



# Contribuição à gestão da bacia hidrográfica do rio Itaqui-Campo Largo/PR pela caracterização da qualidade da água e suas condicionantes ambientais

*Contribution to the management of the Itaqui river basin (Campo Largo – PR) by the characterization of water quality*

NARALI MARQUES DA SILVA \*, ANDRÉ V. L. BITTENCOURT \*\*, EDUARDO SALAMUNI \*\*

\* [naralimarques@yahoo.com.br](mailto:naralimarques@yahoo.com.br)

\*\* UFPR - Departamento de Geologia

## Resumo

O interesse em realizar um estudo geológico ambiental é justificado pela importância que a mesma representa para o abastecimento público, para o uso e a ocupação pela comunidade local. A área de estudo corresponde ao terço superior da bacia do rio Itaqui incluindo o afluente São Caetano e compreende uma área de 57,47 km<sup>2</sup>. O rio Itaqui é afluente da margem direita do rio Iguçu, situa-se entre a localidade de Bateias em Campo Largo e o município de Balsa Nova inseridos na região metropolitana de Curitiba. Esta área situa-se no Primeiro Planalto do Escudo Paranaense, correspondendo às rochas mais antigas do Estado. Ocorrem nos domínios do Complexo Atuba e do Grupo Açungui. Sobre essas unidades ocorrem sedimentos da Formação Guabirotuba e aluviões recentes. Dentro da área de estudo o embasamento é composto por grande variedade litotípica caracterizadas pela presença de migmatitos, quartzitos, quartzo-xistos, mica-xisto, anfíbolitos e gnaisses-granitos. O grupo Açungui é representado pela Formação Capirú composta pelos mármore dolomíticos, sericita-filitos, mica-quartzito e filitos caulínicos brancos. Diques de diabásio dispõem-se direcionados para NW/SE. A Formação Guabirotuba é constituída por argilitos, areias arcoseanas e sedimentos rudáceos. O grupo Açungui situa-se na porção oeste da bacia do rio Itaqui separada por falhas e discordância com os sedimentos da Formação Guabirotuba. Foram coletadas amostras em 4 pontos selecionados de acordo com a litologia da área (P2, P5, P9 e P11) ao longo de um ano, observando-se as mudanças sazonais. Através das análises físico-químicas pode-se identificar 2 tipos de águas superficiais distintas. A água do rio Itaqui e a água do Afluente São Caetano. Através da interpretação dos Diagramas e da caracterização geoquímica, a água do rio Itaqui é classificada como bicarbonatada cálcio-magnésiana e a água do afluente São Caetano é bicarbonatada sódica potássica e menos magnésiana. A predominância dos íons HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Mg<sup>+2</sup> e Ca<sup>+2</sup> marca o controle do quimismo das águas pela mineralogia do substrato litológico. A identificação da influência das unidades carbonáticas do Grupo Açungui nas águas superficiais, foi procedida por comparação com análises físico-químicas de amostras coletadas em poços tubulares profundos situados na área da bacia. Foi constatado que existe correlação entre essas águas, apenas variando a concentração dos íons por diluição pelas águas pluviais. A variação sazonal dos elementos ocorreu em períodos de maior precipitação (11/03 e 03/04) e a concentração dos íons nas águas superficiais aumentou em direção ao ponto 9 (P9) na captação da SANEPAR. O uso agrícola e a ocupação desordenada das áreas de inundação do rio são responsáveis pelo alto índice de Cl<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> bem como coliformes fecais e totais. Os trechos considerados mais críticos correspondem aos pontos P5, P9 e P11. De acordo com os valores preconizados pela Resolução CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) nº 357/2005 o rio Itaqui enquadra-se na classe IV determinada pela alta concentração de coliformes fecais e totais (BRASIL, 2005). Os parâmetros que enquadram o rio na classe III durante todo o período amostrado foram o Ferro e a concentração de coliformes totais.

Palavras-chave: Itaqui, Campo Largo, qualidade da água

## Abstract

The aim of this study is to contribute with the management of the Itaqui watershed in the Curitiba – Paraná Metropolitan Region. Itaqui river is a tributary of the Iguçu river at the right margin. The area considered was the upper part of the watershed, with 57.5 km<sup>2</sup>, in Campo Largo district. The area is imposed largely over proterozoic metamorphic rocks related to Atuba Complex and Açungui Group, sediments of Guabirotuba Formation, recent alluvium sediments, and a small area with Devonian sandstones. These Paleozoic rocks occur in São Caetano tributary that also drains the metamorphic units. The Atuba Formation is composed by migmatites, quartzites, quartz-shists, mica-shists, amphibolites and granite-gnaisses. The Açungui Group is represented by Capirú formation, mainly composed by dolomitic marbles and phylites. Dolerite Mesozoic dykes NW/SE are common. The Guabirotuba formation is composed by argillites, arcosean sandstones and rudaceous sediments. Samples were collected by one year, seasonally

distributed, in 4 sites selected in the river, considering the lithology drained. The analysis of physico-chemical and major dissolved components, showed calcium-magnesian bicarbonated water in the Itaqui River and sodium bicarbonated in São Caetano affluent. The major chemical characters of the water are clearly controlled by the litho-climatic context of the watershed. The concentration of the major ions,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  and  $\text{Ca}^{2+}$ , are submitted by a lithological control. The influence of Açungui Group carbonatic units is clear by comparing surface waters with subsurface waters collected in tubular deep wells in the watershed. Plotted in trilinear diagram, the surface and subsurface waters showed a same pattern. Considering the total dissolved solids (TDS), the surface waters presents lower values by rainwater dilution. TDS increases in the Itaqui River from the upper sampling sites to down water. The extreme values of concentration are observed in lower course of the river (P9) where, the captation for Campo Largo city water supply is. Agricultural occupation randomly distributed in floodable areas is responsible for the relatively high  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  and coliform concentration. The critical regions are represented by sampling points P5, P9 and P11. According the CONAMA (National Council of Water and Environment) Resolution n° 357/2005, Itaqui is a class IV river, by his coliform level. Considering other parameters like , the extreme values of concentration of íon  $\text{Fe}^{++}$  is responsible for Itaqui is a class III river.

Keywords: Itaqui,Campo Largo, quality of water

## 1. Introdução

Atualmente, o abastecimento da Região Metropolitana de Curitiba (RMC), é feito pela captação de água de vários rios, como, o rio Passaúna, Itaqui, rio Verde, rio Barigui e outros pertencentes à bacia do Alto Iguaçu. Em alguns locais, onde o contexto hidrogeológico em ambiente cárstico é favorável, o abastecimento também é feito por mananciais subterrâneos. A bacia hidrográfica do rio Itaqui representa de forma bastante expressiva este dilema, ou seja, o uso da água subterrânea para complementar o abastecimento da região. A área delimitada para o estudo corresponde ao terço superior desta bacia incluindo o afluente São Caetano conforme figura 1. A bacia do rio São Caetano não contribui para a captação, mas se faz necessário o estudo deste corpo de água para que se possa comparar as características físico-químicas da água de superfície com o manancial subterrâneo, de alguns poços tubulares presentes nesta área utilizados para a complementação do abastecimento do município. A

caracterização dos fatores físicos naturais (estruturas geológicas, rede de drenagem, vegetação, litologia, clima), bem como a identificação da tipologia química fornecem subsídios para a caracterização da influência das unidades carbonáticas do Grupo Açungui nas águas da bacia do rio Itaqui. O rio Itaqui é afluente da margem direita do rio Iguaçu e contribui com cerca de 60% da água para abastecimento público do município de Campo Largo. O restante corresponde à somatória da captação superficial do rio Verde e dos poços tubulares nos aquíferos cárstico e cristalino. Atualmente a demanda total do sistema consiste na vazão de 650m<sup>3</sup>/h em regime médio de funcionamento de 20 h/dia. O município possui atualmente 20.964 ligações, atendendo a 81.519 habitantes, o que corresponde a 98,41% da população urbana. O consumo per capita é de aproximadamente 157L/habitante/dia segundo a SANEPAR (Companhia de Saneamento do Paraná, 2002).



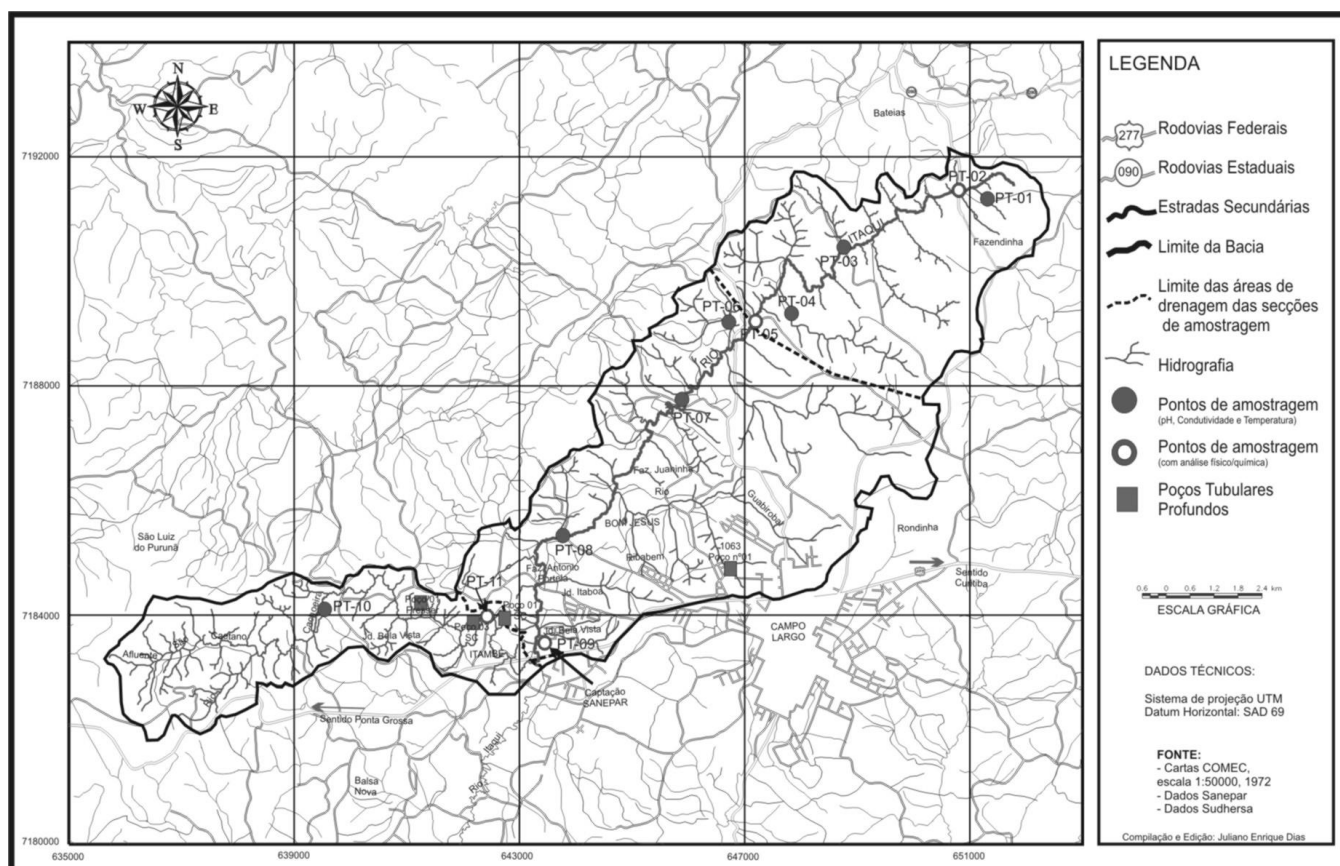
**Figura 1** – Localização da área de estudo na Região Metropolitana de Curitiba –PR. Localization of the study area in Curitiba Metropolitan regions.

O interesse em realizar um estudo geológico ambiental utilizando a área representada por esta bacia é justificado pela importância que a mesma representa para o abastecimento público e uso agrícola da comunidade local. Na bacia de drenagem, há crescimento de malha urbana, aumento da ocupação desordenada e a instalação de pequenas indústrias. O processo de ocupação de uma bacia hidrográfica põe em risco a manutenção de uma cobertura vegetal mínima necessária, a preservação da qualidade natural das águas e a minimização dos efeitos destruidores causados pelas enchentes. Outros fatores como a contaminação das águas por agrotóxicos, efluentes diversos das pequenas indústrias e esgoto doméstico, carreamento de material particulado para o rio e conseqüente assoreamento, são responsáveis pela alteração e degradação da bacia do rio Itaqui.

## 2. Materiais e métodos

Os dados utilizados foram obtidos das análises físico-químicas das amostras das águas do rio Itaqui, do estudo da morfometria da bacia, caracterizada pela hierarquia fluvial segundo o método de Strahler (1952), da análise de morfoestruturas obtidas através de fotointerpretação e interpretação de modelo digital de elevação da bacia do rio Itaqui. Também foram utilizadas análises físico-químicas dos poços tubulares profundos presentes na área de estudo

e cadastrados pela Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR), dados de mapeamento segundo Sato (1999), realizados na área de estudo. Para elaboração dos mapas de solo, uso e ocupação e drenagem foram utilizados dados fornecidos pela SANEPAR e Superintendência de Desenvolvimento dos Recursos Hídricos e Ambientais (SUDERHSA). Os dados de geologia foram obtidos através da Minerais do Paraná S/A (MINEROPAR). Fotos aéreas da área de 1980 –n° 49976 e 49977; imagem LANDSAT –5 TM –1997, cartas topográficas da COMEC (Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba), escala 1:50.000 e 1:10.000. Softwares ArcView 3.2™, Autocad 2000, Spring. Depois da primeira fase desse trabalho, o qual teve como foco o levantamento bibliográfico, abordando, a geologia, a hidrogeologia, a geografia física e a geologia estrutural da área, foram realizadas 6 campanhas com o objetivo de identificar, georreferenciar, coletar amostras de água para a realização de análises de pH, condutividade, medidas de temperatura da água e do ambiente nos 11 pontos escolhidos. A escolha dos 11 pontos demarcados ao longo do curso do rio teve como critérios o nível de comprometimento das áreas em função da ocupação e exploração agrícola, bem como a acessibilidade para a coleta de amostras (figura 2). As amostras para análise físico-química foram coletadas durante os meses de julho e novembro de 2003 e março e junho de 2004 (tabela 2ª, B).



**Figura 2** – Mapa de localização dos 11 pontos de amostragem sendo os pontos P2, P5, P9 e P 11 para análise físico-química da água da bacia do rio Itaqui. Observa-se nesta figura os poços tubulares profundos presentes na área e utilizados nas correlações entre a água de superfície e subterrânea. Location map of 11 water sampling points ( P2, P5, P9 and P 11 chemical analisys from Itaqui watershed). The location of tubular deep wells in the area for surface and ground water correlation.

A análise do pH, condutividade e temperatura da água foi procedida com uma frequência maior de coletas durante o período entre 2003 e 2004 (tabela 1). A Temperatura das amostras dos 11 pontos selecionados foi tomada no local e as medidas de condutividade e pH foram feitas no Laboratório de Pesquisas Hidrogeológicas (LPH) do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Paraná (UFPR). Para análise físico-química e bacteriológica foram escolhidos 4 pontos dentre os 11 pontos já determinados ao longo da bacia (figura 2), sendo demarcados segundo as características geológicas da região. Os parâmetros analisados foram: pH, T, dureza, condutividade, turbidez, alcalinidade, sólidos totais dissolvidos, OD, DBO, DQO, sódio, potássio, cálcio, magnésio, carbonato, bicarbonato, sulfato, cloreto, fosfato, nitrito, nitrato, fósforo total, N total, sílica, coliformes fecais e totais, alumínio, bário, chumbo, cobre e zinco (tabela 2). A coleta, conservação e análise das variáveis físico-químicas foram procedidas segundo a metodologia estabelecida pela *American Public Health Association* APHA (1998). A análise morfométrica foi realizada segundo metodologia descrita por Christofletti (1980). A análise morfométrica da área da bacia considerada foi feita a partir do mapa topográfico, contendo a rede de drenagem, foram levantados valores referentes à ordem, número, extensão, área e, finalmente, diferenças máximas e mínimas de altitude (amplitude altimétrica). Além destas informações foram obtidos os índices relacionados à morfometria tais como ordem, número de segmentos, relação de bifurcação (Rb), comprimento médio de canais (Lm), relação entre o comprimento médio de canais (Rlm).

### 3. Características geológicas

Em termos geológicos, conforme a figura 3, a bacia do rio Itaquí situa-se no Primeiro Planalto Paranaense, correspondendo às rochas mais antigas do Estado. Ocorrem nos domínios do Complexo Gnáissico-Migmatítico Costeiro ou Complexo Atuba e do Grupo Açungui. Sobre essas unidades ocorrem sedimentos da Formação Guabirotuba e aluviões recentes. Segundo Basei (1992) o embasamento é composto por grande variedade litotípica atribuída ao chamado Domínio Curitiba, também designado por Siga Jr (1996) por Complexo Atuba. A área em questão sofreu eventos deformacionais sendo que na primeira fase houve um intrincado embricamento das litologias Açungui, causado por um sistema de falhas de cavalgamento, que separam fatias de rocha com diferentes estratigrafias internas. Causam uma compartimentação tectônica do Grupo Açungui, empilhando blocos ou fatias tectônicas uns sobre os outros de forma aleatória. Cada fatia contém uma parte da coluna estratigráfica original do Grupo Açungui. A formação Furnas representa uma área bastante pequena dentro da bacia, onde estão as nascentes do rio São Caetano. Ocorre no extremo W e SW e é formada por espesso pacote de arenitos que repousam em discordância sobre rochas do Grupo Açungui (Muratori, 1966). Em função dos aspectos estruturais e tectônicos que

influenciam na circulação e armazenamento da água subterrânea, presentes na área sugere-se possível interação com a água de superfície e a água subterrânea possivelmente relacionadas ao aquífero cárstico.

**Tabela 1** – Valores de Temperatura, pH e Condutividade da água da bacia do rio Itaquí amostrados durante o período de julho de 2003 a junho de 2004. Temperature, pH and conductivity averages of Itaquí watershed sampled from July 2003 to June 2004. Fonte: SILVA, N.M. 2005.

TEMPERATURA DA ÁGUA (°C)						
PONTO	26/06/2003	4/9/2003	6/11/2003	2/3/2004	26/04/2004	2/6/2004
1	12,5	14,5	15	19	15	14,5
2	14	14	15,8	20	15	15
3	14	13,5	15,9	20	15	15
4	14	13	17	19	15	15
5	14	13	15,1	19	15	15
6	14	14	16	20	16	16
7	14	14	15,9	20	16,5	16,5
8	14	14	15,9	20	16	16
9	14	14	18	23	16	16
10	15	14	18	22	17	17
pH						
PONTO	26/06/2003	4/9/2003	6/11/2003	2/3/2004	26/04/2004	2/6/2004
1	6,09	6,07	6,27	6,12	6,01	6,11
2	6,73	6,91	6,96	6,92	6,98	6,09
3	7,05	7,24	7,34	7,32	7,36	7,24
4	6,93	7,17	7,19	7,14	7,15	7,15
5	7,19	7,35	7,39	7,41	7,47	7,35
6	7,02	7,04	7,10	7,19	7,03	7,12
7	7,21	7,27	7,35	7,37	7,43	7,03
8	7,17	7,32	7,45	7,52	7,33	7,49
9	7,01	7,12	7,32	7,33	7,49	7,01
10	7,11	7,26	7,05	7,33	7,31	7,32
11	7,44	7,33	7,65	7,54	7,43	7,42
CONDUTIVIDADE (ms/cm)						
PONTO	26/06/2003	4/9/2003	6/11/2003	2/3/2004	26/04/2004	2/6/2004
1	42,2	45,7	42,2	37,1	36,2	45
2	43,7	43	42,9	36,6	36,4	47,2
3	57,5	64,6	61,2	51,9	53	52
4	58,5	63,2	61,1	51,8	53	62,2
5	58,5	60,8	59,9	51,2	52,7	60,2
6	56,6	56,3	58,8	52,3	52,2	50,01
7	58,4	63,4	61,4	51,2	52,3	50,07
8	76,4	90,7	80,9	72,7	71,7	71,5
9	88,8	88,9	83,2	72,9	73,4	74,2
10	74	84,4	92,7	70,5	79,2	70,9
11	100,06	97	118,4	90,4	86,8	120,1

**Tabela 2A** – Análise físico-química dos 4 pontos amostrados na bacia do rio Itaqui-Campo Largo –PR (continua). Physycal-Chemical analysys of 4 samples at Itaqui watershed – Campo Largo – PR.

PONTOS		P 2	P 5	P 9	P11	P 2	P 5	P 9	P11
DATA		30/07/03				6/11/2003			
pH		7.5	7.74	7,41	7,60	7.14	7.51	7.69	7.36
Condutivid	$\mu\text{S}/\text{cm}$	39.9	54.3	69,0	95,9	50.6	60.9	82,6	118,7
Turbidez	UT	14	7	9	9	18	6	8	12
Alcal.Total	mg/L	10.89	18.61	20,79	44,55	17.82	24.75	37,62	51,48
Dureza tot	mg/L	17.71	21.45	26,00	38,25	20.7	27.63	32,99	48,07
Nit K.total	mg/L	0.12	0.24	0,75	0,63	0.52	0.21	0,35	0,23
Nit amonia	mg/L	0.05	0.1	0,48	0,35	0.24	0.11	0,2	0,13
Nit orgân	mg/L	0.07	0.14	0,27	0,28	0.28	0.1	0,15	0,1
Sóli.t.a103	mg/L	37	31	52	55				
Sól susp t	mg/L	12	<5	8	<5				
Sól diss t	mg/L	25	31	44	55	37	57	64	86
Sílica diss	mg/L	4.9	5.5	6.7	11.7	6.7	6.4	9,8	17,5
DQO	mg/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
DBO	mg/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
OD	mg/L	7.8	8	8.6	8.1				
Bicarbon	mg/L	13.28	22.7	25,36	54,35	21.74	30.19	45,89	62,80
Cloreto	mg/L	3.5	4.27	4,66	2,61	3.6	4.22	5,33	2,72
Fosfato	mg/L	4.2	0.12	0.13	0.14	< 0,03	< 0,03	0,17	<0.03
Sulfato	mg/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Nitrato	mg/L	2.65	4.95	5,75	2,17	1.99	6.14	4,55	1,77
Nitrito	mg/L	0.04	0.02	0.24	0.27	<0.01	0.02	0,12	0,05
Cálcio	mg/L	4	5.67	5,67	12,96	4.5	5.39	7,09	17,17
Magnésio	mg/L	1.84	1.75	2,84	1,40	2.3	3.4	3,67	1,24
Sódio	mg/L	1.2	1.6	3,10	4,00	1.3	1.4	4,20	6,00
Potássio	mg/L	0.7	0.9	1.1	1.8	0.9	0.55	1,35	2,20
Ferro total	mg/L	1.05	0.71	0.96	0.96	3.8	0.84	2,90	1,05
Alumínio	mg/L	0.56	0.19	0.21	0.21	<0.1	<0.1	<0.10	<0.1
Manganês	mg/L	0.025	0.014	0.027	0.082	0.18	0.02	0.38	0.08
Zinco	mg/L	0.093	0.051	0.048	0.053	0.09	<0.01	0.06	0.02
Col.totais	*	8164	>24192.0	>24192.0	>24192.0	1413.6	1986.28	>2419.2	2419.17
Col.fecais	*	1789	>24192.0	4611,0	12996,5	23.1	34.1	58,8	157,6

\*NMP/100 mL ( E. COLI - COLIFORME FECAIS ). CO<sub>3</sub> - Quantidade de carbonato não foi suficiente para ser detectado.

#### 4. Análises e discussões

##### 4.1 Análise morfométrica da bacia do rio Itaqui

A bacia do rio Itaqui em seu terço superior, incluindo o afluente São Caetano corresponde a uma bacia de 5ª ordem com uma área de 57,47 km<sup>2</sup> e um eixo de 11,90 km. Foram identificados 401 canais de primeira ordem, estes ocorrendo em sua maioria sobre rochas do Grupo Açungui. Foram constatados ainda 60 canais de segunda, 18 de terceira, 3 de quarta e um canal de quinta ordem. A densidade hidrográfica é de 6,98 rios/km<sup>2</sup> e uma densidade de drenagem de 4,4 km/km<sup>2</sup>. A alta densidade de drenagem corresponde a solos mais impermeáveis, conduzindo ao predomínio do escoamento superficial sobre a infiltração, promovida pela composição argilosa típica da Formação Guabirotuba.

A forma da bacia foi calculada pelo Fator –forma (Ff), cujo valor ficou em 0,40 km/km<sup>2</sup>. Segundo Christofolletti (1974), quando o resultado for inferior a 1,0, a forma da bacia será mais alongada, reduzindo deste modo a possibilidade de enchentes repentinas. A forma da bacia está condicionada às falhas, fraturas e diques presentes na área bem como a característica atípica do rio principal que

corre no contato de dois contextos litológicos bem distintos observados na litoestratigrafia da área.

A variação das cotas é relativamente pequena observando-se na figura 4 que a margem oeste situada sobre o Grupo Açungui é bastante dobrada e os canais ali presentes são mais curtos. Já os canais da margem leste na Formação Guabirotuba são mais alongados e dispersos em face do fluxo de água permanecer maior tempo sobre a superfície do solo. O fato destas áreas serem aradas e preparadas para o plantio das safras, faz com que a camada abaixo da superfície remobilizada pela aração, fique cada vez mais compactada, interferindo juntamente com a composição argilosa do solo, na capacidade de infiltração e permeabilidade da água, comprometendo a recarga do freático e dos aquíferos.

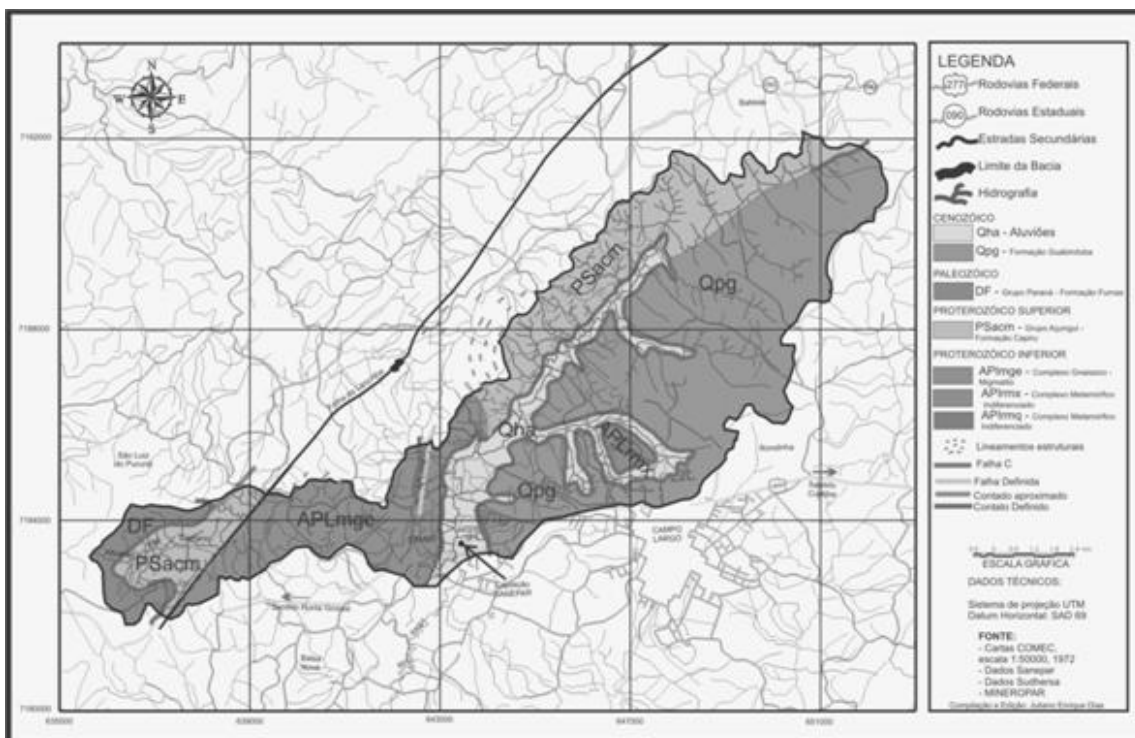
##### 4.2 Classificação dos domínios/zonas homólogas

A área foi dividida segundo critérios geológicos e estruturais em 3 zonas homólogas (zonas 1, 2 e 3) observadas no Modelo Digital de Elevação-MDE (figura 4 e figura 5). Os pontos identificados como P2, P5, P9 e P11 marcam os pontos de coleta para a análise físico-química e o P1 apenas indica a área das nascentes do rio Itaqui.

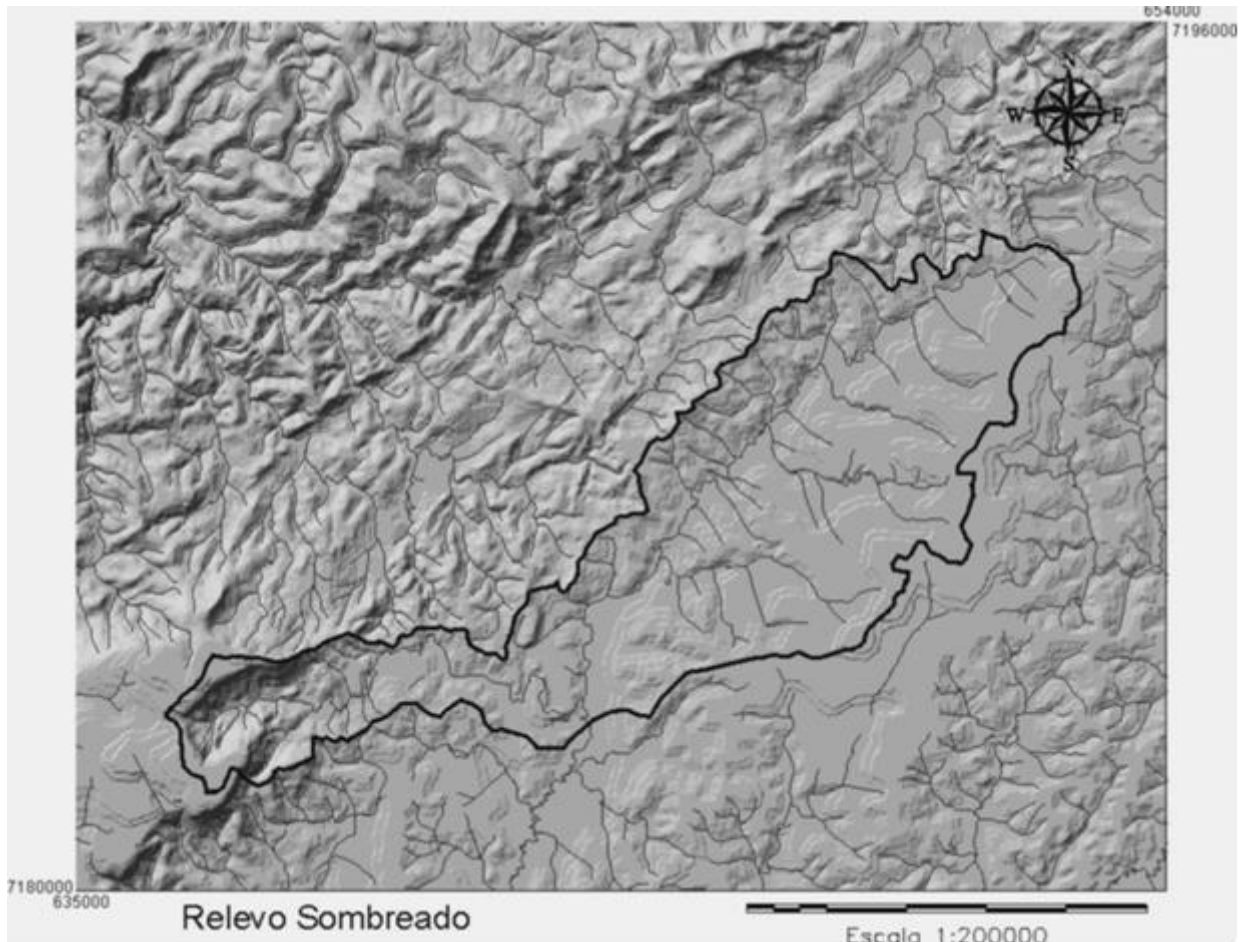
**Tabela 2B** – Análise físico-química dos 4 pontos amostrados na bacia do rio Itaqui-Campo Largo –PR (conclusão). Physical-chemical analysis of 4 samples at Itaqui watershed – Campo Largo – PR

PONTOS DATA	UNIDADE	30/07/03				6/11/2003			
		P 2	P 5	P 9	P 11	P 2	P 5	P 9	P 11
pH		7.5	7.74	7,41	7,60	7.14	7.51	7.69	7.36
Condutivid	μΣ/χμ	39.9	54.3	69,0	95,9	50.6	60.9	82,6	118,7
Turbidez	UT	14	7	9	9	18	6	8	12
Alcal.Total	mg/L	10.89	18.61	20,79	44,55	17.82	24.75	37,62	51,48
Dureza tot	mg/L	17.71	21.45	26,00	38,25	20.7	27.63	32,99	48,07
Nit K.total	mg/L	0.12	0.24	0,75	0,63	0.52	0.21	0,35	0.23
Nit amonia	mg/L	0.05	0.1	0,48	0,35	0.24	0.11	0,2	0.13
Nit orgân	mg/L	0.07	0.14	0,27	0,28	0.28	0.1	0,15	0.1
Sól.t.a103	mg/L	37	31	52	55				
Sól susp t	mg/L	12	<5	8	<5				
Sól diss t	mg/L	25	31	44	55	37	57	64	86
Sílica diss	mg/L	4.9	5.5	6.7	11.7	6.7	6.4	9,8	17,5
DQO	mg/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
DBO	mg/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
OD	mg/L	7.8	8	8.6	8.1				
Bicarbon	mg/L	13.28	22.7	25,36	54,35	21.74	30.19	45,89	62,80
Cloreto	mg/L	3.5	4.27	4,66	2,61	3.6	4.22	5,33	2,72
Fosfato	mg/L	4.2	0.12	0.13	0.14	< 0,03	< 0,03	0,17	<0.03
Sulfato	mg/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Nitrato	mg/L	2.65	4.95	5,75	2,17	1.99	6.14	4,55	1,77
Nitrito	mg/L	0.04	0.02	0.24	0.27	<0.01	0.02	0,12	0.05
Cálcio	mg/L	4	5.67	5,67	12,96	4.5	5.39	7,09	17,17
Magnésio	mg/L	1.84	1.75	2,84	1,40	2.3	3.4	3,67	1,24
Sódio	mg/L	1.2	1.6	3,10	4,00	1.3	1.4	4,20	6,00
Potássio	mg/L	0.7	0.9	1.1	1.8	0.9	0.55	1,35	2,20
Ferro total	mg/L	1.05	0.71	0.96	0.96	3.8	0.84	2,90	1,05
Alumínio	mg/L	0.56	0.19	0.21	0.21	<0.1	<0.1	<0.10	<0.1
Manganês	mg/L	0.025	0.014	0.027	0.082	0.18	0.02	0,38	0.08
Zinco	mg/L	0.093	0.051	0.048	0.053	0.09	<0.01	0,06	0.02
Col.totais	*	8164	>24192.0	>24192.0	>24192.0	1413.6	1986.28	>2419.2	2419.17
Col.fecais	*	1789	>24192.0	4611,0	12996,5	23.1	34.1	58,8	157,6

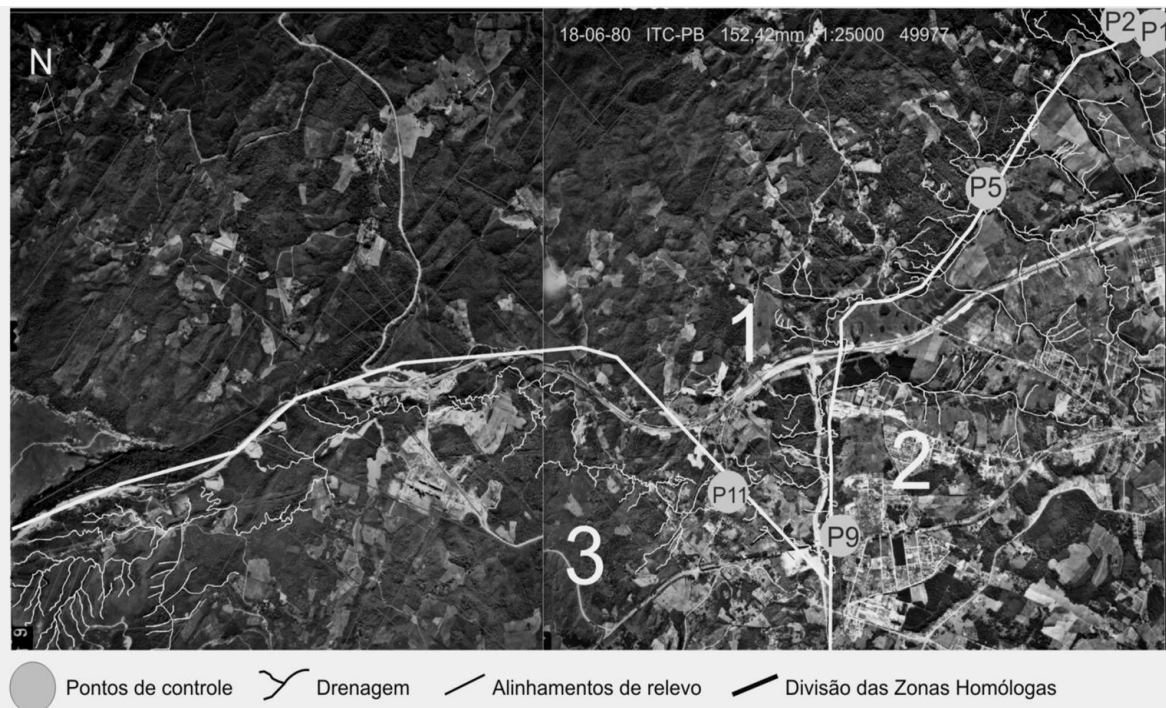
\*NMP/100 mL ( E. COLI - COLIFORME FECAIS ). CO<sub>3</sub> - Quantidade de carbonato não foi suficiente para ser detectado.



**Figura 3** – Geologia da bacia hidrográfica do rio Itaqui (MINEROPAR, 2000). Geology of Itaqui river watershed.



**Figura 4** – Modelo digital de elevação com sombreado, iluminação de NW; observar o acentuado controle estrutural no terreno que determina as características geomorfológicas da bacia do rio Itaqui –Campo Largo-PR. Digital elevation model with shading from NW. High structural control in the relief development is evident.



**Figura 5** – Fotos aéreas na escala de 1:25.000 (vôo de 1980 ) com a caracterização das zonas homólogas bem definidas pelo controle estrutural da área. Aerial photographs 1:25.000 (1980 fly) showing homolog zones.

Com base na classificação das zonas homólogas segundo as propriedades e padrões de drenagem são interpretadas algumas características do terreno na área em estudo.

#### 4.2.1. ZONA HOMÓLOGA 1

A drenagem principal ou maior apresenta-se condicionada ao forte padrão de alinhamento para NE. A maioria dos canais de segunda ordem apresenta-se condicionada ao padrão marcante para NW, alguns canais também possuem direção NS. A assimetria forte a média é considerada apenas pela diferença no tamanho dos elementos, ou seja os alinhamentos onde corre a drenagem são menores e mais curtos em relação à zona homóloga II, em face do metamorfismo superimposto. Segundo o mapa geológico (figura 3) e o modelo digital de elevação (figura 4) é possível observar grande quantidade de diques de diabásio cortando os filitos, os quartzitos e mármores.

Para a análise da forma de relevo, os elementos fundamentais para a interpretação morfo-estrutural são as rupturas de declive. Nesta área percebe-se uma densidade de texturas de relevo, considerada média a alta e também é observada uma quebra positiva caracterizada pela forte assimetria da bacia com encosta côncava tendendo a convexa. Os alinhamentos de relevo constituem uma feição bastante saliente com disposição retilínea ou levemente curva. Para a área em estudo estes alinhamentos são identificados nos diques.

Nesta zona homóloga foi caracterizado um padrão de drenagem retangular reticulado, atribuído ao controle estrutural dominante. As falhas e juntas das rochas evidenciam ângulos retos na drenagem de 1ª ordem. Preferencialmente os canais seguem a linha de fraqueza. Estas características indicam substrato de rochas estruturadas do Grupo Açungui.

#### 4.2.2. ZONA HOMÓLOGA 2

A drenagem principal apresenta-se condicionada a forte padrão de alinhamento NE e NS, a partir do centro da bacia onde o rio corre sobre a falha do Itaqui. Observa-se uma quebra negativa por onde corre o canal principal. As drenagens de 2ª ordem descrevem um sentido NW, sendo uma no sentido NS, enquanto as drenagens de 1ª ordem correm preferencialmente no sentido NE.

O padrão de drenagem é assimétrico pois, as camadas sub-horizontais, com mergulho menores de 3°, desenvolvem relevo fortemente assimétrico, acompanhando o declive da zona homóloga. A rede de drenagem apresenta forma bidirecional, com angularidade média, elementos curvos e retilíneos.

Apresenta curvas anômalas, e meandros comprimidos. É importante lembrar que a bacia é uma só, e o canal principal é descrito com suas anomalias e coloca em contato dois domínios morfotectônicos distintos. Sendo de um lado o Grupo Açungui, com relevo montanhoso suave e altitudes maiores, inclinações de vertentes conseqüentemente maiores e do outro lado, a borda da

bacia de Curitiba, composto pela Formação Guabirota, com altitudes menores e inclinações bastante suaves com vertentes tendendo a retilíneas, constituídos por sedimentos compostos por argilitos, arcósios e depósitos rudáceos.

#### 4.2.3. ZONA HOMÓLOGA 3

Neste domínio há apenas alguns grandes alinhamentos que direcionam o rio principal com orientação NE e algumas drenagens secundárias. As drenagens de 1ª ordem seguem orientação NW e EW. A densidade de drenagem é média tendendo a alta, principalmente na área das nascentes onde os canais apresentam um padrão de drenagem paralelo, e uma forte assimetria.

### 4.3 Classificação dos domínios/zonas homólogas

#### 4.3.1. POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (PH)

As medidas de pH foram realizadas em períodos alternados e mais freqüentes que os demais parâmetros. Os valores obtidos nos pontos amostrados variaram entre 6,0 e 7,7 (tabela 1). Já nos poços tubulares presentes na área a variação foi de 6,8 a 8,3.

O pH médio das amostras dos 11 pontos foi de 7,1, entre os mínimo de 6,0 no ponto 1 e o máximo de 7,7 no ponto 11. O ponto 1 é a nascente do rio e apresenta-se pouco preservada, estando localizada dentro de um antigo haras e passando por uma área ocupada por plantações sazonais. Esta área é caracterizada por contatos litológicos, onde o rio percorre parte da formação Guabirota, cuja espessura atinge cerca de 10 a 20 m, sendo esses sedimentos assentados discordantemente sobre rochas metamórficas mais ou menos decompostas e cortadas por diques de diabásio. Águas que drenam áreas de basalto e diabásio apresentam pH entre 6,0 e 7,0.

#### 4.3.2. CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

Foram determinados valores entre 36,6  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e 120 $\mu\text{S}/\text{cm}$  (tabelas 1). Na análise da condutividade pode-se observar um aumento linear da nascente em direção a captação e também o aumento dos STD. Esses valores são característicos para áreas com feições cársticas, como as identificadas na área de estudo.

A condutividade dos poços presentes na bacia variou entre 122 $\mu\text{S}/\text{cm}$  e 291 $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Os pontos que apresentaram maiores índices foram 8, 9, 10 e 11. É interessante lembrar que o aumento da condutividade coincide com o período de entressafra, ou seja, após as colheitas de inverno e o preparo da terra para as culturas de verão deixando exposta grande parte do solo cultivado. O ponto 8 recebe uma carga iônica das áreas agrícolas a montante e o ponto 9 recebe a descarga de efluentes domésticos e industriais, bem como o fluxo contínuo da lavagem do solo nos períodos de chuva. Os pontos 10 e 11 localizam-se no afluente São Caetano, onde a fábrica de Cimento Itambé explora minas de filito.



#### 4.3.3. TURBIDEZ

A água da bacia do rio Itaqui, apresenta valores de turbidez que variam de 6 UNT a 36 UNT (tabela 2 ). Os poços presentes na área de estudo apresentam valores menores que 1 UNT .

Os pontos 2 e ponto 9 apresentam maiores valores de turbidez. No ponto 2 alguns fatores como a ausência total de mata ciliar na margem direita, o solo exposto pelo cultivo agrícola na margem esquerda, a presença de criação de bovinos, ovinos e suínos nesta área concorrem para o aumento da turbidez. Outro fator observável é que a turbidez aumentou ainda mais associada ao aumento da precipitação que provoca uma lavagem da superfície natural carreando os particulados provenientes do solo. É possível observar na tabela 2, que a ocorrência de maior concentração de ferro está no ponto 2, à montante deste ponto estão localizadas as nascentes do rio e parte da área do entorno é usada para plantações sazonais, sofrendo mobilização do solo exposto periodicamente. A presença do ferro tem associação com solos relacionados aos diques de diabásio presentes na região. O ferro está associado ao aumento de turbidez, uma vez que ocorre sobretudo na forma particulada.

#### 4.3.4. TEMPERATURA

A temperatura média do ar na bacia do rio Itaqui no período amostrado foi de 20,8°C enquanto a temperatura média da água do rio foi de 16,1°C. Observou-se que a temperatura da água se eleva muito pouco em relação à elevação da temperatura do ar e atinge a temperatura máxima entre as 11:00 e 12:00 horas do dia. Como o rio em questão apresenta um vale estreito e raso, com cobertura vegetal recobrando o leito em algumas áreas, a alteração da temperatura da água é bastante lenta em relação ao aumento da temperatura do ar (tabela 1).

Os pontos que apresentaram as maiores médias de temperatura da água foram o ponto 9,10 e 11 registrando temperaturas em torno dos 17°C. Nas margens do rio nestes pontos ocorre maior concentração de ocupação desordenada, sem rede ou tratamento de esgoto, onde a descarga de efluentes com oxidação da carga poluente e a temperatura diferente do corpo receptor, contribuem para a alteração da temperatura da mesma.

A menor temperatura da água encontrada, foi no ponto 1, alcançando 12,5°C, medida esta realizada no final do mês de junho, portanto início do inverno.

Pode-se observar na correlação da temperatura com a condutividade que apesar da temperatura da água estar mais elevada, houve uma diminuição na condutividade elétrica. As temperaturas mais elevadas ocorrem nas amostras coletadas no verão onde o nível pluviométrico esteve acima da média para a região, em torno de 152,4 mm.

#### 4.3.5. SILICA

A sílica dissolvida ocorre em quantidades significativas nos pontos 9 e 11 respectivamente 9,8 e 17,5 mg/L. A sua

ocorrência deve-se aos litotipos da área que apresentam dolomitos, quartzitos, filitos e outras rochas silicatadas.

Para águas subterrâneas coletadas em poços tubulares presentes na bacia, o teor de sílica varia de 7,6 mg/L a 14,4mg/L .

#### 4.3.6. BICARBONATO/CARBONATO

O pH abaixo de 7,8 não leva à presença de carbonatos nas águas da bacia do rio Itaqui bem como nos poços tubulares presentes na área. O íon bicarbonato é o íon mais importante, sendo responsável, juntamente com o cálcio e o magnésio, por cerca de 90% da mineralização da água na referida área ocorrendo, segundo Hindi (1999) a mesma característica em todas as bacias estudadas sobre o Grupo Açungui.. Observa-se que a concentração de bicarbonato aumenta de montante para jusante e valores maiores ocorrem nos períodos de maior precipitação (nov/03 e março/04). As concentrações de bicarbonato são maiores no afluente São Caetano e não sofrem alterações nos períodos de maior precipitação. Esta área é geologicamente bastante significativa, pois comporta litologias distintas, sendo que as nascentes do afluente surgem na Formação Furnas, passando sobre o embasamento cristalino e sobre o Grupo Açungui até desaguar no rio Itaqui logo abaixo da captação. Nesta área a concentração de bicarbonato, cálcio e magnésio nos poços tubulares explorados apresenta-se bastante elevada também. Ressalta-se a influência que a dissolução de rochas carbonáticas corresponde também a o aumento do teor de HCO<sub>3</sub> nas águas.

#### 4.3.7. FOSFORO TOTAL

O fósforo total, presente em maior quantidade no ponto 2 (julho/03 e junho/04) no período do inverno, possivelmente é o resultado das adubações utilizadas nas culturas perenes realizadas nas áreas a montante e no entorno do referido ponto. Os efluentes domésticos das residências a montante, próximo ao ponto, têm provável contribuição no aumento da concentração de fosfato pelo uso de detergentes .Portanto, os níveis de concentração estão aumentados pela intensa ocupação apesar de ser um elemento natural constituinte das águas superficiais locais.

#### 4.3.8. CLORETO

As maiores concentrações de cloreto ocorrem no ponto 5 e no ponto 9, aumentando nos períodos de menor precipitação (julho/03 e junho/04).

No ponto 9 ocorre um aumento mais acentuado também do sódio e do nitrato neste mesmo período. Acredita-se que no ponto 5 o aumento do cloreto possa estar associado a ocupação antrópica a montante desta área, em função da criação de animais. O ponto 9 onde é feita a captação da SANEPAR, existe uma ocupação desordenada bem intensa, principalmente nas margens e áreas de várzea.

Em termos gerais, a alteração das concentrações de cloreto justificam-se pela grande quantidade de efluentes domésticos e industriais.

No ponto 11, no rio São Caetano, a concentração de cloreto é menor do que o sódio e ocorre associada a diminuição de nitrato no período amostrado em junho de 2004. O sódio aumenta sua concentração, pois recebe descarga de esgoto nesta região.

#### 4.3.8. CÁLCIO E MAGNÉSIO

Na área em questão, o  $\text{Ca}^{2+}$  é o cátion predominante, com concentrações variando de 3,36 mg/L a 17,7 mg/L. A concentração aumenta da nascente em direção à captação. A maior concentração está no ponto 11, do aflente São Caetano. Os teores de cálcio descritos na análise dos poços tubulares presentes na bacia estão entre 10,27mg/L e 29,42mg/L. e o magnésio varia de 6,3mg/L a 17,67mg/L. A presença do cálcio e do magnésio está relacionada à alteração das rochas dolomíticas bem como do tempo de interação entre a água e a rocha. A presença de argilas montmoriloníticas da Formação Guabirotuba, submetidas à hidrólise monossilática também contribui com o  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{Ca}^{2+}$  presente nas águas.

#### 4.3.9. NITRATO

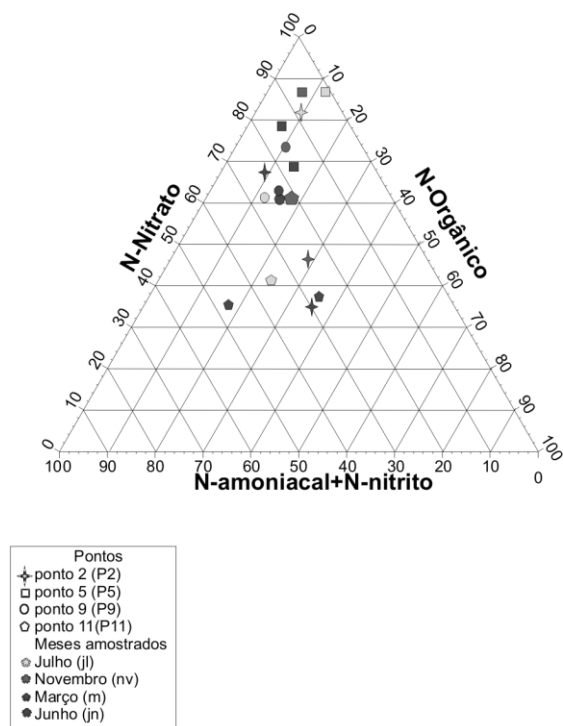
O conteúdo de nitrato das amostras analisadas apresenta-se bastante elevado nos pontos 5 e 9 durante o inverno e primavera, diminuindo consideravelmente no verão. Acredita-se que essa diminuição deve-se ao processo de diluição pelas chuvas e o decréscimo no uso de agroquímicos para as lavouras de época. Neste caso a provável origem do nitrato está associada a efluentes domésticos produzidos na área ocupada desordenadamente no entorno do ponto 9. Este aspecto é coerente com outros indicadores de contaminação por esgoto como cloreto e sódio, os quais ocorrem em altas concentrações e a rejeitos orgânicos nitrogenados provenientes das chácaras com criação de animais existentes acima do ponto amostrado. No diagrama de correlação do nitrogênio dos pontos amostrados (figura 6) observa-se que nos pontos 2 e 11 a ocorrência de nitritos é mais significativa formando um grupo mais isolado no gráfico.

Este fato remete a presença deste nitrito a efluentes recentes associados a área com chácara de criação de pequenos animais e plantações sazonais sendo que no ponto 2 e no ponto 9 a origem se relaciona a ocupação no entorno do rio por um núcleo de habitações que não possuem rede de esgoto. O ponto 9, área da captação da SANEPAR, mantém a concentração constante deste composto durante todo o período amostrado. A presença do nitrato indica contaminação permanente.

#### 4.3.9. ANÁLISE BACTERIOLÓGICA

As maiores concentrações de coliformes fecais e totais ocorreram no período do inverno em todos os pontos amostrados, tendo nos pontos 9 e 11 as maiores concentrações (figura 2). O inverno foi atípico com temperaturas elevadas e pouca chuva, condicionando o confinamento e a maior proliferação das bactérias em áreas

mais atingidas por efluentes domésticos e rejeitos orgânicos. Na primavera houve uma redução considerável nos coliformes fecais, fato este associado ao volume intenso de chuvas ocorrido por aproximadamente 3 dias consecutivos antes da coleta da amostra analisada. A concentração de bactérias na água da bacia do rio Itaqui é bastante variada ao longo do período amostrado inviabilizando a água para diversos usos. A grande causadora desta contaminação é o esgoto "in natura" despejado nas áreas mais afetadas, comprometendo ainda mais a água utilizada para o tratamento e abastecimento do município.



**Figura 6** – Diagrama de correlação do nitrogênio dos pontos amostrados na bacia do rio Itaqui-Campo Largo-PR. Os valores são expressos em % de mg/L. Proportions of Nitrogen species in the waters sampled Itaqui watershed. The values are expressed in % of mg/L.

#### 4.4 Classificação e caracterização hidroquímica

As amostras de água coletadas na bacia do rio Itaqui e os resultados das análises físico-químicas dos poços tubulares presentes na área utilizados nesse trabalho, estão representadas no Diagrama de Durov (figura 7) modificado e no Diagrama de Polígonos (figuras 8)(Bittencourt, 1993). É possível notar a totalidade dos pontos do rio e os poços tubulares produzindo águas bicarbonatadas cálcio-magnesianas. O poço Presser, que se encontra no divisor da bacia apresenta uma concentração de bicarbonato bem menor, pH mais baixo e o sódio mais elevado em relação ao potássio. É possível a correlação com nova litologia, desde que se observe a grande profundidade deste poço. Na área do referido poço encontra-se o Complexo Gnáissico-Migmatítico ou Complexo Atuba cuja composição litológica justifica a caracterização hidroquímica do mesmo. Nesta

mesma área ocorre o aquífero Furnas de onde nasce o afluente São Caetano tendo suas águas classificadas como bicarbonatadas sódicas, cujo teor médio de sódio é de 9,4mg/L.

A comparação da água da bacia com a água dos poços e surgências da área do carste observadas nos polígonos de relações interiônicas (figura 8), denotam semelhanças entre o quimismo destas águas em função das características litológicas da referida bacia. Ou seja, a água do rio Itaqui e as águas do poços tubulares existentes na área da bacia do rio em questão, apresentam a mesma classificação geoquímica. Correlacionando as águas do aquífero cárstico com as águas superficiais percebe-se uma inter-relação, que evidencia o efeito da diluição.

No diagrama de Durov é evidente a existência de 2 grupos distintos de águas (figura 7), a água do rio Itaqui, e a água do afluente São Caetano. No rio Itaqui a variação da concentração do bicarbonato é maior nos períodos de maior precipitação. Essa concentração aumenta da nascente em direção à captação (P9), o que se verifica no diagrama da condutividade apenas ao Diagrama de Durov.

As características geomorfológicas da área do Grupo Açungui nos permitem concluir que a declividade dos afluentes da margem no Açungui são maiores, acentuando o escoamento superficial em direção ao rio principal e sendo responsáveis pela presença de vários elementos presentes na água da bacia. Já o escoamento superficial da margem da Formação Guabirota se intensifica nas áreas desprovidas de vegetação e pelo compactamento do solo argiloso, diminuindo a infiltração e percolação das águas de chuva. O aumento da concentração de bicarbonato à jusante das nascentes representa a contribuição crescente das reações de hidrólise, pela ação do ácido carbônico e pela dissolução das rochas dolomíticas através da passagem da água no subsolo, nas fraturas e diáclases localizados nas diferentes profundidades, produto dos dobramentos e da tectônica da região.

A água do rio Itaqui na maior parte do período amostrado se enquadra como água doce de classe IV, imposta pela alta concentração de coliformes fecais e totais (Brasil,2005).

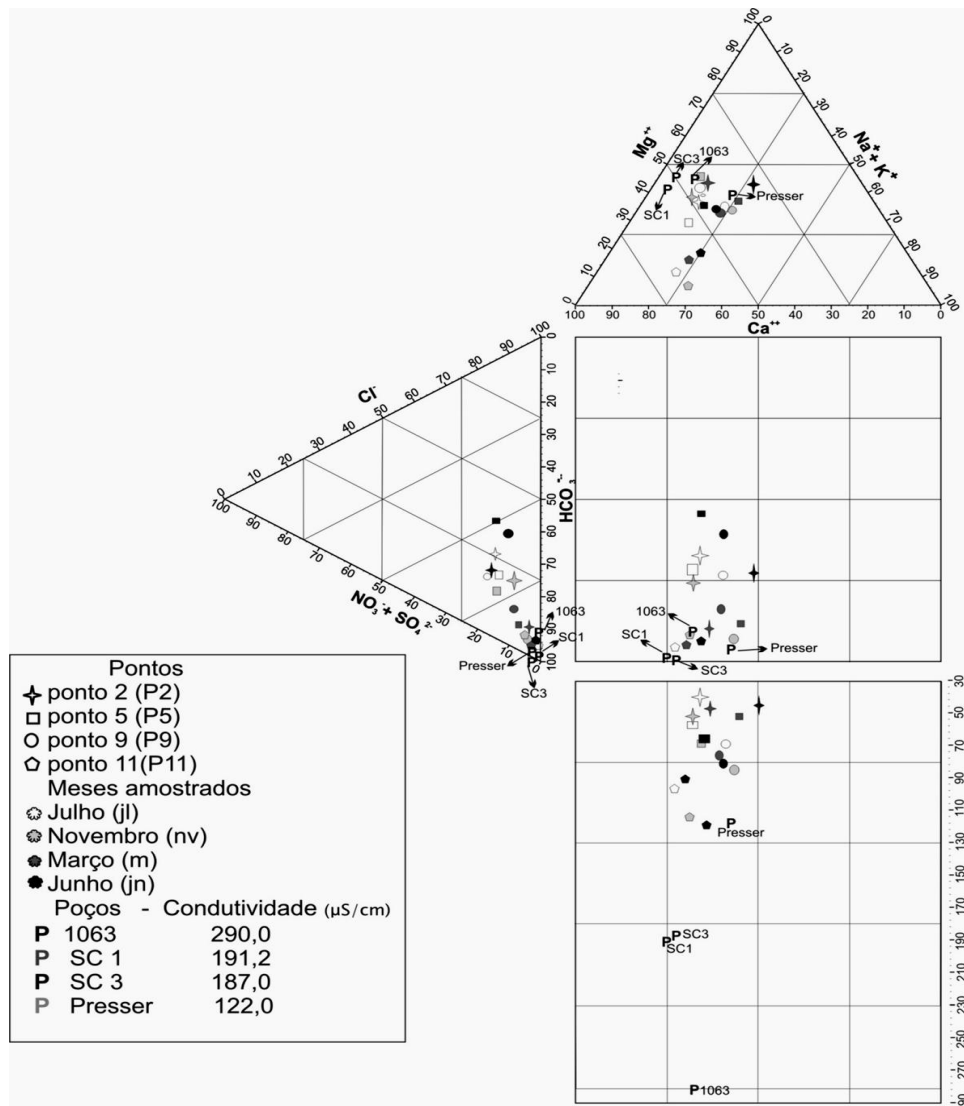
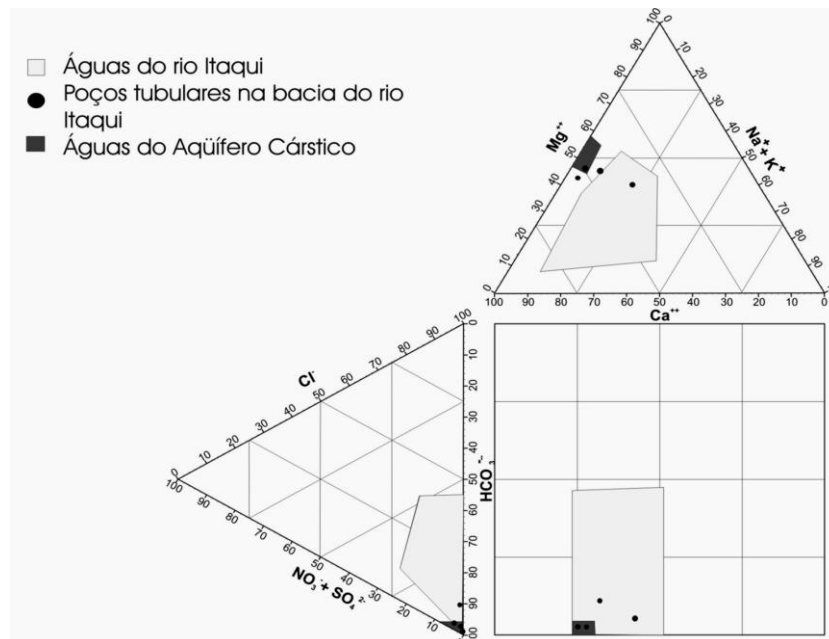


Figura 7 – Diagrama de Durov modificado dos pontos amostrados na bacia do rio Itaqui correlacionado com a condutividade. Modified Durov diagrams showing the hydrochemical composition of Itaqui watershed sampling points. Conductivity values are also introduced in diagram.



**Figura 8** – Situação das águas superficiais e subterrâneas da bacia do rio Itaqui em relação a água do Aquífero Cárstico. Itaqui watershed surface and ground water's chemical status related to Karstic aquifer.

## 5. Conclusão

A bacia do rio Itaqui corresponde a uma bacia de 5ª ordem com uma área de 57,47 Km<sup>2</sup>, incluindo o afluente São Caetano.

A forma da bacia está condicionada às estruturas tectônicas (falhas, fraturas e diques) presentes na área. O rio principal corre no contato entre 2 domínios litológicos distintos, o Grupo Açungui e a Formação Guabirota, o que induziu a forte assimetria da bacia. A rede hidrográfica da bacia do rio Itaqui sofre um notável condicionamento estrutural provocado pelo sistema de falhas NE/SW e NW/SE, cujos lineamentos e dobramentos produzem um empilhamento tectônico com repetição das unidades litoestratigráficas características da área da bacia, facilitando a circulação da água por estas unidades solubilizando-as.

A água da bacia é classificada segundo seus íons dominantes como bicarbonatada cálcio-magnésiana. Tal característica se deve à elevada solubilidade das rochas dolomíticas da área. O caráter parcialmente magnésiano também é coerente com a presença de filitos.

Existem dois tipos distintos de águas através das concentrações de elementos, a água do afluente São Caetano e a água do rio Itaqui. As águas do rio Itaqui apresentam uma tendência de relação cálcio-magnésiana, as do afluente São Caetano se caracterizam por tenderem levemente a uma maior concentração de sódio e potássio em relação ao magnésio, confirmado inclusive pelo aumento de condutividade.

Os parâmetros que refletem alterações pelo uso e ocupação da bacia são o nitrato e o nitrito. As altas concentrações de bactérias coliformes fecais e totais, comprometem a qualidade da água da bacia

principalmente nos pontos 5 e 9, sendo que a água é utilizada para abastecimento público.

As águas produzidas pelos poços tubulares profundos existentes na bacia do rio Itaqui, assentados sobre as rochas da Formação Capiru, são classificadas como bicarbonatada cálcio-magnésianas, semelhantes, portanto, às características químicas das águas superficiais. Observam-se diferenças apenas na concentração dos elementos, sendo esta mais elevada nas águas dos poços. Essa semelhança na tipologia química indica uma comunicação entre os mananciais subterrâneos e de superfície, fato este mais evidente nos litotipos carbonáticos da Formação Capiru.

O aumento da concentração de bicarbonato, cálcio e magnésio ocorre da nascente (P1) em direção à captação da SANEPAR (P9), indicando que a água circula entre as falhas, fraturas e diáclases das diversas unidades litoestratigráficas solubilizando e incorporando os referidos elementos nas águas do rio.

Os estudos e metodologias aplicados com o objetivo de identificar os fatores controladores da qualidade da água da bacia do rio Itaqui, a tipologia química e a inter-relação da água de superfície com a água subterrânea indicam a existência de três regiões distintas dentro dessa bacia definidas pela geomorfologia, pela composição físico-química e pelo uso e ocupação da área.

De acordo com a Resolução CONAMA nº 357/Brasil, 2005 a água do rio Itaqui enquadra-se na classe IV por apresentar coliformes fecais e totais. Essa classe nos permite inferir que a água da bacia pode ser utilizada com menor custo pela empresa de tratamento e para outros fins, caso as áreas de contaminação sejam eliminadas através do controle adequado do uso e ocupação da bacia mesma.

## Referências bibliográficas

- ALMEIDA F.F.M. 1967. Origem e Evolução da Plataforma Brasileira. Boletim DNPM/DGM, 241,36p.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION; WATER ENVIRONMENTAL FEDERATION. 1998. Standard methods for examination of water 20 ed. Baltimore.
- BASEI M.A.S. 1992. Evolução tectônica dos terrenos entre os cinturões Ribeira e Dom Feliciano (PR-SC). Revista Brasileira de Geociências, 22 (2).
- BIGARELLA J.J., Salamuni R. 1962. Caracteres texturais dos sedimentos da Bacia de Curitiba. Boletim Paranaense de Geociências, UFPR, Instituto de Geologia, 7, 1-164.
- BECKER R.D. 1982. Distribuição dos sedimentos cenozóicos na Região Metropolitana de Curitiba e sua relação com estrutura geológica e morfológica regional. Tese (Doutorado), UFRGS, 236p. Porto Alegre.
- BITTENCOURT A.V.L. 1978. Sólidos Hidrotransportados na Bacia do rio Ivaí: Aplicação de balanços hidrogeoquímicos na compreensão da evolução de processos da dinâmica externa. Tese de Doutorado, I.G.USP. 201p. São Paulo.
- BITTENCOURT A.V.L. 1993. Sobre a quantificação do intemperismo na Bacia do rio Piquiri – PR. Boletim Paranaense de Geociências, 41, 35-51.
- BITTENCOURT A.V.L., HINDI E.C. 2001. Tópicos de hidroquímica: Fundamentos para a compreensão da qualidade das águas naturais e avaliação da interferência antrópica. In: CURSO SUDAMERICANO SOBRE EVALUACIÓN Y VULNERABILIDAD DE ACUÍFEROS, 3. Itaipú Binacional/OEA, Asunción.
- BONACIM E.A. 1996. Dinâmica do sistema hidrogeológico cárstico na área de Tranqueira. Dissertação (mestrado). Universidade Federal do Paraná. Curitiba.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 357 de 17 de março de 2005. Estabelece a classificação das águas doces, salobras e salinas no Território Nacional.
- CHAVES-KUS L., Salamuni E. 2003. Análise estatística de dados hidrogeológicos de poços tubulares profundos do município de Curitiba-Paraná. Boletim Paranaense de Geociências, 53, 59-79.
- CHRISTOFOLETTI A. 1974. Geomorfologia. Ed. Universidade. 149p. São Paulo.
- CHRISTOFOLETTI A. 1980. Geomorfologia. Ed. Edgard Blücher Ltda. 2ª ed. São Paulo.
- COMEC. 1984. Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba. Reavaliação do plano de desenvolvimento integrado da Região Metropolitana de Curitiba. 2v. Curitiba.
- COORDENAÇÃO DA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA (COMEC). 1976. Cartas topográficas da RMC, SG-22XD I.3; SG-22XC III 4 e SG22XC IV. Escala 1:50.000 e 1:10.000.
- FIORI A.P. 1992. Tectônica e Estratigrafia do Grupo Açungui – PR. Boletim do Instituto de Geociências. Série Científica, 23, 55 – 74.
- HINDI E.C. 1999. Caracterização Hidroquímica e Hidrogeológica das Fontes Cársticas das Bacias dos Rios Tumiri, Água Comprida, Fervida e das Onças –Colombo – PR. Dissertação de mestrado. Curitiba, UFPR.
- HORTON R.E. 1945. Erosional development of streams and their drainage basin: hydrographical approach to quantitative morphology. Geological Society of American Bulletin, 56 (3), 275 –370.
- IBGE .1992. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Sinopse preliminar do senso demográfico. Rio de Janeiro.
- INSTITUTO DE TERRAS E CARTOGRAFIA (ITC). 1980. Fotos Aéreas 1:25.000 – nº 49976 e 49977. Curitiba-PR.
- MINERAIS DO PARANÁ S/A (MINEROPAR). 1989. Mapa geológico do Estado do Paraná, Escala 1:50.000. Base cartográfica de referência UTM, datum Córrego Alegre. Curitiba.
- MURATORI A. 1966. Nota explicativa da Folha de Campo Largo. Boletim UFPR, Geologia, 4, 29.
- ROSA FILHO E.F., Hindi E.C., Giusti D.A., Nadal C.A. 1998. Utilização das águas subterrâneas no abastecimento público das cidades paranaenses. Boletim Paranaense de Geociências , 46, 13-23.
- SALAMUNI E. 1995. Dobramentos e Redobramentos Superpostos na Porção Sul da Zona de Cisalhamento Lancinha – Cubatão. Boletim Paranaense de Geociências. Curitiba: Editora da UFPR, 43, 135, 149.
- SALAMUNI E., SALAMUNI R., EBERT H.D. 1999. Contribuição à Geologia da Bacia Sedimentar de Curitiba (PR). Boletim Paranaense de Geociências. 47, 123-142.
- SIGA JUNIOR O. 1995. O Complexo Atuba: um cinturão Paleoproterozoico intensamente retrabalhado no Neoproterozoico. Boletim IG-USP, Série Científica, 26, 69-98.
- SOARES P.C., FIORI A.P. 1976. Lógica e sistemática na análise e interpretação de fotografias aéreas em geologia. Not. Geomorfológicas. Campinas, 16 (32), 71.
- SATO R., VILELA E.P. 1999. Relatório geológico da folha de Campo Largo. Trabalho de graduação apresentado ao curso de Geologia na disciplina de mapeamento/ julho.
- STRAHLER A.N. 1952. Dynamic basis of Geomorphology. Geol.Soc.America Bulletin, 63.

Manuscrito ID14273  
 Submetido em agosto de 2005  
 Aceito em julho de 2010