



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

“Júlio de Mesquita Filho”

CAMPUS EXPERIMENTAL DE SOROCABA

RELATÓRIO FINAL – Empreendimento FEHIDRO n° SMT-120

Processo: 99/2006

TÍTULO DO PROJETO:

“Caracterização Físico – Química e Monitoramento Hidrológico do rio Sorocaba – Pirajibu”

TOMADOR: UNESP– Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”

COORDENADOR:

Prof. Dr. Manuel Enrique Gamero Guandique Professor Assistente Doutor (RDIDP) do Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” UNESP – Sorocaba enrique@sorocaba.unesp.br - (015) 3238-3400 r 3448

ORIENTAÇÕES: Todos os alunos que participaram deste projeto desenvolveram atividades de pesquisa em diferentes áreas:

Coletas de amostras e Levantamentos de campo, Análises Químicas, Georreferenciamento e Campanhas e Análises de Vazão:

Daniela Andriani Ribeiro: Iniciação Científica, Engenharia Ambiental – Unesp/Sorocaba

Fábio Henrique Bello: Iniciação Científica, Engenharia Ambiental – Unesp/Sorocaba

Fritz Robert Garcez Cezar: Iniciação Científica, Engenharia Ambiental – Unesp/Sorocaba

Iruam Rodrigues Noronha: Iniciação Científica, Engenharia Ambiental – Unesp/Sorocaba

Letícia Siena Carbonari: Iniciação Científica, Engenharia Ambiental – Unesp/Sorocaba

Mariana de Moraes Cardoso: Iniciação Científica, Engenharia Ambiental – Unesp/Sorocaba

Pedro Siqueira Lopes Muniz: Iniciação Científica, Engenharia Ambiental – Unesp/Sorocaba

Rafael Muraro Derrite: Iniciação Científica, Engenharia Ambiental – Unesp/Sorocaba

Tháís do Amaral: Iniciação Científica, Engenharia Ambiental – Unesp/Sorocaba

RESUMO

As bacias hidrográficas como um todo, vem sofrendo alterações significativas em relação às características da qualidade e quantidade da água. Como fatores predominantes que provocam esta deterioração, temos o aumento significativo da produção agrícola e industrial, o crescimento populacional que aumenta o consumo doméstico de água e a expansão urbana. Todos estes fatores afetam os recursos hídricos através do lançamento de esgotos domésticos sem tratamento, agricultura sem manejo adequado de produção e pela ocupação desordenada das áreas urbanas.

No Estado de São Paulo, principalmente na região da grande São Paulo e na bacia do rio Sorocaba, pertencente à Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo (UGRHI-10 – Sorocaba/Médio Tietê), os recursos hídricos se encontram num estado muito grave, mostrando uma tendência crescente na sua degradação tanto qualitativa como quantitativa, podendo em alguns casos ocasionar períodos de escassez, Secretária do Meio Ambiente – SMA (2009).

São três os mananciais responsáveis pelo abastecimento de água em Sorocaba: as represas de Itupararanga e a de Pirajibu - que juntas correspondem a 85% do total captado, e a do córrego Pirajibu-Mirim, que contribui com 10%. Os 5% restantes são provenientes de poços tubulares profundos, num total de 22 distribuídos pela cidade, Serviço Autônomo de Água e Esgotos - SAAE (2009).

O projeto “**Caracterização Físico – Química e Monitoramento Hidrológico do rio Sorocaba – Pirajibu**” foi desenvolvido com o financiamento do FEHIDRO através do processo n° SMT – 120, aprovado pelo CBH - SMT.

O objetivo principal deste relatório final é apresentar o resultado da caracterização ambiental do rio Sorocaba na sub-bacia de drenagem Sorocaba-Pirajibu, através do monitoramento qualitativo das águas superficiais avaliando os parâmetros físico-químicos ao longo do período do estudo.



1. INTRODUÇÃO

1.1 Ecossistemas aquáticos e poluição

As bacias hidrográficas formadas pelas redes de drenagem constituem os chamados ecossistemas aquáticos. Tais sistemas funcionam como corpos receptores de todos os tipos de substâncias orgânicas e inorgânicas produzidas pelas diferentes atividades antrópicas presentes na bacia de drenagem, produzindo como resultado final a poluição dos sistemas aquáticos em graus diferentes dependendo das características das cargas poluidoras lançadas nos corpos hídricos (WHITE e RASMUSSEN, 1998).

No caso da bacia hidrográfica do Sorocaba Médio/Tietê, pertencente ao CBH-SMT, são vários os problemas relacionados com a poluição provocada pela influência antrópica, representada em grande parte pela falta de tratamento de esgoto doméstico que refletem a baixa qualidade ambiental dos rios da bacia estudada. Desta forma, são várias as tentativas de melhorar essas condições adversas, e uma dessas maneiras, é através dos programas de incentivo em escala estadual para o desenvolvimento de estudos e projetos, e que neste caso, esse apoio é representado pelos esforços dos Comitês de Bacia nas diferentes regiões do Estado de São Paulo em financiar estes projetos através do FEHIDRO.

A qualidade da água de forma geral pode ser determinada através de medidas quantitativas, representadas por características físico-químicas (temperatura da água, pH, etc.) e medidas qualitativas como odor, características bióticas etc. Estas caracterizações são realizadas nas campanhas de campo e em laboratório (MEYBECK e HELMER, 1992).

Entre as causas principais da deterioração dos sistemas aquáticos temos a influência dos sais presentes na coluna de água representado pelos nutrientes fósforo e nitrogênio, e por outros como os sais de cálcio, potássio, magnésio, sódio, manganês, zinco, cobre, entre outros (TRIMER, 2004).

Ainda, a maior parte dos metais presentes nos corpos hídricos é originada da dissolução química das rochas da bacia, do lançamento de efluentes industriais, fontes difusas da agricultura e do esgoto doméstico não tratado. Os metais são substâncias que possuem toxicidade para os

organismos aquáticos e para o homem, sendo que os principais metais tóxicos são: alumínio, cádmio, cobre, cromo, chumbo, mercúrio (TRIMER, 2004).

A poluição da água é a alteração de suas características por quaisquer ações ou interferências, sejam elas naturais ou provocadas pelo homem, tendo seus efeitos resultantes dependentes da natureza do poluente introduzido, do caminho percorrido no meio e do uso feito do corpo d'água.

O comprometimento da qualidade da água doce em mananciais é decorrente em sua maioria pela poluição causada por efluentes domésticos e industriais e deflúvio superficial urbano e agrícola. Os efluentes domésticos são constituídos basicamente por poluentes orgânicos, nutrientes e microorganismos, que podem ser patogênicos. A contaminação por efluentes industriais é decorrente das matérias-primas e dos processos industriais utilizados, podendo ser complexa, devido à natureza, concentração e volume dos resíduos produzidos. Já os poluentes resultantes do deflúvio superficial agrícola são os principais responsáveis pela introdução de nutrientes no ambiente aquático, além de sedimentos, agroquímicos e dejetos de animais (MERTEN e MINELLA, 2002).

1.2 Caracterização Físico-Química e Metais Totais

A caracterização Físico – Química e Metais Totais, foi estudada dentro da sub-bacia do rio Sorocaba-Pirajibu, que é um dos principais afluentes do rio Sorocaba na sua margem direita e que pertence à área de drenagem do rio Sorocaba Médio/ Tietê, e portanto, de interesse dentro dos programas de financiamento do FEHIDRO. Este rio tem uma importância estratégica de abastecimento de água num futuro próximo e daí a necessidade do apoio a estudos como este para caracterizar as condições atuais do rio Pirajibu com apoio do Comitê de Bacias e do FEHIDRO.

A análise de determinados parâmetros *“in situ”* permite a caracterização preliminar das águas de um corpo hídrico antes que demais características sejam avaliadas em laboratório. Os principais parâmetros avaliados no local de amostragem são a temperatura da água, o potencial hidrogeniônico (pH), a condutividade, o oxigênio dissolvido, a turbidez e a cor aparente.

1.2.1 Caracterização Física

No caso, do estudo da bacia do rio Sorocaba-Pirajibu, foi estabelecida uma rotina de coletas de água superficial para a determinação das características físicas representadas pela determinação da temperatura da água, pH, condutividade elétrica da água, oxigênio dissolvido, turbidez e cor aparente.

Os corpos d'água naturais apresentam variações de temperatura que são parte do seu regime climático normal, com variações sazonais e diurnas, bem como estratificação vertical. Fatores como latitude, altitude, sazonalidade, período do dia, taxa de fluxo e profundidade influenciam significativamente na temperatura.

A temperatura desempenha um papel importante de controle no meio aquático, influenciando o comportamento de uma série de parâmetros físico-químicos. A solubilidade dos gases e a cinética das reações químicas são alteradas pela temperatura, fazendo com que a interação dos poluentes com o ecossistema aquático seja bastante influenciada por sua variação (BRAGA *et al.*, 2005). Além disso, muitas das formas de vida aquática possuem tolerância térmica limitada e temperaturas ótimas para reprodução e crescimento.

O pH é uma característica muito importante da água, pois seu valor tem grande influência nas muitas reações químicas que ocorrem no meio ambiente, afetando direta e indiretamente a fisiologia das espécies. Os sistemas biológicos são bastante sensíveis ao valor do pH, sendo fixado pela legislação federal valores de pH entre 6,0 e 9,0 como critério de proteção da vida aquática. O efeito indireto está relacionado principalmente à precipitação de determinados elementos em certas faixas de pH e à solubilização, como no caso de metais presentes nos sedimentos, que se tornam biodisponíveis. Também os valores de pH exercem certa influência na solubilidade de alguns nutrientes (BRAGA *et al.*, 2005; CONAMA, 2005).

A condutividade é um parâmetro que reflete a capacidade da água de conduzir corrente e está altamente relacionada à quantidade de sólidos dissolvidos totais e íons dissolvidos na água, refletindo assim o estado da poluição inorgânica do ambiente aquático. (JONNALAGADDA e MHERE, 2001). De acordo com a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental -

CETESB (2010), valores de condutividade que se apresentam acima de 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ indicam que o corpo d'água apresenta-se impactado.

Segundo Manahan (2005), o oxigênio é um dos constituintes mais importantes para as espécies aquáticas. A concentração de oxigênio dissolvido está diretamente relacionada com as formas de organismos que podem sobreviver num corpo d'água. Na ausência de oxigênio, há somente a presença de organismos anaeróbios e a geração de condições redutoras, aumentando a toxicidade de muitos elementos químicos, que se tornam mais solúveis. Para a existência de formas de vida aeróbia superior, calcula-se necessária uma concentração mínima de oxigênio dissolvido de 2 mg/L, sendo que espécies mais exigentes podem necessitar no mínimo 4 mg/L (BRAGA *et al.*, 2005).

A turbidez é um parâmetro que indica o grau de atenuação que um feixe de luz sofre ao tentar atravessar uma lâmina d'água, o que indica a presença de sólidos em suspensão, muitas vezes oriundos da erosão das margens dos corpos hídricos ou da contaminação por efluentes urbanos. Assim, tais parâmetros são considerados indicadores indiretos do grau de pureza da água de um dado corpo hídrico (SOUZA *et al.*, 2007).

A coloração das águas está diretamente relacionada à dificuldade em que a luz apresenta ao atravessá-la. Assim, tal dificuldade ocorre de acordo com a concentração das partículas sólidas presentes na atmosfera, nos efluentes e nos solos, as quais são carregadas para as águas, causando alterações na cor dos corpos hídricos.

1.2.2 Caracterização Química

No caso, do estudo da bacia do rio Sorocaba-Pirajibu, foi estabelecida uma rotina de coletas de água superficial para a determinação das características químicas representadas pela determinação dos cátions, ânions, SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , NO_3^- , NO_2^- , HCO_3^- e CO_3^{2-} .

São diversas as fontes que contribuem para o aumento da concentração de nitrogênio nas águas naturais. Os esgotos sanitários constituem em geral a principal fonte, lançando nitrogênio orgânico e nitrogênio amoniacal devido à presença de proteínas e à hidrólise sofrida pela uréia, respectivamente. Alguns efluentes industriais também contribuem para as descargas de nitrogênio nas águas. A atmosfera também se apresenta como outra importante fonte de

nitrogênio devido à diversos mecanismos, como a fixação biológica desempenhada por bactérias e algas presentes nos corpos aquáticos, e as lavagens da atmosfera pela chuva. Nas áreas agrícolas, o escoamento das águas pluviais pelos solos também contribui para a presença de diversas formas de nitrogênio nos corpos hídricos.

Em águas naturais, o nitrogênio pode ocorrer em formas inorgânicas e orgânicas. Existem muitas formas que podem estar presentes, as quais se diferenciam pelo grau de oxidação do átomo de nitrogênio. As formas mais reduzidas são a amônia, NH_3 , e seu ácido conjugado, o íon amônio, NH_4^+ , e a forma mais oxidada é o íon nitrato, NO_3^- . Em solução, as formas mais importantes entre esses extremos são o íon nitrito, NO_2^- , e o nitrogênio molecular, N_2 .

O íon nitrito ocorre em ambientes anaeróbicos, que não são redutores o suficiente para converter todo nitrogênio em amônia ou não possui oxigênio suficiente para formação de nitrato.

Com relação ao nitrato, é possível afirmar que em áreas rurais sua principal fonte é o escoamento que ocorre das terras agrícolas para os rios e riachos. De início, pensou-se que resíduos oxidados de animais (esterco), juntamente com nitrato de amônio não-absorvido e outros fertilizantes nitrogenados fossem os principais responsáveis, mas segundo Baird (2002), atualmente acredita-se que o cultivo intensivo da terra, mesmo sem a aplicação de fertilizantes ou esterco, facilita a oxidação para nitrato do nitrogênio reduzido presente na matéria orgânica decomposta no solo pelo efeito da aeração e da umidade.

Em águas naturais o fósforo está presente predominantemente, como vários produtos de dissociação do ácido fosfórico (H_3PO_4). O fósforo é geralmente retido nos solos pela precipitação na forma de fosfatos insolúveis de cálcio e ferro ou pela adsorção em hidróxidos de ferro ou partículas de solo. Dessa forma, sua presença em corpos d'água é resultante na maioria das vezes de lançamentos diretos, como efluentes domésticos ou industriais, não descartando a possibilidade de sua presença devido à lavagem do solo em áreas agrícolas (ANDREWS et al., 2004).

Nos efluentes domésticos, os detergentes superfosfatados empregados em larga escala constituem a principal fonte, além da própria matéria fecal, que

é rica em proteínas. Quantidades excessivas de fósforo podem ser derivadas de alguns efluentes industriais, como os de indústrias de fertilizantes, pesticidas, químicas em geral, conservas alimentícias, abatedouros, frigoríficos e laticínios (CETESB, 2010)

Compostos contendo enxofre são muito comuns nos corpos d'água. O íon sulfato, SO_4^{2-} , é encontrado em várias concentrações em praticamente todos os cursos de água naturais. Compostos orgânicos de enxofre, tanto de origem natural como poluentes, são muito comuns em sistemas aquáticos, sendo a degradação desses compostos um importante processo microbiológico. Algumas vezes os produtos da degradação, como o ácido sulfídrico (H_2S), causam sérios problemas na qualidade da água. (MANAHAN, 2005).

A presença do íon sulfato em corpos de água doce pode se tornar prejudicial para a vida aquática se em altas concentrações. Algumas bactérias anaeróbicas têm a capacidade de usar esse íon como agente oxidante para conversão de matéria orgânica em dióxido de carbono quando a concentração de oxigênio na água é muito baixa, reduzindo os íons SO_4^{2-} até sulfeto de hidrogênio, que segundo Esteves (1998) é tóxico para alguns organismos aquáticos.

Em águas continentais, os cloretos estão presentes como resultado da dissolução de minerais ou sais de rochas e do solo e da intrusão de águas salinas no continente. O teor de cloreto pode ser indicativo de poluição por esgotos domésticos, devido sua presença em concentrações consideráveis na urina. Mesmo em altas concentrações não são nocivos ao homem, entretanto, podem causar sabor na água na presença de sódio tornando-a imprópria para o consumo, impedir o uso da água para agricultura e exigir tratamentos adequados para usos industriais, além de causar sérios danos a estruturas metálicas devido à corrosão (DAVIS e CORNWELL, 1998; BRAGA *et al.*, 2005).

A alcalinidade é uma medida da capacidade da água de se comportar como base nas reações com prótons. Ocorre em águas doces devido à presença de bicarbonatos (HCO_3^-), carbonatos (CO_3^{2-}) e hidróxidos (OH^-), podendo sofrer contribuição de outros íons no caso de águas salgadas (MANAHAN, 2005). Andrews *et al.* (2004) demonstram de forma simplificada

que o HCO_3^- é mais responsável pela alcalinidade na maioria das águas doces do que o CO_3^{2-} , pois se mostra 200 vezes mais abundante.

De acordo com Braga *et al.* (2005), a alcalinidade não constitui problema isolado para a vida aquática, exceto quanto à presença de hidróxidos, que são sempre referentes à adição antrópica. Já com relação ao uso da água pelo homem, Manahan (2005) afirma que águas que apresentam alcalinidade alta geralmente contêm elevados níveis de sólidos dissolvidos, não sendo adequadas para o uso em caldeiras, preparo de alimentos e sistemas de abastecimento de água.

1.2.3 Caracterização dos metais totais

No caso, do estudo da bacia do rio Sorocaba-Pirajibu, foi estabelecida uma rotina de coletas de água superficial para a determinação das características químicas representadas pela determinação dos metais onde foram estudados o Al, Cu, Mn, Cd, Ni, Zn e Cr.

A especiação de metais define-se como a forma em que este metal se encontra no meio ambiente, não dependendo de sua concentração, o que é extremamente importante pelo fato de que essas formas adquiridas afetam o meio ambiente, de forma mais intensa ou menos agressiva, dependendo de seu estado de valência. (SALOMONS e FÖRSTNER, 1984)

Alguns metais, tais como o cromo hexavalente são as espécies mais tóxicas no ambiente. Algumas outras espécies sofrem metilações, sendo este o caso do Pb e do Hg, assim formando os metil-derivados, altamente tóxicos. (MOORE e RAMAMOORTHY, 1984).

O cromo é extremamente persistente nos sedimentos dos corpos aquáticos, o que por meio de condições específicas de pH e oxigênio dissolvido pode acumular-se na vida aquática, U.S. Environment Protection Agency - USEPA (2009a).

Segundo Yang e Sando-Wilhelmy (1998), a existência de cádmio em corpos d'água é devido principalmente a despejos industriais, em destaque a indústria de tratamento de superfícies metálicas, emissão de gases a partir da queima de combustíveis fósseis e deposição dos materiais em suspensão na

atmosfera. Pode também advir da lixiviação de áreas agrícolas tratadas com os pesticidas que contém esse metal tóxico.

Por ser um importante algicida, pesticida, fungicida, dentre outras ações deletérias a organismos, o cobre é utilizado largamente em estações de tratamento de efluentes e na agricultura de forma geral. Por esse uso intensivo, pode contaminar o lençol freático a partir do escoamento da água pluvial e, conseqüente lixiviação das terras agrícolas.

Outras fontes de sua existência como poluente de corpos aquáticos é a partir da precipitação atmosférica de indústrias de beneficiamento de seu minério, além de indústrias de tratamento de metais e siderúrgicas (USEPA, 2009b).

O manganês torna a água mais escura. Suas características são semelhantes as do ferro, apresentando a forma mais solúvel Mn^{2+} e menos solúvel Mn^{4+} . A sua origem em ambientes aquáticos advém da rocha por intemperismo e também pela introdução de cargas residuárias originadas em indústrias metalúrgicas, de tintas, fertilizantes, dentre outros (YANG & SANDO-WILHELMY, 1998).

Também utilizado em indústrias de tratamento de superfícies metálicas, alguns estudos demonstram que a presença de Ni pode levar à carcinogênese. Como o zinco e o cobre, o níquel se presente em ambientes aquáticos pode precipitar nas brânquias dos peixes, matando-os por asfixia, além de ser tóxico quando presente em soluções em pH baixo.

Assim como o cobre, elevadas concentrações de Zn podem afetar os peixes coagulando-o em suas brânquias, causando asfixia. Em baixas concentrações traz benefícios para o organismo humano, participando ativamente da produção de insulina, sendo que a falta desse nutriente pode conduzir ao nanismo (CETESB, 2010).

1.3 Objetivos e relevância do trabalho

O objetivo principal deste relatório final é apresentar o resultado da caracterização ambiental do rio Sorocaba na sub-bacia de drenagem



Sorocaba-Pirajibu, através do monitoramento qualitativo das águas superficiais avaliando os parâmetros físico-químicos ao longo do período do estudo.

No estudo foram aplicados os métodos de análise amplamente conhecidos na literatura.

Os métodos para a caracterização Físico - Química e Metais, foi desenvolvida em 3 locais escolhidos numa viagem exploratória e citados na Tabela 1.

Foram realizadas campanhas mensais que duravam o dia inteiro para poder fazer todos os levantamentos de coletas e armazenamento. Algumas das análises foram determinadas na mesma hora com os equipamentos portáteis disponíveis adquiridos pelo financiamento FEHIDRO.

Outras análises foram realizadas em laboratório com as amostras armazenadas em geladeira até poder fazer a preparação e leitura nos equipamentos dos laboratórios da UNESP Sorocaba com a participação dos alunos de Iniciação Científica em caráter voluntário. Os referidos alunos foram orientados e treinados a realizar os levantamentos e procedimentos de análise laboratorial ao longo do projeto.

Na caracterização da vazão foi realizada concomitantemente, a determinação da vazão pelo método **“Área – Vazão”** através do levantamento da batimetria do local em cada ponto, para a determinação da área ocupada pela água na seção do rio, e posteriormente, da determinação da velocidade em cada seção do rio através do molinete, para finalmente integrar o valor da vazão total nos pontos estudados.

Método “Área – Vazão”

Para a determinação da vazão do rio Ipanema foi utilizado um micromolinete da marca Hidromec (anexo 3). Foram definidos três pontos representativos na bacia de drenagem Tabela 1.

O método mais utilizado na determinação da vazão é denominado “área-velocidade”, que consiste na determinação da velocidade média do escoamento (v) numa seção transversal do curso d’água que multiplicada pela área (A) fornece o volume de água que passa na unidade de tempo (Q).

A descarga ou vazão que na unidade de tempo, é expressa geralmente em m³/s ou l/s.

O primeiro passo na medição da vazão é determinar a seção transversal molhada do canal.

Isto é feito pela medição da largura da superfície líquida do curso d'água (L). Em seguida ela é subdividida em vários segmentos (Li), obtendo-se subseções correspondentes, sendo tomada a profundidade em cada uma delas (Hi). O número de segmentos (Li) é variável e depende da largura do rio e da precisão desejada, e estimada da seguinte forma:

$$A_i = L_i \times H_i$$

A velocidade do rio foi estimada através da determinação dos pulsos, transformados em velocidade utilizando a equação do micromolinete:

$$V = a \cdot x + b$$

Onde: V velocidade (m/s); a, b são constantes do aparelho; x número de pulsos por tempo

Determinada a velocidade média da água vi em cada subseção, deve-se multiplicá-la pelo valor correspondente da área da subseção Ai, obtendo-se a descarga Qi. A somatória das descargas parciais de cada subseção constitui a vazão total do curso d'água Qt, os dados médios encontram-se no (Anexo 2).

$$Q_t = \sum Q_i = \sum A_i \times V_i$$

Desta forma, o presente estudo permitiu realizar a caracterização da vazão no período estudado, que serviu como referência para conhecer o potencial do rio como futuro manancial de abastecimento de água.

1.4 Experimental

1.4.1 Materiais e equipamentos (Anexo 3)

- Balança analítica (precisão 0,0001 g), SHIMADZU Mod. AW220;
- Balança de prato externo (precisão 0,01 g), MARTE Mod. AL500;
- Balde de polietileno;
- Bomba de vácuo, TECNAL Mod. TE-058;
- Capela para exaustão de gases, FORT LINE Mod. BR-CA 100;
- Centrífuga FANEM Mod. 206-BL
- Chapa de aquecimento, TECNAL Mod. TE-018;
- Condutímetro WTW LF 330 com célula de condutividade TetraCon® 325
- Reator American Lab Dry Block Mod. AL 1200
- Equipamento de filtração Millipore®.
- Espectrofotômetro para leituras na região do UV-Vis., FEMTO Mod. 700Plus;
- Espectrofotômetro HACH DR2800;
- Espectrofotômetro HACH DR2000;
- Espectrômetro de absorção atômica com atomização por chama (Varian, AA240FS)
- Estufa com renovação de ar, FANEM, Mod. 320-SE;
- Filtros de microfibras de vidro (diâmetro 47 mm, poro 0,6-0,7 µm)
- Garrafas de polietileno tereftalato;
- Incubadora microbiológica American Lab, AL 100.
- Kit para determinação de alcalinidade HACH, mod. AL-AP MG-L.
- Mangueiras de polietileno;
- Micro pipetas automáticas Gilson, vários volumes (fixos e variáveis);
- Oxímetro WTW Oxi 315i com sensor Cellox 325.
- pHmetro WTW pH 315i;
- Sistema desionizador para purificação de água, MILIPORE Mod. Milli-Q Plus;
- Refrigerador CONTINENTAL Mod. 460;
- Vidraria comum a um laboratório de Química Analítica.

1.4.2 Purificação da água

Toda água utilizada foi previamente destilada e purificada em sistema desionizador de água, marca Milli-Qplus, até apresentar resistividade 18,2 Mohm/cm a 25°C.

1.4.3 Reagentes e soluções

- Ácido Nítrico (F. Maia) 65 % P.A;
- Ácido Clorídrico (F. Maia) 37% P.A.;
- Kit Test'n Tube[®] para determinação de fosfato (HACH);
- Kit Test'n Tube[®] para determinação de nitrogênio total (HACH);
- Kit Test'[®] para determinação da dureza (HACH);
- Kit Test'[®] para determinação do cromo (HACH);
- Kit Test'[®] para determinação do cobre (HACH);
- Kit Test'[®] para determinação da alcalinidade (HACH);
- Kit Test'[®] para determinação do potássio (HACH);
- Kit Test'[®] para determinação do cálcio (HACH);
- Kit Test'[®] para determinação do magnésio (HACH);
- Kit Test'[®] para determinação do zinco (HACH);
- NitriVer[®] 3 reagente para nitrito (HACH);
- NitraVer[®] 2 reagente para nitrato (HACH);
- Reagente para detergentes (HACH);
- Solução alcalina (pH=8,0) de acetona 90%;
- Solução de EDTA (HACH);
- Solução de EGTA (HACH);
- Solução de íon férrico (HACH);
- Solução de Tiocianato de mercúrio (HACH);
- Soluções tampão pH = 4,0 e 7,0 (Policontrol), para calibração de pHmetro;
- Solução tampão citrato (HACH);
- Solução tampão de dureza 1 pH 10,1 ± 0,1 (HACH);
- Solução tampão de sulfato pH 2,0 ± 0,1 (HACH);
- SulfaVer[®] 4 reagente para sulfato (HACH);

1.4.4 Limpeza de vidraria

As vidrarias volumétricas e garrafas foram previamente descontaminadas com ácido nítrico concentrado e em seguida enxaguadas exaustivamente com água desionizada. As vidrarias não volumétricas foram descontaminadas com vapor de ácido nítrico concentrado segundo o procedimento proposto por Tschopel *et al.* (1980). Neste caso, a vidraria foi colocada com o fundo para cima em um suporte de vidro acoplado dentro de um béquer de 5 litros contendo cerca de 300 mL de ácido nítrico concentrado e tampado com um vidro de relógio. O béquer foi colocado em chapa de aquecimento a aproximadamente 120 °C e deixado em refluxo por cerca de 4 horas. Em seguida, os frascos foram enxaguados exaustivamente com água desionizada.

1.4.4.1 Uso dos materiais e reagentes

Sim, no referido estudo da bacia do rio Sorocaba-Pirajibu, foi estabelecida uma rotina de preparação e análise das características Físico – Química e Metais Totais do rio Pirajibu.

Todas as formas de utilização estão detalhadas nos sub-itens 1.4.6 até 1.4.12, pois cada tipo de determinação segue uma estrita rotina preconizada pelos laboratórios que fornecem os reagentes próprios para cada tipo de análise proposta e a quantidade estimada de reagentes necessários para a sua determinação. Sem contar, com a grande experiência adquirida e demonstrada pelos pesquisadores da UNESP e que foram fundamentais para a realização deste projeto utilizando as instalações próprias do Laboratório de Química Ambiental da UNESP Sorocaba. Inclusive no Item 1.4.13 faz menção ao importante cuidado com o descarte de resíduos que garantem também a preocupação e seriedade do trabalho desenvolvido neste projeto, em relação ao uso dos reagentes.

1.4.5 Área de estudo e amostragem

O projeto proposto foi desenvolvido na sub-bacia Sorocaba-Pirajibu (Figura 1), com área aproximada de 423 km², a qual está inserida na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI-10 – Sorocaba/Médio Tietê).

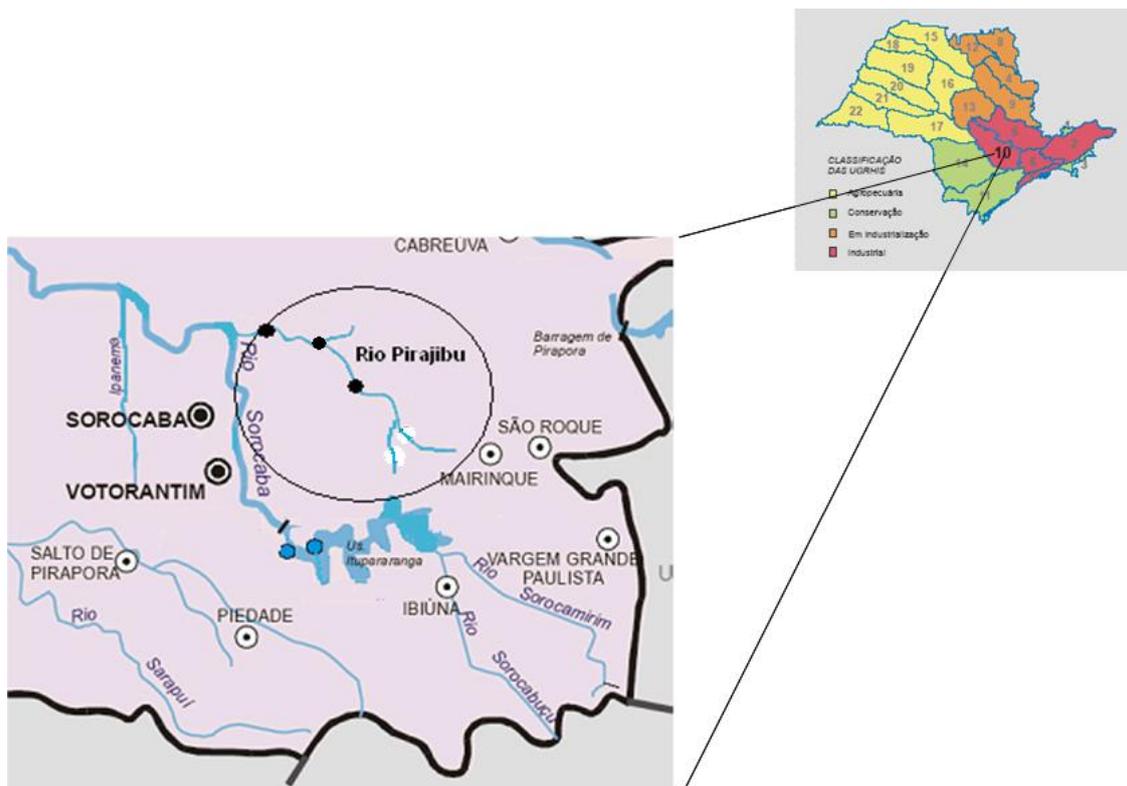


Figura 1. Bacia do rio Pirajibu dentro da Bacia Hidrográfica do Rio Sorocaba.

A escolha dos pontos de amostragem foi feita considerando-se as características de uso e ocupação das margens, bem como de forma a avaliar a influência das atividades antrópicas sobre a qualidade da água do reservatório. As amostras foram coletadas com periodicidade mensal no período de janeiro de 2009 a dezembro de 2009. As coletas da água superficial foram feitas, utilizando-se garrafas plásticas de polietileno tereftalato (PET) previamente purificadas em laboratório.

As coordenada geográficas de tais pontos encontram-se na Tabela 1 e a distribuição dos pontos na bacia na Figura 2.

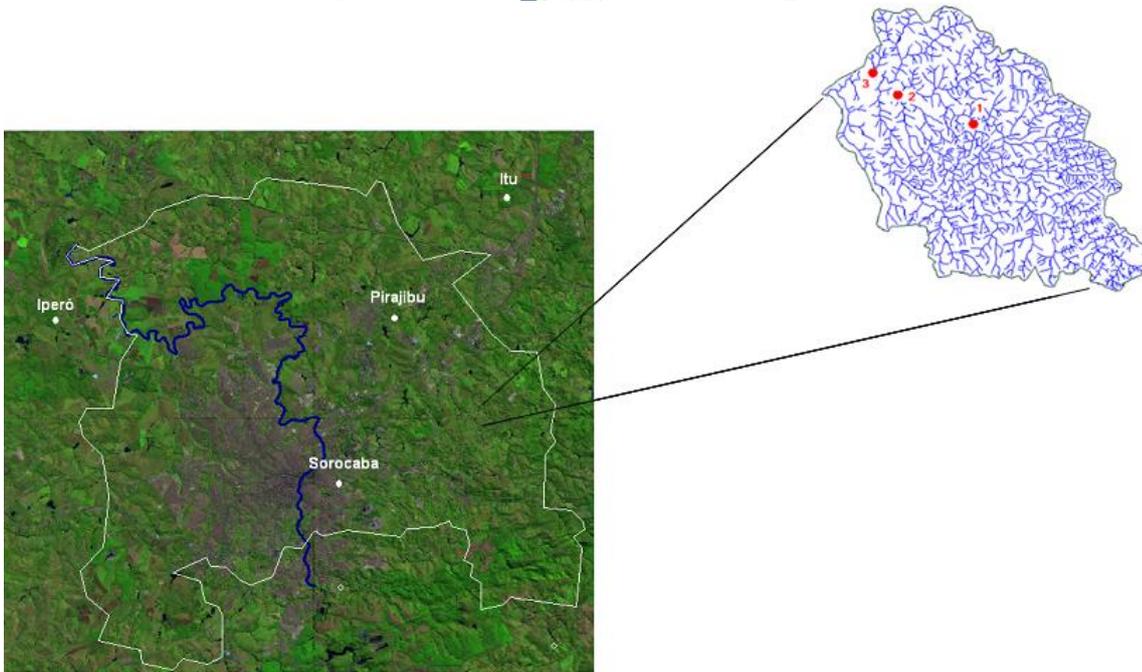


Figura 2. Pontos de coleta na bacia do rio Pirajibu

Tabela 1. Localização dos pontos de coleta ao longo do rio Pirajibu

Ponto	Coordenadas UTM
1	240033E 7396586N
2	242756E 7394268N
3	245544E 7391942N

1.4.6 Determinação de parâmetros “in-situ”

A temperatura da água, pH, condutividade e oxigênio dissolvido foram determinados “in situ” utilizando-se os seguintes medidores portáteis após a devida calibração: pHmetro WTW pH 315i, condutímetro WTW LF 330 com célula de condutividade TetraCon® 325 e oxímetro WTW Oxi 315i com sensor Cellox 325. (Anexo 3).

1.4.7 Determinação de cor e turbidez

Os parâmetros Cor verdadeira e Cor aparente foram determinados de acordo com o método 8025 para o espectrofotômetro HACH DR2800 e a turbidez foi determinada de acordo com o método 8237 para o espectrofotômetro HACH DR2000. **Um exemplo da metodologia para uso do HACH DR2000 está apresentado no Anexo 3 tirado do manual utilizado.**

1.4.8 Determinação da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_{5,20})

As amostras foram coletadas em frascos âmbar cobertos com papel alumínio. A DBO_{5,20} foi calculada a partir dos valores de oxigênio dissolvido obtidos “in situ” no dia da coleta e dos valores obtidos após um período de tempo de 5 dias em temperatura de incubação de 20 °C. Foi utilizada incubadora microbiológica American Lab, AL 100.

1.4.9 Determinação da alcalinidade

A alcalinidade das amostras foi obtida por titulação com ácido sulfúrico 0,02 mol L⁻¹ (Hach, 1992) com concentração entre 1 e 500 ± 0,2 mg/L.

1.4.10 Determinação dos Cátions

O cálcio e o magnésio (método solução alcalina e ácida, de 0 a 4 ± 0,9 mg/L Ca e Mg como CaCO₃) de acordo com o método 8237 para o espectrofotômetro HACH DR2000. O sódio e o potássio foram determinados por espectrometria de absorção atômica com atomização por chama (VARIAN, AA240FS).

1.4.11 Determinação dos ânions

O sulfato (método turbidimétrico de sulfato de bário, de 0 a 70 ± 0,9 mg/L), fosfato (método do ácido ascórbico, de 0 a 3 ± 0,01 mg/L) nitrato (método de redução de cádmio, de 0 a 30 ± 0,8 mg/L) e nitrito (método do sulfato ferroso, de 0 a 150 ± 0,8 mg/L) e nitrito foram quantificados por espectrofotômetro HACH 2000 e HACH 2800 (Hach, 1992), de acordo com os métodos 8051, 8048, 8153, 8171, 8507 e 8113, respectivamente.

1.4.12 Determinação de metais totais

Realizou-se a digestão ácida das amostras a fim de pré-concentrar as espécies metálicas de interesse e principalmente mineralizar toda a matéria orgânica presente na amostra em estudo.

Para isso, transferiram-se 300 mL da amostra de água “*in natura*” para béqueres de 500 mL de forma alta, adicionaram-se 10 mL de HNO₃ (P.A. MERCK, purificado por destilação) e algumas esferas de vidro para controle da ebulição, visando evitar projeção do material durante o processo de aquecimento. Os béqueres foram então colocados em mesa aquecedora, aquecendo a mistura a aproximadamente 120 °C até destruição total de todo o conteúdo de matéria orgânica presente e redução do volume de 300 mL para aproximadamente 30 mL. Em seguida o digerido foi transferido quantitativamente para um balão volumétrico e o volume ajustado a 50 mL com água desionizada.

Desta forma, os metais Alumínio, Cobre, Manganês, Cádmio, Níquel, Zinco e Cromo foram determinados por espectrometria de absorção atômica com atomização por chama (VARIAN, AA240FS) seguindo as recomendações do fabricante e utilizando a curva de calibração preparada a partir de soluções estoque (1000 mg/L). Equipamento apresentado no Anexo 3.

1.4.13 Descarte de resíduos

Todos os resíduos ácidos foram neutralizados. Os resíduos sólidos finais foram encaminhados à Comissão de Segurança do IQ-UNESP-Araraquara, a qual é responsável pela destinação final de resíduos gerados naquela unidade.

1.5 Resultados e discussão

Os resultados obtidos foram analisados tendo como parâmetro os valores máximos estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 para águas de Classe 2, pois a água do manancial Pirajibu é um dos rios utilizados para o abastecimento de água para consumo humano.

1.5.1 Caracterização físico-química

As Figuras 3 a 13 apresentam os valores de temperatura da água, pH, condutividade, turbidez e cor aparente, oxigênio dissolvido, DBO, ânions, cátions e metais pesados. Valores das campanhas encontram-se no Anexo 2.

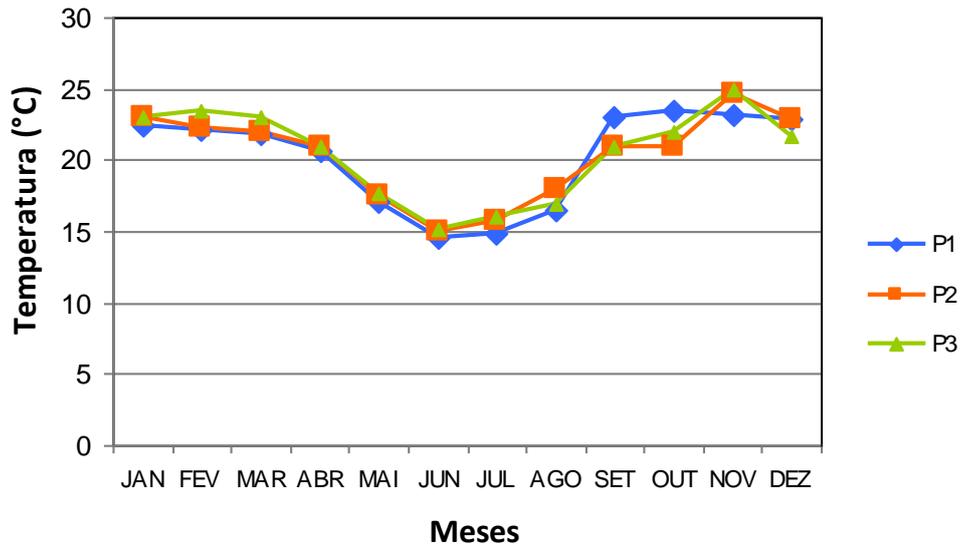


Figura 3. Temperatura da água

A temperatura apresentou comportamento diretamente relacionado com as épocas do ano para todas as coletas, havendo certa diferença de uma para outra que pode ser explicada tanto pela sazonalidade quanto pelos diferentes horários de realização das coletas indicando maior exposição à insolação.

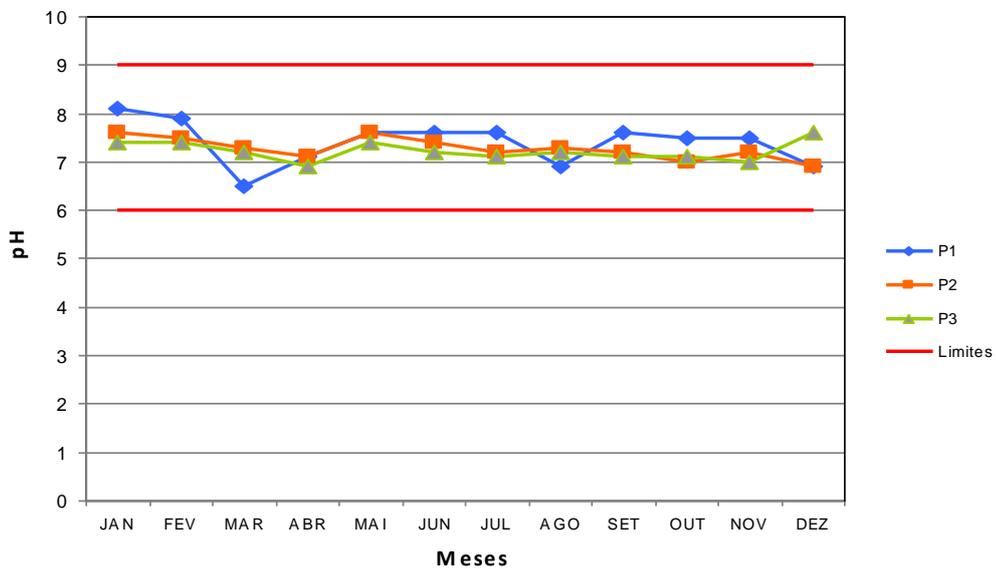


Figura 4. pH da água

Para os valores de pH, todos os dados analisados, ficaram dentro da faixa de 6 a 9 estabelecida pelo CONAMA para águas doce de classe 2.

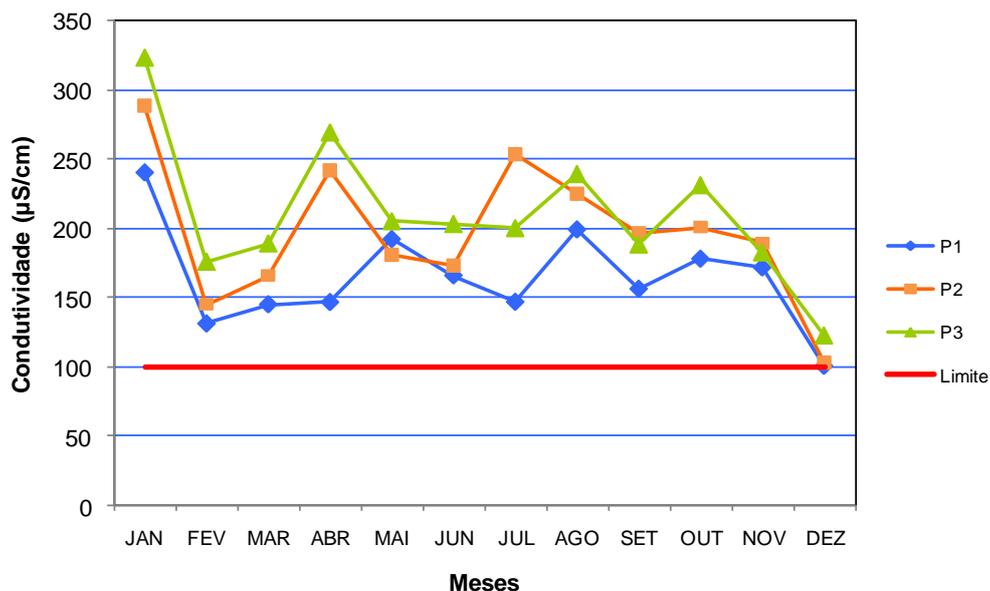


Figura 5. Condutividade da água

Pode-se observar em relação à condutividade, que a bacia apresenta reflexos da ação antrópica, sendo classificada como impactada, pois todos os resultados apresentaram valores acima de 100 $\mu\text{S/cm}$.

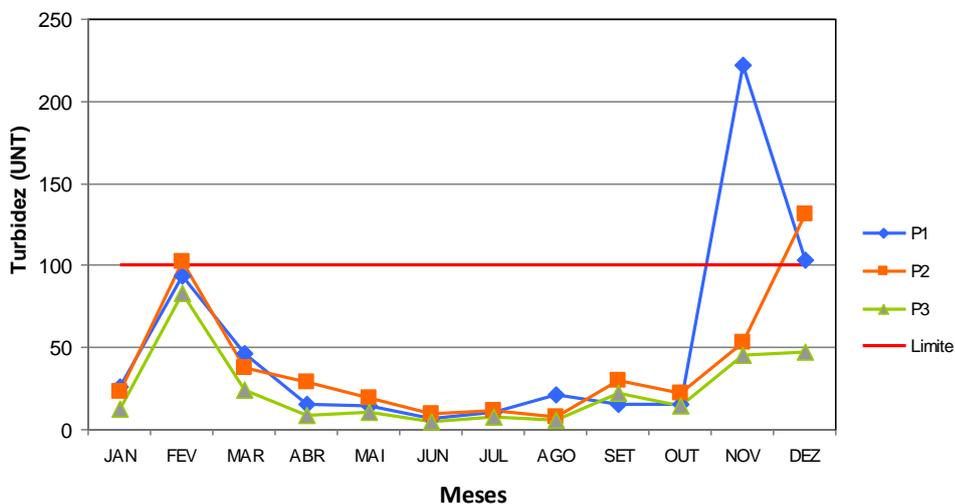


Figura 6. Turbidez da água

Para os valores de turbidez todos os pontos estão dentro do limite de 100 UNT estabelecido pelo CONAMA, sendo que apenas dois valores nos ponto 1 e 2 para o meses de nov/dez (223,0 e 135,0 UNT) ficaram acima do valor CONAMA, devido provavelmente à maior quantidade de sólidos em suspensão presentes nesses pontos.

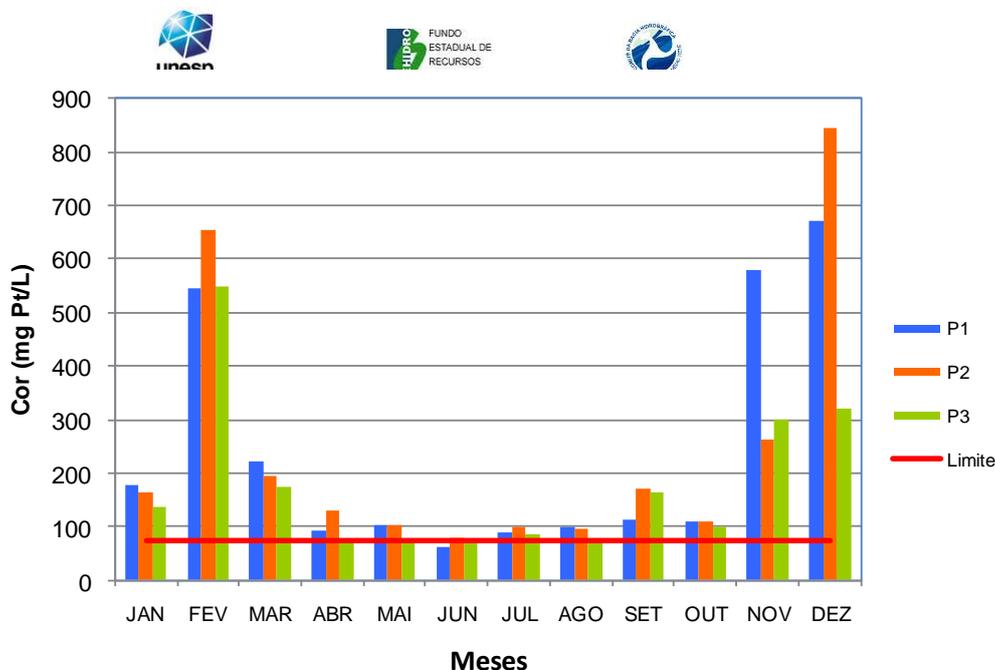


Figura 7. Cor aparente da água

A cor aparente avalia o grau de interferências dos sedimentos em suspensão, os quais desviam a luz, sendo também um integrante desse valor os dados de turbidez, que seguem o mesmo comportamento.

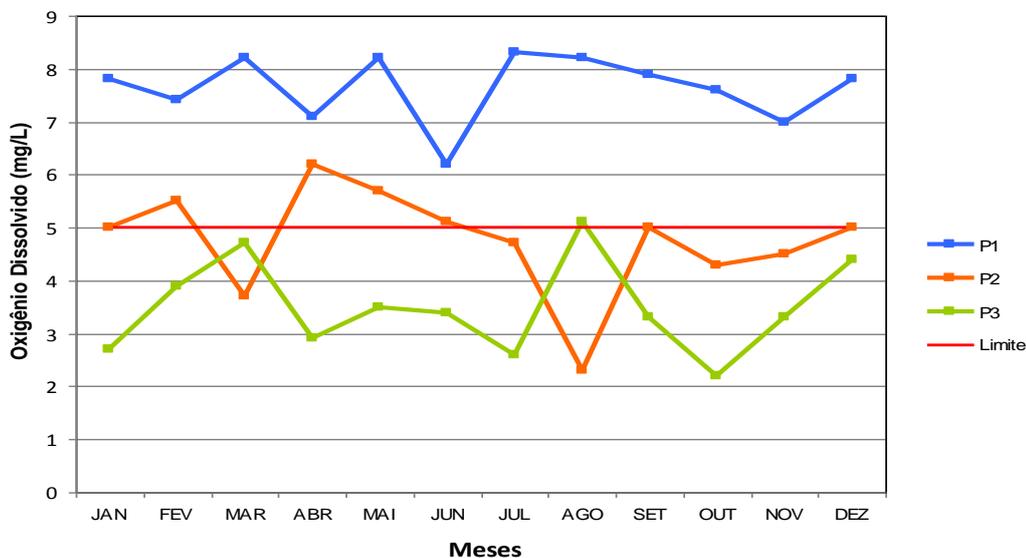


Figura 8. Oxigênio dissolvido da água

Os valores de oxigênio dissolvido no ponto 1 foram superiores a 5 mg/L no tempo atendendo o limite estabelecido pelo CONAMA. Pode-se observar nitidamente que os pontos 2 e 3 apresentaram valores inferiores ao limite CONAMA, isso provavelmente por receber uma carga maior de esgoto doméstico evidenciando a falta de tratamento do mesmo.

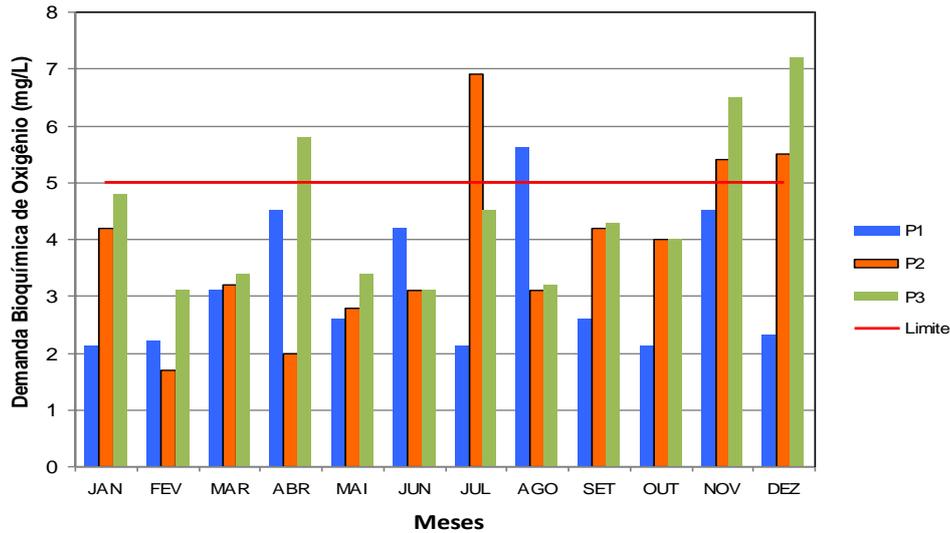


Figura 9. Demanda bioquímica de oxigênio da água

Analinsando-se, os resultados de (DBO_{5,20}), verifica-se que os valores em todos os pontos se encontram dentro do limite de 5 mg/L, estabelecido pelo CONAMA para águas de classe 2, mostrando algumas ocasiões onde o limite foi ultrapassado (Ponto 1 – agosto), (Ponto 2 – julho, novembro e dezembro) e (ponto 3 – abril, novembro e dezembro).

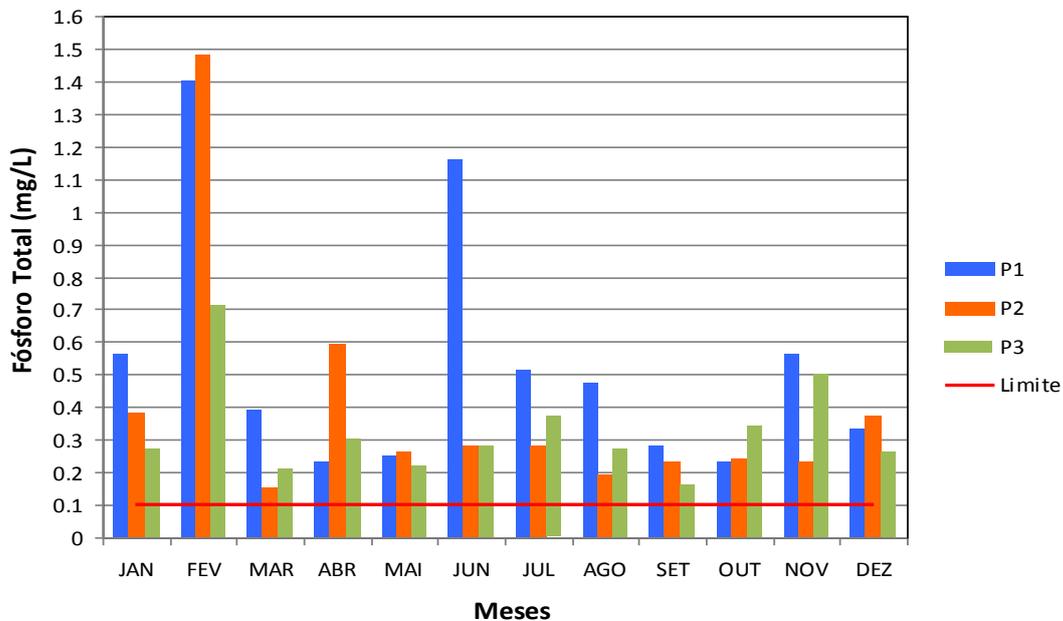


Figura 10. Fósforo total da água

Para o fósforo total da água, pode-se observar a desconformidade dos limites em relação ao CONAMA para todos os pontos em todo o período analisado, evidenciando a falta de tratamento de esgoto na referida bacia.

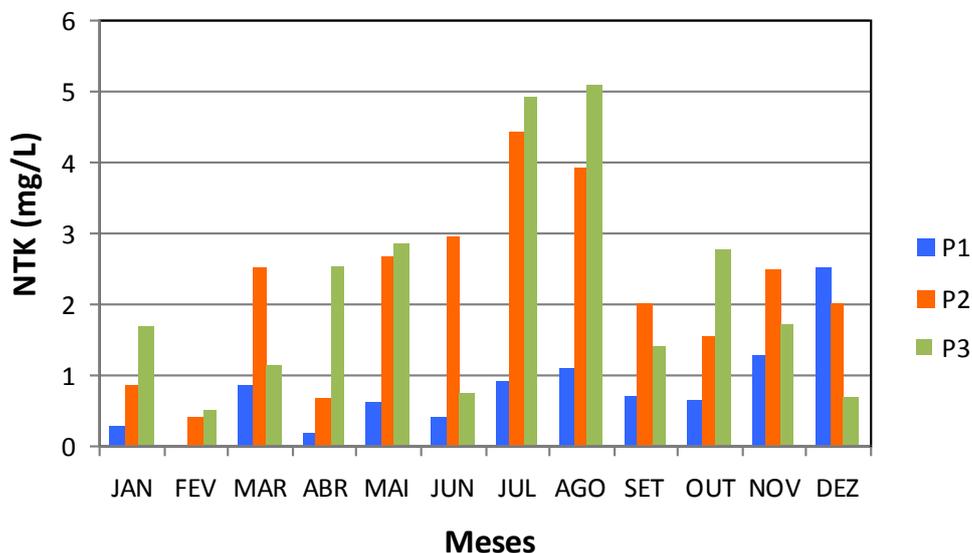


Figura 11. Nitrogênio Total da água

Para o nitrogênio total da água, pode-se observar a desconformidade dos limites em relação ao CONAMA para todos os pontos em todo o período analisado, evidenciando a falta de tratamento de esgoto na referida bacia.

Desta forma, pode-se observar que na maioria do tempo os valores de Nitrogênio total de Kjeldahl (NTK) não apresentou uma constância nos resultados temporais, evidenciando apenas uma variação maior nos pontos 2 e 3, áreas que receberam mais esgotos não tratados, aumentando os valores nestes pontos. O NTK representa a soma dos nitrogênios orgânico e amoniacal e não apresenta valor de referência para o CONAMA.

O NTK pode contribuir juntamente com o fósforo total para a eutrofização dos corpos de água como no caso do manancial analisado.

1.5.2 Caracterização de ânions e cátions

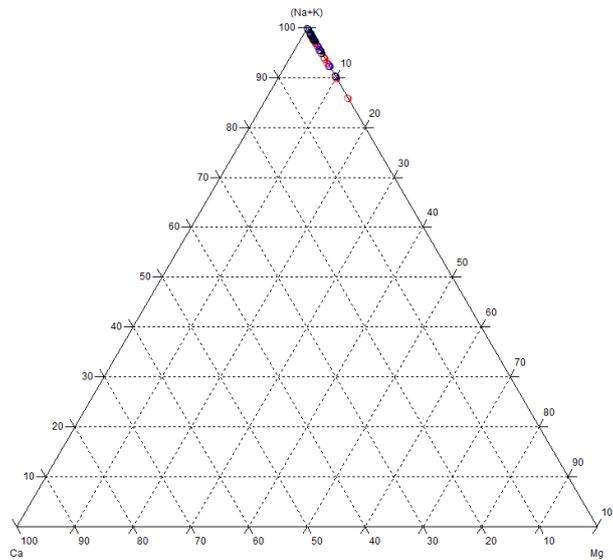


Figura 12. Balanço de cátions da água

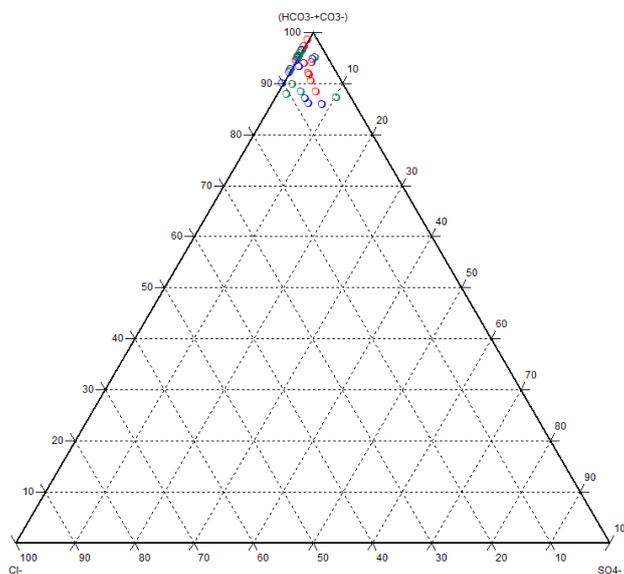


Figura 13. Balanço de ânions da água

Pode-se observar na Figura 12, em relação ao balanço de cátions que a bacia apresenta características de águas sódico-potássicas. Em relação ao balanço de ânions, a Figura 13 mostra que a bacia estudada apresenta predominância de águas bicarbonatadas. Valores das campanhas encontram-se no Anexo 2.

1.5.3 Caracterização dos metais totais

Os metais analisados na água do rio Pirajibu para todo o período analisado estão apresentados na Tabela 2. Valores das campanhas encontram-se no Anexo 2.

Tabela 2. Valores médios dos metais em relação ao CONAMA 357/05.

Elemento	P1	P2	P3	Limites mg/L
Al	4,7	5,9	7,3	1,0
Cu	0,038	0,017	0,028	0,009
Mn	0,632	0,702	0,660	0,1
Cd	0,046	0,058	0,068	0,001
Ni	0,200	0,220	0,270	0,025
Zn	0,227	0,296	0,314	0,18
Cr	nd	nd	0,004	0,05

Analisando-se a Tabela 2, a mesma apresenta os valores médios para os metais analisados na bacia do rio Pirajibu, mostrando que todos os metais estão acima dos limites estabelecidos pelo CONAMA 357/05, com exceção para o Cromo que apresentou valores abaixo ponto 3 e não detectáveis ponto 1 e 2 no período analisado. Cabe ressaltar que os valores de Alumínio foram sempre muito acima da legislação do CONAMA, que pode ter sido provocado pela geologia do local e pela influência industrial da cabeceira do rio Pirajibu.

1.6 Vazão do rio Pirajibu

O presente estudo permitiu realizar a caracterização da vazão no período estudado, que serviu como referência para conhecer o potencial do rio como futuro manancial de abastecimento de água.

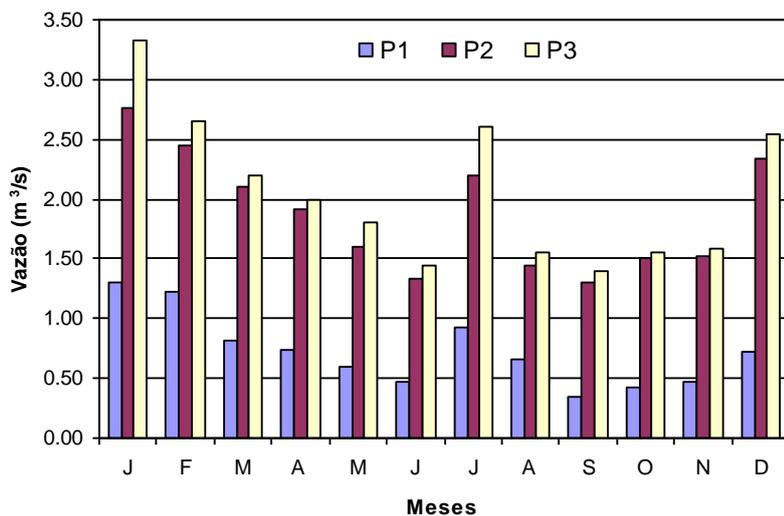


Figura 14. Vazões nos 3 pontos da bacia do rio Pirajibu

A importância na determinação da vazão no rio Pirajibu, está intimamente relacionada com o potencial estratégico que este manancial oferece não somente à cidade de Sorocaba, mas também aos outros municípios que fazem parte da área da bacia hidrográfica do rio Pirajibu.

Os resultados das campanhas mensais para o ano de 2009 realizadas nos 3 pontos escolhidos na área de estudo Figura 14, mostram claramente que o comportamento sazonal da vazão segue a influência climática do ano hídrico da região que abrange o período de setembro a agosto.

Pode-se observar claramente pela Figura 14, que os maiores valores ocorreram no período do verão (dezembro-janeiro e fevereiro) e os menores no período do inverno (junho-julho e agosto), sendo que o mês de julho de 2009 foi um ano atípico, pois o mês tipicamente seco apresentou chuvas acima da média para a região o que refletiu no valor de vazão acima dos valores médios para o período de estiagem. O mais importante foi determinar um valor médio de vazão para o ano analisado de 1,55 m³/s, que demonstra sua importância como um futuro manancial para o abastecimento público de Sorocaba.



1.7 Curso de treinamento

O **Curso 1: Utilização de cartografia e ferramentas de georreferenciamento em pesquisas de recursos hídricos** foi ministrado pela IGEagro e foi realizado no Laboratório de Geoprocessamento da Unesp Campus de Sorocaba no dia 01/11/2008. O mesmo teve a participação de 12 participantes. Este curso apresentou conteúdo relacionado a utilização de ferramentas de georreferenciamento necessários para a obtenção dos mapas temáticos que envolvem as características físicas das bacias hidrográficas e que foram o resultado deste trabalho em relação ao banco de dados de mapas para o gerenciamento de bacias hidrográficas. (Anexo 1). Os arquivos e material utilizados no curso estão no CD - pasta treinamento. A lista dos participantes e certificado do treinamento estão no anexo 1.

O **Curso 2: Planejamento e uso de GPS em pesquisas de recursos hídricos** foi ministrado pela IGEagro e foi realizado no Laboratório de Geoprocessamento da Unesp Campus de Sorocaba no dia 08/11/2008. O mesmo teve a participação de 12 participantes. Este curso apresentou conteúdo relacionado à aplicação do planejamento e uso de GPS necessários para a correção dos mapas temáticos que envolvem as características físicas das bacias hidrográficas e que foram o resultado deste trabalho em relação ao banco de dados de mapas para o gerenciamento de bacias hidrográficas. (Anexo 1). Os arquivos e material utilizados no curso estão no CD - pasta treinamento. A lista dos participantes e certificado do treinamento estão no Anexo 1.

Atividades desenvolvidas: foram realizadas aulas de manhã e à tarde com aplicação dos assuntos abordados. As tarefas foram realizadas na sala utilizando as apostilas e arquivos de mapas (em anexo no CD) com vários exercícios. Os resultados obtidos dentro do propósito do treinamento foram os vários mapas temáticos apresentados no Anexo 1.

O curso serviu principalmente para a formação de recursos humanos e principalmente para a aplicação das técnicas vistas no curso com a conclusão dos mapas da bacia hidrográfica do rio Pirajibu.



Como conclusões do treinamento podem-se destacar a formação dos recursos humanos na referida área do conhecimento, que permitiu aos alunos colaboradores do projeto realizar as tarefas relacionadas ao mesmo.

Foram adquiridas imagens de satélite, mapas planialtimétricos e gps, onde todo esse material foi utilizado, trabalhado, analisado e interpretado, resultando nos mapas do Anexo 1.

Como recomendações, podem-se comentar questões como a falta enorme de outras informações a serem levantadas e analisadas dentro da área de estudo que pode gerar outros tipos de projetos relacionados com o gerenciamento dos recursos hídricos da bacia estudada.

Poder-se-ia pensar em estudos de poluição difusa, recuperação de áreas degradadas, recuperação e proteção de nascentes, das áreas de APP e outras. Desta forma, a utilização das ferramentas de geoprocessamento certamente precisarão ser aplicadas em futuros projetos, daí a importância da realização do treinamento.

Seria de grande importância, apoiar projetos através do âmbito do Comitê de Bacias relacionado ao abastecimento público dos municípios que fazem parte da bacia hidrográfica do rio Pirajibu, uma vez que o presente estudo mostra o aumento da área urbana e a falta de tratamento de esgoto nos municípios como São Roque, Mairinque e Alumínio.

1.8 Conclusões e Recomendações

Conclusões

O Trabalho consistiu na caracterização ambiental do rio Sorocaba na sub-bacia de drenagem Sorocaba-Pirajibu, através do monitoramento qualitativo das águas superficiais através da avaliação de parâmetros físico-químicos do rio ao longo do período do estudo.

Pode-se verificar em termos de qualidade do rio que alguns parâmetros importantes como a condutividade elétrica, fósforo e nitrogênio total da água, apresentam valores que demonstram claramente que a falta de tratamento de esgoto na bacia é responsável significativamente pela má qualidade da água do referido manancial.

Já em termos dos cátions e ânions, o conjunto destes valores foram utilizados para realizar o balanço dos mesmos, e através da utilização do Diagrama Triangular foi determinado que as águas da bacia estudada são do tipo Bicarbonatadas e Sódico-Potássicas.

Em relação aos metais totais da água, estes merecem atenção especial, pois todas as coletas apresentaram valores acima da legislação vigente, sendo mais evidente no caso do Alumínio que apresentou valores muito acima dos permitidos pela legislação, devido provavelmente à falta de tratamento de esgoto doméstico nos municípios da bacia e pela influência direta da área industrial à montante da bacia.

Finalmente, conclui-se que a bacia em estudo apresenta características físico-químicas que demonstram um elevado grau de impacto antrópico significativo, devido provavelmente à falta de tratamento de esgoto doméstico.

Recomendações

Verificou-se também, o potencial estratégico do rio Pirajibu como futuro manancial para o abastecimento público exigindo desta forma, a aplicação de mais investimentos para projetos de recuperação da bacia hidrográfica como um todo e principalmente, à implantação de uma rede de monitoramento de qualidade e quantidade de água da bacia do rio Pirajibu.

Deve-se dar atenção especial aos problemas de qualidade da água, e portanto, ao apoio e incentivo que se fazem necessários para a continuidade deste projeto e outros, com propostas que abordem principalmente, a continuidade dos estudos de qualidade e quantidade de água, para que seja possível numa outra etapa com o apoio do FEHIDRO e do Comitê de Bacias do Sorocaba Médio Tietê – CBH-SMT, caracterizar além dos valores totais dos elementos presentes na água, determinar também a fase dissolvida na mesma e investigar também os sedimentos.

Portanto, recomenda-se que mais estudos sejam realizados para que ações efetivas de recuperação da qualidade da água sejam executadas.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDREWS, J. E.; BRIMBLECOMBE, P.; JICKELLS, T. D.; LISS, P. S.; REID, B. J. (2004). **An introduction to environmental chemistry**. 2th ed. Blackwell Publishing. 296 p.

BAIRD, C. (2002). **Química Ambiental**. 2ª ed. Porto Alegre: Bookman. 622 p.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; MIERZWA, J. C.; BARROS, M. T. L. de; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. (2005). **Introdução à engenharia ambiental**. São Paulo: Pearson Prentice Hall. 306 p.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB. (2010). Variáveis de qualidade das águas. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/variaveis.asp>>, Acesso: 02 de dezembro de 2010.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. (2005) Resolução n. 357/2005, 274/2000, 344/2004, Brasília, DF.

DAVIS, M. L; CORNWELL, D. A. (1998). **Introduction to environmental engineering**. 3a ed., Singapore: McGraw-Hill, 917 p.

ESTEVES, F. A. (1998). **Fundamentos da limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência. 602 p.

HACH 2000/2800 Espectrofotômetro. Manual do usuário. 2008. HACH COMPANY, NY. 2008



JONNALAGADDA, S.B.; MHERE, G. (2001). Water Quality of the Odzi river in the eastern highlands of Zimbabwe. *Water Research*, v. 35, p. 2371-2376.

MANAHAN, S. E. (2005). *Environmental Chemistry*. 8a ed., Boca Raton: CRC Press. 783 p.

MERTEN, G. H.; MINELLA, J. P. (2002). Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. *Revista Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável*, v. 3, p. 33- 38.

MEYBECK, M.; HELMER, R. (1992). An introduction to water quality: In CHAPMAN, D. (1992) *Water Quality Assessment*. Cambridge, University Press. 558p.

MOORE, J.W.; RAMAMOORTHY, S. (1984). Heavy metals in natural waters. Springer- Verlag. P. 205-261.

SERVIÇO AUTONOMO DE ÁGUA E ESGOTO. SAAE de SOROCABA. Disponível em: <<http://www.saaesorocaba.com.br/>> Acesso em 01 de dezembro de 2009.

SALOMONS, W.; FÖRSTNER, U. (1984) *Metals in the hydrocycle*. Springer-Verlag. 349p.

SOUZA, R. A. S.; ARAÚJO, S. R. de; JESUS, V. A. M. de; MARQUES, J. J.; CURI, N.; GUERREIRO, M. C. (2007). Frações de fosfato em reservatórios de água em Lavras – MG. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 31, p. 2.

TRIMER, R. *Introdução à Engenharia Ambiental*. São Paulo: Prentice Hall, 2004. 305p.

TSCHÖPEL, P.; KOTZ, L.; SHULZ, W.; VEBER, M.; TÖLG, G. (1980). Zur Ursache und Vermeidung systematischer fehler bei elementbestimmungen



in wäßrigen Lösungen im ng/ml - und pg/ml. *Fresenius Journal of Analytical Chemistry*, v.302, p.1-14.

U.S. ENVIRONMENT PROTECTION AGENCY. (2009a). **Consumer Factsheet on: CHROMIUM**. Disponível em: <www.epa.gov/ogwdw/dwh/c-ioc/chromium.html>. Acessado em 20 de janeiro de 2009.

U.S. ENVIRONMENT PROTECTION AGENCY. (2009b). **Consumer Factsheet on: COPPER**. Disponível em: <www.epa.gov/ogwdw/dwh/c-ioc/copper.html>. Acessado em 20 de janeiro de 2009.

VARIAN Espectrômetro de absorção atômica com atomização por chama (Varian, AA240FS). Agilent Technologies, 2006.

WHITE, P. A.; RASMUSSEN, J. B. (1998). The genotoxic hazards of domestic wastes in surface waters. **Mutation Research**, v. 410, p. 223 – 236.

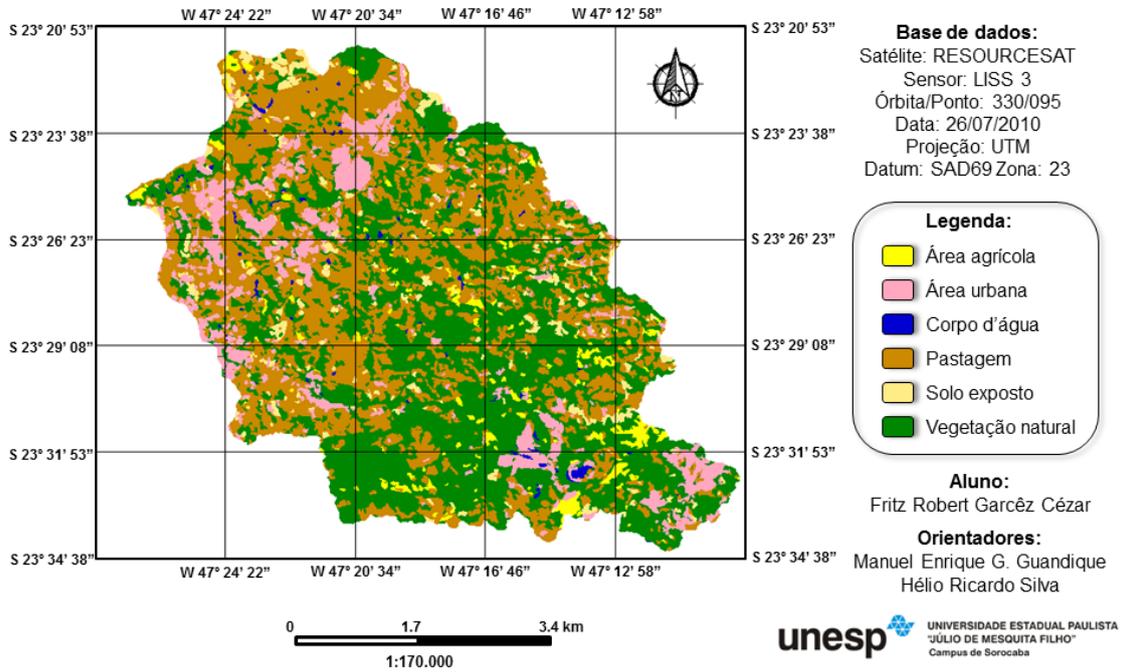
YANG, M.; SANUDO-WILHELMY, S.A. (1998). Cadmium and manganese distributions in the Hudson River Estuary: interannual and seasonal variability. **Earth and Planetary Science Letters** v. 160, p. 403–418.



ANEXO 1

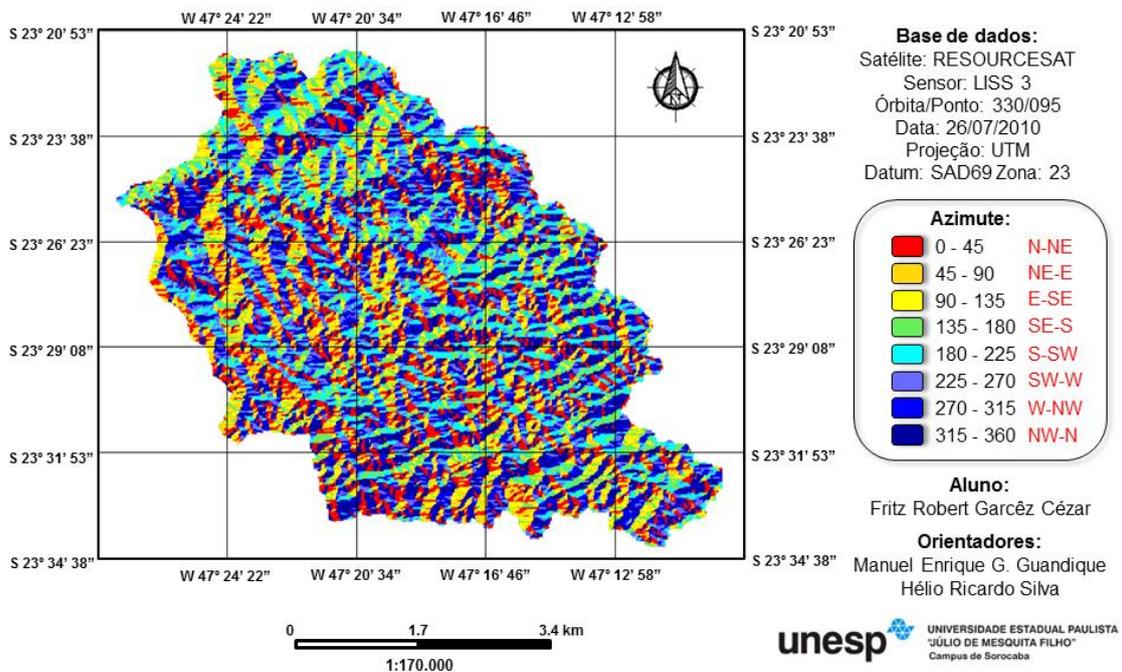
CURSO DE TREINAMENTO

Mapa de Uso e Ocupação do Solo da Bacia Hidrográfica do Rio Pirajibú



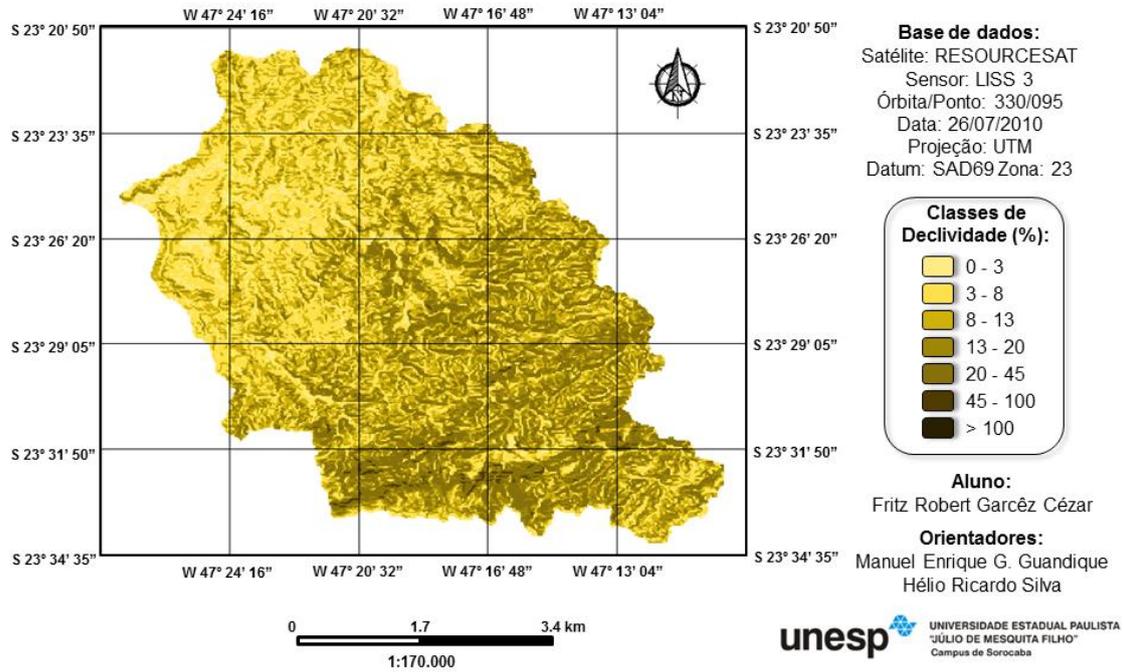
MAPA 1. Uso e ocupação da bacia do rio Pirajibu

Mapa de Orientação de Vertentes da Bacia Hidrográfica do Rio Pirajibú



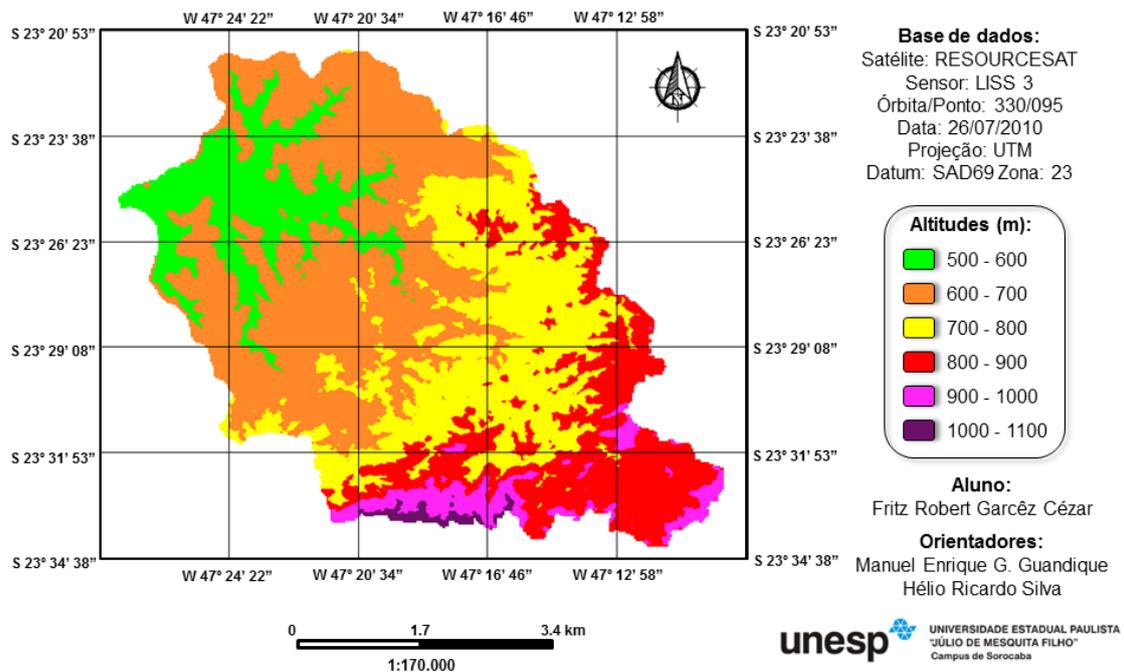
MAPA 2. Orientação das vertentes da bacia do rio Pirajibu

Mapa de Declividade da Bacia Hidrográfica do Rio Pirajibú



MAPA 3. Declividade da bacia do rio Pirajibu

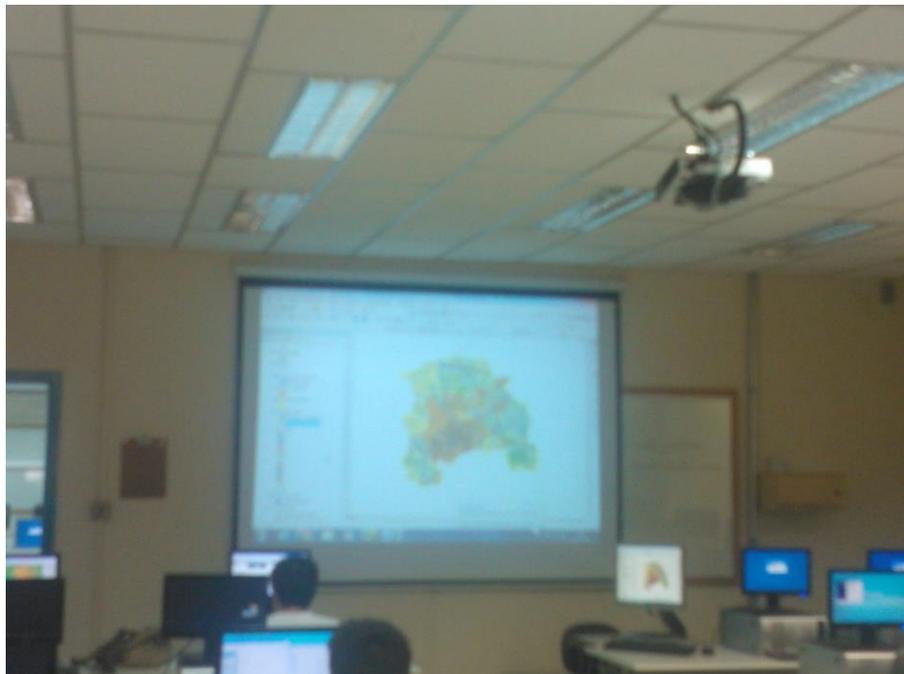
Mapa Hipsométrico da Bacia Hidrográfica do Rio Pirajibú



MAPA 4. Hipsometria da bacia do rio Pirajibu

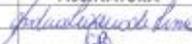
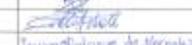
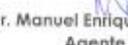


LABORATÓRIO DE GEOPROCESSAMENTO – UNESP



LISTA DE PRESENÇA DIA 01/11/2008

Curso I: Utilização de Cartografia e ferramentas de georreferenciamento em pesquisas de recursos hídricos (8h).

Número	NOME	ASSINATURA	RG
1	Andréa F. L. Franceschini		18.370698-5
2	Clélia de Barros		18.788553
3	Federico G. Iurevich		33.988536-1
4	Fritz R. G. César		32.725147-5
5	Gabriela Antonial		32.256444-x
6	Iruam R. de Naronha		23.837932-2
7	José M. V. dos Santos		22.445843-7
8	Manuel E. G. Guandique		Y091547-U
9	Patrícia M. S. de Souza		44.073706-0
10	Pedro S. L. Muniz		25.867943-8
11	Rafael M. Derrite		26.508135-x
12	Roseli G. Nogueira		27.158374-5


Prof. Dr. Manuel Enrique Gamero Guandique
Agente Técnico

LISTA DE PRESENÇA DIA 08/11/2008

Curso 1: Utilização de Cartografia e ferramentas de georreferenciamento em pesquisas de recursos hídricos (4h).

Número	NOME	ASSINATURA	RG
1	Andréa F. L. Franceschini		18.370698-5
2	Clélia de Barros		18.788553
3	Federico G. Iurevich		33.988536-1
4	Fritz R. G. César		32.725147-5
5	Gabriela Antonial		32.256444-x
6	Iruam R. de Noronha		23.837932-2
7	José M. V. dos Santos		22.445843-7
8	Manuel E. G. Guandique		Y091547-U
9	Patrícia M. S. de Souza		44.073706-0
10	Pedro S. L. Muniz		25.867943-B
11	Rafael M. Demite		26.508135-x
12	Roseli G. Nogueira		27.158374-5


Prof. Dr. Manuel Enrique Camero Guandique
Agente Técnico



**Instituto de Desenvolvimento de Gestão
Empresarial no Agronegócio**

CERTIFICADO

Conferimos o presente certificado a **MANUEL ENRIQUE GAMERO GUANDIQUE** pela participação no curso de *Planejamento e Uso de GPS em Pesquisas de Campo de Recursos Hídricos* realizado de 7 a 8 de Novembro de 2008 com carga horária de 12 horas.

Piracicaba, 12 de fevereiro de 2009.



ENG. AGR. ANDRÉS ENRIQUE LAI REYES
ANALISTA DE SISTEMAS - USP
IGEAGRO



**Instituto de Desenvolvimento de Gestão
Empresarial no Agronegócio**

CERTIFICADO

Conferimos o presente certificado a **MANUEL ENRIQUE GAMERO GUANDIQUE** pela participação no curso de *Utilização de Cartografia e Ferramentas de Georreferenciamento em Pesquisas de Recursos Hídricos* realizado de 31 de Outubro a 1 de Novembro de 2008 com carga horária de 12 horas.

Piracicaba, 12 de fevereiro de 2009.



ENG. AGR. ANDRÉS ENRIQUE LAI REYES
ANALISTA DE SISTEMAS - USP
IGEAGRO

ANEXO 2

DADOS FÍSICO-QUÍMICOS E HIDROLÓGICOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIRAJIBU

TABELA 3. Vazão (m³/s) nos 3 pontos da bacia do rio Pirajibu.

MESES	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
JAN	1.30	2.77	3.32
FEV	1.23	2.45	2.66
MAR	0.82	2.10	2.20
ABR	1.73	1.92	2.00
MAI	1.60	1.60	1.80
JUN	0.47	1.33	1.45
JUL	0.92	2.20	2.60
AGO	0.66	1.44	1.56
SET	0.34	1.30	1.40
OUT	0.43	1.50	1.56
NOV	0.47	1.52	1.58
DEZ	0.72	2.34	2.54

TABELA 4. Oxigênio Dissolvido (mg/L) nos 3 pontos da bacia do rio Pirajibu.

MESES	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
JAN	7.8	5.0	2.7
FEV	7.4	5.5	3.9
MAR	8.2	3.7	4.7
ABR	7.1	6.2	2.9
MAI	8.2	5.7	3.5
JUN	6.2	5.1	3.4
JUL	8.3	4.7	2.6
AGO	8.2	2.3	5.1
SET	7.9	5.0	3.3
OUT	7.6	4.3	2.2
NOV	7.0	4.5	3.3
DEZ	7.8	5.0	4.4

TABELA 5. Demanda Biológica de oxigênio nos 3 pontos da bacia do rio Pirajibu.

MESES	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
JAN	2.1	4.2	4.8
FEV	2.2	1.7	3.1
MAR	3.1	3.2	3.4
ABR	4.5	2.0	5.8
MAI	2.6	2.8	3.4
JUN	4.2	3.1	3.1
JUL	2.1	6.9	4.5
AGO	5.6	3.1	3.2
SET	2.6	4.2	4.3
OUT	2.1	4.0	4.0
NOV	4.5	5.4	6.5
DEZ	2.3	5.5	7.2

TABELA 6. Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$) nos 3 pontos da bacia do rio Pirajibu.

MESES	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
JAN	240.0	289.0	323.0
FEV	131.4	145.2	175.8
MAR	145.2	166.0	189.0
ABR	146.8	242.0	269.0
MAI	192.1	181.0	205.0
JUN	166.0	173.0	203.0
JUL	147.0	254.0	200.0
AGO	199.0	225.0	239.0
SET	156.4	196.7	188.2
OUT	178.0	201.0	231.0
NOV	171.7	189.6	182.5
DEZ	101.0	103.0	122.6

TABELA 7. Turbidez (UNT) nos 3 pontos da bacia do rio Pirajibu.

MESES	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
JAN	25.9	23.1	12.6
FEV	94.0	102.0	83.0
MAR	46.6	37.7	24.2
ABR	15.8	28.5	9.06
MAI	14.2	19.2	10.2
JUN	6.50	9.60	4.40
JUL	10.8	12.0	8.12
AGO	21.1	7.80	5.82
SET	15.3	29.9	22.2
OUT	15.5	22.1	14.8
NOV	222.0	53.0	45.0
DEZ	103.0	131.0	47.0

TABELA 8. Coliformes fecais (NMP/100mL) nos 3 pontos da bacia do rio Pirajibu.

MESES	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
JAN	7.900	4.900	24.000
FEV	13.000	2.400	2.100
MAR	7.900	1.600	3.300
ABR	4.900	13.000	4.900
MAI	3.300	11.000	17.000
JUN	490	7.900	2.400
JUL	1.600	4.900	13.000
AGO	4.900	4.900	3.300
SET	1.600	1.700	49.000
OUT	1.700	1.600	22.000
NOV	23.000	790	2.400
DEZ	4.900	33.000	2.400

TABELA 9. Nitrogênio total (mg/L) nos 3 pontos da bacia do rio Pirajibu.

MESES	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
JAN	0.28	0.84	1.68
FEV	0.01	0.40	0.48
MAR	0.84	2.52	1.12
ABR	0.19	0.68	2.52
MAI	0.61	2.66	2.85
JUN	0.39	2.93	0.73
JUL	0.90	4.42	4.92
AGO	1.08	3.90	5.10
SET	0.71	2.00	1.38
OUT	0.64	1.56	2.77
NOV	1.27	2.50	1.69
DEZ	2.52	2.00	0.67

TABELA 10. Fósforo total (mg/L) nos 3 pontos da bacia do rio Pirajibu.

MESES	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
JAN	0.56	0.38	0.27
FEV	1.40	1.48	0.71
MAR	0.39	0.15	0.21
ABR	0.23	0.59	0.30
MAI	0.25	0.26	0.22
JUN	1.16	0.28	0.28
JUL	0.51	0.28	0.37
AGO	0.47	0.19	0.27
SET	0.28	0.23	0.16
OUT	0.23	0.24	0.34
NOV	0.56	0.23	0.50
DEZ	0.33	0.37	0.26

TABELA 11. Temperatura da água (°C) nos 3 pontos da bacia do rio Pirajibu.

MESES	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
JAN	22.5	23.0	23.0
FEV	22.2	22.3	23.4
MAR	21.9	22.0	23.0
ABR	20.7	21.0	21.0
MAI	17.1	17.5	17.7
JUN	14.6	15.0	15.1
JUL	14.9	15.7	16.1
AGO	16.5	18.0	17.0
SET	23.0	21.0	21.0
OUT	23.5	21.0	22.0
NOV	23.1	24.6	25.0
DEZ	22.9	22.9	21.7

TABELA 12. Cor da água (mg Pt/L) nos 3 pontos da bacia do rio Pirajibu.

MESES	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
JAN	179	166	137
FEV	544	654	550
MAR	222	194	174
ABR	93.0	131	72
MAI	102	102	73
JUN	63.0	81.0	69
JUL	90.0	101	85
AGO	100	96.0	74
SET	113	171	163
OUT	110	109	99
NOV	579	263	301
DEZ	672	845	320

TABELA 13. pH da água nos 3 pontos da bacia do rio Pirajibu.

MESES	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
JAN	8.1	7.6	7.4
FEV	7.9	7.5	7.4
MAR	6.5	7.3	7.2
ABR	7.1	7.1	6.9
MAI	7.6	7.6	7.4
JUN	7.6	7.4	7.2
JUL	7.6	7.2	7.1
AGO	6.9	7.3	7.2
SET	7.6	7.2	7.1
OUT	7.5	7.0	7.1
NOV	7.5	7.2	7.0
DEZ	6.9	6.9	7.6

TABELA 14. Ca+ nos 3 pontos da bacia do rio Pirajibu.

MESES	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
JAN	0.00	0.00	0.00
FEV	0.00	0.02	0.02
MAR	0.00	0.00	0.03
ABR	0.00	0.00	0.00
MAI	0.00	0.00	0.00
JUN	0.00	0.00	0.00
JUL	0.00	0.00	0.00
AGO	0.00	0.12	0.00
SET	0.00	0.02	0.02
OUT	0.00	0.02	0.02
NOV	0.10	0.08	0.00
DEZ	0.00	0.00	0.05

TABELA 15. (Na⁺ + K⁺) nos 3 pontos da bacia do rio Pirajibu.

MESES	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
JAN	61.7	74.5	61.0
FEV	64.4	64.4	50.9
MAR	60.9	64.6	58.9
ABR	63.5	63.5	54.2
MAI	55.0	61.7	95.6
JUN	54.0	95.6	60.0
JUL	71.6	95.7	93.3
AGO	65.9	79.5	65.8
SET	74.5	66.8	74.9
OUT	62.7	89.0	79.4
NOV	59.5	82.3	73.4
DEZ	53.6	67.5	63.5

TABELA 16. Mg⁺ nos 3 pontos da bacia do rio Pirajibu.

MESES	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
JAN	1.81	0.76	0.98
FEV	2.55	1.17	1.68
MAR	2.24	2.17	1.87
ABR	2.29	2.00	2.75
MAI	2.52	2.43	2.49
JUN	2.79	2.41	2.52
JUL	2.43	2.40	2.90
AGO	2.45	2.51	2.64
SET	2.29	2.26	2.52
OUT	2.46	2.67	2.51
NOV	2.39	2.34	2.57
DEZ	2.57	2.52	2.55

TABELA 17. Cl⁻ nos 3 pontos da bacia do rio Pirajibu.

MESES	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
JAN	2.60	1.90	1.40
FEV	4.20	3.30	3.20
MAR	2.20	4.50	5.20
ABR	2.80	4.70	3.70
MAI	2.80	3.20	2.80
JUN	2.60	4.70	4.00
JUL	3.30	4.50	1.40
AGO	2.00	4.00	2.70
SET	1.20	3.70	2.60
OUT	2.10	4.90	2.90
NOV	3.30	6.70	5.90
DEZ	2.50	2.70	2.20

TABELA 18. ($\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^-$) nos 3 pontos da bacia do rio Pirajibu.

MESES	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
JAN	55	70	65
FEV	70	75	60
MAR	40	75	55
ABR	55	60	45
MAI	55	50	55
JUN	50	55	45
JUL	55	50	50
AGO	70	70	55
SET	75	70	60
OUT	65	55	60
NOV	65	60	50
DEZ	70	70	60

TABELA 19. SO_4 nos 3 pontos da bacia do rio Pirajibu.

MESES	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
JAN	1.0	2.0	2.0
FEV	0.0	0.0	0.0
MAR	2.0	1.0	1.0
ABR	0.0	0.0	0.0
MAI	2.0	5.0	0.0
JUN	2.0	0.0	2.0
JUL	4.0	3.0	6.0
AGO	0.0	0.0	0.0
SET	0.0	0.0	0.0
OUT	2.0	4.0	0.0
NOV	0.0	0.0	1.0
DEZ	0.0	0.0	0.0

TABELA 20. Al nos 3 pontos da bacia do rio Pirajibu.

MESES	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
JAN	3.3	4.0	4.2
FEV	4.8	5.4	10.3
MAR	2.9	3.9	10.2
ABR	5.2	4.5	9.8
MAI	2.5	1.9	2.5
JUN	2.1	2.8	4.5
JUL	1.3	9.1	5.6
AGO	2.8	2.4	8.1
SET	3.6	3.4	4.4
OUT	8.2	9.3	6.1
NOV	15.5	19.5	17.5
DEZ	4.7	4.4	4.2

TABELA 21. Cu nos 3 pontos da bacia do rio Pirajibu.

MESES	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
JAN	0.021	0.033	0.034
FEV	0.022	0.012	0.032
MAR	0.016	0.012	0.040
ABR	0.008	0.018	0.033
MAI	0.021	0.007	0.033
JUN	0.016	0.001	0.013
JUL	0.030	0.010	0.005
AGO	0.035	0.005	0.042
SET	0.114	0.008	0.031
OUT	0.029	0.014	0.022
NOV	0.133	0.034	0.023
DEZ	0.016	0.017	0.025

TABELA 22. Mn nos 3 pontos da bacia do rio Pirajibu.

MESES	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
JAN	0.397	0.281	0.288
FEV	1.485	0.591	0.734
MAR	0.522	0.949	0.594
ABR	0.504	0.418	0.657
MAI	0.518	0.451	1.217
JUN	0.289	0.226	0.580
JUL	0.275	0.108	0.139
AGO	0.618	0.637	0.635
SET	1.291	0.466	1.268
OUT	0.471	0.821	0.389
NOV	0.710	2.276	0.715
DEZ	0.507	1.201	0.704

TABELA 23. Cd nos 3 pontos da bacia do rio Pirajibu.

MESES	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
JAN	0.044	0.067	0.069
FEV	0.051	0.054	0.044
MAR	0.035	0.053	0.060
ABR	0.045	0.051	0.054
MAI	0.049	0.053	0.064
JUN	0.045	0.049	0.059
JUL	0.064	0.051	0.070
AGO	0.034	0.056	0.065
SET	0.051	0.060	0.082
OUT	0.043	0.071	0.083
NOV	0.043	0.065	0.086
DEZ	0.050	0.069	0.080

TABELA 24. Ni nos 3 pontos da bacia do rio Pirajibu.

MESES	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
JAN	0.22	0.33	0.29
FEV	0.28	0.31	0.25
MAR	0.12	0.33	0.34
ABR	0.27	0.27	0.35
MAI	0.27	0.29	0.31
JUN	0.24	0.16	0.33
JUL	0.29	0.16	0.33
AGO	0.13	0.15	0.32
SET	0.14	0.16	0.19
OUT	0.14	0.16	0.18
NOV	0.17	0.18	0.20
DEZ	0.15	0.16	0.19

TABELA 25. Zn nos 3 pontos da bacia do rio Pirajibu.

MESES	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
JAN	0.128	0.502	0.302
FEV	0.189	0.190	0.291
MAR	0.090	0.274	0.418
ABR	0.122	0.195	0.214
MAI	0.182	0.180	0.260
JUN	0.181	0.139	0.266
JUL	0.159	0.155	0.274
AGO	0.140	0.167	0.364
SET	0.598	0.248	0.329
OUT	0.182	0.282	0.306
NOV	0.599	0.727	0.424
DEZ	0.157	0.487	0.319

TABELA 26. Cr nos 3 pontos da bacia do rio Pirajibu.

MESES	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
JAN	0.001	0.000	0.000
FEV	0.000	0.000	0.017
MAR	0.000	0.000	0.000
ABR	0.000	0.000	0.000
MAI	0.000	0.000	0.000
JUN	0.001	0.000	0.011
JUL	0.000	0.000	0.000
AGO	0.000	0.000	0.000
SET	0.001	0.000	0.000
OUT	0.000	0.000	0.014
NOV	0.000	0.000	0.000
DEZ	0.000	0.000	0.004



ANEXO

EQUIPAMENTOS

Espectrômetro de Absorção Atômica multisequencial com atomização por chama (Varian 240FS), e acessórios: equipamentos utilizados na quantificação de metais até o nível de traços em matrizes de interesse ambiental (p.e. água, solo, sedimentos, plantas etc.).



Desionizador de água Milli-Q Plus:



Espectrofotômetro HACH 200



Espectrofotômetro HACH 2800



Espectrômetro Femto 700 Plus:



Phmêtro WTW 315i: utilizado para medidas em campo de pH



Condutivímetro WTW LF330: medidas em campo de condutividade da água



Oxímetro WTW OXI 315i: medidas em campo de oxigênio

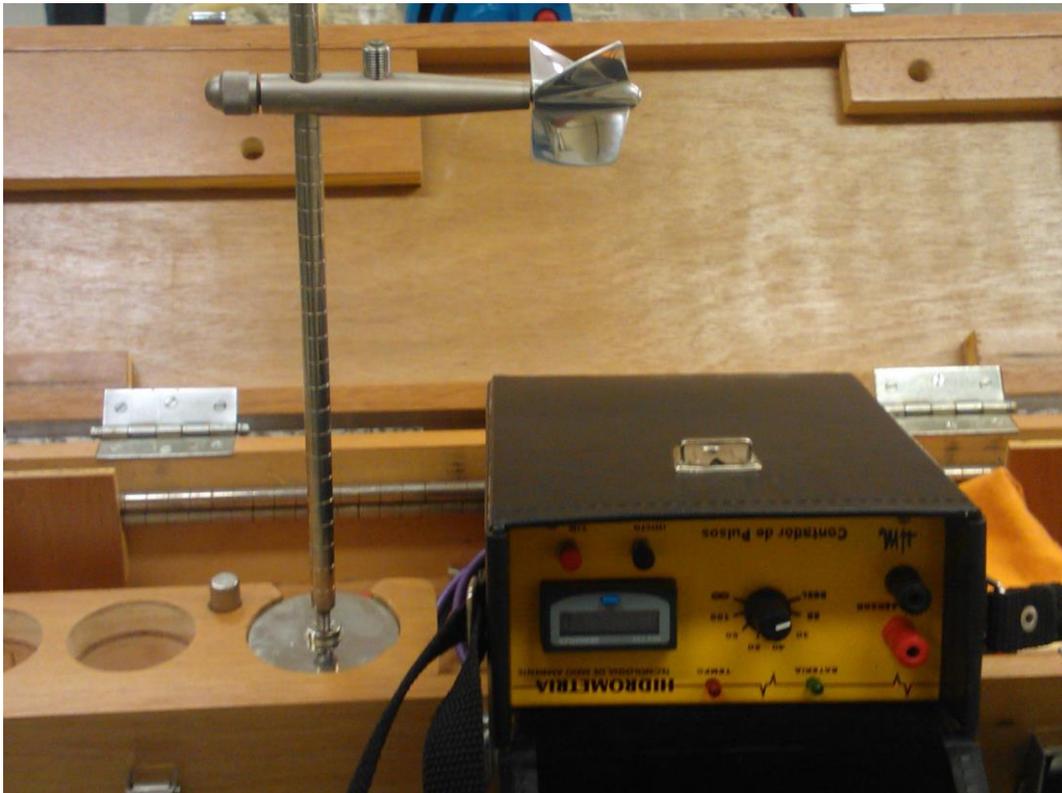


Contador de pulsos

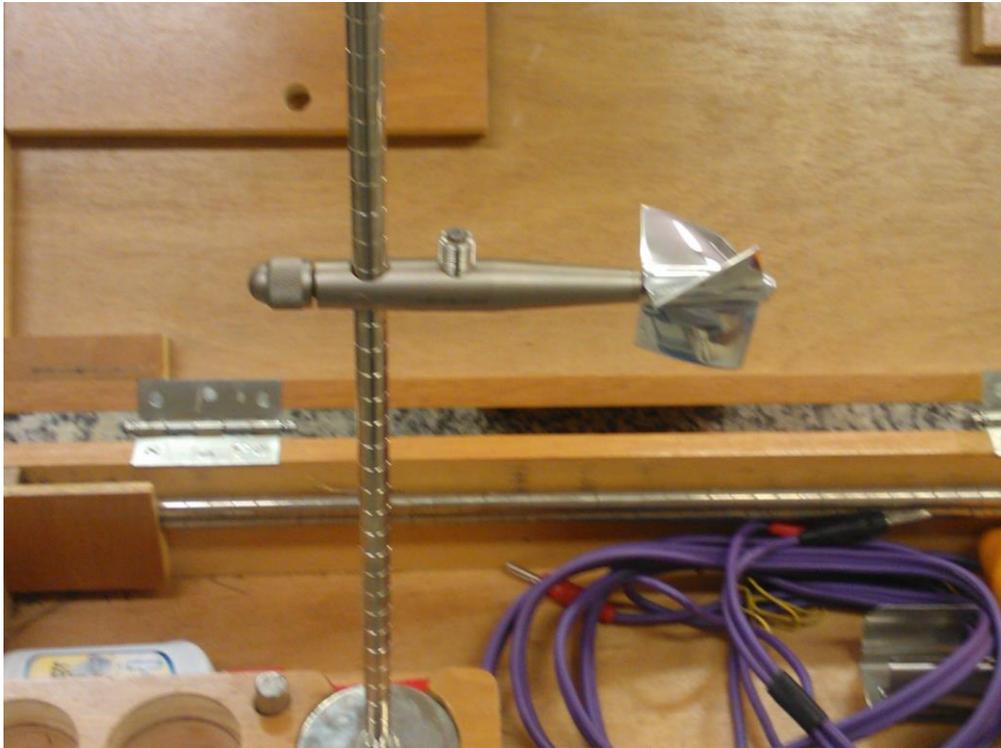


Micromolinete Hidromec

Equipamento para determinar a velocidade da água nos modelos reduzidos em laboratórios, podendo ser utilizado em rios, canais e córregos com pequena profundidade.



Molinete





**EXEMPLO DA MEDIDA DE VAZÃO NO RIO PIRAJIBU
BATIMETRIA**



EXEMPLO DO MÉTODO HACH UTILIZADO (OS OUTROS MÉTODOS ESTÃO NO MANUAL DO USUÁRIO).

HACH DR2000/2800 MANUAL. 2013. HACH COMPANY. NY, 2013.

Color, True and Apparent

Method 8025

Platinum-Cobalt Standard Method^{1, 2}
(15 to 500 units)

Scope and Application: For water, wastewater, and seawater; equivalent to NCASI method 253 for pulp and paper effluent using 465 nm (requires pH adjustment)

¹ Adapted from Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater and NCASI, Technical Bulletin No. 253, Dec. 1971

² Adapted from Wat. Res. Vol. 30, No. 11, pp. 2771–2775, 1996



Test Preparation

Before starting the test:

NCASI procedure requires pH adjustment. Adjust the pH to 7.6 with 1.0 N HCl or 1.0 N NaOH. When adjusting the pH, if overall volume change is greater than 1%, start over and use a stronger acid or base. Use Program 125 when performing the NCASI procedure.

To test for apparent color, omit steps 3–6 and step 8. Use unfiltered deionized water in step 7 and unfiltered sample in step 9.

Collect the following items:

Quantity

Hydrochloric Acid Solution, 1.0 N (Program 125)	varies
Sodium Hydroxide, 1.00 N (Program 125)	varies
Water, deionized	50 mL
Filter Apparatus: membrane filter, filter holder, filter flask, and aspirator	1
Sample Cells, 1-inch square, 10 mL, matched pair	2
Stopper, rubber, one hole, No. 7	1
Tubing, rubber	1

Note: Reorder information for consumables and replacement items is on page 4.

Platinum-Cobalt

Method 8025



1. Press **STORED PROGRAMS**.



1. Select the test.
NCASI: Use Program 125 for the NCASI test.



2. Collect 200 mL of sample in a 400-mL beaker.
NCASI: Adjust the pH as described in [Test Preparation](#).



3. Assemble the filtering apparatus (0.45 micron membrane filter, filter holder, filter flask, and aspirator).
NCASI: Test prescribes a 0.6-micron filter.

Color, True and Apparent (15 to 500 units)



4. Rinse the filter by pouring about 50 mL of deionized water through the filter. Discard the rinse water.



5. Pour another 50 mL of deionized water through the filter.



6. **Blank Preparation:** Fill a square sample cell with 10 mL of filtered deionized water from step 5.

Discard the excess water in the flask.



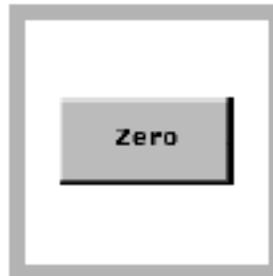
7. Pour about 50 mL of sample through the filter.



8. **Prepared Sample:** Fill a second square sample cell with 10 mL of filtered sample.



9. Wipe the blank and insert it into the cell holder with the fill line facing right.



10. Press **ZERO**.
The display will show:
0 units PtCo



11. Wipe the prepared sample and insert it into the cell holder with the fill line facing right.

Press **READ**. Results are in mg/L PtCo.