

## 5.1.2 Uso e Qualidade da Água

### 5.1.2.1 Aspectos Legais

A RESOLUÇÃO CONAMA nº 357/05 estabelece a classificação das águas doces, salobras e salinas segundo seu uso preponderante. Esta classificação é realizada considerando, principalmente, que o enquadramento dos corpos de água deve estar baseado não necessariamente no seu estado atual, mas nos níveis de qualidade que deveriam possuir para atender às necessidades da comunidade, à saúde e o bem-estar humano e ao equilíbrio ecológico aquático.

Nesta resolução, são classificadas, segundo seus usos preponderantes, em treze classes, as águas doces, salobras e salinas. Para águas doces, tipo de água analisada neste estudo, há cinco classificações (ver Tabela 5.1.2.1.1). Para cada classe de água, a resolução estabelece limites/condições máximas para os parâmetros físicos, químicos e biológicos.

Tabela 5.1.2.1.1 – Classificação das águas de acordo com o uso preponderante, segundo a Resolução CONAMA nº 357/05.

<b>Classificação</b>	<b>Uso Preponderante</b>
Classe especial	Abastecimento para consumo humano com desinfecção; Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; Preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.
Classe I	Abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; Proteção das comunidades aquáticas; Recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho), conforme Resolução CONAMA nº 274/00; Irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas sem remoção de película; Proteção das comunidades aquáticas em terras indígenas.
Classe II	Abastecimento para consumo humano, após o tratamento convencional; Proteção das comunidades aquáticas Recreação de contato primário (esqui aquático, natação e mergulho), conforme Resolução CONAMA nº 274/00; Irrigação de hortaliças e plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; Aqüicultura e atividade de pesca.
Classe III	Abastecimento para consumo humano, após o tratamento convencional ou avançado; Irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; Pesca amadora; Recreação de contato secundário; Dessedentação de animais.

<b>Classificação</b>	<b>Uso Preponderante</b>
Classe IV	Navegação; Harmonia paisagística.

A legislação estadual que enquadra os cursos d'água da Bacia do Piquiri é a Portaria SUREHMA nº 017/91 de 01 de Novembro de 1991. Segundo esta portaria, vigente até o presente momento, todos os cursos d'água da Bacia do Rio Piquiri pertencem à classe 2. No entanto, todos os cursos d'água utilizados para abastecimento público e seus afluentes, desde suas nascentes até a seção de captação para abastecimento público, quando a área desta bacia de captação for menor ou igual a 50 (cinquenta) quilômetros quadrados, tais como os abaixo relacionados, pertencem à classe 1:

- Arroio Barbosa, manancial de abastecimento público do município de Alto Piquiri.
- Arroio sem denominação, manancial de abastecimento público do município de Alto Piquiri.
- Rio Novaes, manancial de abastecimento público do município de Braganey e da localidade de Bragantina.
- Rio Campo Bonito, manancial de abastecimento público do município de Campo Bonito.
- Córrego Uritáí, manancial de abastecimento público do município de Cruzeiro do Oeste.
- Rio Fivela, manancial de abastecimento público do município de Guaraniaçú.
- Rio Palmitalzinho, manancial de abastecimento público do município de Palmital.
- Arroio Água Grande, manancial de abastecimento público do município de Ubitatã.

#### 5.1.2.2 Metodologia de estudo

Para desenvolver este elemento de caracterização, serão utilizados dados levantados em campanhas de campo e também dados secundários, com o objetivo de diagnosticar a qualidade da água na bacia do rio Piquiri e verificar se está de acordo com o uso designado pela legislação, além de identificar as atividades humanas e os fatores naturais que influenciam a qualidade da água da bacia hidrográfica.

Para este elemento de caracterização serão considerados os seguintes aspectos:

- Usos das águas para diversas finalidades;

- Avaliação da qualidade das águas em diferentes trechos do rio;
- Potencial de aporte de cargas poluidoras;
- Potencial de eutrofização no caso de formação de lagos em determinados trechos;
- Identificação de barragens já existentes e quedas d'água de grandes dimensões para identificar a perda de capacidade de autodepuração do rio.

### 5.1.2.3 Usos das águas para diversas finalidades

A SUDERHSA – Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, propôs e adotou, para o planejamento e administração dos recursos hídricos superficiais, uma divisão de bacias hidrográficas do estado do Paraná em 12 Unidades Hidrográficas de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UH).

Além disso, no Plano Estadual de Recursos Hídricos, foram definidas seções estratégicas de controle, a fim de homogeneizar o recorte territorial de gestão, além de outros objetivos específicos. Dessa forma, conforme se observa na figura 5.1.2.3.1, a bacia do rio Piquiri foi dividida em 3 seções: PQ.01, PQ.02 e PQ.03, que representam, respectivamente, as porções alta, média e baixa do curso do rio Piquiri. A localização dessas seções de controle é equivalente às sub-áreas A, M e B, delimitadas para esta Avaliação Ambiental Integrada no Capítulo IV – Caracterização da Bacia.



Figura 5.1.2.3.1 – Bacia Hidrográfica do rio Piquiri, dividida em 3 seções, de acordo com o Plano Estadual de Recursos Hídricos.

Fonte: SUDERHSA, 2006.

A Tabela 5.1.2.3.1 apresenta as vazões características por seção estratégica de controle no rio Piquiri.

Tabela 5.1.2.3.1 – Vazões características nas seções estratégicas de controle da bacia do rio Piquiri.

LOCAL (SC*)	ÁREA (Km <sup>2</sup> ) ACUMUL.	VAZÃO MÉDIA		DISPONIBILIDADE HÍDRICA	
		Q <sub>LT</sub> – TOTAL (m <sup>3</sup> /s)	q <sub>LT</sub> – (L/s/Km <sup>2</sup> )	Q <sub>95%</sub> (m <sup>3</sup> /s)	q <sub>95%</sub> (L/s/Km <sup>2</sup> )
PQ.01	7.575,4	203,19	26,82	39,81	5,26
PQ.02	17.313,8	460,89	26,62	114,89	6,64
PQ.03	24.171,7	612,22	25,33	156,32	6,47

\*SC: Seção estratégica de controle no rio Piquiri

Fonte: adaptado de SUDERHSA, 2006.

Observando-se os dados apresentados na tabela, verifica-se que vazões médias de longo tempo são menores no alto curso do rio Piquiri e maiores quanto mais próximo da foz. O mesmo ocorre com a disponibilidade hídrica, que é menor nas proximidades da nascente do rio Piquiri e maior no teu terço baixo, próximo à foz.

De acordo com a listagem de outorgas concedidas pela SUDERHSA na bacia do rio Piquiri até Fevereiro de 2008 (Anexo II), os principais usos da água são: agropecuária, saneamento, comércio e serviços, industrial e administração pública. As 2.389 outorgas concedidas são distribuídas na bacia de acordo com a tabela 5.1.2.3.2.

Tabela 5.1.2.3.2 – Distribuição dos usos da água da bacia hidrográfica do rio Piquiri.

TIPO DE USO	NÚMERO DE CONCESSÕES
Agropecuária	1.022
Saneamento	366
Comércio e Serviços	349
Industrial	253
Administração Pública	102
Outros	303

A tabela 5.1.2.3.3 apresenta as estimativas de demanda hídrica dos principais usos consuntivos da bacia do rio Piquiri. Pode-se observar que, entre os usos agropecuários, a pecuária é dominante, sendo responsável pela maior demanda hídrica (89,8 L/s). O setor agrícola, por sua vez, demanda somente 7,0 L/s de água. O abastecimento público é o segundo uso que mais demanda água na bacia em estudo, equivalente a 33,7 L/s. Já o setor industrial é aquele que demanda menores quantidades de água (2,2 L/s).

Tabela 5.1.2.3.3 – Demandas Hídricas dos Usos Consuntivos da Água na Bacia Hidrográfica do rio Piquiri

Seção de Controle / Bacia / Unidade Hidrográfica						Abastecimento Público						
Unidade	Código/ Nome	Área (Km <sup>2</sup> )	População – Habitantes			Sistema públicos				Sist. Independentes / rurais		Demandas superficiais totais (L/s)
			Urbana	Rural	Total	Índ. de atend.	Pop. Atendida	Pop. Não atendida	Vazão superficial captada	População	Vazão superficial captada (L/s)	
SC	PQ.01	7.575,4	38.965	71.216	110.181	99,70	52.492	232	21,8	52.127	11,9	33,7
SC	PQ.02	9.736,4	206.531	69.202	275.733	98,65	236.100	1.800	221,0	37.730	10,3	231,3
SC	PQ.03	6.857,9	172.685	50.874	223.559	98,65	197.017	1.128	197,4	25.396	6,2	203,6
Bacia	Piquiri	24.171,7	418.181	191.292	609.473	99,35	485.608	3.161	440,0	115.252	28,4	468,6

Tabela 5.1.2.3.3 – Demandas Hídricas dos Usos Consuntivos da Água na Bacia Hidrográfica do rio Piquiri - Continuação

Seção de Controle / Bacia / Unidade Hidrográfica						Setor Industrial	Setor Minerário	Setor Agrícola	Setor Pecuário	Demandas Hídricas Totais (L/s)
Unidade	Código/ Nome	Área (Km <sup>2</sup> )	População – Habitantes			Demanda superficial total (L/s)	Demanda superficial total (L/s)	Demanda superficial total (L/s)	Demanda superficial total (L/s)	
			Urbana	Rural	Total					
SC	PQ.01	7.575,4	38.965	71.216	110.181	2,2	0	7,0	89,8	132,8
SC	PQ.02	9.736,4	206.531	69.202	275.733	394,1	0	55,8	41,7	722,9
SC	PQ.03	6.857,9	172.685	50.874	223.559	237,9	0	189,8	36,0	667,3
Bacia	Piquiri	24.171,7	418.181	191.292	609.473	634,2	0	252,6	167,5	1.523,0

Fonte: adaptado de SUDERHSA, 2006.

Ainda com base na tabela 5.1.2.3.3, verifica-se que as demandas hídricas no rio Piquiri aumentam à medida que se aproxima da foz, onde a disponibilidade hídrica é maior, sendo, portanto, menores do trecho alto de seu curso, onde há menor disponibilidade hídrica.

A tabela 5.1.2.3.4 apresenta um balanço dos efluentes, índices de atendimento e de lançamentos nas três seções de controle da bacia do rio Piquiri.

SC	Efluentes, Índices de Atendimento e Lançamentos						Cargas Poluidoras (DBO – Ton/Ano)		
	Setor	Consumo (l/s)	Efluentes (l/s)	% Coleta Rede	% Trat. ETE	Lançamentos (l/s)		Potencial	Remanesc.
						Superficial	Outros		
PQ.01	Urbano	38,39	32,06	1,69	1,69	22,62	9,46	764,47	529,94
	Rural	38,01	16,29	-	0,00	4,89	11,40	1.027,41	308,22
	Industrial	1,02	3,49	-	98,69	3,49	0,00	2,24	0,34
	Agricult.	7,07	0,07	-	0,00	0,07	0,00	-	-
	Pecuária	277,03	21,04	-	0,00	15,78	5,26	9.675,39	1.088,48
	Mineração	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,00	-	-
	<b>Total</b>	<b>361,51</b>	<b>72,97</b>	<b>0,74</b>	<b>5,46</b>	<b>46,84</b>	<b>26,12</b>	<b>11.469,52</b>	<b>1.926,98</b>
PQ.02	Urbano	230,79	231,40	47,60	47,60	195,02	36,37	4.070,74	2.128,83
	Rural	27,51	11,79	-	0,00	3,54	8,25	743,66	223,10
	Industrial	83,62	319,84	-	97,30	311,90	7,94	465,09	77,96
	Agricult.	63,06	0,64	-	0,00	0,64	0,00	-	-
	Pecuária	280,10	21,31	-	0,00	15,08	5,33	9.832,74	1.106,18
	Mineração	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,00	-	-
	<b>Total</b>	<b>685,08</b>	<b>584,97</b>	<b>18,83</b>	<b>72,03</b>	<b>527,08</b>	<b>57,99</b>	<b>15.113,13</b>	<b>3.536,07</b>
PQ.03	Urbano	189,39	200,07	44,34	44,34	166,66	33,41	3.403,63	1.773,29
	Rural	18,52	7,94	-	0,00	2,38	5,56	500,55	150,16
	Industrial	50,25	199,31	-	97,11	194,09	5,23	254,58	43,50
	Agricult.	247,24	2,50	-	0,00	2,50	0,00	-	-
	Pecuária	267,40	22,72	-	0,00	17,04	5,68	12.948,49	1.456,70
	Mineração	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,00	-	-
	<b>Total</b>	<b>772,79</b>	<b>432,53</b>	<b>20,51</b>	<b>65,26</b>	<b>382,66</b>	<b>49,87</b>	<b>17.107,25</b>	<b>3.423,66</b>

Fonte: adaptado de SUDERHSA, 2006.

Um importante aspecto a se considerar na utilização múltipla de recursos hídricos são os problemas que determinada atividade pode ocasionar a outros usos, chegando, algumas vezes, a torná-los impossíveis. Estes são os chamados conflitos de uso, com repercussões sobre a utilização da água e com conseqüências, muitas vezes, malélicas para o homem e para o meio ambiente. Por exemplo, a utilização de determinado manancial para recreação intensa pode ocasionar a modificação de sua qualidade, tornando-o impróprio ao consumo humano. A utilização dos cursos d'água para diluição e afastamento de despejos pode torná-los inadequados para vários usos, tais como abastecimento humano, irrigação, recreação e outros (MOTA, 1995).

A utilização cada vez maior dos recursos hídricos para múltiplos usos resulta em conflitos tanto relacionados à qualidade desejada como também à quantidade necessária. Dessa forma, a relação entre disponibilidade hídrica e consumo é muito importante. A tabela 5.1.2.3.5 apresenta esta relação.

Tabela 5.1.2.3.5 – Relação entre disponibilidade hídrica e consumo na bacia hidrográfica do rio Piquiri.

SEÇÃO DE CONTROLE	DISPONIBILIDADE HÍDRICA (L/S)	CONSUMO (L/S)	RELAÇÃO DISPONIBILIDADE / CONSUMO (%)
PQ.01	39.810,00	361,51	0,90
PQ.02	114.890,00	685,08	0,59
PQ.03	156.320,00	772,79	0,49

Fonte: Adaptado de SUDERHSA, 2006.

Analisando os dados apresentados, observa-se que na seção de controle PQ.01 a relação disponibilidade / consumo é maior, o que significa que, embora esta seção seja a que apresenta menor disponibilidade hídrica, é aquela onde o consumo é maior. Isso provavelmente é devido ao grande consumo de água neste trecho da bacia para o setor pecuário (que quase se iguala às demais seções, que possuem maior disponibilidade) e para o abastecimento urbano (que é maior que nas outras duas seções). As seções de controle PQ.02 e PQ.03 apresentam relações disponibilidade / consumo mais semelhantes, bem abaixo daquela observada no trecho alto da bacia do Piquiri. Cabe ainda ressaltar que, em toda a bacia, o consumo de água não chega a 1% da disponibilidade hídrica.

Para avaliar os conflitos relacionados às alterações na qualidade da água, ocasionadas pelos usos múltiplos, dados sobre a geração de efluentes em cada atividade são de grande importância.

Nos trechos alto, médio e baixo da bacia do rio Piquiri, o uso que mais consome água é o pecuário, que normalmente destina as águas à dessedentação animal e higienização das instalações. As quantidades consumidas são semelhantes em toda a bacia, assim como as vazões de efluentes geradas. Para a dessedentação de animais, há necessidade de algum rigor na qualidade da água, quanto às impurezas que os possam prejudicar, sem, contudo, maiores preocupações quanto aos aspectos estéticos. Os efluentes gerados por este uso também possuem alto potencial poluidor, devido às suas propriedades físico-químicas e biológicas; no entanto, na bacia do rio Piquiri, a vazão de efluentes gerada é bem menor que a consumida. De forma geral, pode-se dizer que o uso pecuário é aquele que mais causa interferência nos usos múltiplos em toda a bacia, devido às grandes quantidades

consumidas e ao potencial poluidor dos efluentes, que, embora gerados em pequena quantidade, se não sofrerem tratamento, podem comprometer o uso das águas do corpo receptor para a irrigação, abastecimento público e recreação.

O abastecimento urbano é também um setor que consome grandes quantidades de água na bacia do rio Piquiri, notadamente nos trechos médio e baixo. A geração de efluentes por este uso na bacia também é bastante elevada. Vale ressaltar que, em se tratando de saneamento básico, duas utilizações diferentes são consideradas: o abastecimento público e a coleta e tratamento de esgotos. As outorgas para fins de saneamento básico são concedidas para a Sanepar – Companhia de Saneamento do Paraná em quase todos os municípios da bacia, exceto Boa Ventura de São Roque e Tapejara, que são atendidos pelo Serviço Municipal de Água e Esgoto. O abastecimento público é considerado o uso mais nobre da água, sendo exigido um elevado padrão sanitário devido aos riscos de transmissão de doenças. Em relação à coleta e tratamento de esgotos, as águas residuárias podem ser destinadas aos mananciais, podendo causar maior ou menor impacto ambiental dependendo da composição dos efluentes e da capacidade de assimilação do corpo receptor. Além disso, deve-se considerar se os despejos sofreram ou não tratamento antes do lançamento nos recursos hídricos. Este uso exige um controle rigoroso das águas, a fim de reduzir as possibilidades de ocorrerem prejuízos ao homem e ao meio ambiente (MOTA, 1995). Conforme mencionado anteriormente, as taxas de tratamento desses efluentes na bacia do rio Piquiri são bastante reduzidas, o que pode comprometer o uso das águas do corpo receptor. O trecho alto da bacia apresenta menor porcentagem de coleta e tratamento dos efluentes urbanos (1,69%), porém, o seu potencial poluidor é menor, em relação às demais seções de controle. No trecho médio do rio Piquiri, o consumo urbano é o maior entre as três seções, já que é o local com área urbana mais populosa (segundo a tabela 5.1.2.3.3). O potencial poluidor desse setor é bastante significativo, já que somente 47,60% dos efluentes gerados são coletados e tratados.

Em relação ao abastecimento rural, a quantidade consumida é menor, assim como a quantidade de efluentes gerada, já que normalmente em áreas rurais o tratamento de esgoto é realizado em fossas sépticas ou rudimentares. Por este mesmo motivo, o potencial poluidor em águas superficiais é, de forma geral, menor. Segundo os dados apresentados na tabela 5.1.2.3.4, em toda a bacia do rio Piquiri, a maior parte dos efluentes rurais não é lançada em corpos receptores superficiais.

A agricultura é o uso que menos gera efluentes na bacia em estudo, já que as águas utilizadas na irrigação infiltram no solo ou evaporam. O consumo de água para este setor é

muito maior no trecho baixo do rio Piquiri que nas demais seções da bacia, porque nessa área há grande concentração de lavouras de soja, conforme se observa na figura 5.1.2.3.2. As águas destinadas à irrigação, dependendo das culturas a serem irrigadas, podem exigir maior ou menor rigor quanto às impurezas presentes no líquido. É fundamental considerar, no entanto, que as fortes chuvas carreiam para os corpos de água solos contendo fertilizantes e defensivos agrícolas, que podem comprometer seriamente a qualidade da água dos recursos hídricos margeados por grandes áreas cultivadas.



Figura 5.1.2.3.2: Lavoura de soja, na região do rio Piquiri. Coordenadas UTM: 218805 E / 7321437 N

O consumo de água no setor industrial não é muito representativo, sendo maiores as vazões nos trechos médio e baixo do rio Piquiri. No entanto, esta atividade gera grandes volumes de efluentes nos locais de maior consumo. Ainda assim, o potencial poluidor dos despejos é pouco significativo, em relação aos demais usos, já mais de 90% das águas residuárias sofrem tratamento antes de serem lançadas nos corpos receptores.

Entre as indústrias mais representativas na bacia em estudo, destaca-se o ramo alimentício, principalmente laticínios e frigoríficos. Indústrias têxteis, papelarias e madeireiras também estão presentes em grande quantidade. Os municípios que apresentam maior número de concessões para uso industrial são: Cascavel, Cianorte, Toledo e Umuarama. Segundo MOTA (1995), nas indústrias, a água pode ser utilizada como matéria-prima ou em processos de resfriamento, lavagem, caldeiras, produção de vapor e outros. Para cada tipo de uso, variam as exigências com relação à qualidade da água.

Um uso da água frequentemente observado na bacia é o da navegação. Em diversos pontos se verifica a presença de balsas, que transportam pessoas e automóveis para ambas as

margens do rio, conforme se observa nas figuras 5.1.2.3.3 e 5.1.2.3.4. A navegação interfere principalmente nos usos relacionados à recreação.



Figura 5.1.2.3.3: Balsa sobre o rio Piquiri.  
Coordenadas UTM: 339009 E / 7240016 N



Figura 5.1.2.3.4: Balsa sobre o rio Piquiri.  
Coordenadas UTM: 295705 E / 7273095 N

Com base nas informações acima apresentadas, pode-se concluir que o uso da água com maior potencial de geração de conflitos é a pecuária, devido às grandes vazões consumidas. Juntamente com este uso, os efluentes gerados no setor urbano também podem alterar a qualidade da água, devido às quantidades geradas e às suas características físico-químicas e biológicas e às baixas taxas de tratamento dos efluentes.

#### 5.1.2.4 Avaliação da qualidade das águas em diferentes trechos do rio

- **Localização dos pontos de amostragem**

Para o diagnóstico desta Avaliação Ambiental Integrada foram definidos 4 pontos de amostragem, apresentados a seguir. As amostragens foram realizadas em duas épocas distintas: período chuvoso (22 e 23/02/2008) e período seco (08 e 09/04/2008). Em seguida, dicorre-se sobre as principais características de cada ponto.

**Ponto 1 (Marquinho):** Ponte sobre o rio Piquiri, entre Marquinho e Palmital, entre as Áreas de Influência da AHE São Manoel e AHE Salto Grande, Coordenadas UTM: 22J / 369016 E / 7236419 N. Esse local possui aproximadamente 50 metros de largura, profundidade média de 2 metros e águas calmas. O fundo é lodoso com algumas pedras, possui grande quantidade de madeira submersa e material em suspensão. Suas margens apresentam mata ciliar de aproximadamente 15 metros de largura, variando de pequeno a médio porte em termos de tamanho. As Figuras 5.1.2.4.1 a 5.1.2.4.3 ilustram o local de amostragem.



Figura 5.1.2.4.1 – Ponto 1 (Marquinho), sobre a ponte do rio Piquiri.



Figura 5.1.2.4.2 – Vista do rio Piquiri, no ponto 1 (Marquinho).



Figura 5.1.2.4.3 – Vista da ponte sobre o rio Piquiri, no Ponto 1 (Marquinho).

**Ponto 2 (Campina)** - Balsa sobre o rio Piquiri, próximo à foz do rio Cantu, entre os municípios de Altamira do Paraná e Campina da Lagoa, na Área de Influência de AHE Comissário, Coordenadas UTM: 22 J / 310207 E / 7261406 N. Este local possui aproximadamente 120 metros de largura, fundo rochoso e profundidade média de 4 metros. As margens possuem mata ciliar, porém com pouca vegetação, que varia de pequeno a médio porte. Nessa região a atividade principal é a pecuária. As Figuras 5.1.2.4.4 e 5.1.2.4.5 ilustram este ponto de amostragem.

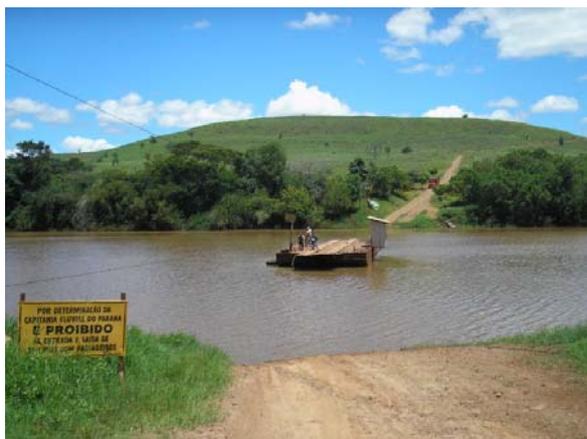


Figura 5.1.2.4.4 – Ponto 2 (Campina), na balsa sobre o rio Piquiri.



Figura 5.1.2.4.5 – Vista do rio Piquiri, no ponto 2 (Campina).

**Ponto 3 (Formosa) -** Balsa sobre o rio Piquiri, entre os municípios de Formosa do Leste e Mariluz, na Área de Influência de AHE Apertados, Coordenadas UTM: 22 J / 268066 E / 7325858 N. Local com aproximadamente 140 metros de largura, profundidade média de 5 metros e fundo pedregoso. As margens apresentam mata ciliar de aproximadamente 10 metros de largura com vegetação de pequeno a médio porte. Na margem direita, possui áreas de agricultura com sinais de erosão, na margem oposta possui locais de pastagem e agricultura. As Figuras 5.1.2.4.6 e 5.1.2.4.7 ilustram este ponto de amostragem.



Figuras 5.1.2.4.6 e 5.1.2.4.7 – Vista do rio Piquiri no Ponto 3 (Formosa).

**Ponto 4 (Palotina) -** Ponte sobre o rio Piquiri, entre Francisco Alves e Palotina, na Área de Influência da AHE Foz do Piquiri, Coordenadas UTM: 22 J / 210097 E / 7321640 N. Local com aproximadamente 150 metros de largura, profundidade média de 3 metros e fundo

pedregoso. As margens apresentam mata ciliar de aproximadamente 15 metros de largura com vegetação de pequeno a médio porte. Em ambas as margens predomina a agricultura. As Figuras 5.1.2.4.8 e 5.1.2.4.9 ilustram este ponto de amostragem.



Figura 5.1.2.4.8 – Ponto 4 (Palotina), ponte no rio Piquiri.



Figura 5.1.2.4.9 – Vista do rio Piquiri, no ponto 4 (Palotina).

A localização dos pontos de amostragem está apresentada no Mapa AAI – 006 – PI / Recursos Hídricos e Ecossistemas Aquáticos e a sua disposição na bacia do rio Piquiri pode ser observada na figura 5.1.2.4.10.

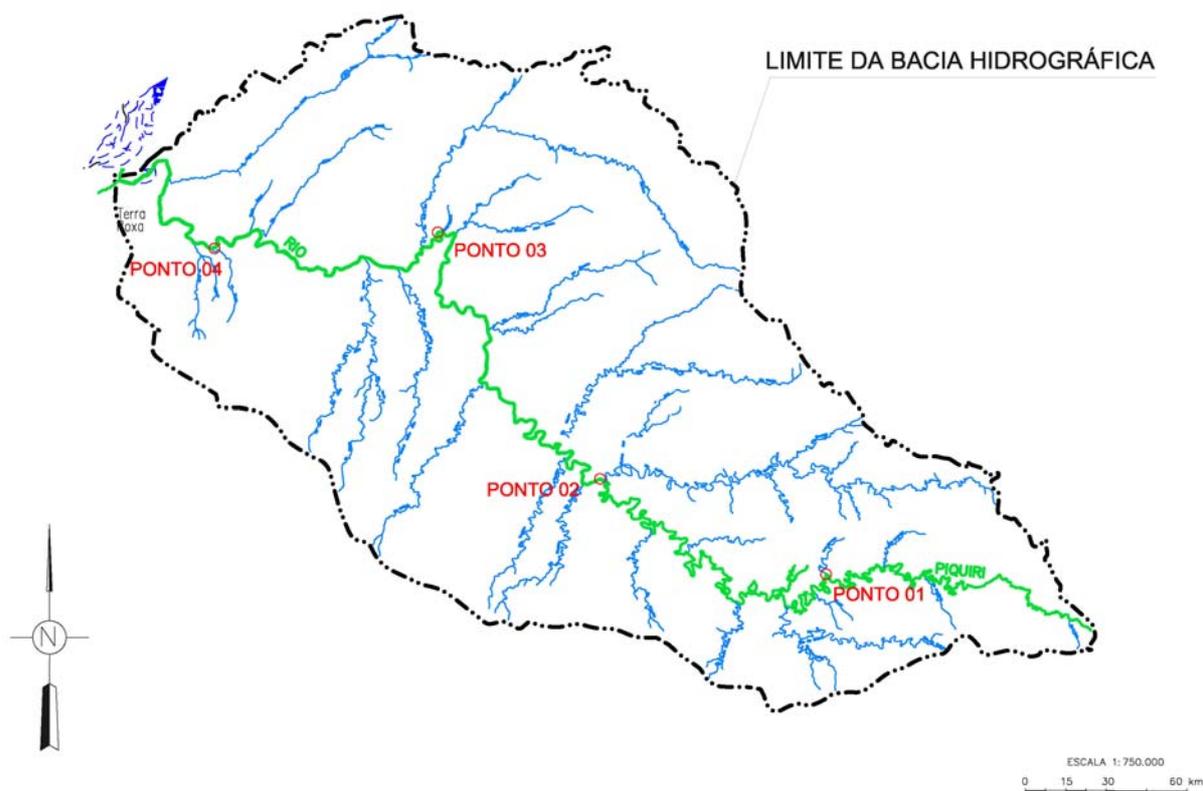


Figura 5.1.2.4.10 – Disposição dos pontos de amostragem na bacia hidrográfica do rio Piquiri.

- **Procedimentos de coleta e análise**

As coletas de água foram realizadas nas quatro estações de amostragem, com garrafa de Van Dorn, com capacidade de 5 litros, em posição central ao leito do rio, na sub-superfície, sendo que os seguintes parâmetros físicos, químicos e biológicos foram obtidos:

- Temperatura do ar: obtida através da leitura em termômetro de bulbo de mercúrio;
- Temperatura da água: obtida através de medição por termômetro digital;
- Oxigênio Dissolvido: medido através de aparelho eletrônico digital;
- Condutividade elétrica: obtida através de Condutivímetro digital;
- pH: medido por aparelho potenciométrico digital;

- Turbidez: obtida através de Turbidímetro digital;
- Alcalinidade total: medida pelo método de Gran, proposto por Carmouze (1994), através da acidificação do meio com ácido sulfúrico 0,01N;
- Fósforo total: segundo metodologia descrita por Mackereth et al. (1978), através da digestão em ácido sulfúrico;
- Nitrogênio total: obtido através do método proposto por Mackereth et al. (1978), com titulação alcalina em Tiosulfato de Sódio;
- Nitrito: obtido conforme metodologia descrita por Strickland e Parsons (1972);
- Nitrato: através do método proposto por Mackereth et al. (1978), com redução do Nitrito em cádmio;
- Nitrogênio amoniacal: método proposto por Hansen & Korollef (1976), através da reação com o azul de Indofenol;
- DBO: obtido segundo método proposto por APHA (1998);
- Clorofila-a: os teores foram obtidos através da extração por Acetona 90% a frio, segundo Golterman et al. (1978);
- Sólidos totais, dissolvidos e suspensos: obtidos através de análise gravimétrica, segundo APHA (1998);
- Coliformes totais e fecais: obtidos por colorimetria, segundo APHA (1998);
- Fitoplâncton: obtido por filtração de 200 litros de água em rede de plâncton de 20µm;
- Zooplâncton: obtido por filtração de 200 litros de água em rede de plâncton de 68µm;
- Bentos: amostrado com coletor de fundo do tipo Eckman;

- **Análise dos Resultados**

Para avaliar a qualidade das águas em diferentes trechos do rio Piquiri serão apresentados e discutidos os resultados das análises realizadas em 22 e 23/02/2008 e em 08 e 09/04/2008, para este diagnóstico, que constam no Anexo III deste documento. Em seguida, será apresentado o IQA – Índice de Qualidade das Águas para todos os pontos avaliados, a

fim de caracterizar a qualidade sanitária da bacia. A Tabela 5.1.2.4.1 apresenta os resultados das análises realizadas nos períodos chuvoso e seco e as Figuras 5.1.2.4.11 a 5.1.2.4.27 apresentam graficamente os dados da qualidade da água resultantes dessas campanhas.

Tabela 5.1.2.4.1 - Resultados dos parâmetros físico-químicos e bacteriológicos obtidos pelas análises de qualidade de água no Rio Piquiri, realizadas em 22 e 23/02/2008 (período chuvoso) e em 08 e 09/04/2008 (período seco).

PARÂMETROS	UNIDADES	LD	CONAMA CLASSE 2	RESULTADOS DAS AMOSTRAS							
				P1	P1	P2	P2	P3	P3	P4	P4
Data da coleta	dd/mm/aa	-	-	23/02/08	08/04/08	23/02/08	08/04/08	22/02/08	08/04/08	22/02/08	09/04/08
Hora da coleta	hora	-	-	19:24	8:25	17:35	13:45	17:15	17:00	15:49	10:40
Temperatura ambiente	°C	-	-	22,0	17,5	25,0	29,0	26,0	31,0	38,0	27,0
Temperatura da amostra	°C	-	-	23,5	22,6	28,2	28,3	30,5	25,5	31,5	25,1
Alcalinidade total	mg CaCO <sub>3</sub> /L	1,0	-	26,7	14,79	29,7	13,6	25,7	14,99	24,8	9,77
Clorofila-a	µg/L	1,0	30	7,0	1,638	8,0	0,819	4,5	1,365	8,0	1,365
Condutividade	µS/cm	0,1	-	45,0	49,4	33,0	53,5	35,0	43,6	38,0	41,9
Cor verdadeira	mg Pt/L	0,0	75	12,0	20	10,0	20	9,0	30	14,0	30
DBO <sub>(5,20)</sub>	mg O <sub>2</sub> /L	3,0	<5	2,6	9,39	<2,0	3,17	<2,0	7,56	<2,0	4,35
Fósforo total	mg P/L	0,01	0,1	0,059	0,01567	0,047	0,019	0,057	0,0207	0,057	0,01567
Nitrato	mg N/L	0,01	10	1,24	0,14	1,27	0,234	1,45	0,321	0,86	0,234
Nitrito	mg N/L	0,01	1	<0,1	0,0035	<0,1	0,0037	<0,1	0,0053	<0,1	0,0041
Nitrogênio amoniacal total	mg N/L	0,06	3,7 2,0 1,0*	<0,01	0,123	<0,02	0,0805	0,25	0,098	<0,02	0,028
Nitrogênio total Kjeldahl	mg N/L	0,06	-	6,4	0,784	7,5	0,308	4,9	0,42	7,4	0,988
Oxigênio dissolvido	mg O <sub>2</sub> /L	0,1	>5	3,1	7,31	4,2	8,29	6,3	8,75	6,5	8,12
pH	-	0 a 14	6 a 9	7,30	8,26	7,07	8,29	7,05	8,26	7,80	8,21
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	5,0	500	20,0	265,8	150,0	298,3	180,0	341,0	100,0	358,3
Sólidos suspensos totais	mg/L	5,0	-	180,0	2,2	130,0	1,7	60,0	3,0	80,0	1,7
Sólidos totais	mg/L	5,0	-	200,0	268,0	280,0	300,0	240,0	344,0	180,0	360,0

PARÂMETROS	UNIDADES	LD	CONAMA CLASSE 2	RESULTADOS DAS AMOSTRAS							
				P1	P1	P2	P2	P3	P3	P4	P4
Turbidez	UNT	0,1	100	8,0	9,87	5,0	5,82	6,0	11,2	7,0	10,4
Coliformes totais	NMP/100mL	0,0	-	2.700,00	200,5	4.800,00	17,8	3.500,00	118,4	6.500,00	200,5
Coliformes fecais	NMP/100mL	0,0	1000**	220,00	165,2	410,00	1,0	400,00	144,5	480,00	53,1

\* As concentrações de nitrogênio amoniacal total permitidas variam de acordo com a faixa de pH observada, obedecendo à seguinte relação:

3,7 mg/L N, para  $\text{pH} \leq 7,5$

2,0 mg/L N, para  $7,5 < \text{pH} \leq 8,0$

1,0 mg/L N, para  $8,0 < \text{pH} \leq 8,5$

\*\* Para recreação de contato primário deverá ser obedecida a Resolução do CONAMA nº274/2000.

Os gráficos de determinados parâmetros não puderam ser elaborados, pois os resultados foram expressos em “>” que o limite de detecção do método. Dessa forma, quando colocados na forma gráfica, esses resultados podem estar sendo superestimados.

### Temperatura do Ar (°C)

No período chuvoso, a temperatura do ar apresentou variações condizentes com o horário de coleta das amostras, sendo maior quanto mais cedo a amostragem foi realizada. No ponto 1 (Marquinho) foi observada a temperatura mais baixa (22°C), tendo sido a coleta realizada por volta das 19 horas. Já no ponto 4 (Palotina), onde a amostragem foi realizada por volta das 15 horas, a temperatura foi mais elevada (38°C). Os pontos 2 (Campina) e 3 (Formosa) apresentaram valores intermediários (25 e 26°C, respectivamente), tendo sido a coleta realizada às 15 horas.

Para o período seco, observa-se uma relação semelhante. A temperatura do ar apresentou um aumento considerável entre os pontos 1 (Marquinho) (17,5 °C) e 2 (Formosa) (31,0 °C), seguido de um decréscimo no ponto 4 (Palotina) (27,0 °C). Esta diferença está associada aos horários de coleta e também à região amostrada, tendo em vista que Marquinho e Campina situam-se em regiões montanhosas, o que favorece o clima mais ameno. A figura 5.1.2.4.11 apresenta a variação da temperatura do ar, nos quatro pontos amostrados, nos períodos seco e chuvoso.

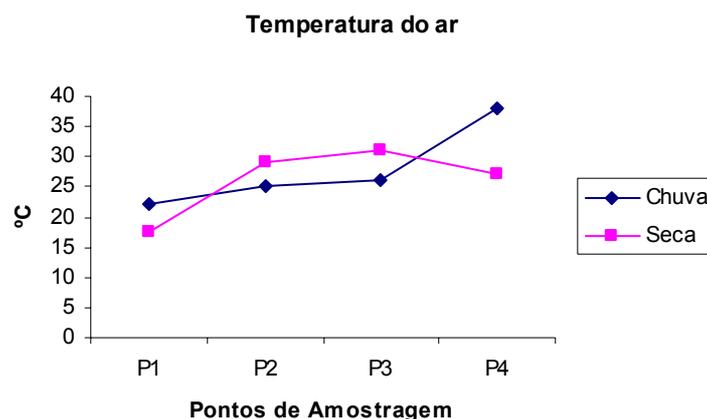


Figura 5.1.2.4.11 – Valores de temperatura do ar (°C) na região do Rio Piquiri, obtidos em fevereiro e abril de 2008.

## Temperatura da Água (°C)

A temperatura da água exerce influência direta sobre os organismos aquáticos e nos demais parâmetros analisados. Nos peixes este parâmetro atua diretamente em seu metabolismo (respiração, circulação, digestão, reprodução, órgãos sensoriais, produção de hormônios e de anticorpos) e também na disponibilidade de oxigênio na água. Portanto, tem um papel extremamente importante no equilíbrio do sistema aquático (ESTEVES, 1998).

Assim como se observou para a temperatura do ar, no período chuvoso a temperatura da água variou conforme o horário da coleta. No ponto 4, região de Palotina, observou-se a temperatura mais elevada (31,5°C), já que a coleta foi realizada por volta das 15 horas, quando a temperatura do ar e os raios solares são mais intensos. No ponto 1, na região de Marquinho, a temperatura apresentou-se mais baixa (23,5°), já que a coleta foi realizada no início da noite, quando o ar é mais frio e não se observa a influência solar. Valores intermediários se observam nas regiões de Campina e Formosa (pontos 2 e 3, respectivamente), quando a coleta foi realizada em horários de temperatura mais amena.

No período seco, a temperatura da água mostrou um aumento significativo do ponto 1 (Marquinho) (22,6 °C) para o ponto 2 (Campina) (28,3 °C), seguido de um decréscimo em Formosa (25,5 °C), mantendo-se praticamente constante no ponto 4 (Palotina) (25,1 °C) (Figura 5.1.2.4.2). Esta variação de temperatura da água é decorrente da fisiografia da bacia hidrográfica do rio Piquiri, que corre por locais com fundo rochoso e maior presença de vegetação ciliar, o que contribui para a redução da temperatura. Por outro lado, em Campina, como a coleta foi próxima das 11 horas da manhã, e sendo neste local a velocidade da água menor, a temperatura da água foi mais elevada. A figura 5.1.2.4.12 apresenta a variação da temperatura da água, nos quatro pontos amostrados, nos períodos seco e chuvoso.

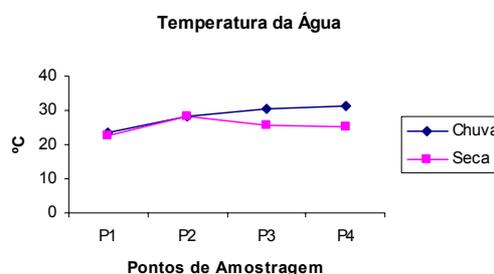


Figura 5.1.2.4.12 – Valores de temperatura da água (°C) no Rio Piquiri, obtidos em fevereiro e abril de 2008.

### Oxigênio Dissolvido (mg/L)

Do ponto de vista ecológico, o oxigênio dissolvido é uma variável extremamente importante, pois é necessário para a respiração da maioria dos organismos que habitam o meio aquático. Geralmente, o oxigênio dissolvido reduz ou é totalmente consumido quando a água recebe grandes quantidades de substâncias orgânicas biodegradáveis, encontradas nos esgotos domésticos e em certos resíduos industriais.

Os valores de oxigênio dissolvido obtidos no período chuvoso foram muito baixos nos pontos 1 (Marquinho) e 2 (Campina), 3,1 e 4,2 mg/L, respectivamente (Figura 5.1.2.4.13). Essas concentrações são inferiores àquelas estabelecidas pela Resolução do CONAMA nº 357/05 para rios classe 2. Estes baixos valores podem ser resultantes das características próprias dos locais de amostragem. O ponto 1 possui grande quantidade de madeira submersa e material em suspensão e o ponto 2 apresenta pouca vegetação ciliar, o que facilita a entrada de matéria orgânica no corpo d'água. Se observarmos os valores obtidos no período seco, pode-se verificar que os valores de OD no ponto 1 também foram reduzidos em relação aos demais. Além disso, cabe ressaltar que os pontos 1 e 2 foram aqueles que apresentaram maiores valores de DBO em ambas as campanhas. Havendo maior quantidade de matéria orgânica no corpo d'água, há também maior consumo de oxigênio, para a degradação da mesma. No período chuvoso os pontos 3 e 4 apresentaram maiores concentrações de oxigênio dissolvido, entretanto, muito próximos ao limite estabelecido pela legislação.

Já no período seco, a concentração de oxigênio dissolvido apresentou valores satisfatórios, variando de 7,31 mg/L a 8,75 mg/L, ocorrendo um aumento da concentração de Marquinho para Formosa, passando de 7,31 mg/L para 8,75 mg/L, respectivamente, seguido de um decréscimo em Palotina (8,12 mg/L).

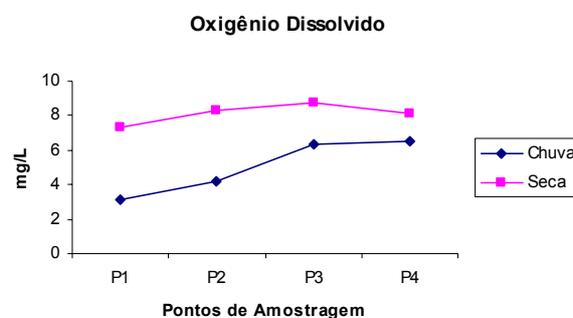


Figura 5.1.2.4.13 – Valores de oxigênio dissolvido (mg/L) no Rio Piquiri, obtidos em fevereiro e abril de 2008.

### Condutividade Elétrica ( $\mu\text{S/cm}$ )

A condutividade elétrica está relacionada à concentração de íons dissolvidos no corpo de água, portanto, quanto maior a concentração desses íons dissolvidos, maior o valor da condutividade elétrica. Nos resultados obtidos na avaliação do rio Piquiri, observam-se valores mais elevados no período seco, quando variaram de 41,90 a 53,50  $\mu\text{S/cm}$  entre as estações amostradas, sendo o menor valor observado no ponto 4 (Palotina) (41,90  $\mu\text{S/cm}$ ) e o maior no ponto 2 (Campina) (53,50  $\mu\text{S/cm}$ ) (Figura 5.1.2.4.14). No período chuvoso, a condutividade elétrica foi menor em Campina (33  $\mu\text{S/cm}$ ) e maior em Marquinho (45  $\mu\text{S/cm}$ ).

Estes valores são menores que aqueles verificados por FUEM/COPEL (1999) para o rio Ivaí, que estiveram em média acima de 60,0  $\mu\text{S/cm}$ . A resolução CONAMA nº 357/05, não estabelece limites para este parâmetro, porém, em termos de comunidades aquáticas os valores registrados não comprometem a sua sobrevivência.

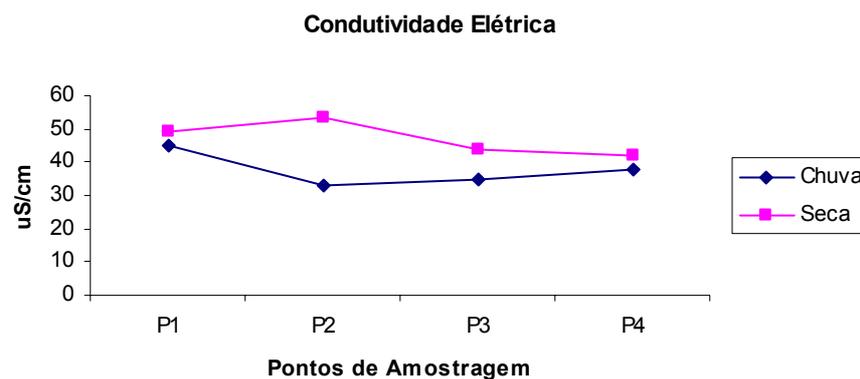


Figura 5.1.2.4.14 – Valores de condutividade elétrica ( $\mu\text{S/cm}$ ) no Rio Piquiri, obtidos em fevereiro e abril de 2008.

### pH

No período seco, os valores do potencial de íons hidrogênio (pH) apresentaram-se básicos e muito próximos entre si, variando de 8,21 (menor valor, observado em Palotina, ponto 4) a 8,29 (maior valor, observado em Campina, ponto 2) (Figura 5.1.2.4.15). Valores elevados de pH geralmente estão associados a presença de bicarbonatos e carbonatos, além disso, períodos prolongados de estiagem, como verificado antes da realização das coletas podem contribuir para o aumento do pH. Quando comparamos os valores deste parâmetro com a legislação ambiental, podemos observar que apesar do pH estar elevado, em todas as estações, os valores encontram-se dentro dos limites estabelecidos pela resolução CONAMA nº 357/05 que é de 6,0 a 9,0 para águas de classe 2.

Já no período chuvoso, os valores de pH foram neutros, variando entre 7,07 em Campina e 7,8 em Palotina.

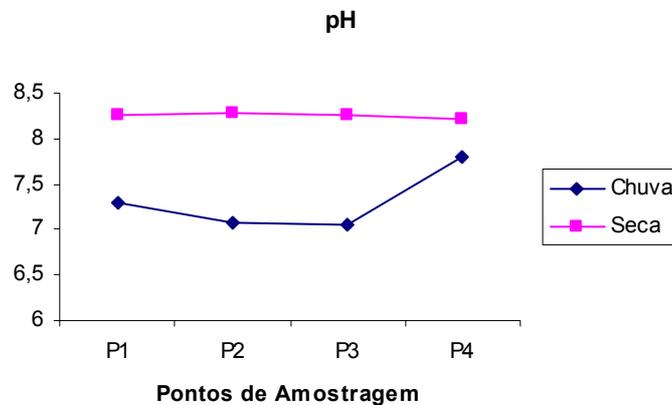


Figura 5.1.2.4.15 – Valores de pH no Rio Piquiri, obtidos em fevereiro e abril de 2008.

#### Turbidez (NTUs)

A Turbidez da água reflete o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la, devido à presença de sólidos em suspensão. Esta redução se dá por absorção e espalhamento, uma vez que as partículas que provocam turbidez na água são maiores que o comprimento de onda da luz branca. Os valores de turbidez (Figura 5.1.2.4.16) registrados no rio Piquiri variaram de 5,81 NTUs (Campina, ponto 2) a 11,20 NTUs (Formosa, ponto 3) no período seco e de 5 NTUs (Campina) a 8 NTUs (Marquinho, ponto 1) no período chuvoso. Podemos destacar que os valores encontrados são relativamente baixos para este rio, tendo em vista que na maior parte do ano as águas do rio Piquiri são turvas, em função do carreamento de sedimentos para este rio através das chuvas. Da mesma forma que para os parâmetros anteriores, a turbidez registrada nas quatro estações de amostragem, apresenta-se abaixo do limite máximo estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/05, para águas de classe 1, que é de 40 NTUs. O limite para rios de classe 2 é de 100 NTUs.

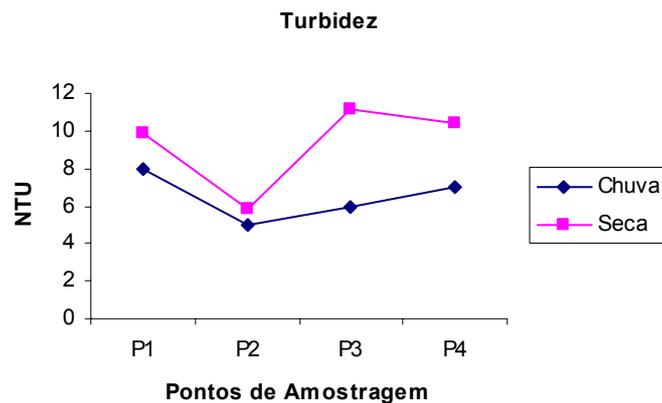


Figura 5.1.2.4.16 – Valores de turbidez (NTUs) no Rio Piquiri, obtidos em fevereiro e abril de 2008.

#### Alcalinidade ( $\mu\text{Eq/L}$ )

Alcalinidade é a capacidade da água em consumir ou neutralizar ácidos, devido principalmente à presença de bicarbonatos, carbonatos, bromatos, silicatos, fosfatos e hidróxidos, formados pela ação do dióxido de carbono sobre os minerais do sedimento (Esteves, 1998). De acordo com os resultados, a alcalinidade apresentou menores valores no período seco, o que se justifica pela menor quantidade de material alóctone ao ecossistema.

No período chuvoso seco, o menor valor foi observado no ponto 4, em Palotina (24,8 mg/L) e o maior em Campina, ponto 2 (29,7 mg/L). Já no período seco, a menor capacidade de tamponamento da água foi registrada também na estação Palotina (9,77 mg/L), e a maior em Formosa, ponto 3 (14,99 mg/L) (Figura 5.1.2.4.17). Para este parâmetro não existe valor de referência na Resolução CONAMA nº 357/05.

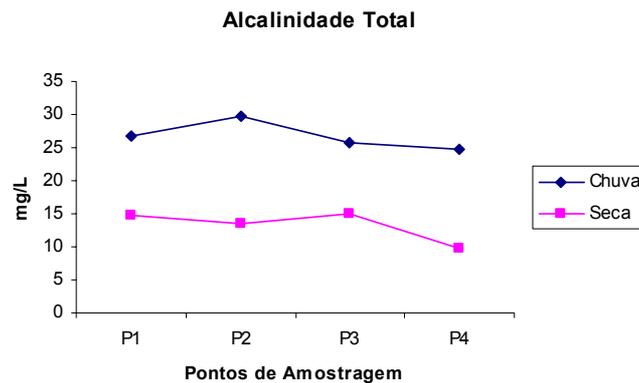


Figura 5.1.2.4.17 – Valores de alcalinidade ( $\mu\text{Eq/L}$ ) na área de abrangência do Rio Piquiri, obtidos em abril de 2008.

### Fósforo Total (mg/L)

O fósforo é indispensável para o crescimento de algas, pois faz parte da composição de compostos celulares diretamente ligados ao armazenamento de energia da célula. Este composto é considerado como principal responsável pela eutrofização artificial do ecossistema aquático. No período chuvoso, o fósforo total não apresentou variações nos pontos amostrados, exceto em Campina (ponto 2), onde as concentrações foram levemente mais reduzidas que nos demais pontos (Figura 5.1.2.4.18).

No período seco, o fósforo total apresentou os menores valores em Marquinho (ponto 1) e Palotina (ponto 4), de 0,01567 mg/L para ambos, enquanto que os maiores valores foram registrados no ponto 2 (0,019 mg/L) e no ponto 3 (0,021 mg/L), localizados em Campina e Formosa, respectivamente. Em todas as estações, os valores de fósforo total, estão abaixo dos limites estabelecidos pela resolução CONAMA nº 357/2005 para águas de classe 1 e 2, que é de 0,1 mg/L, para ambientes lóticos ou tributários de ambientes intermediários entre rios e lagos. Deve-se salientar que, no período chuvoso, as concentrações de fósforo detectadas foram maiores, provavelmente em decorrência do aporte de material alóctone carregado para este corpo hídrico.

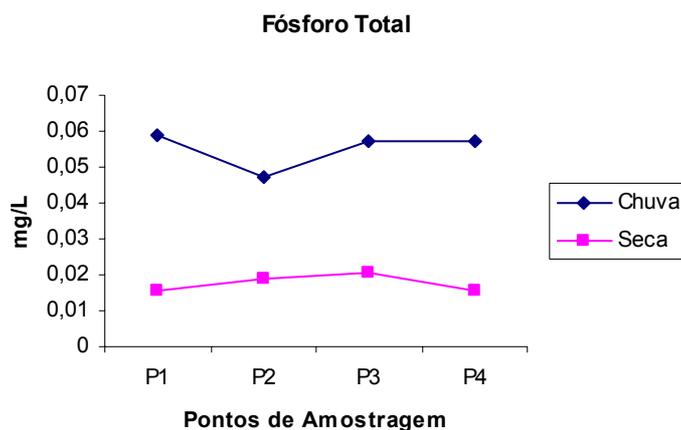


Figura 5.1.2.4.18 – Valores de fósforo total (mg/L) no Rio Piquiri, obtidos em fevereiro e abril de 2008.

#### Nitrogênio Total (mg/L)

O nitrogênio é um dos elementos mais importantes no metabolismo de ecossistemas aquáticos, principalmente na formação de proteínas, componente básico da biomassa. Este composto, quando em baixas concentrações, pode atuar como fator limitante na produção primária, e quando em excesso, pode contribuir para a eutrofização do meio (ODUM, 1988). Conforme é possível observar na Figura 5.1.2.4.19, as concentrações de nitrogênio total detectadas foram muito maiores no período chuvoso, devido à maior quantidade de material alóctone carregada para o rio em épocas de maior precipitação. As concentrações observadas nesse período variaram de 7,5 mg/L no ponto 2 (Campina) e 4,9 mg/L no ponto 3 (Formosa). Em Marquinho (ponto 1) os valores de nitrogênio total encontrados foram de 6,4 mg/L e em Palotina (ponto 4) foram de 7,4 mg/L.

Para o período seco, os valores de Nitrogênio Total (NTK) variaram de 0,31 mg/L a 0,99 mg/L, sendo que os maiores valores ocorreram em Marquinho (0,78 mg/L) e Palotina (0,99 mg/L) e os menores em Campina (0,31,mg/L) e Formosa (0,42 mg/L). Os valores observados no rio Piquiri são muito menores que os registrados no rio São Francisco Verdadeiro por BAUMGARTNER & AGGIO (2004), que foram de 5,0 mg/L. Este último rio apresenta elevada atividade agropecuária em seu entorno. Para este elemento a resolução CONAMA nº 357/05 não apresenta valores de referência.

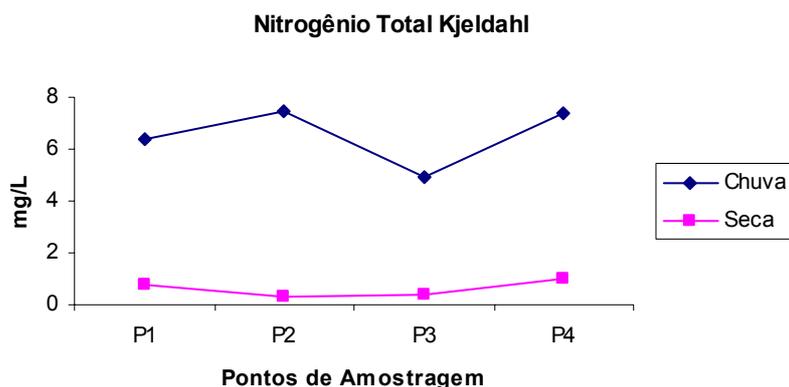


Figura 5.1.2.4.19 – Valores de nitrogênio total (mg/L) no Rio Piquiri, obtidos em fevereiro e abril de 2008.

#### Nitrito (mg/L)

O nitrogênio está presente na água em diferentes formas, como por exemplo, o nitrito, nitrato e amônia. Com relação ao nitrito, os valores registrados foram baixos em todos os locais amostrados. No período chuvoso, as concentrações encontradas foram menores que o limite de detecção do método, que é de 0,1 mg/L. No período chuvoso, em Marquinho (ponto 1) registrou-se 0,0035 mg/L, em Campina (ponto 2) 0,0037 mg/L e Palotina (ponto 4) 0,0041 mg/L, enquanto que em Formosa (ponto 3) foi registrado o maior valor (0,0053 mg/L). De acordo com a resolução CONAMA nº 357/05, para águas de classes 1 e 2, é permitida a presença de até 1,0 mg/L de nitrito, portanto, os valores encontrados para este parâmetro estão abaixo deste limite.

#### Nitrato (mg/L)

O nitrato ocorre em quantidades pequenas em águas superficiais e pode atingir níveis elevados em águas subterrâneas, enquanto que em águas residuais em geral é encontrado pouco nitrato, exceção feita aos efluentes do tratamento biológico. Este elemento é a principal forma de nitrogênio encontrada nas águas e, quando em elevadas concentrações, pode conduzir a um processo de eutrofização, já que é uma das principais fontes de nitrogênio para os produtores primários.

No período chuvoso as concentrações de nitratos foram maiores que no período seco, tendo variado entre 0,86 mg/L em Palotina (ponto 4) e 1,45 mg/L em Formosa (ponto 3), conforme se observa na figura 5.1.2.4.20. No período seco o nitrato variou de 0,14 mg/L (Marquinho, ponto 1) a 0,32 mg/L (Formosa), sofrendo decréscimo em Palotina. As concentrações de

nitrito verificadas nos pontos amostrados estão abaixo daquela recomendada pela resolução CONAMA nº 357/05 que é de 10 mg/L para águas do tipo 1 e 2.

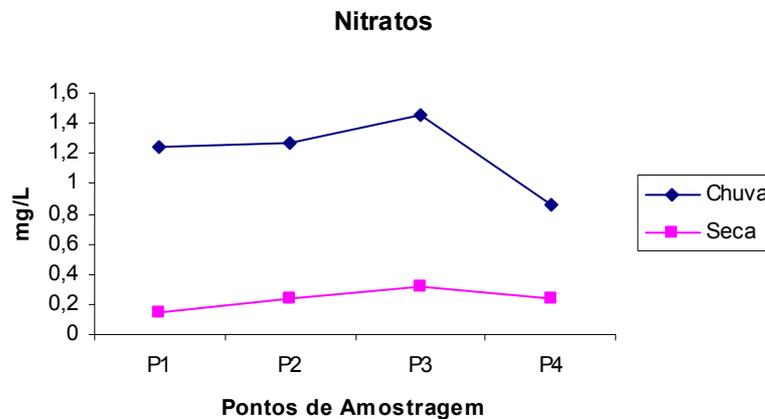


Figura 5.1.2.4.20 – Valores de nitrito (mg/L) no Rio Piquiri, obtidos em fevereiro e abril de 2008.

#### Amônia (mg/L)

A amônia, ou nitrogênio amoniacal, é um indicador de entrada de efluentes no corpo de água, e em concentrações elevadas pode ser extremamente tóxica. No período chuvoso, as concentrações de amônia apresentaram-se abaixo de 0,02 mg/L nos pontos 2 e 4 (Campina e Palotina, respectivamente), abaixo de 0,01 mg/L em Marquinho, ponto 1, e iguais a 0,25 mg/L em Formosa (ponto 3).

Na estação seca, a concentração da amônia encontrada na presente análise variou de 0,03 mg/L a 0,12 mg/L, com o menor valor em Palotina (0,03 mg/L) e o maior em Marquinho (0,12 mg/L). Deste modo, todos os valores de amônia encontram-se abaixo do recomendado pela resolução CONAMA nº 357/05, para corpos de água da Classes 1 e 2, que é de 1,00 mg/L para pH variando entre 8,00 e 8,50 e de 3,7 mg/L para  $\text{pH} \leq 7,5$ .

#### Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO (mg/L)

A demanda bioquímica de oxigênio detecta a introdução de efluente ou de compostos orgânicos exógenos em corpos de água. Na época de chuvas, a DBO foi menor que 2,0 mg/L em todos os pontos de amostragem, exceto no ponto 1 (Marquinho) onde foram encontrados valores de 2,6 mg/L. Concentrações muito mais elevadas foram observadas no período seco, quando nas estações Marquinho e Formosa ocorreram as maiores concentrações (9,39 e 7,56 mg/L, respectivamente), enquanto em Campina ocorreu a menor

(3,17 mg/L). Comparando-se os valores obtidos com os limites estabelecidos pela legislação, somente na estação seca ocorreram violações. As estações Marquinho (ponto 1) e Formosa (ponto 3) apresentaram concentrações acima daquela recomendada para corpos de água de classe 2, que é de até 5,00 mg/L e abaixo daquela para Classe 3, que é de 10 mg/L. Os elevados valores de DBO, aproximam-se daqueles registrados por BAUMGARTNER & AGGIO (2004) para o rio São Francisco Verdadeiro, que apresenta elevada carga de nutrientes em função das atividades agroindustriais desenvolvidas em sua bacia hidrográfica.

### Clorofila-a ( $\mu\text{g/L}$ )

A clorofila-a em meio aquático representa um grupo de pigmentos fotossintetizantes presentes nas algas, sendo que sua análise fornece uma idéia da produtividade primária de um ecossistema aquático. Os resultados obtidos para este parâmetro na estação chuvosa foram bastante elevados em relação aos obtidos da estação seca. Os valores variam entre 8,0  $\mu\text{g/L}$  nas estações de Campina (ponto 2) e Palotina (ponto 4), e 4,5  $\mu\text{g/L}$  em Formosa, ponto 3. Em Marquinho, ponto 1, foram detectados 7  $\mu\text{g/L}$ .

No período seco, entre as estações analisadas a clorofila foi maior em Marquinho (1,64  $\mu\text{g/L}$ ) e menor em Campina (0,80  $\mu\text{g/L}$ ) (Figura 5.1.2.4.21). De acordo com a CONAMA nº 357/05, é permitida concentração de até 10  $\mu\text{g/L}$  em águas da classe 1 e de até 30  $\mu\text{g/L}$  para classe 2.

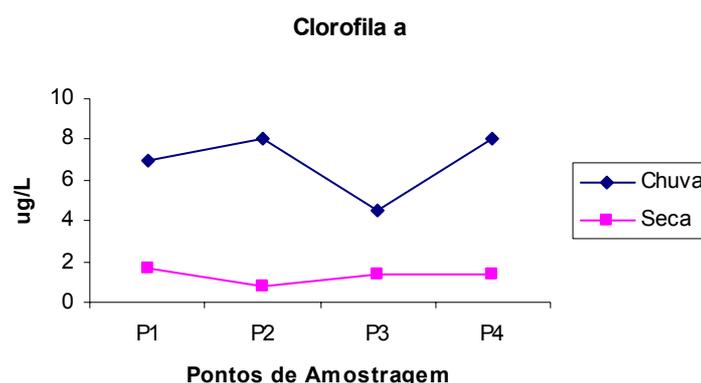


Figura 5.1.2.4.21 - Concentrações de Clorofila-a ( $\mu\text{g/L}$ ) no Rio Piquiri, obtidos em fevereiro e abril de 2008.

### Sólidos Suspensos Totais (mg/L)

Sólidos suspensos totais se referem ao material particulado não dissolvido, encontrado no corpo de água, composto por substâncias inorgânicas e orgânicas, incluindo-se aí os organismos planctônicos (fito e zooplâncton), sendo que sua principal influência é na diminuição da transparência da água, impedindo a penetração da luz.

Conforme esperado, as concentrações observadas no período chuvoso são bem maiores que as do período seco, já que as precipitações carregam grandes quantidades de material dos solos do entorno para as águas. Os valores encontrados foram de 180 mg/L em Marquinho (ponto 1), 130 mg/L em Campina (ponto 2), 60 mg/L em Formosa (ponto 3) e 80 mg/L em Palotina (ponto 4). Com relação ao período seco, a maior concentração foi observada em Formosa (3,00 mg/L), e a menor em Campina e Palotina (1,70 mg/L em ambos os pontos) (Figura 5.1.2.4.22). Para este parâmetro a resolução CONAMA nº 357/2005, não estabelece limites mínimos ou máximos.

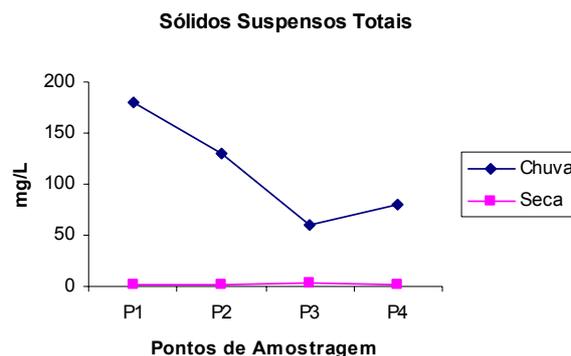


Figura 5.1.2.4.22– Concentrações de sólidos suspensos totais (mg/L) no Rio Piquiri, obtidos em fevereiro e abril de 2008.

### Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)

Os sólidos totais dissolvidos (STD) correspondem ao peso total dos constituintes minerais presentes na água, por unidade de volume, resultantes principalmente da dissolução das rochas e solos, mas também contêm matéria orgânica dissolvida. Uma água com mais de 1.000 mg de STD/L pode ter gosto distintivo, acima de 2.000 mg/L, a água é geralmente demasiado salgada (sais dissolvidos) para beber. Os sólidos dissolvidos, sobretudo os ionizados (eletrólitos), são os responsáveis pelo aumento da condutividade elétrica da água (numa água doce é tipicamente, 100  $\mu$ S/cm, podendo subir para valores cem vezes maiores em águas salgadas). Ao contrário do que se observou para os sólidos suspensos totais, os valores observados no período chuvoso são bem menores que os do período seco para

sólidos dissolvidos, aumentando à medida em que se aproxima da foz do rio Piquiri. O maior valor se observa em Palotina, ponto 4 (100 mg/L) e o menor em Marquinho, ponto 1 (20 mg/l). Com relação ao período seco também houve um gradual aumento ao longo das estações, sendo que o menor valor foi observado em Marquinho (265,80 mg/L) e o maior em Palotina (358,30 mg/L) (Figura 5.1.2.4.23).

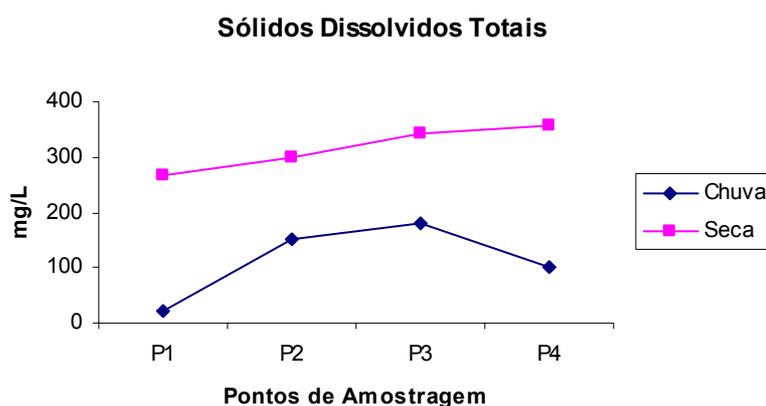


Figura 5.1.2.4.23 – Concentração de sólidos dissolvidos totais (mg/L) no Rio Piquiri, obtidos em fevereiro e abril de 2008.

### Sólidos Totais (mg/L)

Entende-se por Sólidos Totais a matéria suspensa e dissolvida numa determinada amostra aquosa, sendo que os Sólidos Suspensos Totais (SST) e os Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) compõem os sólidos totais. No período seco, os sólidos totais apresentaram um aumento entre as estações de amostragem com o menor valor observado em Marquinho (268,0 mg/L) e o maior em Palotina (360,0 mg/L) (Figura 5.1.2.4.24).

No período chuvoso, os maiores valores observados para sólidos totais foram nas estações de Campina (ponto 2) e Formosa (ponto 3), de 280 e 240 mg/L, respectivamente. O ponto 1 (Marquinho), apresentou 200 mg/L de sólidos totais, e o menor valor encontrado foi no ponto 4 (Palotina), de 180 mg/L.

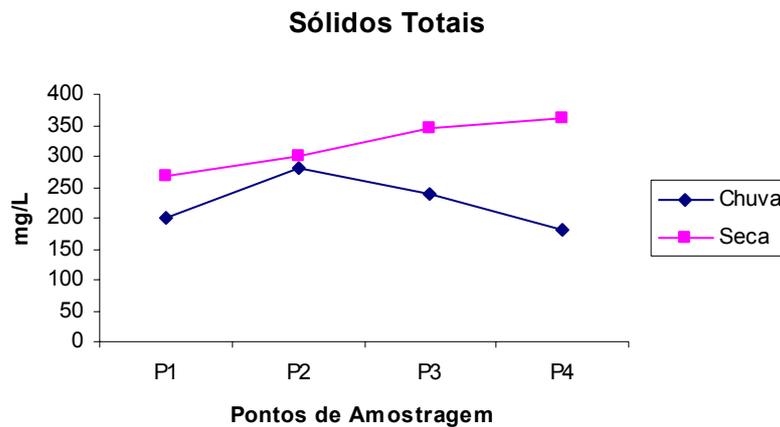


Figura 5.1.2.4.24 – Concentração de sólidos totais (mg/L) no Rio Piquiri, obtidos em fevereiro e abril de 2008.

#### Coliformes Totais (NMP/100 mL)

Para a avaliação das condições sanitárias de uma água, utilizam-se bactérias do grupo coliforme, que atuam como indicadores de poluição fecal, pois estão sempre presentes no trato intestinal humano e de outros animais, sendo eliminadas em grande número nas fezes. A presença de coliformes na água indica poluição, com o risco potencial da presença de organismos patogênicos, uma vez que são mais resistentes na água do que as bactérias patogênicas de origem intestinal. A quantidade de coliformes totais encontrada no período chuvoso foi muito maior na estação chuvosa do que na seca, o que provavelmente se deve ao arraste de material alóctone para o rio. Os valores variaram entre 6.500 NMP/100 mL no ponto 4 (Palotina) e 2.700 NMP/100 mL no ponto 1 (Marquinho). Na estação seca, o número mais provável de coliformes totais foi menor na região de Campina, ponto 2 (17,80 NMP/100 mL), enquanto que os maiores valores foram obtidos em Marquinho e Palotina (200,50 NMP/100 mL para ambos) (Figura 5.1.2.4.25).

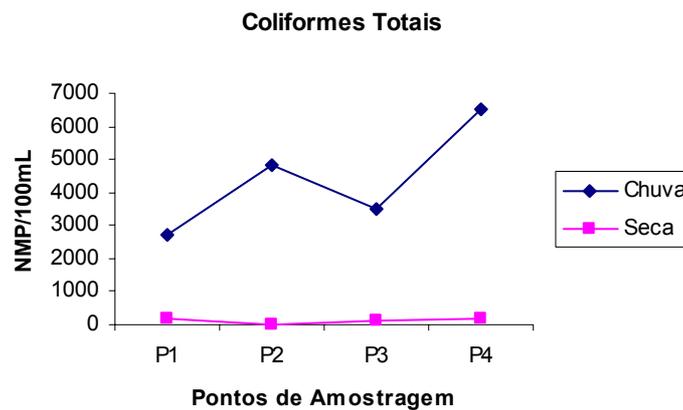


Figura 5.1.2.4.25 - Valores de Coliforme Total (NMP/100 mL) no Rio Piquiri, obtidos em fevereiro e abril de 2008.

#### Coliformes Fecais (NMP/100 mL)

Com relação à *Escherichia coli*, as quantidades também foram maiores na estação chuvosa, assim como ocorreu com coliformes totais. No entanto, as variações não foram tão elevadas. No período chuvoso, a maior quantidade observada foi na estação de Palotina (ponto 4), onde foram detectados 480 NMP/100 mL. O menor valor (220 NMP/100 mL) foi verificado no ponto 1, em Marquinho. No período seco, houve elevada variação entre as estações de coleta, sendo que a menor concentração ocorreu em Campina (1,00 NMP/100 mL) e a maior em Marquinho (165,20 NMP/100 mL) (Figura 5.1.2.4.26). De acordo com a resolução CONAMA nº 357/05, é permitida concentração de até 1.000 *E. coli* em 100ml de água, para corpos de água da classe 2, significando que os valores encontrados estão abaixo deste limite estabelecido.

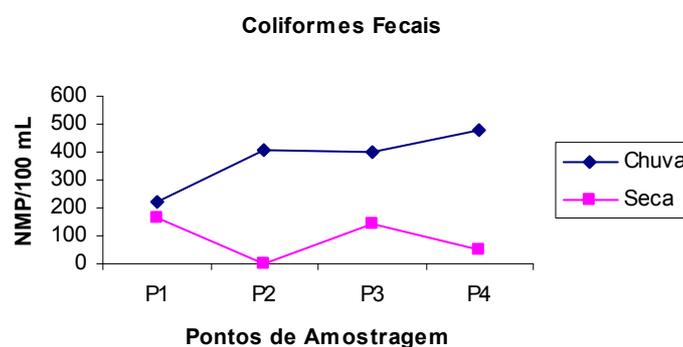


Figura 5.1.2.4.26 – Concentrações de coliformes fecais (*E. coli*; NMP/100 mL) no Rio Piquiri, obtidos em fevereiro e abril de 2008.

### Cor Verdadeira (mg Pt/L)

A cor, juntamente ao odor, ao gosto e à turvação, são parâmetros que se referem ao nosso sistema sensorial. O termo cor é usado para indicar a cor “verdadeira” da água, cuja turvação tenha sido eliminada. A cor na água deve-se a íons naturais como o ferro e o magnésio, assim como à presença de plâncton, húmus e turfa. As descargas industriais, especialmente as dos têxteis e papel, assim como as agrícolas, podem contribuir para a presença da cor.

No período de chuvas, a cor variou entre 14 mg/L no ponto 4 (Palotina) e 9 mg/L no ponto 3 (Formosa). Nos pontos 1 (Marquinho) e 2 (Campina), as concentrações foram de 12 e 10 mg/L, respectivamente.

No período seco, Marquinho e Campina apresentaram os menores valores (20,00 mg Pt/L para ambos) e os maiores valores foram apresentados por Formosa e Palotina (30,00 mg Pt/L para ambos) (Figura 5.1.2.4.27). Os valores obtidos encontram-se dentro dos limites estabelecidos pela resolução CONAMA nº 357/2005, para águas de classe 2, que é de até 75,00 mg Pt/L.

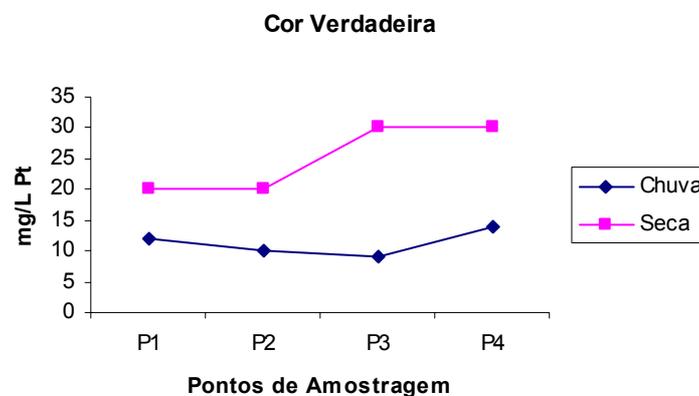


Figura 5.1.2.4.27 – Valores de cor verdadeira da água (mg Pt/L), no Rio Piquiri, obtidos em fevereiro e abril de 2008.

### Índice de Qualidade das Águas

A partir de um estudo realizado em 1970 pela “*National Sanitation Foundation*” dos Estados Unidos, a CETESB adaptou e desenvolveu o IQA – Índice de Qualidade das Águas, que é uma síntese da avaliação individual do estado ou condição de nove variáveis que o compõem e que serão referidas adiante. Este índice fornece uma indicação relativa da

qualidade da água em diferentes pontos no espaço e/ou no tempo, que pode ser vantajosamente utilizada como instrumento de gestão ambiental (avaliação da efetividade de programas de controle da poluição, estabelecimento de prioridades para ações de controle, como meio de difusão da qualidade da água para o público). No entanto, é importante ressaltar que o IQA não leva em conta formas tóxicas que podem comprometer seriamente a qualidade das águas para os diversos usos.

O Índice de Qualidade da Água é determinado pelo produto ponderado das qualidades da água correspondentes às variáveis DBO (demanda bioquímica de oxigênio), oxigênio dissolvido, coliformes fecais, nitrogênio total, pH, temperatura, resíduo total, fósforo total e turbidez. No caso de não se dispor do valor de alguma das nove variáveis, o cálculo do IQA é inviabilizado.

Para cada variável foram estabelecidas curvas de variação da qualidade das águas de acordo com o estado ou a condição de cada parâmetro. A fórmula utilizada para o cálculo do IQA está demonstrada a seguir:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

onde:

IQA = Índice de Qualidade da Água dado por um número entre 0 e 100;

$q_i$  = qualidade da  $i$ -ésima variável dada por um número entre 0 e 100, obtido da respectiva “curva média de variação da qualidade”, em função de sua concentração ou medida (resultado da análise);

$w_i$  = peso correspondente à  $i$ -ésima variável, um número entre 0 e 1, fixado em função de sua importância para a conformação da qualidade, sendo que:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

onde:

$n$  = número de variáveis que entram no cálculo do IQA

Os parâmetros utilizados para o cálculo do IQA e respectivos pesos relativos são apresentados na Tabela 5.1.2.4.2.

Tabela 5.1.2.4.2 - Parâmetros e pesos do IQA

Parâmetros	Pesos (WI)
Demanda Bioquímica de Oxigênio	0,10
Oxigênio Dissolvido	0,17
Coliformes Fecais	0,15
Nitrogênio Total	0,10
pH	0,12
Temperatura	0,10
Resíduo Total	0,08
Fósforo Total	0,10
Turbidez	0,08

A qualidade da água bruta é avaliada conforme o valor do IQA, Tabela 5.1.2.4.3. Para que as águas possam ser potabilizadas, seu IQA deve estar entre bom e ótimo e a análise de toxicidade deve ser igual a zero.

Tabela 5.1.2.4.3 – Classificação das águas.

IQA	Classificação
79 < IQA ≤ 100	Ótima
51 < IQA ≤ 79	Boa
36 < IQA ≤ 51	Regular
19 < IQA ≤ 36	Ruim
IQA ≤ 19	Péssima

Fonte: CETESB, 2006.

O *Índice de Qualidade das Águas - IQA* calculado a partir dos resultados das análises realizadas para esta Avaliação Ambiental Integrada do rio Piquiri está apresentado na Tabela 5.1.2.4.4.

Tabela 5.1.2.4.4 - IQA das águas na bacia do rio Piquiri

Estação de Coleta	IQA Período chuvoso	IQA Período seco	IQA Médio	Classificação das águas
P1-Marquinho	65	74	70	Boa
P2-Campina	68	87	77	Boa
P3-Formosa	76	75	76	Boa
P4-Palotina	65	81	78	Boa

O índice de qualidade da água estimado para as diferentes estações de amostragem revelou que, no período chuvoso, o IQA apresentou valores mais baixos que no período seco. Essa relação é normal, já que na época de chuvas ocorre o maior aporte de material alóctone para as águas. O objetivo do IQA é avaliar a qualidade das águas, tendo como

determinante principal a sua utilização para o abastecimento público, considerando aspectos relativos ao tratamento dessas águas; dessa forma, as maiores concentrações de sólidos, coliformes, matéria orgânica e menores concentrações de OD, observadas no período chuvoso, reduzem o valor o IQA.

No período chuvoso, o ponto 3-Formosa, apresentou a melhor qualidade da água (76), porém, com pouca diferença em relação aos demais pontos (65 nos pontos 1-Marquinho e 4-Palotina e 68 no ponto 2-Campina), já que todos enquadram-se na classe de qualidade de água **Boa**, segundo a metodologia de classificação do IQA.

Já no período seco, os pontos 2-Campina (87) e 4-Palotina (81), podem ser classificados como de água **Ótima**, enquanto que os pontos 1-Marquinho e 3-Formosa apresentam índice de qualidade de 74 e 75 respectivamente, podendo ser classificadas como **Boa** (Figura 5.1.2.4.28). A menor qualificação da água nos locais Marquinho e Formosa decorre principalmente dos elevados valores de DBO, Coliformes e Saturação de Oxigênio Dissolvido.

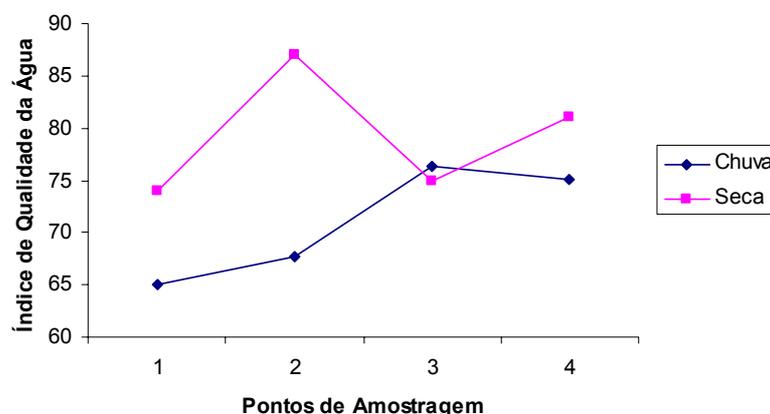


Figura 5.1.2.4.28 – Índice de qualidade da água do rio Piquiri, obtido em abril de 2008.

A média do Índice de Qualidade da Água entre os dois períodos amostrados classifica os quatro pontos de amostragem como locais de água **Boa**.

#### Índice de estado trófico (IET)

Segundo CETESB (2006), o Índice do Estado Trófico tem por finalidade classificar corpos d'água em diferentes graus de trofia, ou seja, avalia a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo das algas ou ao aumento da infestação de macrófitas aquáticas.

A metodologia clássica do IET foi introduzida por Carlson e modificada por Toledo *et al.* (1983) e Toledo (1990) que, através de método estatístico baseado em regressão linear, alterou as expressões originais para adequá-las a ambientes subtropicais. Este índice utiliza três avaliações de estado trófico em função dos valores obtidos para as variáveis: transparência (disco de Secchi), clorofila a e fósforo total (CETESB, 2008).

A metodologia utilizada pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental utiliza apenas duas, das três variáveis citadas para o cálculo do Índice do Estado Trófico: clorofila a e fósforo total, uma vez que os valores de transparência muitas vezes não são representativos do estado de trofia, pois esta pode ser afetada pela elevada turbidez decorrente de material mineral em suspensão e não apenas pela densidade de organismos planctônicos, além de muitas vezes não se dispor desses dados.

Nesse índice, os resultados correspondentes ao fósforo, IET(P), devem ser entendidos como uma medida do potencial de eutrofização, já que este nutriente atua como o agente causador do processo. A avaliação correspondente à clorofila a, IET(CL), por sua vez, deve ser considerada como uma medida da resposta do corpo hídrico ao agente causador, indicando de forma adequada o nível de crescimento de algas que tem lugar em suas águas. Assim, o índice médio engloba, de forma satisfatória, a causa e o efeito do processo. Deve-se ter em conta que num corpo hídrico, em que o processo de eutrofização encontra-se plenamente estabelecido, o estado trófico determinado pelo índice da clorofila a certamente coincidirá com o estado trófico determinado pelo índice do fósforo. Já nos corpos hídricos em que o processo esteja limitado por fatores ambientais, como a temperatura da água ou a baixa transparência, o índice relativo à clorofila a irá refletir esse fato, classificando o estado trófico em um nível inferior àquele determinado pelo índice do fósforo. Além disso, caso sejam aplicados algicidas, a conseqüente diminuição das concentrações de clorofila a resultará em uma redução na classificação obtida a partir do seu índice (CETESB, 2006).

O Índice do Estado Trófico para as águas do rio Piquiri será composto pelo Índice do Estado Trófico para o fósforo – IET(PT) e o Índice do Estado Trófico para a clorofila a – IET(CL), segundo as equações:

$$IET(P) = 10 \{ 6 - [ \ln ( 80,32 / P ) / \ln 2 ] \}$$

$$IET(CL) = 10 \{ 6 - [ ( 2,04 - 0,695 \ln CL ) / \ln 2 ] \}$$

onde:

- P = concentração de fósforo total medida à superfície da água, em  $\mu\text{g.L}^{-1}$
- CL = concentração de clorofila a medida à superfície da água, em  $\mu\text{g.L}^{-1}$
- ln = logaritmo natural

O resultado apresentado será a média aritmética simples dos índices relativos ao fósforo total e à clorofila a, segundo a equação:

$$\text{IET} = [ \text{IET} ( P ) + \text{IET} ( CL ) ] / 2$$

O Índice do Estado trófico classifica os rios em 6 graus de trofia, segundo a tabela 5.1.2.4.5, a seguir:

Tabela 5.1.2.4.5 - Classificação do Estado Trófico segundo o Índice de Carlson Modificado

ESTADO TRÓFICO	CRITÉRIO	P-TOTAL – P ( $\text{mg.m}^{-3}$ )	CLOROFILA a ( $\text{mg.m}^{-3}$ )
Ultraoligotrófico	$\text{IET} \leq 47$	$P \leq 13$	$\text{Cl} \leq 0,74$
Oligotrófico	$47 < \text{IET} \leq 52$	$13 < P \leq 35$	$0,74 < \text{CL} \leq 1,31$
Mesotrófico	$52 < \text{IET} \leq 59$	$35 < P \leq 137$	$1,31 < \text{CL} \leq 2,96$
Eutrófico	$59 < \text{IET} \leq 63$	$137 < P \leq 296$	$2,96 < \text{CL} \leq 4,70$
Supereutrófico	$63 < \text{IET} \leq 67$	$296 < P \leq 640$	$4,70 < \text{CL} \leq 7,46$
Hipereutrófico	$\text{IET} > 67$	$640 < P$	$7,46 < \text{CL}$

Fonte: CETESB, 2006.

Os resultados para o Índice do Estado Trófico nas águas do rio Piquiri estão apresentado na Tabela 5.1.2.4.6.

Tabela 5.1.2.4.6 - IET das águas na bacia do rio Piquiri

	CHUVA			SECA			MÉDIA
	IET (CL)	IET (P)	IET (MÉDIO)	IET (CL)	IET (P)	IET (MÉDIO)	IET (MÉDIO)
P1	50	56	53	36	36	36	46
P2	51	52	52	29	39	34	43
P3	46	55	50	34	40	37	46
P4	51	55	53	34	36	35	45

O cálculo do índice de estado trófico para o rio Piquiri, considerando os resultados de clorofila e de fósforo total, demonstra que, no período chuvoso, os maiores valores observados foram em Marquinho - ponto 1 e Palotina - ponto 4 (53) e o menor em Formosa – ponto 3 (50). Em Campina – ponto 2, o valor obtido foi de 52. Portanto, segundo a classificação do IET, o ambiente nos pontos 2 e 3 é, considerado Oligotrófico e nos demais pontos o ambiente é considerado Mesotrófico.

Já no período seco, o ambiente apresentou graus de trofia ainda menores. O maior valor foi verificado em Formosa – ponto 3 (37) e o menor em Campina – ponto 2 (34). Marquinho – ponto 1 e Palotina – ponto 4, apresentaram valores de 36 e 35, respectivamente. Assim, de acordo com a classificação do IET, todos os pontos são considerados como ambientes Ultraoligotróficos.

Segundo CETESB (2008), rios Ultraoligotróficos são corpos de água limpos, de produtividade muito baixa e concentrações insignificantes de nutrientes que não acarretam em prejuízos aos usos da água. Oligotróficos são corpos de água limpos, de baixa produtividade, em que não ocorrem interferências indesejáveis sobre os usos da água, decorrentes da presença de nutrientes. Já os ambientes mesotróficos são corpos de água com produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade da água, mas em níveis aceitáveis, na maioria dos casos.

A figura 5.1.2.4.29 apresenta a variação do IET nos quatro ambientes amostrados, nos períodos seco e chuvoso.

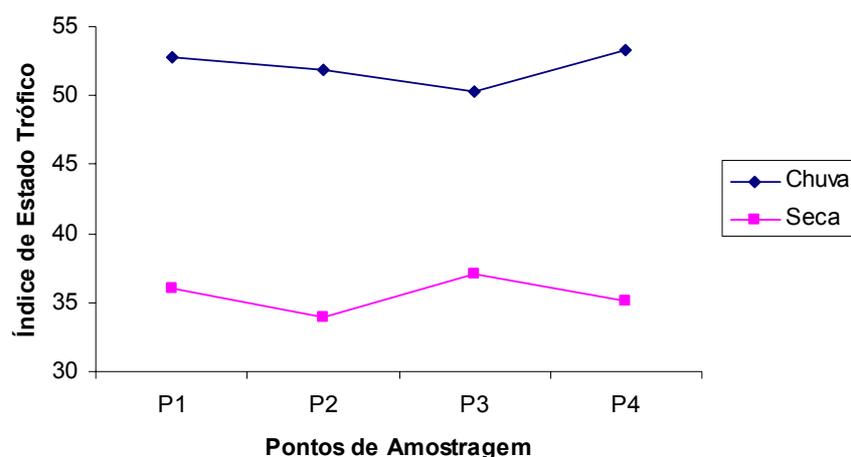


Figura 5.1.2.4.29 – Índice de estado trófico para a área de abrangência do rio Piquiri, obtido em abril de 2008.

## Análises limnológicas

### *Fitoplâncton*

No período chuvoso, as análises das amostragens do rio Piquiri registraram a ocorrência de 13 táxons distribuídos em 4 classes: *Bacillariophyceae* (7 táxons), *Chlorophyceae* (4 táxons), *Cryptophyceae* (1 táxon) e *Dinophyceae* (1 táxon). Dessas classes, *Cryptophyceae* foi dominante na estação 1- Marquinho (35%); *Bacillariophyceae* foi dominante na estação 2 – Campina (47%) e *Dinophyceae* foi dominante nas estações 3 – Formosa (64%) e 4 – Palotina (36%), conforme se observa na Figura 5.1.2.4.30.

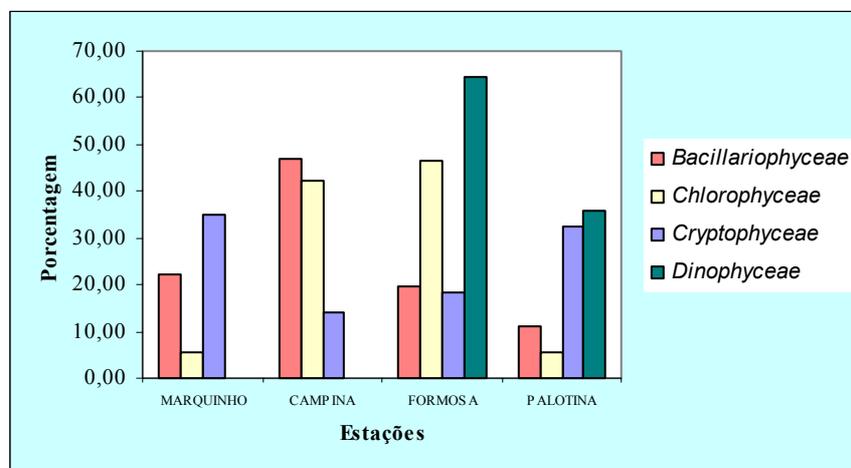


Figura 5.1.2.4.30 - Ocorrência de fitoplâncton nas diferentes classes, no rio Piquiri, em Fevereiro de 2008.

Já no período seco, foi registrada a ocorrência de 28 táxons, sendo distribuídos em 7 classes: *Cryptophyceae* (1 táxons), *Chrysophyceae* (1 táxons), *Zygnemaphyceae* (3 táxons), *Chlorophyceae* (5 táxons), *Cyanophyceae* (9 táxons), *Bacillariophyceae* (9 táxons). Entre as diferentes classes, *Bacillariophyceae* foi dominante nas estações Marquinho (70%), Campina (48%) e Formosa (60%), enquanto que a classe *Cyanophyceae* foi dominante na estação Palotina (Figura 5.1.2.4.31).

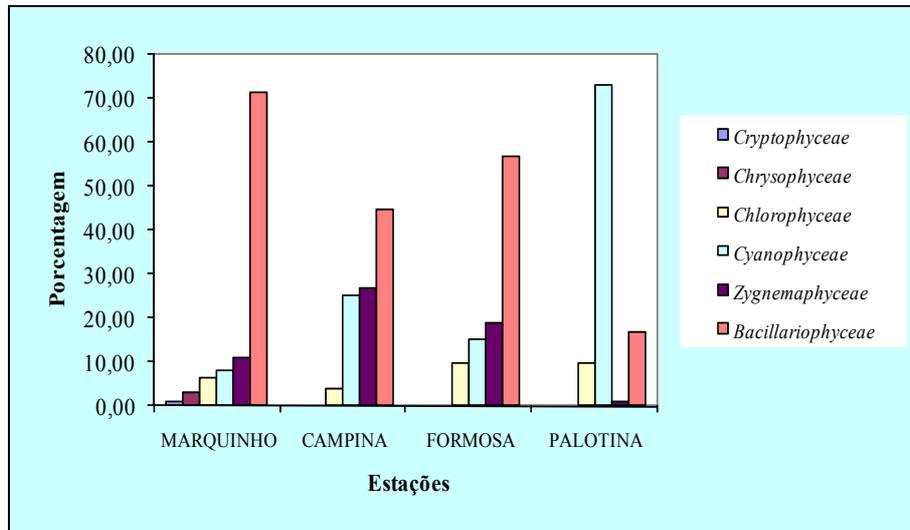


Figura 5.1.2.4.31 - Ocorrência de fitoplâncton nas diferentes classes, no rio Piquiri, em Abril de 2008.

Comparando-se os dois períodos estudados, verifica-se que, em todos os pontos, foi registrado maior número de táxons e densidade no período seco. Embora no período chuvoso haja maior aporte de nutrientes para as águas, durante a seca a quantidade de material em suspensão nas águas é menor, propiciando maior intensidade luminosa e, conseqüentemente, maiores taxas de atividade fotossintética.

No ponto 1 – Marquinho, período chuvoso, foram registrados 6 táxons com densidade de 1,192 células/L. O gênero com maior densidade foi *Scenedesmus*, com 0,98 células/L, seguido dos gêneros *Chlorella*, *Cryptomonas* e *Gomphonema*, com 0,087; 0,076 e 0,043 células/L, respectivamente. Já no período seco ocorreram 15 táxons, com densidade de 470 células/L, sendo que os gêneros com maior densidade foram *Amphora*, *Gomphonema* e *Pinnularia* com 144; 60 e 44 células/L, respectivamente (Figuras 5.1.2.4.32 e 5.1.2.4.33).

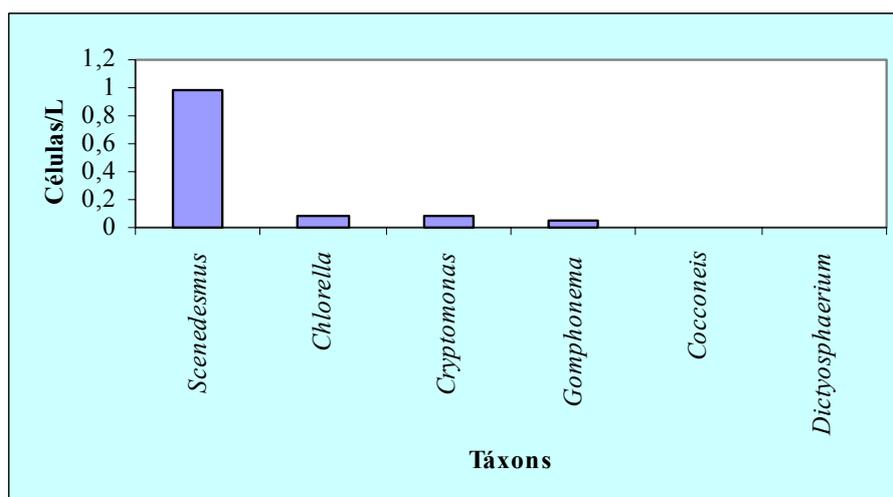


Figura 5.1.2.4.32 – Densidade do fitoplâncton na estação de amostragem Marquinho – P1, no rio Piquiri, obtida em fevereiro de 2008.

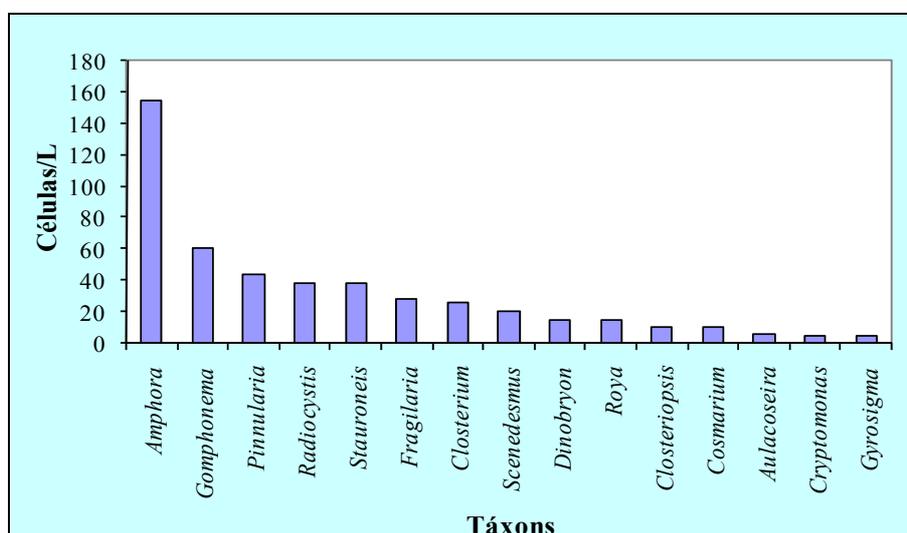


Figura 5.1.2.4.33 – Densidade do fitoplâncton na estação de amostragem Marquinho – P1, no rio Piquiri, obtida em abril de 2008.

As figuras 5.1.2.4.34 e 5.1.2.4.35 apresentam os táxons registrados na estação Campina – Ponto 2, nos períodos seco e chuvoso. Neste local o número de táxons registrados foi de 8, com densidade de 8,451 células/L, no período chuvoso, sendo o gênero *Scenedesmus* aquele que apresentou maior densidade (8 células/L), seguido de *Chlorella* e *Gomphonema* (0,3 e 0,07 células/L, respectivamente). No período seco ocorreram 15 táxons, com densidade de 112 células/L. Os gêneros com maior densidade foram *Cosmarium*, *Amphora*, *Caloneis* e *Gomphonema* com 18; 14; 12 e 12 células/L, respectivamente.

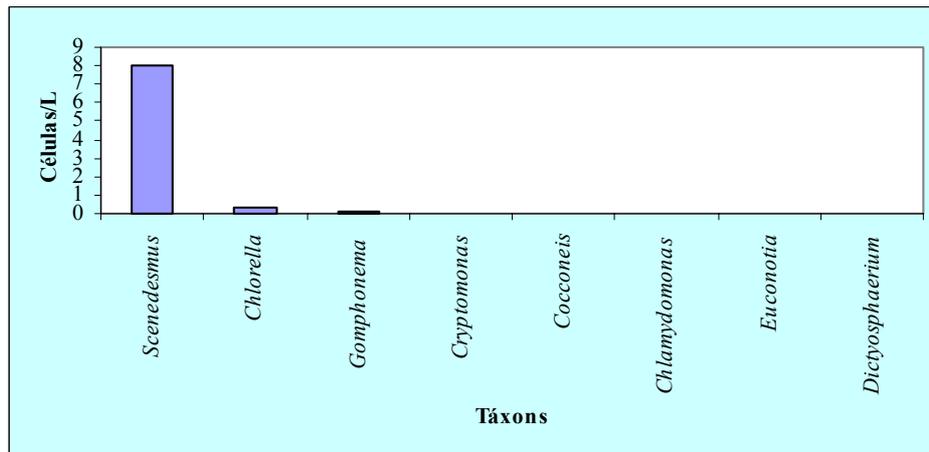


Figura 5.1.2.4.34 – Densidade do fitoplâncton na estação de amostragem Campina – P2, no rio Piquiri, obtida em fevereiro de 2008.

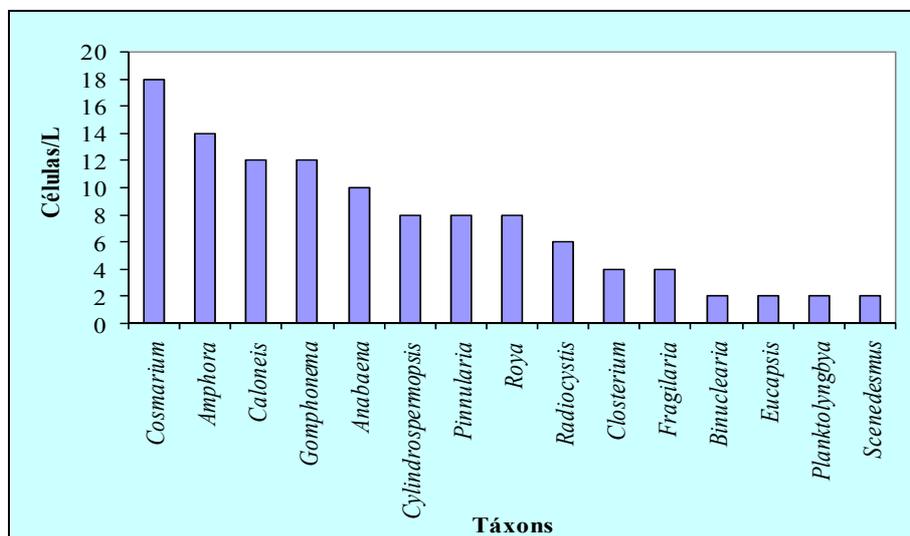


Figura 5.1.2.4.35 – Densidade do fitoplâncton na estação de amostragem Campina – P2, no rio Piquiri, obtida em abril de 2008.

Durante o período chuvoso, na estação Formosa – Ponto 3, foram registrados 7 táxons, com densidade de 9,352 células/L. O gênero com maior densidade registrado foi *Scenedesmus* (8,7 células/L), seguido de *Chlorella* e *Peridinium* (0,29 e 0,18 células/L, respectivamente), conforme se observa na figura 5.1.2.4.36. Já no período seco, foram registrados 16 táxons, com densidade de 148 células/L, sendo que os gêneros com maior densidade foram *Amphora*, *Aulacoseira* e *Closterium*, *Cosmarium* e *Fragilaria* com 34; 16; 14; 14 e 14 células/L, respectivamente (Figura 5.1.2.4.37).

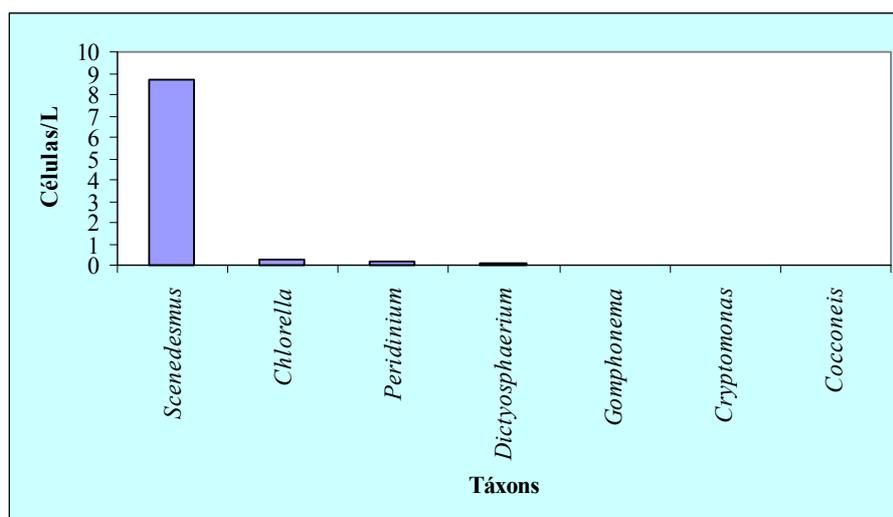


Figura 5.1.2.4.36 – Densidade do fitoplâncton na estação de amostragem Formosa – P3, no rio Piquiri, obtida em fevereiro de 2008.

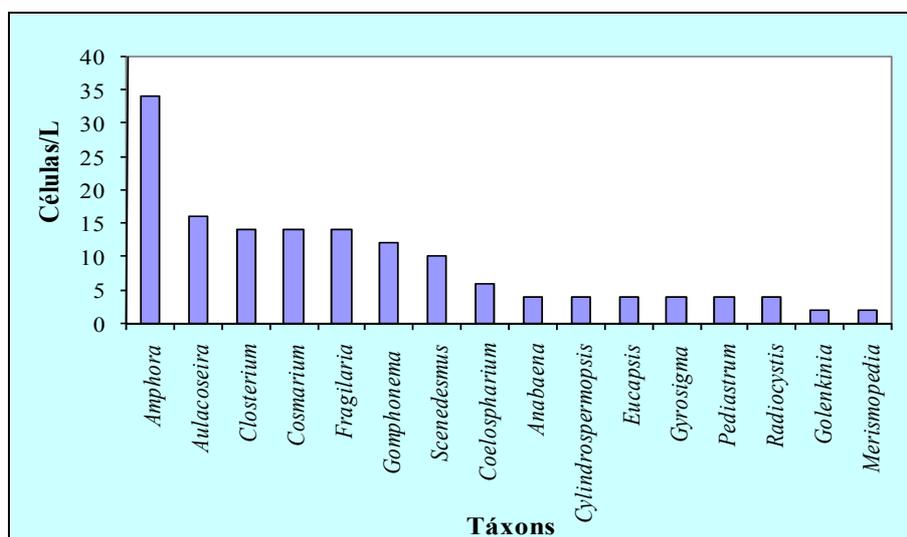


Figura 5.1.2.4.37 – Densidade do fitoplâncton na estação de amostragem Formosa – P3, no rio Piquiri, obtida em abril de 2008.

As figuras 5.1.2.4.38 e 5.1.2.4.39 apresentam os táxons registrados na estação Palotina – P4, onde ocorreram 7 táxons com densidade de 1,319 células/L, no período chuvoso. Assim como em todos os pontos de amostragem no período chuvoso, o gênero *Scenedesmus* apresentou maior densidade (1,02 células/L). *Chlorella* e *Peridinium* vêm em seguida, com densidades de 0,1 células/L cada um. No período seco, foram registrados 14 táxons, com densidade de 382 células/L. Os gêneros com maior densidade foram *Chroococcus*, *Fragilaria* e *Scenedesmus* com 262; 30 e 26 células/L, respectivamente, sendo que o gênero *Chroococcus* foi dominante nessa estação.

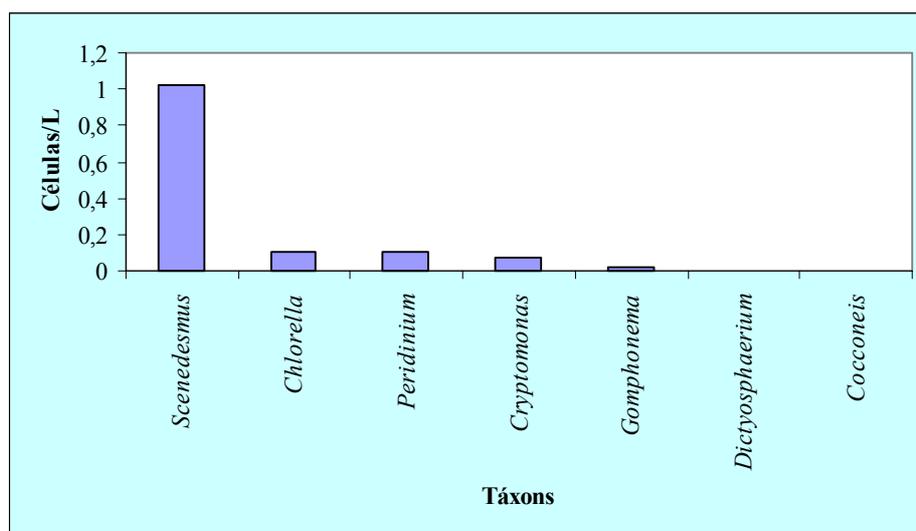


Figura 5.1.2.4.38 – Densidade do fitoplâncton na estação de amostragem Palotina – P4, no rio Piquiri, obtida em fevereiro de 2008.

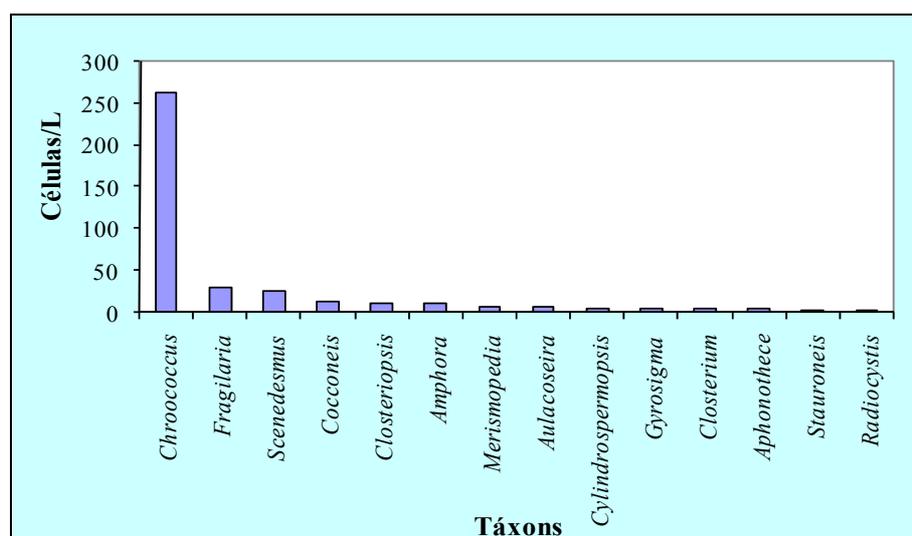


Figura 5.1.2.4.39 – Densidade do fitoplâncton na estação de amostragem Palotina – P4, no rio Piquiri, obtida em abril de 2008.

Observando os resultados apresentados, verifica-se que algumas classes não são comuns aos dois períodos amostrados. Dinophyceae foi registrado somente no período chuvoso, enquanto que Chrysophyceae, Zygnemaphyceae e Cyanophyceae foram registrados somente no período seco.

Os organismos da classe Bacillariophyceae, que foram registrados com maior número de táxons em ambos os períodos, sendo dominantes em quase todas as estações no período seco (exceto Palotina) e na estação Campina no período chuvoso, são também chamadas diatomáceas e constituem um importante componente do fitoplâncton. São organismos com

ampla distribuição geográfica (cosmopolitas), ocorrendo tanto em águas doce quanto salgada, sobre diversos substratos, e inclusive em habitat terrestre úmido (BOLD e WYNNE, 1985 *apud* WENGRAT *et al.* 2007). As diatomáceas se sobressaem como um dos grupos mais importantes, devido sua abundância e riqueza de espécies, sendo bons indicadores biológicos da qualidade da água (WENGRAT *et al.* 2007). As Chrysophyceae, assim como as Bacillariophyceae, também fazem parte do grupo Chrysophyta, sendo as duas classes mais importantes do ponto de vista quantitativo.

Chlorophyceae e Zygnemaphyceae são as classes de Chlorophyta mais freqüentes no fitoplâncton, também são chamadas algas verdes. Cerca de 90% das espécies de Chlorophyceae conhecidas são de ambientes lacustres (FOTT, 1971 *in* ESTEVES, 1998). A grande maioria habita preferencialmente ambientes mesotróficos ou eutróficos.

Dentre os gêneros de Chlorophyceae registrados, observa-se que *Scenedesmus*, um dos principais representantes da classe, foi predominante na campanha chuvosa, em diversidade muito maior que os demais.

As Dinophyceae e as Cryptophyceae são ambas pertencentes ao grupo das Pyrrophyta. Dinophyceae foi registrado somente no período chuvoso, sendo dominante nos pontos 3 – Formosa e 4 – Palotina. Cryptophyceae foi dominante no ponto 1 – Marquinho, e foi bastante representativo no ponto 4 – Palotina. No período seco, os registros desse gênero não foram significativos em nenhum ponto. Segundo ESTEVES (1998), as Cryptophyceae constituem um grupo relativamente pequeno nas águas doces, mas às vezes, de grande importância quantitativa. *Cryptomonas*, registrado em todos os pontos no período chuvoso e no ponto 1 no período seco, é um dos gêneros mais importantes em águas doces, comuns no plâncton de inverno.

As Cyanophyceae pertencem ao grupo Cyanophyta, também conhecidas como cianobactérias ou algas azuis. Das cianofíceas formadoras de floração, somente *Anabaena* foi registrada, no período seco, no ponto 2 – Campina e no ponto 3 – Formosa, em menor quantidade. As cianofíceas são importantes componentes do fitoplâncton de lagos eutróficos.

A resolução CONAMA nº 357/05, somente estabelece valores de referência para cianobactérias, que é de 20.000 células/ml. Nas quatro estações de amostragem, as densidades de Cianobactérias foram infimamente menores que o recomendado pela legislação.

### Zooplâncton

Em ambas as campanhas de amostragem, não foram registrados organismos zooplanctônicos. No período seco, após uma tentativa realizada através da filtração de 200 litros de água em três amostras em cada ponto, na qual não foi detectada a presença de organismos zooplanctônicos, realizou-se nova incursão ao rio Piquiri, quando foram utilizadas três diferentes metodologias de amostragem. A primeira consistiu em realizar a filtração de 1.000 litros de água, em três amostras, totalizando 3.000 litros de água (Figura 5.1.2.4.40), com a utilização de motobomba. Na segunda forma de amostragem, a rede de zooplâncton permaneceu contra a correnteza durante 15 minutos, em três amostragens (totalizando aproximadamente 3.000 litros de água filtrada; Figura 5.1.2.4.41). A terceira forma amostral foi realizada na coluna de água, sendo que a rede foi descida até o fundo, com peso e posteriormente arrastada até a superfície (Figura 5.1.2.4.42), sendo que o volume de água filtrada foi de aproximadamente 500 litros de água em cada uma das 3 amostras (1.500 litros).



Figura 5.1.2.4.40 – Coleta de zooplâncton com utilização de motobomba.



Figura 5.1.2.4.41 – Coleta de zooplâncton com rede posicionada contra a correnteza.



Figura 5.1.2.4.42 – Coleta de zooplâncton desde o fundo até a superfície.

Após a aplicação das metodologias mencionadas acima, as amostras foram fixadas em formol, e analisadas no mesmo dia, sendo que todas as amostras foram analisadas e também não foi detectada a presença de organismos zooplanctônicos.

Uma última tentativa de detecção foi analisar o conteúdo estomacal de larvas de peixes, que em teoria deveriam apresentar organismos zooplanctônicos em seu trato digestório. Para isso, foram analisadas larvas de *Pimelodus* sp (mandi), *Auchenipterus osteomystax* (perna de moça), *Tatia neivai* (bagrinho), *Apareiodon* sp (canivete), *Hypophthalmus edentatus* (mapará) e *Bryconamericus* sp (pequira). Da mesma forma que nas análises anteriores, não foi verificada a presença de organismos zooplanctônicos no trato digestório das larvas analisadas.

Embora não tenha sido detectada a presença de organismos zooplanctônicos nas amostras, não podemos afirmar que estes não existem no rio Piquiri. Provavelmente, a densidade de indivíduos presentes neste rio, seja tão baixa que não permitiu a detecção de sua presença.

De acordo com os outros parâmetros analisados, a água não apresenta índice de poluição que possa causar a total ausência desses organismos, exceto a DBO no período seco, que se apresentou um pouco elevada. Sendo assim, testes de toxicidade são sugeridos para verificar a possível causa da ausência destes organismos, em estudos vindouros.

No Brasil, a literatura especializada não apresenta casos semelhantes, entretanto no Peru, na execução do estudo de impacto ambiental na bacia do rio Inambari, também não foi detectada a presença de organismos zooplanctônicos (IIRSA, 2008). Por outro lado, BUZZO (com. Pess.) afirmou que no mês de março de 2008, também não foi detectada a presença de organismos zooplanctônicos nas amostragens realizadas no rio São Francisco Verdadeiro.

### *Bentos*

Os organismos bentônicos habitam o fundo de ecossistemas aquáticos durante pelo menos parte de seu ciclo de vida. Vivem enterrados no substrato, sobre ele ou aderidos a rochas, pedras e restos de vegetação. O principal motivo para o uso de organismos indicadores de qualidade da água é que a presença do indicador funciona como uma reflexão do ambiente em que se encontra e nos assegura de que certas condições mínimas foram encontradas para sua sobrevivência, portanto, irá indicar condições ambientais específicas para a preservação da qualidade da água.

No período chuvoso, problemas na coleta e análise de zoobentos invalidaram os resultados obtidos para esses organismos. Dessa forma, a análise da comunidade bentônica aqui apresentada restringe-se somente ao período seco, que revelou a presença de 8 grupos taxonômicos, sendo que a família Chironomidae foi a mais representativa, com 44% dos indivíduos capturados, seguido da família Lymnaeidae (18%) e Hydrachnidae com 10% (Figura 5.1.2.4.43). Segundo COFFMAM (1995), Chironomidae é o grupo de maior riqueza específica e entre os insetos aquáticos, sendo os mais amplamente distribuídos e frequentemente mais abundantes nos ecossistemas de águas continentais. Na planície aluvial do alto rio Paraná, as larvas de Chironomidae também são um dos insetos aquáticos de maior importância (TAKEDA et al., 2004), altamente frequentes e abundantes (TAKEDA et al., 1997 e 2004; HIGUTI et al., 1993; MELO et al., 2006).

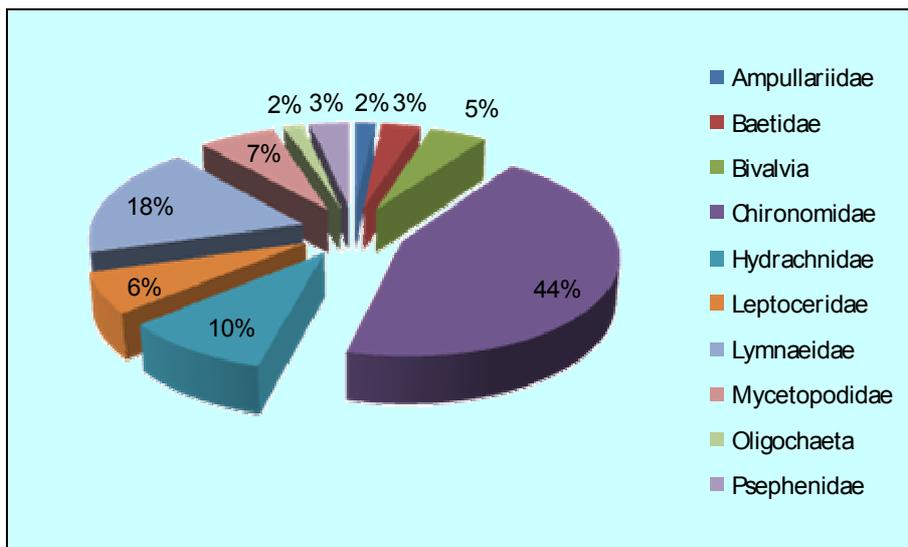


Figura 5.1.2.4.43 – Frequência dos organismos zoobentônicos na área de abrangência do rio Piquiri, obtida em abril de 2008, de acordo com os grupos taxonômicos.

Quando comparamos as estações de amostragem, podemos observar que os organismos bentônicos foram mais abundantes em Palotina – ponto 4 (39%), seguido de Campina – ponto 2 (28%) e Formosa – ponto 3 (25%), enquanto na estação Marquinho – ponto 1, foi registrado somente 8% dos organismos capturados (Figura 5.1.2.4.44).

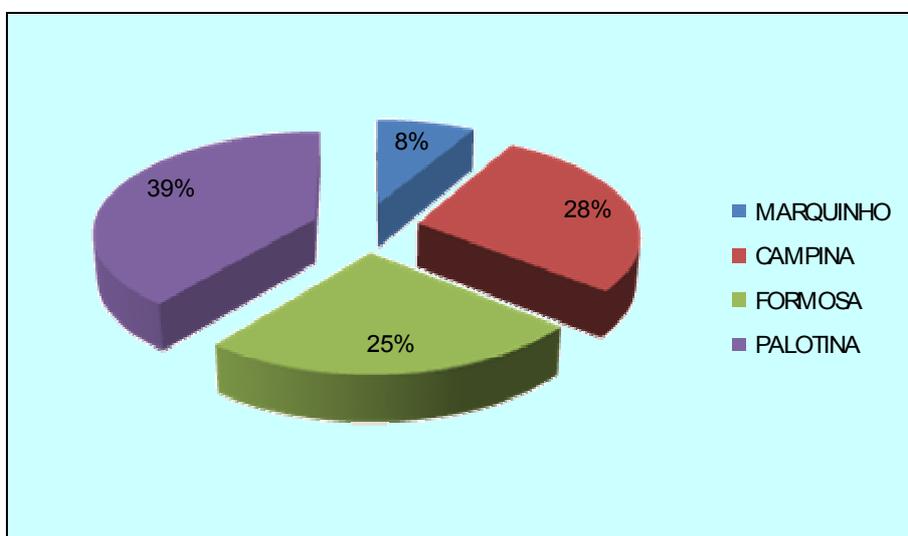


Figura 5.1.2.4.44 – Abundância de organismos zoobentônicos na área de abrangência do rio Piquiri, obtida em abril de 2008.

A maior riqueza de grupos taxonômicos foi verificada nas estações Palotina – ponto 4 e Campina – ponto 2, onde também foi registrada a maior abundância (Figura 5.1.2.4.45). Na estação Marquinho – ponto 1 foram registradas somente três famílias, sendo que Hydrachnidae foi a mais abundante com 44 indivíduos/m<sup>2</sup>. Na estação Campina, foram

registradas 5 famílias, sendo que Lymnaeidae superou as outras, com 59 indivíduos/m<sup>2</sup>. Na estação Formosa – ponto 3, 4 famílias foram registradas, com a maior abundância de Chironomidae (104 indivíduos/m<sup>2</sup>). Na estação Palotina, onde também foram registradas 5 famílias, os indivíduos da família Chironomidae também dominaram, com 222 indivíduos/m<sup>2</sup>. As larvas desta família são consideradas excelentes bioindicadoras de qualidade da água, pois em ambientes muito poluídos por matéria orgânica, e com pouco oxigênio dissolvido, podem ser as únicas encontradas, podendo indicar ainda, a presença de metais pesados no ambiente aquático.

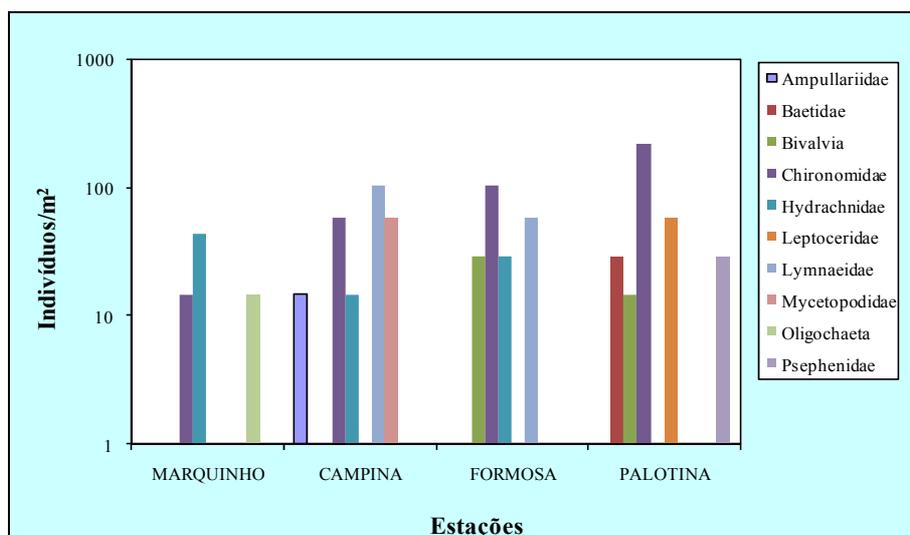


Figura 5.1.2.4.45 – Densidade da fauna bentônica na área de abrangência do reservatório do rio Piquiri, obtida em abril de 2008.

Quando comparamos o rio Piquiri com outros rios da bacia do alto Paraná, podemos observar que a densidade de organismos bentônicos foi baixa (904 indivíduos/m<sup>2</sup>), por exemplo, no rio Ivinheima (2200 indivíduos/m<sup>2</sup>), Baía (1400 indivíduos/m<sup>2</sup>) e Paraná (1100 indivíduos/m<sup>2</sup>) (NUPÉLIA, 2007) a abundância destes organismos foi maior.

- **Considerações finais**

De acordo com os resultados apresentados, verifica-se que a maioria dos parâmetros físicos, químicos e biológicos analisados no rio Piquiri encontra-se dentro dos limites estabelecidos pela resolução CONAMA nº 357/2005, para corpos de água das classes 1 e 2, exceto para DBO (período seco) e OD (período chuvoso). No período seco, a DBO ultrapassou os limites estabelecidos para rios de Classes 1 e 2 (3 e 5 mg/L, respectivamente) nos pontos 1 - Marquinho e 3 – Formosa. Nos demais pontos de amostragem, os valores estão acima dos estabelecidos para Classe 1, mas enquadram-se na Classe 2. Já para Oxigênio Dissolvido, as concentrações são inferiores ao mínimo

exigido para rios de Classe 1 e 2 (6 e 5mg/L, respectivamente) nos pontos 1 – Marquinho e 2 – Campina, no período chuvoso.

De acordo com o Índice de Qualidade de Água (IQA), as estações Campina e Palotina, apesar dos elevados valores de DBO, apresentaram os maiores valores médios de IQA. O Índice de Estrato Trófico demonstrou que as águas do rio Piquiri apresentam baixas concentrações de nutrientes e, conseqüentemente, baixa produtividade. Esta condição se reflete nos resultados da análise limnológica, principalmente no que se refere aos organismos zooplanctônicos e bentônicos. Embora não tenham sido detectados organismos zooplanctônicos, apesar das 5 metodologias utilizadas, não podemos afirmar que os mesmos não ocorram no rio Piquiri. Possivelmente estes organismos apresentem-se em densidade muito pequena, o que não permitiu sua detecção. Ressaltamos que com a formação de reservatórios, esta comunidade tende a aumentar, já que haverá maior disponibilização de nutrientes e também a água se tornará lântica, o que favorece o desenvolvimento tanto da comunidade zooplanctônica, como fitoplanctônica e de bentos.

Diante das condições limnológicas aqui levantadas e da possibilidade de implantação de reservatórios no rio Piquiri, os seguintes comentários são necessários. A transformação de um trecho de rio em reservatório desencadeia uma série de processos biogeoquímicos, que resultam em interferências nas características do ambiente aquático, destacando-se a instabilidade física e química, a alteração das comunidades biológicas a montante, e atenuação dos pulsos hidrológicos a jusante, com reflexos sobre o curso de água e áreas ribeirinhas.

#### 5.1.2.5 Potencial de aporte de cargas poluidoras

Para a análise do potencial de aporte de cargas poluidoras na bacia hidrográfica do rio Piquiri, foram utilizados os resultados das análises realizadas em Fevereiro de 2008 (período de chuvas) e Abril de 2008 (período seco), além do levantamento dos usos da água na bacia em estudo.

Conforme mencionado anteriormente, o principal uso das águas na região do rio Piquiri é a agropecuária (irrigação e dessedentação de animais), com destaque para as plantações de soja, que apresentam extensas áreas cultivadas. Um aspecto relevante a ser considerado na poluição das águas em regiões sob a influência da agricultura é a aplicação de fertilizantes no solo, com o objetivo de melhorar sua produtividade agrícola. Essa atividade resulta no carreamento de nutrientes – nitrogênio, fósforo, potássio – para mananciais,

através do escoamento superficial ou da infiltração da água. O enriquecimento da água com nutrientes pode causar a proliferação excessiva da flora aquática, sendo este fenômeno mais comum em águas paradas. Além dos fertilizantes agrícolas, também são fontes de nutrientes para as águas os esgotos domésticos e excrementos de animais, além da decomposição vegetal (MOTA, 1995). A produção excessiva de matéria orgânica, devido a uma grande abundância de nutrientes pode ser chamada de eutrofização. Entre os efeitos indesejáveis da eutrofização, pode-se mencionar: problemas estéticos e recreacionais; condições anaeróbias no fundo do corpo d'água, ou eventualmente em todo o corpo d'água; eventuais mortandades de peixes; toxicidade das algas, etc (VON SPERLING, 2005).

Os resultados do cálculo do Índice do Estado Trófico, que avalia a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo das algas ou ao aumento da infestação de macrófitas aquáticas, demonstrou que os ambientes avaliados no rio Piquiri são pobres em nutrientes e com produtividade baixa a intermediária. Os pontos 1 e 4 (Marquinho e Palotina, respectivamente) apresentaram os maiores valores de IET no período chuvoso, sendo considerados mesotróficos (produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade da água, mas em níveis aceitáveis, na maioria dos casos). Analisando os nutrientes isoladamente, observa-se que, em ambos os períodos amostrados, não houve violação aos limites estabelecidos pela Resolução do CONAMA nº 357/05 para rios classe 2 em nenhum dos pontos amostrados.

Os usos para fins industriais apresentam 253 concessões de uso na bacia hidrográfica do rio Piquiri, sendo predominantes nos municípios de Cascavel, Cianorte, Toledo e Umuarama. Destacam-se, em toda a bacia, os ramos alimentício (principalmente laticínios e frigoríficos), têxtil, papelero e madeireiro. Segundo MOTA (1995), no Brasil, as indústrias mais poluidoras dos recursos hídricos são as fábricas de papel e celulose; indústria química; açúcar e álcool; aços e metais; têxtil; alimentícias (bebidas, laticínios); curtumes; matadouros; petroquímicas.

De acordo com BARROS & NOZAKI (2002) os efluentes das indústrias de papel e celulose são importantes fontes de poluição das águas. Os efluentes gerados contribuem para o aumento da Demanda Química de Oxigênio – DQO, devido às fibras celulósicas contendo resíduos de produtos como cola, agentes branqueadores, amidos, etc. Além disso, esses efluentes contêm sólidos em suspensão e materiais orgânicos dissolvidos, bem como compostos ligno-celulósicos. A alta concentração de poluentes orgânicos é também evidenciada pelos valores de carbono orgânico total (COT) e de demanda bioquímica (DBO) de oxigênio (BERTAZZOLI E PELEGRINI, 2002).

O setor têxtil destaca-se por gerar grandes volumes de efluentes, os quais, quando não corretamente tratados, podem causar sérios problemas de contaminação ambiental. Os efluentes têxteis caracterizam-se por serem altamente coloridos, devido à presença de corantes que não se fixam na fibra durante o processo de tingimento. A poluição de corpos d'água com estes compostos provocam, além da poluição visual, alterações em ciclos biológicos afetando principalmente processos de fotossíntese. Além deste fato, estudos têm mostrado que algumas classes de corantes, principalmente azocorantes, e seus subprodutos, podem ser carcinogênicos e/ou mutagênicos (KUNZ e ZAMORA, 2002). Os efluentes têxteis também apresentam altas cargas de compostos orgânicos (BERTAZZOLI E PELEGRINI, 2002).

As indústrias de laticínios são uma das principais fontes de geração de efluentes industriais, devido principalmente ao grande volume de água utilizado para o beneficiamento do leite. Esses efluentes apresentam uma elevada demanda química e bioquímica de oxigênio como consequência da grande quantidade de lipídios, carboidratos e proteínas, que conferem ao sistema uma alta carga orgânica. Quando são lançados em corpos d'água sem tratamento adequado, reduzem drasticamente a concentração de oxigênio dissolvido e colocam em risco todo o ecossistema aquático (VILLA *et al.*, 2007).

Segundo o diagnóstico para o meio socioeconômico (Capítulo V, item 5.3.8) realizado para este estudo, indústrias ligadas ao abate de suínos e aves são bastante representativas nesta bacia. Em primeiro lugar é importante mencionar os impactos decorrentes da criação desses animais. Segundo LASLOWSKI (2004), comparativamente ao esgoto doméstico, os dejetos suínos são 200 vezes mais poluentes. A DBO<sub>5</sub> para efluentes de dejetos suínos é de 40.000 mg/L. Outra informação preocupante é a de que as suinoculturas normalmente são encontradas próximas a cursos d'água e, na maioria dos casos, os dejetos são lançados nos recursos hídricos sem tratamento prévio. Além disso, fortes chuvas podem carrear os dejetos e solos contaminados para os rios.

Embora no período chuvoso não tenham sido observados valores alarmantes para DBO e DQO, no período seco foram obtidos resultados bastante elevados. A resolução do CONAMA nº357/05 determina que a DBO não deve ultrapassar 5mg/L em águas classe 2 e 3mg/L em águas classe 1. Nos pontos 2 e 4, os valores violam a classe 1 e nos pontos 1 e 3 os resultados ultrapassam o limite para classe 2.

Outra fonte que apresenta grande potencial de poluição das águas são os esgotos sanitários. O diagnóstico para o meio socioeconômico realizado para este estudo (Capítulo

V, item 5.3.5) demonstra que o atendimento pela rede geral de esgoto nos municípios da bacia do rio Piquiri, assim como em todo o estado do Paraná, é grave e muitíssimo precário. Dados do censo demográfico demonstram que, até o ano de 2000, seis municípios da bacia não possuíam rede de coleta de esgotos: Boa Ventura de São Roque, Diamante do Sul, Laranjal, Marquinho, Mato Rico e Santa Maria do Oeste. Além disso, 46 municípios na bacia do rio Piquiri apresentam cobertura de rede de esgoto inferior a 10%, sendo que em 39 destes 46 a cobertura é menor que 3%. Os municípios com maior percentual de rede geral de esgoto são: Cafelândia (46,59%), Guarapuava (39,95%), Cascavel (36,57%), Umuarama (35,68%), Campo Mourão (28,5%), Assis Chateaubriand (25,22%) e Toledo (25,22%).

Um fator preocupante é o percentual de domicílios que possuem fossas sépticas (6,72%), muito menor em relação àqueles que possuem fossas rudimentares (77,9%) nos municípios da bacia do rio Piquiri. Assim pode-se afirmar que, a principal destinação do esgotamento sanitário nos municípios em questão são fossas rudimentares.

Além das concentrações de matéria orgânica e nutrientes, também são indicadores de poluição por matéria orgânica os coliformes totais e fecais. Conforme mencionado anteriormente, as concentrações de nutrientes e matéria orgânica encontradas no rio Piquiri foram alarmantes somente para DBO no período seco. No que se refere aos coliformes, também não se observam valores preocupantes, já que em ambos os períodos amostrados, os resultados mantiveram-se dentro dos limites estabelecidos pela legislação.

Com base no exposto, pode-se dizer que, embora as atividades antrópicas exercidas na bacia sejam potencialmente poluidoras, as águas do rio Piquiri não apresentam características de degradação, salvo pelas concentrações de matéria orgânica, cujos valores devem ser atentamente observados nos locais de instalação de futuros empreendimentos hidrelétricos.

#### 5.1.2.6 Potencial de eutrofização no caso de formação de lagos

O nitrogênio e o fósforo constituem os principais nutrientes que promovem o processo de eutrofização (crescimento excessivo de algas que compromete a qualidade da água), principalmente em lagos e reservatórios. Este fenômeno promove sérias alterações na qualidade das águas, com prejuízos aos usos múltiplos dos reservatórios e inclusive à geração de energia elétrica. Outro fator importante para a eutrofização é o tempo de residência das águas em um reservatório. Para que este fenômeno aconteça, este período deve ser pelo menos igual a 15 dias, que é o tempo médio que as algas necessitam para completar seu ciclo e se reproduzirem.

De posse dos resultados de fósforo e nitrogênio, efetuou-se a avaliação do potencial de eutrofização das águas da região em estudo, através da comparação com limites de concentração. Em baixas concentrações, os nutrientes fósforo e nitrogênio não estimulam a eutrofização. Na bacia do rio Piquiri as concentrações máximas de fósforo total detectadas foram de 0,059 mg/L no ponto 1 - Marquinho (período chuvoso). Esses valores são inferiores aos permitidos para ambientes lóticos em rios classe 1, que é de 0,1 mg/L. No entanto, para ambientes lênticos, o valor é de 0,025 mg/L, valor este ultrapassado em todas as estações no período chuvoso.

Em relação à série de nitrogênio, não ocorreram violações à legislação e os valores encontrados foram bem inferiores aos limites máximos permitidos para rios classe 1.

Além disso, o cálculo do Índice de Estado Trófico demonstrou que os ambientes classificam-se como ultraoligotróficos no período seco (corpos de água limpos, de produtividade muito baixa e concentrações insignificantes de nutrientes que não acarretam em prejuízos aos usos da água). No período chuvoso, os pontos 1 e 4 foram classificados como oligotróficos (corpos de água limpos, de baixa produtividade, em que não ocorrem interferências indesejáveis sobre os usos da água, decorrentes da presença de nutrientes) e os pontos 2 e 3 foram classificados como mesotróficos (corpos de água com produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade da água, mas em níveis aceitáveis, na maioria dos casos).

As considerações acima sugerem um baixo potencial de eutrofização nos futuros reservatórios. No entanto, segundo WETZEL (1983), valores médios de 0,084 mg/l para o fósforo e de 1,90 mg/l para o nitrogênio total são encontrados em lagos eutróficos (de alta produtividade). Neste caso, os valores de nitrogênio total no período chuvoso encontram-se dentro da faixa de concentração para lagos eutróficos. Assim sendo, recomenda-se uma avaliação minuciosa da variável nitrogênio total na área de implantação de futuros reservatórios, considerando o tempo de residência de cada projeto.

A tendência à eutrofização das águas ou a análise do estado trófico nos futuros reservatórios não se restringe, no entanto, à análise do nitrogênio e fósforo. Outros fatores a considerar são a intensidade e a penetração de luz (relacionados com a transparência da água) e a disponibilidade de gás carbônico para a fotossíntese. Da mesma forma, a temperatura e o tempo de residência da água, a herbivoria (consumo do fitoplâncton pelo zooplâncton), a anoxia no hipolímnio (condição que promove a ressuspensão do fósforo do sedimento do fundo para a coluna d'água, realimentando o processo de eutrofização), a

mistura e a profundidade do reservatório, têm influência sobre este processo (RIBEIRO, 1995). A avaliação da eutrofização requer, portanto, uma análise complexa de todos estes fatores, que pode ser subsidiada por simulações através de modelagem matemática e análises multivariadas, na fase anterior e posterior ao barramento.

#### 5.1.2.7 Identificação de barragens já existentes e quedas d'água de grandes dimensões para identificar a perda de capacidade de autodepuração do rio

A autodepuração é um fenômeno vinculado ao restabelecimento do equilíbrio no meio aquático, após as alterações induzidas pelos despejos afluentes, quando compostos orgânicos são convertidos em compostos estáveis (estabilização da matéria orgânica), como gás carbônico e água, e não prejudiciais do ponto de vista ecológico (VON SPERLING, 2005). A autodepuração ocorre através de fenômenos de natureza física (turbulência, sedimentação, luz solar, temperatura e diluição), química (reações de oxidação e redução química) e biológica (predatismo e aglutinação) (MOTA, 1995).

Segundo MOTA (1995), dois parâmetros têm sido usados como representativos do processo de autodepuração de recursos hídricos: a concentração de oxigênio dissolvido na água e o número de microrganismos patogênicos, representado pelo índice coliforme. Além disso, um indicador dos processos bioquímicos de estabilização da matéria orgânica (como as variações da DBO), deve ser também considerado.

Entre os fenômenos físicos intervenientes na autodepuração, a turbulência é considerada um dos mais importantes, pois proporciona a reoxigenação do meio, já que provoca a fragmentação da camada superficial da água, permitindo uma maior distribuição do oxigênio em toda a massa líquida.

No rio Piquiri ainda não existem aproveitamentos hidrelétricos de grande ou médio porte. Assim, a análise da capacidade de autodepuração do rio foi realizada com base na existência de quedas d'água de grandes dimensões e nos resultados da análise da qualidade da água. As cachoeiras e corredeiras foram mapeadas com base em imagens de satélite do software Google Earth, com coberturas aéreas de vários satélites, dentre os quais pode-se citar os satélites Ikonos e Quick Board cujas resoluções espaciais variam entre 1m e 0,60m respectivamente.

A localização das quedas e corredeiras está apresentada na Figura 5.1.2.7.1. Observa-se que a maior parte se localiza próximo às nascentes do rio Piquiri, até a metade superior da bacia. A partir daí, até a foz, sua presença é bem mais escassa.

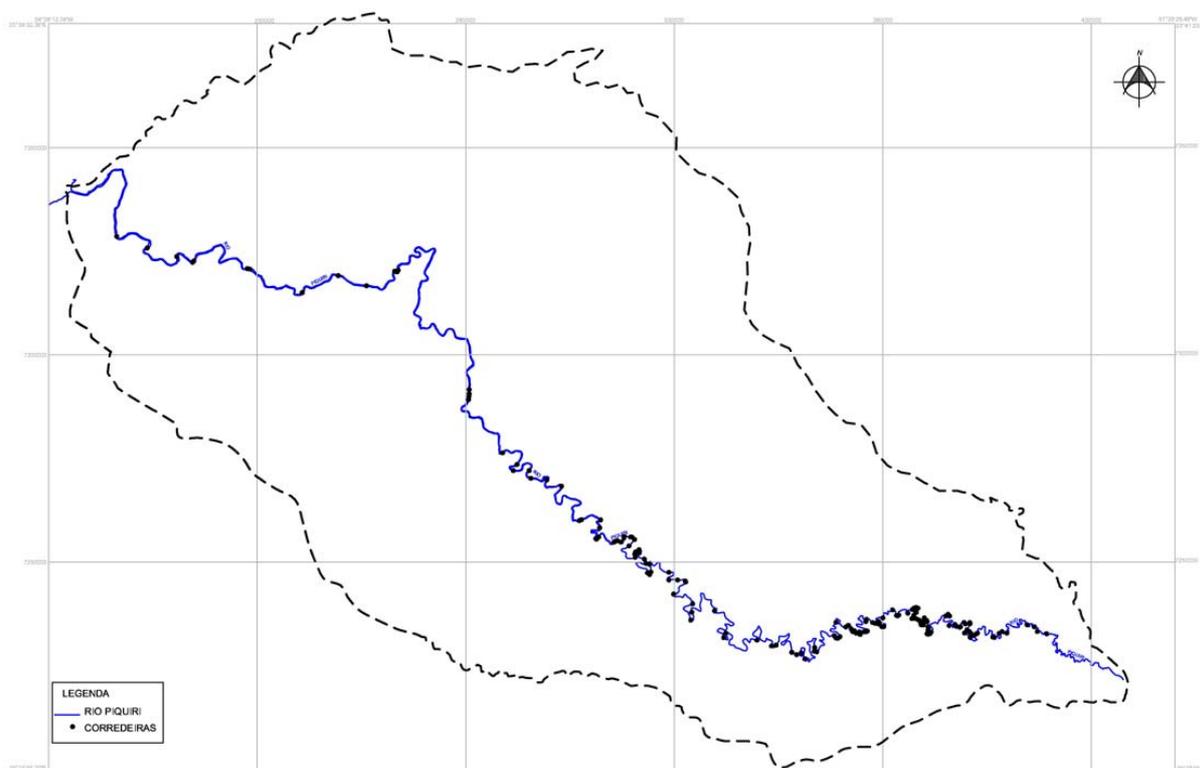


Figura 5.1.2.7.1 – Localização de quedas e corredeiras no rio Piquiri.

Através da metodologia empregada, foi possível identificar 175 cachoeiras e corredeiras no rio Piquiri, concentradas, principalmente, entre os pontos de amostragem 1 – Marquinho e 2 – Campina. No rio Piquiri, não se observa um padrão de variação relacionado com a presença das corredeiras e o efeito da turbulência, conforme se observa na tabela 5.1.2.7.1.

Tabela 5.1.2.7.1 – Variação de Oxigênio Dissolvido, Demanda Bioquímica de Oxigênio e Coliformes Fecais, nos períodos chuvoso e seco, nos quatro pontos de amostragem no rio Piquiri.

PARÂMETRO	PERÍODO	P1	P2	P3	P4
OD	Chuva	3,1	4,2	6,3	6,5
	Seca	7,31	8,29	8,75	8,12
DBO	Chuva	2,6	<2,0	<2,0	<2,0
	Seca	9,39	3,17	7,56	4,23
CF	Chuva	220	410	400	480
	Seca	165,2	1	144,5	53,1

No período chuvoso, observa-se um aumento nas concentrações de OD a jusante da maior concentração de corredeiras, mas esse padrão não se verifica no período seco.

Para DBO, os valores são similares em todos os pontos no período chuvoso. Já no período seco, observa-se uma drástica redução do ponto 1 para o ponto 2, uma grande elevação no ponto 3 e nova redução no ponto 4.

Em relação aos coliformes fecais, os maiores valores observados durante as chuvas foram no ponto 4 e os menores no ponto 1, enquanto que no período seco as maiores quantidades foram observadas nos pontos 1 e 3 e as menores nos pontos 2 e 4.

Esta ausência de um padrão de variação dificulta a análise da capacidade de autodepuração do rio, já que não se pode estabelecer uma relação entre a presença das corredeiras e as variáveis de qualidade da água. No entanto, a presença das corredeiras de maior porte entre os pontos de amostragem 1 e 2 e as maiores concentrações de OD observadas nos pontos 3 e 4, sugerem que o trecho médio-alto do rio Piquiri tem maior capacidade de autodepuração. Essa análise deve, no entanto, ser complementada com novos dados, específicos para os locais de interesse na instalação de empreendimentos hidrelétricos, quando da realização do Estudo de Impacto Ambiental.

#### 5.1.2.8 Conclusões

De forma geral, as águas do rio Piquiri apresentam boa qualidade e os parâmetros avaliados demonstram resultados compatíveis com a Classe 2, estando, portanto, de acordo com o que estabelece a Portaria SUREHMA nº 017/91 de 01 de Novembro de 1991, que enquadra os cursos d'água da Bacia do Rio Piquiri na classe 2, exceto aqueles utilizados para abastecimento público e seus afluentes, desde suas nascentes até a seção de captação, quando a área desta bacia de captação for menor ou igual a 50 km<sup>2</sup>, que neste caso são considerados classe 1.

Alguns parâmetros, no entanto, merecem destaque por terem apresentado resultados responsáveis pela redução do valor do IQA, sejam DBO (período seco) e OD (período chuvoso). À exceção desta peculiaridade, os demais parâmetros demonstram qualidade satisfatória das águas e uma certa homogeneidade entre os pontos analisados, além da evidente influência das precipitações. Um dos parâmetros fundamentais na análise da qualidade da água na bacia do rio Piquiri foi o fósforo, considerando os usos atuais das águas. Esta variável não apresentou violações à legislação, porém, elucida o maior aporte de nutrientes para as águas no período chuvoso. O cálculo do Índice de Estado Trófico

demonstrou que os ambientes estudados apresentam baixos graus de trofia, porém, no período chuvoso os valores observados foram maiores e indicam a necessidade de estudos mais detalhados anteriores à formação de futuros reservatórios. As análises limnológicas retratam o baixo grau de trofia das águas do rio Piquiri, principalmente no que se refere a organismos zooplanctônicos e bentônicos.

Embora existam na bacia atividades antrópicas potencialmente poluidoras, as águas do rio Piquiri não apresentam características de degradação, salvo pelas concentrações de matéria orgânica observadas no período seco. Além disso, o potencial de eutrofização das águas é baixo, considerando-se as concentrações de nutrientes observadas e a grande quantidade de corredeiras existentes, principalmente no trecho superior da bacia.

Em relação aos usos da água e os conflitos que podem causar, conclui-se que a pecuária é a atividade com maior potencial para a geração de conflitos, pois consome grandes vazões em toda a bacia, embora a geração de efluentes por este setor não seja muito significativa. Já os efluentes gerados no setor urbano apresentam vazões relevantes, e podem contribuir para a alteração da qualidade da água, devido às quantidades geradas e às suas características físico-químicas e biológicas e às baixas taxas de tratamento dos efluentes. Essas características podem gerar conflitos de uso com locais de captação para abastecimento público, dessedentação animal e recreação de contato primário.

Com base nas informações apresentadas, pode-se dizer que a qualidade da água no rio Piquiri não está comprometida em nenhum trecho, mas que sofre interferências dos usos em seu entorno, principalmente em períodos chuvosos, onde ocorre maior aporte de materiais alóctones para os corpos de água.