâneas a cada 30 segundos e foi içada por um cabo no meio da seção transversal do ribeirão (50% da largura e 50% da profundidade). As profundidades médias das seções variaram de 40 cm e 65 cm. A sonda permaneceu por 20 minutos para sua estabilização. As leituras registradas neste perío-

do de estabilização são descartadas. Depois de estabilizada a sonda começou a obter valores de concentração da seção. Os dados foram extraídos para uma planilha eletrônica e organizados a fim de obter valores de concentração de cada parâmetro ao longo da seção do rio.

Cálculo da carga transportada e vazão de permanência

Além de avaliar a ocorrência dos analitos, em unidade de concentração, realizou-se também o cálculo da carga transportada. A carga transportada no instante de tempo i do elemento considerado é estimada pela equação (1):

$$F_i = C_i \times Q_i \quad (1)$$

onde F_i é carga transportada (kg.d-1), C_i é a concentração média (kg.L-1) e Q_i é a vazão (L.d-1).

As vazões medidas foram comparadas na curva de permanência (Q98). Este método foi adotado por ter sido considerado como referência do Plano da Bacia do Rio Itajaí (COMITÊ DO ITAJAÍ, 2010). Ele foi obtido a partir do Estudo de Regionalização Hidrológica do Estado de Santa Catarina (ENGECORPS; TERRAPLAN; LACAZ MARTINS, 2006) devido ausência de série histórica de vazões atualizada para a bacia do Ribeirão Garcia.

Análises cromatográficas

Para verificar a ocorrência dos analitos (não identificável pela sonda utilizada ou que não tem resposta analítica precisa pela mesma), utilizou-se de duas técnicas cromatográficas para complementar as análises. Foi utilizada a Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE), para determinação de hormônios e antibióticos, e a Cromatografia Iônica (IC) para determinação de cátions e ânions. Foi também utilizado o Analisador de Carbono Total para as formas de carbono total (CT), carbono orgânico total (COT) e carbono inorgânico total (CIT).

As análises dos hormônios seguiram a metodologia proposta por Almeida e Nogueira (2006), ciclinas foram analisadas a partir do método da Dionex #76, Tetracyclines in Pork (DIONEX, 2010a) e os antibióticos foram analisados em 2 metodologias distintas, sendo uma seguida por Santos et al. (2007) para quantificação da Suldimidina e outra por Verbin nem et al. (2010) para o Toltrazuri. Todas as análises foram realizadas em um CLAE Dionex Ultimate 3000 – DAD e um Cromatógrafo de troca iônica marca DIONEX AG4A, equipado com uma

coluna de separação aniônica ou catiônica, uma supressora e um detector de condutividade.

Os cátions e ânions seguiram metodologias propostas pela DIONEX (2010b) para ânions e DIONEX (2010c) para cátions. Nelas determinou-se nitrito, nitrito, brometo, fosfato, cloreto, acetato, sulfato, lítio, cálcio, magnésio, sódio, amônia e potássio.

As curvas de calibração das análises foram realizadas com padrões obtidos junto a DIONEX, utilizando-se 5 soluções na faixa de 1 a 10 mg/L. As análises do CLAE foram realizadas com padrões Sigma-Aldrich, utilizando-se 6 soluções na faixa de 2 a 500 ng/L. As leituras dos padrões foram realizadas em quintuplicata e das amostras em triplicatas.

A ocorrência dos analitos foi expressa em valores de concentração em todas as seções fluviométricas de medição. Os cromatogramas dos padrões de íons apresentaram adequada resolução e limites de detecção e quantificação, conforme é apresentado na figura 2.

Foram utilizados para confecção de eluentes e reagentes para análise e curva de calibração, água proveniente do sistema Milli-Q com resistividade de 18 MW, e reagentes Chemis®, Merck, e J.T. Baker.

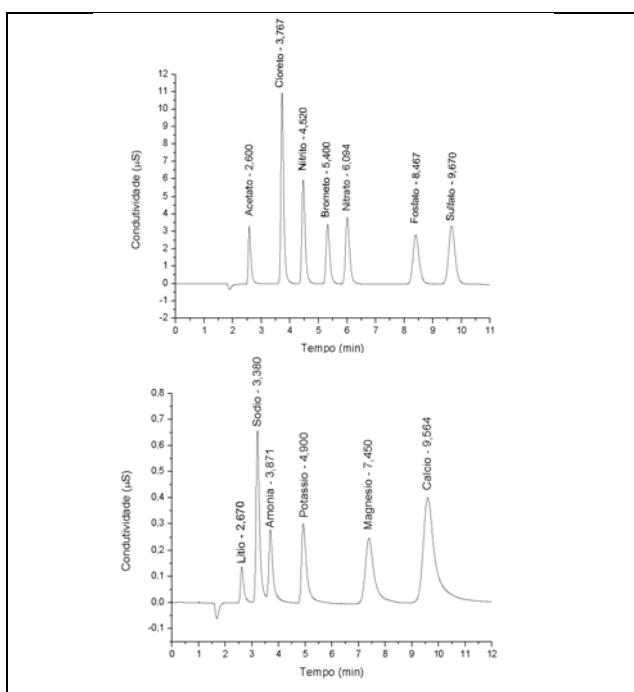


Figura 2 - Exemplos de cromatogramas dos padrões de cátions (acima) e ânions (abaixo) obtidos por Cromatografia Iônica na identificação de analitos.

Normalização dos dados

Para representar os dados de diversas ordens de grandeza e unidades específicas de medida em valores compatíveis, passíveis de comparação, recorreu-se a uma normalização dos valores, conforme equação (2).

$$VN = \frac{X_i - \text{média}}{\sigma} \quad (2)$$

onde VN é o Valor Normalizado; Xi é o Valor da Análise; média é a média das concentrações do analito por seções fluviométricas de coleta; σ é o desvio padrão das seções fluviométricas de coleta por analito.

Dendrograma

A análise de agrupamentos é uma técnica exploratória de análise multivariada de dados que permite classificar um conjunto de objetos de observação em classes homogêneas de acordo com semelhanças. Estas classes (*clusters*) são confeccionadas de acordo com um determinado nível de similaridade entre os objetos comparados com uma medida de distância de similaridade (LOESCH e HOELTGE-BAUM, 2012). A CA (*Cluster Analysis*) separa analitos em grupos, no qual quanto mais próximos de zero no dendrograma mais semelhantes.

Os dendrogramas foram confeccionados a partir dos dados de concentração padronizados. Não se utilizou valores de cargas transportadas, pois estas são influenciadas pela vazão. Como unidade de distância, optou-se por usar o quadrado da distância euclidiana, conforme reportado por Moura et al. (2010).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Vazão

Na figura 3 são apresentadas as vazões médias de cada seção fluviométrica, medidas em todas as campanhas de campo, além das vazões com 98 % de permanência. As vazões de permanência permitem comparar as vazões medidas em relação à condição de escoamento mínimo, para o qual as cargas transportadas podem ser transferidas (ZUCCO et al., 2012). As vazões medidas foram superiores aos valores calculados para a Q98. As medições apresentaram permanência de 81% e 45%, para as campanhas 1 e 3, respectivamente.

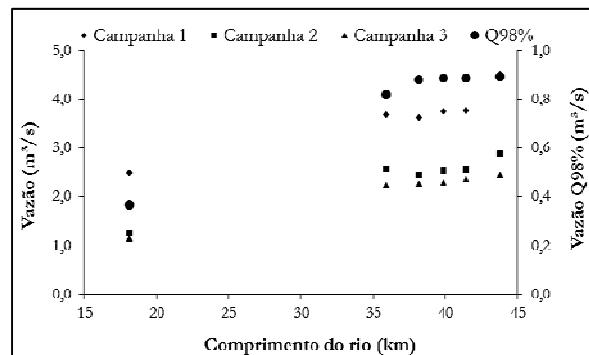


Figura 3 - Vazões medidas e a vazão de permanência de 98% na bacia do Ribeirão Garcia

A diferença encontrada entre as campanhas é explicada pela variação da precipitação na região durante o período de medição. Sendo que na terceira campanha a região passava por um período de estiagem e aproximou-se mais da Q98, com 81% de permanência.

A evolução espacial da vazão na figura 3 se mostra coerente, aumentando das seções fluviométricas de montante para as seções de jusante.

Ocupação do Solo

A bacia do Ribeirão Garcia é uma bacia urbanizada apenas na região da foz. O restante da área é coberto por vegetação nativa (86,5% de área florestada), principalmente nas regiões de nascentes. De acordo com Refosco (2000), o município de Blumenau possui esta característica de que grande parte de sua superfície ainda encontra-se coberta por vegetação natural. Segundo o mapa fitogeográfico de Klein (1978) e o mapeamento florestal do Inventário Florístico Florestal de Santa Catarina (Vibrans et al., 2012), a tipologia florestal da bacia caracteriza-se por Floresta Ombrófila Densa.

Em relação ao estado de conservação da vegetação, Reis et al. (1995) colocam que, no estado de Santa Catarina, áreas de maior altitude como topes de morro e declives (comuns no Estado) por terem acesso dificultado caracterizam-se como áreas de vegetação em estágio avançado de sucessão (no qual os efeitos das ações antrópicas são mínimos). Na bacia do Ribeirão Garcia, no Parque Serra do Itajaí, pode-se dizer que a vegetação presente é em grande parte constituída de florestas em estágio avançado devido à alta declividade e a dificuldade de acesso. Já nas regiões mais planas e próximas as estradas, no entanto, conforme Siminski (2004), grande parte das formações florestais encontram-se

representadas por remanescentes florestais em estágio inicial e médio (que sofreram perturbações humana e/ou natural). Estas formações em décadas passadas devido ao baixo valor agregado foram suprimidas com o intuito de obter espaços cultiváveis (SEYFERTH, 1974) e nos locais onde estes remanescentes foram parcialmente abandonados surgiram formações florestais secundárias.

Ao longo do curso principal, da nascente até o km 28 (abrangendo a seção G1), o ribeirão encontra-se em meio a um ecossistema preservado, pouco fragmentado e com poucas culturas comerciais ao longo das margens. Após o km 28, entretanto, o ribeirão passa a sofrer interferência antrópica, passando a fazer parte da mancha urbana do município (da seção G2 a seção G6).

Verificou-se em campo, que a partir destas seções fluviométricas (G2 ao G6), o ribeirão começa a receber descargas de esgotos, despejos de efluentes, descarte inadequado de resíduos sólidos, deposição de sedimentos erodidos nas vertentes da bacia, entre outros.

Na Figura 4 é apresentado o mapa temático de uso e ocupação do solo da Bacia do Ribeirão Garcia. Além do mapa, a partir dos dados de uso e ocupação do solo (calculado em ambiente SIG), para cada seção fluviométrica de coleta confeccionou-se uma tabela de modo a apresentar a evolução da mancha urbana e consequentemente o decréscimo de área florestada (Tabela 1).

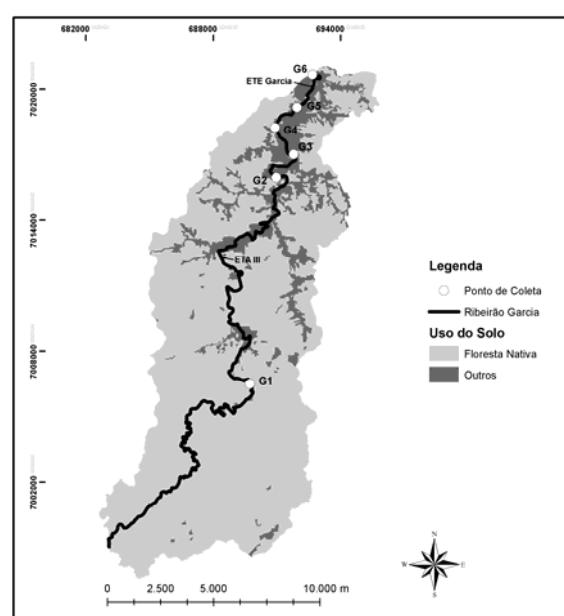


Figura 4 - Mapa de uso e ocupação do solo Ribeirão Garcia.

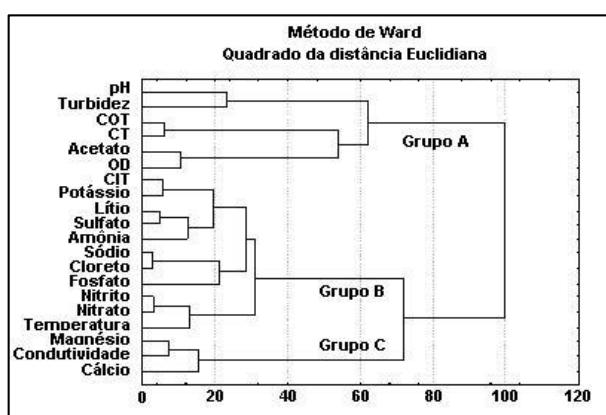
Tabela 1 - Uso e ocupação do solo - Ribeirão Garcia.

Seções	Floresta		Outros	
	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%
G1	61,95	99,06	0,59	0,94
G2	57,81	84,42	10,67	15,57
G3	5,78	65,36	3,02	34,19
G4	4,37	67,63	2,21	34,19
G5	2,37	65,26	1,26	34,71
G6	4,81	56,85	3,71	43,84

Agrupamento e ocorrência dos analitos

Com os valores normalizados, os analitos foram reunidos através da análise de agrupamento (figura 5). Observa-se que a análise resultou em três grupos bem distintos, sendo eles Grupo A, Grupo B e Grupo C. Vale lembrar que estes grupos resultam dos valores médios das três medições realizadas no período de agosto a outubro.

No Grupo A foram agrupados parâmetros relacionados com aspectos físico-químicos da água. A turbidez, por exemplo, é dada pela quantidade de particulado em suspensão (MEDEIROS et al., 2009), que por sua vez é composta por matéria orgânica (Carbono Orgânico Total – COT e Carbono Total - CT) e acetato. Estes dois compostos são transportados do solo para o corpo hídrico através da decomposição de resíduos naturais (galhos, folhas, troncos ou de animais mortos) e também por esgotos domésticos lançados sem tratamento no manancial (MEDEIROS et al., 2009).

**Figura 5 - Dendrograma dos analitos.**

De modo geral, é possível relacionar os analitos do Grupo A com processos de erosão do solo e

transporte de sedimentos. Ressalta-se ainda o agrupamento entre o carbono orgânico com o Oxigênio Dissolvido (OD), tendo em vista que o elemento OD é necessário para oxidar a matéria orgânica (COT).

No grupo B, a análise agrupou indicadores físico-químicos de qualidade água. Nele, estão apresentados os analitos majoritários do esgoto sanitário como fosfato e a série nitrogenada (MEDEIROS et al., 2009), assim como o Carbono Inorgânico Total (CIT).

O Grupo C agrupou analitos de ordem geológica da bacia, como cálcio e magnésio que pelo escoamento superficial ou pela drenagem alimentam os lençóis freáticos e o ribeirão. Outro fator agrupado é a condutividade que é uma forma de expressar a quantidade de sais presentes, que por sua vez é proveniente de cálcio e magnésio (MOURA et al. 2010), e também tem origem antrópica pelo esgoto (cloreto, por exemplo).

Através da análise de agrupamentos, pode-se avaliar como cada grupo interfere em parâmetros específicos do rio. Os grupos foram separados de acordo com suas características: sedimentos (A), qualidade (B) e geologia (C). A fim de analisar e determinar a qualidade do ribeirão adotou-se avaliar a evolução dos parâmetros do Grupo B nas seções de monitoramento.

Na figura 6 são apresentadas as evoluções das concentrações dos parâmetros do Grupo B, assim como outros parâmetros, além do desvio padrão encontrado em cada seção fluviométrica.

Nota-se que em alguns casos, o desvio padrão é relativamente elevado. Este fato acontece devido às diferenças de concentração encontradas entre as campanhas, que podem ser influenciadas por outros fatores externos não abordados neste artigo, como regime de precipitação, atividades antrópicas sazonais da região, sistemas de tratamento utilizado, entre outros.

De forma geral, os valores de concentração dos analitos encontraram-se dentro dos limites estipulados pela resolução do CONAMA nº 357/2005 para rios classe 2, a não ser o Oxigênio Dissolvido (figura 7) que esteve abaixo nas seções G2, G4, G5 e G6.

Segundo Bueno et al. (2005) baixas concentrações de OD podem estar associadas à contribuição de esgotos sanitários lançados no ribeirão. Verifica-se pela figura 7 que as concentrações de OD decrescem ao longo das seções. Cunico et al. (2006) obtiveram resultado similar, no qual a concentração de OD apresentava valores mais baixos à medida que se aproximava da foz.

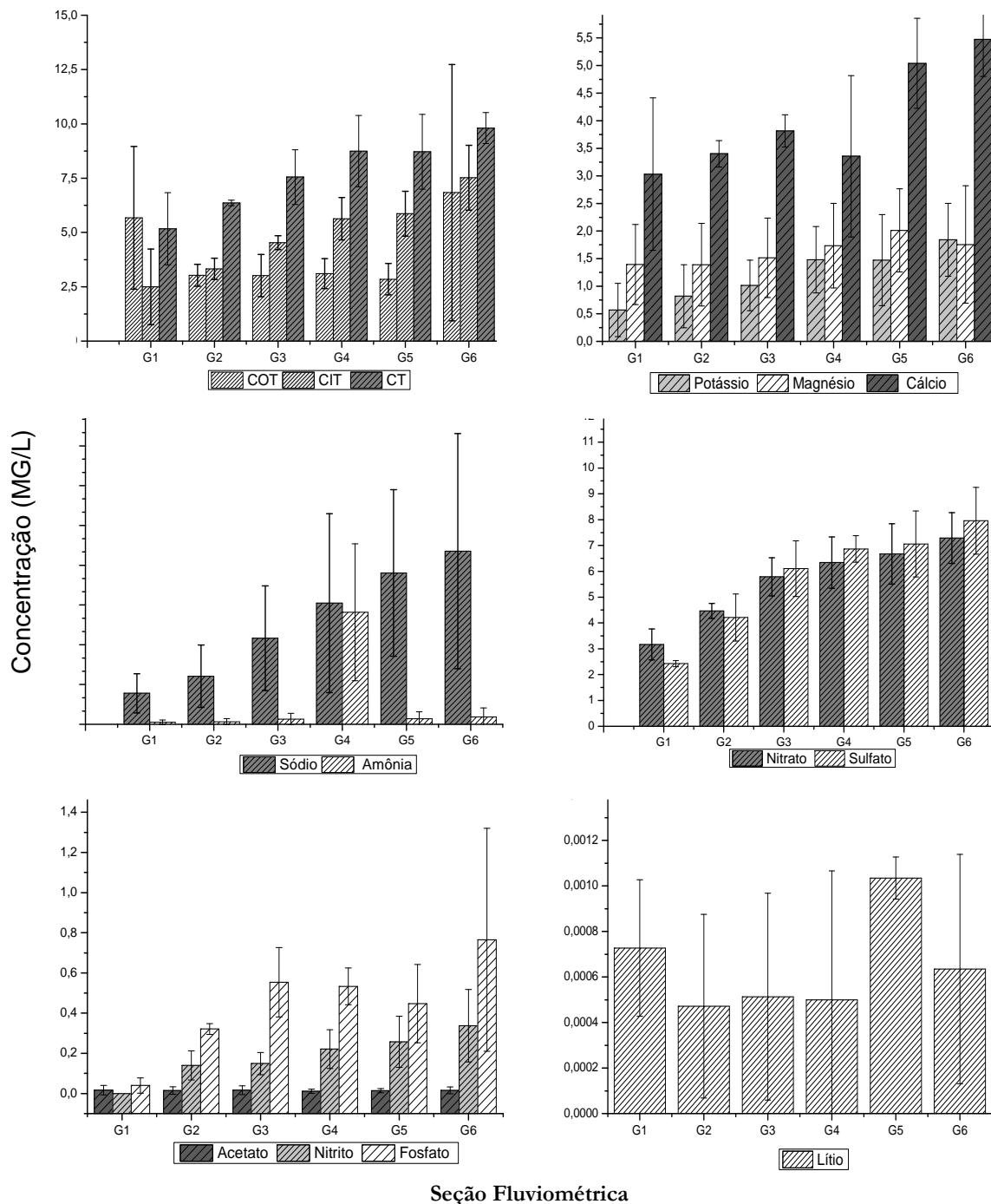


Figura 6 - Evolução das concentrações ao longo dos pontos de coleta

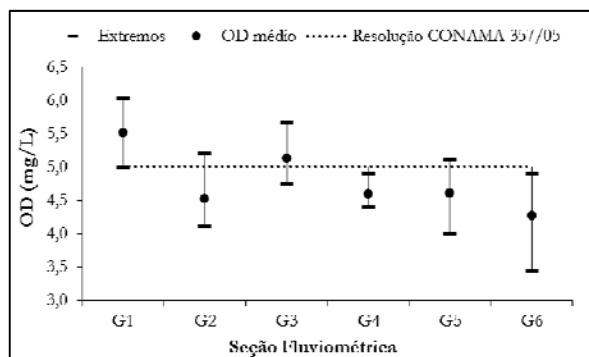


Figura 7 - Concentrações de OD (mg/L) observadas nas seções fluviométricas em relação ao limite da legislação pertinente.

A fim de explicar o comportamento do OD inicialmente discutiu-se sobre sua saturação. A saturação de oxigênio é a quantidade máxima de oxigênio que pode ser dissolvida na água em determinada pressão e temperatura. A partir da sonda podem-se extraír também os valores das campanhas, que se apresentaram na faixa de 54 a 65% (campanha 1 e 3, respectivamente). Alberto e Ribeiro (2012) constataram que à medida que a saturação de OD diminuía, as concentrações de poluentes oriundos de esgoto sanitário no corpo hídrico aumentavam. A partir dessa premissa, pode-se reforçar novamente que esgotos sanitários podem estar causando a redução da concentração de OD no Ribeirão Garcia, uma vez que a sua saturação não é alta o suficiente para oxidar os poluentes, que seguem sendo transportados.

Além do OD também se observou que no trecho G3 ao G6 a amônia ultrapassou o padrão estabelecido pela legislação ($3,7 \text{ mg/l} - \text{pH}<7,5$) e o fósforo (do fosfato) foi superior ao limite (5% de significância estatística do teste de Fisher) no trecho entre as seções G2 e G6. Segundo Medeiros et al. (2009), valores de amônia e fosforo podem ser provenientes da contribuição de efluentes domésticos lançados ao manancial.

Em geral, as concentrações dos analitos apresentaram um comportamento crescente de montante para jusante do ribeirão.

Ressalta-se, entretanto, o comportamento dos analitos CIT, COT e Sulfatos. Para Mortatti et al. (2006), a relação do CIT com o COT (proveniente da oxidação da matéria orgânica) depende da disponibilidade do Sulfato, para a formação do íon Bicarbonato (HCO_3^- - íon predominante do CIT), ou seja, durante a reação o sulfato é consumido para

a formação do Bicarbonato. No Ribeirão, essa situação foi observada, o sulfato nas seções G4 e G5 se estabiliza possivelmente devido a mineralização da matéria orgânica (COT), concordando com Mortatti et al. (2006).

Com os valores médios de concentração aplicou-se também o teste de Fisher a fim de comparar analitos do Grupo B e buscar diferenças significativas entre as seções.

Verificou-se que a 5% de significância, o fosfato, como na análise de comportamento das concentrações, se difere na G3 e G6. Este fato pode ser explicado pela maior densidade populacional encontrada nas bacias anteriores a estas seções. Por exemplo, na seção fluviométrica de montante de G3 (a G2), o fosfato pode ter se acumulado, pois na G2 inicia-se a mancha urbana e inexiste sistema coletivo de tratamento. Nas seções fluviométricas a montante de G6 (a G4 e a G5), no entanto, existe o atendimento parcial do sistema de coleta e tratamento de esgoto, o que nos leva a considerar que o decaimento nestas seções fluviométricas é coerente. Porém, com o lançamento do efluente tratado da ETE (a montante de G6) provocou o aumento da concentração de fosfato.

A amônia pela mesma análise estatística difere-se somente na G4. Segundo Moura et al. (2010), ocorrências de amônia estão ligadas principalmente a matéria orgânica e nutrientes oriundos de lançamento de esgotos/resíduos sólidos diretamente no manancial. Ao observar a ocupação do solo entre a seção G3 e a G4, nota-se uma proximidade muito grande das residências no leito do ribeirão. Uma hipótese, é que como este trecho não é atendido pelo sistema de coleta de esgotos sanitários, residências desse trecho estariam lançando efluentes diretamente ao corpo hídrico. Situação que é diferente nas seções fluviométricas a jusante (G4 - G5- G6), onde residências se encontram compreendidas pelo sistema de coleta e tratamento, possuem trechos de mata ciliar e estão afastadas em relação ao leito do ribeirão.

O nitrato apresenta valores estatisticamente maiores na seção G4 e se difere seguido pelo trecho G5-G6 e G1-G2 que são estatisticamente iguais em seus respectivos trechos. Essas diferenças podem ser ocasionadas pelo lançamento indevido do efluente sanitário no ribeirão, como já citado, oxidando a amônia presente no nitrato (MEDEIROS et al., 2009).

Para o nitrito, os valores de Fisher demonstram diferença estatística na seção G4 e G6, onde a contribuição pontual do esgoto à jusante (G4) e o lançamento da estação de efluentes (G6) podem ser

fatores determinantes nessa mudança de comportamento do ribeirão.

O cálcio e magnésio, presentes no grupo C, comportam-se estatisticamente semelhantes à amônia, demonstrando que podem ser oriundos da mesma fonte. Estes cátions têm como possível via de entrada, a solubilização pela água da chuva sobre a formação mineralógica na forma de carbonatos, fosfatos ou sulfatos, ou concentrações no esgoto sanitário (MOURA et al., 2010).

O pH, fator importante no indicativo da qualidade das águas (LOPES e MAGALHÃES, 2010), se difere nas seções G5 e G6. A turbidez tem diferença estatística somente na G6 (foz). Vale citar que nestas seções fluviométricas (G5 e G6), ocorre um represamento do rio principal (Itajaí-Açu), que possivelmente influencia sobre a turbidez e o pH desta seção (maior salinidade).

Hormônios e Antibióticos

Dentre as análises de hormônios e antibióticos somente foi observada a ocorrência de um analito da série dos hormônios femininos, a Estrona, que apresentou ocorrência na G2 (figura 8), em uma concentração de 6,23 ng/L, que de acordo com Baronti et al. (2000) não deveria ultrapassar 5 ng/L de águas naturais (figura 8). Para todos os demais analitos, tanto hormônios como antibióticos, nenhuma ocorrência foi observada.

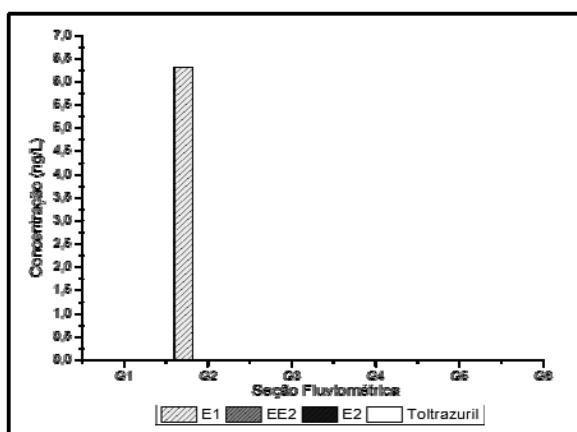


Figura 8 - Concentração observada do Hormônio
(Legenda: E1: Estrona; EE2: 17- α -etinilestradiol;
E2: estradiol).

As seções fluviométricas caracterizadas por lançamentos de esgoto sem tratamento é a montante de G4 e G2. A estrona, entretanto, não ocorreu na G4 possivelmente devido ao limite de detecção.

Na G2, o valor encontrado já havia sido muito próximo do limite da metodologia aplicada para sua análise. Como a vazão na G4 é maior não se atingiu o limite necessário para a detecção desta classe de analitos na seção fluviométrica.

Para confirmar a presença do analito, correlacionou-se o seu espectro de UV adquirido pelo CLAE com o de um padrão (figura 9). Através desta correlação obteve-se um *score* (pontuação) de 999,98 em uma escala que vai até 1000 (figura 10).

A estrona está inserida na classe de disruptores endócrinos como um composto orgânico emergente de contaminação. Existem vários trabalhos sobre a sua ocorrência em corpos hídricos (YING et al., 2002; BILA e DEZOTTI, 2007). Esse hormônio natural é excretado por mulheres tanto pela urina por animais fêmeos e em menor quantidade por homens, na forma de conjugados polares inativos, assim como pelas fezes (na forma livre), apresentando variações com relação à solubilidade em água, taxa de excreção e catabolismo biológico. Ying et al. (2002) relatam em sua pesquisa que as mulheres excretam entre 2,3 e 259 µg/L/dia enquanto homens excretam cerca de 1,6 µg/L/dia da estrona.

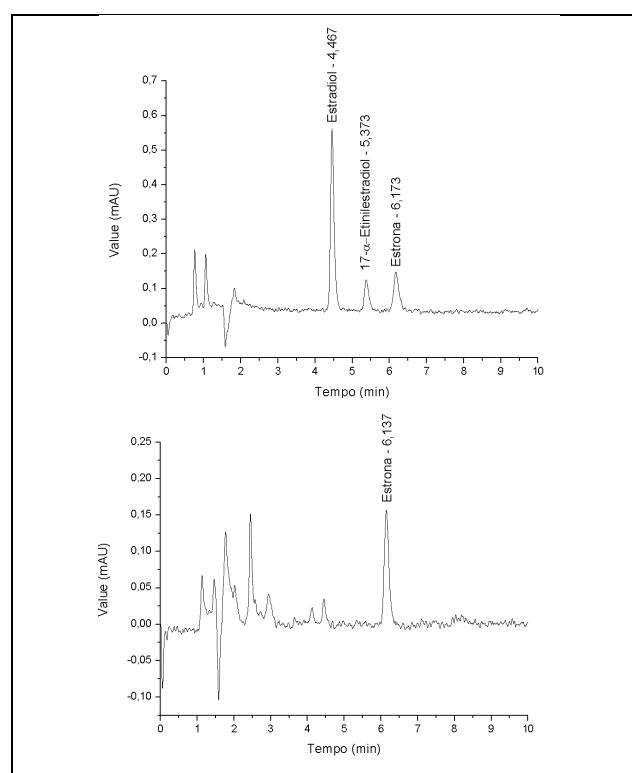


Figura 9 - Cromatogramas dos padrões de hormônios (acima) e da ocorrência de estrona (abaixo) obtidos por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência.

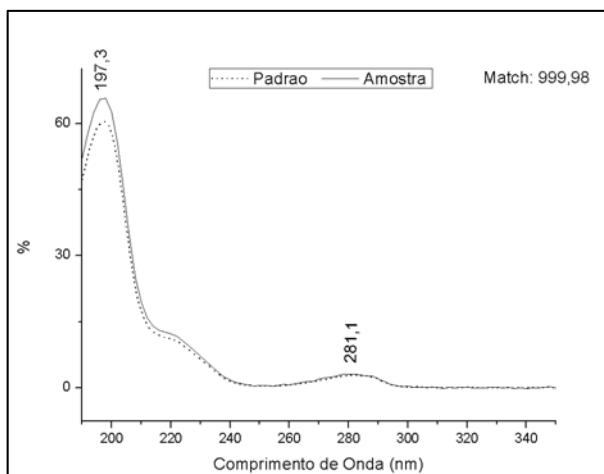


Figura 10 - Sobreposição dos Espectros de UV da ocorrência de estrona e do padrão do analito.

Mesmo que as cidades tenham estações de tratamento de esgoto (ETE) estas não são projetadas para eliminar essas substâncias, apenas para reduzir sólidos, matérias orgânicas e nutrientes. Mesmo assim, é possível a remoção de vários micropoluentes emergentes em ETE, seja por meio de sorção nos lodos, degradação/transformação biológica, dentre outros mecanismos de remoção a depender da tecnologia de tratamento empregada (JOSS et al., 2005). Assim, vários tratamentos vêm sendo investigados, como processos com membranas de nanofiltração e osmose reversa, cloração, dentre outros (CLARA et al., 2005; SCHAAAR et al., 2010; SERRANO et al., 2011).

Carga poluente

A estimativa das cargas transportadas de poluentes é geralmente utilizada para identificar a evolução da contribuição antrópica no ribeirão e possíveis fontes de poluição (QUILBÉ et al., 2006). Na maioria dos programas de monitoramento da qualidade das águas são avaliadas as concentrações dos parâmetros da qualidade, entretanto, não é realizado o monitoramento de vazão. Isto dificulta a realização de estimativas das cargas transportadas ao longo das bacias hidrográficas. Por outro lado, as cargas podem ser transferidas para o regime da vazão de referência, para serem utilizadas como informação ao processo de gestão de recursos hídricos (ZUCCO et al., 2012). Valores de cargas médias são apresentados na figura 11..

Cargas de nutrientes têm uma tendência crescente conforme a proximidade a foz do ribeirão

(SILVEIRA et al., 2003; MANSOR, et al., 2006), onde se concentra a parte mais urbanizada da área de estudo. Este fato aconteceu na área em questão sendo que grande parte das cargas analisadas seguem um fluxo crescente.

Em relação às cargas de fosfato nota-se que ela segue uma tendência crescente até a seção G3. Acredita-se que o fosfato deste trecho é proveniente de esgotos domésticos e de efluente industrial, já que na bacia são raras atividades agropecuárias e, a única indústria que se tem conhecimento, de lançamento de efluentes (devido ao relatório do órgão ambiental vigente do município) encontra-se antes da G3. A partir da G3 até a G5, esta carga é estabilizada e diminui. Este fato pode ser explicado, pois a partir da G3, a população começa a ser atendida pelo sistema de coleta e tratamento de esgotos sanitários. Porém, na G6 (lançamento do efluente tratado da ETE), a carga de fosfato volta a aumentar, seguindo a tendência da G1 e G2.

A fim de analisar a influência da ocupação do solo e a carga de fosfato, utilizaram-se os dados de área não florestada (ANF) (tabela 1) e cargas transportadas (figura 11). A seção G1, com 0,59% de ANF apresentou a menor carga de fosfato (573 kg.d⁻¹). No trecho G2-G3, devido ao aumento de ANF, de 10,67% e 3,02%, respectivamente, houve também o aumento de carga de transportada (7.616 kg.d⁻¹ para 12.554 kg.d⁻¹). No trecho G4-G5, onde houve um decréscimo de ANF, de 2,21% e 1,26%, respectivamente, ocorreu a estabilização e posterior redução da carga transportada de 12.745 kg.d⁻¹ para 10.772 kg.d⁻¹. Na G6 devido ao novo aumento da ANF (3,71%) houve novamente um aumento de carga transportada (18.811 kg.d⁻¹).

Observa-se que as cargas de fósforo estão diretamente ligadas a ocupação do solo. Como o sistema de coleta de esgoto ainda não atinge toda a população que reside nos bairros há muitos lançamentos de esgotos sanitários com baixo nível de tratamento ao longo do ribeirão. No entanto, é importante notar que a carga de fosfato na nascente (G1) já é elevada, porém, esta se potencializa com a ocupação urbana. Entende-se também que se áreas próximas à foz (G6) fossem mais florestadas, o fósforo seria mais facilmente retido e utilizado no metabolismo destas plantas, diminuindo sua carga no corpo hídrico.

Estimativa da população contribuinte através do efluente sanitário

Através da taxa de excreção diária apresentada em Von Sperling (1996), realizou-se uma esti-

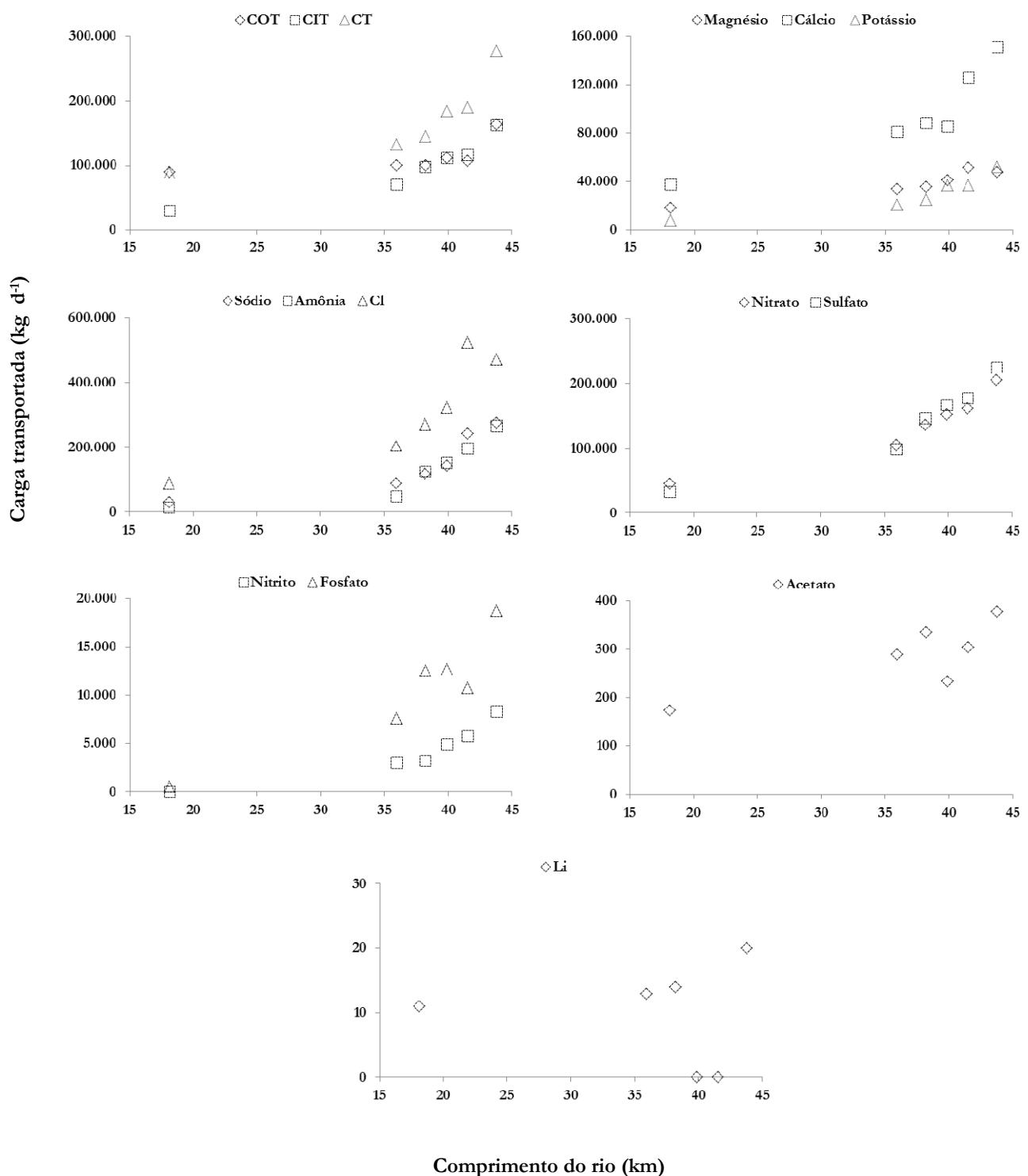


Figura 11 - Evolução das cargas difusoras ao longo do ribeirão Garcia.

mativa da população que lança efluente sanitário diretamente no Ribeirão Garcia, sem considerar aportes provenientes de outras atividades. Iniciou-se convertendo o fosfato a fósforo pela relação de suas massas moleculares e atômicas e dividiu-se a carga calculada na seção pela taxa de excreção de 3 g/hab/dia (VON SPERLING, 1996).

Desconsiderando a seção G1 por ser o nosso *background* e subtraindo à seção fluviométrica anterior construiu-se uma tabela da população contribuinte em cada seção (tabela 2).

Tabela 2 - População estimada x incremento de fósforo, Ribeirão Garcia.

Seção	População estimada	Incremento de fósforo
G1	793	-
G2	10.540	9.747
G3	17.373	6.834
G4	17.639	265
G5	14.907	2.731
G6	26.032	11.125
SOMA	87.285	30.702

Ao observar os valores da coluna do valor correspondente a população, nota-se que na seção G2, onde se inicia a ocupação urbana sem tratamento há um aumento considerável de fósforo. Na G3, jusante de uma indústria têxtil, ocorre um novo aumento de carga de fósforo, condizente os relatos de Medeiros et al. (2009). Já nas seções fluviométricas G4 e G5 há coleta de esgoto e por isso ocorre uma diminuição e estabilização dos valores. Na seção G6, entretanto, este valor volta a aumentar levando-nos a considerar a possibilidade da relação deste valor com o efluente final lançado pela estação de tratamento de esgoto (ETE) a montante da seção fluviométrica.

CONCLUSÃO

A bacia do Ribeirão Garcia encontra-se preservada por Floresta Ombrófila Densa (86,5% da área total). Grande parte das áreas de vegetação é representada por remanescentes em estágio avançado (próximas a nascente) e em menor quantidade fragmentos secundários iniciais e médios (regiões próximas à mancha urbana).

A primeira seção fluviométrica G1, localizada em uma área totalmente protegida no Parque da Serra do Itajaí, apresentou a melhor qualidade (para todos os analitos). As outras seções (G2 – G3 – G6), entretanto, como fazem parte da mancha urbana e apresentam pouca área de mata ciliar tiveram resultados de qualidade baixos para grande parte dos analitos. As seções G4 e G5, em relação às outras seções (G2 – G3 – G6) tiveram resultados mais adequados devido a maior quantidade de vegetação ciliar nas margens e pelo fato de já estarem atendidos pelo sistema de coleta e tratamento de esgotos.

As seções fluviométricas analisadas, entretanto, apresentaram grande parte dos valores de concentração dentro dos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA nº. 357/2005 para rios de classe 2.

Por outro lado, mesmo com concentrações abaixo dos valores estabelecidos pela legislação, as cargas se mostraram elevadas e crescentes de montante (G1) para jusante (G6).

Não foram observadas ocorrências de antibióticos ao longo do ribeirão. Na seção fluviométrica G2, porém houve a verificação de ocorrência de um analito da série dos hormônios femininos (Estrona) durante uma das coletas.

É necessário que novas análises sejam realizadas em outros períodos a fim de caracterizar a variabilidade interanual de analitos e de regime hidrológico do ribeirão. Novas metodologias de detecção de hormônios necessitam ser aprimoradas de forma a detectar novos analitos.

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer a FAPESC, Termo de Outorga 17419/2011-0, pelo suporte financeiro ao desenvolvimento do trabalho, ao CNPq, processo 302022/2011-2, pela bolsa de produtividade de pesquisa e, a CAPES, programas PROAP e REPENSA, pela concessão de bolsas de mestrado.

REFERÊNCIAS

- ALBERTO, A; RIBEIRO, B. G. Influência do despejo de esgoto doméstico nas características limnológicas do rio Camandocaia, bacia hidrográfica do rio Piracicaba, Estado de São Paulo. *Biological Sciences*, v. 34, n. 2, p. 173-179. 2012.

ALMEIDA, C; NOGUEIRA, J. M. F. Determination of steroid sex hormones in water and urine matrices by stir bar sorptive extraction and liquid chromatography with diode array detection. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**, v. 41, p. 1303-1311. 2006.

ANDRADE, E. M.; ARAÚJO, L. F. P.; ROSA, M. F.; GOMES, R. B. G.; LOBATO, F. A. O. Fatores determinantes da qualidade das águas superficiais na bacia do Alto Acaraú, Ceará, **Brasil. Ciência Rural**, v. 37, n. 6, p. 1791-1797. 2007.

BARONTI, C; CURINI, R; D'ASCENZO, G; DI CORCIA, A; GENTILI, A; SAMPERI, R. Monitoring natural and synthetic estrogens at activated sludge sewage treatment plants and in a receiving river water. **Journal of Environ Sci. Technol.**, v. 34, p. 5059-5066. 2000.

BILA, D.M. E DEZOTTI, M. Desreguladores endócrinos no meio ambiente: efeitos e consequências. **Química Nova**, v. 30, p. 651-666. 2007.

BRASIL, Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acesso em 14/11/2012.

BUENO, L. F.; GALBIATTI, J. A.; BORGES, M. J. Monitoramento de variáveis de qualidade da água do horto ouro verde - Conchal - SP. **Engenharia Agrícola**, v. 25, n. 3, p.742-748. 2005.

CLARA, M.; STRENN, B.; GANS, O.; MARTINEZ, E.; KREUZINGER, N.; KROISS, H Removal of selected pharmaceuticals, fragrances and endocrine disrupting compounds in a membrane bioreactor and conventional wastewater treatment plants. **Water Research**, v. 39, n. 19, p. 4797-4807. 2005.

COMITÊ DO ITAJAÍ, **Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Itajaí: documento síntese**. Blumenau, 2010, 96p.

CUNHA, A. C. da; CUNHA, H. F. A.; JUNIOR, A. C. P. B.; DANIEL, L. A.; SCHULZ, H. E. Qualidade microbiológica da água em rios de áreas urbanas e periurbanas no baixo amazonas: o caso do Amapá.

Engenharia Sanitária Ambiental, v. 9, n. 4, p. 322-328. 2004.

CUNICO, A. M; AGOSTINHO, A. A; LATINI, J. D. Influência da urbanização sobre as assembleias de peixes em três córregos de Maringá, Paraná. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 23, n. 4, p. 1101-1110. 2006.

DE ALDA, M. J. R; BARCELÓ, D. Determination of steroid sex hormones and related synthetic compounds considered as endocrine disrupters in water by liquid chromatography-diode array detection-mass spectrometry. **Journal of Chromatography**, v. 892, p. 391-406. 2000.

DIONEX, Tetracycline in pork. Dionex Application #76. **D-Library**. 2010a.

DIONEX, Achieving Low Baseline Noise for Anion Determinations by Suppressed Conductivity Using Carbonate Eluents. Dionex Application, **D-Library**, TN47. 2010b.

DIONEX, Determination of Inorganic Cations and Ammonium in Environmental Waters by Ion Chromatography Using the IonPac® CS16 Column, Dionex Application, **D-Library**, AN 147. 2010c.

GUEDES, H. A. S.; SILVA, D. D. da; ELESBON, A. A. A.; RIBEIRO, C. B. M.; MATOS, A. T. de; SOARES, J. H. P. Aplicação da análise estatística multivariada no estudo da qualidade da água do Rio Pomba, MG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 5, p. 558-563. 2012.

ENGECORPS; TERRAPLAN; LACAZ MARTINS. Regionalização de vazões das bacias hidrográficas estaduais do estado de Santa Catarina, Volume 1 – Texto. **Governo do Estado de Santa Catarina**. 2006.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades: Blumenau**. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=420240#>>, acesso em 14/11/2012.

JOSS, A.; KELLER, E.; ALDER, A. C.; GÖBEL, A.; MCARDELL, C. S.; TERNES, T.; SIEGRIST, H Removal of pharmaceuticals and fragrances in biological wastewater treatment. **Water Research**, v. 39, n. 14, p. 3139-3152. 2005.

JUNIOR, L. R. P.; ALVES, G. S.; GAMA, J. S. N. Diagnóstico da qualidade da água da lagoa bela vista

- no município de Cuité, Paraíba. **Engenharia Ambiental**, v. 8, n. 4, p. 46–61. 2011.
- KLEIN, R. M. Mapa Fitogeográfico do Estado de Santa Catarina. Itajaí: **Herbário Barbosa Rodrigues**. 1978.
- LIAO, S. W.; GAU, H. S.; LAI, W. L.; CHEN, J. J.; LEE, C. G. Identification of pollution of Tapeng Lagoon from neighbouring rivers using multivariate statistical method. **Journal of Environmental Management**, v. 88, p. 286–292. 2008.
- LOESCH, C; HOELTGEBAUM, M. Métodos Estatísticos Multivariados. Editora Saraiva, 288 p., 2012.
- LOPES, F. W. A; MAGALHÃES, A. P. Influência das condições naturais de pH sobre o índice de qualidade das águas (IQA) na bacia do Ribeirão de Carrancas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 6, n. 2, p. 134-147. 2010.
- LUOGON, M. S.; LOUZADA, F. L. R. O.; ROCHA, S. A. GARCIA, G. de. O.; SANTOS, A. R. dos. Diagnóstico ambiental da sub-bacia hidrográfica do córrego amarelo, abordando o uso e ocupação do solo e a qualidade da água. **Engenharia Ambiental**, v. 6, n. 3, p. 350–367. 2009.
- MADRUGA, F. V.; REIS, F. A. G. V.; MEDEIROS, G. A. Avaliação da influencia do córrego dos macacos na qualidade da água do rio Mogi Guaçu, no município de Mogi Guaçu, SP. **Engenharia Ambiental**, v. 5, n. 2, p. 152–168. 2008.
- MANSOR, M. T. C.; TEIXEIRA FILHO, J.; ROSTON, D. M. Avaliação preliminar das cargas difusas de origem rural, em uma sub-bacia do Rio Jaguari, SP. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, n.3, p.715–723. 2006.
- MEDEIROS, G; ARCHANJO, P; SIMIONATO, R; REIS, F. diagnóstico da qualidade d7a água na microbacia do córrego recanto, em americana, no estado de São Paulo. **Geociências**, v. 28, n. 2, p. 181-191. 2009
- MELO JUNIOR, J. C. F. de; SEDYAMA, G. C.; FERREIRA, P. A.; LEAL, B. G. Determinação de regiões homogêneas quanto à distribuição de frequência de chuvas no leste do Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, p. 408 – 416. 2006.
- MONTEIRO, V. P.; P HEIRO, J. C. V. Critério para implantação de tecnologias de suprimentos de água potável em municípios cearenses afetados pelo alto teor de sal. **Economia Rural**, v. 42, n. 2, p. 365-387. 2004.
- MORTATTI, J.; OLIVEIRA, H.; BIBIAN, J. P.; LOPES, R. A.; BONASSI, J. A.; PROBST, J. L. Origem do carbono inorgânico dissolvido no rio Tietê (São Paulo): reações de equilíbrio e variabilidade temporal. **Geochimica Brasiliensis**, v. 20, n. 3, p. 267-277. 2006
- MOURA, L. H. A.; BOAVENTURA, G. R.; PINELLI, M. P. A qualidade de água como indicador de uso e ocupação do solo: Bacia do Gama – Distrito Federal. **Quím. Nova**, v. 33, n. 1, p. 97-103. 2010.
- PAPATHEODOROU, G.; DEMOPOULOU, G.; LAMBRAKIS, N. A long-term study of temporal hydrochemical data in a shallow lake using multivariate statistical techniques. **Ecological Modeling**, v. 193, p. 759–776. 2006.
- PETERS, N.E; MEYBECK, M. Water quality degradation effects on freshwater availability: impacts to human activities. **Water International**, Urbana, v. 25, n. 2, p. 214–221. 2000.
- PETROVIC, M; SOLE, M; DE ALDA, M.J.L; BARCELO, D. Endocrine disruptors in sewage treatment plants, receiving river waters, and sediments: integration of chemical analysis and biological effects on feral carp. **Environ. Toxicol. Chem.**, v.21, p.2146 –2156. 2002.
- QUILBÉ, R.; ROUSSEAU, A. L.; DUCKEMIN, M.; POULI, A.; GANGBAZO, G.; VILLENEUVE, J. P. Selecting a calculation method to estimate sediment and nutrient loads in streams: Application to the Beaurivage river (Québec, Canadá), **Journal of Hydrology**, v. 326, n. 1-4, p.295-310. 2006.
- REFOSCO, J. C. Análise do uso e cobertura do solo em Blumenau-SC, utilizando sensoriamento remoto e geoprocessamento. **R. Estudos Ambientais**, v. 2, n. 2 e 3, p. 57-67, 2000.
- REIS, A. A vegetação original do estado de Santa Catarina. Em: REIS, A., REIS, M. S., QUEIROZ, M. H., MANTOVANI, A., ANJOS, A. **Caracterização de estádios sucessionais na vegetação catarinense**. UFSC, 1995.

- SANTOS, J. H. Z. DOS; PIZZOLATO, T. M.; CUNHA, A. C. B. DA. Desenvolvimento de metodologia analítica para quantificação de fármacos em meio aquático por extração em fase sólida e HPLC. **Revista de Ciências Ambientais**, v. 1, n. 2, p. 19-34, 2007.
- SCHAAR, H.; CLARA, M.; GANS, O.; KREUZINGER, N. Micropollutant removal during biological wastewater treatment and a subsequent ozonation step. **Environmental Pollution**, v. 158, n. 5, p. 1399-1404. 2010.
- SERRANO, D.; SUÁREZ, S.; LEMA, J. M.; OMIL, F. Removal of persistent pharmaceutical micropollutants from sewage by addition of PAC in a sequential membrane bioreactor. **Water Research**, v. 45, n. 16, p. 5323-5333. 2011.
- SEYFERTH, G. A colonização alemã no Vale do Itajaí-Mirim. Um estudo de desenvolvimento econômico. **Porto Alegre: Movimento**, 159 p. 1974.
- SILVEIRA, G. L.; SILVA, C. E.; IRION, C. A. O.; Cruz, J. C.; RETZ, E. F. Balanço de cargas poluidores pelo monitoramento quali-quantitativo dos recursos hídricos em pequena bacia hidrográfica. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 8, n. 1, p. 5-11. 2003.
- SIMEONOV, V.; STRATIS, J. A.; SAMARA, C.; ZACHARIADIS, G.; VOUTSA, D.; ANTHEMIDIS, A.; SOFONIOU, M.; KOUIMTZIS, T. Assessment of the surface water quality in northern Greece. **Water Research**, v. 37, p. 119-124. 2003.
- SIMINSKI, A. Formações florestais secundárias como recurso para o desenvolvimento rural e a conservação ambiental no litoral de Santa Catarina. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina. **Tese (Mestrado)**. 102 p. 2004.
- SOUZA, S. R; MELLO, F. R. Análise do uso e ocupação do solo em um trecho da zona norte do município de São José dos Campos – SP. **Caderno de Geografia**, v. 22, n. 37. 2012.
- VERBINNEM, R.T., NUNES, G.S., VIEIRA, E.M. Determinação de hormônios estrogênicos em água potável usando CLAE – DAD. **Química Nova**, v. 33, p. 1837 – 1842, 2010.
- VIBRANS, A.C., SEVEGNANI, L.; GASPER A.L.; LINGNER, D.V. Diversidade e Conservação dos remanescentes florestais: **Inventário Florístico Flo-**restal de Santa Catarina, Volume 1. 1ed. Blumenau: Edifurb. 2012.
- VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3 ed. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG: Belo Horizonte - MG, 2005, 452 p.
- YING, G.-G.; KOOKANA, R. S.; RU, Y.-J. Occurrence and fate of hormone steroids in the environment. **Environment International**, v. 28, n. 6, p. 545- 551. 2002.
- ZENG, X.; RASMUSSEN, T. C. Multivariate statistical characterization of water quality in Lake Lanier, Georgia, USA. **Journal Environmental Quality**, v. 34, p. 1980-1991. 2005
- ZHANG, X.; WANG, Q.; LIU, Y.; WU, J.; YU, M. Application of multivariate statistical techniques in the assessment of water quality in the Southwest New Territories and Kowloon, Hong Kong. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 137, p. 17-27. 2010.
- ZUCCO, E.; PINHEIRO, A.; DESCHAMPS, F. C.; SOARES, P. A. Metodologia para estimativa das concentrações em cursos de água para vazões de referência: uma ferramenta de suporte e apoio ao sistema de gestão de bacias hidrográficas.. **REGA**, v. 9, p. 25-37. 2012.

Water Quality In A Basin Protected By A Dense Umbrophile Forest

ABSTRACT

Waste discharges resulting from human activities have led to decreased quality of aquatic ecosystems, especially those located in urban areas. This study aimed to evaluate concentrations and loads of physical and chemical parameters of the Garcia River, Blumenau, Santa Catarina State - Brazil. The land use survey showed that 87% of the Garcia watershed is preserved by fragments of Rain Forest. The water quality monitoring was carried out in six sections along the river using a multiparameter sonde and laboratory analysis. The parameters analyzed were: water temperature, turbidity, total solids and electrical conductivity, pH, salinity, dissolved oxygen, ammonia, nitrate, chloride, carbon, lithium, sodium, potassium, manganese, calcium, sulfates, acetates, as well as the presence of hormones and antibiotics. The quality results

were presented in the form of concentration and transported load, besides interpretation by multivariate statistical analysis. The analyte concentrations tend to improve in the sections affected by the wastewater treatment system, as well as areas preserved by natural vegetation. The values of transported loads, however, were high and tended to increase throughout the river course. Estrone hormone was also found to occur in a concentration range of ng/L. Antibiotics were not observed in any monitored section. In general the concentrations present oscillations but most did not exceed standards established by CONAMA Resolution n° 357/2005 for class 2 rivers.

Key-words: monitoring, water quality, forest cover, pollution loads, multivariate analysis.