

NARALI MARQUES DA SILVA

**CONTRIBUIÇÃO À GESTÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITAQUI –
CAMPO LARGO/PR**

Dissertação apresentada como requisito à obtenção do grau de Mestre em Geologia Ambiental, Curso de Pós-Graduação em Geologia, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná.

**Orientador: Prof. Dr. André Virmond
Lima Bittencourt**

**Co-orientador: Prof. Dr. Eduardo
Salamuni**

**CURITIBA
2005**

TERMO DE APROVAÇÃO

DEDICATÓRIA

Aos meus pais e
amados filhos

AGRADECIMENTOS

É chegado o momento de realizar esta difícil tarefa!

A tarefa de agradecer, ainda que pareça simples, permite que possamos entender quão pequeno é este ato em relação aos benefícios que recebemos de cada um e de todos para que chegássemos ao desiderato.

A dúvida que nos assalta ao nominarmos cada um dos nossos benfeitores e colaboradores é a do esquecimento involuntário. Por isso, desde já, antes mesmo de agradecermos desejamos nos desculpar se por ventura omitirmos quem quer que seja.

Nosso agradecimento à família Salamuni, em especial àquele que, mesmo em outra dimensão, foi e será sempre o inspirador da minha participação na área da geologia, o Professor Dr. Riad Salamuni, a quem dedico meu respeito e admiração.

Ao professor orientador senhor Dr. André V. L. Bittencourt pela disponibilidade sempre que solicitada para as horas de orientação e inestimável contribuição ao meu desenvolvimento científico.

Ao professor co-orientador senhor Dr. Eduardo Salamuni pela orientação nas incansáveis horas solicitadas para esclarecimento, orientação e estímulo.

A amiga Elma da Promotoria Pública do Meio Ambiente pela indicação e encaminhamento para o IAP do município de Campo Largo.

Ao Prof. Dr. Paulo César Soares que pelas suas características humanas e profissionais fizeram com que eu acreditasse em mim.

À Prefeitura de Campo Largo pelo financiamento das análises físico-químicas realizadas pelo Laboratório de Pesquisas Hidrogeológicas da UFPR e nas pessoas dos Senhores Marcos Kaminski, Gilberto e Ivo pela colaboração nos trabalhos de campo, possibilitando as observações “*in loco*”, sem o qual não seria possível a realização deste trabalho.

A colega do curso de Pós-Graduação Fabiana Gallina pela inestimável colaboração para o desenvolvimento do trabalho.

À SANEPAR (USHG) – Companhia de Saneamento do Paraná – Unidade de Serviços de Hidrogeologia, pelo fornecimento dos dados utilizados.

À MINEROPAR (Minerais do Paraná) pela disponibilização de materiais e dados solicitados.

A professora senhora Dr^a Chisato Oka Fiori pelas orientações na área da geomorfologia.

Às bibliotecárias do Setor de Tecnologia do Centro Politécnico pelo apoio na obtenção do material bibliográfico e em especial à Eliane Maria Stropparo pelas correções e amizade.

Aos funcionários da pós-graduação e do Curso de Geologia especialmente à Sarita pelo apoio e auxílio nas horas de dificuldade.

Aos amigos geógrafos Sandro e Elaine pelas orientações e sugestões e pelas horas dedicadas em nosso auxílio.

Ao professor Dr. Robson Bolzon que me orientou e permitiu a realização do estágio de docência.

Ao professor Eduardo Hindi pelas longas horas de auxílio na realização deste trabalho.

A oportunidade de conhecer e desfrutar da amizade, dedicação e orientação de Rosário Gueréquiz.

A Juliano Enrique Dias na confecção dos mapas desta dissertação e ao auxílio prestado pela colega Cristiane Zimmermann.

A meus pais, pelo apoio eterno e pela dedicação, sem os quais certamente não teria conseguido vencer mais esta etapa.

Aos meus queridos filhos e companheiros desta jornada, pela compreensão nas ausências, pelo apoio e amparo nas horas de desânimo.

Finalmente, agradecemos a Deus pela oportunidade de ampliarmos o nosso conhecimento, buscando meios que permitam melhorar as condições de vida dos seres humanos.

EPÍGRAFE

A incompreensão é, indiscutivelmente, qual as trevas perante a luz; entretanto, se a vocação da claridade nos assinala o íntimo, prossigamos combatendo!

A luz ofuscante produz a cegueira!

Se a chuva alagar indefinidamente o deserto, a pretexto de saciar-lhe a sede, e se o sol queimar o lago, sem medida, com a desculpa de subtrair-lhe o lodo, nunca teremos um clima adequado à produção de utilidades para a vida!

O ferro em brasa, colocado na bigorna, espanta-se e sofre, inconformado; todavia, quando se vê desempenhando importantes funções nos meios de progresso, sorri reconhecidamente para o fogo que o purificou e engrandeceu!

Assim, também, a semente lançada à cova escura chorou pensando no abandono que sofria; mas, germinando, se fez arbusto e depois árvore, respeitada e generosa, abençoando a terra que a isolara em seu seio!

Chico Xavier

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO..... | 1 |
| 1.1 OBJETIVOS..... | 3 |
| 1.1.1 Objetivo Geral..... | 3 |
| 1.1.2 Objetivos Específicos..... | 3 |
| 1.1.3 Hipótese..... | 4 |
| 2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO | 5 |
| 2.1 LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO..... | 5 |
| 2.2 CARACTERIZAÇÃO SÓCIO-ECONÔMICA..... | 7 |
| 2.3 FISIOGRAFIA | 9 |
| 2.3.1 Clima | 9 |
| 2.3.2 Vegetação | 12 |
| 2.3.2.1 Áreas de Preservação Permanente e Reserva Legal | 15 |
| 2.4 SOLOS | 16 |
| 2.5 GEOMORFOLOGIA REGIONAL | 18 |
| 2.6 ANÁLISE DE BACIAS HIDROGRÁFICAS..... | 19 |
| 2.6.1 Controle Morfométrico na Rede de Drenagem..... | 20 |
| 2.6.1.1 Parâmetros Morfométricos Referentes à Análise Linear da Rede de Drenagem | 20 |
| 2.6.1.2 Parâmetros Morfométricos Referentes a Análise Areal da Rede Hidrográfica..... | 22 |
| 2.6.1.3 Parâmetros Altimétricos Referentes a Análise Hipsométrica da Rede Hidrográfica | 24 |
| 2.7 GEOLOGIA REGIONAL..... | 25 |
| 2.7.1 Aspectos Gerais | 25 |
| 2.7.2 Evolução Geológica..... | 26 |
| 2.7.3 Contexto Geológico Regional..... | 27 |
| 2.7.3.1 Litoestratigrafia e Aspectos estruturais..... | 27 |
| 2.7.3.2 Embasamento Complexo Atuba | 30 |
| 2.7.3.3 Formação Guabirotuba..... | 31 |
| 2.7.3.4 Formação Furnas | 33 |
| 2.7.3.5. Ambiente Depositional | 33 |
| 2.7.3.6. Depósitos Aluvionares Holocênicos | 34 |
| 2.7.3.7 Evolução morfo-geológica pós Formação Guabirotuba | 35 |
| 2.8. HIDROGEOLOGIA E HIDROQUÍMICA..... | 36 |
| 2.8.1 Sistemas Aquíferos | 37 |
| 2.8.1.1 Aquífero Fraturado | 37 |
| 2.8.1.2 Aquífero Furnas | 38 |
| 2.8.1.3 Aquífero Cárstico..... | 39 |
| 2.8.1.4 Aquífero Guabirotuba | 39 |
| 3 . MATERIAIS E MÉTODOS | 42 |
| 3.1 OBTENÇÃO DOS DADOS | 42 |
| 3.2 MATERIAIS. | 42 |

| | |
|--|-----|
| 3.3 MÉTODOS..... | 43 |
| 3.3.1 Descrição da área dos pontos amostrados..... | 47 |
| 3.3.2 Dados dos poços tubulares presentes..... | 48 |
| 3.4 CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DOS AQUÍFEROS PRESENTES NA ÁREA DE ESTUDO..... | 53 |
| 3.4.1 Análise dos parâmetros físico-químicos e bacteriológicos..... | 55 |
| 3.4.2 Parâmetros físico-químicos | 56 |
| 3.5 CLASSIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO HIDROQUÍMICA..... | 62 |
| 4 . RESULTADOS E DISCUSSÕES DOS DADOS | 65 |
| 4.1 GEOMORFOLOGIA DA ÁREA DE ESTUDO..... | 65 |
| 4.1.1 Análise morfométrica da bacia do rio Itaqui | 66 |
| 4.2 CLASSIFICAÇÃO DOS DOMÍNIOS/ZONAS HOMÓLOGAS..... | 69 |
| 4.2.1 Zona Homóloga 1 | 70 |
| 4.2.2 Zona Homóloga 2..... | 71 |
| 4.2.3 Zona Homóloga 3..... | 72 |
| 4.3 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS | 76 |
| 4.3.1 Parâmetros físicos | 77 |
| 4.3.2 Parâmetros químicos | 80 |
| 4.4 CLASSIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO HIDROQUÍMICA | 87 |
| 5. CONCLUSÃO | 97 |
| 6. RECOMENDAÇÕES | 101 |
| REFERÊNCIAS | 102 |
| ANEXOS | 109 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| FIGURA 01 – LOCALIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITAQUI (TERÇO SUPERIOR) – CAMPO LARGO – PR | 06 |
| FIGURA 02 – GRÁFICO DE PRECIPITAÇÃO MENSAL DE 2003 | 11 |
| FIGURA 03 – GRÁFICO DE PRECIPITAÇÃO MENSAL 2004..... | 11 |
| FIGURA 04 – MODELO DIGITAL DE ELEVAÇÃO (EM ANEXO)..... | |
| FIGURA 05 – FOTOGRAFIA AÉREA COM ZONAS HOMÓLOGAS (EM ANEXO) | |
| FIGURA 06 – DIAGRAMA DE DUROV MODIFICADO DOS PONTOS AMOSTRADOS NA BACIA DO RIO ITAQUI CORRELACIONANDO COM A CONDUTIVIDADE..... | 89 |
| FIGURA 07 – SITUAÇÃO DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS DA BACIA DO RIO ITAQUI EM RELAÇÃO À ÁGUA DO AQUÍFERO CÁRSTICO | 90 |
| FIGURA 08 – DIAGRAMA DE CORRELAÇÃO DO NITROGÊNIO DOS PONTOS AMOSTRADOS NA BACIA DO RIO ITAQUI | 84 |
| FIGURA 09 – DIAGRAMA DE STIFF DOS PONTOS AMOSTRADOS E DOS POÇOS DA ÁREA DA BACIA DO RIO ITAQUI – CAMPO LARGO –PR | 91 |

LISTA DE FOTOS

| | |
|--|----|
| FOTO 01 – AFLORAMENTO NAS PROXIMIDADES DA NASCENTE DO RIO ITAQUI (P1)..... | 73 |
| FOTO 02 – PLANÍCIE ALUVIONAR DO RIO ITAQUI NO PONTO 2 (P2).... | 73 |
| FOTO 03 – AFLORAMENTO DO MORRO DE FILITO PRÓXIMO AO PONTO 2 (P2)..... | 74 |
| FOTO 04 – AFLORAMENTO PRÓXIMO AO PONTO 5 (P5) | 74 |
| FOTO 05 – AFLORAMENTO DESCRITO NO PONTO 5 (P5)..... | 75 |
| FOTO 06 – AFLORAMENTO DESCRITO NO PONTO 11 (P11)..... | 75 |

ANEXO
LISTA DOS MAPAS

| | |
|---|-----|
| MAPA 01 – LOCALIZAÇÃO DA BACIA DO RIO ITAQUI – CAMPO LARGO – PR..... | 108 |
| MAPA 02 – USO E COBERTURA DO SOLO DA BACIA DO RIO ITAQUI – CAMPO LARGO-PR..... | 109 |
| MAPA 03 – UNIDADES DE MAPEAMENTO DOS SOLOS DA BACIA DO RIO ITAQUI – CAMPO LARGO – | 110 |
| MAPA 04 - DECLIVIDADE DA BACIA DO RIO ITAQUI – CAMPO LARGO- PR..... | 111 |
| MAPA 05 – HIERARQUIA HIDROGRÁFICA DA BACIA DO RIO ITAQUI– CAMPO LARGO-PR..... | 112 |
| MAPA 06 – GEOLOGIA DA BACIA DO RIO ITAQUI – CAMPO LARGO – PR | 113 |
| MAPA 07 – LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM DA BACIA DO RIO ITAQUI – CAMPO LARGO – PR..... | 114 |
| MAPA 08 – LOCALIZAÇÃO DOS POÇOS TUBULARES PROFUNDOS NA ÁREA DA BACIA DO RIO ITAQUI – CAMPO LARGO – PR..... | 115 |
| MAPA 09 – COMPARTIMENTAÇÃO DA BACIA DO RIO ITAQUI CONFORME CRITÉRIOS HIDROGEOQUÍMICOS, USO E OCUPAÇÃO | 116 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| TABELA 01 – PRECIPITAÇÃO ANUAL NA ESTAÇÃO ITAQUI | 10 |
| TABELA 02 – PARÂMETROS ANALISADOS E MÉTODOS ANALÍTICOS... | 45 |
| TABELA 03 – DADOS DOS POÇOS TUBULARES PROFUNDOS..... | 49 |
| TABELA 04 – ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DOS POÇOS TUBULARES PROFUNDOS..... | 52 |
| TABELA 05 – CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS –DUREZA | 58 |
| TABELA 06 – CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, LINEAR, ESPACIAL E HIPSOMÉTRICA DA BACIA DO RIO ITAQUI – CAMPO LARGO – PR | 68 |
| TABELA 07 – CLASSIFICAÇÃO SEGUNDO AS PROPRIEDADES E PADRÕES DE DRENAGEM | 70 |
| TABELA 08 – DADOS HIDROQUÍMICOS DOS 11 PONTOS AMOSTRADOS NA BACIA DO RIO ITAQUI – CAMPO LARGO – PR | 79 |
| TABELA 09 – ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DOS 4 PONTOS AMOSTRADOS NA BACIA DO RIO ITAQUI – CAMPO LARGO - PR..... | 85 |
| TABELA 10 – PERDA DAS ESPÉCIES EM SOLUÇÃO (t/ano) NA BACIA DO RIO ITAQUI – CAMPO LARGO - PR..... | 95 |
| TABELA 11 – CLASSIFICAÇÃO DA ÁGUA DA BACIA DO RIO ITAQUI SEGUNDO CONAMA – 03/2005 | 96 |

LISTA DE SIGLAS

SANEPAR – Companhia de Saneamento do Paraná
USHG – Unidade de Serviços de Hidrogeologia
APA – Área de Proteção Ambiental
CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente
RMC – Região Metropolitana de Curitiba
EMBRAPA – Empresa Brasileira de Agro-Pecuária
COMEC – Coordenação Metropolitana de Curitiba
ENGEFOTO – Engenharia e Aerofotolevanteamento
LPH – Laboratório de Pesquisas Hidrogeológicas
DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio
OD – Oxigênio Dissolvido
UFPR – Universidade Federal do Paraná
SUDERHSA – Superintendência de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental

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 km². 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 Guabirota 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, anfibolitos e gnaisses-granitos. O Grupo Açungui é representado pela Formação Capirú composta pelos mármores dolomíticos, sericita-filitos, mica-quartzito e filitos cauliniticos brancos. Diques de diabásio dispõem-se direcionados para NW/SE. A Formação Guabirota 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 Guabirota. 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_3^- , Mg^{2+} e Ca^{2+} marca o controle do quimismo das águas pela mineralogia do substrato litológico. A solubilização dos litotipos da bacia foi avaliada no período estudado através da descarga de Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Cl^- , NO_3^- , PO_4^- e SiO_2 que corresponde a uma perda de massa total de aproximadamente 3,8 t/ano. 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^- , NO_3^- 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. Os parâmetros que enquadram o rio na classe III durante todo o período amostrado foram o Ferro e a concentração de coliformes totais (tabela 09).

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

ABSTRACT

1. INTRODUÇÃO

No início do terceiro milênio, o Brasil, enfrenta o dilema de ter que se desenvolver e ao mesmo tempo preservar o meio ambiente. A água tornou-se o melhor paradigma deste dilema, pois cada vez mais a urbanização toma conta dos mananciais e se produzem resíduos, sejam sólidos, líquidos ou gasosos, que de alguma forma retorna aos recursos hídricos, alterando sua qualidade (MOTTA,1997).

O desenvolvimento econômico e social de uma comunidade depende do abastecimento de água em quantidades e qualidade capazes de satisfazer suas necessidades alimentares, higiênicas e econômicas. A deterioração da qualidade da água dos mananciais ou a sua insuficiência para atender as demandas locais, faz com que se procure pontos de captação cada vez mais afastados dos centros consumidores.

Atualmente, o abastecimento da Região Metropolitana de Curitiba (RMC), é feito pela captação de água de vários rios, como, o rio Passaúna, Irai, Itaqui, e outros pertencentes à bacia do Alto Iguaçu. Em alguns locais, onde o contexto hidrogeológico em ambiente cárstico é favorável, o abastecimento por mananciais subterrâneos também é considerável.

A bacia hidrográfica do rio Itaqui representa, de forma bastante expressiva, este dilema dos dias atuais e a área delimitada para o estudo corresponde ao terço superior desta bacia incluindo o afluente São Caetano. O afluente São Caetano não é englobado pela área da 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 acessado por alguns poços tubulares presentes nesta área. Em função dos litotipos presentes nesta área sugere-se possível relação com a água do aquífero carste. A litologia é bastante característica e variada em relação a área do rio principal. Na área do afluente São Caetano se localiza a Companhia de Cimento Itambé, uma unidade minero-industrial de grande porte. 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 650 m³/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).

O manancial do rio Itaqui deve ser constantemente avaliado quanto aos seus aspectos físicos qualitativos e quantitativos para que se possa monitorar o estado de degradação em que se encontra e assim verificar a qualidade da água, a fim de que sejam asseguradas as ações de manejo com maior eficácia.

A característica fundamental de uma bacia hidrográfica é o dinamismo e inter-relacionamento dos seus entes formadores, representados pelas suas características geológicas, climáticas, geomorfológicas, pedológicas, hidroquímicas e bióticas. A preservação das condições naturais deste sistema está diretamente associada à sua condição de estabilidade ambiental mínima.

O interesse em realizar um estudo geológico ambiental utilizando a área representada por esta bacia hidrográfica é justificado pela importância que a mesma representa para o abastecimento público e uso agrícola da comunidade local.

Outro fator relevante é o fato de que a bacia do rio Itaqui está situada entre duas APAS Lei nº 6902, (27 de abril de 1981) da região de Curitiba. Ao norte a APA (Área de Proteção Ambiental) Estadual do Passaúna e mais ao sul a APA Estadual da Escarpa Devoniana.

A área em questão vem sofrendo alterações, direta ou indiretamente, envolvendo atividades antrópicas tais como a prática agrícola, a criação de animais em minifúndios, a exploração de minas de calcário junto a principal via de acesso ao bairro de Bateias, a ocupação por indústrias de maior porte, como a fábrica de cimento ITAMBÉ, fábrica de porcelanas SCHMIDT, olarias, granjas e posto de gasolina.

A prática agrícola predominante na região é a de culturas sazonais preferencialmente milho, feijão, batata e soja, as quais não adotam as práticas conservacionistas elementares, resultando em grandes áreas expostas de solo.

Observa-se também sobre a área de drenagem, o crescimento de malha urbana, o aumento da ocupação desordenada e a instalação de pequenas indústrias.

O processo de ocupação de uma bacia hidrográfica, invariavelmente, põe em risco a manutenção de uma cobertura vegetal mínima adequada para proporcionar o usufruto dos benefícios indiretos que a vegetação original oferece, principalmente quanto à manutenção da qualidade natural das águas para abastecimento público, e a minimização dos efeitos destruidores causados pelas enchentes. Outros fatores como a contaminação das águas por agrotóxicos, contaminação por resíduos de metais pesados das tintas usadas na pintura de porcelanas, efluentes diversos, das 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.

Isto posto, justifica-se a necessidade de um estudo que determine quais os fatores naturais e antrópicos que estão influenciando na alteração da qualidade da água da bacia do rio Itaqui, projetando-se o conhecimento prévio de suas características naturais em função da influência dos aspectos geológicos e hidrogeológicos locais.

1.1 .OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Estudar a bacia do rio Itaqui nos vários aspectos do seu meio físico, fundamentalmente a água, com o fornecimento de subsídios para o seu gerenciamento através do conhecimento de fatores controladores da qualidade da água.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Identificar a influência das unidades carbonáticas do Grupo Açungui nas águas da bacia do rio Itaqui.

- Caracterizar os fatores físicos naturais (estruturas geológicas, rede de drenagem, vegetação, litologia, clima) que influenciam as características da água da bacia do rio Itaqui.

- Determinar o comportamento das variáveis físico-químicas (pH, T, dureza, alcalinidade, condutividade, sólidos totais, OD, DBO, DQO, Na^+ , K^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} , HCO_3^- , CO_3^{-2} , SO_4^{-2} , Cl^- , PO_4^{-3} , NO_3^- , NO_2^- , F^- , N total, sílica, Turbidez, coliformes fecais e totais, Alumínio, Bário, Chumbo, Cobre Manganês e Zinco) durante os períodos sazonais em função da natureza do uso e ocupação do solo.

- Analisar a relação da composição da água dos poços tubulares profundos existentes na área da bacia em função das formações geológicas, para comparação das suas características hidroquímicas com as águas superficiais.

-Produzir mapa temático relativo à atuação dos fatores identificados como controladores do quimismo das águas da bacia do rio Itaqui.

-Determinar possíveis fontes antrópicas de contaminantes do rio.

1.1.3 Hipótese

A identificação dos fatores controladores da qualidade da água, bem como a identificação da tipologia química, podem dar subsídios para a caracterização da influência das unidades carbonáticas do Grupo Açungui, nas águas da bacia do rio Itaqui.

2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

2.1 LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO

O rio Itaqui tem suas nascentes situadas na localidade de Bateias próximo à estrada do Cerne. O seu curso percorre parte do Município de Campo Largo no sentido norte-sul, atravessa a BR 277 e segue em direção ao Município de Balsa Nova onde deságua no rio Iguaçu. Sua bacia está posicionada na direção NE/SW e localiza-se a oeste do Município de Curitiba, entre as latitudes $25^{\circ}29'27,38''$ S e $25^{\circ}21'44,27''$ S e longitude $49^{\circ}41'17,27''$ W e $49^{\circ}28,60''$ W. Em face da amplitude desta bacia, a área estudada restringiu-se ao terço superior da bacia do rio Itaqui, que coincide com a fração a montante do ponto de captação, englobada pela Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR (figura 01 e mapa 01). O acesso à área se faz pela BR-277, sentido Ponta Grossa, até o viaduto da Rondinha, onde se segue em sentido a avenida TRITEC em direção à localidade de Bateias. A área da captação da SANEPAR está localizada na BR-277 bairro do Itaqui, ao lado da fábrica de porcelanas Germer.

FIGURA 01 - LOCALIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITAQUI - CAMPO LARGO - PR



Região Metropolitana de Curitiba



2.2 CARACTERIZAÇÃO SÓCIO-ECONÔMICA

Os municípios de Campo Largo e Balsa Nova estão localizados sobre o Primeiro Planalto Paranaense ou Planalto de Curitiba e pertencem à Região Metropolitana de Curitiba (RMC).

O Município de Campo Largo está localizado entre as coordenadas 25°27'34"S e 49°31'40" W, numa altitude de 956 m. A extensão territorial é de 1.192 Km², com uma população de 91.521 habitantes, dos quais 72.650 habitantes residem na área urbana. O Município é considerado a capital da Louça e da Cerâmica por sediar importantes empresas do setor. É relevante considerar ainda que o Plano Diretor do Município estabelece uma das suas zonas industriais sobre a porção da várzea próxima do ponto de captação (mapa 02 – em anexo).

Segundo IBGE,1992 o setor de serviços representa a maior parcela do PIB municipal, com 53,60%, seguido pela indústria, com 40,69% e agropecuária com 5,71%. Sobre a área de estudo, os principais produtos agrosilvipastoris são a batata, cultivada nas safras das águas e da seca, e o milho, cujo plantio se estende de setembro, período preferencial, a novembro/dezembro. Neste caso, seguido ao cultivo de batata ou feijão. Entre as olerícolas, destaca-se ainda a produção da cebola, embora com expressão bem menor que a cultura da batata. As poucas glebas de pastagem observadas na área da bacia se apresentam em bom estado de manutenção e manejo. As culturas olerícolas merecem destaque especial no planejamento ambiental, pois demandam preparo esmerado do solo, tornando-o susceptível à erosão e a compactação subsuperficial, e fazem uso de grandes volumes de fertilizantes e agrotóxicos, acentuando os riscos de contaminação da água de superfície e do freático. Segundo EMBRAPA (Empresa Brasileira de Agropecuária, 1995), estima-se que a agricultura contribua com 43% da carga de nitrogênio, 41% do fósforo e grande quantidade de potássio da carga escoada por um rio.

No setor da educação o número de matrículas na rede pública e particular de ensino, está em torno de 19.050, sendo 16.920 no ensino fundamental e 2.130 no ensino médio (IBGE,1992).

A tendência dos grupos familiares é de contar no máximo com 5 membros (2 progenitores e 3 filhos), perfazendo aproximadamente (46,15 %) do total, cuja renda familiar é dividida em agricultura (53,84%) e atividade externa (46,16%) (IBGE,1992).

Dadas as características da distribuição fundiária da bacia do Itaqui, a maioria das propriedades se constitui em minifúndios que pertencem às famílias a mais de 20 anos em sua maioria, 48,46% e somente 15,38% das propriedades pertencem a seus respectivos donos a menos de 5 anos em uso recorrente da terra. A maioria das propriedades tem pelo menos 1 alqueire e a mão de obra que leva adiante as atividades de trabalho agrícola é familiar (IBGE,1992).

Quanto ao saneamento, não há, a rigor, tratamento e controle da qualidade e sanidade da água de poços cacimba os quais abastecem a maioria das residências.

Apenas 30,79% das residências utilizam poços e água encanada. O esgoto produzido não recebe tratamento adequado, sendo que 92,30% das residências fazem uso de fossas negras.

O lixo doméstico é em sua maioria coletado pela Prefeitura (61,53%) havendo casos freqüentes de queima e enterramento do lixo produzido individualmente.

Quanto à produtividade das propriedades constata-se que há uma preocupação quanto à fertilidade e conservação dos solos, porém de forma inadequada, já que não conta com a assistência de um profissional habilitado para tanto. Assim, tal preocupação se manifesta mais em práticas inadequadas.

A análise química e física das propriedades do solo não é uma prática que conta com a adesão maciça, somente 7,70% a realizam em intervalo de tempo de 2 anos. Já a aplicação de calcário é quase unânime, mas apesar disto não conta com recomendação técnica adequada.

2.3 FISIOGRAFIA

Nesse item é apresentada descrição das características fisioclimáticas do Primeiro Planalto Paranaense, região onde está inserida a área de interesse deste estudo.

2.3.1 Clima

De uma forma geral, é aceito pela comunidade científica que o clima e a cobertura vegetal de uma região coexistem num estado de equilíbrio dinâmico. A alteração desse equilíbrio é determinada por complexas interações que ocorrem na atmosfera e na interface dessa com a superfície terrestre. A classificação ou delimitação de zonas climáticas leva em conta fatores relacionados às estações de iluminação, temperatura e pluviosidade durante o ano.

MAACK (1968), utilizando os parâmetros de delimitações meteorológicas, apresentados por KOEPPEN (1918) elaborou, inicialmente, um mapa climático para o Estado do Paraná. Esse mapa foi redefinido por outros pesquisadores, através da interpretação e avaliação de séries temporais hidrometeorológicas mais abrangentes. Assim, foi possível ser melhor quantificada a variabilidade natural do ciclo hidrológico.

A área estudada encontra-se sob a influência do tipo climático **Cfb**, conforme classificação de KOEPPEN, definido como subtropical úmido mesotérmico, com verões frescos e ausência de estações secas. Com verão quente, apresenta temperaturas médias acima de 22° C e os invernos com temperatura média abaixo de 18° C, com ocorrência de geadas noturnas severas e freqüentes (MAACK,1981).

A região apresenta, de acordo com as Cartas Climáticas da Região Metropolitana de Curitiba –COMEC (Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba,1984), características de zona temperada sempre úmida, com mais de cinco geadas anuais e 400 a 500 horas de frio por ano. A temperatura apresenta uma forte regularidade, sendo a média anual de 17°C e a umidade relativa do ar fica em torno dos 80%. A variação de direção dos ventos, mostra uma predominância de leste para oeste, seguidos de sudoeste para noroeste. As precipitações pluviométricas

ocorrem em todos os meses do ano, demonstrando uma razoável disponibilidade hídrica, chegando a um total médio de 1.887,9 mm, no período compreendido entre 1985 e 1999, sendo janeiro o mês mais chuvoso e agosto o mais seco. Pode-se observar na tabela 1 os valores de precipitação anuais desde 1990 até 2004, que os índices pluviométricos diminuíram a partir de 1997 na área de estudo. Comparando-se a precipitação entre os dois anos de pesquisa pode-se confirmar a observação realizada entre os anos de 1985 e 1999 (figura 02 e 03). Conforme SUDERHSA (Superintendência de Recursos Hídricos e Meio Ambiente,1998) a precipitação da área registrada através da estação Itaqui apresenta as seguintes características:

- média anual de precipitação entre 1400 à 1500 mm;
- médias de precipitação nas estações;
- primavera: 400mm;
- verão : 450 à 500 mm;
- outono : 300 à 350 mm;
- inverno : 200 à 300 mm.

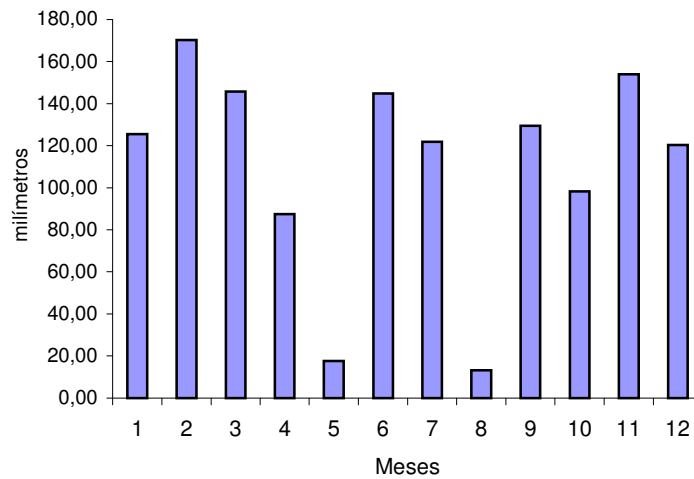
A SUDERHSA mantém uma estação pluviométrica denominada Itaqui, localizada no Município de Balsa Nova, código DNAEE 2549019. Os dados de precipitação anual desde 1992 são apresentados na tabela 1, a seguir:

TABELA 1- PRECIPITAÇÃO ANUAL NA ESTAÇÃO ITAQUI

| | PRECIPITAÇÃO (mm/ano) | ANO | PRECIPITAÇÃO (mm/ano) |
|------|--------------------------|------|--------------------------|
| 1990 | 1424,3 | 1998 | 2194,5 |
| 1991 | 1218,1 | 1999 | 1181,7 |
| 1992 | 1579,8 | 2000 | 1478,0 |
| 1993 | 1787,7 | 2001 | 1827,2 |
| 1994 | 1423,3 | 2002 | 1410,5 |
| 1995 | 1903,2 | 2003 | 1419,6 |
| 1996 | 1834,6 | 2004 | 1312,8 |
| 1997 | 1896,8 | | |

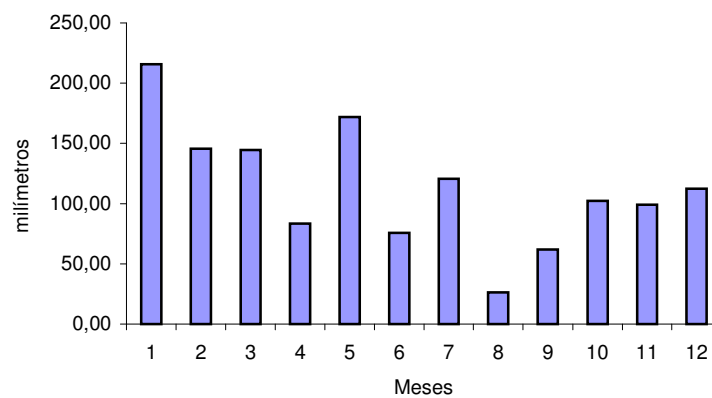
FONTE : SUDERHSA (2002 e 2004)

FIGURA 02 – GRÁFICO DE VALORES DE PRECIPITAÇÃO MENSAL DE 2003 EM (mm) NA ESTAÇÃO ITAQUI -DNAEE 2549019



FONTE: SUDERHSA (2003)

FIGURA 03 –GRÁFICO DE VALORES DE PRECIPITAÇÃO MENSAL DE 2004 EM (mm) NA ESTAÇÃO ITAQUI – DNAEE 2549019



FONTE: SUDERHSA (2004)

2.3.2 Vegetação

A cobertura vegetal da área estudada está inserida no domínio de ocorrência da Floresta Ombrófila Mista, também denominada de Floresta de Araucária, Mata de Araucária, Pinheirais, Pinhais entre outros.

De acordo com Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE,1992), esta formação florestal se subdivide em quatro formações diferentes – Aluvial, Submontana Montana e Alto-montana, conforme a altitude, o que reflete na composição florística de cada unidade. A área pesquisada localiza-se na formação Montana, encontrada na faixa altitudinal entre 400 e 1000m.

Originalmente nesta formação vegetacional, o pinheiro-do-Paraná (*Araucária angustifolia*) era a espécie caracterizadora, formando uma cobertura arbórea superior que chegava a atingir cerca de 30m de altura. Associados ao pinheiro destacavam-se as espécies de Lauráceae (canelas), principalmente a imbuia (*Ocotea porosa*) e o sassafrás (*Ocotea pretiosa*), que formavam uma densa cobertura arbórea por sob as copas dos pinheiros. Ocorriam nessa formação a sapopema (*Sloanea lasiocoma*), os tapiás (*Alchomea sidifolia* e *A triplinervia*), a bracatinga (*Mimosa scabrella*), a canela-fogo (*Cryptocarya aschersoniana*), a canela-sebo (*Ocotea puberula*), a canela-imbuia (*Nectandra megapotamica*), o cedro (*Cedrela fissilis*), o pinho-bravo (*podocarpus lamberti*), a erva-mate (*Ilex paraguariensis*) e a gabirobeira (*Campomanesia xanthocarpa*).

A vegetação dessa região, conforme relato de KLEIN e HATSCHBACH (1962), encontrava-se, na época, completamente modificada, ocorrendo o predomínio das florestas de bracatinga, sendo este fato bastante perceptível no local. Já o IBGE (1992), ressalta a substituição dos grandes agrupamentos gregários pelas monoculturas de soja e trigo, intercaladas, fato que explica o lento, mas constante desaparecimento de *Araucária angustifolia* que na década de 80 não apresentava mais expressão fitogeográfica e econômica.

Atualmente a área estudada é constituída basicamente por vegetação secundária, áreas agrícolas e vegetação introduzida, com a vegetação secundária

comportando cinco fisionomias distintas: campo, capoeira, capoeirão, florestas de bracinga menos desenvolvidas e mais desenvolvidas.

Nas cristas de morros, ocorre um tipo de vegetação diferenciada, onde foi removida a vegetação natural e secundária para exploração agrícola. Essa vegetação é constituída por campos, com predomínio de gramíneas baixas e pequenos arbustos, sendo ao mais comuns denominados de vassourinha e carqueja.

Ao longo do leito do rio Itaqui e em alguns trechos de afluentes (córregos), pode-se observar árvores e arbustos formando a pseudo-mata de galeria, com guabiroba, carova, camboatá, aroeira, pimenteira. Enquanto que, em algumas planícies aluvionares, a vegetação dominante é formada por espécies de gramíneas de brejo e alguns capões de mata.

Em vários pontos da área, observam-se zonas de pastagens e campos de cultivo, em sistemas de roça.

Os campos são assim denominados pelo predomínio de vegetação herbácea, caracterizado por áreas abertas bastante degradadas que ocorrem, em geral, próximo a áreas urbanizadas. Predominam nessa formação diversas espécies de capins (Poaceae), tais como: *Andropogon virgatus*, *A. leucostachyus*, *Brachiaria spp.*, *Imperata brasiliensis*, *Paspalum notatum*, e compostas (Asteraceae), *Seneceio brasiliensis*, *Bidens pilosa*, *Eupatorium spp.*, *Solidago microglossa*. Nos locais mais úmidos aparecem grupamentos de erva-de-bicho (*Polygonum spp.*) e trapoeraba (*Commelina sp.*). Juntamente a essas espécies herbáceas ocorrem, esporadicamente, espécies arbustivas e arbóreas, principalmente as vassouras (*Baccharis spp.* e *Vernonia sp.*), a aroeira (*Schinus terebinthifolius*), o pinho-bravo (*Podocarpus lamberti*).

As capoeiras ou capoeirinhas ocorrem em locais alterados, onde foi retirada a vegetação para fins agropecuários, principalmente, conforme o tempo em que esta foi abandonada após sua utilização. Com o desenvolvimento desta associação, em um período de 3 a 10 anos de pousio, surgem as espécies de porte arbustivo que irão compor as capoeiras, onde predominam as vassouras (*Baccharis dracunculifolia*, *B. uncinella*, *B. caparaefolia*, *B. semiserrata*), a uvarana (*Cordyline dracaenoides*), a aroeira (*Schinus terebinthifolius*), a carova (*Jacarandá puberula*),

as capororocas (*Rapanea ferrugines* e *R. umbellata*), o fumo-bravo (*Solanum granulo-leprosum*), o vacum (*Allophyllus edulis*), o pinho-bravo (*Podocarpus lamberti*), a bracatinga (*Mimosa scabrella*), a taquara (*Merosthachis sp.*). Entremeadas a estas aparecem espécies arbóreas ainda em estado jovem, como a carne-de-vaca (*Chletra scabra*), o ariticum-preto (*Rollini rugulosa*), as guassatungas (*Caseria obliqua* e *C. sylvestris*), a guabioba (*Campomanesia xanthocarpa*), o bugreiro (*Lythaea brasiliensis*), a mamica-de-porca (*Zanthoxylum rhoifolium*), o leiteiro (*Sapium glandulatum*). Estas formações, de até 5 m de altura, apresentam indivíduos com diâmetros, na sua maior parte, menores que 5 cm; esporadicamente os indivíduos maiores alcançam até 20 cm, encontrando-se no estágio inicial definido pela Resolução n°2 do CONAMA (1994), para o Estado do Paraná.

A partir dos 10-15 anos inicia-se o desenvolvimento dos estágios médio e avançado (Resolução n°2 do CONAMA), também denominados popularmente de capoeirão. A floresta apresenta alturas entre 7 e 15m e dois ou três estágios definidos, a maior parte das árvores apresentam classes diamétricas entre 5 e 20cm; esporadicamente alguns indivíduos alcançam entre 20 e 40cm de diâmetro.

A ocorrência de epífitas é esporádica e quando ocorrem são representadas pelas famílias Polypodiaceae, Araceae e Orquidaceae.

Na bacia do rio Itaquí as matas de bracatingas (*Mimosa scabrella*) podem ser divididas de acordo com seu grau de desenvolvimento, denominados bracatingais, que constituem grupamentos quase puros, formando uma cobertura superior densa, desenvolvendo no seu interior as espécies características das capoeiras e capoeirões. Essa formação origina-se através da utilização de queimadas, onde essa surge espontaneamente após a ação do fogo. No interior desses grupamentos, conforme o tempo decorrido após a queima, o processo sucessional continua, aparecendo espontaneamente no seu interior às espécies ocorrentes no estágio inicial de sucessão (campos e capoeiras), citada anteriormente. Pode-se observar estes estágios de formações em algumas áreas mais preservadas pelos proprietários.

Outro elemento presente atualmente na área da bacia é o reflorestamento com Pinus e Eucalipto característico de vegetação introduzida.

De acordo com KLEIN (1962), a floresta de bracatinga se encontra dispersa por praticamente toda a área de pinhais devastados no planalto sul-brasileiro, formando densos agrupamentos, dentro dos quais surgem outras espécies lenhosas. Estas são de fumo-bravo (*Solanum erianthum*), a aroeira (*Schinus terenbinthifolius*), a capororoca (*Rapanea ferruginea*), o vacunzeiro (*Allophylus edulis*), a caroba (*Jacarandá puberula*), o cafeeiro-do-mato (*Casearia sylvestris*), o camboatá (*Cupania vernalis*) e o Miguel-pintado (*Matayba elaeagnoides*).

Estudos revelaram que o crescimento da bracatinga, tanto em área basal, como em volume declina a partir de doze anos de idade, mostrando que, pelo aparecimento do sub-bosque, o povoamento natural passa por intenso processo sucessional, (KLEIN,1962).

As espécies mais freqüentes encontradas no sub-bosque do bracatingal são o vassourão (*Vernonia discolor*), a quina-louca (*Capsicum sp.*), o vassourão-branco (*Piptocarpha angustifolia*), a covetinga (*Solanum erianthum*), a canela-sebo (*Ocotea puberula*), a caroba (*Jacarandá puberula*), o guarapera (*Lamanonia speciosa*), a varova (*Prunus brasiliensis*) e a aroeira (*Schinus terenbinthifolius*).

Nos estágios sucessionais mais evoluídos dos bracatingais, observa-se freqüentemente a predominância da canela-guaicá (*Ocotea puberula*).

2.3.2.1 Áreas de Preservação Permanente e Reserva Legal

Quanto à conservação da cobertura florestal, conforme determina o Código Florestal Brasileiro (1965), observa-se que os rios da margem esquerda da bacia encontram-se desprovidos de proteção florestal em vários trechos. O restante da área, mais precisamente a margem direita, está relativamente dentro dos parâmetros no que se refere às áreas de preservação permanente (entorno dos rios/sangas, nascentes e áreas com declividade superior a 100%). Contudo a maioria da cobertura florestal é composta por mata secundária em estágio de regeneração, havendo necessidade de recomposição em alguns pontos e manutenção da cobertura para que haja um maior desenvolvimento arbóreo e diversificado. Os problemas maiores estão no entorno das nascentes (cabeceira) e na parte da bacia com maior declividade, onde ocorre filito e é agricultável e/ou ocorrem pastagens em

áreas indicadas para a preservação. Em alguns locais de preservação permanente constata-se a ocorrência de depósitos de lixo irregulares.

Observa-se na área de estudo que quanto às áreas de Reserva Legal (20% da propriedade, conforme Código Florestal), não há o cumprimento da legislação para a maioria das propriedades.

2.4 SOLOS

Os solos são formados em decorrência da ação do intemperismo nas rochas, associada às características climáticas e geomorfológicas regionais. O clima controla o intemperismo de maneira direta através da temperatura e da precipitação e, de forma indireta, por meio da vegetação que recobre o terreno.

Na referida área de estudo o substrato geológico condiciona a formação de solos do tipo podzólico e cambissolos (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, 1984). Predominam os solos podzólicos associados a latossolos, com textura argilosa e bem drenados (Empresa de Engenharia e Aerofotolevantamento - ENGEFOTO, 2000).

Nas áreas de relevo mais movimentado ocorrem solos do tipo Cambissolo, especialmente nas nascentes.

Cambissolo compreende solos não hidromórficos, com horizonte B câmbico. São solos com certo grau de evolução, porém, não o suficiente para meteorizar completamente minerais primários de fácil intemperização, como feldspatos, micas, horblendas, augitas e outros; não possuem acumulação significativa de óxidos de ferro, húmus e argilas, que permitam identifica-los como B textural ou B podzol. Muitas vezes apresentam características similares aos solos com horizonte B latossólico, mas diferenciam-se por serem menos evoluídos, menos profundos, ainda com minerais primários de fácil intemperização, ou pela atividade da argila, que apesar de variar de alta a baixa, geralmente é superior a dos Latossolos, ou pela presença de minerais amorfos, como alofana e outros na fração argila, ou pelos teores de silte mais elevados, relação silte/argila mais elevada e coloração mais pálida ou pela distribuição da argila ao longo do perfil.

Dentro da classe dos Latossolos, estão compreendidos os solos não hidromórficos, que apresentam B latossólico, da classificação americana atual.

Na área de estudo segundo EMBRAPA (1984), as unidades que ocorrem em maior abrangência são LVA1, CA1-CA3, PVA2, RA1-RA2, e HOA ,podem ser visualizadas no mapa 3 – Unidades de Mapeamento de Solos da Bacia do Rio Itaqui e estão descritas abaixo:

LVA1- Associação LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico + CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico substrato sedimentos Pleistocênicos, ambos A proeminente textura argilosa fase campo subtropical relevo ondulado e suave ondulado.

CA1 – Associação CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico A proeminente textura argilosa relevo ondulado substrato Filitos+ ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Tb Distrófico textura média/argilosa relevo forte ondulado.

CA3 – CAMBISSOLO HÁPLICO Tb distrófico A proeminente textura argilosa fase campo subtropical relevo suave ondulado substrato sedimentos Pleistocênicos.

Pva2 – ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Tb Distrófico textura média/argilosa relevo ondulado e forte ondulado.

Ra1 – Associação SOLOS LITÓLICOS ÁLICOS A proeminente textura média fase campo subtropical relevo suave ondulado e ondulado substrato arenitos + AFLORAMENTOS DE ROCHA (arenitos).

Ra2 – SOLOS LITÓLOCOS ÁLICOS A proemeinente textura média fase campo subtropical relevo montanhoso substrato arenitos.

HOA – GLEISSOLOS Indiscriminados textura argilosa fase campo e floresta subtropical de várzea relevo plano.

Na bacia é notável a estreita relação entre tipos de solos e as características litotípicas e estruturais.

A maioria dos solos da região de estudo são caracterizados pela pouca profundidade. A cor dominante é avermelhada, com variações de cinza, amarelado e vermelho arrouxeado.

Os solos formados a partir da decomposição de diques de diabásio são profundos, muito argilosos, bem drenados, classificados como terra roxa estruturada, que por sua vez são semelhantes aos solos derivados de calcário e argilitos que

originam a coloração roxa-avermelhada, em função da lixiviação dos carbonatos e concentração dos óxidos de ferro. Os solos derivados de rochas filitosas, xistosas, migmatíticas e gnáissicas, possuem profundidade média de 1,5m, preservando características da rocha original como por exemplo, micas, quartzo e caulim. São chamados solos podzolizados. A coloração varia em tons avermelhados.

Os quartzitos e metacherts originam solos arenosos, pouco espessos, coloração clara avermelhada, geralmente incorporando grânulos da rocha original, classificando-se como litossolo. Nas regiões mais baixas, ocorrem os depósitos aluvionares, onde se desenvolvem solos hidromórficos, caracterizados pelo excesso de umidade. São solos férteis de maior profundidade (2 a 3m).

De um modo geral as regiões de topografia mais acidentadas possuem solos menos espessos que as de relevo suave.

2.5 GEOMORFOLOGIA REGIONAL

O relevo do Estado do Paraná é profundamente marcado por lineamentos orográficos e traços de drenagens, representado por uma série de planaltos. Esse caráter fisiográfico é originado por movimentos tectônicos e epirogênicos (Atlas do Estado do Paraná, 1987).

Este relevo é caracterizado pelo predomínio de um conjunto de planaltos, que se elevam em altitudes de até mais de 1000 metros sobre o nível do mar, decrescendo a altitudes inferiores a 300 metros na direção oeste. De leste para oeste, após a Planície Litorânea e a Serra do Mar, ocorre uma sucessão de três planaltos separados por dois conjuntos de escarpas, o primeiro planalto ou planalto de Curitiba, o segundo planalto ou planalto de Ponta Grossa e o terceiro planalto ou planalto de “trapp” do Paraná ou de Guarapuava (Atlas do Estado do Paraná, 1987).

Do ponto de vista morfo-estrutural, o relevo do território paranaense participa de dois grandes domínios do relevo brasileiro: a Borda Cristalina e a Bacia Sedimentar do Paraná.

O Território paranaense pode ser dividido em cinco zonas de paisagens naturais, baseando-se na posição das escarpas, vales, rios e divisores de água, assim como no caráter fisiográfico unitário da paisagem dentro dos seus limites

naturais: o Litoral, a Serra do Mar, o Primeiro Planalto ou de Curitiba, o Segundo Planalto ou de Ponta Grossa e o Terceiro Planalto ou Planalto de “trapp” do Paraná ou ainda de Guarapuava (Atlas do Estado do Paraná, 1987).

O Primeiro Planalto Paranaense pode ser dividido em três sub-zonas: o Planalto de Curitiba ao sul, a Zona Montanhosa do Açungui ao norte e o Planalto do Maracanã, a noroeste. A porção norte do Primeiro Planalto é separada da porção sul pelos divisores de águas das bacias do Iguaçu e do Ribeira. O relevo montanhoso desenvolve-se orientado por uma sucessão de espigões alongados e vales em “V” profundos. A porção sul do Primeiro Planalto é caracterizada pela presença de relevo colinoso e pode ser dividida em duas sub-zonas distintas. Uma exhibe aspecto de “mar de morros”, relacionada às rochas migmatíticas. A outra exhibe colinas mais alongadas, com topos mais suaves (Atlas do Estado do Paraná, 1987).

A compartimentação geomorfológica regional, dentro do quadro paisagístico do Estado, na qual está inserida a área de pesquisa, apresenta várias formas de relevos individualizadas que integram unidades maiores pertencentes ao Primeiro Planalto Paranaense de MAACK, (1968).

2.6 ANÁLISE DE BACIAS HIDROGRÁFICAS

Os estudos relacionados às drenagens fluviais são fundamentais no estudo da Geomorfologia e a análise da rede hidrográfica pode levar à compreensão e à elucidação de numerosas questões geomorfológicas, posto que cursos de água constituem um processo morfogenético dos mais ativos na esculturação da paisagem terrestre (CHRISTOFOLLETTI, 1980).

A hierarquia fluvial consiste no processo de se estabelecer a classificação de determinado curso de água (ou da área drenada que lhe pertence) no conjunto total da bacia hidrográfica na qual se encontra. Isso é realizado com a função de facilitar e tornar mais objetivo os estudos morfométricos (análise linear, areal e hipsométrica) sobre as bacias hidrográficas (mapa 05 em anexo).

2.6.1 Controle Morfométrico na Rede de Drenagem

Conforme CHRISTOFOLETTI (1980) a análise morfométrica das bacias hidrográficas caracteriza-se como um importante meio para definir os estágios de desenvolvimento das redes de drenagem. Quando as redes estão equilibradas, surgem bacias perfeitamente adaptadas às suas condições ambientais, e a morfologia regional pode ser considerada como consequência direta das adaptações do sistema de drenagem.

A análise morfométrica de bacias hidrográficas inicia-se pela ordenação dos canais fluviais, com a finalidade de estabelecer a hierarquia fluvial cuja metodologia adotada foi a de STRAHLER (1952). A partir de então, analisa-se os aspectos lineares, areais e hipsométricos.

A análise morfométrica da drenagem da área considerada envolveu medidas relativas aos segmentos de drenagem, importantes por possibilitar a quantificação e comparação dos dados.

2.6.1.1 Na análise Linear, são englobados índices e relações a propósito da rede hidrográfica, cujas medições necessárias são efetuadas ao longo das linhas de escoamento (CHRISTOFOLETTI,1980). Os índices desta categoria são:

A - RELAÇÃO DE BIFURCAÇÃO – Rb

Definida por HORTON, (1945), como sendo a relação entre o número total de canais de uma certa ordem e o número total dos de ordem imediatamente superior, ou seja, adiciona que “*a relação de bifurcação geralmente é constante para todas as ordens de rios em uma bacia*”. Acatando-se o sistema de ordenação de Strahler (1952), onde o resultado nunca poderá ser inferior a 02 (CHRISTOFOLETTI,1980).

Através da fórmula:

$$Rb = Nu / Nu+1$$

Onde, Rb é a relação de bifurcação; Nu é o número de segmentos de determinada ordem e, Nu+1 número de segmentos de ordem imediatamente superior.

B – RELAÇÃO ENTRE O COMPRIMENTO MÉDIO DOS CANAIS DE CADA ORDEM – Lm

$$Lm = Lu/Nu$$

Sendo, RLm a relação entre os comprimentos médios dos canais; Lu o comprimento dos canais de determinada ordem e Nu , o número de segmentos encontrados na respectiva ordem.

HORTON (1945), citado por CRHISTOFOLETTI (1974), expressou a Lei com Comprimentos Médios dos Canais:

“Em uma bacia determinada, os comprimentos médios dos canais de cada ordem ordenam-se segundo uma série geométrica direta, cujo primeiro termo é o comprimento médio dos canais de primeira ordem, e a razão é a relação entre os comprimentos médios”.

C – RELAÇÃO ENTRE O ÍNDICE DO COMPRIMENTO MÉDIO DOS CANAIS E O ÍNDICE DE BIFURCAÇÃO

Segundo HORTON (1945) esta relação é um importante fator na própria relação entre a composição da drenagem e o desenvolvimento fisiográfico das bacias hidrográficas. Isso porque se a relação entre o comprimento médio e índice de bifurcação forem iguais, o tamanho médio dos canais crescerá ou diminuirá na mesma proporção. Caso não sejam iguais, o que é mais comum, o tamanho dos canais poderá diminuir ou aumentar progressivamente com a elevação da ordem dos canais, pois são os “fatores hidrológicos, morfológicos e geológicos que determinam o último grau do desenvolvimento da drenagem em determinada bacia”.

A fórmula para calculá-la é expressa por :

$$Rlb = Rlm/Rb$$

D – COMPRIMENTO DO RIO PRINCIPAL

Para CHRISTOFOLETTI (1980), é a distância da foz até a nascente.

E – EXTENSÃO DO PERCURSO SUPERFICIAL

Representa a distância média percorrida pelas enxurradas entre o interflúvio e o canal permanente, correspondendo a uma das variáveis independentes mais importantes que afeta tanto o desenvolvimento hidrológico como o fisiográfico das bacias de drenagem. É calculado da seguinte maneira:

$$Eps = 1 / 2.Dd$$

2.6.1.2 Parâmetros morfométricos referentes a análise areal da rede hidrográfica.

Relação da bacia de drenagem com medidas lineares e espaciais, proporcionando, em duas dimensões, comparações, no que concerne à forma, área e suas inter-relações.

Em tais parâmetros, conforme cita CHRISTOFOLETTI (1974) estão englobados vários índices sendo obtidos através de medições lineares e planimétricas.

A – ÁREA DA BACIA – A

É toda a área drenada pelo conjunto do sistema fluvial, fornecida em m² ou km². A área da bacia do rio Itaqui é de 57,47 Km² (CHRISTOFOLETTI,1974).

B – FORMA DA BACIA – Ff

É a relação entre a largura média e o comprimento da bacia.

$$Ff = A/L^2 \text{ sendo, } 57,47 / (11,903^2) = 0,40 \text{ Km/Km}$$

Sendo, Ff o fator forma; A área da bacia e, L o comprimento do eixo.

Caso o resultado seja 1,0 a forma da bacia será mais arredondada, causando maior probabilidade de enchentes, pois choverá em toda a bacia. Caso o resultado seja inferior a 1,0 a forma será mais alongada, reduzindo desta forma a probabilidade de enchentes repentinas.

C- DENSIDADE DE RIOS – Dr

A fórmula para calcular;

$$DR = N/A \text{ sendo, } 401/57,47 = 6,98 \text{ rios/Km}^2$$

Onde, Dr é a densidade de rios; N é o número de nascentes e A, é a área da bacia.

Considera-se as nascentes dos rios. Relação entre as nascentes e a área da bacia. Representando o comportamento hidrográfico da bacia, em um dos seus aspectos fundamentais que é a capacidade de gerar novos cursos d'água.

D- DENSIDADE DE DRENAGEM – Dd

Representa o comprimento total dos canais ou rios com a área da bacia hidrográfica, contudo para calcular o comprimento devem ser medidos tanto os rios perenes quanto os rios intermitentes.

A densidade de drenagem foi primeiramente proposta por HORTON (1945) e adaptada por FREITAS (1952), podendo a mesma ser calculada a partir da seguinte fórmula:

$$Dd = L/A$$

Sendo que Dd é a densidade de drenagem; L o comprimento total dos rios ou canais de 1ª ordem, A é a área da bacia considerada.

Representa o grau de dissecação topográfica. Quando há uma densidade de drenagem baixa, a presença de rios é menor, devido aos solos serem mais permeáveis, ocorrendo o predomínio da infiltração sobre o escoamento superficial.

Quando a densidade de drenagem é mais alta, há maior número de rios, devido aos solos serem mais impermeáveis, vindo a ocorrer o predomínio do escoamento superficial sobre a infiltração.

E – COEFICIENTE DE MANUTENÇÃO – Cm

Definido por SCHUMM (1956), o índice do coeficiente de manutenção representa uma medida de textura, semelhante à densidade de drenagem. O referido índice tem a finalidade de fornecer a área mínima necessária para a manutenção de um metro de canal de escoamento permanente.

Calcula-se a partir da seguinte fórmula:

$$C_m = 1/D_d \times 1000$$

C_m é o coeficiente de manutenção, expresso em m^2/m ; D_d é a densidade de drenagem, expressa em metros.

F – DENSIDADE DE SEGMENTOS DA BACIA - F_s

Quantidade de segmentos existentes em determinada área da bacia hidrográfica por unidade de área.

$$\Sigma = 1^a + 2^a + 3^a + 4^a + 5^a / A = \text{segmentos por área.}$$

2.6.1.3 – Parâmetros altimétricos referentes a análise hipsométrica da rede hidrográfica segundo STRAHLER (1952).

Estabelece a relação da bacia nos planos horizontal e vertical, dando uma idéia tridimensional, daí a sua importância.

A – AMPLITUDE ALTIMÉTRICA MÁXIMA DA BACIA – H_m

Refere-se à diferença altimétrica entre a altitude da foz e a altitude do ponto mais alto do divisor topográfico (nascente).

B – RELAÇÃO DE RELEVO – R_r

Refere-se a relação entre a amplitude altimétrica máxima e a maior extensão da bacia, medida paralelamente ao rio principal.

Sendo $R_r = H_m/L_b$

Sendo R_r a relação de relevo; H_m a amplitude topográfica máxima e L_b o comprimento da bacia.

C –INDICE DE RUGOSIDADE – Ir

Declividade e comprimento das vertentes com a densidade de drenagem.

Sendo $I_r = H_x \cdot D_d$, I_r

I_r é o índice de rugosidade; H a amplitude altimétrica e D_d a densidade de drenagem.

Resultados altos, indica vertentes íngremes e longas podendo acontecer também em áreas com alta densidade de drenagem e baixa amplitude altimétrica, serem tão rugosas quanto áreas com baixa densidade de drenagem e alta amplitude.

2.7 Geologia Regional

2.7.1 Aspectos gerais

Em termos geológicos, a bacia do rio Itaqui situa-se no Primeiro Planalto do Escudo 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 Guabirota e aluviões recentes.

Dentro da área de estudo o embasamento é composto por grande variedade litotípica atribuída ao chamado Domínio Curitiba (BASEI et al., 1992) ou Complexo Atuba, segundo SIGA JR. et al. (1996). Assentado sobre o Complexo Atuba, encontra-se a Formação Capiru (Grupo Açungui) que cobre aproximadamente 20% da área em questão. Sobre essa unidade encontram-se os sedimentos da Formação Guabirota recoberto em torno de 45% da referida área, bem como uma pequena parte da Formação Furnas (3,4%). O restante da área esta recoberta pelos sedimentos recentes da várzea do rio Itaqui (FIORI,1987).

Neste capítulo será dada ênfase aos aspetos estruturais e litoestratigráficos. A integração desses aspectos com informações sobre a hidrogeoquímica da bacia,

aliadas às características físico-químicas dos poços tubulares profundos encontrados na mesma, permitirão caracterizar a interferência das unidades carbonáticas do Grupo Açungui na água deste manancial.

2.7.2 Evolução Geológica

Antes da formação da depressão e/ou calha da Bacia de Curitiba havia, provavelmente, naquela área uma extensa planície dos sedimentos da Bacia do Paraná que já haviam sido removidos, resultando na exposição de rochas do embasamento, denominada de Superfície Alto Iguaçu. O soergimento deste sítio geológico foi conseqüência de eventos epirogenéticos da crosta seguidos da tectônica de distensão iniciados ainda no Mesozóico (BIGARELLA et al.,1961).

A superfície de aplainamento implantada nos sedimentos Paleozóicos da Bacia do Paraná foi denominada de Superfície Purunã (BIGARELLA et al.,op.cit.). Além dos movimentos epirogenéticos em escala continental houve a concorrência do arqueamento de Ponta Grossa, associado a intenso fraturamento de direção NW-SE.

Durante o início da ruptura separação gondwânica e a concorrência de uma tafrogênese iniciando o processo “rift” da Serra do Mar, já havia uma estruturação bem definida. Este foi marcado por zonas de cisalhamento dúctil-rúptil variando entre NE-SW e ENE-WSW herdadas do embasamento e descontinuidades rúpteis NW – SE herdadas da tectônica Mesozóica durante a reativação Wealdeniana (ALMEIDA,1967).

Os processos intempéricos que estavam ocorrendo na área promoveram a geração de regolitos e modelaram a morfologia, cuja arquitetura desenhava um amplo vale. As encostas eram provavelmente assimétricas e base descontínua, cortadas por pequenas elevações diferenciais, que poderiam ser precursoras das depressões, que posteriormente, serviriam como depocentros locais da bacia (ALMEIDA,1967).

Além da tectônica distensional, iniciando um processo que promoveu um embaciamento local, um intenso levantamento epirogenético da região, associado

ao arqueamento de Ponta Grossa, também concorre para a aceleração do dissecamento e a exposição do embasamento (BIGARELLA et al., 1961).

A Bacia de Curitiba apresenta estruturação caracterizada pela articulação dos blocos de falha e dos alinhamentos estruturais, tanto no embasamento quanto nos sedimentos que preenchem a calha. A análise destes alinhamentos e descontinuidades, revelou um regime tectônico transtensional, o qual modela geometricamente toda a bacia, além de condicionar a paleogeografia e conseqüentemente o modelo sedimentar estratigráfico local (SALAMUNI, 1998).

2.7.3 Contexto Geológico Regional

2.7.3.1 Litoestratigrafia e aspectos estruturais

Segundo FIORI et al.(1987), destacam-se na presente área de estudo quatro conjuntos litoestratigráficos distintos, que podem ser observados no mapa 6. O Complexo Pré-Setuva é o mais antigo, sendo constituído por gnaisses e migmatitos, aflorantes no antiforme do Setuva e no núcleo Betara. O Grupo Setuva ocorre em pequenas porções locais e é constituído por quartzitos, carbonatos, metacherts e formações ferríferas. O Grupo Açungui é o mais extenso de todos, constituídos por metassedimentos de baixo grau metamórfico agrupados nas Formações Capiru e Votuverava, enquanto que o quarto conjunto é representado por litologias pouco ou não metamorfasadas da Formação Camarinha.

Granitos e diques de diabásio ocorrem de forma esparsa pela área.

Três principais fases de deformação são reconhecidas no Grupo Açungui. A mais antiga está ligada à tectônica de cavalgamento, originando diversas estruturas planares e lineares; a segunda relaciona-se a um dobramento aparentemente cônico, não regularmente desenvolvido na área, enquanto que a terceira relaciona-se à tectônica transcorrente, que originou a Falha da Lancinha e uma série de estruturas secundárias associadas (FIORI,1987).

A primeira fase é responsável por um intrincado embricamento das litologias Açungui, causado por um sistema de falhas de cavalgamento. As principais falhas desse sistema são as do Morro Grande, Almirante Tamandaré, de Tranqueira, da

Boa Vista, do Antiforme do Setuva e do Betara, 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, e como consequência desse tipo de tectonismo, tem-se a formação de uma estratigrafia original do Grupo Açungui. O modelo estrutural que melhor explica esse empilhamento é o do duplex (FIORI, 1987).

As falhas de cavalgamento constituem importante estrutura associada à primeira fase de deformação, sendo passíveis de cartografia. Podem ser identificadas em fotos aéreas pelo truncamento de camadas, principalmente de quartzitos e pelo traçado algo sinuoso. No campo caracterizam-se por uma intensificação da deformação e algumas, pela presença da foliação S2, disposta paralelamente ao seu traçado nas fotos aéreas.

A segunda fase de deformação da área é caracterizada por um generalizado dobramento de S0 e S1.

A terceira fase de deformação está ligada ao sistema de transcorrência que afetou o Pré-Cambriano paranaense, e cuja expressão maior na área estudada é a Falha da Lancinha, que a cruza de nordeste a sudoeste. Destacam-se diversas falhas associadas à principal, como as Falhas do Cerne, do Cal e do Mato. Outras menores de direção noroeste também se relacionam à esse sistema, sendo consideradas como falhas antitéticas (FIORI, 1987).

No campo, a Falha da Lancinha caracteriza-se pela presença de rochas bastante fraturadas, com atitudes variáveis e aspecto anastomosado, contorcido. A lenticularização de litologias é feição típica ao longo de um traçado, sendo esse fenômeno melhor evidenciado por camadas mais rígidas embutidas em camadas mais plásticas. As lentes podem variar desde dimensões centimétricas a métricas como vistas em afloramentos, até dimensões quilométricas como observado em mapa geológico.

Segundo FIORI (1985 a,b e c) e FIORI (1987) a Falha da Lancinha é o reflexo no Grupo Açungui de uma importante falha transcorrente do embasamento do Grupo Açungui – provavelmente a Falha de Cubatão. Esse importante lineamento que se estende ao lineamento além Paraíba, tem cerca de 830 Km de extensão,

prolongando-se para o Paraná via lineamento Lancinha, onde até a borda da Bacia do Paraná tem mais de 150Km de extensão.

Para a área em questão conforme dados levantados por FIORI et al.,(1987) conclui-se que a área sofreu os eventos deformacionais, sendo caracterizada uma primeira fase (F1) isoclinal e, uma segunda fase (F2), aberta, possivelmente assimétrica.

O Grupo Açungui é composto por um conjunto de rochas metasedimentares de baixo grau metamórfico. Engloba as Formações Capiru e Votuverava (BIGARELLA e SALAMUNI,1956,1958).

Segundo os autores op.cit., à Formação Capiru são atribuídas todas as rochas metasedimentares situadas a sul da Falha da Lancinha, enquanto que à Formação Votuverava são atribuídos todos os metasedimentos situados imediatamente a norte da mesma falha. Na primeira, os principais litotipos são mármore dolomíticos, filitos e quartzitos, enquanto que na segunda, predominam mármore calcíticos, metasedimentos síltico-argilosos, filitos, quartzitos e mais raramente metaconglomerados. As diferenças mais importantes entre essas duas formações estão nos mármore, calcíticos na Formação Capiru e nos metasedimentos síltico argilosos avermelhados, geralmente com aspecto de ritmitos, típicos da Formação Votuverava. Filitos carbonosos escuros, intercamados com filitos caulínicos brancos parecem ser típicos da Formação Capiru, enquanto que metaconglomerados parecem ser mais abundantes e típicos na Formação Votuverava.

Como feição marcante, todos os tipos litológicos apresentam-se fortemente lenticularizados tanto a nível de afloramento como em mapas.

Diversos corpos graníticos ocorrem na área, como o granito Três Córregos, Piedade, do Cerne, Chacrinha, Passa Três e Pula Sapo. Dentro da área, o maior de todos é o Granito do Cerne, com uma área aflorante de cerca de 45 Km² e de forma elipsoidal, com seu eixo maior direcionado para nordeste. Acha-se intrudido em uma dobra escalonada antiformal associada à Lancinha, e sua porção sul é truncada pela Falha do Cerne.

Os diques de diabásio, tidos como de idade mesozóica, dispõem-se direcionados para NW/SE. Apresentam-se com larguras variáveis, geralmente de

granulometria média e mais raramente grosseira. Quando muito alterados podem ser distinguidos das encaixantes pela sua típica forma esferoidal de alteração.

2.7.3.2 Embasamento – Complexo Atuba

O embasamento é formado essencialmente por migmatitos, porém ocorrem diversos outros tipos litológicos tais como paragneisses, localizados por BIGARELLA e SALAMUNI (1959) a oeste, nordeste e norte da bacia; além de quartzitos, quartzoxistos, mica-xistos, anfíbolitos e gnaisses-granitos descritos por FUCK et al., (1967), BATOLA Jr. et al., (1981) caracterizaram granulitos nesta unidade que também encontram-se migmatizados e com sinais de retrometamorfismo.

O embasamento na área de estudo encontra-se mais aflorante na região do afluente São Caetano (área da ITAMBÉ) e no resto da bacia está sob o Grupo Açungui e recoberto pela Formação Guabirotuba (mapa 06).

O embasamento é composto por grande variedade litológica atribuída ao Complexo Atuba (SIGA JR *et al.*, 1996). São inúmeros corpos interdigitados, cujos contatos geralmente são marcados por zonas de cisalhamento de alto ângulo de regime essencialmente rúptil-dúctil a dúctil, direções médias entre NE-SW e E-W.

De acordo com BASEI et al., (1992), os terrenos que formam o embasamento da Bacia de Curitiba, principalmente na sua porção sul são formados por gnaisses bandados diferenciados, migmatizados, cujas características petrológicas permitem separá-los em : a) gnaisses com melanossoma formado por biotita anfíbio-gnaisse e leucossoma cuja composição é tonalito-gradiorítica e b) gnaisses graníticos bandados com presença restrita de biotita.

Além dos gnaisses são observados remobilizados róseos, pegmatitos, quartzo feldspáticos de natureza discordante. Também são encontrados corpos graníticos maiores anatéticos. Este complexo é considerado como Arqueano a Proterozóico Inferior, porém a presença de rochas geradas em ciclos tectono-metamórficos mais recentes é freqüente, inclusive com remobilização no Ciclo Brasileiro. BASEI et al. (op.cit) e SIGA JR. et al.(op. cit.), apontam idades de migmatização inicial no

Paleoproterozóico (2000 +- 200 Ma) e remigmatização no Neoproterozóico (600 +- 20 Ma.) quando as isothermas alcançaram temperaturas superiores a 500°C.

SOARES (1987) considerou o Complexo Costeiro como isócrono ao “Complexo Pré-Setuva”. SALAMUNI (1991), ao estudar o núcleo Betara, propõe a não permanência do termo “Complexo Pré-Setuva”, já que considerou que esta unidade é formada por um pacote de rochas tectonizadas, retrabalhadas a partir do próprio Complexo Costeiro e imbricadas tectonicamente com o Complexo Setuva.

O contato entre as rochas do Complexo Costeiro com as unidades sobrepostas é caracterizado, quando se trata dos ectinitos do Grupo Açungui, por uma tectônica de cisalhamento dúctil-rúptil de baixo ângulo. Este fato foi discutido por FUCHS et al.(1967), que admitiam um contato através de falhas inversas de pequeno ângulo e por EBERT (1971), que mencionou xistos provenientes do imbricamento tectônico entre o embasamento e rochas sobrepostas. Esta idéia foi admitida por FIORI (1991), ao estudar o Anticlinal do Setuva.

2.7.3.3 Formação Guabirota (mapa 06)

Segundo BIGARELLA e SALAMUNI (1962) na folha de Campo Largo a Formação Guabirota, situa-se no extremo W da área de ocorrência dessa unidade. Por esse motivo, não obstante sua extensão lateral seja considerável, sua espessura gira em torno de 10 – 20m.

A Formação Guabirota foi proposta por BIGARELLA e SALAMUNI (1962), para designar sedimentos mais antigos da bacia de Curitiba, de idade considerada Pleistocênica. Esses depósitos apresentam uma litologia típica, notavelmente diferenciada dos depósitos mais recentes, Holocênicos ou então daqueles verificáveis nos regolitos. Além disso estão em nítida discordância sobre as rochas do embasamento (BIGARELLA e SALAMUNI, op.cit.).

BECKER (1982) concluiu que a Formação Guabirota foi depositada durante o Pleistoceno Inferior, num ambiente desértico semi-árido. E em estudos dos sedimentos Cenozóicos na Região Metropolitana de Curitiba, a autora descreve que a Formação Guabirota é constituída por argilitos e areias arcossianas e sedimentos rudáceos de expressão reduzida. Em muitos afloramentos encontram-se

impregnações de carbonato de cálcio, enriquecidos com minerais do grupo das terras raras.

Segundo MURATORI (1966) e LOPES (1966), a Formação Guabirota é composta por argilitos de coloração cinza esverdeada ou avermelhada pouco consolidados e pobres em estruturas primárias.

Segundo descrição do mapeamento de graduação, SATO et al (1999) do curso de geologia da UFPR realizado na respectiva área de estudo, obteve-se descrição macroscópica das litologias aflorantes e suas relações de contato. Para a correlação entre os litotipos entenda-se que o compartimento A2 refere-se à Formação Capiru e a unidade 5 refere-se à Formação Guabirota.

O compartimento A2 situa-se na porção oeste da área (bacia do rio Itaqui), separada do bloco 1 por falhas e discordância com os sedimentos da Formação Guabirota. Resumidamente, as rochas que compõem este compartimento são sericita-filitos, mica-quartzitos e mármore dolomíticos, cabendo aos filitos a maior porcentagem na área, enquanto que os mármore restringem-se a pequena porção a nordeste e centro leste da área. O contato entre estes litotipos é gradacional, inferidos em foto aérea. Via de regra a granulometria dos sericita-filitos é extremamente fina e as superfícies de clivagem exibem brilho lustroso. Duas orientações marcantes podem ser observadas: uma primeira paralela ao acamamento e uma segunda dada por uma clivagem de fratura, cortando obliquamente à primeira foliação. Essas rochas ostentam cores variadas de alteração; amareladas, esverdeadas, predominando as castanho-avermelhadas.

Apenas em um afloramento esse sericita-filito apresentava coloração cinza claro, onde observa-se o acamamento original bem marcante, dado pela ritmicidade deposicional em níveis claros (quartzosos) e escuros, contendo provavelmente matéria orgânica. Próximo a falhas o quartzo, principalmente o leitoso, aparece em maior quantidade, ocorrendo sob forma de veios centimétricos a decimétricos bastante fraturados. Os mármore restringem-se a pequenas porções na área, como visto anteriormente. Esses são dolomíticos, de granulometria extremamente fina e coloração cinza claro. Geralmente apresentam bandas claras e escuras e desenvolvimento de minerais micáceos alinhados concordantemente com a direção geral (SATO et al 1999).

Neste capítulo foram ressaltados também os aspectos estruturais e tectônicos que influenciam na circulação e armazenagem da água subterrânea, pois a possibilidade de inter-relação entre água de superfície e a água subterrânea é uma das hipóteses deste trabalho.

2.7.3.4 Formação Furnas

Segundo MURATORI, (1966) a Formação Furnas na área de estudo é representada por uma porção bastante pequena que pode ser vista no mapa 06, ocorre no extremo W e SW da bacia do rio Itaqui e forma um espesso pacote de arenitos que repousam em discordância angular sobre rochas do Grupo Açungui, aplainadas regionalmente, e limita-se orientalmente por uma escarpa. É constituída por arenitos grosseiros, friáveis, com típica estratificação cruzada, aparecendo horizontes conglomeráticos e níveis síltico argilosos.

2.7.3.5 Ambiente Depositional

De acordo com descrição de autores como BIGARELLA e SALAMUNI (1962);FIORI e SALAMUNI (1987); FIORI e FASBINDER (1987), que trabalharam no Grupo Açungui, o ambiente deposicional, para a área mapeada, foi marinho de águas rasas, pouco agitadas, onde vigoraram complexas correntes, colocando em contato os quartzitos e mármores dolomíticos. As bacias restritas, de condições evaporíticas, tipo “sabkha” ,sugeridas por SCHÖLL et al. (1980), pode ser o modelo que melhor se adapta para os mármores dolomíticos da área. Já a presença de espesso pacote de filitos indica ambiente de águas mais profundas, talvez, como citou Schöll (op cit), pela reativação no afundamento da bacia e mudanças climáticas.

Para BECKER (1982), a sedimentação da Formação Guabirotuba corresponde a um episódio paleoclimático e depositado durante a elaboração da superfície do Alto Iguaçu.

A paleogeografia local foi descrita por BIGARELLA e SALAMUNI (1962) que concluíram que a Formação. Guabirotuba foi depositada em “sítios propícios ao

desenvolvimento de extensos leques aluvionais” marcados por canais intermitentes e “divagantes” de dimensões variadas. Em direção ao centro da bacia o ambiente iria alternando para o ambiente do tipo playa-lacustre. Este paleoambiente deve ter predominado durante todo o Plioceno até o Pleistoceno superior ou médio, enquanto a calha da bacia estava sendo preenchida e ao mesmo tempo sofrendo subsidência.

Suas estruturas, texturas e mineralogias permitem concluir sobre a vigência de um ambiente desértico, semi-árido, no qual também se formava caliches (carbonato de cálcio), indicando temperaturas mais amenas do que as atuais. A intermitência das lagoas e a saturação da água em carbonatos permitiu a formação de depósitos evaporíticos retritos, de natureza areno-carbonática, classificados como margas e/ou caliches (BIGARELLA e SALAMUNI,1962; BECKER,1982).

Para BECKER (1982) a Formação Guabirotuba é via de regra, afossilífera. Entre as épocas de semi-aridez, mediaram fases climáticas úmidas com predominância de fenômenos erosivos, acompanhados de dissecação, resultando na origem de inconformidades erosivas, dentro da seqüência sedimentar. Parte dos depósitos da Formação Guabirotuba foram sedimentados em leques aluvionares coalescentes, bem como em um sistema de drenagem anastomosado, ao lado de extensas playas.

MURATORI et al (1982), através da interpretação de dados gravimétricos da Bacia de Curitiba, infere que a influência de uma tectônica recente teria contribuído significativamente para o represamento do pacote sedimentar em função da sua configuração paleogeográfica, obtida através destes dados.

2.7.3.6 Depósitos Aluvionares Holocênicos

Os depósitos aluvionares constituem importantes componentes litológicos de uma bacia. Ocorrem nas planícies aluvionares das drenagens, cobrindo principalmente a planície de inundação do rio. Na área da bacia do rio Itaquí os depósitos aluvionares presentes na planície de inundação são imaturos e constituídos principalmente por areias e cascalhos finos a grosseiros, com matriz siltico-argilosa a siltico-arenosa (mapa 06).

2.7.3.7 Evolução morfo-geológica pós Formação Guabirota

A fase principal de sedimentação e preenchimento da calha da bacia foi concomitante a um clima seco intermeado por chuvas torrenciais. Deste processo resultou a Superfície Curitiba, uma superfície de aplainamento que teve seu período de maturidade no fim do Plioceno e início do Pleistoceno. Os trabalhos sobre a morfologia local referenciam esta superfície como Pd1 ou superfície de pediplanização mais recente (BIGARELLA,1969; BECKER, 1982)

Após esta época, talvez entre o Mioceno superior e o Pleistoceno inferior, ocorrem mudanças nas condições paleoambientais locais. O clima torna-se mais úmido favorecendo o surgimento de uma vegetação mais robusta, talvez arbórea. O aumento da disponibilidade de surgências, cuja tendência era de se concentrarem nos primeiros sulcos erosivos ou sulcos já existentes (BIGARELLA,1969; BECKER,1982).

A combinação destes processos proporcionou a instalação da rede de drenagem, o início da bacia hidrográfica do Alto Iguaçu. Os canais de drenagem atuaram no sentido de dissecar e/ou exumar as porções mais profundas da bacia, através de erosão a jusante (BIGARELLA et al.,1961).

Segundo SALAMUNI, (2000),com o retorno do clima úmido, os processos de dissecação da bacia foram acelerados e começou-se a desenhar, já entre o Pleistoceno superior e o Holoceno, o modelado atual da paisagem. As grandes linhas morfológicas locais, no entanto, ainda eram controladas por processos neotectônicos que continuaram gerando basculamento e escarpas além de anomalias na drenagem. Estas anomalias são verificadas através dos bancos aluvionares, que mostram deslocamentos laterais dos canais, anomalias topográficas nas sub-bacias de drenagem e represamentos, cuja consequência mais visível é um espraiamento e gênese de depósitos aluvionares recentes.

A contínua atuação tectônica pode ser observada através dos indícios de basculamento e rotação de blocos, geralmente demarcados por drenagens maiores,

que podem caracterizar assimetrias topográficas nas sub-bacias hidrográficas (SALAMUNI,2000).

Um indício de atividade tectônica recente é o padrão meandrante do rio Iguaçu no trecho em que corta a Bacia de Curitiba a sul e sudeste. Segundo OUCHI (1985), a morfologia de um rio, bem como o comportamento de seu canal, podem ser resposta ao processo de ajuste tectônico de falhamentos quaternários, que apresentam faixas de deformação menores que 10mm/ano. A troca lenta do gradiente hidráulico do rio promove mudança no seu regime de sedimentação e, conseqüentemente, na sua planície aluvionar. Comparando-se o trecho do rio Iguaçu com o modelo proposto por OUCHI (op. Cit.), pode-se inferir que este rio está sofrendo influências de um levantamento, modificando seu canal.

A porção oriental do rio encontra-se mais meandrante do que sua porção ocidental, havendo mudança do padrão próximo ao local onde deságua o rio Barigui. Este segundo rio está encaixado em um falhamento, aproximadamente N-S, que limita um bloco de falha e represa o rio Iguaçu (SALAMUNI,2000).

Esta morfologia poderia ter sido criada através da movimentação positiva dos blocos estruturados do embasamento. Os processos tectônicos podem estar atuando até o presente, como evidenciam as regiões sísmicas da costa brasileira. É de se esperar que mudanças sutis através de processos tectônicos intersísmicos estejam acontecendo no presente momento inclusive na área da bacia do rio Itaqui.

2.8. HIDROGEOLOGIA E HIDROQUIMICA

A água que corre no canal de uma bacia hidrográfica é o somatório de duas porções fundamentais, quais sejam:

-água de escoamento superficial proveniente da migração das águas pluviais pela superfície do solo;

-água freática que após penetrar e percolar pelos horizontes do perfil de solo, migra em direção as zonas de surgência e aflora nos talvegues. Além da fase líquida, uma amostra de água natural de um canal de drenagem superficial é composta também de diversas fases mineralógicas em solução e/ou suspensão e de uma carga iônica,

contendo a assinatura geoquímica característica dos materiais por onde essas águas percolaram.

A área de estudo, abordada neste trabalho, está representada pelas rochas do Complexo Atuba, assentado sobre este, a Formação Capiru (Grupo Açungui) e sobre essa unidade encontram-se os sedimentos da Formação Guabirota.

Estratigraficamente é composto por conjuntos litológicos distintos e separados por falhas de cavalgamento e fraturas de menor expressão são relativamente comuns na área.

Segundo SALAMUNI (2001) a água subterrânea ocorre, particularmente, na trama estrutural constituída pelas fraturas, quer por falhas ou diáclases, que se projetam em profundidade variáveis a partir da superfície. Dessa maneira, a circulação e o armazenamento transitório da água no subsolo são controlados pelas citadas fraturas.

A maioria das fontes existentes, tanto no local como nas circunvizinhanças, pode ser classificado como fontes de fraturas (FORNAZZARI, 2003).

É viável a ocorrência de água com diferentes graus de mineralização, principalmente bicarbonatos, cálcio e magnésio, além de outros compostos, tendo em vista a presença de rochas carbonáticas nas redondezas.

2.8.1 Sistemas Aqüíferos

Segundo ROSA FILHO et al. (1998), são encontrados quatro sistemas aqüíferos que caracterizam a área da bacia hidrográfica do rio Itaqui. É importante o conhecimento desses sistemas para a caracterização hidrogeoquímica das águas dos poços tubulares profundos através da relação dos pacotes litológicos presentes e as estruturas geológicas impostas (falhas e diáclases) que compõem o sistema. Os sistemas aqüíferos que fazem parte da bacia estão descritos abaixo:

2.8.1.1. Aqüífero fraturado

Os migmatitos, bem como as rochas granitóides e gnáissicas, representam a unidade aqüífera do embasamento cristalino de parte do planalto de Curitiba a qual

está ligada essencialmente aos planos de fratura da rocha. Estas rochas ocupam uma área de aproximadamente 7.500 Km², no Primeiro Planalto Paranaense, numa faixa que abrange o Município de Curitiba, parte dos municípios de Araucária, Almirante Tamandaré, Campina Grande do Sul, Campo Largo, Colombo, Piraquara, Quatro Barras e São José dos Pinhais. A infiltração e a percolação das águas se faz através de geoestruturas em geral, a exemplo de diáclases e falhas geológicas. O manto de alteração das rochas e os sedimentos quaternários, estes com espessuras que atingem até 80m na Bacia de Curitiba, encontram-se saturados com água e funcionam como reguladores da recarga dos aquíferos durante todo o ano. As águas dos migmatitos são classificadas como bicarbonatadas cálcio-magnesianas e contêm teores de sólidos totais dissolvidos entre 100 e 150 mg/l, pH entre 6,5 a 7,2 e dureza inferior a 100mg/l de CaCO₃. Entre os cátions, predominam o cálcio (2 a 20 mg/l) e o magnésio (0,5 a 12 mg/l) em relação ao sódio (1 a 3 mg/l) e ao potássio (1 a 2 mg/l). As vazões médias dos poços tubulares profundos são 5 m³ /h, mas em locais muito fraturados, podem chegar até a 30 m³ /h (ROSA FILHO,1998 op. cit).

2.8.1.2 Aquífero Furnas

A Formação Furnas, cobre uma superfície de aproximadamente 4.300km² do Segundo Planalto Paranaense, numa faixa que compreende uma extensão desde Campo Largo-Porto Amazonas até o rio Itararé.

Esta formação, com uma espessura da ordem de 300m, é constituída de arenitos com a granulometria média a grossa e matriz caolinítica; secundariamente, ocorrem arenitos conglomeráticos, arenitos finos e sílticos-argilosos (SCHENEIDER et al 1974). Esses arenitos estão tão consolidados que a ocorrência da água subterrânea está mais associada às estruturas tectônicas do que propriamente à sua porosidade primária. As águas são classificadas como bicarbonatadas sódicas cujo teor médio de cálcio é igual a 5,5mg/L, de magnésio 3,5 mg/L, de sódio 9,4 mg/L e de potássio 1,4 mg/L. Entre os ânions, o teor médio de bicarbonato gira em torno de 60 mg/L e, o de sulfato, 6mg/L. A dureza total (CaCO₃) varia de 40 a 65 e o pH varia de 7,1 a 7,6. Os sólidos totais raramente ultrapassam o valor de 85mg/L (ROSA FILHO et al 1998).

2.8.1.3 Aqüífero Cárstico

O aqüífero cárstico da RMC, igualmente localizado no Primeiro Planalto Paranaense, está representado por mármores calcíticos e dolomíticos que ocorrem segundo faixas contínuas de extensão lateral de 15 km, associados a filitos e quartzitos numa seqüência diferencialmente falhada e dobrada da Formação Capiru (BIGARELLA,1948). As estruturas carstificadas desenvolvidas nas rochas carbonáticas distribuem-se preferencialmente até os 150 m de profundidade. As águas do aqüífero cárstico normalmente são de ótima qualidade para consumo humano. Tratam-se de águas classificadas como bicarbonatadas cálcio-magnesianas cujo teor médio de cálcio é igual a 27 mg/L, de magnésio 14 mg/L, de sódio 1,0mg/L e de potássio 0,99 mg/L. Entre os ânions, o teor médio de bicarbonato gira em torno de 181mg/L, de sulfato 3,8 mg/L e de cloreto 1,7 mg/L. De acordo com BONACIM (1996) a dureza total (CaCO_3) varia de 104 mg/L a 262 mg/L . Segundo a classificação de CUSTÓDIO (1983), tais valores enquadram este tipo de água como medianamente a bastante duras.O pH varia de 7,1 a 8,6, sendo a média 8,2.

2.8.1.4 Aqüífero Guabirota

Segundo ROSA FILHO et al (1998) o aqüífero Guabirota é representado por lentes de areias arcoseanas que ocorrem esparsamente intercaladas nos sedimentos pelíticos da Bacia de Curitiba (argilitos e siltitos). Este pacote sedimentar cuja espessura máxima atinge 80m ocupa uma área de aproximadamente 400km² na RMC. A Formação Guabirota foi sedimentada num ambiente de leques aluvionares coalescentes, bem como num sistema de drenagem entrelaçado ao lado de extensas playas (BIGARELLA e SALAMUNI,1962 e BECKER ,1982).

As águas deste aqüífero, em alguns locais, apresentam teores de ferro que variam entre 0,05 a 5mg/L. A concentração média de sólidos totais dissolvidos é da ordem de 150 mg/L, a dureza total varia de 30 a 230 mg/L de CaCO_3 e o pH varia entre 6,8 a 8,1. A concentração de bicarbonatos atinge valores de até 195 mg/L, a

de sulfato varia de 1,2 a 4,5 mg/L e a de cloretos gira em torno de 2mg/L. Predominam os teores de cálcio até 30 mg/L, sendo que o magnésio varia entre 8 a 15 mg/L, o sódio entre 18 a 24 mg/L e o potássio entre 1,2 a 2,3 mg/L.

É importante salientar que a contribuição do referido aquífero na área de estudo deve ser bastante reduzida, dado às características de composição litológica da Formação Guabirota, não se considerando o aquífero como abastecedor da bacia.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 OBTENÇÃO DOS DADOS

Os dados utilizados para elaboração desse trabalho foram obtidos das análises físico-químicas das amostras das águas do rio Itaquí, cujos locais de coleta foram demarcados segundo critérios pré-estabelecidos, do estudo da morfometria da bacia, caracterizada pela hierarquia fluvial segundo a metodologia de STRAHLER (1952). Da análise de morfoestruturas obtidas através de fotointerpretação e interpretação de modelo digital de elevação da bacia do rio Itaquí. Análises físico-químicas dos poços tubulares profundos presentes na área de estudo e cadastrados pela Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR), dados do mapeamento da disciplina de graduação do curso de geologia realizados na área de estudo (SATO,1999).

Para elaboração dos mapas de solos, uso e ocupação e drenagem foram utilizados dados fornecidos pela SANEPAR e SUDERHSA. Os dados de geologia foram obtidos pela MINEROPAR- Minerais do Paraná S/A.

Foram utilizados dados de vazão da bacia do rio Verde que é uma bacia paralela a bacia do rio Itaquí, para se estimar a vazão no rio Itaquí nos períodos de coleta das amostras para análise físico-química, pois não existem dados de controle de vazão da bacia do rio Itaquí (tabela 08).

3.2 MATERIAIS

Etapa 1

-Levantamento bibliográfico e de dados em órgãos como SANEPAR, MINEROPAR, COMEC (Coordenadoria Metropolitana de Curitiba), SUDERHSA (Superintendência de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) e outros, que fossem necessários para a realização da referida pesquisa;

-Mapas e cartas topográficas.

Etapa 2

-Quatro coletas de amostras de água para a realização das análises físico-químicas;

-Análises físico-químicas e dados litológicos dos poços tubulares existentes na área;

-Dados de geologia , fonte dos dados – compilação de dados da geologia da Região Metropolitana de Curitiba, CPRM (1989) digitalizado pela Mineropar (Minerais do Paraná –DNPM,2000), escala de origem 1:50.000. Base cartográfica de referência UTM, datum Córrego Alegre;

-Fotos aéreas da área –ITC –PR 1:25.000 DE 1980 –N° 49976 e 49977;

-Dados da SANEPAR referências Imagem LANDSAT –5 TM – 221-078 18/08/1997.

-Cartas topográficas da COMEC (Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba), 1976 SG – 22XD 1.3; SG-22XC III 4 e SG22XCIV – Região Metropolitana de Curitiba,escala 1:50.000 e 1:10.000;

-Softwares ArcView 3.2TM , Autocad 2000, Spring e Surface;

Etapa de campo

-GPS Garmin Etrex de 12 canais, com precisão de 7 metros.

-Termômetro.

-Garrafas de polipropileno de 2 litros e de 1 litro;

-Isopor, gelo, frascos para coleta de amostras para análises bacteriológicas, frascos de 300ml para análise de OD.

-Reagentes Iodeto Azida Alcalino e Sulfato Manganoso;

-Máquina fotográfica.

Etapa de laboratório

-pH-metro modelo pH-325 da marca WTW.

-Condutímetro modelo LF-325 da marca WTW.

-Métodos analíticos para análise dos parâmetros.

3.3 MÉTODOS

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, foi feita a primeira campanha de campo com o objetivo de identificar, georreferenciar e coletar amostras de água para a realização de análises de pH, condutividade, medidas de temperatura da água e do ambiente nos 11 pontos escolhidos. As campanhas para a coleta de dados referidos

anteriormente foram mais freqüentes procurando intercalar os períodos de coletas de amostras para análises físico-químicas.

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 (mapa 08 em anexo).

As amostras para análise físico-química foram coletadas durante os meses de julho e novembro de 2003 e março e junho de 2004 (tabela 09 a e b). A análise dos parâmetros pH, condutividade e temperatura da água foi procedida com uma freqüência maior de coletas durante o período entre 2003 e 2004 (tabela 08).

A Temperatura das amostras dos 11 pontos selecionados foi realizada 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), através de amostras conduzidas de acordo com as normas de conservação. As amostras de água foram coletadas dentro do rio, com frascos de polietileno de 2,5 L, lavados e esterilizados previamente no laboratório. No momento de coleta, o frasco era enxaguado com água do rio e enchido completamente, evitando-se a presença de bolhas de ar no interior do frasco. Todas as amostras foram coletadas no período entre 9:00 h e 12: h em caixa térmica para manter a temperatura das mesmas. As amostras foram conduzidas imediatamente ao laboratório LPH (tabela 08).

Para análise físico-química e bacteriológica foram escolhidos 4 pontos dentre os 11 pontos já determinados ao longo da bacia, (mapa 07) 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, nitritos, nitratos, fósforo, N total, sílica, bacteriológico (coliformes fecais e totais), metais (alumínio, bário, chumbo, cobre e zinco), (tabela 09 a e b). Como não foi possível a medição do OD no local, fez-se necessário acrescentar iodeto azida alcalino e sulfato manganoso para complexar o oxigênio, permitindo maior fidelidade na leitura do laboratório.

Para a coleta das amostras foi utilizado frasco de polietileno conforme descrito acima e as amostras para exame bacteriológico coletadas em frasco de polietileno de tamanho menor, esterilizados e com boca larga, sendo as amostras conservadas a 4°C.

Para a avaliação dos parâmetros utilizou-se de metodologia analítica estabelecida pela American Public Health Association APHA (1995).

As concentrações totais das substâncias dissolvidas e dos parâmetros físicos foram determinadas conforme descrito na Tabela 2:

TABELA 02 – PARÂMETROS ANALISADOS E MÉTODOS ANALÍTICOS

| Parâmetro | Método Analítico | Parâmetro | Método Analítico |
|--------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Acidez | Titulometria | Magnésio | Titulometria |
| Alcalinidade | à Titulometria | Nitratos | Espectrofotometria UV |
| Fenoltaleína | | | |
| Alcalinidade Total | Titulometria | Nitritos | Espectrofotometria UV |
| Bicarbonatos | Titulometria | Nitrogênio amoniacal | Espectrofotometria UV |
| Cálcio | Titulometria | Nitrogênio K. Total | Espectrofotometria UV |
| Carbonatos | Titulometria | Nitrogênio Orgânico | Espectrofotometria UV |
| Cloretos | Titulometria | Oxigênio Dissolvido | Titulometria |
| Coliformes Fecais | Subs cromog. definido | Coliformes Totais | Subs.cromog. definido |
| PH | pH-metro | Potássio | Fotometria de chama |
| Condutividade | Condutímetro | Sílica Dissolvida | Espectrofotometria UV |
| Dureza Total | Titulometria | Sódio | Fotometria de chama |
| Ferro Total | Absorção Atômica | Sólidos Susp. Totais | Gravimetria |
| Fosfatos | Espectrofotometria UV | Sólidos Totais 103 °C | Gravimetria |
| Hidróxidos | Titulometria | Sólidos Totais D. | Gravimetria |
| Turbidez | Turbidímetro | Sulfato | Turbodimetria |
| Temperatura | Termômetro | | |

*NOTA : Método turbidimétrico adaptado ao espectrofotômetro visível (420 nm), com limite de detecção de 1 mg/L.

Com o objetivo de verificar alguma correlação das águas subterrâneas e as águas da superfície com as unidades carbonáticas presentes na região foram utilizadas as análise físico-químicas dos poços tubulares profundos presentes na área da bacia do rio Itaqui (tabela 04).

Para se conhecer mais detalhadamente as características geomorfológicas da referida bacia foi descrita a morfometria da bacia (mapa 05 em anexo).

Para a confirmação dos dados, de informações geológicas e o conhecimento dos padrões de drenagem, foi feito, a análise de morfoestruturas obtidas através de fotointerpretação e interpretação de modelo digital de elevação da bacia do rio

Itaqui, pois a vegetação, o relevo e a drenagem constituem os objetos principais da avaliação da imagem fotográfica para a obtenção dessas informações (figura 04 em anexo).

Para a análise de fotos aéreas aplicada às geociências, interessa fundamentalmente, os elementos naturais da paisagem. O relevo e a drenagem constituem os objetos principais da avaliação da imagem fotográfica para a obtenção de informações geológicas. A vegetação, quando não modificada pela ação do homem, reflete também, tal como relevo e drenagem, as condições geológicas e climáticas, constituindo critério auxiliar na análise e interpretação (SOARES e FIORI, 1976).

Os padrões de drenagem referem-se ao arranjo espacial dos cursos fluviais, que podem ser influenciados em sua atividade morfogenética, pela natureza e disposição das camadas rochosas, pela resistência litológica variável, pelas diferenças de declividade e pela evolução geomórfica da região (CHRISTOFOLETTI, 1980).

A divisão dos padrões de drenagem é realizada com base na classificação da região em zonas de igual propriedade, visto que fatores semelhantes geram padrões de drenagem também semelhantes. Estas zonas são chamadas de homólogas e são classificadas quanto ao padrão de drenagem, forma da drenagem e elementos texturais.

Com base nesta classificação são interpretadas algumas características do terreno na área em estudo.

A Figura 04 mostra as drenagens principais da área sobreposta ao MDE (modelo digital de elevação).

A Figura 05 mostra o traçado de detalhe das drenagens sobreposto a fotografia aérea, bem como o traçado dos alinhamentos estruturais maiores, que também servem para a classificação da divisão de domínios morfoestruturais (zonas homólogas).

De posse de todos os pontos amostrados, devidamente georreferenciados, procedeu-se a sistematização e inserção em ambiente SIG através do programa Autocad, Spring e ArcView 3.2TM para interpretação e integração dos dados.

A superfície do terreno foi modelada a partir das cartas topográficas vetorizadas, através da interpolação Triangulated Irregular Network – TIM, módulo 3D-Analyst do ArcView, gerando um modelo digital, permitindo uma visualização da textura de relevo e sua variação hipsométrica.(figura 04 e mapa 07 em anexo).

3.3.1 Descrição da Área dos Pontos Amostrados para Análise Físico-química

É necessário uma breve descrição do ambiente físico das cercanias de cada ponto, pois a bacia apresenta características litológicas de uso e ocupação bastante variadas (mapa 08 em anexo). Os afloramentos destes pontos estão descritos no capítulo 7 e podem ser observadas nas fotos deste mesmo capítulo.

Ponto 2 :

Situa-se próximo à localidade de Bateias. O rio é cortado pela estrada que leva a Bateias e percorre uma propriedade rural, tendo em sua margem direita criação de vacas, cavalos e ovelhas. A mata ciliar deste lado é quase inexistente por um longo trecho. Na margem esquerda a mata ciliar é composta por arbustos e algumas espécies de capim, nas proximidades da margem a área é utilizada para plantações agrícolas sazonais. As principais culturas desenvolvidas são trigo, aveia e alfafa no inverno e feijão, milho, soja e batata no verão. A montante do ponto 2, próximo às nascentes toda a área é cultivada (foto 01).

Além disso, o leito do rio corre em zona de contato litológico sendo que na margem esquerda ocorre a Formação Guabirota e na margem direita o Grupo Açungui (Formação Capijú) formado por fácies litológicas típicas de seqüência arenosa (cálcio magnesiana carbonatada e férrica) intercalada em sucessivas variações. Observar descrição do afloramento nas fotos 02 e 03.

Ponto 5:

Encontra-se na divisa da localidade de Guabiroba e Salgadinho. A mata ciliar da margem direita está preservada, porém na margem esquerda a área é ocupada por chácaras com pasto e campos cultivados. A vegetação da redondeza é composta também por florestas secundárias em estágio inicial e médio de

regeneração e campos naturais. Geologicamente a área encontra-se sobre o Grupo Açungui (Formação Capirú) e também a Formação Guabirota ou seja, uma zona de contato (fotos 04 e 05).

Ponto 9:

Localiza-se na captação da SANEPAR. Geologicamente está sobre o Complexo Atuba e a Formação Guabirota. A montante do ponto de captação, às margens do rio, a área está ocupada por favelas e moradias sem rede de esgoto. A área no entorno da captação encontra-se totalmente desprovida de qualquer tipo de arbusto ou vegetação em recuperação, apresentando em alguns trechos, demoramento do barranco das margens. A várzea do rio encontra-se parcialmente ocupada por moradias irregulares geradoras de pequenos depósitos de lixo a céu aberto.

Ponto 11:

O rio São Caetano é um afluente da margem direita do rio Itaqui e o ponto de amostragem fica próximo ao poço tubular profundo explorado pela SANEPAR. A localidade de São Caetano não apresenta rede ou tratamento de esgoto, contudo a ocupação desta área é intensa. A área do entorno do rio é ocupada com campos, pastos, algumas plantações sazonais e a mata ciliar encontra-se em estado bastante degradado, apenas com vegetação arbustiva e partes com solo exposto. O afluente tem suas nascentes no Grupo Paraná (Formação Furnas) formado por arenitos brancos de granulação média a grossa, micáceos, feldspáticos de matriz caulínica e estratificação cruzada, com níveis conglomeráticos. Também passa pelo Grupo Açungui estruturalmente cortado pela Falha da Lancinha e, em seguida, corre sobre gnaiesses e migmatitos do Complexo Atuba, descendo em direção ao rio Itaqui (foto 06). A fábrica de Cimento Itambé está situada sobre parte das nascentes do afluente São Caetano, bem como algumas minas de filitos exploradas pela mesma.

3.3.2 Dados dos Poços Tubulares presentes na Área

As análises físico-químicas dos poços tubulares profundos e a descrição dos perfis litoestratigráficos dos mesmos são dados necessários para o estudo da inter-relação das águas da superfície com as águas subterrâneas desta região, demonstrando inclusive a influência das unidades litológicas presentes nesta área.

TABELA 03 - DADOS DOS POÇOS TUBULARES PROFUNDOS NA BACIA DO RIO ITAQUI

| POÇO | LOCALIZAÇÃO | COORDENADAS |
|-----------------------|-----------------|---|
| Poço 03 -São Caetano | São Caetano | Utm e 642429 Utm n 7184010 |
| Poço 01 - São Caetano | São Caetano | Utm e 642425 Utm n 7183956 |
| 1063 poço nº 01 | C. Largo - sede | x- 646711,712 y- 7184801,466 z- 944,695 |
| Poço 01 | Presser | Lat 25° 27' 16,9 S Long 49° 35' 01 W |

FONTE: SANEPAR (2002)

Descrição das unidades litológicas do perfil dos poços tubulares profundos (tabela 5).

Poço 1063 – Campo Largo – Sede

Aquífero cárstico (segundo SANEPAR,2000).

Vazão 160 m³/h. Vazão média : 70m³/h – Regime de bombeamento :23h/dia.

0,00 – 5,00m - Até cinco metros o perfil é constituído por sedimentos
siltico argilosos, com clastos fílitosos.

5,00 – 7,00 - Dos cinco aos sete metros apresenta uma camada de calcário
cinza-claro, de granulometria fina à média.

7,00 – 18,00 - Dos sete aos dezoito metros é constituído de calcário cinza claro
com intercalações de metassedimentos siltico-argiloso.

Poço 01 / 839 – São Caetano

Aqüífero cárstico (segundo SANEPAR,200).

Vazão 140 m³/h. Vazão média : 70m³/h – Regime de bombeamento :20h/dia.

0,00 – 3,00 m - Até três metros ocorre solo argilo-siltoso de coloração marrom escura, contendo fragmentos de quartzito de tamanhos variados.

3,00 – 9,00 m - Dos três aos nove metros quartzito de cor branco creme;parcialmente alterado; amostragem facetada decimétrica a centimétrica; grau de fraturamento alto.

9,00 – 12,00 m - Dos nove aos doze metros,quartzito de coloração branco creme,composto por biotita, muscovita e quartzo; amostragem em forma de facetas submilimétricas a centimétricas; grau de fraturamento baixo.

12,00 –15,00m -De doze a quinze metros amostragem placóides e facetada centimétrica; com grau de fraturamento moderado. Ocorre uma mistura entre fragmentos de mármore dolomíticos de cor branca e fragmentos de quartzito de cor branca creme.

15,00 –18,00m -Dos quinze aos dezoito metros, temos a presença de mármore dolomíticos de cor branco cristalino; amostragem placóide sub-centimétrica a milimétrica; grau de fraturamento baixo.

18,00 –23,50m- Dos dezoito aos vinte e três metros e meio, ocorre quartzito de coloração branco creme; amostragem muito suja composta por fagulhas sub-milimétricas em meio a uma massa argilosa escura onde ocorre por vezes, fragmentos decimétricos de quartzo e quartzitos; grau de fraturamento baixo.

Poço Presser – Itaqui

Aqüífero Fraturado (Embasamento Cristalino com contribuição do cárste).

Vazão : 4,40m³/h. Regime de bombeamento de 14h/dia.

0,00 – 10,00m - De zero a dez metros amostras heterogêneas, provenientes

de aterro e de origem não especificadas.

- 10,00 – 25,00m - De dez a vinte e cinco metros, regolito siltico-arenoso-argiloso, com restos da rocha matriz.
- 25,00 – 30,00m - De vinte e cinco a trinta metros temos a presença de rochas metamórficas de aspecto gnáissico, principalmente alteradas, com abundância de fragmentos de quartzo leitoso.
- 30,00 – 35,00m - De trinta a trinta e cinco metros repete-se a descrição acima citada associada a rochas fraturadas principalmente alteradas, com eventuais fragmentos de quartzo leitoso.
- 35,00 – 70,00m - De trinta e cinco a setenta metros, temos, plagioclásio-anfibólio-quartzo-gnaisses, fraturado, levemente alterado.
- 70,00 – 75,00 - Dos setenta aos setenta e cinco metros repete-se a descrição acima citada, com faixas finas de quartzo-anfibolito e pequena quantidade de moscovita, inalterada.
- 75,00 – 95,00m - Dos setenta e cinco aos noventa e cinco metros igualmente a faixa anterior com aumento do teor de moscovita, fraturas eventuais, leitões irregulares de quartzo.
- 95,00 – 115,00m - Dos noventa e cinco aos cento e quinze metros registra-se a presença de anfibólio-plagioclásio-quartzo-moscovita gnaisses, com fraturas eventuais inalteradas.
- 115,00 – 125,00m - Dos cento e quinze aos cento e vinte e cinco metros praticamente amostras de quartzo leitoso, possivelmente oriundo de veio de quartzo.
- 125,00 – 170,00m - Dos cento e vinte e cinco até cento e setenta metros anfibolitos e quartzo anfibolito predominando em quase todo o intervalo. Fraturas eventuais.

Poço 03 – São Caetano

Aquífero Cárstico (segundo SANEPAR 2004).

Vazão : 100m³/h. Regime de bombeamento : 20 h/dia.

0,00 – 6,00m – Calcário meta-dolomito acastanhado de amostragem fina

a grosseira, ocorrendo a presença de biotita. Muito alterada.

6,00 – 18,00m – Quartzito de coloração branca, amostragem média a grosseira, algo fraturado.

18,00 – 24,00m – Quartzito branco acastanhado, muito fraturado com fragmentos medianos a muito grossos. Alterado e com presença de minerais micáceos.

TABELA 04 – ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICO DOS POÇOS TUBULARES PROFUNDOS

| Parâmetro | Poço 1063 | Poço n°01 839 S. Caetano | Poço 03 São Caetano | Presser |
|---------------------|-----------|--------------------------|---------------------|---------|
| Aspecto "in natura" | Límpida | límpida | límpida | |
| Turbidez (UT) | < 1.00 | <1 | <1 | <1 |
| Cor (Pt-Co) | < 5 | <5 | <5 | 5 |
| Condutividade | 290 | 191,2 | 187 | 122 |
| pH | 8.36 | 7,61 | 7,70 | 6,89 |
| Alcalinidade T | 132,80 | 102,96 | 106,74 | 65,12 |
| Dureza total | 146,10 | 103,93 | 101,66 | 11,60 |
| Acidez | 5.10 | 2,0 | 4 | 13,18 |
| Bióxido carbono | 4.50 | 1,8 | 3,50 | 11,60 |
| Nitrogênio K.T | <0.01 | <0,01 | 0,06 | <0,01 |
| Nitrogênio A | <0.01 | <0,01 | 0,04 | <0,01 |
| Nitrogênio orgânico | <0.01 | <0,01 | 0,02 | <0,01 |
| Sólidos t. 103°C | 194.00 | 115 | 130 | 76,0 |
| STD | 194 | 115 | 130 | 74,0 |
| Sílica dissolvida | 7.60 | 12,9 | 14,4 | 43,5 |
| Bicarbonatos | 162.02 | 125,61 | 130,22 | 79,45 |
| Carbonatos | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Hidróxidos | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Cloretos | 9.68 | 1,11 | 0,37 | 1,40 |
| Fluoretos | 0.74 | <0,01 | 0,19 | 0,08 |
| Fosfatos | 0.08 | 0,05 | 0,10 | 2,0 |
| Sulfatos | <1.00 | <1,0 | <1,0 | <1,0 |
| Nitratos | 1.77 | 0,84 | 1,33 | 0,31 |
| Nitritos | <0.006 | <0,01 | <0,01 | <0,01 |
| Cálcio | 29.42 | 23,93 | 21,42 | 10,27 |
| Magnésio | 17.67 | 10,75 | 12,18 | 6,03 |
| Sódio | 5.90 | 1,40 | 1,60 | 5,70 |
| Potássio | 1.70 | 1,10 | 0,70 | 1,90 |
| Ferro total | 0.01 | <0,01 | 0,02 | 0,01 |
| Ano análise | 2000 | 2003 | 2004 | 2002 |

FONTE: SANEPAR

NOTAS: Unidades dos cátions e ânions é mg/L, condutividade em $\mu\text{S}/\text{cm}$

3.4 CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DOS AQÜÍFEROS PRESENTES NA ÁREA DE ESTUDO

BONACIM,(1996) e HINDI,(1999) demonstraram através de seus estudos, a conexão existente entre os sistemas aquíferos cárstico através de poços e surgências. Essas demonstrações utilizaram ora modelos tectônicos, ora modelos hidrogeoquímicos, conforme o enfoque deste trabalho. Como já foi dito, a hipótese deste trabalho é caracterizar a bacia do rio Itaqui como uma área de inter-relação da água de superfície com a água dos poços tubulares existentes e explorados no local, através da comparação hidrogeoquímica, A litologia sugere uma composição mineralógica compatível com a do carste, pois esta é composta por elementos constituintes da Formação Capirú, pertencentes ao Grupo Açungui.

Aquífero Cárstico

O termo carste (*Karst*) descreve terrenos com hidrologia (superficial e subterrânea) característica e paisagens típicas, resultantes da escultura de rochas que apresentam alta solubilidade e porosidade secundária bem desenvolvida. Na região os terrenos cársticos estão presentes nas seqüências carbonáticas do Grupo Açungui. BONACIM(1996) estudou os terrenos cársticos que se desenvolvem nas seqüências proterozóicas de rochas carbonáticas na porção leste do Estado do Paraná. A área é denominada de Tranqueira entre Almirante Tamandaré e Colombo (RMC) ao norte de Curitiba. As águas do aquífero cárstico (surgências e poços tubulares) apresentam uma composição química bastante similar, com $Ca^{++} > Mg^{++} \gg Na^{+} > K^{+}$ e $HCO_3^{-} \gg Cl^{-} > SO_4^{-}$. As altas concentrações de cálcio, magnésio e bicarbonatos associadas ao baixo teor de SiO_2 são típicas de circulação subterrânea em rochas carbonáticas. Tanto as águas das surgências como as dos poços tubulares são classificadas como bicarbonatadas cálcicas apresentando-se brandas a medianamente duras. Segundo HINDI (1999) as águas das fontes utilizadas para a exploração do aquífero cárstico por poços tubulares, na região de Colombo (PR) para atender a demanda de água da Região Metropolitana de Curitiba, são pouco mineralizadas, com grau de dureza variando de moderadamente

dura a dura e são do tipo bicarbonatada-magnesianas, segundo classificação geoquímica por íons dominantes.

Estão incluídas na classe alcalino-terrosa cálcica-magnesianas, segundo a classificação mineral conforme estabelece a Resolução N°25/1976, da Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos do Ministério da Saúde (BRASIL,1976). Os íons predominantes são HCO_3^- , Mg^{++} e Ca^{++} , mostrando que o quimismo das águas é fortemente controlado pela mineralogia do aquífero (figura 08).

Para comparação entre as águas dos diferentes aquíferos citados no respectivo estudo utilizou-se da descrição de dados segundo ROSA FILHO, E.F. et al.;(1998).

Aquífero Embasamento Cristalino (Fraturado)

Em termos de qualidade, as águas dos migmatitos não apresentam restrições para o consumo humano. Elas são classificadas como bicarbonatadas cálcio-magnesianas e contêm teores de sólidos totais dissolvidos entre 100 e 150 mg/L, pH entre 6,5 a 7,2 e dureza inferior a 100 mg/L de CaCO_3 . Entre os cátions, predominam o cálcio 92 a 20 mg/L e o magnésio (0,5 a 12mg/L) em relação ao sódio (1 a 3 mg/L) e ao potássio (1 a 2 mg/L).

Aquífero Cárstico

As águas deste aquífero são de ótima qualidade para o consumo humano. Trata-se de águas bicarbonatadas cálcio-magnesianas cujo teor médio de cálcio é igual a 27 mg/L, de magnésio 14mg/L, de sódio 1,0 mg/L e de potássio 0,99 mg/L. Entre os ânions, o teor médio de bicarbonato gira em torno de 181mg/L, de sulfato 3,8 mg/L e de cloreto 1,7 mg/L.

Aquífero Furnas

As águas do referido aquífero são de ótima qualidade para o consumo humano. Trata-se de águas classificadas como bicarbonatadas sódicas cujo teor médio de cálcio é igual a 5,5 mg/L, de magnésio 3,5 mg/L, de sódio 9,4 mg/L e de potássio 1,4 mg/L. Entre os ânions, o teor médio de bicarbonato gira em torno de 60 mg/L e o de sulfato, 6mg/L. A dureza total (CaCO_3) varia de 40 a 65 e o pH varia de 7,1 a 7,6.

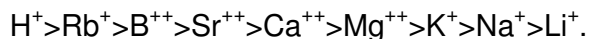
Aqüífero Guabirota

As águas deste aquífero, em algumas áreas apresentam teores de ferro que variam entre 0,05 a 5 mg/L. A concentração média de sólidos totais dissolvidos é da ordem de 150 mg/L, a dureza varia de 30 a 230 mg/L de CaCO_3 e o pH varia entre 6,8 a 8,1. A concentração de bicarbonato atinge valores de até 195 mg/L, a de sulfato entre 1,2 e 4,5 mg/L, a de cloreto gira em torno de 2mg/L. Predominam os teores de cálcio até 30 mg/L, sendo que o magnésio varia entre 8 a 15 mg/L, o sódio entre 18 a 24 mg/L e o potássio entre 1,2 a 2,3 mg/L.

3.4.1 Análise dos Parâmetros Físico-Químicos e Bacteriológicos

Na caracterização química das águas da bacia do rio Itaqui e dos poços tubulares, serão apresentadas as abordagens de alguns trabalhos em relação aos parâmetros, aqui considerados como relevantes na comprovação da hipótese dessa dissertação. Os parâmetros mencionados são: Temperatura, pH, Carbonatos, Bicarbonatos, Cloretos, Cálcio, Magnésio, Sódio, Potássio, Sulfato, Fosfato, Nitrato, Condutividade, Dureza total, Ferro Total, Coliformes totais e fecais.

O principal agente de intemperismo químico que percola as rochas é a água da chuva. Essa água, rica em O_2 , em interação com o CO_2 da atmosfera, adquire caráter ácido, que em contato com a matéria orgânica em decomposição (oxidação) assume valores de pH mais baixos ainda. Nesse ambiente, os silicatos que constituem as rochas sofrem ataques químicos (hidrólise) dessas águas através do íon H^+ . Esse íon acaba por deslocar os cátions alcalinos (K^+ e Na^+) e alcalino-terrosos (Ca^{++} e Mg^{++}) que irão enriquecer a solução aquosa. Outra reação hidroquímica de grande importância é a dissolução de sais como, por exemplo CaCO_3 (carbonato de cálcio), $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ (dolomita), MgCO_3 (magnesita), NaCl (halita), CaSO_4 (sulfato de cálcio), $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (gipsita). Assim, os íons predominantes nas águas subterrâneas vão se enriquecendo nesses elementos ao longo do tempo de residência. Durante esse trajeto ocorre formação de novos minerais que utilizam o Ca^{++} , Mg^{++} e o K^+ em detrimento do Na^+ , o que se deve, principalmente, a sua baixa carga iônica. Segundo FENZEL(1986), geralmente temos a seguinte escala de intensidade de ligações:



3.4.2 Parâmetros Físico-químicos

Potencial Hidrogeniônico (pH)

Segundo McCAULL e CROSSLAND (1974) o pH das águas naturais está tamponado por um mecanismo que condiciona às águas uma faixa de 7,0 a 9,0 num meio ambiente livre de poluição. Os agentes que comandam esse tamponamento são as espécies carbônicas, notadamente o CO_2 e os íons bicarbonato dissolvidos na água.

A água de percolação, inicialmente ácida, vai, com o tempo, tornando-se alcalina porque o hidrogênio proveniente da ionização do ácido carbônico, acaba sendo utilizado na formação de novos minerais. Por isso as águas subterrâneas apresentam pH próximo de 7.

Segundo BONACIM (1996), os valores de pH obtidos para as surgências e os poços tubulares variam entre 7 e 8,6 e para HINDI (1999) o pH das águas das bacias estudadas variou de 6,77 a 7,98, com média de 7,45 Para BITTENCOURT (1994), os valores de pH acima de 8,3 interferem com os processos de desinfecção da água e de incrustação de carbonatos.

Condutividade elétrica

A condutividade é a medida da habilidade de uma solução aquosa apresentar carga elétrica. Essa habilidade depende da presença e concentração dos íons presentes, de sua mobilidade, valência e da temperatura. No estado natural, a água apresenta condutividade elétrica diretamente proporcional à quantidade de íons dissolvidos (STD). Tal propriedade pode ser usada para conhecer de forma rápida e aproximada, o grau de mineralização das águas da área de estudo.

Para HINDI(1999), as águas das fontes cársticas apresentam condutância específica variando de $212\mu\text{S}/\text{cm}$ a $493\mu\text{S}/\text{cm}$. Segundo BONACIM (1996), as fontes da área de estudo apresentam condutância específica entre $241\mu\text{S}/\text{cm}$ e $612\mu\text{S}/\text{cm}$ geralmente, os pontos com condutividade elétrica alta estão associados às zonas de

ocorrência de rochas metacarbonáticas (sem intercalação de rochas argilosas), as quais apresentam fenômenos de dissolução acentuados.

Turbidez

Com relação à turbidez, a água para consumo humano deve apresentar valores inferiores a 5 UNT (unidades nefelométricas de turbidez), sendo recomendados valores inferiores a 1 UNT.

Para BONACIM (1996), os valores de turbidez para as águas subterrâneas da área de Tranqueira foram menores que 1 UNT até 6,5 UNT

Segundo FENZEL (1986), águas reduzidas (baixas concentrações de oxigênio) apresentam teores de ferro geralmente entre 1 e 10 mg/L.

Temperatura

Nas microbacias do rio Tumiri, Água Comprida, Fervidas e das Onças em Colombo, a temperatura média da água oscila em torno de 18°C em todas as bacias com mínimas de 17° e máximas de 19,9° C, HINDI (1999).

Sabe-se que a água tem uma excepcional habilidade de armazenar calor e depois de aquecida a água do rio volta muito lentamente a sua temperatura natural e a perda de calor é influenciada também pelo vento. Portanto é necessário uma grande superfície aquática para dispersar o calor em uma área de clima temperado, ODUM (1988).

Balanço iônico

Em uma análise química de água, com a determinação dos íons maiores (Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , Na^+ , Cl^- , HCO_3^- , CO_3^{--} , SO_4^{--} , NO_3^-), a concentração de cátions deve ser aproximadamente igual à concentração de ânions. Essa igualdade de concentração é reflexo da compensação das cargas relativas aos cátions pelas cargas aniônicas, já que as águas são eletricamente neutras. Considerando-se que as análises estão sujeitas a erros analíticos, erros de cálculo e até mesmo enganos no preenchimento de formulários com os resultados (BITTENCOURT, 1994), é necessário efetuar o cálculo do erro do balanço iônico (EBI) para verificar a

consistência das análises. O erro percentual do balanço iônico (EBI), da análise pode ser expresso por (SCHOELLER,1962; LLOYD, HEATHCOTE,1985):

$$\text{EBI}(\%) = 100(\Sigma \text{ cátions} - \Sigma \text{ ânions}) / (\Sigma \text{ cátions} + \Sigma \text{ ânions}).$$

Dureza total

A dureza total (DT) de águas naturais deve-se à presença de cálcio e magnésio, os quais combinam-se, em parte, com bicarbonato e carbonato (dureza temporária), e em parte com íons de sulfato, cloreto, nitrato e outros (dureza permanente).

BONACIM (1996) cita que as águas do aquífero cárstico investigado (surgências e poços) podem ser caracterizadas como brandas (53%), medianamente duras (37%) e bastante duras(10%). No caso dos poços tubulares, 55,5% são classificadas como brandas e 44,4% como medianamente duras. Para HINDI (1999), o grau de dureza variou entre 97 e 236 mg/l de CaCO₃, tendo águas moderadamente duras, a duras e muito duras.

A dureza ou acidez das águas dos riachos, conforme enfatizam HORNE e GOLDMAN (1994), está intimamente relacionada às águas subterrâneas que os alimentam. Se o rio é alimentado por águas de contato com arenitos, rochas sedimentares ou metamórficas com baixo índice de intemperismo e baixos teores de cálcio, suas águas geralmente são ácidas. Rios que drenam rochas pretéritas, como granitos ou rochas metamórficas, têm suas águas similares, quimicamente, às da chuva e têm águas mais brandas. A dureza total está relacionada com o aumento da concentração de cálcio, magnésio e bicarbonato.

TABELA 05 - CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS SEGUNDO DUREZA

| TIPOI | mg/L de CaCO ₃ |
|--------------------|---------------------------|
| Muito Brandas | 70 |
| Brandas | 70 –140 |
| Medianamente Duras | 140 – 220 |
| Bastante Duras | 220 – 320 |
| Duras | 320 – 540 |
| Muito Duras | 540 |

FONTE:CUSTÓDIO,(1983)

Sílica

A sílica dissolvida, presente nas águas naturais resulta, provavelmente da decomposição química dos silicatos pelos processos de intemperismo. A sílica dissolvida nas águas naturais encontra-se na forma de ácido silícico H_4SiO_4 ou $Si(OH)_4$, HEM (1970); KRAUSKOPF (1972). O teor de sílica nos mármores dolomíticos da Formação Capiro, determinados por MARINI,(1967); BIGARELLA (1967), é inferior a 4%. O teor médio das amostras analisadas é 17,5 mg/L. Segundo HINDI (1999) o teor médio de sílica dissolvido nas águas analisadas é de 13,1 mg/L e os valores extremos são 7,3 mg/L e 20,7 mg/L.

Com relação à concentração de sílica dissolvida, pode-se dizer que, apesar da pouca mobilidade da mesma, ela ocorre em quantidades significativas nos pontos 9 e 11 respectivamente 9,8 e 17,5 da área estudada. A sua ocorrência deve-se possivelmente a litologia da área que apresenta dolomitos, quartzitos, filitos e outros silicatos.

Para os poços tubulares presentes na bacia o teor de sílica varia de 7,6 mg/l a 14,4mg/L

Bicarbonato/Carbonato (HCO_3^-/CO_3^{2-})

O bicarbonato é um ânion proveniente da dissolução do dióxido de carbono atmosférico e, principalmente, biogênico presente nos solos, combinado com a água (CUTÓDIO & LLAMAS,1983). Possui uma relação direta com o pH da solução. Com pH variando no intervalo entre 7 e 8,3 a presença de bicarbonato é muito superior à do carbonato. A partir de um pH de 8,3 a concentração de carbonato aumenta. Quando a solução aquosa atinge valores de pH acima de 10, a presença de bicarbonato é nula, passando a existir somente carbonato (LOGAN,1965).

A dissociação do ácido carbônico no processo de carbonatação impõe um caráter ácido à água, favorecendo a dissolução dos minerais formadores da rocha. Dessa forma é produzida uma carga residual que resulta na formação de minerais de argila, e uma carga solúvel que contribui para o enriquecimento das águas, principalmente em cálcio, magnésio, ferro, sílica e bicarbonato.

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 e segundo HINDI(1999) ocorre a mesma característica em todas as bacias estudadas.

Cloreto (Cl⁻)

Em geral, o ânion Cl⁻ está associado ao Na⁺, sendo muito solúvel, estável e dificilmente precipitável. A ocorrência desse íon na água está associada a intrusões salinas em zonas costeiras, passagem da água por rochas sedimentares formadas em ambiente marinho ainda não totalmente isentas do sal retido durante a diagênese, infiltração de água e lixiviação de solos em ambientes de clima árido, solubilização de depósitos de halita ou outros evaporitos, além de aerossóis do *spray* marinho. As fontes antrópicas são os efluentes domésticos e industriais.

Segundo HINDI (1999) as fontes estudadas apresentam concentração média de 4,0mg/l , estas concentrações mais elevadas combinada com outros parâmetros pode ser indício de contaminação antrópica.

Segundo CUSTÓDIO & LLAMAS (1983), o aporte de sais também é favorecido pelo aumento da profundidade, da temperatura e da pressão. Relacionam a seguinte ordem de saturação para os ânions: HCO₃⁻ > SO₄⁻ > Cl⁻.

Para SILVA (1983), o cloreto pode ter origem por meio da precipitação meteórica e/ou dissolução de micas (sericita e biotita) presentes em pequena quantidade nas Formações Botucatu e Pirambóia, bem como cloritas e minerais secundários de alteração dos basaltos.

Cálcio (Ca⁺⁺) e Magnésio (Mg⁺⁺)

O cálcio está presente em muitos minerais formadores de rochas ígneas, metamórficas e sedimentares, podendo ocorrer também como cimento carbonático em rochas sedimentares. A água, em contato com essas rochas, faz com que haja liberação de cálcio através de dissolução e lixiviação, desde que as condições de pH sejam favoráveis (HEM,1970; KRAUSKOPF,1972).

A origem natural de íons magnésio está relacionada à alteração de rochas contendo minerais ferromagnesianos tais como, olivinas, piroxênios, anfibólios e

micas escuras. Em rochas sedimentares o magnésio ocorre na forma de carbonatos, como magnesita, brucita e dolomita. Ocorre ainda, no solo na forma de clorita e montmorilonita. A ocorrência de magnésio na água é causada pela passagem da água através de rochas e solos contendo os minerais citados, e as concentrações resultantes dependem das quantidades e formas disponíveis e do pH (HEM,1970).

Os íons Ca^{++} e Mg^{++} são incorporados à água em concentrações que dependem das quantidades e formas disponíveis, do tempo e modo de interação entre a água e a rocha e das condições ambientais, todas ligadas à concentração de CO_2 , que controlam o equilíbrio químico dos minerais carbonáticos (HEM, 1970; KRAUSKOPF,1972).

Sódio (Na^+) e Potássio (K^+)

A quantidade de potássio na crosta é aproximadamente igual à do sódio, mas em águas naturais, a quantidade de potássio é muito baixa comparada com a de sódio. Isto é explicado porque enquanto o sódio tende a ficar em solução desde que foi liberado da estrutura mineral, o potássio é liberado com mais dificuldade, além de ter a tendência de ser reincorporado na estrutura dos minerais de argila (HEM,1970).

Os principais minerais que contém potássio são os feldspatos ortoclásio e microclínio, leucita e biotita, já os feldspatos plagioclásios podem ser considerados como a fonte mais importante de sódio. Evaporitos podem incluir, localmente, lentes de sais de sódio e potássio. As cinzas dos vegetais podem fornecer ao ambiente altas taxas de potássio, uma vez que esse elemento é um macronutriente essencial das plantas (HEM,1970).

Nitrato (NO_3^-)

As fontes de nitrato e nitrito nas águas naturais são similares. São componentes indesejáveis na água, podendo indicar contaminação antrópica causada por efluentes domésticos, industriais ou fertilizantes. Fazendas de criação de animais podem produzir quantidades consideráveis de rejeitos orgânicos nitrogenados, concentrados nos locais de confinamento de animais, que causam a contaminação do aquífero freático pela lixiviação, por água de chuva, desses rejeitos

orgânicos. O uso de adubo orgânico e a prática rotineira de irrigação são atividades capazes de enriquecer o teor de nitrato da água subterrânea (HEM,1970).

Análise Bacteriológica

A água de chuva pode apresentar grande contaminação por bactérias coliformes, tanto nos grupos total como fecal, em função das superfícies de contato, como a poeira do ar, a vegetação e o solo (HORNE E GOLDMAN,1994). É comum observar um crescimento acentuado de bactérias nos rios após precipitações fortes e curtas logo após épocas de seca. Se a chuva persiste, ou após períodos de muita chuva, o fenômeno é contrário. O que justificaria tal fato seria o grande arraste pelas águas de material contaminado. No caso, o efeito inicial é maior para chuvas intensas e concentradas e tende a diminuir com o avanço do período chuvoso.

A qualidade bacteriológica dos rios está associada aos inúmeros fatores que o rio agrega em seu deslocamento na paisagem, bem como às estações do ano, às oscilações da temperatura, às chuvas e outras tantas variáveis. Há alterações de qualidade entre os rios e seus tributários, ou dentro do próprio corpo principal, com a contaminação geralmente crescendo das nascentes para a foz (SUCKLING,1945).

3.5 CLASSIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO HIDROQUÍMICA DA ÁGUA

O objetivo geral do estudo do quimismo de uma determinada água é o conhecimento das condições do ambiente natural de ocorrência da mesma, visando a compreensão dos processos de interação entre os diferentes fenômenos geoquímicos.

A classificação geoquímica da água adotada neste trabalho foi a de íons dominantes, complementada pela medida da condutância específica, para avaliação do grau de mineralização das águas.

Para a classificação e caracterização geoquímica da água utilizou-se o diagrama criado por DUROV (1945), baseado na abundância relativa dos íons mais comuns nas águas naturais. As classificações simples dão uma informação global com vistas a seu uso doméstico, urbano, industrial ou agrícola (Figura 06).

Tanto o diagrama de Durov (figura 06) como o de Stiff (figura 09), são utilizados para comparar os distintos grupos de águas quanto aos íons dominantes. Para plotar dados nesses diagramas, transformam-se os valores de cada íon expresso em meq/L, em percentagem do total de ânions e do total de cátions, separadamente. Esta classificação pode ser melhor observada no diagrama de Durov modificado associado com a condutividade dos pontos amostrados e dos poços presentes na bacia. Outro modo alternativo de expressão da composição química de um conjunto de águas correlacionadas é através dos chamados polígonos de relações interiônicas (BITTENCOURT,1993 - PRIC ou PRIA) onde podemos observar a situação das águas superficiais e subterrâneas da bacia do rio Itaqui em relação a água do aquífero Cárstico (figura 07). Os polígonos de relações intercatiônicas, ou seja os polígonos envolventes formados pelas retas de relações entre os cátions tangentes à nuvem de pontos no diagrama triangular de equivalentes iônicos de cada família de águas. Na referida figura, construída com dados da tabela 04, 09 a e 09b e dados das águas do aquífero cárstico, constam os PRIC das águas do rio Itaqui, dos poços tubulares profundos da bacia do rio Itaqui e, como comparação, as águas do aquífero cárstico.

Os sólidos dissolvidos foram avaliados em termos de carga transportada, com base em correlações lineares a partir dos dados da tabela 10.

Com o objetivo de se quantificar a perda das espécies em solução pelo rio, optou-se, em função da falta de dados de medições de vazão do rio Itaqui, pela utilização das medições de vazão da bacia mais próxima e dentro do mesmo contexto fisiográfico e hidrográfico, que é a bacia do rio Verde.

O procedimento adotado para se estimar as vazões no rio Itaqui por ocasião das amostragens, foi através das descargas líquidas específicas obtidas no rio Verde (nos dias de coleta de amostras do rio Itaqui), na Estação Rodeio no município de Balsa Nova. A área da bacia do rio Verde é de 258,49 km². A medida de vazão do rio Verde foi dividida pela área da bacia do rio Verde. Essa vazão passou a ser considerada a vazão do rio Itaqui e multiplicada pela área da bacia do rio Itaqui até a captação da SANEPAR onde se localiza o ponto de amostragem P9. Utilizando-se a concentração dos elementos analisados em mg/L obteve-se a

descarga de cada elemento em cada dia de amostragem em toneladas por ano (tabela 10).

A classificação de águas, quanto à qualidade, depende da finalidade a que a mesma se destinará (doméstica, industrial, consumo humano e etc.). Para cada destinação existem tabelas e parâmetros normativos reconhecidos em lei.

A Resolução CONAMA (BRASIL,2005) e a Portaria nº 518 (BRASIL,2004), classifica as águas naturais doces (com salinidade igual ou inferior a 0,5%) e estabelece as classes de usos para as mesmas e os parâmetros enquadradores da potabilidade.

As águas doces são divididas em uma *Classe Especial* na qual se enquadram as águas para abastecimento doméstico sem prévia ou com simples desinfecção, e, em águas de *Classe I*, destinadas ao abastecimento doméstico após tratamento simplificado, além de outros usos. Para uma água se enquadrar na *Classe Especial* ela deve estar totalmente isenta de coliformes, além de respeitar os parâmetros físico-químicos válidos para as águas da *Classe I*.

As normas para classificação estão baseadas na composição físico-química e biológica das águas. Uma vez determinados os elementos que se agregam à uma dada amostra d'água, ela poderá, com base nos parâmetros acima expostos ser classificada como água doce, potável e além disso, ser denominada *água mineral*.

Através da análise físico-química da água da bacia do rio Itaqui e do conhecimento da concentração dos parâmetros analisados pôde-se classificar esse corpo de água segundo as normas do CONAMA,(BRASIL, 2005) (tabela11).

4 RESULTADOS E DICUSSÃO

4.1 GEOMORFOLOGIA DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo apresenta três porções bem distintas quanto ao seu aspecto morfológico, que podem ser observados:

A- Na porção meridional predomina topografia ondulada, de colinas suavemente arredondadas. Esta porção está acentada sobre migmatitos do embasamento cristalino e argilitos da Bacia Sedimentar de Curitiba.

B- A porção setentrional é marcada por um relevo mais elevado, fortemente ondulado e montanhoso, com afloramentos de rocha, em zona de quartzitos. O embasamento desta porção da bacia são filitos e quartzitos do Grupo Açungui.

C- A porção oeste corresponde ao segundo planalto paranaense, onde o relevo é plano. A oeste da Escarpa “Devoniana” de São Luiz do Purunã, os litotipos são essencialmente constituídos por arenitos da Formação Furnas.

Os mais relevantes traços da geomorfologia local são fortemente influenciados pelas estruturas, particularmente por aquelas de origem tectônica rúptil. Dessa maneira, o rio Itaquí apresenta partes ou grande parte de seus trechos como subseqüentes ou direcionais, posto que estão encaixados em vale de falhas.

Ao longo dos lineamentos estruturais de grande extensão, são freqüentes os vales assimétricos, ratificando sua origem tectônica e litológica.

A área considerada da bacia não apresenta grandes acidentes topográficos, sendo em geral constituída por colinas arredondadas. Na porção norte e noroeste, é relativamente freqüente a morfologia de linhas de crista, condicionadas aos quartzitos do Grupo Açungui.

As planícies aluvionares praticamente não apresentam acidentes topográficos, são planas e, em muitos casos, ainda se acham em processo de sedimentação.

Com relação à altitude, observa-se a partir do modelo digital de terreno (figura04 e mapa 04- Declividade da Bacia do Rio Itaquí – Campo Largo-PR), que as maiores elevações da área ocorrem na porção N-NE, onde a cota máxima é de 1000m. Apresenta também intrusões básicas com direção geral NW que provocam o

aparecimento de boqueirões ou esporões laterais com essa direção, dependendo dos diques e da resistência das rochas encaixantes.

4.1.1 Análise Morfométrica da Bacia do rio Itaqui

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, diâmetro e, finalmente, diferenças máximas e mínimas de altitude (amplitude altimétrica). Além destas informações foram efetuados os índices relacionados à morfometria tais como : ordem , n° de segmentos, relação de bifurcação (Rb), comprimento médio de canais (Lm), relação entre o comprimento médio de canais (Rlm). Segue abaixo a relação dos resultados encontrados.

A bacia do rio Itaqui (terço superior da bacia, incluindo o afluente São Caetano) localizada no município de Campo Largo, segundo sua magnitude hierárquica corresponde a uma bacia de 5ª ordem com uma área de 57,47 Km² e um eixo de 11,90 Km (dado obtido através de um traçado no eixo do rio principal, de montante a jusante). O levantamento do número de canais da referida área resultou em 401 rios de primeira ordem, tendo sido observado no mapa de hierarquia fluvial que a predominância dos canais desta ordem ocorrem sobre rochas do Grupo Açungui. Foram constatados ainda 60 canais de segunda, 18 de terceira, 3 de quarta e um canal de quinta ordem. Possui uma densidade hidrográfica de 6,98 rios/Km² e uma densidade de drenagem de 4,4 Km/Km² . A relação é de uma alta densidade de drenagem significando que há grande número de rios na área. Este fato é devido aos solos serem mais impermeáveis, vindo a ocorrer o predomínio do escoamento superficial sobre a infiltração. A alta densidade de drenagem está associada a impermeabilidade caracterizada pela presença da Formação Guabirotuba, que apresenta composição argilosa em sua constituição sedimentológica.

A forma da bacia foi calculada pelo Fator –forma (Ff), cujo valor ficou em 0,40 km/km² . Segundo CHRISTOFOLETTI (1974) ,quando o resultado for inferior a 1,0, a forma da bacia será mais alongada, reduzindo desta forma a possibilidade de enchentes repentinas. A forma da bacia está condicionada às estruturas tectônicas

(falhas, fraturas e diques) presentes na área e a característica atípica do rio principal que corre entre dois contatos litológicos distintos observados na litoestratigrafia da área.

Quanto à amplitude altimétrica foi possível observar que a variação das cotas é relativamente pequena, porém as maiores altitudes ficam no entorno das nascentes (divisores) (mapa 04). O que se observa *in situ*, é 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, portanto, o fluxo de água permanece maior tempo sobre a superfície do solo que também apresenta característica própria, pois a área é de plantio sazonal, permanecendo em algumas épocas com o solo exposto. O fato destas áreas serem aradas e preparadas para o plantio das safras, faz com a camada abaixo da superfície remobilizada pela aragem, fique cada vez mais compactada, interferindo juntamente com a composição argilosa do solo, na capacidade de permeabilidade e infiltração da água, comprometendo a recarga do freático e dos aquíferos.

TABELA 06 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS : LINEAR, ESPACIAL E HIPSOMÉTRICA

| LINEAR | UNIDADES | VALORES |
|---|------------------------------|---|
| Relação de bifurcação | Segmentos 1ª ordem | 6,68 |
| | 2ª ordem | 3,3 |
| | 3ª ordem | 6 |
| | 4ª ordem | 3 |
| Relação entre o comprimento médio dos canais de cada ordem (Lt) | Segmentos 1ª ordem | 0,224 |
| | 2ª ordem | 1,59 |
| | 3ª ordem | 2,093 |
| | 4ª ordem | 8,04 |
| | 5ª ordem | 4,65 |
| Relação entre o índice do comprimento médio dos canais e o índice de bifurcação | Segmentos 1ª ordem | 0,03 |
| | 2ª ordem | 0,48 |
| | 3ª ordem | 0,35 |
| | 4ª ordem | 2,67 |
| | 5ª ordem | 4,65 |
| Comprimento do rio Principal | km | 18,69 |
| Extensão do percurso superficial do rio | km | 0,114/ou 11,903 medido em cima do rio pcpal |
| Eixo da bacia | km | 11,90 |
| ESPACIAL | | |
| Área da bacia | km ² | 57,47 |
| Relação entre o comprimento do rio principal e a área da bacia | km/km ² | 683,9 |
| Forma da bacia | Fator/forma/ km ² | 0,40 |
| Densidade de rios (Dd) | Rios/km ² | 6,98 |
| Densidade de drenagem (Dd) | km/km ² | 4,4 |
| Densidade de segmentos | Segmentos/Km ² | 8,4 |
| Coeficiente de manutenção | m/km ² | 228 |
| HIPSOMÉTRICA | | |
| Amplitude altimétrica máxima | m | 1030 |
| Amplitude altimétrica mínima | m | 860 |
| Amplitude | m | 170 |
| Relação de relevo (Rr) | m/Km | 9,09 |
| Índice de rugosidade (Ir) | | 745,79 |

NOTA: Dados referentes à bacia do rio Itaquí desde a nascente até a captação da SANEPAR (P9):

4.2 CLASSIFICAÇÃO DOS DOMÍNIOS/ZONAS HOMÓLOGAS

Para a classificação das zonas homólogas a área foi dividida em 3 zonas principais (zonas 1, 2 e 3) observadas na figura 05 (em anexo). Na figura 05 os pontos identificados como P2, P5, P9 e P11 caracterizam os pontos de coleta para a análise físico-química e o P1 indica a área das nascentes do rio Itaqui, lembrando que o P1 não é ponto de coleta para as análises físico-química. Estes pontos estão descritos no capítulo 2 e podem ser observados na fotos 02 e 03, 04, 05 e 06 respectivamente e foto 01 da nascente.

Com base nesta classificação são interpretadas algumas características do terreno na área em estudo.

Com base na literatura, dados prévios de campo, modelo digital de elevação e fotografias aéreas, é possível afirmar que na região as cristas de morros mais elevados são formados por quartzitos do Grupo Açungui, mas na área da bacia do rio Itaqui os morros mais elevados são de filitos . Neste caso, os mármores podem estar em cotas mais elevadas, devido a sustentação destes, por rocha mais competente (diques).

A região composta por morros semi-arredondados com vales fortemente encaixados é composta por filitos.

A tendência dos diques é ocupar zonas de fraqueza estrutural (juntas ou falhas), e o fator que determina se o mesmo ocorre como elemento positivo ou negativo é a consistência da rocha encaixante.

Com base no modelo digital de elevação, no traçado das drenagens e nos elementos texturais das fotografias aéreas, a área foi dividida em zonas homólogas e posteriormente interpretada.

A menor superfície contínua e homogênea, distinguível na imagem fotográfica e possível de repetição, é denominada elemento de textura ou elemento textural. Na análise das fotografias podemos separar diferentes graus de densidade de textura, ou seja, zonas com maior ou menor número de elementos texturais por unidade de área. As variações na textura do relevo e da drenagem constituem a propriedade e na análise da imagem, pois permite separar feições com significado diferentes ou associar feições com o mesmo significado, dado por condições naturais.

Para uma abordagem sistemática foi criada uma tabela com a indicação das características das zonas homólogas obtidas através das propriedades e padrões das drenagens da bacia do rio Itaqui (tabela 07) .

TABELA 07 – CLASSIFICAÇÃO SEGUNDO AS PROPRIEDADES E PADRÕES DAS DRENAGENS

| | | Zona Homóloga 1 | Zona Homóloga 2 | Zona Homóloga 3 |
|--------------|-----------------|---|--|--|
| PROPRIEDADES | Densidade | Alta | Média | Média /Alta |
| | Sinuosidade | Mistas | Retilíneos | Mistas |
| | Angularidade | Alta | Média | Alta a média |
| | Tropia | Bidirecional | Bidirecional a tridirecional | Bidirecional |
| | Assimetria | Fraca | Forte | Forte |
| | Formas anômalas | Cotovelo, meandros locais, curvas anômalas e meandros comprimidos | Meandros isolados, cotovelos, meandros em arco, meandros comprimidos | Meandros isolados, meandros comprimidos e cotovelo |
| | PADRÕES | Padrões existentes | Retangular reticulado | Retangular |

Fonte: Modelo de Soares et al,1976. Dados da bacia do rio Itaqui.

4.2.1 Zona Homóloga 1 (figura 5)

A drenagem principal ou maior apresenta-se condicionada ao forte padrão de alinhamento para NE. A maioria dos canais de segunda ordem apresentam-se condicionados ao padrão marcante para NW , alguns com 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 a zona homóloga II, provocado pelo metamorfismo superimposto. Segundo a descrição do mapa geológico pode-se observar grande quantidade de diques de diabásio cortando os filitos , os quartzitos e mármorees.

Para a análise da forma de relevo, os elementos fundamentais para a interpretação geológica são as rupturas de declive. Nesta área percebe-se uma densidade de texturas de relevo, consideradas médias a altas 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.

O padrão de drenagem existente e identificado nesta zona homóloga é o retangular reticulado, donde podemos concluir que possivelmente é causado pelo 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 metamórficas do Grupo Açungui.

Descrição do afloramento logo abaixo da nascente (P 2; foto 03), margem direita do rio que corresponde a zona homóloga 1.

Rocha de cor alaranjada claro, beje claro, constituído essencialmente por minerais de quartzo e sericita. Apresenta foliação Sn marcante. A foliação é definida pela orientação dos filosilicatos definindo uma clivagem ardosiana. Direção Sn $155/85 = N65 E / 85 SE$.

4.2.2 Zona Homóloga 2 (figura 5)

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 uma falha (falha do Itaqui). Observa-se uma quebra negativa ao longo do falhamento do rio principal.

As drenagens de 2ª ordem descrevem um sentido NW, sendo uma no sentido NS. As drenagens de 1ª ordem correm no sentido NE, preferencialmente.

O padrão de drenagem é assimétrico pois segundo as camadas sub-horizontais (mergulho menores de 3°) desenvolve-se relevo fortemente assimétrico, com mergulho acompanhando o declive da zona homóloga sub-horizonta; a rede de

drenagem apresenta forma bidirecional, com angularidade média, elementos curvos e retilíneos.

Apresenta anomalias do tipo 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 tectônicos 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 tendendo a retilíneos constituídos por sedimentos compostos por argilitos, arcósios e depósitos rudáceos. Confirmado segundo descrição no campo (P1 foto 01).

Descrição do afloramento na área da nascente, corte de barranco de aproximadamente 50cm: Rocha de cor cinza amarelado, constituída essencialmente por argila. Cristais de quartzo de tamanho centimétricos dispersos na matriz .

Descrição da área superficial do entorno da captação (p 9): Sedimentos inconsolidados argilos-arcosianos e arenosos, constituíntes da várzea do rio.

4.2.3 Zona Homóloga 3 (figura 5)

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 .

Descrição do afloramento próximo do ponto 11 foto 03 (+ ou - 20m) rio São Caetano. Altura da observação aproximadamente 50 cm.

Rocha de cor cinza esbranquiçado e essencialmente quartzosa, com foliação marcante (quartzito). Ao lado observa-se possível depósito de colúvio.

Descrição do ponto mais distante em área mais elevada. Afloramento na subida , visto de frente do ponto11. Rocha de cor castanho avermelhado constituída por quartzo e lamelas de muscovita orientados segundo uma xistosidade. Foliação Sn, milonítica ou filonítica, fortemente crenulada. Paralelo a xistosidade ocorrem

níveis milimétricos a centimétricos de quartzo leitoso indicando a proximidade de uma falha.



FOTO 01- Afloramento nas proximidades da nascente do rio Itaqui (P1).



FOTO 02 – Planície aluvionar do rio Itaqui no ponto 2 (P2). Ao fundo observa-se os morros de filito descrito na foto a seguir, bem como a pouca vegetação do entorno .



FOTO 03 – Afloramento no morro de filite próximo ao ponto 2 (P2).



FOTO 04 – Afloramento próximo ao ponto 5 (P5).



FOTO 05 – Afloramento descrito no ponto 5 (P5).



FOTO 06 – Afloramento descrito no ponto 11 (P11), localidade de São Caetano no afluente São Caetano a jusante das suas nascentes e próximo ao poço tubular da SANEPAR.

4.3 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS (pH)

Neste estudo, as medidas de pH (potencial hidrogeniônico) foram realizadas em períodos alternados e mais freqüentes que os demais parâmetros. Foram coletadas amostras em garrafas de dois litros e transportadas ao LPH no menor tempo possível, variando em torno de 3 horas da coleta até a medição. Na área de estudo os valores obtidos nos pontos amostrados variou entre 6,0 e 7,7 (tabela 08). Já nos poços tubulares presentes na área a variação foi de 6,8 a 8,3 (tabela 04).

O pH médio das amostras dos 11 pontos foi de 7,12. O pH mínimo foi de 6,07 no ponto 1 e o máximo é 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 de 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 acionados 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.

Portanto, conclui-se que o pH de 6,7 da nascente pode estar relacionado a litologia, bem como ao fator de tamponamento ocasionado pela presença de CO₂ e de bicarbonato dissolvidos na água. Recomenda-se que, no sistema de distribuição, o pH da água seja mantido na faixa de 6,0 a 9,5 (BRASIL, 2004). Em condições redutoras, as águas naturais tendem a transportar substâncias ferrosas, PERE'MAN (1967).

Condutividade elétrica

Os valores encontrados para os pontos amostrados ficaram entre 36,6 µS/cm a 120µS/cm (tabelas 11 e 06) . Na análise da condutividade pode-se observar um aumento linear da nascente em direção a captação e também o aumento dos STD.

Os valores dos poços presentes na bacia variaram entre 122µS/cm e 291µS/cm (tabela 04) .

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 das terras para as culturas de verão. O ponto 8 deve receber a carga de íons dissolvidos 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 nas margens, nos períodos de chuva. Os pontos 10 e 11 localizam-se no afluente São Caetano, onde a fábrica de Cimento Itambé explora as minas de filito. As nascentes deste afluente originam-se na Formação Furnas (Grupo Paraná), passando pelo Grupo Açungui, ou seja, a maior concentração de íons dissolvidos e o aumento da condutividade pode estar relacionada aos arenitos, filitos, quartzitos, pertencentes a estas formações.

4.3.1 Parâmetros Físicos

Turbidez

A água da bacia do rio Itaqui, apresenta valores de turbidez que variam de 6 UNT a 36 UNT (tabela 07 a e b). Os poços presentes na área de estudo apresentam valores menores que 1 UNT (tabela 04).

Com relação a turbidez, as amostras que apresentaram teores mais elevados foram as do ponto 2 e ponto 9. 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 deve justificar o aumento da turbidez. Outro fator observável é que houve aumento da turbidez associadas ao aumento da precipitação que provoca uma lavagem da superfície carreando os sedimentos do solo. Pode-se observar na tabela 09 a e 09b, que a ocorrência de maior concentração de ferro está no ponto 2, a montante deste ponto estão localizadas as nascentes do rio e parte da área do entorno é usada para plantações sazonais, sofrendo remobilização do solo exposto periodicamente. A presença do ferro deve estar associada a ocorrência de alguns diques de diabásio presentes na região. O ferro deve ser responsável também pelo aumento de turbidez.

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 08).

Os pontos que apresentaram as maiores médias de temperatura da água foram o ponto 9,10 e 11 registrando temperaturas em torno dos 17º C. Nas margens destes 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, podem ser responsáveis pela alteração da temperatura da mesma.

A menor temperatura da água encontrada, foi no ponto 1, alcançando 12,5º C, medida esta realizada no final do mês de junho, portanto início do inverno (tabela 05).

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, sabendo-se que essas temperaturas mais elevadas ocorrem nas amostras registradas no verão onde o nível pluviométrico (figura 02 e 03, tabela 01) esteve acima da média para a região, em torno de 152,4 mm.

4.3.2 Parâmetros Químicos

Dureza Total

Nas amostras de água da bacia do rio Itaqui, os valores obtidos para dureza total (tabela classificação físico-química) demonstram que as águas podem ser caracterizadas como muito brandas, segundo a classificação da tabela 06. Já os poços tubulares apresentam variações na classificação da água indo de muito brandas a medianamente duras (146,1mg/L de CaCO_3) (tabela04).

A dureza total está relacionada com o aumento da concentração de cálcio, magnésio e bicarbonato. Dentre os pontos analisados neste trabalho, os pontos 9 e 11 apresentam os teores de Ca, Mg e HCO_3^- mais elevados deste elementos. As análises físico-químicas demonstram que a concentração de bicarbonato aumentou da nascente em direção ao ponto 9 na captação. Isso quer dizer que houve a solubilização destes elementos ao longo desta área, associada aos períodos de maior precipitação.

Sílica (SiO_2)

Com relação à concentração de sílica dissolvida, pode-se dizer que, apesar da pouca mobilidade da mesma, ela ocorre em quantidades significativas nos pontos 9 e 11 respectivamente 9,8 e 17,5 mg/L. A sua ocorrência deve-se possivelmente aos litotipos da área que apresenta dolomitos, quartzitos, filitos e outros silicatos.

Para águas subterrâneas coletadas em poços tubulares presentes na bacia, o teor de sílica varia de 7,6 mg/L a 14,4mg/L (tabela04).

Bicarbonato/carbonato ($\text{HCO}_3^-/\text{CO}_3^-$)

Como já foi dito, pelo fato de se encontrar pH abaixo de 7,8 não ocorre a 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 e segundo HINDI (1999) ocorre a mesma característica em todas as bacias estudadas. Observa-se na análise da água, que a

concentração de bicarbonato aumenta da nascente em direção à captação e também apresenta –se mais concentrada 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 o papel que a dissolução de rochas carbonáticas tem também no teor de HCO_3 nas águas.

Fosfato (PO_4)

O fosfato 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. Período com pouca precipitação. Existe no local da amostragem mais ou menos três casas, talvez a presença de esgoto destas casas colabore para aumentar a concentração de fosfato vindo do uso de detergentes nas casas.

Cloreto (Cl^-)

Na área de estudo 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, pois existem chácaras com criação de pequenos animais, como ovelhas, caprinos, suínos e alguns haras. O ponto 9 caracteriza a área da captação da SANEPAR, onde existe uma ocupação desordenada bem intensa, principalmente nas margens e áreas de várzea.

Nas áreas onde ocorre maior concentração de cloretos justifica-se a sua presença pela grande quantidade de efluentes domésticos e industriais.

No ponto 11, área do afluente São Caetano, a concentração de cloreto é menor e não ocorre associada ao aumento de nitrato, apenas o sódio aumenta sua concentração apesar de receber descarga de esgoto nesta região.

Cálcio (Ca^{++}) e Magnésio (Mg^{++})

Na área em questão, o cálcio 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. O ponto com maior teor é o ponto 11, do afluente São Caetano. Os teores de cálcio descritos na análise dos poços tubulares presentes na bacia estão entre 10,27mg/L e 29,42mg/L. O mesmo se verifica com o magnésio, tendo mínimo de 60,3mg/L e máximo de 17,67mg/L. A presença do cálcio e do magnésio está relacionada à alteração das rochas contendo minerais magnesianos e do tempo de interação entre a água e a rocha como no caso de dolomitas presentes nos litotipos descritos na área de estudo. Ou esteja associado as montmorilonitas presentes no solo constituintes da Formação Guabirotuba.

Nitrato (NO_3^-)

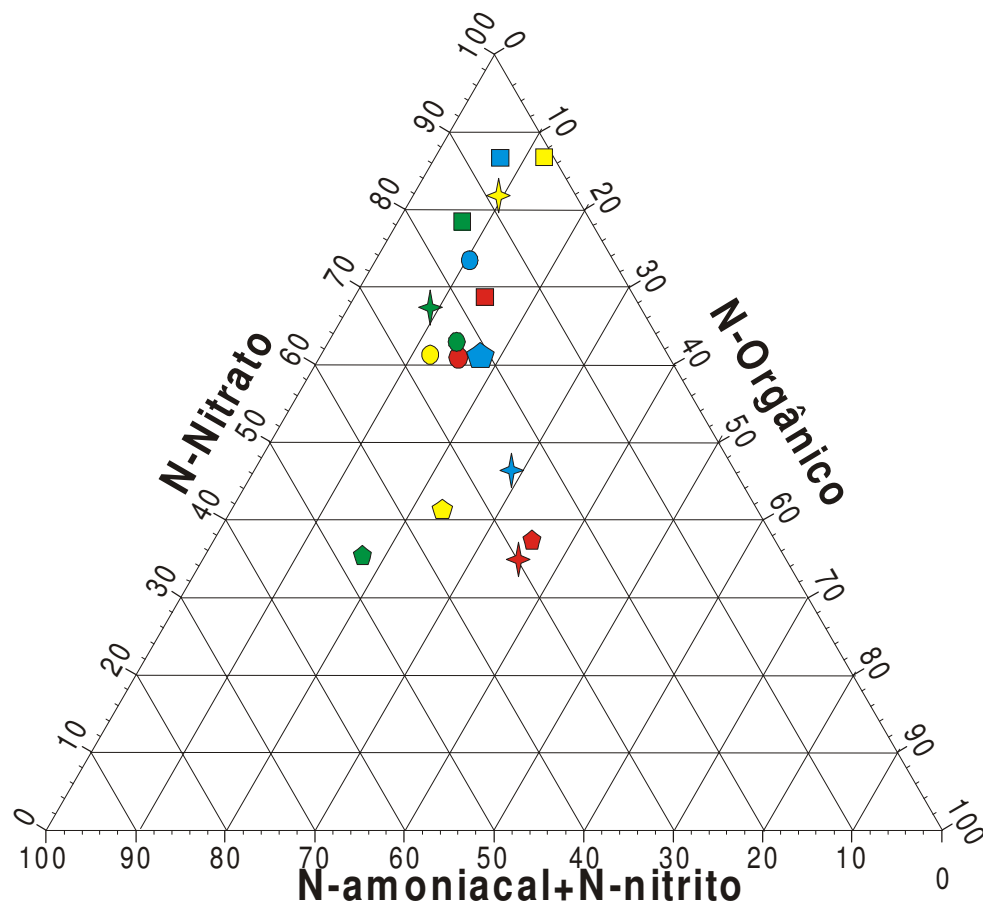
Apesar de ser um dos componentes indesejáveis na água, o conteúdo de nitrato das amostras analisadas apresenta-se bastante elevado nos pontos 5 e 9 durante o inverno e primavera, diminuindo consideravelmente no verão. Acredita-se que essa diminuição deve-se ao fato de ter aumentado a ocorrência de chuvas e diminuído o uso de agroquímicos usados nas lavouras de época. É possível que a origem do nitrato esteja associada a efluentes domésticos produzidos na área ocupada desordenadamente no entorno do ponto 9, uma vez que ocorrem associados a outros indicadores de contaminação por esgoto como Cloretos 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 08) observa-se que nos pontos 2 e 11 a ocorrência de nitritos é mais significativa formando um grupo mais isolado no gráfico. Pode significar que a presença deste nitrito seja de efluentes recentes associados a área com chácara de criação de pequenos animais e plantações sazonais no ponto 2 e no ponto 9 deve tratar-se pelo

fato de existir ocupação no entorno do rio por um núcleo de habitações que não tem rede de esgoto. O ponto 5 apresenta maiores concentrações de nitrato provindo da contaminação a montante (P 2) e o ponto 9, área da captação da SANEPAR, mantém a mesma freqüência de concentração deste elemento durante todo o período amostrado. A presença deste nitrato indica que a contaminação é permanente e ocorre a longo prazo.(mapa 02)

Análise Bacteriológica

As análises bacteriológicas indicaram que as maiores concentrações de coliformes fecais e totais ocorreram no período do inverno e em todos os pontos amostrados, tendo nos pontos 9 e 11 as maiores concentrações 9 (mapa 02). 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. Segundo o CONAMA, (BRASIL, 2005) a concentração de bactérias na água da bacia do rio Itaquí é bastante variada ao longo do período amostrado inviabilizando a água para variados usos. A grande causadora desta contaminação é a falta da rede de esgoto nas áreas mais afetadas, comprometendo ainda mais a água utilizada para o tratamento e abastecimento do município.

FIGURA 08 – DIAGRAMA DE CORRELAÇÃO DO NITROGÊNIO DOS PONTOS AMOSTRADOS NA BACIA DO RIO ITAQUI



(continua)

TABELA 09a – ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DOS 4 PONTOS AMOSTRADOS NA BACIA DO RIO ITAQUI – CAMPO LARGO – PR

| PONTOS | UNIDADE | P 2 | P 5 | P 9 | P11 | P 2 | P 5 | P 9 | P 11 |
|-------------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|---------|---------|---------|
| DATA | | 30/07/03 | | | | 06/11/03 | | | |
| pH | | 7.50 | 7.74 | 7,41 | 7,60 | 7.14 | 7.51 | 7.69 | 7.36 |
| Condutivid | μS/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 | 20.70 | 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 | 0.10 | 0.48 | 0.35 | 0.24 | 0.11 | 0.20 | 0.13 |
| Nit orgân | mg/L | 0.07 | 0.14 | 0.27 | 0.28 | 0.28 | 0.10 | 0.15 | 0.10 |
| 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 | 8.0 | 8.6 | 8.1 | | | | |
| Bicarbon | mg/L | 13.28 | 22.70 | 25,36 | 54,35 | 21.74 | 30.19 | 45,89 | 62,80 |
| Cloreto | mg/L | 3.50 | 4.27 | 4,66 | 2,61 | 3.60 | 4.22 | 5,33 | 2,72 |
| Fosfato | mg/L | 4.20 | 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 | 4.00 | 5.67 | 5,67 | 12,96 | 4.50 | 5.39 | 7,09 | 17,17 |
| Magnésio | mg/L | 1.84 | 1.75 | 2,84 | 1,40 | 2.30 | 3.40 | 3,67 | 1,24 |
| Sódio | mg/L | 1.20 | 1.60 | 3,10 | 4,00 | 1.30 | 1.40 | 4,20 | 6,00 |
| Potássio | mg/L | 0.70 | 0.90 | 1.10 | 1.80 | 0.90 | 0.55 | 1,35 | 2,20 |
| Ferro total | mg/L | 1.05 | 0.71 | 0.96 | 0.96 | 3.80 | 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 | * | 8164.0 | >24192.0 | >24192.0 | >24192.0 | 1413.6 | 1986.28 | >2419.2 | 2419.17 |
| Col.fecais | * | 1789.0 | >24192.0 | 4611,0 | 12996,5 | 23.1 | 34.1 | 58,8 | 157,6 |

*NMP/100 mL (E. COLI - COLIFORME FECAIS)

CO₃ - Quantidade de carbonato não foi suficiente para ser detectado

OH - Quantidade de hidróxido não foi suficiente para ser detectado

Obs.: Amostragem série inverno/primavera de 2003 e verão 2004

(conclusão)

TABELA 09b – ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DOS 4 PONTOS AMOSTRADOS NA BACIA DO RIO ITAQUI – CAMPO LARGO – PR

conclusão

| PONTOS DATA | UNIDADE | 02/03/04 | | | | 02/06/04 | | | |
|----------------|---------|----------|--------|---------|---------|----------|-------|--------|--------|
| | | P 2 | P 5 | P 9 | P 11 | P 2 | P 5 | P 9 | P 11 |
| pH | | 7.28 | 7.48 | 7.42 | 7.68 | 6.91 | 7.19 | 7.66 | 7.42 |
| Condutivid | µS/cm | 48.5 | 51.6 | 73,3 | 90,8 | 47.4 | 57.1 | 74.2 | 120.1 |
| Turbidez | UT | 36 | 7 | 18 | 13 | 12 | 10 | 13 | 10 |
| Alcal.Total | mg/L | 22.22 | 35.35 | 29,29 | 46,46 | 11.31 | 15.15 | 21.41 | 48.38 |
| Dureza tot | mg/L | 21.66 | 24.39 | 33,80 | 39,27 | 18.67 | 22.19 | 26 | 43.97 |
| Nit K.total | mg/L | 0.52 | 0.17 | 0.24 | 0.19 | 0.20 | 0.24 | 0.90 | 0.19 |
| Nit amonia | mg/L | 0.23 | 0.09 | 0.12 | 0.07 | 0.14 | 0.18 | 0.31 | 0.14 |
| Nit orgân | mg/L | 0.29 | 0.08 | 0.12 | 0.12 | 0.06 | 0.06 | 0.22 | 0.05 |
| Sól.t.a103 | mg/L | 35 | 49 | 50 | 73 | 35 | 41 | 52 | 76 |
| Sól susp t | mg/L | 8 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 |
| Sól diss t | mg/L | 35 | 49 | 50 | 73 | 35 | 41 | 52 | 76 |
| Sílica diss | mg/L | 6.9 | 7.0 | 16.5 | 9.3 | 7 | 7.1 | 8.3 | 13.7 |
| DQO | mg/L | 12 | <10 | 32 | <10 | <1 | 5 | <1 | <1 |
| DBO | mg/L | 5.4 | <10 | 18 | <10 | <1 | 2 | <1 | <1 |
| OD | mg/L | 6.4 | 7.4 | 6,0 | 6.8 | 6.6 | 7.1 | 7.2 | 7 |
| Bicarbon | mg/L | 27.11 | 43.13 | 35,73 | 56,68 | 13.80 | 18.48 | 26.12 | 59.02 |
| Cloreto | mg/L | 1.50 | 2.35 | 3,95 | 1.95 | 2.90 | 8.10 | 10.00 | 2.13 |
| Fosfato | mg/L | 0.21 | 0.10 | 0.14 | 0.13 | 4.92 | 0.37 | 0.24 | 0.09 |
| Sulfato | mg/L | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 |
| Ntrato | mg/L | 1.24 | 1.77 | 1,99 | 0,57 | 1.94 | 4.73 | 4.69 | 0.49 |
| Nitrito | mg/L | 0.03 | 0.01 | 0,15 | 0,07 | 0.04 | 0.10 | 0.30 | 0.03 |
| Cálcio | mg/L | 4.14 | 4.99 | 7,63 | 12,29 | 3.36 | 4.82 | 5.71 | 13.45 |
| Magnésio | mg/L | 2.76 | 2.90 | 3,59 | 2,09 | 2.50 | 2.26 | 2.87 | 2.57 |
| Sódio | mg/L | 1.20 | 3.00 | 3,60 | 4,10 | 2.50 | 1.40 | 2.60 | 5.40 |
| Potássio | mg/L | 0.60 | 1.30 | 1,30 | 1,70 | 0.80 | 1.20 | 1.20 | 2.30 |
| Ferro total | mg/L | 4.50 | 0.71 | 1.10 | 1.15 | 0.91 | 1.18 | 1.32 | 0.67 |
| Alumínio | mg/L | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | ND | ND | ND | ND |
| Manganês | mg/L | 0.07 | <0.01 | <0.01 | 0.03 | 0.01 | 0.04 | 0.02 | 0.12 |
| Zinco | mg/L | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | ND | ND | ND | ND |
| Col.totais | * | 63.0 | 8164.0 | 17328,7 | 24191,7 | 2481 | 8164 | >24192 | >24192 |
| Col.fecais | * | 20.0 | 3076.0 | 272.0 | 4106.0 | 109 | 2460 | 933 | 8664 |

CO₃ - Quantidade de carbonato não foi suficiente para ser detectado

OH - Quantidade de hidróxido não foi suficiente para ser detectado

Obs.: Amostragem série verão/outono de 2004

4.4. CLASSIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO HIDROQUÍMICA DA ÁGUA

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 e de Stiff (figura 06 e 09). É possível notar a totalidade dos pontos do rio e os poços tubulares produzindo águas bicarbonatadas cálcio-magnesianas, com exceção de um poço, o do Presser (tabela 04) que se encontra no divisor da bacia e apresenta uma concentração de bicarbonato bem menor, pH mais baixo e o sódio mais elevado em relação ao potássio admite-se a correlação com nova litologia, desde que se observe a profundidade avançada deste poço e sabendo-se que abaixo encontra-se o Complexo Gnáissico-migmatítico ou Complexo Atuba e além disso sabe-se que o aquífero Furnas presente na área da nascente do afluente São Caetano tem 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 08),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 aumento das concentrações destes elementos (figura 07).

No diagrama de Durov é evidente a existência de 2 grupos distintos de águas (figura 06). A água do rio Itaqui , a água do afluente São Caetano, identificado como o ponto 11 no referido trabalho. 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 apenso ao Diagrama de Durov (figura 06).

Estes fatos permitem inferir que na área de estudo, a recarga da água do rio deve ser realizada pela infiltração e percolação das águas de chuva e do escoamento superficial, além da água subterrânea que deve manter o rio nos períodos de seca, pois as características geomorfológicas da área do Grupo Açungui nos permite 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 pelas 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 a jusante das nascentes representa a contribuição crescente das reações de hidrólise, pela ação do ácido carbônico e pela dissolução das dolomitas através da passagem da água no subsolo, nas fraturas e diáclases e pelos dolomitos localizados nas diferentes profundidades, produto dos dobramentos e da tectônica da região.

FIGURA 06 – DIAGRAMA DE DUROV MODIFICADO DOS PONTOS AMOSTRADOS NA BACIA DO RIO ITAQUI CORRELACIONADO COM A CONDUTIVIDADE

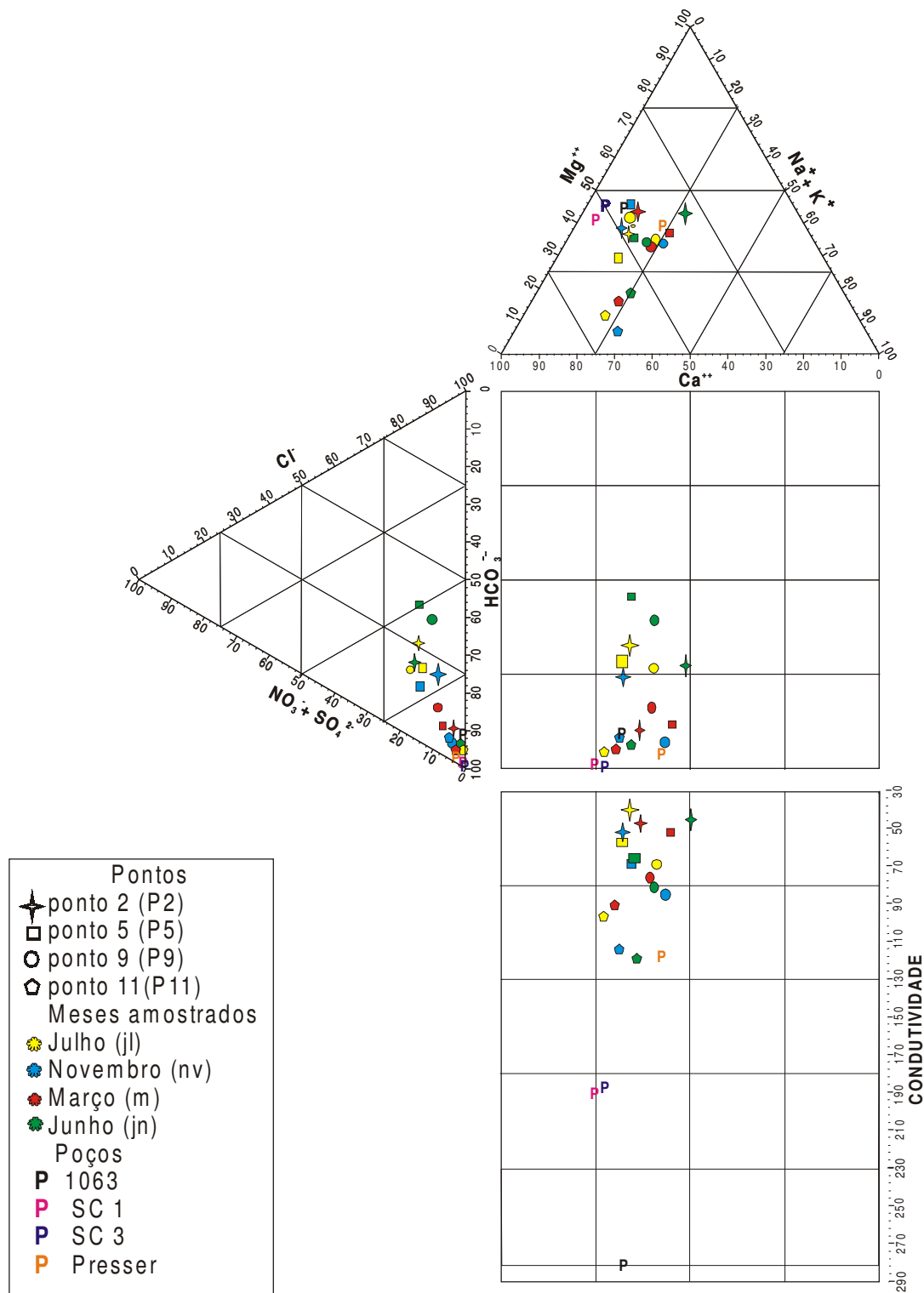
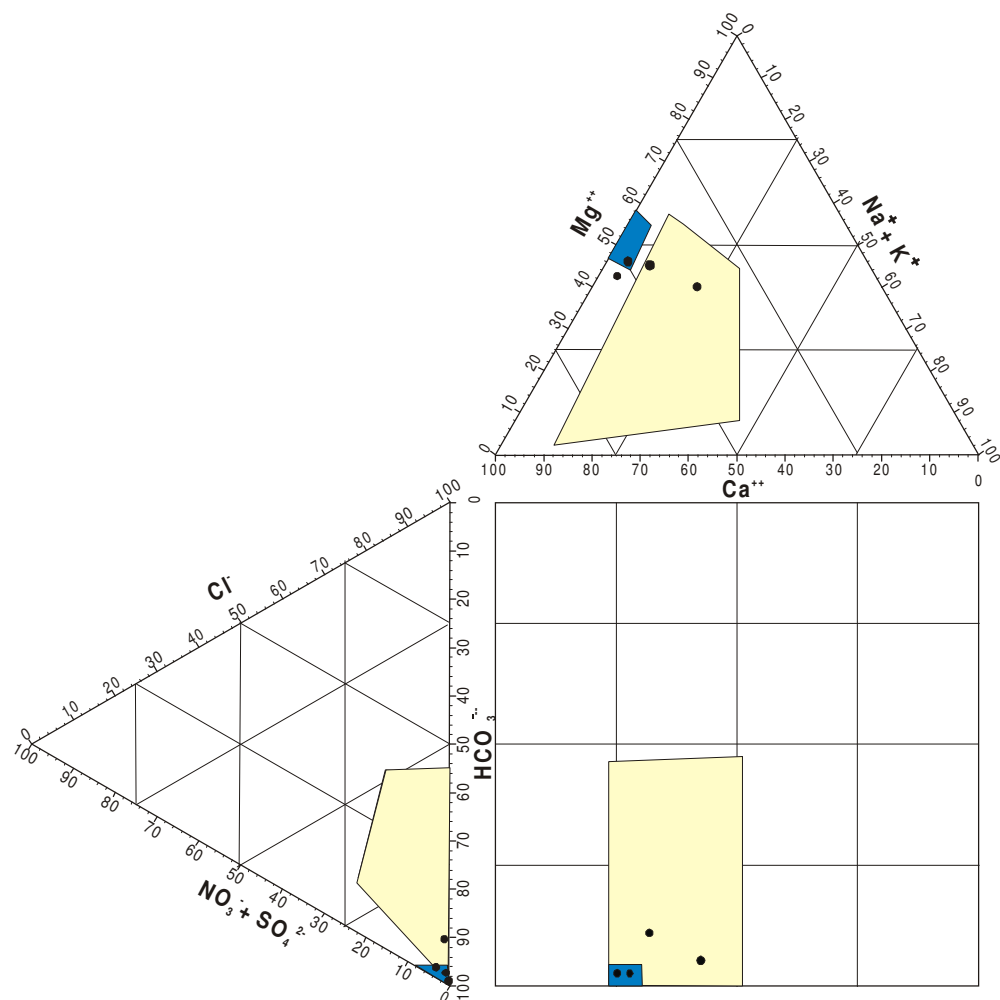


FIGURA 07 – SITUAÇÃO DAS ÁGUAS SUPERFÍCIAS E SUBTERRÂNEAS DA BACIA DO RIO ITAQUI EM RELAÇÃO A ÁGUA DO AQUIFERO CÁRSTICO



- Águas do rio Itaqui
- Poços tubulares na bacia do rio Itaqui
- Águas do Aquífero Cárstico

Nota: Águas do Aquífero Cárstico conforme análises de BONACIM (1996) e HINDI (1999)

(continua)

FIGURA 09a – DIAGRAMA DE STIFF DOS PONTOS AMOSTRADOS E DOS POÇOS DA ÁREA DA BACIA DO RIO ITAQUI

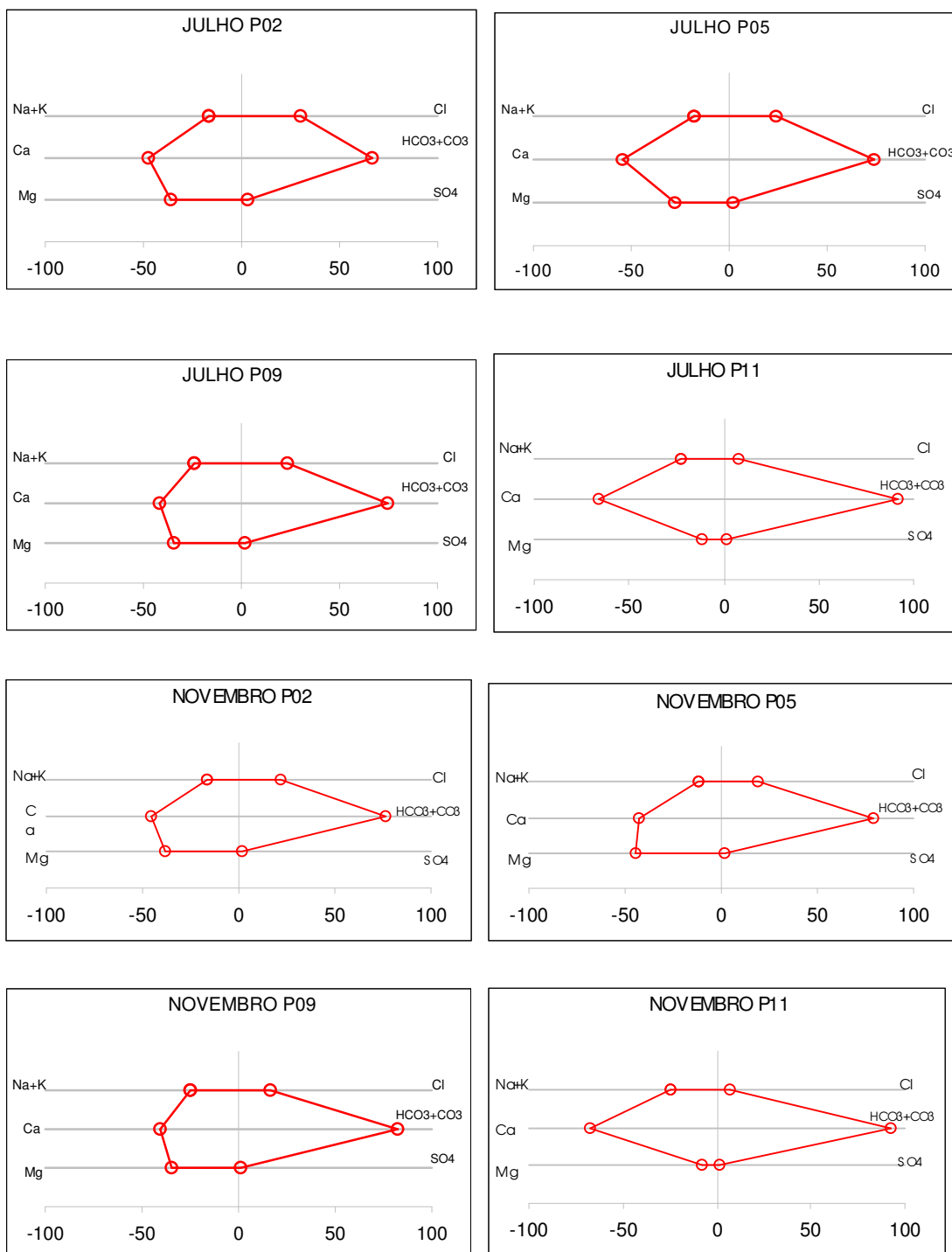


FIGURA 09b – DIAGRAMA DE STIFF DOS PONTOS AMOSTRADOS E DOS POÇOS DA ÁREA DA BACIA DO RIO ITAQUI

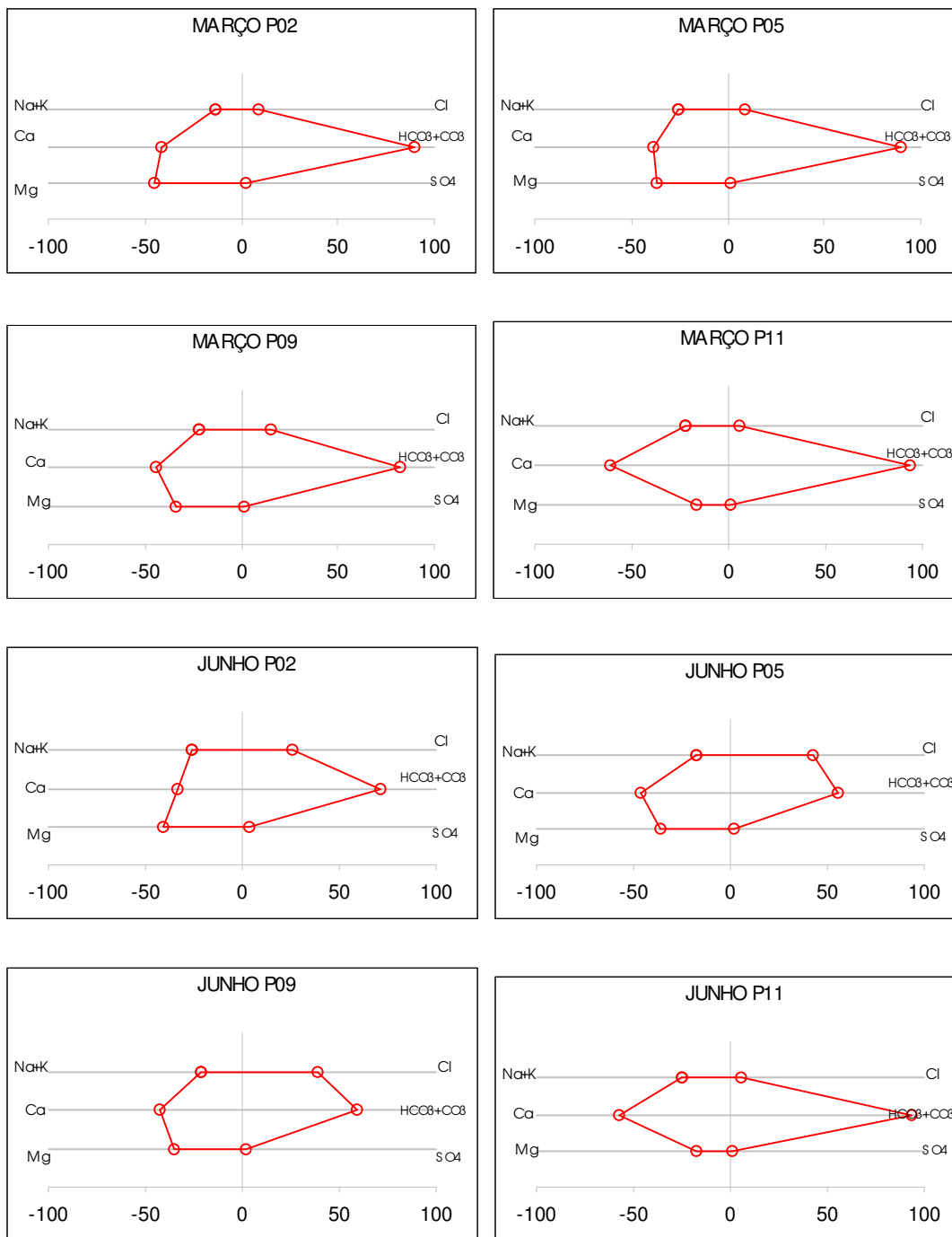


FIGURA 09c– DIAGRAMA DE STIFF DOS PONTOS AMOSTRADOS E DOS POÇOS DA ÁREA DA BACIA DO RIO ITAQUI

Para identificar a influência das unidades carbonáticas do Grupo Açungui na qualidade hidroquímica da água da bacia do rio Itaquí, utilizou-se os dados dos poços tubulares profundos existentes e em funcionamento na bacia. Os poços utilizados no presente estudo estão cadastrados na SANEPAR e são utilizados como recurso

complementar no abastecimento da região composta pelo sistema produtor de água da Sede Municipal de Campo Largo.

Através da estimativa da vazão do rio Itaqui calculou-se a perda das espécies em solução na água em toneladas por ano (tabela 10). Os sólidos dissolvidos foram avaliados em termos de carga transportada, com base em correlações lineares a partir de dados da tabela 08. Foi dada ênfase ao transporte dos cátions presentes nas águas, visto que os mesmos, têm nas rochas sua fonte principal. A descarga total dos elementos considerados na bacia efetiva do rio Itaqui é de 2.348 toneladas/ano, entre o período de julho de 2003 a junho de 2004 ano, sendo 699 de cálcio, 347 de magnésio, 348 de sódio, 136 de potássio, 818 de cloreto por km^2 . Todos os cálculos foram realizados na área da captação P9 que engloba a área total percorrida pela água desde a nascente.

Os dados e informações levantados durante este estudo permitiu a classificação deste corpo de água segundo as disposições e diretrizes ambientais do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA – (BRASIL,2005).

A água do rio Itaqui na maior parte do período amostrado se enquadra como água doce de classe 1, sendo estas águas destinadas a :

- abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;
- à proteção das comunidades aquáticas;
- à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA – (BRASIL, 2000);
- à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e
- à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.

Mas alguns parâmetros como DBO e o Fe alteram consideravelmente essa classificação passando a classificação para classe 3 e 4. Estes parâmetros podem ser modificados com algumas alterações no uso e ocupação desta bacia.

TABELA 10 – PERDA DAS ESPÉCIES EM SOLUÇÃO (t/ano) NA BACIA DO RIO ITAQUI-CAMPO LARGO – PR

| DATA | VAZÃO ($\text{m}^3/\text{s}/\text{Km}^2$) | PARÂMETRO | mg/L | DESCARGA($\text{t}/\text{ano}/\text{km}^2$) |
|------|--|------------------|------|---|
| | | Ca^{2+} | 5,67 | 119 |

| | | | | |
|------------------|-------|------------------------------|------|------|
| 30/07/03 | 0,667 | Mg ²⁺ | 2,84 | 59 |
| | | Na ⁺ | 3,1 | 65 |
| | | K ⁺ | 1,1 | 23 |
| | | Cl ⁻ | 4,66 | 98 |
| | | NO ₃ ⁻ | 5,75 | 120 |
| | | PO ₄ ⁻ | 0,13 | 2 |
| | | STD | 44 | 925 |
| | | SiO ₂ | 6,7 | 140 |
| 6/11/03 | 0,540 | Ca ²⁺ | 7,09 | 120 |
| | | Mg ²⁺ | 3,67 | 62 |
| | | Na ⁺ | 4,2 | 71 |
| | | K ⁺ | 1,35 | 22 |
| | | Cl ⁻ | 5,33 | 90 |
| | | NO ₃ ⁻ | 4,55 | 77 |
| | | PO ₄ ⁻ | 0,17 | 2 |
| | | STD | 64 | 1090 |
| SiO ₂ | 9,8 | 167 | | |
| 2/03/04 | 0,593 | Ca ²⁺ | 7,63 | 143 |
| | | Mg ²⁺ | 3,59 | 67 |
| | | Na ⁺ | 3,6 | 67 |
| | | K ⁺ | 1,3 | 24 |
| | | Cl ⁻ | 3,95 | 74 |
| | | NO ₃ ⁻ | 1,99 | 37 |
| | | PO ₄ ⁻ | 0,14 | 2 |
| | | STD | 50 | 935 |
| SiO ₂ | 9,3 | 174 | | |
| 02/06/04 | 1,766 | Ca ²⁺ | 5,71 | 318 |
| | | Mg ²⁺ | 2,87 | 160 |
| | | Na ⁺ | 2,6 | 145 |
| | | K ⁺ | 1,2 | 67 |
| | | Cl ⁻ | 10 | 557 |
| | | NO ₃ ⁻ | 4,7 | 261 |
| | | PO ₄ ⁻ | 0,24 | 13 |
| | | STD | 52 | 2896 |
| SiO ₂ | 8,3 | 462 | | |

TABELA 11- CLASSIFICAÇÃO SEGUNDO A QUALIDADE DA ÁGUA DA BACIA DO RIO ITAQUI NOS PERÍODOS AMOSTRADOS SEGUNDO CONAMA 03/2005 E MINISTÉRIO DA SAÚDE 03/2004 PONTO 09 CAPTAÇÃO

| DATA | | 30/07/03 | | 06/11/03 | | 02/03/04 | | 02/06/07 | |
|----------|-----------|----------|--------|----------|--------|----------|--------|----------|--------|
| VARIÁVEL | CONAMA ** | VALOR | CLASSE | VALOR | CLASSE | VALOR | CLASSE | VALOR | CLASSE |

| | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------|----------|-----|--------|-----|-------|-----|----------|-----|
| pH | 6 a 9 | 7,41 | I | 7,36 | I | 7,42 | I | 7,66 | I |
| STD(mg/L) | 500 | 44 | I | 64 | I | 50 | I | 52 | I |
| Turbidez(UT) | Até 40 | 9 | I | 8 | I | 18 | I | 13 | I |
| Na ⁺ (mg/L) | 200 | 3,1 | I | 4,2 | I | 3,6 | I | 2,6 | I |
| NO ₃ ⁻ (mg/L) | 10,0 | 5,75 | I | 4,55 | I | 1,99 | I | 4,69 | I |
| NO ₂ ⁻ (mg/L) | 1,0 | 0,24 | I | 0,12 | I | 0,15 | I | 0,3 | I |
| Cl ⁻ (mg/L) | 250 | 4,66 | I | 5,33 | I | 3,95 | I | 10,0 | I |
| DBO(mg/L) | Até 3 | 0,5 | I | 0,5 | I | 18 | IV | 0,5 | I |
| OD(mg/L) | Não <6 | 8,6 | I | 7,5 | I | 6 | I | 7,2 | I |
| Fe total(mg/L) | 5 | 0,96 | III | 2,9 | III | 1,1 | III | 1,32 | III |
| Coliformes totais | 2500col/100ml * | +24192,0 | III | 2419,2 | III | 17329 | III | +24192,0 | III |

NOTA : ** Classe de águas doces
* Coliformes NMP/100ml

5 CONCLUSÃO

O levantamento e a caracterização dos fatores físicos naturais como a geologia , a rede de drenagem, a litologia , a vegetação e o clima permitiram um conhecimento mais detalhado da área de estudo.

A bacia do rio Itaqui corresponde a uma bacia de 5^a ordem com uma área de 57,47 Km² , incluindo o afluente São Caetano. Apresenta uma alta densidade de drenagem com um grande número de rios devido ao fato da área apresentar inúmeras falhas condicionando os canais das diversas ordens e dos solos apresentarem uma constituição argilosa, típica da Formação Guabirotuba. Portanto esses solos são mais impermeáveis facilitando o escoamento superficial e diminuindo a infiltração.

A forma da bacia está condicionada às estruturas tectônicas (falhas, fraturas e diques) presentes na área. O rio principal corre no contato entre dois litotipos distintos, o Grupo Açungui e a Formação Guabirotuba, o que condiciona a forte assimetria da bacia.

O uso e a ocupação da bacia foram condicionados pela geologia atípica da mesma, comprometendo as áreas exploradas predominantemente na Formação Guabirotuba e a extinção das matas de galeria na margem situada no Grupo Açungui. A ocupação das áreas pelo acesso facilitado e a ocupação das várzeas para a construção das moradias, acarreta grande contaminação por efluentes domésticos e depósitos por descarte de lixo .

A água da bacia é classificada segundo seus íons dominantes como bicarbonatada cálcio-magnésiana. Face a presença de dolomitos na bacia e a solubilidade destas em relação aos demais componentes litológicas, o quimismo desta água é ditado pelo material liberado dos referidos litotipos.

A análise dos parâmetros selecionados para o estudo demonstraram que a presença do bicarbonato, cálcio e magnésio em maiores concentrações deve-se à constituição dos litotipos presentes na área, ou seja, nos mármores dolomíticos, quartzitos e filitos da Formação Capirú (Grupo Açungui).

As proporções entre os cátions maiores em solução não se altera regularmente durante o ano. As variações dos parâmetros analisados sazonalmente não são significativas, ocorrendo apenas o aumento da concentração de bicarbonatos nos períodos de maior precipitação no rio Itaqui.

Observou-se nas análises físico-químicas da bacia que existem dois tipos distintos de águas através das concentrações, 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 observado na figura 06.

Os parâmetros que sofrem alterações pelo uso e ocupação da bacia são o Nitrato, o nitrito e as altas concentrações de bactérias coliforme fecais e totais, comprometendo a qualidade da água da bacia principalmente nos pontos 5 e 9, sendo que a água é utilizada para abastecimento público.

A ausência de mata ciliar nas nascentes e nas margens dos locais onde se realizam os plantios sazonais, é responsável pelo grande aporte de sedimentos no rio principalmente nos períodos de muita chuva.

As águas produzidas pelos poços existentes na bacia do rio Itaqui, assentados sobre as rochas da Formação Capirú, são classificadas como bicarbonatada cálcio-magnésianas, semelhantes, portanto, às características químicas das águas superficiais. Observam-se diferenças apenas nos teores elementos, sendo esses mais elevados 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 Capirú.

Dentre os poços estudados observa-se no poço Presser, a diminuição da concentração do bicarbonato, cálcio e magnésio e aumento do sódio, potássio, do cloreto e a alta concentração de sílica. O aumento da sílica e a presença de fluoreto nesse poço, cuja profundidade é de 170m indica que suas águas têm sua origem no Complexo Atuba.

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.

Através da quantificação da perda das espécies em solução pelo rio pode-se estimar o transporte dos íons visto que os mesmos, junto com a sílica, têm nas rochas sua fonte principal. Os valores das descargas anuais em toneladas variou em

relação a maior precipitação, ocorrida próximo ao período da coleta da água para análise dos íons (tabela 09 a e b). Os íons Ca, Cl e NO_3 apresentaram as maiores decargas no período analisado sendo respectivamente 700, 819 e 495 ton/ano. O mesmo não ocorreu com a sílica, 943 ton/ano. Os resultados das taxas das descargas anuais nos leva a concluir que a produção de sedimentos pela bacia está relacionada ao tipo de alteração geoquímica, sobretudo, quando os minerais se intemperizam simultaneamente, liberando sua carga solúvel de uma maneira relativamente rápida.

A rede hidrográfica da bacia do rio Itaqui sofre um notável condicionamento estrutural provocado pelo sistema de falhamentos NE/SW e NW/SE, cujos lineamentos e dobramentos produzem um acamamento das unidades litoestratigráficas características da área da bacia, permitindo que a circulação da água por estas unidades solubilizando os elementos e incorporando-os à água. O total de massa retirado dessas rochas é de aproximadamente 3,8 toneladas/ano, conforme tabela 10.

De acordo com a Resolução CONAMA (BRASIL, 2005) e o Ministério da Saúde, 2004 o rio Itaqui situa-se na classe IV. A classificação da água do rio alterou-se durante o período em que foram feitas as coletas, apenas com relação a DBO (18mg/L), na data de 02/03/04, período de maior precipitação. Os parâmetros que enquadram o rio na classe III durante todo o período amostrado foram o Fé e a concentração de coliformes totais (tabela 11). Esses valores nos permite inferir que, a água da bacia pode ser utilizada com menor custo benefício pela empresa de tratamento e para outros fins, conforme sua classificação, se as áreas de contaminação forem eliminadas através do manejo adequado da mesma.

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 sugerir a existência de três áreas distintas dentro dessa bacia. A primeira é a que compreende as nascentes e o ponto 05. Esse trecho é o que apresenta maior fragilidade, em função da ausência da mata ciliar e pela existência de áreas de plantio.

A segunda área compreende o ponto 5 e a captação da SANEPAR. Nesta área é necessária a conscientização dos proprietários de chácaras, pequenos

criadores, moradores da área ocupada no entorno da captação e na várzea do rio, juntamente com os órgãos competentes do município de Campo Largo para a importância da criação de uma rede de esgoto e da recuperação da mata ciliar da várzea.

A terceira área abrange todo o afluente São Caetano, sendo o ponto mais crítico o trecho próximo ao ponto 11. A inexistência da rede de esgoto na localidade de São Caetano é responsável pelas alterações da tipologia química da água desta bacia.

6 RECOMENDAÇÕES

Algumas sugestões podem ser feitas com o objetivo de melhorar o uso e ocupação e o gerenciamento da bacia hidrográfica do rio Itaqui .

- Conservação e reflorestamento da mata ciliar com recomposição da cobertura vegetal mínima conforme legislação;
- Incentivo ao desenvolvimento de agricultura orgânica, de modo a restringir o uso de agroquímicos;
- Controle com restrição à ocupação urbana e industrial na área da bacia;
- Remoção das ocupações desordenadas na várzea do rio;
- Instalação da rede de esgoto nos locais sugeridos;
- Monitoramento constante em termos de vazão e de qualidade da água.
- Criação de programa de conservação e fiscalização por parte dos proprietários de chácaras da região orientado pelos órgãos competentes da prefeitura do Município de Campo Largo.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, F.F.M. (1967). Origem e evolução da plataforma brasileira. **Boletim DNPM/DGM**, 241, 36p.

APHA (1995). American Public Health Association. **Standard methods for the examination of waste waters**, 19. APHA, New York.

ATLAS DO ESTADO DO PARANÁ. (1987). Instituto de Terras, Cartografia e Florestas, 73p. Curitiba.

BASEI, M.A.S. et al. - (1992) – Evolução tectônica dos terrenos entre os cinturões Ribeira e Dom Feliciano (PR-SC). **Revista Brasileira de Geociências**, v. 22, n. 2, São Paulo.

BATOLA, J.E.F.; SILVA, A. T.S.F.; ALGARTE, J.P. (1981). O pré-cambriano da Região Sul-Sudeste do Estado de São Paulo e leste-nordeste do Estado do Paraná. In: Simpósio Regional de Geologia, 3., 1981, Curitiba. **Anais...SBG**, p.94-107. Curitiba.

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.

BIGARELLA, J.J.; SALAMUNI, R. (1948). Estudos preliminares na Série Açungui II – Rochas Calcáreas. **Arquivo de Biologia e Tecnologia** v.3, p. 201-354. Curitiba.

BIGARELLA, J.J.; SALAMUNI, R. (1948). Estudos preliminares na Série Açungui VIII – a Formação Votuverava. **Boletim do Instituto de História Natural**, Geologia – 2, p. 1 – 6. Curitiba.

BIGARELLA, J.J.; SALAMUNI, R. (1956 a). Estudos preliminares na Série Açungui – V- Estruturas organógenas nos dolomitos da Formação Capirú (Estado do Paraná). **Dusenía**, v.7, n. 6, p.317 –323.

BIGARELLA, J.J.; SALAMUNI, R. (1958b). Estudos preliminares na Série Açungui – VIII – a Formação Votuverava. **Boletim do Instituto de História Natural**, Geologia, n.2, p.6. Curitiba.

BIGARELLA, J.J.; Salamuni, R. (1959). Planta Geológica provisória de partes dos municípios de Rio Branco do Sul, Bocaiúva do Sul, Almirante Tamandaré e Colombo. Escala 1:50.000. Curitiba:UFPR. **Instituto de Geologia**.

BIGARELLA, J.J.; SALAMUNI, R. e AB´SABER, A .N. (1961). Origem e ambiente de deposição da Bacia de Curitiba. **Boletim Paranaense de Geografia**, n.4/5:71-81 UFPR, Curitiba.

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, Curitiba.

BIGARELLA, J.J.; SALAMUNI, R.; PINTO, V.M. (1967). Geologia do Pré-Devoniano e Intrusivas Subseqüentes da Porção Oriental do Estado do Paraná. **Boletim Paranaense de Geociências**. v. 23-25. 347 p. Curitiba.

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**, n.41:35-51. Curitiba.

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.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 357 de 17 de março de 2005. Estabelece a classificação das águas doces, salobras e salinas no Território Nacional. Diário Oficial da União. Brasília.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente - Código Florestal Brasileiro. Lei nº 4771 de 15 de setembro de 1965. Diário Oficial da União. Brasília.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 518 de março de 2004. Diário Oficial da União.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 274 de setembro de 2000. Estabelece a classificação das águas doces, salobras e salinas no Território Nacional. Diário Oficial da União.

CARVALHO, I.G. (1995). **Fundamentos da Geoquímica dos Processos Exógenos**. 205 p.

CHAVES-KUS, L.; SALAMUNI, E. (2003). Análise estatística de dados hidrogeológicos de poços tubulares profundos do município de Curitiba-Paraná. **Boletim Paranaense de Geociências**, nº 53, p.59-79. Editora UFPR.

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**. v.2 Curitiba.

COMEC (1976). Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba. **Cartas topográficas**, SG – 22 XD 1.3; SG – 22 XC III 4 e SG 22 XCIV da Região Metropolitana de Curitiba, escala 1:50.000 e 1:10.000.

CUSTÓDIO, E. (1983). Princípios básicos de química y radioquímica de las águas subterrâneas. In: CUSTÓDIO, E.; LLAMAS, M. R. **Hidrologia Subterrânea**. Barcelona.: Omega.

EBERT, H.; BROCHINI, M.F.; MARINI, O.J. (1971). Observações sobre a litologia e subdivisão do Grupo Setuva no Estado do Paraná, com sugestões a tectônica geral do Geossinclínio Açungui. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25, São Paulo. **Anais...** SBG, p131 –146. São Paulo.

EMBRAPA/ IAPAR/ SUDESUL/ EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA; FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ e SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DA REGIÃO SUL (1981) **Levantamentos de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná**. Mapa Escala 1:600. 000. Londrina.

EMBRAPA/IAPAR (1984). Levantamentos de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná. Mapa Escala 1:600. 000. **Boletim Técnico**, 57, v1. Londrina.

ENGEFOTO (2000). Engenharia e Aerolevantamentos S. A. Projeto Plano Integrado de Gerenciamento de Mananciais – Relatório Referente a Elaboração dos Mapas Temáticos. **Relatório Interno**, p. 125, Curitiba.

ESRI. **ArcView GIS for Windows**. Environmental Systems Research Institute. V 3.2. Redlands, CA., USA.

FENZEL, N. (1986). **Introdução a hidrogeoquímica**. 1ª ed. Universidade Federal do Paraná.

FIORI, A . P. (1985 a). A falha da Lancinha no Pré-Cambriano paranaense: reflexo de uma falha profunda?. **Boletim Paranaense de Geociências**, n.36, p.3-14. Curitiba.

FIORI, A .P. (1985b). Avaliação preliminar do deslocamento dúctil das falhas da Lancinha e do Morro Agudo no Estado do Paraná. **Boletim Paranaense de Geociências**. n.36, p.15-30. Curitiba.

FIORI, A .P. (1985c). As falhas da Lancinha e de Morro Agudo e estruturas secundárias associadas. In: SIMPÓSIO SUL BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 2., Florianópolis. p.146-158. **Anais**. SBG : Florianópolis.

FIORI, A.P.; FASBINDER, E.; GÓIS, J.R.; FUMAGALLI, C.E. (1987) . Compartimentação do Grupo Açungui a Norte de Curitiba. **ATAS** do III Simpósio Sul-Brasileiro de Geologia, v.1: 183-196. Curitiba.

FIORI, A.P.; FUMAGALLI, C.E.; GÓIS, J.R.; SALAMUNI, E. (1987). As Principais

Estruturas Dobradas do Grupo Açungui na Região de Rio Branco – Bocaiúva do Sul. **ATAS** do III Simpósio Sul-Brasileiro de Geologia, v.1: 281-301. Curitiba

_____; REIS NETO, J.M.; MONASTIER, M.S.; CAMARGO, E.C. (1987). **Aspectos Estruturais e Estratigráficos do Grupo Açungui no Estado do Paraná**. Curitiba, Convenio UFPR – MINEROPAR

_____; SALAMUNI, E.; FASBINDER, E. (1987). Geologia da Região de Bateias–Bocaiúva do Sul. **ATAS** do III Simpósio Sul-Brasileiro de Geologia, v.1: 773. Curitiba

FIORI, A . P. (1991). **Tectônica e estratigrafia do Grupo Açungui a norte de Curitiba**. São Paulo, 261p. Tese de livre Docência. Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo.

_____, A.P. (1992). Tectônica e Estratigrafia do Grupo Açungui – PR. **Boletim do Instituto de Geociências**. Série Científica, v. 23, p. 55 –74, São Paulo.

_____.(1993). Sobre a evolução geológica do Grupo Açungui. In: SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA .**Boletim de Resumos e Programa**. SBG, p. 5-6. Curitiba.

_____.(1994). Evolução Geológica da Bacia Açungui. **Boletim Paranaense de Geociências**. Editora da UFPR, nº 42, p. 7-27 . Curitiba.

FORNAZZARI,L.N. (2000). Relatório final de pesquisa para o DNPM-MM – água mineral – Presser. **Hidrotec**. Curitiba.

FREITAS, R.º (1952). Textura da drenagem e sua aplicação geomorfológica. **Boletim Paulista de Geografia**.nº 11, p 53-57.

FUCK,R.A .;MARINI,O.J.; TREIN, E. (1967). Contribuição ao estudo das rochas graníticas do Estado do Paraná. **Boletim Paranaense de Geociências**, n.23-25. p.183-219.

HEM, J.D. (1970) . Study and Interpretation of the Characteristic of Natural Waters. 2., **Geological Survey Water-Supply Paper**, n.1473, p.1- 334, Washington (DC).

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.

HORNE,A.J.;GOLDMAN,C.R.(1994). **Limnology**.2ed: McGraw Hill,576 p. New York.

HORTON,R.E.(1945). Erosional development of streams and their drainage basin: hidrographical approach to quantitative morphology. **Geological Society of American Bulletin**,v.56,n.3,p275 –370,Colorado.

IBGE (1992). Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sinopse preliminar do senso demográfico**. Rio de Janeiro.

KLEIN, R.M. & HATSCHBACH, G. (1962). Fitofisionomia e Notas sobre a Vegetação para Acompanhar a Planta Fitogeográfica do Município de Curitiba e Arredores. **Boletim Paranaense**. UFPR, Geografia Física nº 4, 30 p. Curitiba.

KOEPPEL, W. (1918). Klaseifikation der Klimate nach Temperatur, Niederchiang und Jahresverlauf – **Petermanns geogr. Mittlg.** – Gotha.

KRAUSKOPF, K.B. (1972). **Introdução à Geoquímica**. Edusp – Polígono: São Paulo.

LISBOA, A., A. (1997). **Proposta de Metodologia para Avaliação Hidrogeológica do Aquífero Cárstico, Compartimento de São Miguel**: Dissertação de Mestrado. Geologia. Geologia Ambiental. UFPR.

LOPES, J.A .U. (1966). Nota explicativa da folha geológica de Curitiba. **Boletim UFPR**. Geologia, nº 20. Curitiba.

MAACK, R. (1968). **Geografia Física do Estado do Paraná**. BADEP, UFPR, IBPT. Curitiba.

MAACK, R. (1981). **Geografia Física do Estado do Paraná**. 2ª ed. Rio de Janeiro: J. Olympio; Curitiba: Secretaria da Cultura e do esporte do Governo do Estado do Paraná.

MARINI, O.J.; TREIN, E. e FUCK, R.A. (1967). O Grupo Açungui no Estado do Paraná. **Boletim Paranaense de Geociências**. 23-25:43-103.

MASON, B.H. (1971). **Princípios de Geoquímica**. Polígono, editora da USP. 318p.

McCAULL, J.; CROSSLAND, J. (1974). **Water pollution**. Harcourt brace Jovanovich, p.38 –59. New York.

MINERAIS DO PARANÁ S.A 2000 – MINEROPAR. **Mapa geológico do Estado do Paraná**. Curitiba. Escala de origem 1:50.000. Base cartográfica de referência UTM, datum Córrego Alegre.

MOTA, S. (1997). **Introdução a Engenharia Ambiental**. 1ª ed., editora ABES, 280p. Rio de Janeiro.

MURATORI, A. (1966). Nota explicativa da Folha de Campo Largo. **Boletim UFPR**, Geologia, nº4, 29 p.

MURATORI, A. M.; GIUSTI, D.A .; CANALI, N. E. (1982). Interpretação gravimétrica preliminar da configuração topográfica do Embasamento Cristalino no município de Curitiba. In: Cong. Brasil. De Geologia, 32, **Anais** do.... Salvador –Ba, SBG, v.4: 1576-1580.

- MURATORI, A.M. (1988). Compartimentação Geomorfológica da Região Metropolitana de Curitiba. VII Congresso Latino Americano de Geologia, SBG. **ANAIS**. P.592-606, Belém.
- ODUM, E. P. (1976). **Fundamentos da ecologia**. 2 edição. Ed. Lisboa: Calouste Gulbenkian. 595p.
- OUCHI,S. (1985). Response off alluvial rivers to slow active tectonic movement . **Geological Society of América Bull.** v.96:504-515.
- PIPER, A.M.(1945). A graphic procedure in the geochemical interpretation of water-analyses. **Transactions of the American Geophysical Union** – 1944. Part VI, p.914-928, Washington (DC).
- 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** , n.46, p. 13-23. Editora da UFPR.
- SALAMUNI, E. (1991). **Análise estrutural do núcleo Betara Rio Branco do Sul – PR**. Rio Claro, 147 p. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP.
- SALAMUNI, E. (1995). Dobramentos e Redobramentos Superpostos na Porção Sul da Zona de Cisalhamento Lancinha – Cubatão. **Boletim Paranaense de Geociências**. Curitiba: Editora da UFPR,nº 43, p. 135, 149.
- SALAMUNI, E.; HASUI, Y.; COSTA, J.B.S.; BORGES, M. S.; HEBERT, H. D. (1998). Sobre a tectônica da Bacia Sedimentar de Curitiba-PR/BR-. Congresso Uruguaio de Geologia; 2º. **Actas** Del... Punta del Este – Uruguai.
- SALAMUNI, E. (1998). **Tectônica da Bacia Sedimentar de Curitiba-PR**. Tese de Doutorado em Geologia Regional. Rio Claro:IBGE-UNESP. 233p.
- SALAMUNI, E.; SALAMUNI, R.; EBERT, H.D. (1999). Contribuição à Geologia da Bacia Sedimentar de Curitiba (PR). **Boletim Paranaense de Geociências**. nº 47, p. 123, 142. Editora da UFPR, Curitiba.
- SALAMUNI,R. (2001). Relatório geológico resumido para locação de sondagens para monitoramento da Cia de Cimento Itambé. **HIDROTEC**. Curitiba.
- SANEPAR. Companhia de Saneamento do Paraná. **Dados de poços tubulares e imagem LANDSAT – 5 TM – 221-078 18/08/1997**.Unidade de Serviços de Hidrogeologia (USHG).
- 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**.

SCHINEIDER, R. L.; MÚHLMANN, H.; TOMMASI, E. (1974) *et al.* Revisão Estratigráfica da Bacia do Paraná. In: Congresso Brasileiro de Geologia. **ANAIS** Sociedade Brasileira de Geologia, v. 1, p.41-65, Porto Alegre.

SCHOLL,W.U. et al. (1980). Geologia do Pré-Cambriano da Região do Anticlinal do Setuva (municípios de Bocaiúva do Sul e Rio Branco do Sul, Curitiba-PR). In: Congresso Brasileiro de Geologia, Balneário Camboriú. **Anais...SBG.** p. 3003 – 3012. v5

SCHUMM,S.A . (1956). Meander wavelenght of alluvial rivers. **Science**,v.157,p.1549 – 1967. Washington,D.C.

SIGA JUNIOR, O. (1996). O Complexo Atuba: um cinturão Paleoproterozoico intensamente retrabalhado no Neoproterozóico. **Boletim IG-USP**, Série Científica, n 26, p.69-98, São Paulo.

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. São Paulo.

SOARES, P. C. (1987). Seqüências tecto sedimentares e tectônica deformadora no centro oeste do Escudo Paranaense. In: Simpósio Sul-Brasileiro de Geologia, 3. **Atas...**p743-771. Curitiba.

STRAHLER, A.N. (1952). Dynamic basis of geomorphology. **Geol.Sc. America Bulletin.** 63p.

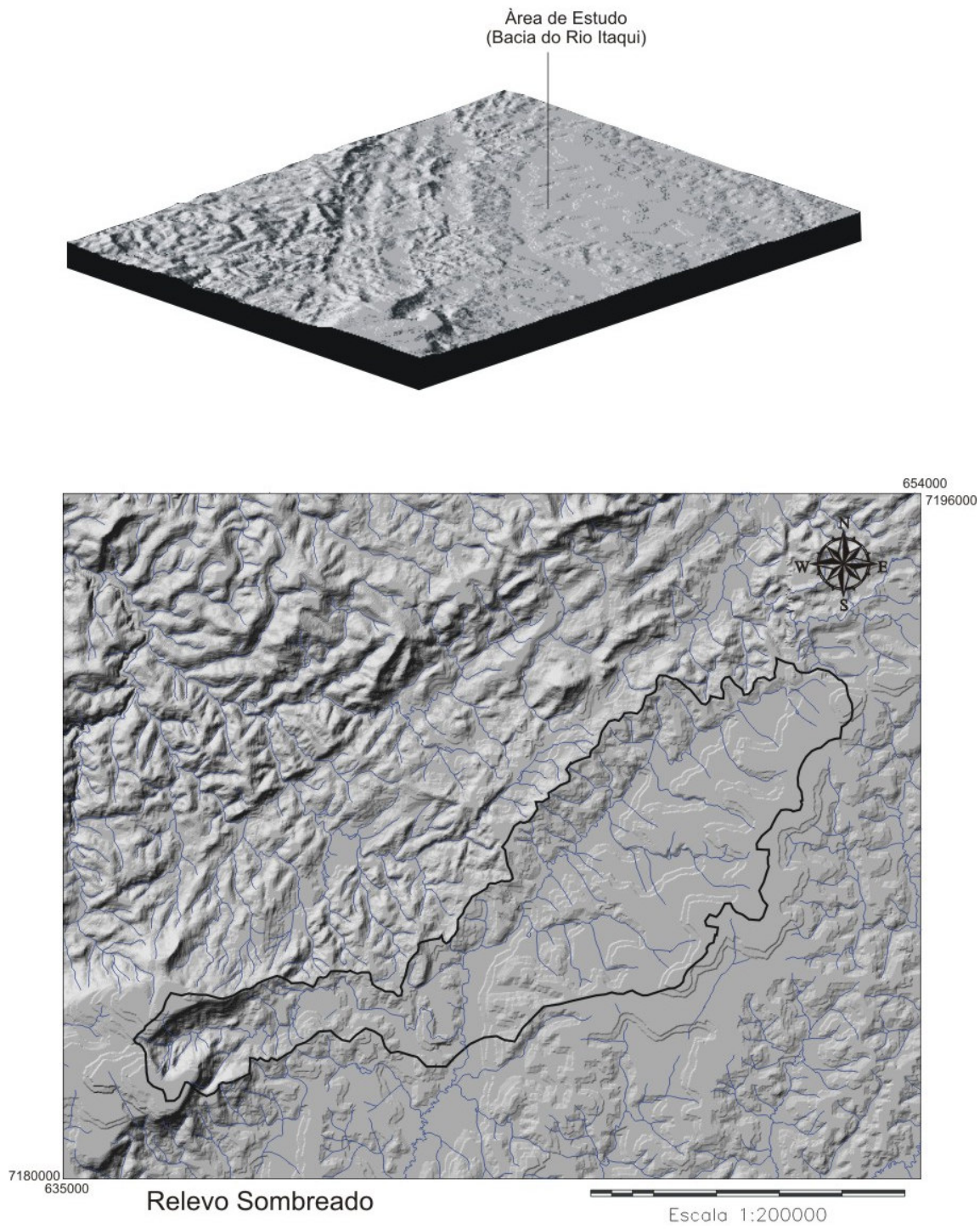
SUCKLING,E.V. (1945). The examinations of waters and water supplies.5.ed.Philadelphia: **The Blakiston Company.**

SUDERHSA. Superintendência de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Dados de precipitação. Estação Itaquí – Balsa Nova – Código DNAEE 2549019.

SZIKSZAY. (1993) -Geoquímica das águas. **Boletim IG-USP**, nº 5, p1-166 São Paulo.

ANEXOS

FIGURA 04 - MODELO DIGITAL DO TERRENO

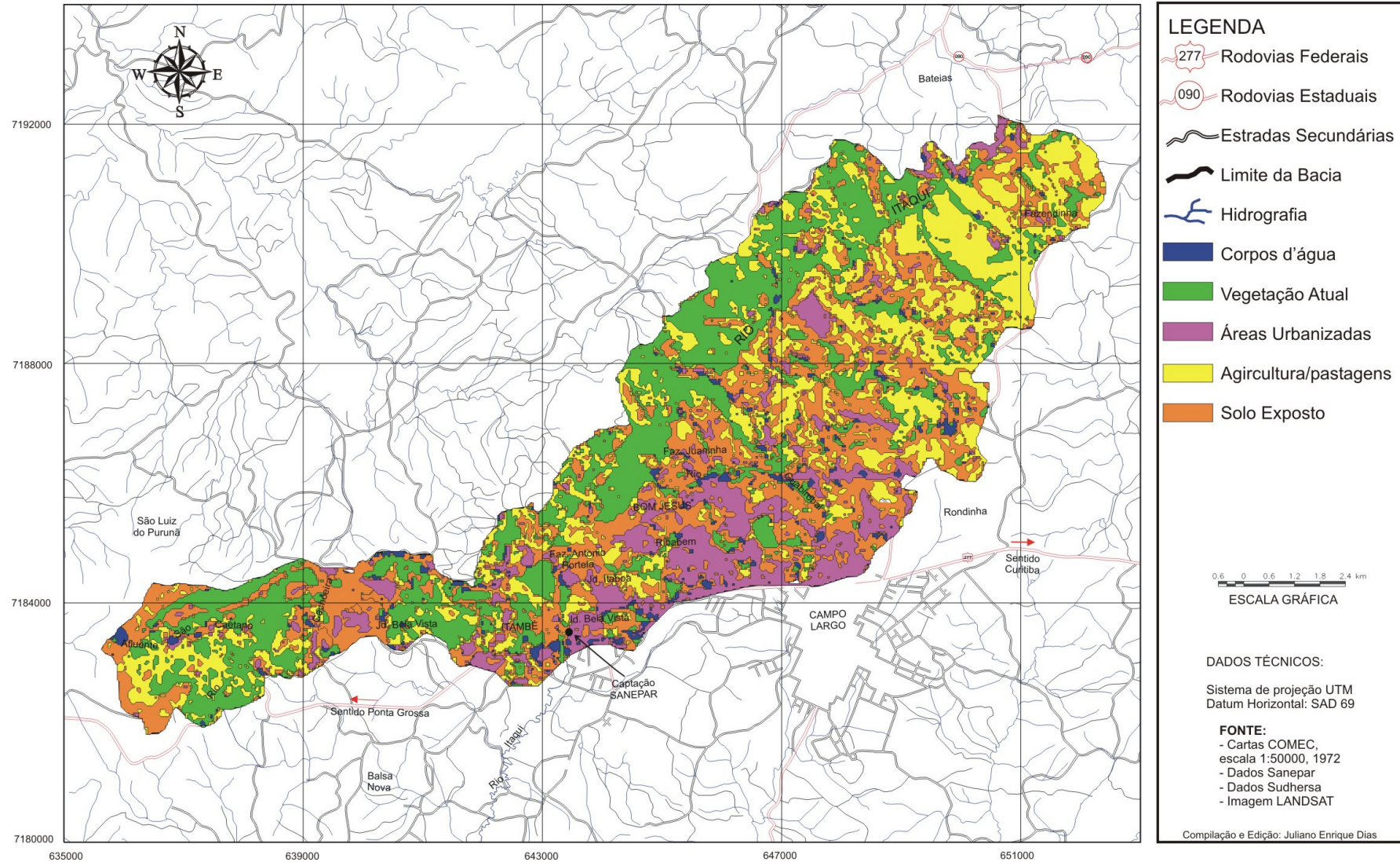


FONTE:
- Cartas COMEC,
escala 1:50000, 1972

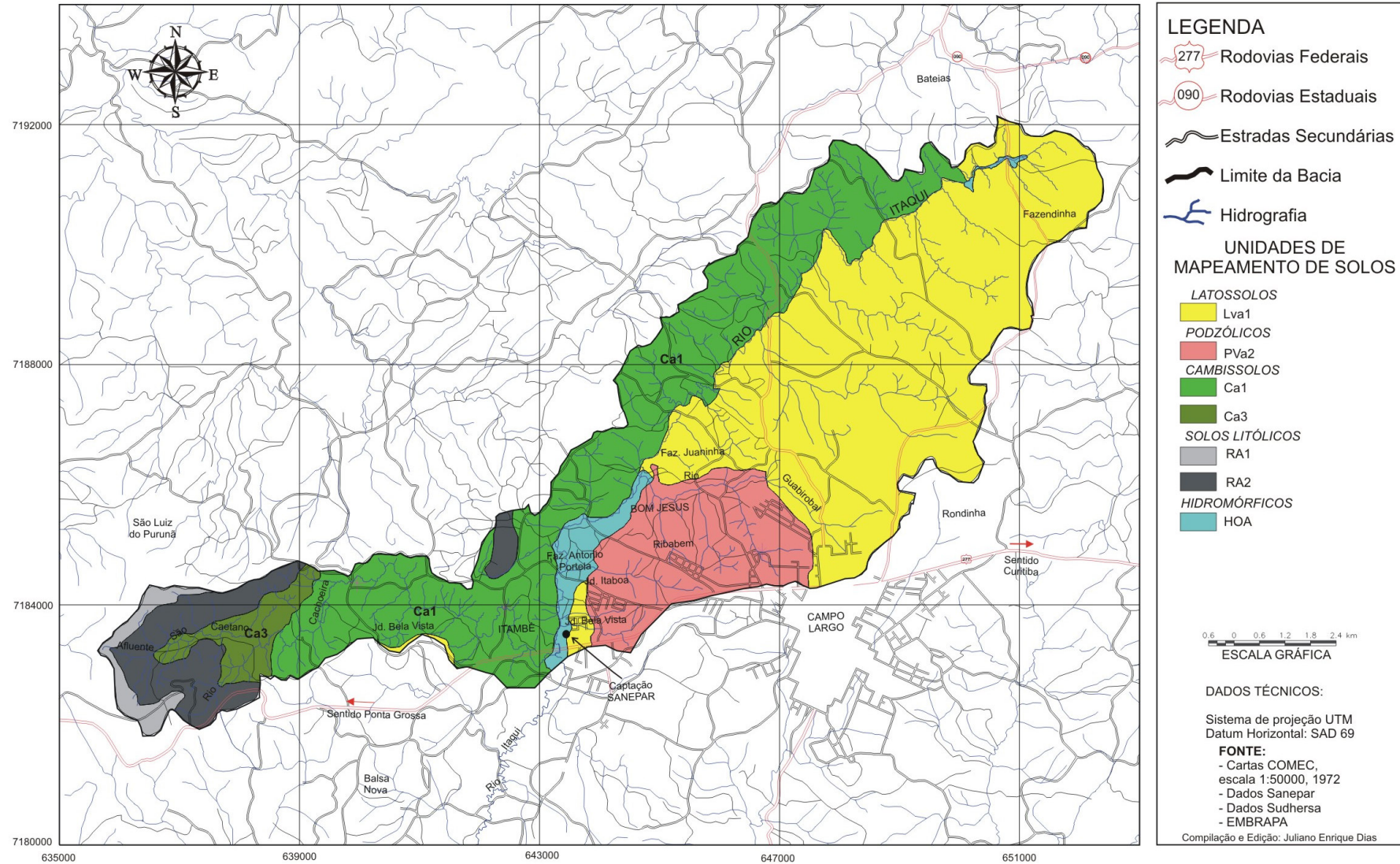


ZONAS HOMÓLOGAS (figura 5)

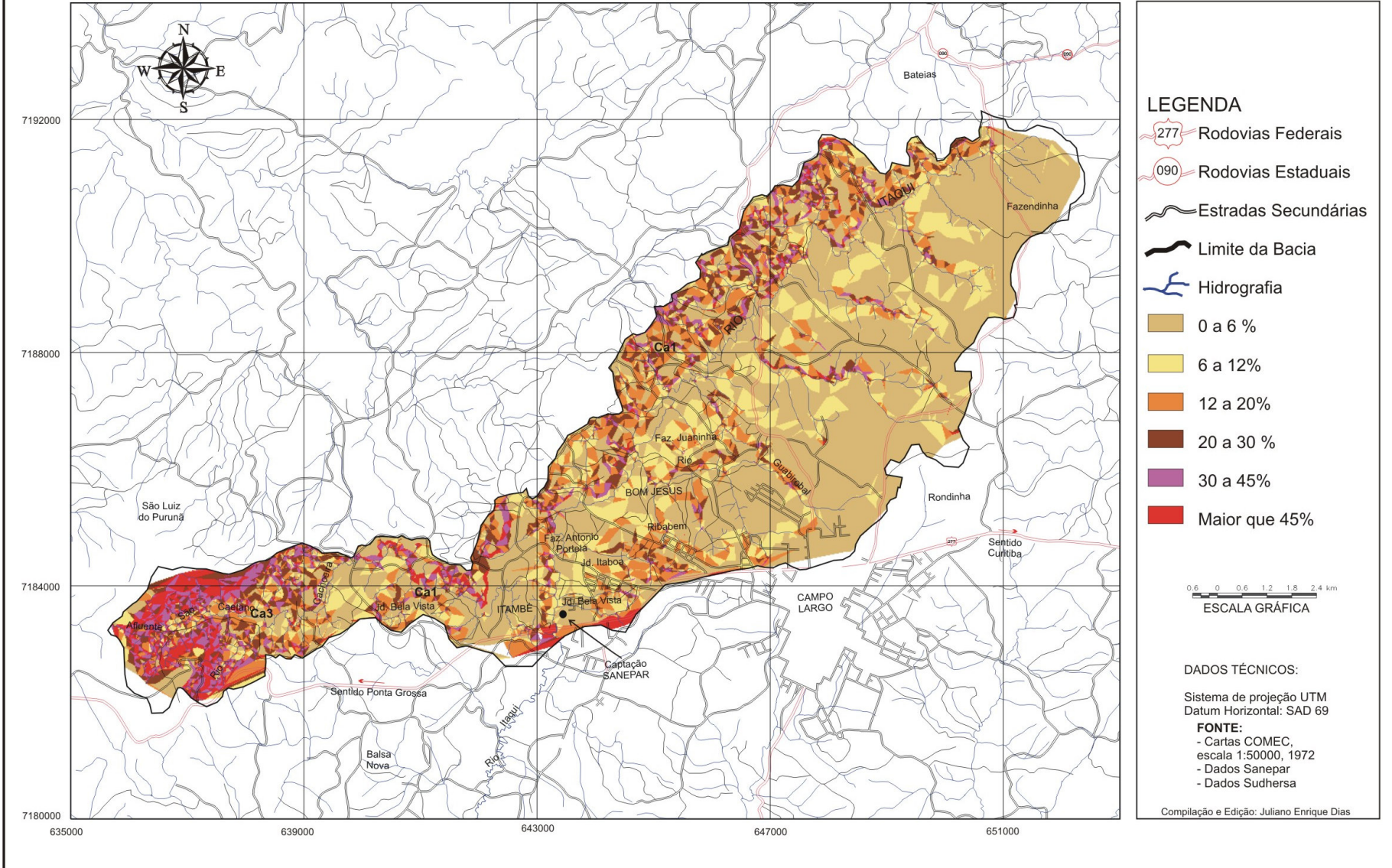
MAPA 02 - USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DA BACIA DO RIO ITAQUI - CAMPO LARGO - PR



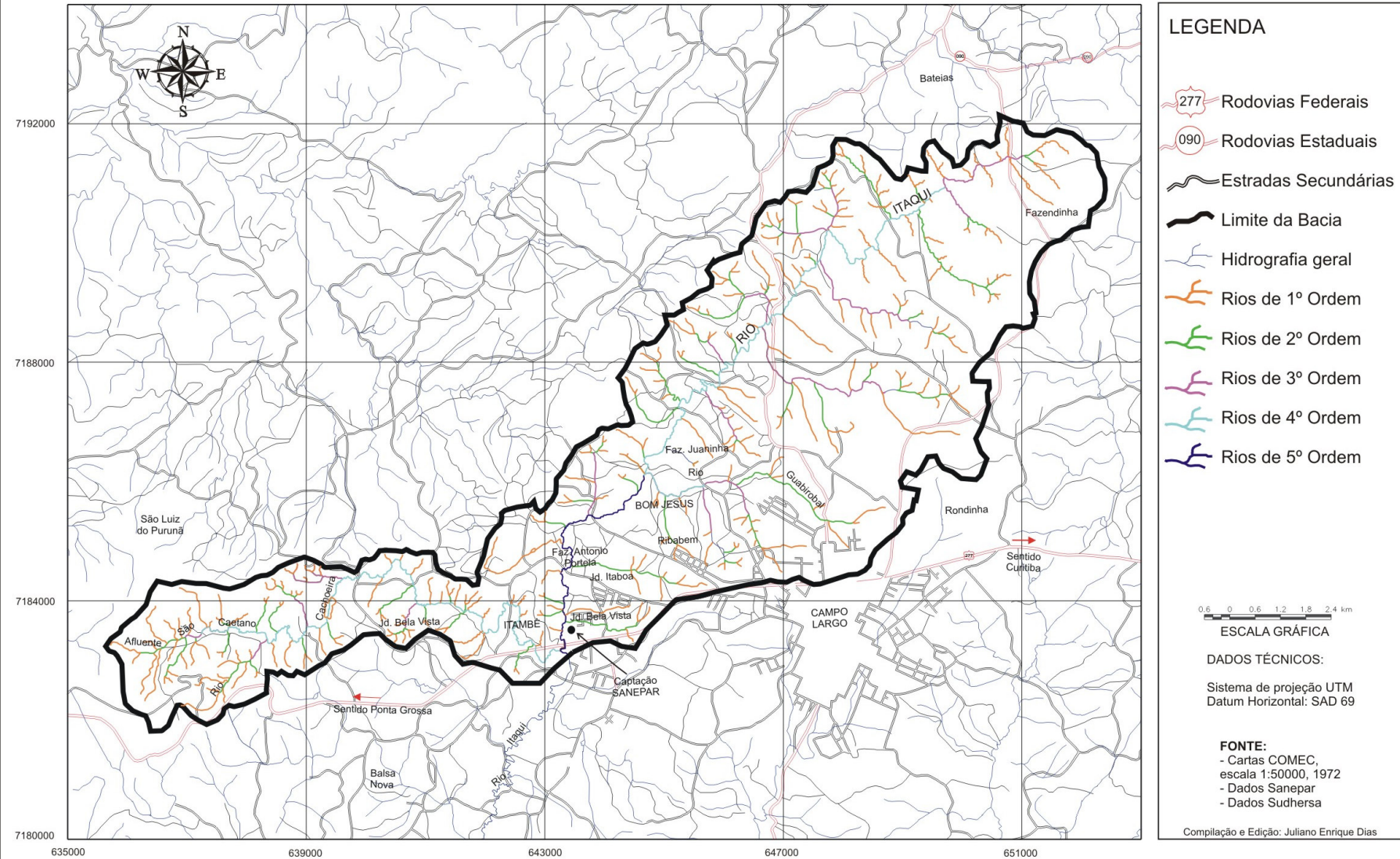
MAPA 03 - UNIDADES DE MAPEAMENTO DE SOLOS DA BACIA DO RIO ITAQUI - CAMPO LARGO - PR



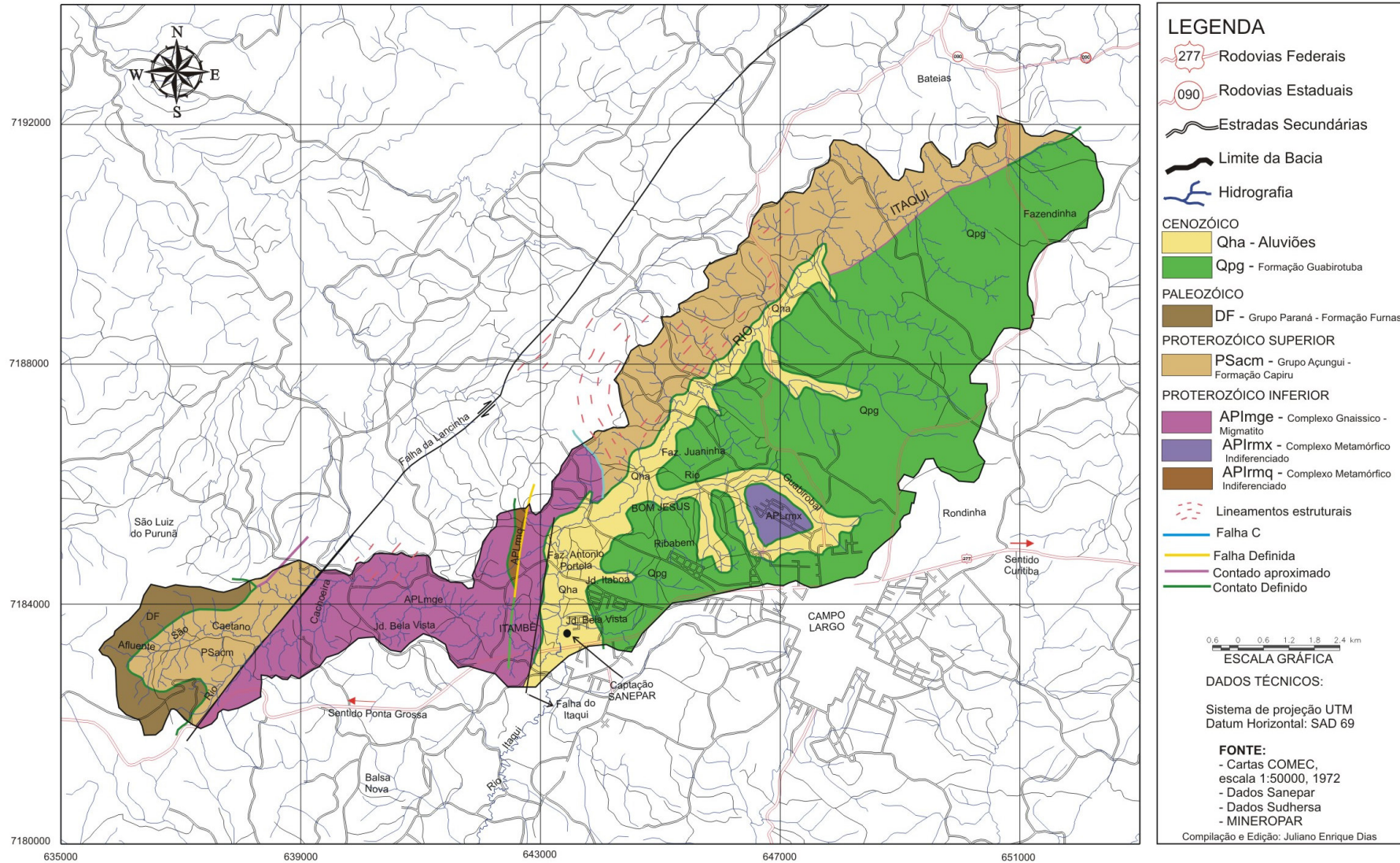
MAPA 04 - DECLIVIDADE DA BACIA DO RIO ITAQUI - CAMPO LARGO - PR



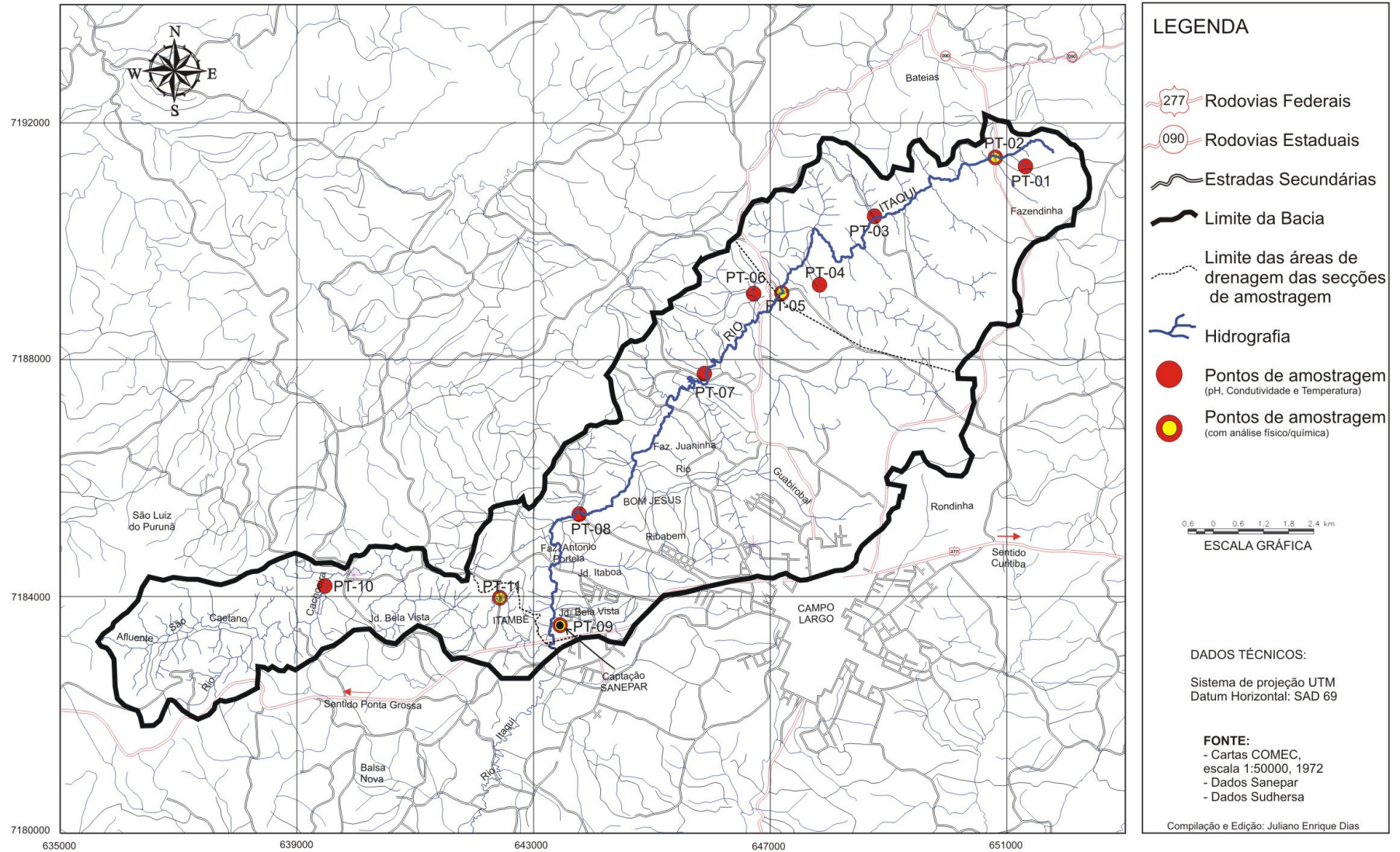
MAPA 05 - HIERARQUIA HIDROGRÁFICA DA BACIA DO RIO ITAQUI - CAMPO LARGO - PR



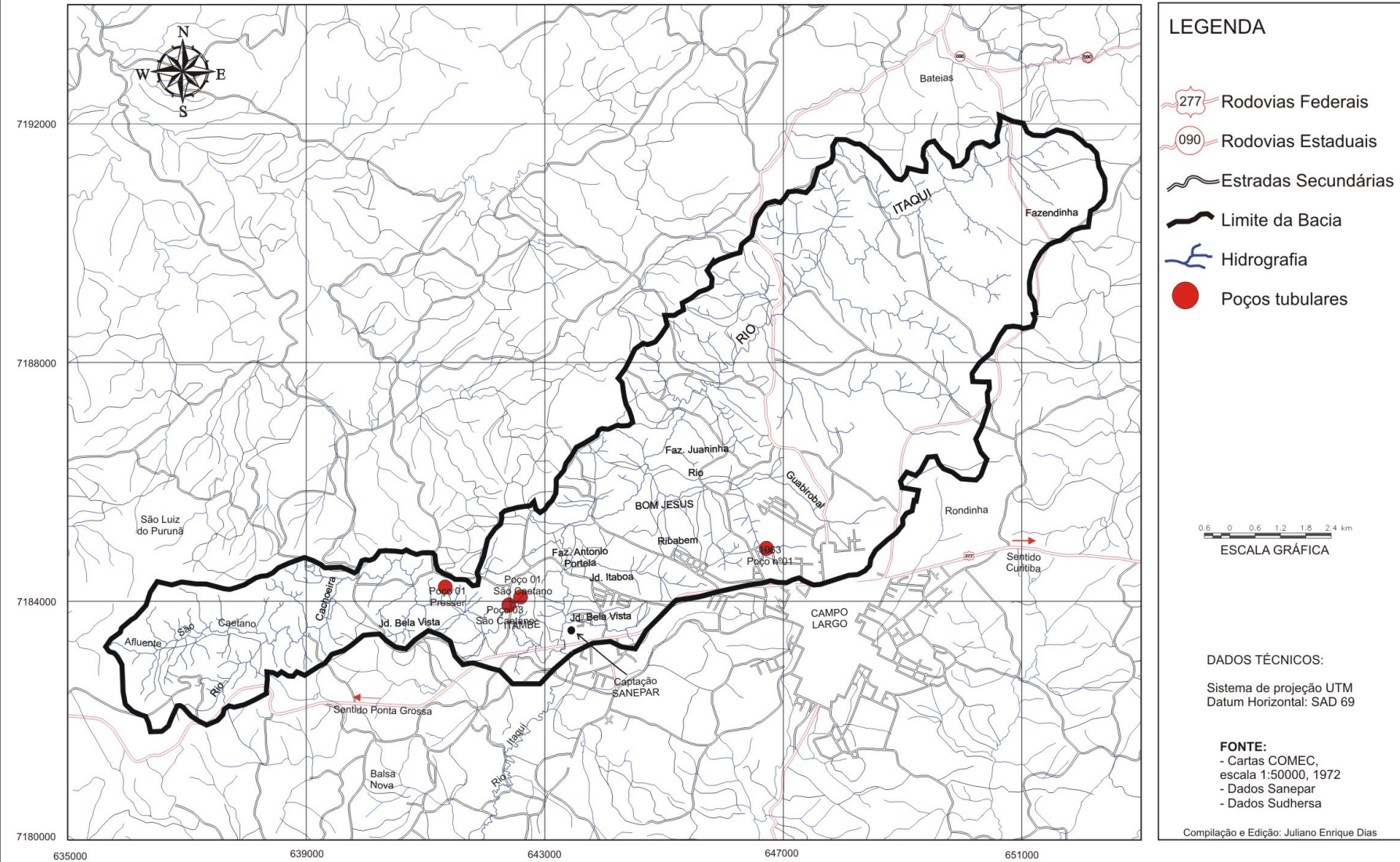
MAPA 06 - GEOLOGIA DA BACIA DO RIO ITAQUI - CAMPO LARGO - PR



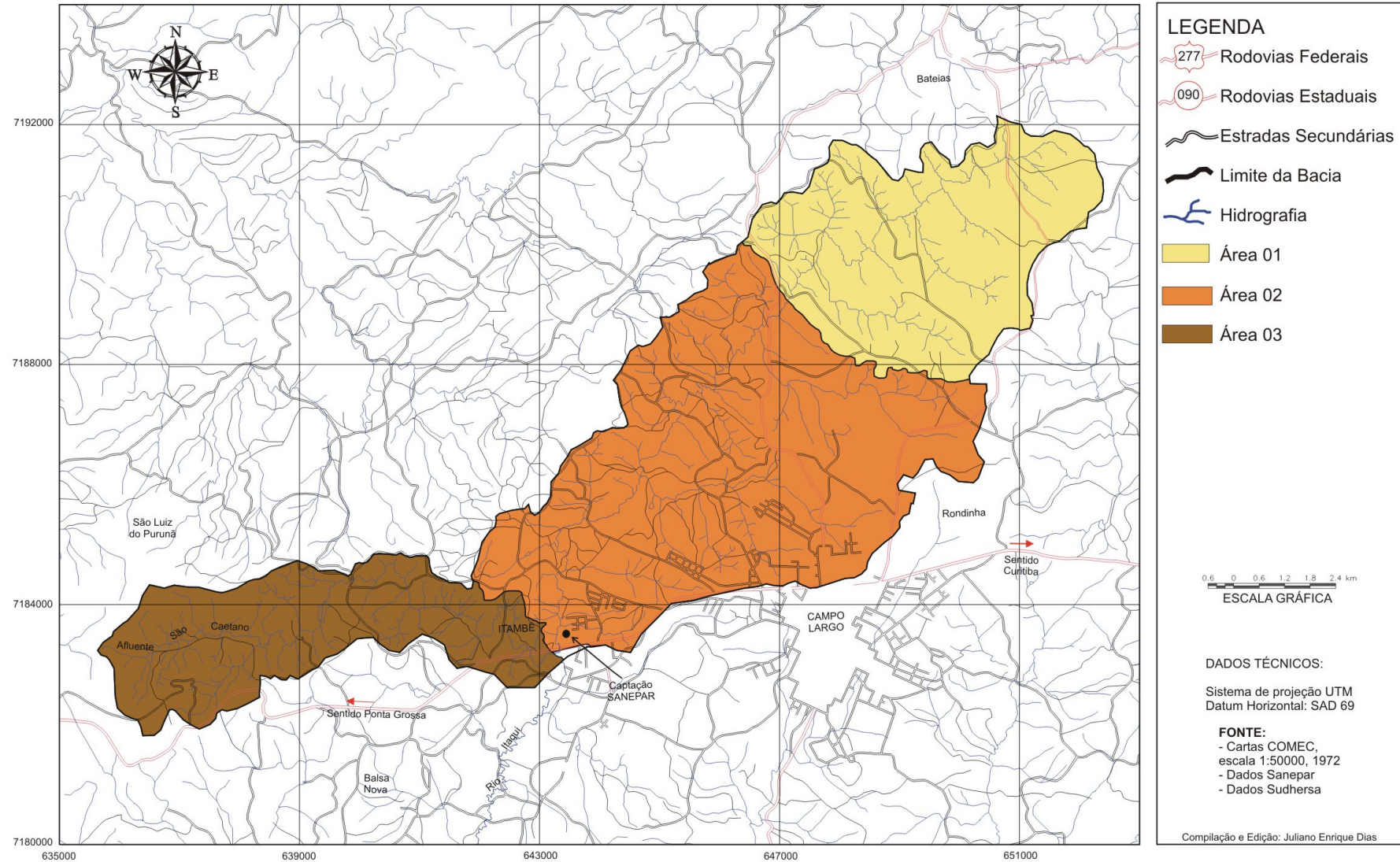
MAPA 07 - LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM DA BACIA DO RIO ITAQUI - CAMPO LARGO - PR



MAPA 08 - LOCALIZAÇÃO DOS POÇOS TUBULARES HIDROGRÁFICA DA BACIA DO RIO ITAQUI - CAMPO LARGO - PR



MAPA 09 - COMPARTIMENTAÇÃO DA BACIA DO RIO ITAQUI CONFORME CRITÉRIOS HIDROGEOQUÍMICOS, USO E OCUPAÇÃO - CAMPO LARGO - PR



RESUMO

O interesse em realizar um estudo geológico ambiental na bacia do rio Itaqui é justificado pela importância que esta 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 km². O rio Itaqui é afluente da margem direita do rio Iguaçu, a bacia 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 Paranaense, correspondendo às rochas mais antigas do Estado. A bacia ocorre nos domínios do Complexo Atuba e do Grupo Açungui. Sobre essas unidades ocorrem sedimentos da Formação Guabirota e aluviões recentes. Diques de diabásio dispõem-se na direção NW/SE. O Grupo Açungui situa-se na porção oeste da bacia do rio Itaqui separada por falhas em discordância com os sedimentos da Formação Guabirota. A identificação dos fatores controladores da qualidade da água bem como a identificação da tipologia química podem dar subsídios para a caracterização da influência das unidades carbonáticas do Grupo Açungui nas águas da bacia do rio Itaqui. Foram coletadas amostras de água do rio Itaqui e rio São Caetano ao longo de um ano, observando-se as mudanças sazonais. Os quatro pontos (P2, P5, P9 e P11) foram selecionados de acordo com a litologia da área. Pelas análises físico-químicas pode-se identificar dois tipos de águas superficiais. A água do rio Itaqui e a água de seu afluente, o rio São Caetano. Através da interpretação dos diagramas de Durov modificado, do diagrama de relações intercатиônicas e da caracterização geoquímica, a água do rio Itaqui é classificada como bicarbonatada cálcio-magnésiana e a água do rio São Caetano bicarbonatada sódica-potássica. A predominância dos íons HCO_3^- , Mg^{2+} e Ca^{2+} marca o controle do quimismo das águas pela mineralogia do substrato litológico. A solubilização dos litotipos da bacia foi avaliada no período estudado através da descarga de Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Cl^- , NO_3^- , PO_4^- e SiO_2 que corresponde a uma perda de massa total de aproximadamente 3,8 t/ano. 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 (11/2003 e 03/2004) e a concentração dos íons nas águas superficiais aumentou em direção ao ponto P9 na captação da SANEPAR- Companhia de Saneamento do Paraná. O uso agrícola e a ocupação desordenada das áreas de inundação do rio são responsáveis pelo alto índice de Cl^- , NO_3^- bem como coliformes fecais e totais. Os trechos amostrados 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. Os parâmetros que enquadram o rio na classe III durante todo o período amostrado foram o Fe total e a concentração de coliformes totais. Através do presente estudo pode-se identificar três áreas de fragilidade na bacia caracterizadas pela tipologia química das águas de superfície, o uso e a ocupação e a inter-relação da água de superfície com a água subterrânea.

Palavras-chave: rio Itaqui, classificação da água, qualidade da água, diagrama de Durov, diagrama intercатиônico.

ABSTRACT

The interest in carrying out an environmental geologic study in the Itaquí river basin is justified by its importance to the public water supply system, and to the land use by the local community. The study area comprises 57.47 km² and corresponds to the upper third of the Itaquí river basin including the tributary São Caetano. The Itaquí River is an affluent of the Iguaçu river right bank. Its basin is emplaced between the municipalities of Campo Largo and Balsa Nova (Metropolitan Area of Curitiba, Paraná State). The study area is placed in the geomorphic unit called First Paranaense Plateau. Underlying the basin are the rocks from the Atuba Complex and Açungui Group. These are the oldest rocks that compound the basement that is covered in the area by the Guabirotuba Formation sediments and recent alluvial deposits. Diabase dykes cross the area along NW/SE direction. In the west portion of the study area, is found the Açungui Group in contact with the Guabirotuba Formation through faulting and unconformities. The characterization of the water quality controls as well as the identification of the water type provides the basis to the interpretation of the influences from the Açungui Group carbonatic units on the waters that flow through the basin. Water samples from Itaquí and São Caetano rivers were collected during one year span, considering seasonal variations. Four sampling points (P2, P5, P9 and P11) were chosen according to the lithology. The chemical analysis data showed that the Itaquí and São Caetano River have different water types. Durov and intercationic diagrams were applied to interpret the hydrochemistry of both rivers. The Itaquí river water is bicarbonate calcium-magnesium type and the São Caetano water is bicarbonate sodium-potassium type. The predominance of HCO₃⁻, Mg²⁺ e Ca²⁺ ions are indicative of the chemical control by the underlying rock mineralogy. Dissolution reactions in the basin was evaluated during the research period through dissolved discharge considering the species Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺, Cl⁻, NO₃⁻, PO₄⁻ and SiO₂ corresponding to a total mass loss near 3800 kg per year. The identification of the carbonatics units of the Açungui Group influence on surface waters was performed comparing physical-chemical data from river water with groundwater collected in deep wells placed in the study area. It was evidenced a good correlation between these waters, observing just the ionic content variation caused by rain water dilution. Seasonal variation on dissolved species content was observed during high precipitation period (November/2003 and March/2004) and the concentration of ions in superficial waters increased towards the sampling point P9, where there is a pumping station for public water supply operated by Sanepar - Companhia de Saneamento do Paraná. The agricultural activities and unplanned land use, including the occupation of flooding areas, are the cause for high contents of Cl⁻ and NO₃⁻, as well as fecal coliform and total coliform. The most critical segments correspond to the sampling points P5, P9 and P11. With regards to surface water classification standards stated by the Resolução CONAMA nº 357/2005, the Itaquí River can be classified as class IV. Other parameters analyzed during all the research period, like Fe and total coliform define the class as III. This research permits to identify three areas within the basin with different grades of fragility that are characterized by the chemical type of surface waters, the land use and by the interrelation between groundwater and surface water.

Keywords: Itaquí River, water classification, water quality, Durov diagram, Intercationic diagram

TABELA 05 – DADOS HIDROQUÍMICOS DOS 11 PONTOS AMOSTRADOS NA BACIA DO RIO ITAQUI – CAMPO LARGO - PR

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