

# **Estudo de Caso: a comunidade macrobentônica como instrumento na avaliação da qualidade do submédio do São Francisco (PE e BA) e seu potencial para o biomonitoramento ambiental**

*Susana Trivinho-Strixino; Júlio Ferraz de Queiroz; Vera Maria do Nascimento; Cleir Ferraz Freire; Luiz Carlos Hermes; Aderaldo de Souza Silva e Luiz Gonzaga de Toledo*

Com a coordenação da Secretaria de Recursos Hídricos, do Ministério do Meio Ambiente, sob a responsabilidade da Embrapa Meio Ambiente foi desenvolvido o projeto ECOÁGUA que se propôs a monitorar a qualidade das águas para o desenvolvimento dos recursos hídricos da região semi-árida brasileira dentro do paradigma da sustentabilidade.

Nesse projeto, os estudos de qualidade ambiental aquática, utilizando macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores, foram desenvolvidos pelo CNPMA/EMBRAPA e CEPTA/IBAMA, com a orientação técnica e científica do Laboratório de Ecologia de Insetos Aquáticos e Macroinvertebrados Bentônicos da UFSCar. Ao CEPTA e à UFSCar foram atribuídas a coordenação científica e a execução, enquanto à Embrapa Meio Ambiente coube a coordenação técnica e o suporte financeiro.

Para as atividades de campo (amostragem e triagem de organismos), o Projeto contou com o apoio "*in loco*" da Divisão Regional da CHESF e da Bahia Pesca, em Sobradinho (BA). A lavagem do material coletado foi executada no Terminal Pesqueiro da Bahia Pesca, e a triagem dos organismos na residência dos hóspedes da CHESF, ambas em Sobradinho.

A identificação dos organismos coletados foi feita no Laboratório de Entomologia e Ecologia de Insetos Aquáticos do Departamento de Hidrobiologia da UFSCar. Para a identificação de Mollusca o Projeto contou com o apoio do Departamento de Zoologia da USP em Ribeirão Preto.

A água é um dos recursos preponderantes para a determinação da condição de vida das populações da região semi-árida nordestina. A qualidade da água desta região é influenciada essencialmente pelos despejos urbanos, pelas atividades mineiras e agro-industriais existentes ao longo dos diferentes recursos hídricos. O desenvolvimento rural e industrial dos últimos anos nas bacias hidrográficas localizadas na região Nordeste implica no uso de águas para consumo humano de qualidade inferior, ou com risco crescente de contaminação por metais e pesticidas (RODRIGUES et al., 2004). A necessidade de conhecer a qualidade e monitorar a poluição das águas superficiais prevê as seguintes prioridades: saúde humana, segurança e o bem estar da população, a biota, as condições sanitárias e a qualidade dos recursos ambientais.

A qualidade da água do Rio São Francisco depende essencialmente dos resíduos urbanos ribeirinhos, das atividades mineiras e agro-industriais existentes ao longo de seu percurso. O desenvolvimento rural e industrial dos últimos anos na bacia hidrográfica do São Francisco implica no uso de águas para irrigação e consumo humano de qualidade inferior, ou com risco crescente de contaminação por metais e pesticidas. Entre os principais problemas enfrentados destacam-se a baixa disponibilidade de água superficial, assoreamento dos cursos de água, drenagem deficiente, compactação, erosão e salinização dos solos, ocorrência de pragas e doenças, uso indiscriminado de agro-químicos, intoxicação de trabalhadores e resíduos em alimentos, estradas vicinais deficitárias, deficiência de energia elétrica e mão-de-obra qualificada, desmatamento das nascentes, disponibilidade e difusão deficientes de

tecnologias para sistemas agrícolas irrigados e baixa produtividade das culturas (RODRIGUES et al., 2004).

O hidropolo Petrolina-Juazeiro localiza-se no nordeste brasileiro compreendido entre as coordenadas 8958000 - 8961000 UTM e 333000 – 339000 UTM ou 09° 23' 45" S, 40° 27' 57" W e 09° 25' 22" S, 40° 31' 14" W, onde predomina o clima tropical semi-árido com temperaturas medianas a elevadas durante quase todo ano, com médias anuais variando entre 22° a 24° C e pela existência de duas estações bem distintas, uma seca e outra chuvosa, sem nenhum excesso hídrico, possuindo precipitação entre 400 e 800 mm de chuva, além de um regime sazonal de prolongados períodos de déficits de chuva, agravado pela irregularidade.

A ecorregião do semi-árido é caracterizada pela caatinga, formação vegetal arbóreo-arbustiva, caducifólia, de altura média e composição florística variável em relação ao balanço hídrico do solo e o nível de degradação.

A água é um recurso fundamental para a determinação da condição de vida das populações da região semi-árida nordestina. Entretanto, o nível sócio-econômico característico da região como um todo, em especial no que se refere à saúde e à educação, resulta em um padrão de exploração do meio ambiente freqüentemente além da capacidade de suporte, causando impactos negativos sobre a biodiversidade e sobre outros recursos naturais, que são a própria base de sobrevivência, gerando um ciclo vicioso de pobreza e degradação ambiental.

Um dos maiores problemas para a sobrevivência humana no semi-árido é a limitação da água no que se refere à qualidade, quantidade, distribuição espacial e permanência ou confiabilidade.

Nos períodos críticos de seca prolongada, obedecendo à lei da sobrevivência, a população flagelada degrada o meio ambiente, desenvolvendo atividades não adequadas aos recursos naturais disponíveis, tanto no desmatamento em busca de lenha, como no plantio de milho e feijão, com a esperança de uma chuva que não vem. Esgotadas outras possibilidades, a população rural “invade” as cidades em busca de sustento, mas, por não estarem qualificadas para o emprego urbano, acabam marginalizadas.

As atividades econômicas e sociais, baseadas em recursos hídricos oriundos de açudagem, demonstraram que não são uma solução permanente, haja vista que, em períodos mais longos de seca, tem-se que recorrer a ações emergenciais.

A qualidade da água do semi-árido depende essencialmente dos núcleos urbanos limítrofes aos grandes reservatórios (barragens, açudes, rios e lagos) e das atividades mineiras e agroindustriais ao longo dos seus limites. O desenvolvimento rural e industrial dos últimos anos nas bacias hidrográficas na região Nordeste implica no uso de água para consumo humano de qualidade inferiores ou com risco crescente de contaminação por metais pesados e pesticidas (RODRIGUES et al., 2004).

Os sistemas de produção intensivos atualmente adotados podem elevar os níveis de nitrato e de princípios ativos ou metabólicos resultantes da biodegradação de agrotóxicos, que por sua vez, podem comprometer a qualidade das águas superficiais e subterrâneas; podendo modificar a microflora do solo e alterar o ciclo de matéria orgânica. Os agroquímicos introduzidos ao ambiente por deriva durante o processo de aplicação, podem afetar a flora e a fauna nativas, o homem e os corpos hídricos.

Somada aos problemas decorrentes da implantação de sistemas produtivos industriais ou agrícolas, nota-se a falta de estudos e projetos que monitorem a qualidade das águas para fins agro-industriais e de abastecimento para consumo humano e animal em agroecossistemas estratégicos. Estes projetos devem propiciar um nível desejável de qualidade para o ambiente estudado e possibilitar o desenvolvimento de estratégias e medidas preventivas ou minimizadoras de prováveis impactos.

O estudo teve como objetivo avaliar a condição ambiental aquática do rio São Francisco na zona do hidropolo Petrolina-Juazeiro, utilizando macroinvertebrados bentônicos como indicadores biológicos. Para isso, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

1. Identificar os locais nos quais as fontes impactantes pudessem estar comprometendo a qualidade ambiental aquática.
2. Realizar coletas de macroinvertebrados bentônicos em diversos trechos do sistema e determinar os grupos mais representativos para orientar as coletas futuras.
3. Comparar os diferentes segmentos a montante e a jusante do hidropolo Petrolina-Juazeiro quanto à qualidade das águas do sistema.

O estabelecimento do plano de coletas e dos locais de amostragem foi definido após a análise exploratória preliminar realizada em diferentes trechos do rio e junto ao reservatório de Sobradinho. Com base nas considerações e recomendações apresentadas nessa primeira abordagem (QUEIROZ et al., 2000) optou-se pela concentração da análise da macrofauna bentônica no trecho do rio compreendido entre a barragem de Sobradinho e o segmento logo após as cidades de Petrolina (PE) e Juazeiro (BA).

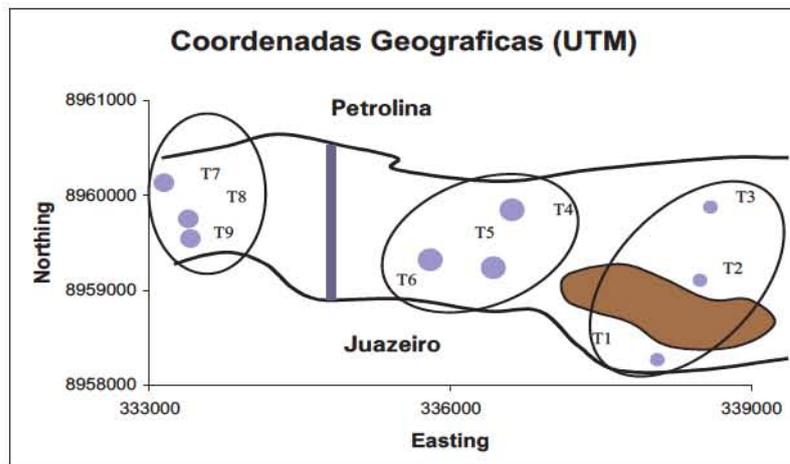
As expedições programadas de coletas de amostras no rio São Francisco, no trecho Petrolina-Juazeiro foram realizadas em dois períodos: novembro/ 2000 e agosto/ 2001. Foram escolhidos locais no Rio São Francisco que pudessem estar refletindo os impactos do entorno. Foram estabelecidos trechos de coleta desde a captação de água para abastecimento urbano e industrial, das cidades de Juazeiro e Petrolina, até a jusante destes centros urbanos, a fim de se identificar possíveis influências da urbanização e dos despejos provenientes desses centros na qualidade da água.

Desta forma, as coletas se realizaram em 9 pontos localizados em 3 segmentos do rio (Figs. 1 - 9):

- \* segmento 1: a jusante das cidades de Petrolina e Juazeiro , incluindo os trechos T1, T2 e T3;

- \* segmento 2: em frente às cidades de Petrolina e Juazeiro, com os pontos T4, T5 e T6;

- \* segmento 3: a jusante da barragem do Reservatório de Sobradinho, com os pontos T7, T8 e T9.



**Fig. 1.** Representação esquemática dos segmentos e dos pontos de coleta da fauna (T1 até T9). A mancha mais escura corresponde à localização de uma ilha fluvial logo abaixo das cidades de Petrolina e Juazeiro.



**Fig. 2.** Vista aérea do Rio São Francisco junto ao hidropolo Juazeiro-Petrolina.



**Fig. 3.** Localização do ponto T1 do segmento 1, na margem direita do rio São Francisco.



**Fig. 4.** Localização do ponto T3 do segmento 1 com detalhe da saída de esgoto na margem esquerda do rio São Francisco.



**Fig. 5.** Vista do segmento 2 e do trecho de amostragem junto à margem direita em frente a comunidade de pescadores de Juazeiro (BA) no rio São Francisco.



**Fig. 6.** Localização do trecho 5 de amostragem com detalhe do sedimento, na margem direita do rio São Francisco.



**Fig. 7.** Vista do trecho 6 de amostragem, na margem esquerda do rio São Francisco, a juzante da cidade de Petrolina (PE)

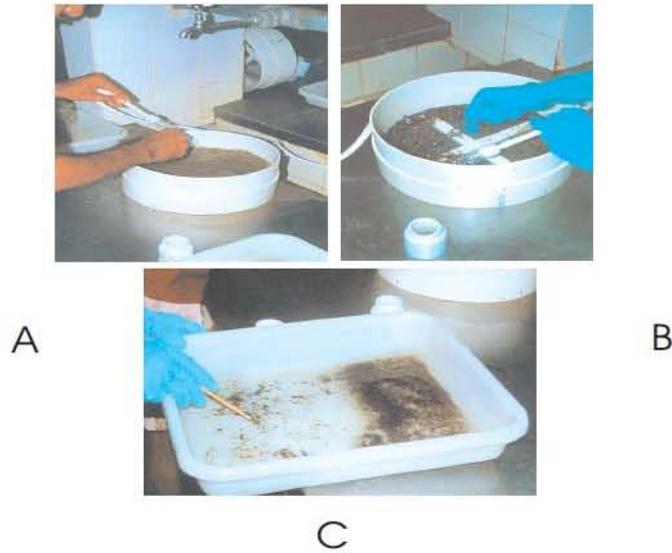


**Fig. 8.** Trecho 8 de amostragem, no rio São Francisco, com vista para o trecho 7.

As amostras foram coletadas com auxílio de draga tipo Ekman (Fig. 10), com área de 225cm<sup>2</sup>, exceto em pontos com substrato muito duro, quando se utilizou draga de arrasto. Em cada ponto foram retiradas, ao acaso, 7 unidades amostrais, totalizando 63 amostras por período. Estas amostras foram acondicionadas em sacos plásticos contendo água do local e transportadas logo em seguida para o laboratório e lavadas sob jatos d'água, em peneira com malha de 0,210 mm. O material retido na peneira foi triado utilizando-se bandejas plásticas transluminadas, e os exemplares retirados com pinças ou estiletos foram fixados em álcool a 70%, exceto Oligochaeta, previamente fixados com solução de formol 10% (Fig. 11).



**Fig. 9.** Coleta de amostras de sedimentos com uma draga tipo Ekman e determinação de algumas variáveis físico-químicas de qualidade de água com uma sonda multiparâmetros.



**Fig. 10.** Processamento das amostras (A), lavagem com peneira (B) e triagem dos organismos bentônicos (C).

Os macroinvertebrados foram identificados sob microscópio estereoscópico com o auxílio de literatura especializada (McCAFFERTY, 1981; BRINKHURST & MARCHESE, 1989; THORP & COVICH, 1991; TRIVINHO-STRIXINO & STRIXINO, 1995; MERRITT & CUMMINS, 1996) e estão depositados junto a coleção do Laboratório de Hidrobiologia da UFSCAR.

O sedimento coletado foi caracterizado principalmente quanto à sua textura (tamanho e tipo de partícula) e quanto à presença de detritos

orgânicos e de vegetação aquática submersa, viva ou em decomposição, através de observação visual. Embora tenham sido observadas pequenas diferenças nos dois períodos amostrados, os sedimentos do rio São Francisco, nos pontos de coleta, foram predominantemente arenoso-pedregosos, característicos de ambientes lóticos, com restos de vegetação de transição terrestre/aquáticas nas áreas próximas às margens (Tabela 1).

Seg.	Trechos	2000	2001
1	1	Argiloso fino	Argiloso fino
	2	Arenoso	Argilo-arenoso + restos vegetais +algas
	3	Arenoso coberto por Mollusca	Areia com pedras e macrófitas
2	4	Arenoso com pedras e seixos	Areia e macrófitas / Argila
	5	Arenoso com pedras e seixos	Argila + macrófitas / Argilo-arenoso / Argilo-arenoso + macrófitas / Areia
	6	Arenoso com Macrófitas	Areia
3	7	Arenoso com pedras esparsas, com algas filamentosas sobre as pedras	Arenoso com algas e argila
	8	Arenoso com pedras	Areia e argila com pedras / Areia e argila com seixos /
	9	Arenoso coberto por pedras	Areno-argiloso (com macrófitas e/ou pedras) / Pedregoso com areia

O inventário da qualidade da água na região semi-árida foi elaborado com o objetivo de fornecer informações adicionais das condições ambientais, as quais poderiam servir para complementar o diagnóstico faunístico.

O inventário físico e químico da água do Rio São Francisco, no trecho em questão foi realizado com auxílio de sonda multiparâmetros da marca YSI 6820, HORIBA U10 e multisensor HYDROLAB que permitiram a leitura direta em campo das seguintes variáveis: pH, oxigênio dissolvido (OD), nitrato (NIT), amônia (NH<sub>4</sub>), salinidade (SAL), condutividade elétrica (COND), sólidos totais dissolvidos (STD), temperatura (TEMP) e turbidez (TURB). Os resultados dessas análises são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Localização dos pontos e valores médios das principais variáveis físicas e químicas da água nos 3 segmentos do Rio São Francisco.

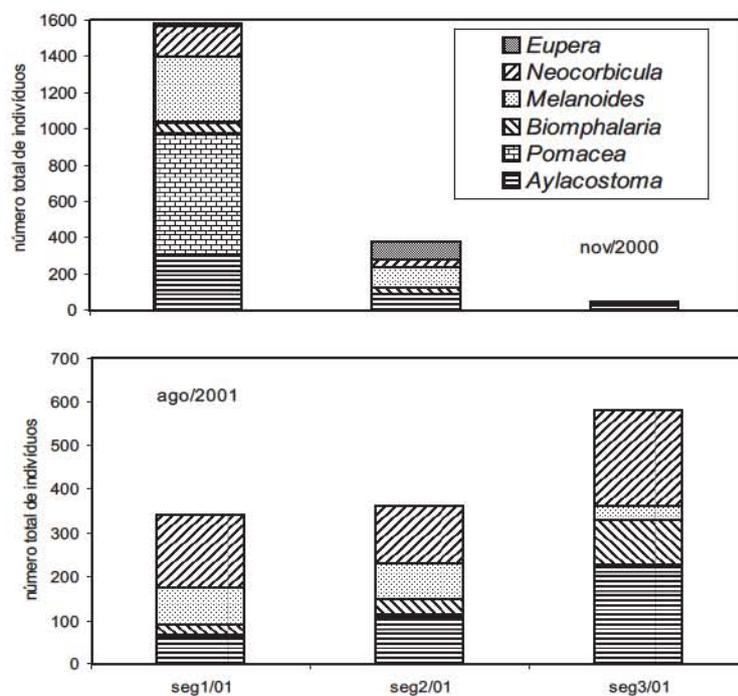
S	PTO	COND (mS.cm <sup>-1</sup> )	STD (g.L <sup>-1</sup> )	SAL (ppt)	OD (mg.L <sup>-1</sup> )	pH	Temp (°C)	NIT N(mg.L <sup>-1</sup> )	Amônia N(mg.L <sup>-1</sup> )	Latitude	Longitude
1	T 1	0,060	0,039	0,03	10,01	8,11	23,5	0,206	0,14	9 <sup>o</sup> 24'	40 <sup>o</sup> 28' 11,9"W
	T 2	0,057	0,037	0,03	9,00	7,81	22,4	0,164	0,106	9 <sup>o</sup> 24'	40 <sup>o</sup> 28' 15,5"W
	T 3	0,137	0,089	0,063	8,18	7,86	22,4	1,874	0,592	9 <sup>o</sup> 25'	40 <sup>o</sup> 28' 29,5"W
2	T 4	0,063	0,041	0,03	7,58	7,73	22,9	0,085	0,155	9 <sup>o</sup> 24'	40 <sup>o</sup> 29' 16,7"W
	T 5	0,058	0,038	0,03	8,99	7,99	23,3	0,094	0,129	9 <sup>o</sup> 24'	40 <sup>o</sup> 29' 43,6"W
	T 6	0,060	0,039	0,03	8,60	7,74	23,2	0,064	0,172	9 <sup>o</sup> 24'	40 <sup>o</sup> 29' 22,9"W
3	T 7	0,057	0,037	0,03	8,59	7,77	22,7	0,121	0,119	9 <sup>o</sup> 24'	40 <sup>o</sup> 31' 10,5"W
	T 8	0,057	0,037	0,03	8,23	7,70	22,4	0,102	0,14	9 <sup>o</sup> 24'	40 <sup>o</sup> 31' 2,6"W
	T 9	0,058	0,037	0,03	8,82	7,99	23,5	0,093	0,12	9 <sup>o</sup> 24'	40 <sup>o</sup> 31' 1,9"W

A homogeneidade dos resultados físico-químicos de qualidade de água ficou evidente quando se considera o rio São Francisco como um corpo de água de grande volume, uma vez que os mecanismos de depuração e mistura próprios deste rio dificultam visualizar as alterações da qualidade da água. Desta maneira, nota-se que nos pontos amostrados os parâmetros de qualidade de água sofreram pouca alteração no trecho estudado, sendo visível aumentos de condutividade, nitrato e amônia na margem direita próximo a Juazeiro, por influência de efluentes oriundos do curtume ali existente. Tanto os dados de nitrato e amônia coletados com a sonda como os analisados por métodos químicos mostraram-se alterados neste local, embora os dados da sonda foram mais elevados.

Após a identificação os macroinvertebrados foram enumerados e quantificados para a aplicação das métricas de avaliação faunística. Foram aplicadas as seguintes métricas, conforme sugestão de Resh & Jackson (1993), Washington (1984) e Thorne & Williams (1997): número total de indivíduos, número total de indivíduos excluindo os Moluscos, número total de famílias, número de famílias excluindo os Moluscos, riqueza de táxons, riqueza de EPT (nº famílias de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera), % de EPT (nº de indivíduos de EPT/ nº total de indivíduos), % Chironomidae, EPT/Chironomidae, % de táxons dominantes, % táxons dominantes excluídos os Moluscos, Índice de diversidade de Shannon, Índice de riqueza de Margalef e os índices bióticos BMWP (CALLISTO et al., 2001) e Belga (IBB) (TOMAN & STEINMAM, 1995).

Foram coletados 2260 macroinvertebrados na coleta de nov/2000 e 4438 na coleta de ago/2001. A listagem com os táxons coletados nos 3 segmentos do Rio São Francisco estão apresentados na tabela 3.

Da mesma forma que na expedição realizada em 1999, os Mollusca (Gastropoda e Bivalvia) predominaram na comunidade macrobentônica do trecho do Rio São Francisco analisado, particularmente na coleta realizada em nov./2000, quando participaram com aproximadamente 80% da fauna total coletada. Estes estiveram representados por espécies dos gêneros *Neocorbicula*, *Eupera*, *Melanoides*, *Biomphalaria*, *Pomacea* e *Aylacostoma* (Fig. 11).



**Fig. 11.** Distribuição numérica dos Gastropoda e Bivalvia (Mollusca) nos três segmentos do Rio São Francisco nos dois períodos de coleta.

**Tabela 3.** Listagem dos táxons de macroinvertebrados bentônicos coletados no médio São Francisco\*

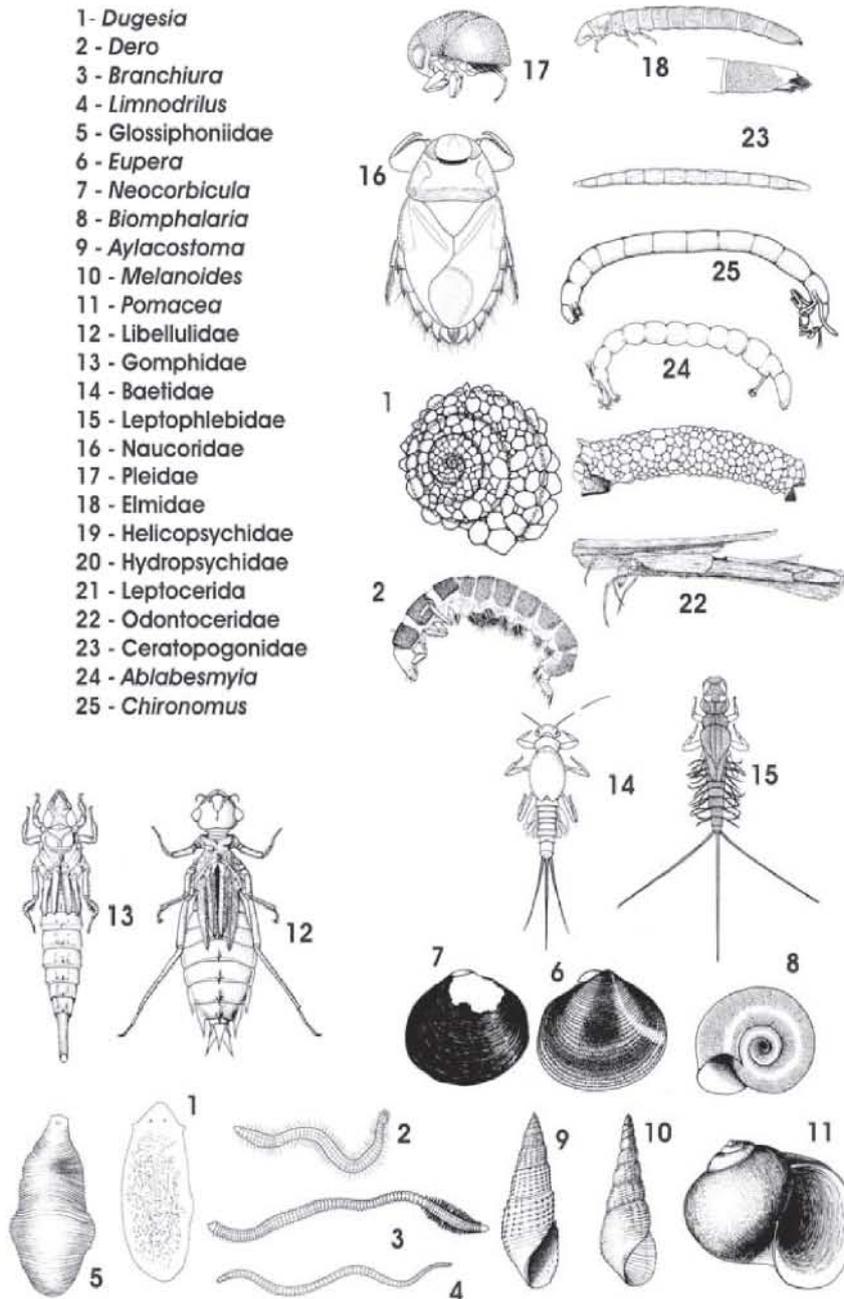
Táxons de macroinvertebrados do Rio São Francisco				Nov./2000			Ago./2001		
(trechos a jusante-1, junto à Petrolina e Juazeiro-2 e a montante - 3)				segmentos			segmentos		
Filos	Classes	Famílias	Gêneros	1	2	3	1	2	3
<b>Nemertinea</b>			<i>Prostoma</i>	-	-	-	-	+	-
<b>Platyhelminthes</b>	Turbellaria	Planariidae	<i>Dugesia</i> (1)	-	-	-	+	+	+
<b>Annelida</b>	Oligochaeta	Naididae	<i>Dero</i> (2)	+	+	-	-	+	-
			<i>Allonais</i>	+	+	+	-	+	+
			<i>Slavina</i>	+	-	-	-	-	-
	Tubificidae	<i>Branchiura</i> (3)	-	-	-	-	+	+	
		<i>Limnodrilus</i> (4)	+	-	-	+	+	-	
Aluroididae			-	+	-	-	+	-	
Hirudinea	Glossiphoniidae (5)			+	+	-	+	+	+
<b>Mollusca</b>	Bivalvia	Sphaeriidae	<i>Eupera</i> (6)	+	+	+	-	-	-
		Corbiculidae	<i>Neocorbicula</i> (6)	+	+	+	+	+	+
	Gastropoda	Planorbidae	<i>Biomphalaria</i> (8)	+	+	+	+	+	+
		Thiaridae	<i>Aylacostoma</i> (9)	+	+	+	+	+	+
			<i>Melanoides</i> (10)	+	+	-	+	+	+
Ampulariidae	<i>Pomacea</i> (11)	+	+	+	+	+	+		
<b>Insecta</b>	Odonata	Coenagrionidae		-	-	-	-	-	+
		Libellulidae (12)		+	+	+	-	-	+
		Gomphidae (13)		-	+	+	+	+	+
	Ephemeroptera	Baetidae (14)		-	+	+	-	-	-
		Caenidae		-	-	+	-	-	-
Leptophlebiidae (15)		-	-	+	+	-	+		

**Tabela 3.** Listagem dos táxons de macroinvertebrados bentônicos coletados no médio São Francisco\* (continuação)

Táxons de macroinvertebrados do Rio São Francisco				Nov./2000			Ago./2001			
(trechos a jusante-1, junto à Petrolina e Juazeiro-2 e a montante - 3)				segmentos			segmentos			
Filos	Classes	Famílias	Gêneros	1	2	3	1	2	3	
	Hemiptera	Belostomatidae		-	+	-	-	-	+	
		Naucoridae (16)		-	-	-	-	+	-	
		Pleidae (17)		-	+	+	-	-	-	
	Coleoptera	Elmidae (18)		-	-	+	-	+	+	
	Trichoptera	Helicopsychidae (19)		-	-	+	-	-	+	
		Hydropsychidae (20)		-	-	+	-	-	+	
		Leptoceridae (21)		-	+	+	-	-	+	
		Odontoceridae (22)		-	-	-	-	+	+	
	Diptera	Ceratopogonidae (23)		-	-	+	-	+	-	
		Chironomidae	<i>Ablabesmyia</i> (24)		-	-	-	+	+	+
			<i>Chironomus</i> (25)		-	-	-	+	-	-
			<i>Clinotanytus</i>		+	-	-	-	-	-
			<i>Coelotanytus</i>		+	+	-	-	-	+
			<i>Cricotopus</i>		-	+	+	+	+	-
			<i>Cryptochironomus</i>		+	+	-	+	-	-
			<i>Dicrotendipes</i>		-	+	-	+	+	-
			<i>Djalmabatista</i>		-	+	-	-	+	-
			<i>Fissimentum</i>		+	-	-	-	-	-
			<i>Lopescladius</i>		-	+	+	-	-	-
<i>Nilothauma</i>				-	-	+	-	-	-	
<i>Parachironomus</i>				+	-	-	-	-	-	
<i>Polypedilum</i>				+	-	-	+	+	+	
<i>Pseudochironomus</i>				-	-	-	-	-	-	
<i>Rheotanytarsus</i>			-	-	-	-	-	+		
<i>Tanytarsus</i>		-	-	-	+	-	-			
<i>Thienemanniella</i>		-	-	-	-	-	+			

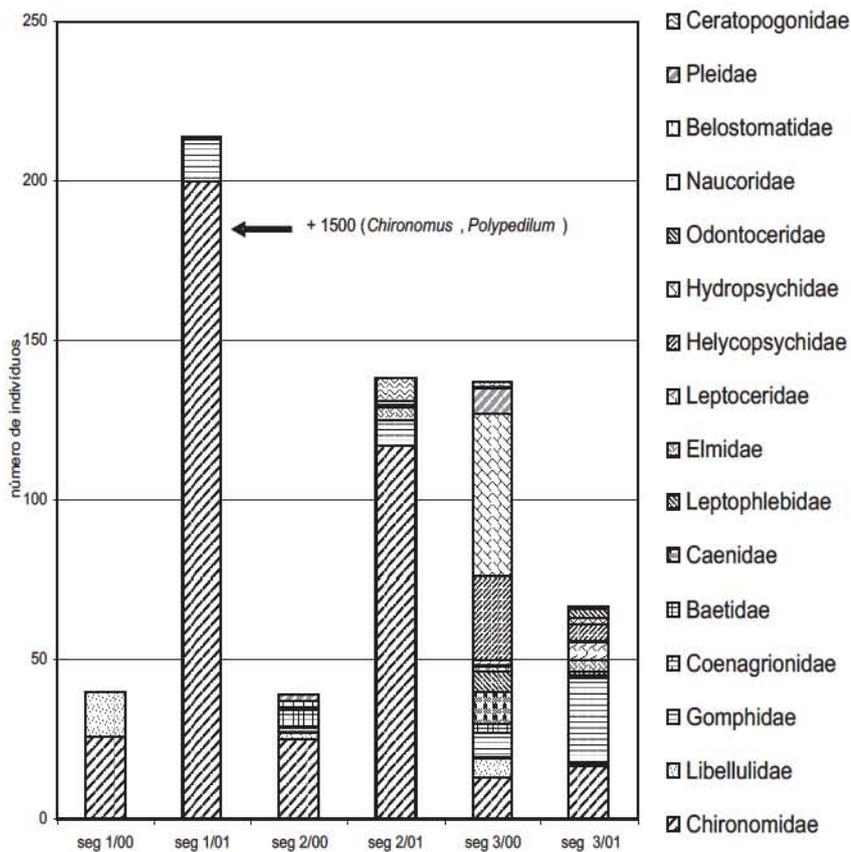
\*-os números entre parênteses correspondem às ilustrações da figura 12

- 1 - *Dugesia*
- 2 - *Dero*
- 3 - *Branchiura*
- 4 - *Limnodrilus*
- 5 - Glossiphoniidae
- 6 - *Eupera*
- 7 - *Neocorbicula*
- 8 - *Biomphalaria*
- 9 - *Aylacostoma*
- 10 - *Melanoides*
- 11 - *Pomacea*
- 12 - Libellulidae
- 13 - Gomphidae
- 14 - Baetidae
- 15 - Leptophlebiidae
- 16 - Naucoridae
- 17 - Pleidae
- 18 - Elmidae
- 19 - Helicopsychidae
- 20 - Hydropsychidae
- 21 - Leptocerida
- 22 - Odontoceridae
- 23 - Ceratopogonidae
- 24 - *Abiabesmyia*
- 25 - *Chironomus*



**Fig. 12.** Ilustrações de alguns dos macroinvertebrados bentônicos coletados no Rio São Francisco confeccionadas no Laboratório de Hidrobiologia da UFSCAR.

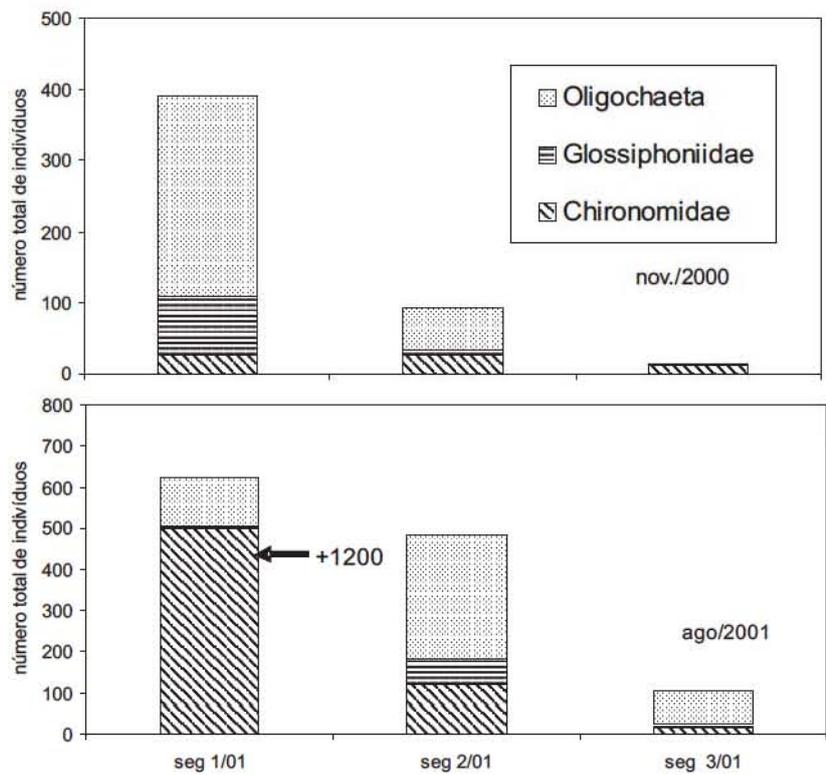
Os Insecta constituíram o grupo com maior diversidade faunística no trecho estudado, tendo contribuído com 19 famílias das quais Chironomidae (Diptera), Gomphidae, Libellulidae (Odonata), Helicopsychidae e Hydropsychidae (Trichoptera) foram as mais expressivas (Fig. 13). Digno de nota é a supremacia numérica de larvas de *Chironomus* e de *Polypedilum* ambas da família Chironomidae no ponto 1 do segmento 3 na coleta de 2001.



**Fig. 13.** Distribuição numérica das famílias de Insecta da comunidade macrobentônica nos três segmentos do Rio São Francisco coletados em novembro/2000 e agosto/2001.

Os demais grupos, com exceção de Annelida, tiveram baixa participação na comunidade. Estes últimos, especialmente Oligochaeta, podem ser indicativos, juntamente com Chironomidae (Diptera) das condições de trofia do sistema. Nota-se, como indica a Fig. 14, nítido gradiente numérico destes táxons no sentido jusante-montante no trecho analisado. Estes Oligochaeta estiveram representados pelas famílias Naididae, Alluroididae e Tubificidae, esta última com representantes como, por exemplo, *Limnodrilus* tolerantes à poluição orgânica. Os Hirudinea, outra classe de Annelida, estiveram representados pelas sangue-sugas da família Glossiphoniidae, também considerada moderadamente tolerante à poluição orgânica. A presença de determinados táxons de Chironomidae tolerantes, como espécies dos gêneros *Chironomus* e *Polypedilum* em várias amostras do segmento 1 próximo ao escoadouro de efluente de um curtume, foi responsável pela elevada densidade numérica dessa família nas coletas de ago/2001. Os demais táxons apresentaram-se em pequenas quantidades, com a tendência dos grupos mais sensíveis, como *Thienemanniella* da subfamília Orthoclaadiinae e *Rheotanytarsus* da Tribo Tanytarsini se concentrarem nos trechos mais a montante (segmento 3).

Com base no conjunto de métricas utilizadas na análise da comunidade macrobentônica foi possível ter um quadro avaliativo da qualidade biológica da água do Rio São Francisco nos 3 segmentos analisados durante as duas expedições (Tabela 4). Na tabela V estão apresentados as cores e valores atribuídos para a qualidade da água. Devido à dominância numérica de Mollusca, alguns dos índices mostraram valores não muito elevados. Todavia os valores de índices de diversidade de Shannon e Margalef, de dominância e equitatividade, como mostra a Fig. 15, indicaram uma discreta melhoria na qualidade biológica do sistema no sentido jusante-montante. No trecho a montante (segmento 3) nota-se, além disso, o domínio de algumas famílias de Trichoptera consideradas sensíveis, como Helycopsychidae, Leptoceridae e Odontoceridae, enquanto que nos demais segmentos dominaram os grupos tolerantes como Oligochaeta e alguns Chironomidae.

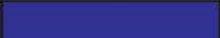


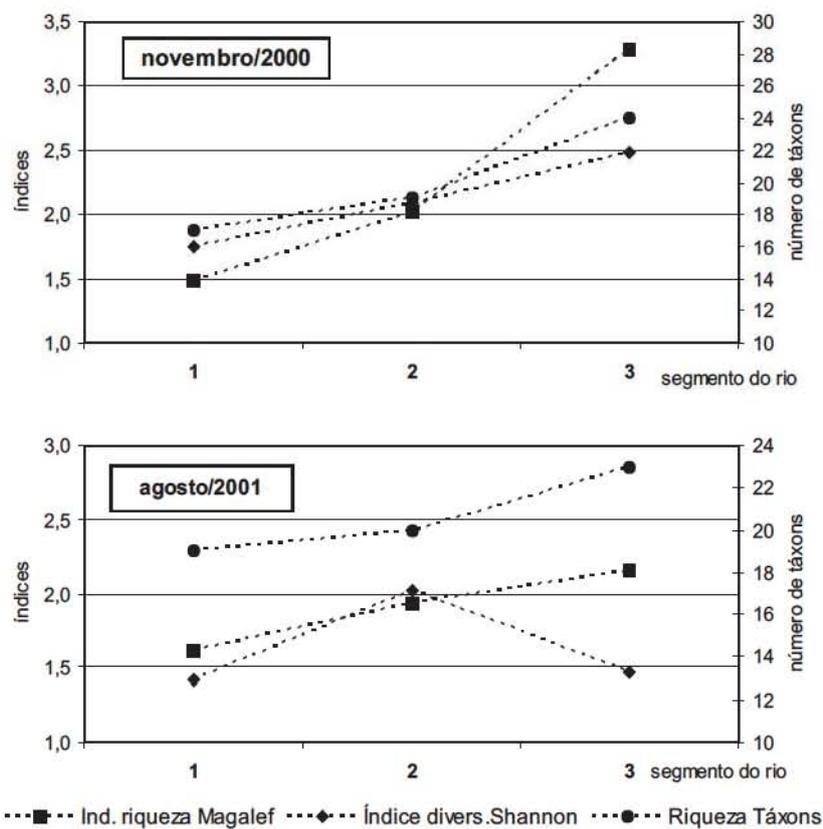
**Fig. 14.** Distribuição numérica de Chironomidae (Diptera), Glossiphoniidae e Oligochaeta (Annelida) nos três segmentos do Rio São Francisco nas coletas de nov./2000 e ago./2001.

**Tabela 4.** Sumário dos dados biológicos e das métricas aplicadas à comunidade macrobentônica nos 3 segmentos do Rio São Francisco.

	Nov.2000			Ago.2001		
	1	2	3	1	2	3
n° indiv.+ moluscos	1980	485	185	2344	916	1201
n° indiv. s/ moluscos	406	106	135	1997	506	151
n° família totais	10	15	18	11	16	19
n° famílias s/ moluscos	5	9	13	6	12	15
Riqueza de táxons	17	19	24	19	20	23
Índice de riqueza de Magalef	1,49	2,01	3,29	1,61	1,94	2,15
Riqueza de Magalef (s/ Moluscos)	2,16	3,21	3,05	1,44	2,69	3,56
Riqueza de EPT (n° famílias)	2	2	6	1	1	5
% EPT	0,5	5,7	72,6	0,05	0,2	11,3
% Chironomidae	6,4	23,6	8,1	93,2	24,3	11,3
EPT/Chironomidae	0,08	0,24	8,9	0	0	1
% táxons dominantes	72,0	46,0	57,0	92,0	58,8	60,2
Índice diversidade de Shannon	1,75	2,09	2,48	1,42	2,02	1,46
Divers. Shannon (s/ Moluscos)	0,78	0,83	0,90	0,44	0,90	0,90
Índice BMWP	33	49	77	29	49	87
Índice Biótico Belga (IBB)	6	7	8	6	7	9

**Tabela 5.** Quadro ilustrativo das cores e valores representativas da qualidade biológica da água

Qualidade da água	Cor indicativa (padrão)	H' Shannon	I <sub>Mg</sub> Margalef
Excelente			
Boa		>3	>3
Regular		2-3	1-3
Ruim		1-2	
Péssima		<1	<1



**Fig. 15.** Índices comunitários da macrofauna bentônica nos três segmentos do rio São Francisco nos dois períodos de coleta.

Como se pode depreender dos resultados apresentados há uma nítida mudança na estrutura da comunidade macrobentônica no sentido montante-jusante das cidades de Petrolina e Juazeiro. Esta mudança foi observada nos dois períodos de coletas. A montante dos municípios, na captação de água bruta, encontrou-se uma fauna característica de sistemas lóticos, principalmente com relação aos insetos adaptados a águas correntes e bem oxigenadas, como é o caso de algumas famílias de Trichoptera (Odontoceridae, Leptoceridae e Helicopsychidae) e Ephemeroptera (Leptophlebiidae). Uma quantidade relativamente alta de insetos foi gradativamente sendo substituída, aparecendo nos trechos a jusante, elevado número de moluscos e/ou outros organismos mais adaptados a ambientes lênticos, alguns inclusive, mais tolerantes à maior quantidade de material em suspensão e baixas concentrações de oxigênio, como é o caso das larvas de *Chironomus* e de *Limnodrilus*.

No segmento intermediário observou-se ligeiro aumento da diversidade de táxons, todavia a presença de alguns grupos que podem ser considerados como indicadores de ambientes com qualidade regular ou ruim como é o caso de Oligochaeta (Tubificidae) e Hirudinea (Glossiphoniidae), os quais embora tenham contribuído para o aumento da diversidade nesse trecho, são indicativos da modificação da qualidade da água resultante da influência dos municípios de Petrolina e Juazeiro.

No segmento mais a jusante dos centros urbanos observou-se aumento de sedimentação de argila e alta densidade de organismos tolerantes, Este fato, aliado aos baixos valores comunitários e bióticos obtidos nesse trecho, é indicativo da degradação ambiental do rio São Francisco provocada pelas fontes geradoras de poluição provenientes das cidades localizadas a montante do trecho.

Os insetos aquáticos são, em geral, considerados bons indicadores de qualidade ambiental de rios, pois muitos táxons são descritos como pouco tolerantes a enriquecimento orgânico e são destaque em índices bióticos de qualidade de água (ROSENBERG & RESH, 1996).

Das famílias descritas como sensíveis a enriquecimento orgânico, principalmente das ordens Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (EPT) observaram-se 4 famílias de Trichoptera (Hydropsychidae, Helycopsychidae, Odontoceridae e Leptoceridae) no segmento localizado a montante dos centros urbanos. Destas, apenas alguns táxons de Hydropsychidae podem ser observadas em trechos mais lentos e turvos e ligeiramente poluídos de sistemas lóticos, embora não tenham sido observados nos segmentos 1 e 2. As outras famílias de Trichoptera, que vivem, em geral, em tubos confeccionados com grãos de areia e fragmentos de folhas, costumam ser mais abundantes em trechos mais arenosos e de águas mais limpas (WIGGINS, 1987).

Merece destaque também a ocorrência, nos trechos com menor impacto, de representantes da família Leptophlebiidae (Ephemeroptera) descrita como sensível a enriquecimento orgânico.

Nos trechos localizados a jusante dos centros urbanos foram também coletados em maior número representantes das classes Oligochaeta e Hirudinea (Anellida), os quais possuem vários táxons descritos como tolerantes à poluição. Os primeiros, principalmente da família Tubificidae, possuem hemoglobina e conseguem graças à presença desse pigmento, viver no fundo de sistemas aquáticos quase desprovidos de oxigênio (LINDEGAARD, 1995).

Da mesma forma a substituição de táxons da subfamília Orthoclaadiinae por larvas mais ricas nesse pigmento respiratório, como é o caso de muitos Chironomini é indicativa da perda da qualidade ambiental aquática

no trecho a jusante dos centros urbanos de Petrolina e Juazeiro. A jusante dos centros urbanos, as elevadas densidades numéricas de organismos tolerantes ao enriquecimento orgânico, representados principalmente pelos gêneros *Limnodrilus* (Tubificidae), *Chironomus* e *Polypedilum* (Chironomidae) demonstram a baixa qualidade ambiental do trecho, principalmente nos pontos próximos aos despejos dos efluentes dos esgotos e do curtume.

Os índices baseados na comunidade bentônica calculados para os macroinvertebrados bentônicos confirmam as análises realizadas sob a ótica ecológica da comunidade residente nos sedimentos dos segmentos do Rio São Francisco. No segmento a jusante dos centros urbanos foram observados os piores resultados, com maior dominância, e menores diversidade, riqueza, e equitatividade.

No segmento mais próximo aos centros urbanos, pelos índices bióticos, é possível observar queda da riqueza taxonômica, revelando a impossibilidade de sobrevivência dos organismos menos tolerantes às condições menos favoráveis referente à baixa qualidade de água.

O segmento a montante dos centros urbanos obteve os melhores resultados nos índices comunitários. O elevado índice de dominância observado na última expedição, resultando na diminuição da equitatividade e da diversidade de Shannon, decorre da elevada densidade numérica de representantes do gênero *Neocorbicula*.

Como análise geral, é possível identificar as cidades como geradora de fontes de impacto sobre a fauna do rio, principalmente o beneficiamento de couro (curtume), já que nos locais de despejo dos efluentes resultantes dessa

atividade foram observadas as piores condições do sistema por ocasião das coletas.

Como resultado das expedições realizadas no trecho do Rio São Francisco entre as cidades de Juazeiro e Petrolina podem ser feitas os seguintes comentários:

A despeito do grande volume de amostras coletadas (mais de 150 unidades amostrais nos vários períodos) os resultados não foram tão promissores como se esperava. Mais de 50% dos macroinvertebrados coletados foram moluscos, dificultando a triagem e o diagnóstico ambiental.

Esses resultados serviram, porém para demonstrar que existem indicativos de impactos pontuais que puderam ser inferidos pela presença maciça de determinados grupos animais tolerantes à poluição orgânica, como é o caso das espécies de Quironomídeos dos gêneros *Chironomus* e *Polypedilum* no ponto T1 do segmento 1 localizado a jusante de Juazeiro, e em local próximo a despejos de efluentes orgânicos provenientes de curtume e de esgotos da cidade. Por outro lado, grupos mais sensíveis como, por exemplo, alguns Efemerópteros das famílias Leptophlebiidae e Baetidae e Tricópteros da família Helichopsychidae estiveram restritos a pontos do rio a montante das cidades, e em locais presumivelmente com baixo impacto antrópico.

Tanto os grupos sensíveis quanto os tolerantes poderão ser considerados sentinelas ambientais e assim poderão servir de referência para futuros programas de monitoramento ambiental (CALLISTO et al., 2001;

THORNE & WILLIAMS, 1997; ROSENBERG & RESH, 1993, 1996; LINDEGAARD, 1995).

Porém, tomando como base as informações obtidas no presente estudo pode-se recomendar um procedimento alternativo mais viável envolvendo menor esforço e possivelmente com resultados mais promissores:

- Avaliação e monitoramento ambiental utilizando como ferramenta armadilhas de espera com substrato artificial (ROSENBERG & RESH, 1982). “Cestos” contendo cascalho, ou outro substrato artificial, são mergulhados em locais selecionados (em diferentes situações de impacto) e aí permanecem por um período de no mínimo um mês. Durante esse período espera-se que sejam colonizados pelos macroinvertebrados das adjacências. A coleta dos cestos e a triagem é mais simples e os resultados podem ser mais rápidos. Pode-se inclusive elaborar um programa de procedimentos envolvendo a colocação e a retirada periódica dos cestos (por exemplo, a cada 3 meses) nas várias localidades escolhidas (locais impactados e não impactados). Embora as armadilhas com substrato artificial tenham o inconveniente de serem seletivas, o seu uso em diferentes locais uniformiza o tipo de substrato de tal forma que as diferenças poderão ser interpretadas como decorrentes de características ambientais locais (locais com ou sem ação antrópica, com poluição orgânica ou não, etc).

- Uma outra vertente de análise que poderia ser desenvolvida na região e que possivelmente poderia ter algum valor indicativo de impacto é utilizar os Moluscos como ferramenta para avaliação. Sabe-se que os Bivalvia, representados no rio principalmente pelo gênero *Neocorbicula*, por serem filtradores, podem apresentar processos de bioacumulação, ou seja, componentes exóticos como metais pesados ou pesticidas podem se acumular nas vísceras desses Moluscos. A análise de material de diferentes procedências poderia indicar quais localidades estão mais ou menos impactadas (MARTINCIE et al., 1984; HARRISON et al., 1984; BOLTOVSKOY et al., 1997). A presença

dessas substâncias exóticas pode também produzir efeitos deletérios nos Moluscos, originando deformidades em suas conchas. A taxa de deformidades também seria uma medida indicativa. Análises desse tipo, além de mais sofisticadas, possivelmente envolvam custos operacionais mais elevados. Todavia essa possibilidade de análise não deve ser desprezada, pois pode resultar em avaliações mais definitivas da influência de determinados agentes impactantes.

BOLTOVSKOY, D.; CORREA, N.; CATALDO, D.; STRIPEIKIS, J.; TUDINO, M. Environmental stress on *Corbicula fluminea* (Bivalvia) in the Paraná River delta (Argentina): complex pollution-related disruption of population structures. **Archiv für Hydrobiologie**, v.138, n. 4, p. 483-507, 1997.

BRINKHURST, R. O.; MARCHESI, M. R. **Guía para la identificación de oligoquetos acuáticos continentales de Sud y Centroamérica**. Santa Fé: Climax, 1989. 207 p.

CALLISTO, M.; MORETTI, M.; GOULART, M. Macroinvertebrados bentônicos como ferramenta para avaliar a saúde de riachos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 6, n. 1, p. 71-82, 2001.

HARRISON, F. L.; KNEZOVICH, J. P.; RICE, D. W. The toxicity of copper to the adult and early life stages of the freshwater clam, *Corbicula manilensis*. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 13, p. 85-92, 1984.

LINDEGAARD, C. The faunas response on human impacts in running waters with special reference to lowland conditions. In: TOMAN, M. J.; STEINMAN, F. (Ed.). **Biological assessment of streams water quality**. Ljubljana: University

of Ljubljana, 1995. p. 1-143.

MARTINCIE, D.; NURNBERG, H. W.; STOEPLER, M.; BRANICA, M. Bioaccumulation of heavy metals by bivalves from Lin Fjord (North Adriatic Sea). **Marine Biology**, v. 81, p. 177-188, 1984.

McCAFFERTY, W. P. **Aquatic entomology: the fishermens's and ecologists' illustrated guide to insects and their relatives**. Boston: Jones and Bartlett Publishers, 1981. 448 p.

MERRIT, R.; CUMMINS, K. **An introduction to the aquatic insects of North America**. 2. ed. New York: Kendall Hunt Publishing, 1996. 862 p.

QUEIROZ, J. F.; TRIVINHO-STRIXINO, S.; NASCIMENTO, V. M. C. **Organismos bentônicos bioindicadores da qualidade das águas da bacia do médio São Francisco**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. 4 p. (Embrapa Meio Ambiente. Comunicado Técnico, 3).

RESH, V. H.; JACKSON, J. K. Rapid assesment approaches to biomonitoring using benthic macroinvertebrates. In: ROSENBERG, D. M.; RESH, V. H. (Ed.). **Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates**. New York: Chapman and Hall, 1993. p. 195-233.

RODRIGUES, G. S.; SILVA, A. de S.; BUSCHINELLI, C.C. de A.; ROSSO, C.R. de; CARBINATTO, M.L.; SOUZA, T. de; MORICONI, W.; PAIVA, W.F. **Diagnóstico ambiental das fontes pontuais de poluição das águas nas bacias hidrográficas do norte de Minas e do submédio São Francisco**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004. 43p. (Embrapa Meio Ambiente. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento; 23).

ROSENBERG, D. M.; RESH, V. H. The use of artificial substrate in study of freshwater benthic macroinvertebrates. In: CAIRNS, J. **Artificial substrate**.