

**Escola Superior de Ciências da Saúde - ESA  
Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia e Recursos Naturais da  
Amazônia- MBT**

**ANÁLISE DOS NÍVEIS DE METAIS POTENCIALMENTE TÓXICOS E  
ANÁLISE MICROBIOLÓGICA NAS ÁGUAS DA BACIA DO EDUCANDOS  
(MANAUS - AM)**

**MAURÍCIO BRITO DA SILVA**

MANAUS  
AGOSTO/2010

**Escola Superior de Ciências da Saúde - ESA  
Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia e Recursos Naturais da  
Amazônia- MBT**

**ANÁLISE DOS NÍVEIS DE METAIS POTENCIALMENTE TÓXICOS E  
ANÁLISE MICROBIOLÓGICA NAS ÁGUAS DA BACIA DO EDUCANDOS  
(MANAUS - AM)**

**MAURÍCIO BRITO DA SILVA**

Dissertação de mestrado apresentada, como requisito parcial, no Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia e Recursos Naturais da Escola Superior de Ciências da Saúde da Universidade Estadual do Amazonas para obtenção do título de Mestre em Biotecnologia e Recursos Naturais.

Orientador: Prof. Dr. Genilson Pereira Santana

Co-orientador: Prof. Dr. Aldo Rodrigues Procópio de Lima

MANAUS  
2010

### ***Dedicatória***

*Dedico esta dissertação a minha esposa Maria de Fátima Batista de Brito e aos meus filhos Michael Philippe Batista de Brito e Aleksandr Martin Batista de Brito, por todo amor e compreensão durante este período, além do apoio que foi essencial para a conclusão deste trabalho.*

## **Agradecimentos**

Ao orientador prof. Dr. Genilson Pereira Santana, pelo apoio, incentivo, paciência, profissionalismo e dedicação a mim dispensados.

Ao co-orientador prof. Dr. Aldo Rodrigues Procópio de Lima pelas contribuições neste trabalho.

Ao Prof. Dr. Ademir de Souza Castro pelas contribuições neste trabalho.

Ao Prof. Dr. Jorge Luiz Lozano pelas dicas sempre construtivas no trabalho e na vida.

À Prof<sup>a</sup>. Dra Helena Camarão pelos ensinamentos.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia e Recursos Naturais, pelos conhecimentos transmitidos.

À UEA pela oportunidade de realizar este trabalho.

À Universidade Federal do Amazonas em especial, ao Laboratório da Química Analítica, pela infra-estrutura oferecida, o que tornou possível a realização das análises químicas dos metais potencialmente tóxicos.

Ao amigo professor Mauro Pio, pela sua contribuição e ajuda na organização do trabalho.

Aos meus colegas de mestrado, que além de colegas se tornaram amigos. Obrigado pelo apoio, pela compreensão, pelo companheirismo de todas as horas.

Aos amigos Wamber, Erasmo e João Vitor do laboratório de química da Universidade Federal do Amazonas, pela contribuição na leitura dos elementos no espectrofotômetro de absorção atômica.

Às colegas Cecília, Tâmara sempre presente nos momentos importantes pelo entusiasmo e companheirismo.

Às amigas, Mirian dos Santos e Socorro, pelos incentivos desde o início deste curso.

A Deus sem ele, não teria conseguido superar os obstáculos.

Enfim, a todos que, direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

## RESUMO

A presente dissertação visou verificar por meio de parâmetros físico-químicos e microbiológicos o comprometimento da bacia do Educandos devido ao lançamento inadequado de resíduos (líquidos e sólidos) provenientes de esgotos domésticos e despejos industriais. Nesse sentido, amostras de águas em diversos pontos da bacia foram coletadas, utilizando como critério o período sazonal nas estações chuvosa (mai/2009) e seca (out/2009) em 25 locais ao longo da bacia do Educandos. Nas amostras de água coletadas foram determinados os valores de pH, condutividade elétrica e a concentração de Cu, Cd, Cr, Co, Hg, Zn, Pb e Ni. Os valores de pH e condutividade elétrica foram obtidos em campo, e dos metais por espectrometria de absorção atômica em chama de ar/acetileno e gerador de hidretos. Nas análises microbiológicas, os resultados apresentaram altos índices de coliformes fecais nos pontos de coleta analisados. Os resultados mostram que na estação seca os problemas de poluição das águas ficam mais evidenciados, principalmente nos pontos próximos aos despejos de efluentes industriais e esgotos domésticos. Nessas regiões os valores encontrados ultrapassam àqueles permitidos pelo CONAMA, por exemplo, nas águas existe quantidade de coliformes muito acima 1000.

**Palavras-chave:** Microbiologia ambiental, Esgoto doméstico, Efluente industrial, Metal pesado, FAAS.

## **ABSTRACT**

This work aimed to verify by physical-chemical and microbiological commitment basin Pupils due to inadequate release of waste (liquid and solid) from domestic sewage and industrial waste. Accordingly, water samples in various parts of the basin were collected, using as a criterion for the rainy season period (May/2009) and dry (out/2009) at 25 sites along the basin of Pupils. In the water samples were determined for pH, electrical conductivity and the concentration of Cu, Cd, Cr, Co, Hg, Zn, Pb and Ni. The pH and electrical conductivity were obtained in the field, and metals by atomic absorption spectrometry flame air / acetylene and hydride generator. Microbiological analysis, the results showed high levels of fecal coliform in the collection points analyzed. The results show that in the dry season the water pollution problems become more evident, especially at points close to dumping of industrial effluents and domestic sewage. In these regions the values found exceed those permitted by CONAMA, for example, exists in the waters far above the amount of coliform 1000.

Keywords: environmental microbiology, domestic sewage, industrial effluent, heavy metal, FAAS.

## SUMÁRIO

### CONTEÚDO

1. Introdução .....	1
2. Objetivos .....	3
2.1. Geral.....	3
2.2. Específicos .....	3
3. Revisão Bibliográfica .....	4
3.1. A bacia Amazônica .....	4
3.2. Os metais potencialmente tóxicos e seus efeitos .....	11
3.3. Microbiologia ambiental .....	16
4. Área de Estudo.....	22
4.1. Bacia hidrográfica do Educandos.....	24
4.2. Característica da Bacia durante a coleta.....	28
5. Materiais e Métodos .....	30
5.1. Preparação das Amostras.....	31
5.2. Determinação da Concentração dos MPT .....	33
5.3. Lavagem e Esterilização das Vidrarias .....	33
5.4. Análises Multivariadas (HCA e PCA) .....	33
5.5. Microbiologia aquática .....	34
6. Resultados e Discussão.....	35
6.1. Tratamento Estatístico .....	40
7. Conclusões.....	45
8. Referências Bibliográficas.....	46
9. Glossário.....	56
10. Abreviaturas.....	58

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Caracterização da Região Hidrográfica Amazônica. FONTE: Caderno da Região Hidrográfica Amazônica, 2006.....	6
Figura 2 - Localização das bacias hidrográficas que drenam a cidade de Manaus (Fonte: IPAAM, 2003). .....	23
Figura 3 - Exemplos de materiais transportados pelos igarapés da bacia do Educandos, destacam-se garrafas PET, isopores, latas, etc. ....	28
Figura 4 - Momento de despejo de substância orgânica no IG40, região do PIM.....	29
Figura 5 - IGA. do 40 próximo da Av. Manaus 2000 PIM às margens de uma comunidade que habita o igarapé em palafitas sem saneamento básico.....	29
Figura 6 - Localização dos pontos de coleta na bacia do Educandos. ....	31
Figura 7 - Variação do valor de pH durante as coletas realizadas na bacia do Educandos em 2009.....	36
Figura 8 - Variação da condutividade durante as coleta.....	38
Figura 9 - Dendrograma referente às concentrações dos metais pesados, primeira e segunda coleta no ciclo hidrológico de 2009.....	41
Figura 10 - Gráfico de PC-load e distribuição em função do PC1 e PC2 dos MPT no período da cheia nas águas da bacia do Educandos, durante ciclo hidrológico de 2009. ....	42
Figura 11 - Gráfico das Componentes Principais em relação às concentrações dos metais pesados no período da seca nas águas da bacia do Educandos, durante ciclo hidrológico de 2009. ....	44

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tipologia das águas amazônicas e suas principais características .....	9
Tabela 2 - Principais poluentes encontrados nos despejos industriais não tratados ...	12
Tabela 3 - Valores permitidos de MPT ( $\text{mg L}^{-1}$ ) na água para o consumo humano, por algumas agências regulamentadoras.....	15
Tabela 4 - Principais microorganismos de interesse dentre os parâmetros biológicos	19
Tabela 5 - Resultados de alguns trabalhos realizados no Igarapé do Quarenta.....	25
Tabela 6 - Fontes antrópica e efeitos à saúde dos MPT nas águas da bacia do Educandos.....	27
Tabela 7 - Descrição dos pontos de coletas. ....	32
Tabela 8 - Média e desvio padrão dos MPT das amostras de água, nos período da cheia e seca determinada por FAAS.....	39

## 1. Introdução

O aumento populacional e das atividades industriais contribuíram para o agravamento dos problemas ambientais. Relatos de despejos de toneladas de resíduos em córregos, igarapés, rios e mares são freqüentes em todo o mundo. A gravidade dos problemas oriundos desta prática despertou a sociedade tornando-a mais consciente e interessada nas questões ambientais (TIBURTIUS *et al.*, 2004).

Talvez a maior preocupação para o século XXI seja a água, pois a sua poluição se processa em ritmo assustador. O número de compostos nocivos lançados nos sistemas aquáticos é altíssimo, principalmente aqueles de origem urbana e industrial (KOOGAN e HOUAISS, 2000).

Os efeitos das alterações das condições naturais de um ambiente aquático são maiores e preocupantes em cidades como Manaus, que possuem rica flora e fauna, além de ser cercadas por rios e igarapés afluentes do rio Negro. Os igarapés começaram a sofrer impactos ambientais a com a urbanização e modernização da cidade a partir da metade do século XIX. Os problemas de contaminação aumentaram com a criação do Pólo Industrial de Manaus (PIM) em 1967.

A perspectiva de aumento da renda familiar induziu o fluxo migratório de todas as partes do Brasil, para a cidade de Manaus o que resultou na expansão da ocupação urbana de maneira desordenada. Dentre as áreas mais ocupadas encontram-se aquelas localizadas as margens do rio Negro e bacias hidrográficas, principalmente a do Educandos e São Raimundo (VALLE, 1999).

Infelizmente, as políticas governamentais aplicadas no Brasil avaliam superficialmente os efeitos da poluição sobre os recursos hídricos. Fatores como ausência de aplicação da legislação ambiental, desarticulação dos órgãos de fiscalização entre outros foram fundamentais para as condições drásticas de poluição encontradas no sistema aquático de Manaus (CLETO FILHO, 1998).

Por servir de escoamento de rejeitos, industriais e urbanos, a bacia do Educandos é a que se encontra mais degradada (GEOMANAUS, 2002). Dentre os problemas ambientais encontrados nessa bacia hidrográfica, encontra-se a eutrofização e altos níveis de metais potencialmente tóxicos (MPT), fatores que diminuem consideravelmente a qualidade das águas (MELO *et al.*, 2005).

Essa condição de degradação coloca em risco a saúde da população que convive com uma água de baixa qualidade. Infelizmente, diversas substâncias químicas identificadas nas águas da bacia do Educandos podem causar doenças, como câncer, doenças de Wilson, doenças neurológicas etc. Por causa disso, nesta dissertação os MPT foram determinados ao longo de toda a bacia do Educandos como forma de estabelecer os índices de poluição.

## **2. Objetivos**

### **2.1. Geral**

Estudar as características físico-químicas e microbiológicas do sistema hídrico da bacia do Educandos notadamente a presença de MPT e microorganismos.

### **2.2. Específicos**

- Verificar a influência dos MPT nas águas da bacia do Educandos como forma de estabelecer indicadores de qualidade do sistema hídrico;
- Identificar as áreas de impacto ambiental das águas que compõe a bacia do Educandos;
- Avaliar os microorganismos patogênicos dos Igarapés da bacia do Educandos.

### **3. Revisão Bibliográfica**

#### **3.1. A bacia Amazônica**

A bacia Amazônica, formada pelo rio Amazonas e seus afluentes, cobre quase 90% das terras da Região Norte. A maior bacia hidrográfica do planeta tem a sua vertente delimitada pelos divisores de água da cordilheira dos Andes, pelo planalto das Guianas e pelo planalto Central. Com uma área total de aproximadamente 7 milhões de km<sup>2</sup>, é considerada a mais extensa bacia hidrográfica do planeta e a maior em volume de água.

Drena aproximadamente 1/4 da área da América do Sul, escoando cerca de 1/5 da água doce do planeta. Além da Região Norte do Brasil, abrange terras da região Centro-Oeste e de outros seis países da América do Sul: Bolívia, Colômbia, Equador, Guiana, Peru e Venezuela. No Brasil, a área ocupada por essa bacia é de quase 4 milhões Km<sup>2</sup>. Envolve todo o conjunto de recursos hídricos que convergem para o rio Amazonas, faz parte da região hidrográfica do Amazonas, uma das doze regiões hidrográficas do território brasileiro (DE CARVALHO, 2001).

A Região Hidrográfica Amazônica, a mais extensa rede hidrográfica do globo terrestre, está localizada entre 5° de latitude norte e 20° de latitude sul, se estendem desde as nascentes nos Andes Peruanos até a sua foz no Oceano Atlântico, tem de participação em sua área total, no Brasil 64,88% do seu território (FREITAS, 2003).

Ela também abrange a Colômbia (16,14%), Bolívia (15,61%), Equador (2,31%), Guiana (1,35%), Peru (0,60%) e Venezuela (0,11%). Na porção brasileira, possui uma área compartilhada por sete estados, incluindo 100% dos territórios do Acre, Amazonas, Rondônia, Roraima e Amapá, 76,2% do Pará e 67,8% do Mato Grosso (ANA, 2003).

Encontra-se na bacia o maior arquipélago fluvial do mundo, o Mariuá, com mais de 700 ilhas, localizado no rio Negro, próximo ao município de Bacelos. Inclui o maior conjunto de rios do planeta, aproximadamente 1700, mais do que em toda a Europa; a maior reserva biológica inundada do planeta (Mamirauá) foz do rio Amazonas; a maior ilha flúvio-marinha do planeta (ilha de Marajó), com mais de 50.000 Km<sup>2</sup>; e o maior rio do mundo (rio Amazonas), tanto em volume de água quanto em extensão (FILIZOLA *et al.*, 2002).

A hidrografia da região Amazônica apresenta, além do curso principal, o rio Solimões/Amazonas, com dimensões únicas no globo (7.100 km) da nascente até a foz e a maior descarga de água doce lançada aos oceanos, e grandes tributários. Assim, um vasto e denso conjunto de rios e cursos de água de menor extensão e volume, destaca-se, pela margem direita, os rios Javari, Juruá, Purús, Madeira, Tapajós e Xingu e, pela margem esquerda, os rios Japurá, Negro, Uatumã, Nhamundá, Trombetas e Jarí (**Figura 1**).

Localizada no norte da América do Sul, a Bacia do Amazonas, além de abrigar o sistema fluvial mais extenso e de maior massa líquida da terra, é coberta pela maior floresta fluvial tropical (SIOLI, 1991).

O Estado do Amazonas é dividido pela linha do Equador e apresenta um clima equatorial quente e úmido, e também sofre a influência da grande bacia hidrográfica, do processo evapotranspiração e da zona de convergência

Intertropical, que resulta uma umidade relativa em torno de 80% e até 99%. Nos meses de setembro e outubro a temperatura pode alcança entre 40-42 °C, enquanto que entre julho a agosto as temperaturas são mais amenas, não sendo inferiores a média de 22 °C.



Figura 1 – Caracterização da Região Hidrográfica Amazônica.

FONTE: CRHA, 2006.

O Amazonas está localizado em uma das zonas de maior pluviosidade brasileira, tendo na porção ocidental, índices superiores a 2.700 mm ano<sup>-1</sup>. Em certos períodos, a precipitação pluviométrica pode ser de tal ordem que o escoamento natural não é capaz de impedir o acúmulo de consideráveis volumes de águas, provocando enchentes nos rios da região (DE CARVALHO, 2001).

A variação sazonal ocorre durante os meses de março a junho ao norte do Equador e de dezembro a março no hemisfério sul. De maneira geral, a região amazônica é caracterizada por chuvas intensas ao longo do ano, sem uma clara identificação de uma estação seca e chuvosa (SALATI e MARQUES,

1984). Confirmando essa observação, os termos estação chuvosa e seca não são capazes de dar verdadeiras idéias.

A estação chuvosa seria mais bem caracterizada como um período de dilúvio, e a estação seca coincidem, na região do curso inferior do Amazonas, no máximo com uma estiagem temporária. Já no curso médio, semanas sem chuva são raras, e mais perto da Cordilheira dos Andes, também, durante a estação seca, não se passa quase nenhum dia sem que haja pelo menos alguma chuva de curta duração, às vezes, de caráter torrencial (MOLINIER *et al.*, 1994; JUNK e FURCCH, 1995).

A época de chuva se inicia na parte sul da bacia, atingindo a parte norte alguns meses depois (JUNK, 1995). Resultados do Projeto HIBAM, mostraram que a variabilidade sazonal está relacionada aos regimes climáticos (MOLINIER *et al.*, 1994).

A flutuação pronunciada do nível das águas dos rios provoca inundações periódicas e previsíveis, que Junk *et al.* (1989) definiram como pulso de inundação, ou seja, as grandes variações dos níveis das águas, entre 8 a 15 m, entre as estações chuvosas e secas, num processo quase contínuo de subida e descida das águas. São determinadas quatro fases distintas, a saber:

- Enchentes: fase mais duradoura, entre dezembro e abril;
- Cheia: fase de duração curta, entre maio e junho;
- Vazante: fase intermediária de duração, entre julho a setembro;
- Seca: fase curta, entre outubro e novembro.

Considerando a grande dimensão e os diversos gradientes geográficos que fazem parte da bacia, resulta que essas fases ou estações se dão em

momentos distintos ao longo de sua área de abrangência (DOS SANTOS, 2005).

Na Amazônia ao longo dos anos a paisagem foi sendo modificada por estruturas que contribuíram para a formação dos ambientes aquáticos e a produção de seu ecossistema (BARTHEM e FABRÉ, 2004). As estruturas são:

- Cordilheira dos Andes;
- Escudos Cristalinos, da Guiana, ao norte, e do Brasil, ao sul;
- Planície Sedimentar, na porção central (IBGE, 2008).

Os rios foram classificados em três tipos: rios de águas brancas (barrentas), rios de águas pretas (marrons) e rios de águas claras (transparentes), com características bem distintas (**Tabela 1**).

Rios de “águas brancas” são rios que apresentam maior turbidez. A transparência da água (disco de Secchi) varia aproximadamente 0,10-0,50 m. Tem coloração em várias matrizes de ocre, com quantidade de eletrólitos relativamente alta e pH praticamente neutro, variando de 6,2 a 7,2. Predominantemente, são grandes rios de origem Andina e Pré-Andina, onde os processos erosivos são intensos devido à formação montanhosa recente, cerca de 15 milhões de anos. Possuem alto teor de sedimentos em suspensão e alta concentração de sais minerais (SIOLI, 1984).

Tabela 1 – Tipologia das águas amazônicas e suas principais características

PARÂMETROS	TIPOS DE ÁGUA		
	Branças	Pretas	Claras
Cor	Ocre	Marrom-oliva	Verde ou verde-oliva
Transparência ao disco de Secchi	0,1 a 1,0 m	1,3 a 2,9 m	1,1 a 4,3 m
Geomorfologia/origem	Encosta de montanhas, Região Andina ou pré-andina	Relevo Plano da superfície da terra (Arqueano)	Relevo Plano dos Escudos brasileiro e das Guianas
Sedimentos (g/L)	0,08 a 0,40	-	0,02 a 0,1
Material em suspensão (mg/L)	>100	<10	<100
Substâncias húmicas (mg/L)	14.1	26.6	23
pH	6,2 a 7,2	3,8 a 4,9	4,5 a 7,8
Nutrientes inorgânicos	Rica	Pobre	Variável
Cobertura vegetal	Várzea e campo de várzea	Caatingas e igapós	Igapós e campos de cerrado
Exemplos de rios	Amazonas, Madeira, Juruá, Purus, Solimões	Negro, Uatumã, Urubu	Jutaí, Araguaí, Jarí, Xingu, Trombetas, Tapajós

Fonte: Caderno da região geográfica amazônica/MMA, 2006; SIOLI, 1984; IRION, 1984; SCHMIDT, 1972; JUNK, 1984; FURCH, 1984.

A transparência de rios de “águas pretas” varia entre 1,5 a 2,5 m (SIOLI, 1991). São originados em solos podzólicos, cuja origem geológica está relacionada a sedimentos Terciários e do Pleistoceno (KLINGE, 1967). São águas ácidas com valores de pH variando entre 4 e 5, e pobres em eletrólitos, apresentam fraco processo de erosão que é reduzido pela densa mata fluvial, o que acarreta baixa carga de sedimentos e grande transparência (FURCH e JUNK, 1997).

A acidez e a cor real das águas pretas que possuem coloração marrom e quando a profundidade ultrapassa dois metros, as águas parecem realmente pretas. Essa cor é atribuída à presença de substâncias húmicas, originadas de degradação da matéria orgânica presentes no solo da floresta (WALKER, 1987; SANTOS e RIBEIRO, 1988).

As “águas claras” originam-se nos escudos cristalinos das Guianas e do Brasil Central. Estas águas geralmente possuem uma aparência mais transparente, com coloração verde azulada ou em várias matrizes de verde, devido, em parte, às algas do tipo *Cyanophyta*, com transparência variando de aproximadamente 1,10-4,30 m, podendo chegar a quase 5,0 m, devido à menor quantidade de matéria orgânica dissolvida (PASCOALOTO, 2006).

O valor de pH é variável dependendo do substrato (4,5 a > 7,0), sendo, mais pobres que os rios de água-branca. Os solos são argilosos, caracterizados por possuírem maior quantidade de argila em relação à quantidade de areia e matéria orgânica, e apresentam capacidade de fixar substâncias húmicas nas partículas de argila, retendo a matéria orgânica e causando uma aparência mais clara às águas (LEENHEER, 1980; JUNK e FURCH, 1985).

A não uniformidade no valor de pH e a variação química das águas-claras revelam que estas águas são homogêneas quanto à cor. Por exemplo, na zona de formação Barreiras (Terciário) o pH está em torno de 4,5, enquanto em águas-claras que drenam regiões de ocorrência carbonífera o seu valor sobe para 7,0. Em adição, a mistura de águas de diferentes tipos, em rios de ordem superior, torna difícil a classificação deste rio num tipo distinto. Torna-se ainda mais difícil quando os rios mudam a coloração de suas águas em resposta à estação seca e chuvosa, como o rio Branco, um dos principais afluentes do rio Negro. Este fato ocorre principalmente em locais onde não existe cobertura vegetal dos solos (SIOLI, 1984).

Além disso, os rios de água clara podem, dependendo das condições do local e da estação do ano, assumir características de águas brancas ou

pretas, ou uma mistura destes dois tipos (FITTKAU *et al.*, 1975). Portanto essas mudanças são mais visíveis em igarapés do que em rios maiores (FURCH, 1984). Apesar das águas brancas, pretas e claras descritas anteriormente, poderem ser distinguidas por suas colorações, as diferenças entre elas vão além do ponto de vista óptico. O que as diferencia de uma maneira mais completa, são suas características físico-químicas (FURCH, 1984).

A química da água reflete muitas influências, incluindo a litologia do local da amostragem, influência atmosférica, influência das condições climáticas e antrópica (MARKICH e BROWN, 1998). Identificar e quantificar estas influências são uma forma importante de gerenciamento dos recursos das águas, em particular dos rios e igarapés da bacia amostrados. Desde os anos 50, os rios da Amazônia têm sido objetos de muitas investigações químicas e geoquímicas, através de estudos de cientistas como Stallard e Edmond (1983), Ertel (1986), Kűchler *et al.*, (2000), entre outros.

### **3.2. Os metais potencialmente tóxicos e seus efeitos**

A presença de produtos nocivos ou indesejáveis nos corpos d'água causa a poluição química (AZEVEDO, 1999). Esses poluentes são responsáveis, por exemplo, pela manchas de óleo, níveis de DDT, chuva ácida principalmente H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>, MPT etc (**Tabela 2**).

Em alguns países, como os EUA a cada ano ocorrem mais de 20 derramamentos significativos de óleo, sendo que sua Agência de Proteção Ambiental (*Environmental Protection Agency*, EPA) já documentou cerca de

7.000 acidentes envolvendo substâncias nocivas provenientes de diversas fontes industriais em cinco anos, 1980 e 1985 (CORSON, 1993).

Tabela 2 - Principais poluentes encontrados nos despejos industriais não tratados

Poluentes	Origem dos despejos
Acetaldeído	Plásticos, borracha sintética, corante.
Acetileno	Sínteses orgânicas.
Acrilonitrila	Plásticos, borracha sintética, pesticidas.
Cloreto e fluoreto de amônio	Tintura, lavagem do curtimento e preservação da madeira.
Dicromato de amônio	Mordentes, litografia, fotografação.
Anilina	Tinturas, vernizes, borrachas.
Bário (acetato, cloreto e fluoreto)	Mordente em tinturaria, manufatura de tintas, operações de curtimento e tratamento de metais.
Benzeno	Síntese de compostos orgânicos, tinturas e outras operações têxteis.
Cr (hexavalente)	Decalagem de metais, galvanização, curtumes, tintas, explosivos, papéis, águas de refrigeração, mordente, tinturaria em indústrias têxteis, fotografia, cerâmica.
Co	Tecnologia nuclear, pigmentos.
Cu (cloreto)	Galvanoplastia do alumínio, tintas deléveis.
Cu (nitrate e sulfato)	Tinturas têxteis, impressões fotográficas, inseticidas, curtimento, galvanoplastia, pigmentos.
Diclorobenzeno	Solventes para ceras, inseticidas.
Sulfato ferroso	Fábricas de conservas, curtumes têxteis, minas, decalagem de metais.
Pb (acetato)	Impressoras, tinturarias e fabricação de outros sais de chumbo.
Pb (cloreto e sulfato)	Fósforo, explosivos, mordente, pigmentos, baterias e litografia.
Composto orgânico-mercuroso	Descargas de "água branca" em fábricas de papel.
Ni (cloreto, nitrate e sulfato)	Banhos em galvanoplastia e tinta invisível.
Sulfúrico (ácido)	Produção de fertilizante e outros ácidos, explosivos, purificação de óleos, decalagem de metais, secagem de cloro.
Uréia	Produção de resinas e plásticos, sínteses orgânicas.
Zn (metal e cloreto)	Galvanoplastia e fábrica de papel.

FONTE: BRAILE e CAVALCANTI, 1979

A presença desses contaminantes afeta a vida aquática, sendo que plantas flutuantes têm sua respiração e fotossíntese prejudicada e os organismos aquáticos passam por alterações genéticas, além de terem seus sistemas respiratórios comprometidos (AZEVEDO, 2001).

A poluição das águas tem origem em diversas fontes, dentre as quais se destacam: efluentes domésticos, efluentes industriais e carga difusa urbana, intimamente ligada com a poluição dos sedimentos. A situação é mais crítica nas regiões em que existem atividades industriais. Após o intenso desenvolvimento industrial e urbano, acompanhado pelo aumento na geração de resíduos tóxicos, existe hoje uma preocupação com a preservação dos recursos naturais e com os possíveis efeitos nocivos que resultam da contaminação da água.

O ambiente aquático está exposto a processos de poluição causados pela variedade e quantidade de substâncias químicas. A introdução de efluentes em igarapés, rios e estuários, especialmente aqueles localizados em regiões influenciadas por grandes centros industriais e urbanos, tem levado a um aumento significativo na contaminação em geral, tanto por substâncias consideradas não perigosas, como as que podem comprometer diretamente a vida, tais como MPT.

O interesse na ocorrência de MPT em águas residuárias industriais é devido ao fato de que elas freqüentemente estão presentes em níveis significantes e sua descarga em águas superficiais pode ter efeitos severos no ambiente e na saúde humana (BAIRD, 2002).

Acredita-se que os metais talvez sejam os agentes tóxicos mais conhecidos pelo homem. Há aproximadamente 2.000 anos a.C., grandes

quantidades de Pb eram obtidas de minérios, e isso provavelmente tenha sido o início da sua utilização pelo homem. Os MPT diferem de outros agentes tóxicos porque não são sintetizados nem destruídos pelo homem (AVILA, 2007).

A evolução do homem tem influenciado diretamente no meio em que vive, impactando a homeostase ambiental, tendo como consequência um aumento considerável da concentração de MPT. O aumento populacional com a necessidade de alimentos, geração de empregos e industrialização acarretaram grandes pressões aos recursos hídricos, que passaram a ter os mais variados tipos de poluição, no caso do MPT ocasionou risco a saúde humana (TAVARES, 1992; LEE, 1999).

Os MPT aumentam suas concentrações nas águas naturais devido principalmente aos lançamentos de efluentes industriais, tais como aqueles manipulados em indústrias extrativistas de metais, indústrias de tintas e pigmentos e, especialmente, galvanoplastias, etc (KABATA-PENDIAS e PENDIAS 2001).

A toxicidade do MPT depende da quantidade ingerida, tempo de exposição e/ou via de administração. O valor permitido por alguns órgãos regulamentadores quanto à qualidade da água são mostrados na **(Tabela 3)**. Em termos de quantidade na água não existe um consenso entre as agências de proteção ambiental.

Quando comparada à legislação de outros países, por exemplo, agência de proteção ambiental dos Estados Unidos (USEPA) e OMS o Brasil, de certo modo, tem os seus limites próximos e, em alguns casos, é mais restritivo (DE OLIVEIRA, 2002).

Os efeitos tóxicos dos MPT sempre foram considerados como eventos de curto prazo, agudos e evidentes, como anúria e diarreia sanguinolenta, decorrentes da ingestão de mercúrio AZEVEDO, (2004). Ocorrências a médio e longo prazo são observadas, e as relações causa-efeito são pouco evidentes e quase sempre subclínica (TAVARES, 1992).

Tabela 3 - Valores permitidos de MPT (mg L<sup>-1</sup>) na água para o consumo humano, por algumas agências regulamentadoras.

Parâmetros	FUNASA <sup>1</sup> /MS <sup>2</sup>	USEPA <sup>3</sup>	CONAMA <sup>4</sup>	OMS <sup>5</sup>
Cu	2	1,0-1,3	0,009	-
Cd	0,005	0, 005	0,001	-
Co	-	-	0,05	-
Cr	0,05	0,1	0,05	-
Pb	0,01	0,015	0,01	-
Ni	-	-	0,025	-
Fe	0,3	0,3	0,3	-
Mn	0,1	0,05	0,1	-
Zn	5	5	0,18	3,0

<sup>1</sup>FNS (2001), <sup>2</sup>MS (2004), <sup>3</sup>USEPA (2003), <sup>4</sup>CONAMA (2005) e <sup>5</sup>WHO(2006)

Geralmente esses efeitos são difíceis de serem distinguidos e perdem especificidade, pois podem ser provocados por outras substâncias tóxicas ou por interações entre esses agentes químicos BAIRD, (2002). O critério de prevenção usados em saúde ocupacional tem sido utilizado como indicador biológico de exposição, e qualquer alteração observada nos fluídos biológicos, mostra a intensidade da exposição e/ou a intensidade dos seus efeitos (CASSARET, 1986).

### 3.3 - Microbiologia ambiental

A evolução da biologia nas últimas décadas propiciou avanços nos estudos da microbiologia ambiental. Baseada na relação entre microrganismos e interações com o ambiente, através da análise e processos por eles desencadeados. O uso de amostras ambientais tem sido uma alternativa para o monitoramento de comunidades microbianas (COUTINHO *et al.*, 1999; ZILLI *et al.*, 2003).

As bactérias constituem grupo de microrganismos nos diversos habitats. Apresentam grande diversidade de vias metabólicas, na utilização de compostos orgânicos ou inorgânicos e são capazes de utilizarem luz como fonte de energia no metabolismo. Sua presença na água indica a poluição sanitária e a concentração dos coliformes fecais indica a existência de microrganismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças (ZILLI *et al.*, 2003).

O desenvolvimento de novas técnicas permitiu avanços na detecção dos microrganismos em ambientes naturais, tais como água, sedimentos e ambientes de comunidades microbianas aquáticas, como bacterioplâncton de água doce que vem sendo desenvolvida por estudiosos, em ecossistemas Amazônicos (AMANN *et al.*, 1995; MUYZER *et al.*, 1996; VAN ELSAS *et al.*, 1998).

As águas de igarapés, estuários, lagos, rios e oceanos, representam a água de superfície, sendo suscetíveis de sofrerem contaminações periódicas com microrganismos provenientes da atmosfera (precipitações), do solo ou de qualquer tipo de dejetos que nelas é lançado. De acordo com a fonte hídrica, a

composição nutritiva da água e, ainda, de conformidade com as condições geográficas, biológicas e climáticas, as populações microbianas variam em número e em quantidade (OLIVIERI *et al.*, 1995).

Dessa forma, os microrganismos aquáticos e suas respectivas atividades são importantes sob diversos aspectos. Eles podem afetar a saúde humana, além de outros organismos, sendo, portanto, instrumentos importantes na cadeia de reações bioquímicas. Por causa disso, o estudo dos microrganismos aquáticos se tornou uma das áreas mais significativa da ciência (SIOLI, 1985). Isso ocorreu principalmente após a urbanização e a crescente demanda de água, como fonte de abastecimento, criação de organismos protetores do ambiente (APHA, 1985; STALEY e GOSINK, 1999).

A população microbiana aquática é determinada pelas condições físicas e químicas do ecossistema onde vive. Em geral, os microrganismos aquáticos crescem em águas cujo valor de pH varia entre 6,5 e 8,5. Drásticas alterações que ocorrem nos ecossistema aquático durante o processo de urbanização modificam significativamente os tipos específicos de microrganismos. Na busca pela descoberta de recursos biológicos exploráveis, e de novos processos, a biotecnologia é reconhecida como uma das tecnologias-capacitadoras para o século 21, com suas características de inovação e potencial frente a problemas globais, como doenças, nutrição e poluição ambiental (TEN KATE, 1999).

Os microrganismos desempenham uma função única na manutenção de ecossistemas. Apesar de sua importância na biosfera, estima-se que menos de 10% dos microrganismos existentes no planeta tenham sido caracterizados

e descritos. O isolamento e seleção de microrganismos têm garantido novas aplicações nas áreas da agricultura, meio ambiente e saúde.

Estimativas recentes indicam que os microrganismos e invertebrados constituem quase 90% das espécies da biosfera e desempenham papel fundamental nos ecossistemas. Atualmente cerca de 80% das plantas e mais de 90% dos vertebrados existentes na natureza, são conhecidos enquanto as bactérias e vírus representam menos de 1%. Embora sejam pouco estudados, muitos grupos de microrganismos são essenciais para a sobrevivência das formas de vida na terra (HAMOND *et al.*, 1995).

Os microrganismos patogênicos e os detritos orgânicos contidos nos esgotos domésticos e industrial constituem os agentes biológicos causadores da poluição biológica. Os esgotos domésticos contêm, além de detritos orgânicos, restos de alimentos, sabões e detergentes, portanto, são essencialmente constituídos de carboidratos, gorduras, material protéico, detergentes, fosfatos e bactérias. Os despejos industriais que geram esta poluição são oriundos de indústrias de derivados lácteos, papel, açúcar, etc. (FELLENBERG, 1980).

Em termos da avaliação da qualidade da água, os microrganismos assumem um papel importante dentre os seres vivos, devido à sua grande atuação nos processos de depuração dos despejos, na transformação da matéria dentro dos ciclos biogeoquímicos ou à sua associação com doenças ligadas a água Sperling (1996). A **Tabela 4** apresenta uma descrição sucinta dos principais microrganismos de interesse em termos da qualidade biológica da água.

Tabela 4 - Principais microorganismos de interesse dentre os parâmetros biológicos

Microorganismos	Descrição
Bactérias	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Organismos protistas unicelulares,</li> <li>- Apresentam-se em várias formas e tamanhos,</li> <li>- São os principais responsáveis pela estabilização da matéria orgânica,</li> <li>- Algumas bactérias são patogênicas, causando principalmente doenças intestinais.</li> </ul>
Algas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Organismos autotróficos, fotossintetizantes, contendo clorofila,</li> <li>- Importantes na produção de oxigênio nos corpos d'água e em alguns processos de tratamento de esgotos,</li> <li>- Em lagos e represas, podem proliferar em excesso, causando uma deterioração da qualidade da água.</li> </ul>
Fungos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Organismos aeróbios, multicelulares, não fotossintéticos, heterotróficos,</li> <li>- Também de grande importância na decomposição da matéria orgânica,</li> <li>- Podem crescer em condições de baixo pH.</li> </ul>
Protozoários	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Organismos unicelulares sem parede celular,</li> <li>- A maioria é aeróbia ou facultativa,</li> <li>- Alimentam-se de bactérias, algas e outros microorganismos,</li> <li>- São essenciais no tratamento biológico para manutenção de um equilíbrio entre os diversos grupos,</li> <li>- Alguns são patogênicos.</li> </ul>
Vírus	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Organismos parasitas, formados pela associação de material genético (DNA ou RNA) e uma carapaça protéica,</li> <li>- Causam doenças e podem ser de difícil remoção no tratamento da água ou do esgoto.</li> </ul>
Helmintos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Animais superiores,</li> <li>- Ovos de helmintos presentes nos esgotos podem causar doenças.</li> </ul>

FONTE: SPERLING, 1996

Em uma perspectiva global, a substância mais nociva à saúde humana não é o lixo tóxico ou radioativo; são as fezes portando doenças. Os microorganismos patogênicos; ou seja, aqueles causadores de doenças e mortes, são os poluentes aquáticos mais sérios. Estes microorganismos encontram-se, freqüentemente, presentes nos excrementos de seres humanos e de animais, podendo ser bactérias, vírus, parasitas etc. Em águas residuárias

urbanas, os microorganismos aportam em corpos aquáticos receptores e podem contaminar novos indivíduos (GRASSI, 2001).

A preservação das águas para o consumo é uma necessidade humana universal, é necessário que haja atenção das autoridades competentes para que não ocorra contaminação das mesmas. Cerca de 80% das doenças humanas estão relacionadas com o uso de águas impróprias. O que denota a importância de um estudo aprofundado sobre a qualidade da mesma (MORMUL *et al.*, 2006).

Doenças transmitidas pelas águas respondem por, no mínimo, 25 milhões de mortes a cada ano no Terceiro Mundo; e os custos das águas poluídas para a vida humana são enormes. Há uma forte ligação entre falta de acesso à água limpa e alto índices de mortalidade infantil (CORSON, 1993).

As águas contaminadas são responsáveis pelo tracoma (500 milhões de indivíduos sofrem com essa doença) e elefantíase (250 milhões); a diarreia mata mais de mil crianças a cada hora. As águas contaminadas transmitem também a cólera, tifoide, hepatite infecciosa, poliomielite e vermes intestinais (MYERS, 1984 e WRI e IIED, 1987).

A determinação da potencialidade de uma água transmitir doenças e de apresentar contaminação por fezes humanas e/ou de animais pode ser efetuada de forma indireta, através dos organismos indicadores de contaminação fecal, pertencentes principalmente ao grupo de coliformes, cabendo à *Escherichia coli* um papel preponderante. Em primeira linha são feitas a contagem de bactérias coliformes e só em segundo plano a contagem do número total de bactérias. A quantidade de bactérias contidas em determinado volume de água é conhecida como "índice de coliformes". Este

índice é o critério mais importante na avaliação da qualidade da água (FELLENBERG, 1980).

Segundo a Resolução do CONAMA, nº 274 de 2000 a quantidade de coliformes não deve ser excedida em “um limite de 1000 coliformes” termotolerantes por 100 mL em 80% ou mais de pelo menos seis amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral.

Para água destinada ao consumo humano, a Portaria nº 1469 do MINISTÉRIO DA SAÚDE (MS, 2000) que define os padrões de potabilidade dos principais parâmetros de qualidade da água, estabelece que os coliformes totais e fecais sejam ausentes. Além da contaminação da água sob o ponto de vista biológico, os esgotos urbanos lançam grande quantidade de matéria orgânica biodegradável, que servem de substrato para os microorganismos presentes na água, e assim provocam a colonização e o desenvolvimento populacional destes microorganismos (BRANCO, 2003).

#### **4. Área de Estudo**

A hidrografia da cidade de Manaus é formada basicamente por quatro bacias: Bacia do Educandos, Bacia do São Raimundo, Bacia do Tarumã e Bacia do Puraquequara (**Figura 2**). Duas bacias encontram-se integralmente dentro da cidade, a do São Raimundo e a do Educandos; as outras estão parcialmente inseridas na malha urbana.

O regime hidrológico dos rios e igarapés é regido pela geomorfologia, tipologia do solo e pluviosidade da região. A hidrografia dos igarapés é constituída por pequenos cursos d'água, que contrastam com a abundante pluviosidade característica da região, resultando de uma microdrenagem dendrítica cuja capacidade de receber e escoar água, assim como detritos e poluentes, deve ser medida pelo número de pequenas correntes que a formam, assim como pela largura, profundidade e declividade (MELLO e MOURA, 1990).

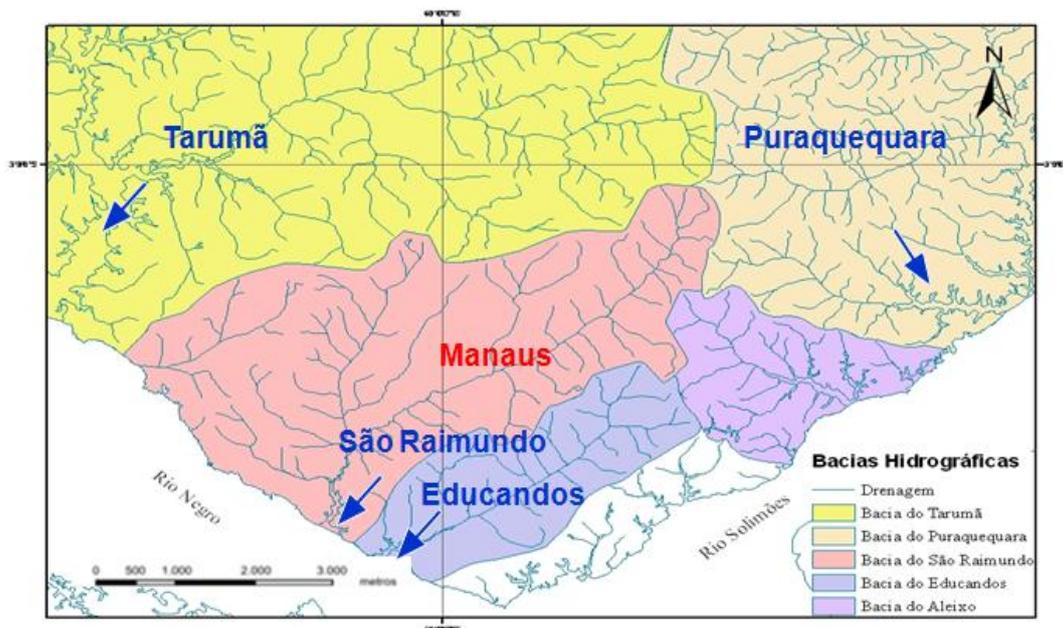


Figura 2 - Localização das bacias hidrográficas que drenam a cidade de Manaus (Fonte: UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS).

A implantação da Zona Franca, em 1967, trouxe a Manaus um novo ciclo econômico, que foi responsável pela atração de um grande fluxo migratório. Em consequência, a população aumentou de 200 mil habitantes em 1965, para quase 1,8 milhões em 2008. A implantação do Pólo Industrial de Manaus (PIM) e o crescimento demográfico rápido e intenso provocaram inúmeras alterações ambientais no ecossistema, que dentre elas se destaca a ocupação e a poluição dos corpos d'água (IBGE, 2008).

Manaus apresenta cerca de 70 mil moradias localizadas em faixas marginais dos cursos d'água, áreas consideradas como de preservação permanente, onde vivem aproximadamente 300 mil pessoas. A maior parte dessas moradias corresponde a palafitas precárias, implantadas sobre os espelhos d'água ou em áreas sujeitas a inundação (GEOMANAUS, 2002).

O lançamento indiscriminado de lixo e toda sorte de detritos nos corpos d'água; bem como o despejo *in natura* da maior parte dos esgotos domésticos, e os despejos industriais; constituem os mais graves problemas que geram a poluição aquática em Manaus (BRINGEL, 1986; SILVA, 1992; OLIVEIRA, 2002 e GUEDES, 2003).

#### **4.1. Bacia hidrográfica do Educandos**

A bacia hidrográfica do Educandos, que deságua no rio Negro, está localizada na Zona Sul da cidade de Manaus, e tem como principais mananciais: Igarapé do Educandos, Igarapé do Mestre Chico e Igarapé do Quarenta. É uma área caracterizada por ter grande concentração urbana, comercial e industrial. Abrange 4.320 ha, e possui várias nascentes localizadas na zona leste de Manaus; nos bairros do Zumbi, Armando Mendes, Conjunto Aquariquara, Campus da Universidade Federal do Amazonas e na Reserva Sauim Castanheira.

Historicamente a bacia do Educandos vem sofrendo problemas de contaminação. Inicialmente, com a poluição orgânica, durante o Ciclo da Borracha, despejado todo esgoto doméstico em suas águas. A partir de 1967, o PIM introduz nesse ambiente a contaminação química. Essa bacia é a parte da cidade Manaus mais exposta à poluição, pois além de ser densamente habitada, cerca de 500 indústrias do PIM estão instaladas por toda a região. As principais fontes de poluição das águas são as disposições irregulares de resíduos industriais, estações de tratamento de esgotos e descargas de esgotos domésticos.

A principal consequência dessas fontes é a alteração dos níveis que atendem os padrões legais recomendados pelo CONAMA (2005). Com a implantação do Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas (IPAAM) a partir de 1984 o problema de poluição ambiental melhorou consideravelmente.

Os problemas decorrentes da falta de infra-estrutura principalmente os oriundo das indústrias do PIM e o escoamento sanitário na região do igarapé do Quarenta tornam-se evidente. Esse igarapé tornou-se, desde o início da década de 90, objeto de estudo de muitos trabalhos científicos, os quais revelaram que as principais características físicas e químicas tanto na água como no sedimento, estão alteradas. A literatura mostra que os níveis de metais estão muito acima dos valores recomendados para os MPT, destacando Cu, Cd, Co, Pb, e Ni, já foram evidenciados na região. Esses metais estão distribuídos em alguns compartimentos ambientais (**Tabela 5**).

Tabela 5 - Resultados de alguns trabalhos realizados no Igarapé do Quarenta

Amostras	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni	Fe	Mn	Referências
Água <sup>1</sup>	-	0,19	-	-	-	1,4	0,04	Bringel (1986)
Peixe <sup>2</sup>	79	81	1,3	-	-	-	-	Silva (1992)
Solo <sup>2</sup>	-	4	ND	4	-	182	2	Valle (1998)
Água <sup>1</sup>	1,2	19,6	ND	0,7	-	29	3	Sampaio (2000)
Solo <sup>2</sup>	3,8	105	ND	4,5	33,1	11,5	3,9	Bentes (2001)
Planta <sup>2</sup>	377	252	ND	642	-	5331	109	Castro (2000)
Água <sup>1</sup>	0,3	27,6	ND	0,2	9,4	9	2	Dias (2001)
Água <sup>1</sup>	0,04	4,85	-	0,57	5,14	20,9	0,35	Oliveira (2002)
Planta <sup>2</sup>	0,9	80	-	-	-	2270	-	Elias (2003)

<sup>1</sup>mg L<sup>-1</sup>, <sup>2</sup>mg g<sup>-1</sup>, ND = Não detectado.

A destruição da mata ciliar do Igarapé do Quarenta tem provocado a erosão do solo e elevado a concentração de materiais sólidos em seu leito, favorecendo o assoreamento propício a Inundações (SILVA e PINTO, 1999).

A principal consequência observada na região é que as águas, anteriormente classificadas como escuras, passaram a se enquadrar nos critérios de claras (SAMPAIO, 2000; DIAS, 2001). Isso foi causado pela redução da quantidade de matéria orgânica e elevação dos valores de pH. Devido à ação antrópica, observou-se um aumento das concentrações de  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$  cujo principal problema ambiental constatado é o aumento da salinidade de suas águas. Outra característica observada nas águas é a variação da temperatura que aumentou, após a implantação do PIM, cerca de 2 °C ao longo da bacia do Educandos (GUEDES, 2003).

A **Tabela 6** mostra as fontes antrópicas com os seus respectivos efeitos à saúde dos MPT encontrados na bacia do Educandos. Incluído aqueles metais que está na Lista “Top 20” da USEPA, entre as 20 substâncias mais perigosas à saúde e ao ambiente: Pb, Hg, Cd, Cr.

**Tabela 6 - Fontes antrópica e efeitos à saúde dos MPT nas águas da bacia do Educandos.**

Metal	Fontes antrópicas	Efeitos à saúde	Referências
Cu	Emissão pelas atividades de mineração e fundição, queima de carvão, uso na agricultura como fertilizante algicida suplemento alimentar.	Deposita-se no cérebro e fígado. O excesso causa alterações no cérebro causando distúrbios emocionais, depressão, nervosismo e irritabilidade, semelhantes aos do mal de Parkinson.	WHO (1998); MS (1990), Maurice <i>et al.</i> , (1994).
Ni	Produção de ligas, na indústria de galvanoplastia, fabricação de baterias (Ni-Cd), produtos de petróleo, pigmentos, catalisadores, fertilizantes fosfatados, queima de combustíveis e óleos, combustão de carvão, fundição e mineração.	Em doses elevadas causa: irritação gastrointestinal, alterações neurológicas, cardíacas e outros estados alérgicos. O excesso causa conseqüências graves como necrose do fígado e câncer de pulmão.	Moore e Ramamoorthy (1984); Sunderman (1989);
Cd	Fungicidas, tratamento da borracha, produção de pigmentos.	No homem, provoca irritação gastrointestinal com ocorrência de vômitos, ataca a medula óssea com redução dos glóbulos vermelhos gerando anemia, causa hipertensão, diminuição da massa óssea, sua ação tóxica é incrementada na presença de Zn, Cu e Se.	Alloway (1990); Nascimento (2000).
Cr	Galvanoplastia, soldagens, liga de Fe-Cr, curtume, produção de cromatos, dicromatos, pigmentos e vernizes, lixos urbano e industrial, incineração de lixo e minas; etc.	Sua toxicidade depende do estado de oxidação. Efeitos sistemáticos são relatados em concentrações elevadas, indivíduos expostos a elevadas concentrações de (Cr <sup>6+</sup> ), incluem ulceração e perfuração de septo nasal, além de risco de câncer pulmonar.	Washington (1984); MS (1990); NIOSH (1973).
Co	Produção de ligas resistentes, produção de metal duro, pigmentos, fertilizantes, na indústria de petróleo e química, como catalisador, e na área medica como fonte de radiação.	Em níveis elevados pode produzir dermatites e efeitos nos pulmões e coração. Altas quantidades de Co podem danificar também as células do corpo.	Nascimento (2000); ATSDR (2004).
Zn	Produção de ferro e aço, galvanoplastia e fábricas de papel e tintas.	Sua toxicidade está relacionada com as concentrações de oxigênio e dureza da água.	Henriques; Hirata; Cozzolino (2003);

## 4.2. Característica da Bacia durante a coleta

No percurso usado neste trabalho na bacia do Educandos, verificaram-se algumas características marcantes. A paisagem é composta de palafitas desprovidas de vegetação, além dos igarapés da bacia transportar grandes quantidades de materiais. Nessa bacia observa-se grande ocorrência de doenças de veiculação hídrica (PROSAMIM, 2004).

A **Figura 3** mostra alguns exemplos de materiais dentre os quais se destacam garrafas PET, isopores, latas, etc. O igarapé do Mestre Chico, por exemplo, está sendo afetado devido às várias interferências em seu quadro físico-ambiental. Outro aspecto peculiar na paisagem da área sob estudo são os constantes despejos industriais, que modificam a cor deste ecossistema hídrico. A **Figura 4**, mostra um momento em que substâncias orgânicas estão sendo despejadas no leito do igarapé do Quarenta. Em determinadas épocas é facilmente detectável o encontro de águas, cujas densidades e cores são diferentes. A **Figura 5** mostra o contraste de palafitas e o odor insuportável de esgoto, com as águas insalubres do Igarapé do Quarenta.



**Figura 3** - Exemplos de materiais transportados pelos igarapés da bacia do Educandos, destacam-se garrafas PET, isopores, latas, etc.



**Figura 4** - Momento de despejo de substância orgânica no IG40, região do PIM.

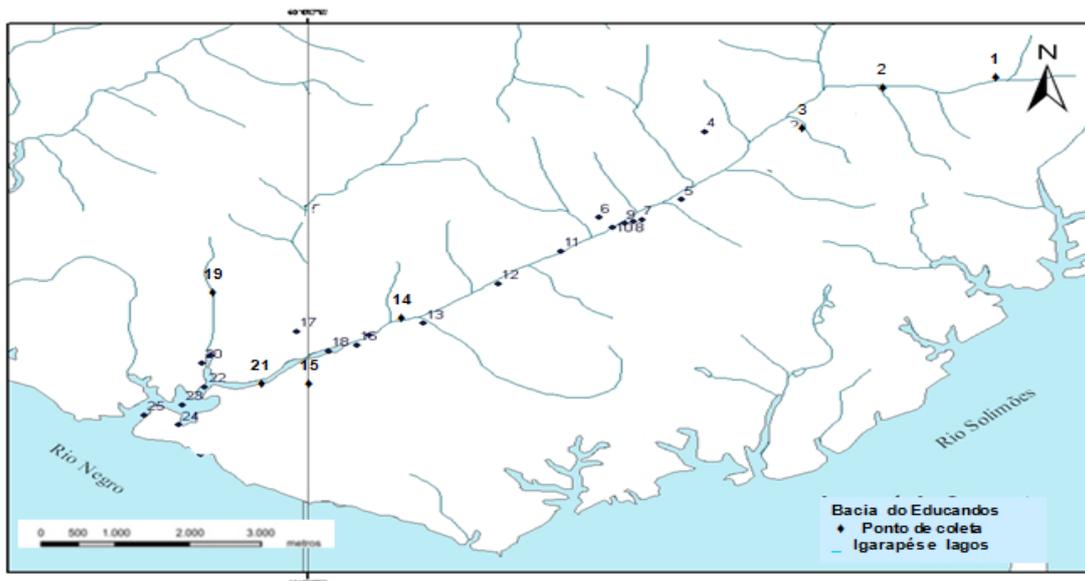


**Figura 5** - IGA. do 40 próximo da Av. Manaus 2000 PIM às margens de uma comunidade que habita o igarapé em palafitas sem saneamento básico.

## 5. Materiais e Métodos

A coleta ocorreu durante uma cheia histórica do rio Amazonas em 2009, que pode ter interferido nas concentrações dos metais, cujo nível da cota de água atingiu 29,75 cm. No início de maio, a vazão fluvial medida foi de cerca de 280 mil  $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ . As amostras de água foram coletadas em 25 sítios tendo como escolha a proximidade das fontes antrópicas. Dessa forma, seis pontos de coleta se localizavam no igarapé do Quarenta, cinco pontos no igarapé de Manaus, quatro pontos no igarapé do Mestre Chico, cinco ao redor da baía e cinco pontos distribuídos aleatoriamente ao longo da bacia (**Figura 6**).

A descrição de cada ponto de coleta se encontra na Tabela 7. Cada amostra de água foi coletada numa profundidade de aproximadamente 30 cm da superfície. Inicialmente cerca de 5,0 L foram recolhidos em balde de poliestireno, em seguida o valor de pH e condutividade elétrica era medido. Posteriormente, era retirado cerca de 1 L de água para a determinação da quantidade de MPT. As medidas de condutividade elétrica ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ) e pH foram obtidas por leitura direta com eletrodos específicos, utilizando-se para a condutividade condutivímetro Modelo LF 37 *Leitfähigkeit* e pH o potenciômetro Modelo pH 21/ mV para o potencial hidrogeniônico.



**Figura 6** - Localização dos pontos de coleta na bacia do Educandos.

## 5.1. Preparação das Amostras

Em triplicata, foram retiradas alíquotas de 100,0 mL de cada amostra de água previamente filtrada (Millipore 0,45  $\mu\text{m}$  de poro) para béquer de 250 mL, sendo adicionados 15 mL de  $\text{HNO}_3$  bidestilado. O béquer foi aquecido em banho-maria em uma chapa aquecedora a  $\pm 100$   $^\circ\text{C}$  até que o volume atingisse cerca de 10 mL, sendo transferido quantitativamente para balão volumétrico de 25,0 mL e o volume aferido com água deionizada (KEGLEY e ANDEWS, 1998).

**Tabela 7 - Descrição dos pontos de coletas.**

<b>Código</b>	<b>Localização dos pontos</b>	<b>Descrição</b>
1	Nascente	Reserva Sauim Castanheira.
2	Igarapé do Quarenta	Ao lado da escola Allan Galdino Braga.
3	Igarapé Sanssungue	Entre a Sony e Muntuzinho.
4	Igarapé do Quarenta	Em frente à Weg.
5	Igarapé do Quarenta	Conj. dos Industriários Próximo Assembléia Tradicional.
6	Igarapé do Quarenta	Av. Buriti ao lado da NSN Imprensa Distrito Industrial.
7	Igarapé do Quarenta	Esquina da Nova República Distrito Industrial.
8	Nova República	Lado Direito Jusante.
9	Nova República	Lado Esquerdo Jusante.
10	Igarapé do Quarenta	Av. Buriti em frente à Amazon Aço Distrito Industrial.
11	Igarapé do Quarenta	Início da Manaus 2000 Distrito Industrial.
12	Igarapé do Quarenta	Atrás do Estúdio 5.
13	Igarapé da Vovó	Betânia.
14	Igarapé do Quarenta	Próxima à Avenida Tefé.
15	Igarapé do Quarenta	Próximo a Rua das Nações São Francisco.
16	Igarapé do Quarenta	Depois do Colégio GM.
17	Igarapé do Quarenta	Rua Vitória Régia entre a Tefé e Silves.
18	Igarapé do Quarenta	Av. Silves Próxima a Quadra do Prosamim.
19	Igarapé do Mestre Chico	Av. Silves Próxima ao Braga Veículo.
20	Igarapé do Mestre Chico	Rua da Escola Faria de Brito.
21	Igarapé do Mestre Chico	Av. Sete de setembro sob a Ponte de Ferro.
22	Bacia	Ouvidoria, Próximo à Bacia do Educandos.
23	Bacia	Ao Lado da Ouvidoria.
24	Bacia	Por trás da Fabrica Estive Negron.
25	Bacia	Escadaria Bairro do Educandos.

## **5.2. Determinação da Concentração dos MPT**

Os MPT Cu, Cd, Cr, Co, Pb e Ni contidos nas amostras de água foram determinados por espectrometria de absorção atômica de chama da marca GBC (modelo AAS 932 Plus) em modo chama de ar/acetileno, pelo método direto e corretor de fundo (WELZ, 1985).

## **5.3. Lavagem e Esterilização das Vidrarias**

A vidraria foi submetida à limpeza com sabão neutro e depois enxaguadas com água deionizado, posteriormente esterilizadas em solução de ácido nítrico 10% por 12 h e novamente enxaguadas com água deionizada (ZENEBOON *et al.*, 1994).

## **5.4. Análises Multivariadas (HCA e PCA)**

Para avaliação dos resultados obtidos foram utilizadas a Análise Hierárquica de Agrupamento, HCA e a Análise de Componentes Principais, PCA. Segundo KELLY *et al.*, 2005; BOCCARD *et al.*, 2007, alguns trabalhos vêm sugerindo a utilização conjunta da análise univariada com a multivariada. Quando se busca melhor compreensão de fenômenos complexos, as técnicas de análises multivariadas são as mais indicadas (HAIR *et al.*, 1995).

A análise estatística multivariada (componente principal e hierárquico de agrupamento) foi usada neste trabalho segundo Bini (2004), para:

- Descrever a similaridade entre as amostras considerando o conjunto total de variáveis e as correlações entre essas variáveis; e

- Encontrar conjuntos de variáveis que possam ser consideradas redundantes.

Neste trabalho, as técnicas de HCA e PCA foram aplicadas ao conjunto de dados formados por 8 variáveis medidas em 25 amostras de águas usando o programa de computador Statistica versão 7.0

## **5.5. Microbiologia aquática**

As coletas foram realizadas na seca (out/2009), nos mesmos horários, em três pontos de coleta 9, 11 e 22, sendo utilizados frascos de 100 mL estéreis, membrana 0,45 µm e diluições em série e plaqueadas em meio de cultivo conforme recomendado por Schimel (1995).

Para fazer o plaqueamento das bactérias, retirou-se 0,1 mL da amostra coletada. Por meio da técnica de espalho utilizando alça de Drigalsk, com quatro repetições em placas previamente esterilizadas contendo o meio de cultivo sólido específico (MacConkey). Após inoculação das amostras sobre as placas, estas foram identificadas e colocadas em uma incubadora (BOD) a 37 °C por 24 a 48 horas. Verificou-se o crescimento destes microrganismos diariamente e procedendo-se a contagem das colônias. Então se realizou o isolamento das colônias através da técnica de esgotamento por estrias cruzadas, para posterior identificação destes microrganismos.

## 6. Resultados e Discussão

Os valores de pH acompanharam a condutividade elétrica, para a cheia primeiro período da coleta os valores apresentaram pouca variação, oscilando entre 5,57 a 6,72, em relação à segunda que houve variação de 1,48 unidades, cujos valores de pH variaram entre 5,45 a 6,93 (**Figura 7**). Este resultado é diferente do observado em ecossistemas aquáticos preservados na região de Manaus, que é formado por águas pretas com valores de pH variando entre 3,00 e 5,00 (SIOLI, 1975; CLETO FILHO e WALKER, 2001).

Alguns valores de pH são similares aos observados no igarapé do Quarenta 4,90 a 6,40 (SILVA, 1996) e igarapés do Distrito Industrial contaminados por metais pesados, 4,77 a 6,77 (SAMPAIO, 2000). Os valores de pH em torno de 6,90 e 6,93, tal como registrados nos pontos 21 e 22 Igarapé do Mestre Chico e Igarapé do Quarenta existentes nas proximidades da Av. Sete de setembro sob a Ponte de Ferro e Ouvidoria, próximo à entrada do bairro do Educandos, indicam que durante o as coletas de amostras de água estava ocorrendo derramamento de rejeito industrial.

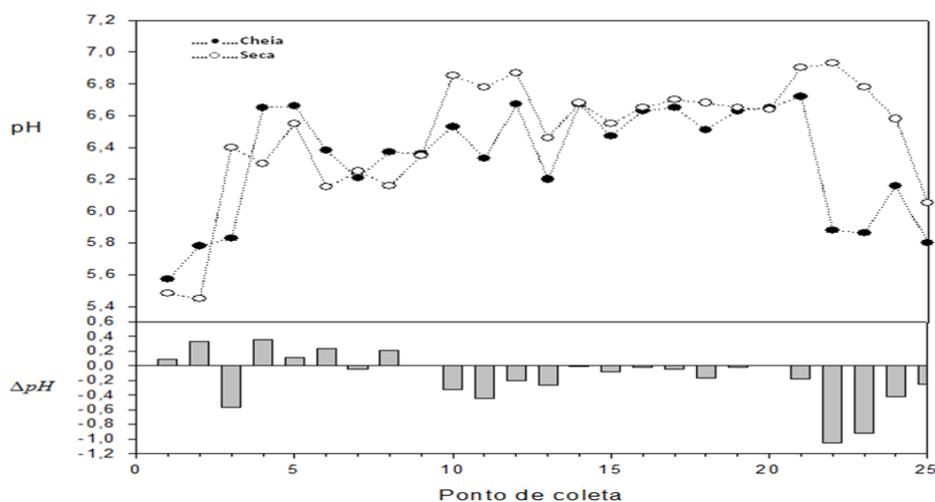


Figura 7 – Variação do valor de pH durante as coletas realizadas na bacia do Educandos em 2009

Durante o verão, é bastante comum observar na região variação de cores e odores neste igarapé como resultado do lançamento de substâncias químicas proveniente da atividade industrial. Geralmente, a alta quantidade de matéria orgânica propicia a existência de um ambiente redutor; com a conseqüente redução da concentração de oxigênio dissolvido na água e redução de pH. Essa circunstância facilita uma maior mobilidade dos MPT analisados no sistema hídrico da bacia do Educandos (SLETTEN *et al.*, 1995; SILVA *et al.*, 2004; ØYGARD *et al.*, 2004).

Infelizmente, a alteração do pH vem ocorrendo desde a criação do PIM em 1967. Na década de 50, SIOLI (1956) apud SILVA (1996) constatou que os igarapés com características naturais de Manaus tinham os valores de pH entre 3,7 e 6,8. Na década de 80, com a qualidade da água da bacia do Educandos quase que totalmente modificada devido ao processo de ocupação desordenado e crescimento do PIM, o valor mínimo de pH subiu para 5,78, durante o período do verão. Na época foi proposta uma ação preventiva para

preservar os recursos hídricos de Manaus (BRINGEL, 1986). Dentre as quais se destacam duas:

- Que o destino dos esgotos era um fator decisivo para uma política de preservação dos recursos hídricos, como também, para sua utilização do solo.
- Como certas fontes de abastecimentos não são inesgotáveis, torna-se necessária a utilização racionalmente planejada, com isso é possível um uso contínuo e permanente.

Tais políticas não foram consideradas nas ações governamentais, com isso os valores de pH das águas de Manaus variam entre 4,3 e 7,2 (SAMPAIO, 2000). Portanto, a conservação dos recursos hídricos está comprometida devido à inércia dos governos estadual e municipal.

Os dados obtidos mostram uma diferença significativa de valores para a condutividade elétrica ao longo dos dois períodos de coletas na bacia do Educandos (**Figura 8**). É de esperar que em soluções de maior concentração iônica, ocorra elevação da condutividade (ESTEVES, 1998). Além, disso os valores estão muito acima da média dos encontrados em igarapés naturais (SIOLI e FURCK, 1984).

Os valores de condutividade elétrica na região do PIM são caracterizados por uma variação sistemática dependendo da estação sazonal. Normalmente, no período de inverno, devido ao maior volume de água, a condutividade elétrica tem valores reduzidos (GUEDES, 2003).

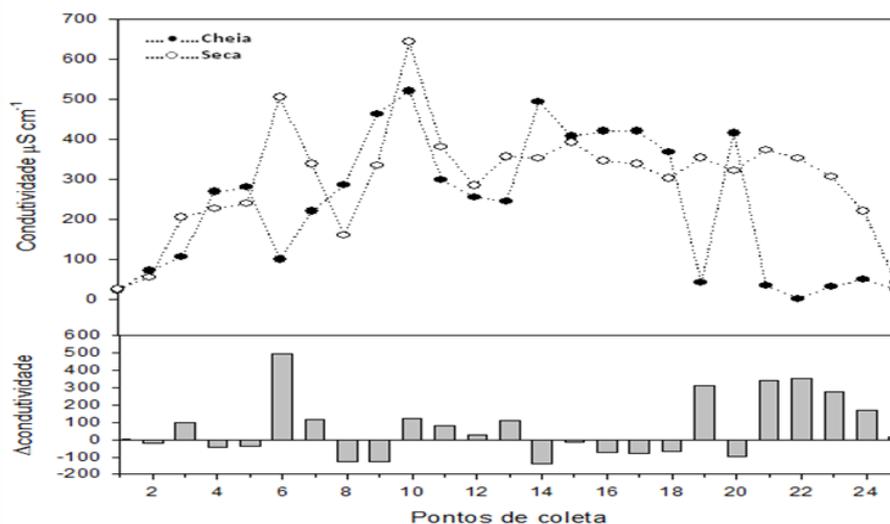


Figura 8 – Variação da condutividade durante as coleta

Por outro lado, durante o período da estiagem, menor volume de água, os valores de condutividade elétrica tendem a aumentar. Esse comportamento foi observado também neste estudo, em que na primeira coleta foram observados valores de condutividade elétrica entre 520 e  $0,23 \mu\text{S cm}^{-1}$ , enquanto na segunda coleta de 643 a  $0,26 \mu\text{S cm}^{-1}$ . De certa forma o comportamento oscilou significativamente na primeira coleta. Por sua vez, a oscilação na segunda coleta foi menos acentuada.

As concentrações de Cu, Cd, Cr, Co, Pb e Ni nas amostras de águas são mostradas na **(Tabela 8)**. Observa-se que as maiores concentrações ocorreram no período da cheia para os metais Co, Cd, Pb e Ni, sendo que os metais Cu e Cr apresentaram concentrações baixas em relação aos elementos (Co, Cd, Pb e Ni). Portanto, as médias das concentrações de MPT na bacia do Educandos são mais elevadas no período da seca em relação às médias das concentrações no período da cheia.

Tabela 8 - Média e desvio padrão dos MPT das amostras de água, nos período da cheia e seca determinada por FAAS.

Período de coleta	Ponto de coleta	Cu	Co	Pb	Cd	Cr	Ni
Cheia	1	0,617(2)	17,037(1)	4,333(2)	17,037(1)	ND	1,991(3)
	2	0,653(2)	12,567(2)	4,084(1)	12,567(2)	ND	2,877(2)
	3	1,180(3)	11,600(1)	4,983(1)	11,600(1)	ND	2,982(2)
	4	1,230(1)	11,657(2)	5,856(2)	11,657(2)	ND	4,477(2)
	5	1,385(2)	9,437(1)	6,574(1)	9,437(1)	ND	2,162(1)
	6	0,393(1)	10,013(1)	6,521(1)	10,013(1)	3,190(3)	6,862(2)
	7	0,085(2)	5,497(1)	6,521(1)	5,497(1)	0,039(1)	4,774
	8	ND	4,940(1)	5,868	4,940(1)	0,454	5,575(2)
	9	0,468(2)	2,940(1)	5,289(1)	2,940(1)	0,037	5,428(1)
	10	ND	5,523(1)	5,979(1)	5,523(1)	0,051	6,204(2)
	11	ND	5,640(1)	5,178(1)	5,640(1)	0,345	7,375
	12	ND	8,853	13,511(1)	8,853	0,598	5,790(3)
	13	ND	5,510	6,829(2)	5,510	0,104	5,844(2)
	14	0,637(1)	5,473(1)	5,850	5,473(1)	0,253(1)	8,330(1)
	15	1,343(1)	8,333(2)	6,020(1)	8,333(2)	0,050	5,328(3)
	16	0,383(1)	6,477	7,402(2)	6,477	ND	6,048(3)
	17	ND	3,967(1)	3,615	3,967(1)	0,118(1)	7,278(2)
	18	0,946(1)	4,310(2)	6,080(1)	4,310(2)	0,193	6,685(3)
	19	1,952(2)	6,323(1)	6,259(1)	6,323(1)	0,064	8,290(1)
	20	1,690(1)	4,760(1)	2,201(1)	4,760(1)	0,249	7,813(2)
	21	ND	5,440(1)	6,116(1)	5,440(1)	0,499(1)	6,316(3)
	22	2,760(2)	7,757(1)	6,363(1)	7,757(1)	0,450	ND
	23	ND	2,857(2)	4,607(1)	2,857(2)	0,507	ND
	24	1,342(2)	8,347(1)	3,028(1)	8,347(1)	0,138	ND
	25	2,323(1)	6,523(1)	6,422(1)	6,523(1)	0,699	ND
Seca	1	ND	4,843(1)	1,858	0,548(4)	0,000(1)	2,733(1)
	2	0,599	3,713(1)	5,102(2)	0,534(1)	ND	2,641(2)
	3	0,966(1)	4,687	2,750	1,950(2)	ND	3,392(1)
	4	0,412	4,813(2)	1,805(1)	3,580(2)	ND	4,305(3)
	5	1,011	4,367(1)	2,328	0,690(2)	ND	3,642(3)
	6	1,238	3,937(1)	4,573(1)	3,251(3)	3,190(3)	6,272(3)
	7	1,831(1)	3,233(1)	4,712(1)	1,954(2)	0,039(1)	4,539(1)
	8	2,121(1)	4,067(2)	6,125(1)	1,504(1)	0,454	6,549(2)
	9	1,977	2,440(1)	3,442(1)	1,343(1)	0,037	4,772
	10	2,290(1)	3,817(1)	5,130(1)	6,789(2)	0,051	7,038
	11	2,537	4,660	3,326(2)	1,314(1)	0,345	6,905(1)
	12	2,968	4,927(1)	2,871(1)	1,901(1)	0,598	5,005(3)
	13	3,168	3,803(2)	1,976(2)	1,463(1)	0,104	8,577(1)
	14	3,003	4,580(1)	ND	1,562(2)	0,253(1)	6,706(3)
	15	3,405	5,690(1)	ND	3,358(1)	ND	5,847(3)
	16	3,140	3,700(1)	ND	2,334(1)	ND	6,399(2)
	17	3,557	5,187(1)	ND	2,862(1)	0,118(1)	7,347(1)
	18	3,802	7,883(1)	ND	2,521(1)	0,193	8,290(2)
	19	4,438(1)	3,070(1)	ND	1,251(1)	0,064	7,813(1)
	20	4,301(1)	3,520	ND	1,493(2)	0,249	ND
	21	4,058	3,063(1)	ND	1,024(2)	0,499(1)	6,316(3)
	22	3,978	2,173(1)	ND	2,985(1)	0,450	ND
	23	4,561(1)	5,703(1)	ND	1,558(1)	0,507	ND
	24	4,510(1)	5,320(1)	ND	0,621(1)	0,138	ND
	25	4,773	7,713(1)	ND	1,584(1)	0,699	ND

O resultado da microbiologia do ponto de coleta 09 mostrou que existem apenas 28 coliformes por 100 mL em 80%. Dessa forma, pode-se afirmar que a água presente no ponto de coleta 09 se encontra em condições de balneabilidade, sendo necessário que seja feita um simples método de purificação.

Por outro lado, no ponto de coleta 11 devido à influência dos esgotos domésticos os valores de coliformes foram de 2400 por 100 mL em 80% da amostra. O que ultrapassa qualquer legislação do CONAMA, que em sua resolução 274 de 2000 especifica que as águas que possuem até 1000 coliformes por 100 mL em 80% da amostra testada são consideradas satisfatórias. Porém, os resultados obtidos se encontram acima desse valor recomendado para contato primário com a água.

Na análise do ponto de coleta 22 se observou que ocorreu uma redução significativa (na análise) dos coliformes, passando de mais de 2400 coliformes no P11 para 1400 por 100 mL em 80% da amostra. Valor que não permite considerar a balneabilidade ou outras formas de uso da água. Uma das causas da redução da quantidade dos coliformes pode estar relacionada à proximidade com a bacia do rio Negro.

## **6.1. Tratamento Estatístico**

O HCA mostra dendrogramas em que é possível perceber claramente que não existe diferença em termos de concentração de metais da primeira para segunda coleta (**Figura 9**). Os dendrogramas relativos à primeira e segunda coleta são formados basicamente por dois grandes grupos: A, constituído pelos pontos de coleta P1-P3, P24 e P25, e B pelo restante dos

pontos de coleta. O grupo A pode ser subdividido em dois subgrupos: A1 formado por P1, P2 e P25 e A2 formado P3-P5 e P24. Nota-se que no Grupo A uma similaridade entre os pontos de coleta P1, P2 e P25. Como os dois primeiros pontos de coleta ainda mantêm as características naturais da bacia do Educandos, podemos afirmar que o P25, apesar de estar localizado numa região contaminada, ainda preserva composição de metais de região não contaminada. Os demais pontos de coleta por apresentar maior similaridade nas amostras, devido à influência dos esgotos domésticos e/ou industrial.

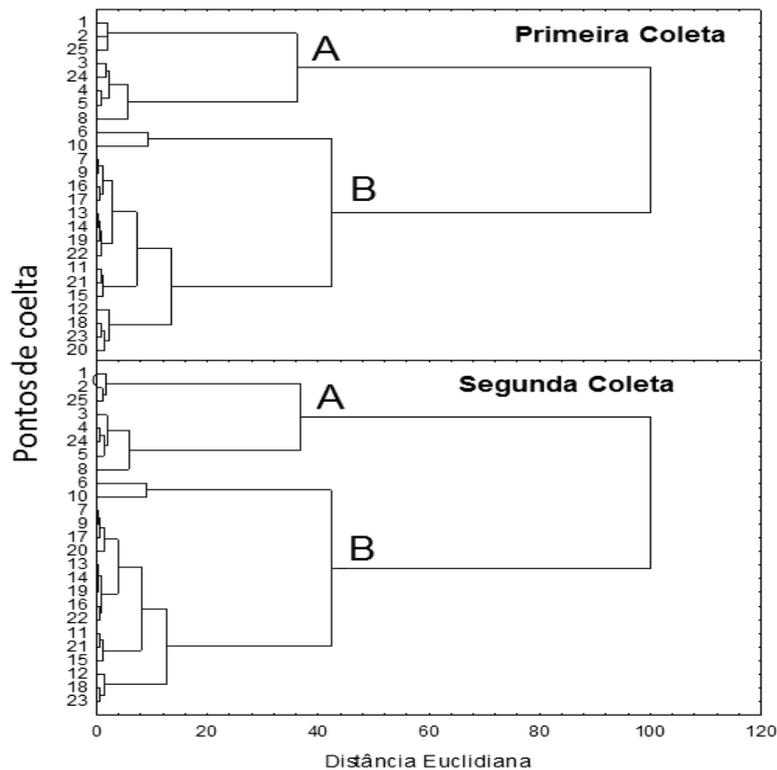


Figura 9 - Dendrograma referente às concentrações dos metais pesados, primeira e segunda coleta no ciclo hidrológico de 2009.

Os resultados obtidos do PCA revelam correlações de Pearson positivas com valores  $r >$  que 0,500 para Cr-S (0,545), Ni-S (0,611) Cd-Co

(1,000) na primeira coleta, Cu-pH (0,616), Cd-S (0,662) e Pb-Cu (-0,676) na segunda coleta. E os autovalores  $> 1,0$  observados permitem reduzir os dados em duas componentes: componente principal 1 (PC1) e componente principal 2 (PC2). No caso da primeira coleta, as três componentes principais explicam 67,80%; PC1 34,31% formada pelas variáveis S, Ni, Co, Cu e Cd, PC2 19,73% composta pelas variáveis Co, Cd e Cr e PC3 13,76% composta pelas variáveis S, Cr, Ni. Na segunda coleta, PC1 31,74% formada por pH, S, Cd, Cu, PC2 27,01% tendo apenas o Pb e PC3 13,32% composta por Co e Cr.

O PC-load revelam que as variáveis pH, S, Pb, Cr e Ni contribuem positivamente para a distribuição de pontos de coleta observada no gráfico da CP1 versus CP2 (**Figura 10**). Ao contrário dos resultados encontrados no HCA, as componentes principais mostram que P1 separado dos outros pontos de coleta.

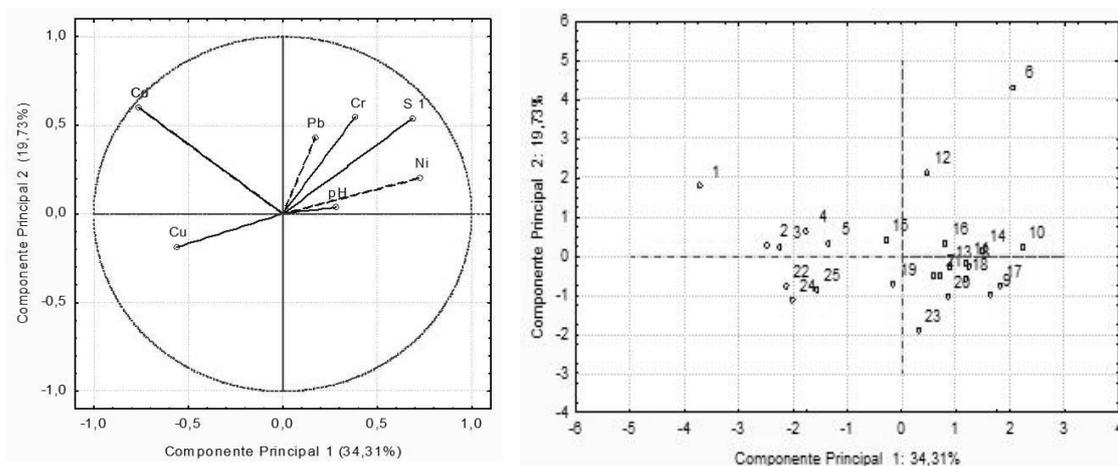


Figura 10 - Gráfico de PC-load e distribuição em função do PC1 e PC2 dos MPT no período da cheia nas águas da bacia do Educandos, durante ciclo hidrológico de 2009.

Essa diferença ocorreu devido à maneira de como é feita os cálculos no HCA e PCA. Durante o processo de redução dos dados nas componentes

principais, observa-se uma separação de variáveis que são consideradas parâmetros indicadores de contaminação, prevalece em PC1 (pH, S, Ni, Co, Cu e Cd). Ao longo de toda a bacia do Educandos as concentrações de Ni, Co, Cu e Cd se encontram acima dos limites da classificação de águas classes II classificadas pelo CONAMA.

As variáveis que compõem o PC1 têm como principais fontes de despejo nas águas da bacia do Educandos o PIM. Esses metais são muito usados pelas empresas para a realização de pinturas, galvanização entre outras peças de motos, televisões, bicicletas etc. Apesar de existir um órgão ambiental (Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas – IPAAM), algumas empresas do PIM ainda não tratam os efluentes adequadamente. Dessa forma, os resultados encontrados revelam que não mais a região do PIM e sim praticamente toda a bacia do Educandos se encontra contaminada por MPT.

Na segunda coleta as três primeiras componentes principais explicam 72,07%, o que representa 31,74% formada por PC1 compostas pelas variáveis (pH, S, Cd, Cu), 27,01% pela PC2 composta pela variável (Pb) e 13,32% PC3 compostas pelas variáveis (- Co e - Cr). A **Figura 11** mostra o gráfico da CP1 versus CP2, cuja principal característica é exibir quatro grupos, referente às coletas realizadas no período da seca, no ciclo hidrológico de 2009. O grupo formado pelas variáveis (Cr, Ni, Cd e S) aparece destacado na parte superior à direita do gráfico por possuírem teores mais elevados nos pontos (P6, P13 e P10) que os demais. A variável Pb aparece destacadamente das demais na parte superior à esquerda do gráfico devido à maior contribuição antrópica, amostra coletada no ponto (P8) localizado ao lado direito do Conjunto Nova República.

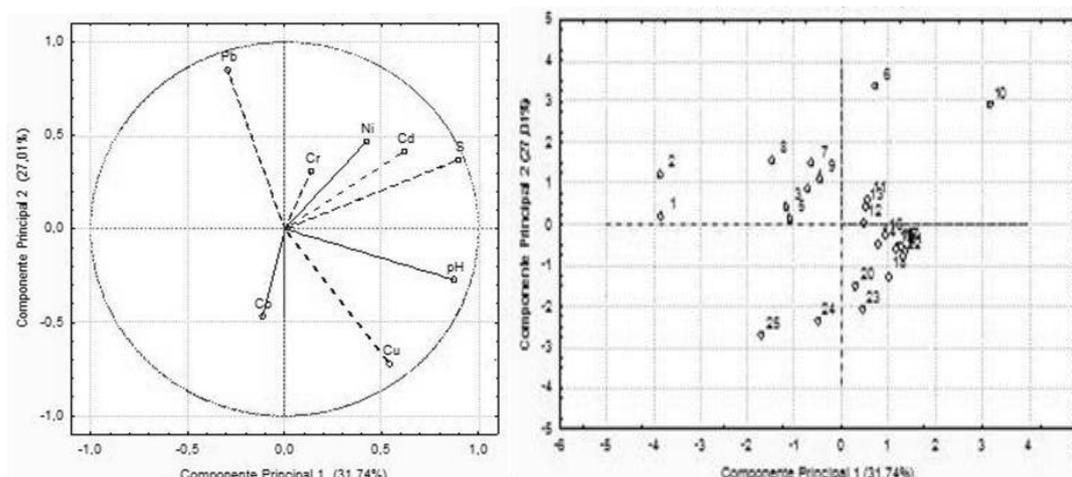


Figura 11 - Gráfico das Componentes Principais em relação às concentrações dos metais pesados no período da seca nas águas da bacia do Educandos, durante ciclo hidrológico de 2009.

As variáveis pH e Cu destacaram-se na parte positiva da componente principal 1, por apresentarem menores valores para acidez e alcalinidade sendo classificadas como fracamente alcalinas. Segundo o eixo da componente principal 1 é possível ordenar todas as amostras pelo tipo de poluição. A variável Co, amostra coletada nas proximidades da Av. Silves em frente à Quadra do PROSAMIM (P18) destacou-se na parte negativa desta componente por apresentar baixa concentração desse metal sendo que as concentrações de Co são os menores de todas as amostras analisadas. O eixo da componente principal 2 reflete apenas a intensidade da contribuição natural à composição química da água, portanto na parte negativa deste eixo ficam as amostras pobres neste metal.

## 7. Conclusões

Os resultados revelam que os MPT Cu, Cd, Cr, Co, Pb e Ni apresentaram as maiores concentrações ao longo da bacia do Educandos, como esperado PIM é o principal responsável pelos níveis encontrados. Os metais Hg e Zn só foram detectados em alguns pontos de coleta, indicando que suas fontes na bacia do Educandos são pontuais. Praticamente todos os valores estão acima dos limites estabelecidos pela Legislação Ambiental (CONAMA, 2005). De acordo com o HCA e PCA não foram observadas variações significativas entre os períodos da cheia e seca na nascente para as concentrações de MPT.

Por outro lado, as condutividades medidas nos dois períodos de coleta apresentaram valores que oscilaram significativamente ao longo da bacia do Educandos da primeira para a segunda coleta. Por sua vez, a oscilação na segunda coleta foi menos acentuada.

A HCA mostraram que existem correlações fortes entre os seguintes MPT Cu, Pb, Cd, Cr, Co e Ni. Essas correlações demonstram que o PIM é a principal fonte de MPT na bacia do Educandos.

A microbiologia como esperada mostrou que a presença de coliformes fecais nos pontos analisados (2400 por 100 mL em 80% da amostra) é muito alta. Esse resultado ultrapassa qualquer recomendação da legislação estabelecida pelo CONAMA. Dessa forma, pode-se afirmar que a água da bacia do Educandos não se encontra em condições de banho e consumo humano.

## 8. Referências Bibliográficas

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA (ANA); MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Plano Nacional de Recursos Hídricos: Documento Base de Referência – Minuta**. Brasília-DF, 2003b.

ALLOWAY, B. J. **Heavy metals in soils**. New York: John Wiley e Sons. p.339. 1990.

AMANN, R. I.; LUDWIG, W.; SCHEIDLER, K. H. Phylogenetic identification and in situ detection of individual microbial cells without cultivation. **FEMS Microbiology Letters**, Amsterdam, v. 59, p. 143 - 169, 1995.

APHA - American Public Health Association; American Water Work Association, AWWA - Water Pollution Control Federation – WPCF. **Standard Methods of the experimentation of Water and Wastewater**. 14 ed. New York, 1268p, 1985.

ATSDR - Agencia para Sustâncias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. Reseña Toxicológica Del Cobalto. Atlanta, GA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de los E E.U U., Servicio de Salud Pública, 2004.

AVILA-PIRES, T. C. S.; HOOGMOED, M.S.; VITT, L. J. **Herpetofauna Amazônica**. In: Nascimento, L. B.; Oliveira, M. E. **Herpetologia no Brasil II**, Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Herpetologia, p. 13-43, 2007.

AZEVEDO, E. B. Poluição versus tratamento de água: duas faces da mesma moeda. **Química Nova na Escola**. São Paulo, n. 10, p. 21-25, 1999.

AZEVEDO, F. A. e CHASIN, A. A. da M. **As bases toxicológicas da Ecotoxicologia**. Rima Editora, São Paulo, 2004.

AZEVEDO, S. M. F. O. Cianobactérias tóxicas: causas e conseqüências para a saúde pública. Ver. Brás. Pesq. e Desenvolvimento, v.3, n.2, p-81-94, 2001.

BAIRD, C. **Química Ambiental**. 2ª ed., Porto Alegre: Bookman, 2002.

BARTHEM, R. B.; FABRÉ, N. N. **Biologia e diversidade dos recursos pesqueiros Amazônia**. In: Mauro Luis Ruffino. (Org.). **A pesca e os recursos pesqueiros na Amazônia brasileira**. Manaus: Edua, v. 01, p. 17-62. 2004.

BENTES, K. R. S. **Estudo de um Espodossolo Hidromórfico existente na bacia de três igarapés do Distrito Industrial de Manaus (AM)**. Manaus: UFAM, 200 f. Dissertação (Mestrado em Química de Produtos Naturais), Instituto de Ciências Exatas, Universidade do Amazonas. 2001.

BINI, L. M. 2004. **Análises Multivariadas e Limnologia: Exploração, síntese e inferência de um mundo aquático complexo**. In: Bicudo, C. E. M.; Bicudo, D.C. **Amostragem em Limnologia**. Rima, São Carlos, p.73-107.

BLUNTSCHLI, H. Die Amazonasniederung als Harmonischer Organismus. Geogr. Z. 27, 49-67 (1921). **A Amazônia como organismo harmônico**. Trad. de H. Sioli, revisto por Arthur Hehl Neiva e Nunes Pereira. INPA, Manaus, Cadernos da Amazônia 1, 1-37

BOCCARD, J; GRATA, E.; THIOCON, A.; GAVARIT, J. Y; LANTÉRI, P.; CARRUPT, P. A.; WOLFENDER, J. L.; RUDAZ, S. Multivariate data analysis of rapid LC-TOF/MS experiments from Arabidopsis thaliana stressed by wounding. **Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems**, n.86, p. 198-197, 2007.

BRAILE, P. M.; CAVALCANTI, J. E. W. A. **Manual de tratamento de águas residuárias industriais**. São Paulo: CETESB, 1979.

BRANCO, S. M. **Água: origem, uso e preservação**. 2 ed. São Paulo: Moderna, 2003.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº. 54/2000. **Diário Oficial**, 15 de junho de 2000.

BRINGEL, S. R. B. Instituto de Tecnologia do Amazonas. **Estudo do nível de poluição nos igarapés do Quarenta e do Parque dez de Novembro**. Manaus: Centro de Desenvolvimento Pesquisa e Tecnologia do Estado do Amazonas - CODEAMA, 1986. Relatório Técnico.

CRHA - Caderno da Região Hidrográfica Amazônica - Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos. Brasília: MMA, p. 124-181, 2006.

CASSARET, A., DOULL'S, D. **Toxicology: the basic science of poisons**. 5. Ed. USA: MacMillan Publishing, 1986. 1111p.

CASTRO, R. F. **Determinação da composição inorgânica de duas gramíneas do Distrito Industrial de Manaus - AM**. Manaus: UFAM, p.88, 2000. Dissertação (Mestrado em Química de Produtos Naturais), Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal do Amazonas. 2000.

CLETO FILHO, S. E. N. **Efeitos da ocupação urbana sobre a macrofauna de insetos aquáticos de um igarapé da cidade de Manaus/AM.** 1998. 300f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas área de concentração Ecologia) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônica/Universidade Federal do Amazonas, Manaus. 1998.

CLETO FILHO, S. E. N.; WALKER, I. Efeitos da ocupação urbana sobre a macrofauna de invertebrados aquáticos de um igarapé da cidade de Manaus/AM – Amazônia Central. **Acta Amazônica**, v. 31, n. 1, p. 69-89, 2001.

CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente; Ministério do Meio Ambiente do Brasil. **Resolução N. 274 de 29 de novembro de 2000.**

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. **Padrões de qualidade de água.** 2005.

CORSON, W. H. (ed.). **Manual Global de Ecologia: o que você pode fazer a respeito da crise do meio ambiente.** Traduzido por Alexandre Gomes Cumaru. São Paulo: Augustus, 1993.

COUTINHO, H. L. da C.; OLIVEIRA, V. M. de; MANFIO, G. P.; ROSADO, A. S. Evaluating the microbial diversity of soil samples: methodological innovations. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 71, n. 3, p. 491-503, 1999.

DE CARVALHO, R. M. **Um estudo da Geografia do Amazonas.** Boa Vista: Gráfica Real – A.S. Chaves – ME, 130 p. 2001.

DIAS, C. M. **Estudo físico-químico da água de três igarapés na região do Distrito Industrial de Manaus - AM.** Manaus: UFAM, 114f. 2001. Dissertação (Mestrado em Química de Produtos Naturais), Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal do Amazonas, 2001.

DOS SANTOS, G. M.; DOS SANTOS, A. C. M. Sustentabilidade da Pesca na Amazônia. **Estudos Avançados**, v. 19, n. 54, 2005.

Elias, A.S. S; Silva, M.S.R. 2001. Hidroquímica das Águas e Quantificação de Metais nos Sedimentos de Fundo das Bacias Hidrográficas de Área Urbana de Manaus que Deságuam no Rio Negro. *Anais da Jornada de Iniciação Científica do INPA*, 10. CNPq/INPA. p. 402-405.

EPA - United States Environmental Protection Agency 2002. Methods for measuring the acute toxicity of effluents and receiving waters to freshwater and marine organisms. 5 ed. Disponível em: <<http://www.epa.gov/oilspill/index.htm>>. Acesso em: Outubro 2009.

ERTEL, J. R.; HEDGES, J.; DEVOL, A. H.; RICHEY, J. E.; RIBEIRO, M. N. G. **Limnologist. Oceanographically.** 31, 739, 1986.

ESTEVES. F. A. **Fundamentos de Limnologia.** Rio de Janeiro: Editora Interciência, 574p. 1988.

FREITAS, M.A.V. **Gestão de Recursos Hídricos na Bacia Amazônica**. Manaus, ANA, agosto de 2003, (CD-rom).

FELLENBERG, G. **Introdução aos problemas de poluição ambiental**. São Paulo: Springer Editora da Universidade de São Paulo, 1980.

FILIZOLA JR., N. P. O Fluxo de Sedimentos em Suspensão nos Rios da Bacia Amazônica Brasileira. Dissertação de Mestrado. Brasília, DF: ANEEL. p.185, 1999.

FILIZOLA, H. F.; FERRACINI V. L.; SANS, L. M. A.; GOMES, M. A. F.; FERREIRA, C. J. A. Monitoramento e avaliação do risco de contaminação por pesticidas em água superficial e subterrânea na região de Guairá. **Pesquisas Agropecuaria Brasileira**, v. 37, n. 5, p. 659-667, 2002.

FITTKAU, E. J.; IRMLER, U.; JUNK, W. J.; REISS, F.; SCHMIDT, W. G. **Productivity, Biomass, and Population Dynamics in Amazonian Water Bodies. Ecological Division of the Amazon Region**. In F. Golley and E. Medina, eds., **Tropical Ecological Systems**, p. 289-311. New York: Springer-Verlag. 1975.

FUNASA - Fundação Nacional de Saúde. Portaria n.º 1.469/2000, de 29 de dezembro: aprova o controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 32p. 2001.

FURCH, K, 1984. Water chemistry of the **Amazon Basin: the distribution of chemical elements among freshwaters**. In: SIOLI, H. (Ed.). **The Amazon: Limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin**. Dordrecht: Junk Publishers. 763 p. 1984.

FURCH, K.; JUNK, W. J. **Physicochemical conditions in the floodplains**. In: Junk, W.J. (Ed). **The Central Amazon Floodplain: Ecology of a Pulsing System**. Berlin: Springer-Verlag, p. 69-108. 1997.

GEOMANAUS. **Projeto Geo Cidades - Relatório Ambiental Urbano Integrado**. Rio de Janeiro: Consórcio Parceria, v. 21, p. 188, 2002.

GRASSI, M. T. As Águas do Planeta Terra. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 1, p. 31-40, 2001.

GUEDES, N. C. de C. **Poluição aquática na microbacia do Igarapé do Quarenta, Manaus - Amazonas**. Manaus: UFAM, 2003. Dissertação (Mestrado em Química de Produtos Naturais), Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal do Amazonas, 2003.

HAIR JR, J. F.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L.; BLANK, W. C. **Multivariate data analysis with readings**. 4ª Ed. New Jersey: Prentice Hall, 745p. 1995.

HAMMOND, P. B., AGUIRRE-HUDSON, M., DADD, B., GROOMBRIDGE, J., HODGES, M. JENKINS, M., MENGESHA, M. H., STEWART GRANT, W. **The current magnitude of biodiversity**. In: **Global Biodiversity Assessment**, Reino Unido: Cambridge University Press, p. 113-138, 1995.

HENRIQUES, G. S; HIRATA, M. H.; COZZOLINO, S. N. F. **Aspectos recentes da absorção e Biodisponibilidade do zinco e suas correlações com a fisiologia da isoforma testicular da enzima conversora de angiotensina**. *Ver. Nutr.*, Campinas, v.16, n. 3, p.333-345, 2003.

**IBGE**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística Posição ocupada pelos 100 maiores municípios em relação ao Produto Interno Bruto. Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br>> Acesso em: out. 2008.

IRION, G. **Clay Minerals of Amazonian Soils**. In: **The Amazon limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin**, Boston: Lancaster, n. 21, p.537-79, 1984.

JUNK, W. J. **Ecology, fisheries and fish culture in Amazonia**. In: **The Amazon: limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin**. Ed.: Sioli. W. Junk Publications, Netherlands, 443-476. 1984.

JUNK, W. J.; FURCCH, K. **The Physical and Chemical Properties of Amazonian Waters and their Relationships with the Biota**. In: Prance, G.T. e Lovejoy, T.E. (eds.) **Key Environments Amazonia**. Pergamon Press, Oxford, New York, Toronto, Sydney, Frankfurt, p 3-17. 1985.

Junk, W.J.; Bayley, P.B.; Sparks, R.E. The flood pulse concept in river-floodplain systems. **Canadian Special Publication in Fisheries and Aquatic Sciences**, 106: 110-127, 1989.

JUNK, W.J.; SILVA, C.J. **Neotropical floodplains: A coparison between the Pantanal of Mato Grosso and the large Amazonian river floodplains**. In: Tudisi, J.G., Bicudo, C.E.M., Tundisi, T.M. (eds.): **Limnology in Brazil. Brazilian Academy of Sciences**. Rio de Janeiro: Brazilian Limnological Society, p. 195-217, 1995.

KABATA-PENDIAS, A; PENDIAS, H. **Trace elements in soils and plants**. 3rd ed. Boca Raton: CRC Press, 413p. 2001.

KEGLEY, S.E. e ANDREWS, J. (1998) **chemistry of water**. National Science Foundation, USA.167p.1998.

KELLY, S.; HEATON, K.; HOOGEWERFF, J. Tracing the geographical origin of food: The application of multi-element and multi-isotope analysis. *Trends in Food Science and Technology* n.16, 45, p. 555–567, 2005.

KLINGE H. Podzol soils : a source of blackwater rivers in Amazonia, In: H. Lent (ed.). *Atas do Simpósio sobre a Biota Amazônica - Limnologia*. Belém: UFPA, vol. 3. p. 117-125. 1967.

KOOGAN, A.; HOUAISS, A. **Enciclopédia e dicionário ilustrado**. 4 ed. Edições Delta - Rio de Janeiro: Seifer, 2000.

KÜCHLER, I. L.; MIEKELEY, N.; FORSBERG, B. R. A. Contribution to the Chemical Characterization of Rivers in the Rio Negro Basin, Brazil. **Journal Brazilian Chemistry Society**. v. 11, n. 3, p. 286-292, 2000.

LEE. J. D. **Química Inorgânica não tão concisa**. Tradução da 5ª edição inglesa. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.

LEENHEER, J. A.; SANTOS, U. M. Considerações sobre os processos de sedimentação na água preta ácida do rio Negro, Amazônia Central. **Acta Amazônica**, v.10, n. 2, p. 343-355, 1980.

MARKICH, S. J.; BROWN, P. L. Relative Importance of Natural and Anthropogenic Influence on the Fresh Surface Water Chemistry of the Hawkesbury-Nepean River, South-Eastern, Australia. **The Science of the Total Environment**, n. 217. p. 201-230, 1998.

MAURICE, T. P. SU, D.W. Parish, N. Nabeshima and A. Privat, PRE-084, an  $\sigma$  selective PCP derivative, attenuates MK-801-induced impairment of learning in mice. **Pharmacology Biochemistry and Behavior**, v. 49, n. 4., p. 859-869, 1994.

MELLO, M. L. de MOURA, H. A. de. **Migrações para Manaus**. Recife, Massangana, p. 505, 1990.

MELO, E. G. F; SILVA, M. S. R; MIRANDA, S. A. F. Influência antrópico sobre águas de igarapés na cidade de Manaus – Amazonas. **Caminhos de Geografia**, v. 5, n.16, p. 40 – 47, 2005.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. “Portaria 36: Padrões de Potabilidade”. 1990.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria nº 1469 de 29 de dezembro de 2000. Estabelece o padrão de potabilidade da água para consumo humano. 2000.

MOLINIER, M.; GUYOT, J. L; DE OLIVEIRA, E; GUIMARÃES, V. Hidrologia da Bacia do Rio Amazonas. **A Água em Revista**, v.2, n. 3, p. 31-36, 1994.

MOORE, J.W., RAMAMOORTHY, S. **Heavy metals in natural waters**. New York: Springer-Verlag, p. 328,1984.

MORMUL, R. P.; KWIATKOWSK, A ZERBINI, D. L. N.; FREITAS, A. A.; ALMEIDA, A. C. G.. Avaliação da qualidade da água em nascentes da favela são Francisco de Campo mourão - PR. **Sábios**, Curitiba, v. n. 1, p. 36-41. 2006.

MUYZER G.; HOTTENTRAGER, S.; TESKE, T. e WAWER C. **Denaturing gradient gel electrophoresis of PCR amplified 16S rDNA . A new molecular approach to analyse the genetic diversity of mixed microbial communities**. In: **Molecular methods ecology manual**. p. 1-23., 1996.

MYERS, N. (ed.). Gaia: **An Atlas of Planet Management**. New York: Anchor Press, 1984.

NASCIMENTO L. V. Características dos principais parâmetros para a determinação da qualidade da água. Agência Técnica da Bacia do Rio Doce, Belo Horizonte, 2000 [on-line]. Disponível em: [WWW.fcth.br/public/cursos/phd5028/Zoneamento%20das%20Aguas/tema12.pdf](http://WWW.fcth.br/public/cursos/phd5028/Zoneamento%20das%20Aguas/tema12.pdf). Acessado em 24/06/2010.

NIOSH - National Institute of Occupational and Safty Health. Occupational exposure to chomic acid criteria. Cincinnati, 1973.

OMS – Organização Mundial da Saúde. **Guias para qualidade del água potable**. v. 1, Washington D.C., 1984.

DE OLIVEIRA, T. C. S. **Distribuição de metais pesados em sedimentos na região do Distrito Industrial de Manaus, AM**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Amazonas, Programa de Pós-Graduação em Química. 2002.

OLIVIERI, S. T.; HARRISON, J.; BUSBY, J. R. **Data and information management and communication**. In: Heywood, V. H. (Ed.). **Global biodiversity assessment**. Cambridge University Press, Cambridge, U.K. p. 611–670, 1995.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). **Mercúrio: aspectos ambientais**. Geneve. (Environmental Health Criteria, 86), 1989.

ØYGARD, J.K.; MAGE, A.; GJENGEDAL, E. Estimation of the mass-balance of selected metals in four sanitary landfills in Western Norway, with emphasis on the heavy metal content of the deposited waste and the leachate. **Water Research**, v. 38, p. 2851-2858, 2004.

PASCOALOTO, D.; DA CUNHA, H. B.; **Hidroquímica dos Rios da Amazônia**. Manaus: Governo do Amazonas/Secretaria de Cultura. 2006.

PROSAMIM, Programa Social e Ambiental dos Igarapés de Manaus; Recuperação Ambiental e Requalificação Urbanística dos Igarapés, 2005. ([www.prosamim.am.gov.br](http://www.prosamim.am.gov.br)) Acesso em: out. 2010.

PROSAMIM, Programa Social e Ambiental dos Igarapés de Manaus; Recuperação Ambiental e Requalificação Urbanística dos Igarapés, 2004. ([www.prosamim.am.gov.br](http://www.prosamim.am.gov.br)) Acesso em: out. 2010.

SALATI, E.; MARQUES, J. **Climatology of the Amazon region** In: **The Amazon**, Sioli, H. (ed.), Dordrecht: Dr. W. JUNK Publishers. p. 85-126, 1984.

SAMPAIO, A. Q. **Caracterização física e química dos sedimentos na área do Distrito Industrial de Manaus - AM**. Manaus: UFAM, 2000 120p. Dissertação (Mestrado em Química de Produtos naturais), Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federado Amazonas, 2000.

SANTOS, U. M.; RIBEIRO, M. N. G. A hidroquímica do rio Solimões-Amazonas. **Acta Amazônica**, v.18, n. 3-4, p.145-72, 1988.

SCHIMMEL, M. Ecosystem consequences of microbial diversity and community structure. *Ecological Studies*, v. 113, p. 239-254, 1995.

SCHMIDT, G. W. Chemical properties of some waters in the tropical rain-forest region of Central Amazonia along the new road Manaus-Caracarái. **Amazoniana**, v. 3, n. 2, p. 199-207. 1972.

SILVA, A. C.; DEZOTTI, M.; SANT'ANNA Jr., G. L. Treatment and detoxification of a sanitary landfill leachate. **Chemosphere**, v. 55, p. 207-214, 2004.

SILVA, C.P.D. **Influência das modificações ambientais sobre a comunidade de peixes de um igarapé da cidade de Manaus-AM**. Manaus: INPA/UFAM, p.112, 1992. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas), Centro de Ciências do Ambiente, Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia, Universidade Federal do Amazonas, 1992.

SILVA, M.S.R. **Metais pesados em sedimentos de fundo de igarapés (Manaus-Am)**. Belém, Universidade Federal do Pará. Dissertação (Mestrado Geoquímica Ambiental) – Universidade Federal do Pará, p.120, 1996.

SILVA, M. S. R.; RAMOS, J. P.; PINTO, A. G. N. Metais de transição nos sedimentos de igarapés de Manaus-AM. **Acta Limnológica Brasiliensis**, v.11, p. 89-100, 1999.

SIOLI H. A limnologia e sua importância em pesquisas na Amazônia. **Amazoniana**, v.1, n. 1, p. 11-35. 1965.

SIOLI, H., KLINGE, H. As águas do Alto Rio Negro. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, v.1, p. 27-41. 1962.

SIOLI, H. **Amazônia: Fundamentos da ecologia da maior região de florestas tropicais**. Tradução de Johann Becker. 3ª ed. Petrópolis: Vozes, 1991. 72 p.

SIOLI, H. In: SILVA, M. S. R. 1996. **Metais pesados em sedimentos de fundo de igarapés (Manaus – Am)**. Belém, Universidade Federal do Pará, 109 p. 1985 (Dissertação de Mestrado em Geologia e Geoquímica).

SIOLI, H. Das Wasser im Amazonasgebiet. **Forsch.u. Fortschr.**, v. 26, p. 274-280. 1950.

SIOLI, H. Sedimentation in Amazonasgebiet. **Geologische Rundschau**, v. 45, p. 608–633. 1956.

SIOLI, H. **The Amazon and its main affluents: Hydrography, morphology of the river courses**; and river types. In: SIOLI, H. (Ed.). *The Amazon. Limnology and Landscape Ecology of a might Tropical River and its Basin*. Dordrecht: Dr. W. JUNK Publishers, p. 127–165. 1984.

SIOLI, H. **Tropical Rivers as expressions of their terrestrial environments.** In: **Ecological Studies.** Ed. by F. B. Giley and E. Medina. Spring Verlag, New York, 275-287p. 1975.

SIOLI, H. Zum alterungsprozess von flussen, and flusstypen in Amazonas gebiet. **Archives of Hidrobiolgy**, 43: 267-283. 1951.

SLETTEN, R.S.; BENJAMIN, M. M.; HORNG, J. J.; FERGUSON, J.F. Physical - chemical treatment of landfill leachate for metals removal. **Water Research**, v. 29, n. 10, p. 2376-2386, 1995.

SPERLING, M. V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** v. 1, Belo Horizonte: DESA-UFMG, 1996.

STALEY, J. T.; GOSINK, J.J. Poles apart: biodiversity and biogeography of sea ice bacteria. **Annual Review of Microbiology**, v. 53, p. 189–215, 1999.

STALLARD, R.F.; EDMOND, J.M. Geochemistry of the Amazon. 2. The influence of geology and weathering environment on the dissolved load. **Journal of Geophysical Research**, v. 88, p. 9671-9688, 1983.

SUNDERMAN JUNIOR, F.W. Mechanisms of nickel carcinogenesis. **Scandinavian Journal of Work Environmental and Health**, v.15, p.1-12, 1989.

TAVARES, T. M. Avaliação de exposição de populações humanas a metais pesados no meio ambiente: exemplo do Recôncavo Baiano. **Química Nova**, v. 15, n. 2, p 147-153, 1992.

TEN KATE, K. **Biotechnology in fields other than healthcare and agriculture** In: TEN KATE, K.; LAIRD, S. A. **The commercial use of biodiversity.** London: Earthscan Publications Ltd., p. 228–261. 1999.

TIBURTIUS, E. R. L.; PERALTA-ZAMORA, P. G.; LEAL, ELENISE SAUER. Contaminação de águas por BTXs e processos utilizados na remediação de sítios contaminados. **Química Nova**, v. 27, p. 441-446, 2004.

U.S. EPA. National Primary and Secondary Drinking Water Standards. 2003. Disponível em: <[www.epa.gov/safewater](http://www.epa.gov/safewater)>. Acesso dia 28/10/2010.

VALLE, A. S. **Os igarapés no contexto do espaço urbano de Manaus: Uma visão ambiental.** Manaus: UFAM, p. 124, 1999. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais), Centro de Ciências do Ambiente, Universidade Federal do Amazonas, 1999.

VALLE, C. M. do. **Impacto ambiental Urbano: Avaliação física e química dos solos da bacia do Igarapé do Quarenta (Manaus-Am).** Manaus: UFAM, 1998 p.90. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais), Centro de Ciências do Ambiente, Universidade Federal do Amazonas, 1998.

VAN ELSAS, J. D.; DUARTE, G. F.; ROSADO, A. S.; SMALLA, K. Microbial and molecular biological methods for monitoring microbial inoculants and their

effects in the soil environment. **Journal of Microbiological Methods**, Washington, v. 32, p. 133-154, 1998.

WALKER, I. The biology of streams as part of Amazonian forest ecology. **Experientiae**, v. 73, p. 279-287. 1987.

WASHINGTON, H.G. Diversity, biotic and similarity indices. A review with special relevance to aquatic ecosystems. **Water Research**, v. 18, p.653-694, 1984.

Welz, B. **Atomic Absorption Spectrometry**. Berlin: VCH Verlagsgesellschaft mbH, 506 p. 1985.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Mercury: environmental aspects. Geneve; 1989. (Environmental Health Criteria, 86).

WRI - World Resources Institute and IIED- International Institute for Environment and Development. **World Resources 1987**. New York: Basic Books, 1987.

ZENEBON O, MAIO FD, SAKUMA AM, ROSA E. Determinação de mercúrio em águas sanitárias comercializadas em região do sudeste do Brasil. **Rev. Saúde Pública**, v. 28, p. 127-130, 1994.

ZILLI, E.J.; RUMJANEK, N.G.; XAVIER, G.R.; COUTINHO, H.L.C.; NEVES, M.C.P. Diversidade microbiana como indicador de qualidade do solo. **Cadernos de Ciência e Tecnologia**, v. 20, n. 3, p. 391-411, 2003.

## 9. GLOSSÁRIO

**Águas de classe 2:** Uma das classificações das águas doces, salobras e salinas do Território Nacional, pelo CONAMA, como água destinada: ao abastecimento doméstico após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário (esqui aquático, natação e mergulho); à irrigação de hortaliças e plantas frutíferas; à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.

**Antrópica:** Diz-se das ações resultantes da atuação do homem sobre o meio ambiente.

**Bacia hidrográfica:** Conjunto de terras de drenagem por um rio principal e seus afluentes. Longitudinalmente, nas depressões, ocorrem a concentração das águas drenadas, formando um lençol fluente, os rios. Em toda bacia hidrográfica deve existir uma hierarquização da rede de drenagem partindo dos pontos mais elevados para os mais baixos e de acordo como o dinamismo dos diferentes tributários.

**Ecossistema ou sistema ecológico:** É qualquer unidade que inclua todos os organismos em uma determinada área, interagindo com o ambiente físico, de tal forma que um fluxo de energia leve a uma estrutura trófica definida, diversidade biológica e reciclagem de materiais - troca de materiais entre os componentes vivos. É a unidade básica da ecologia.

**Geoquímica:** Estudo dos padrões de abundância e de distribuição de elementos químicos ou seus isótopos dentro da terra.

**Homeostase ambiental:** Nascentes e cabeceiras de drenagens, áreas de recarga de aquíferos, áreas de inundação periódica, santuários de reprodução da vida.

**Igarapé** - Pequeno rio, em linguagem coloquial, da rede de drenagem amazônica. Apesar de apresentar uma vazão muito mais expressiva, seria um termo correlato ao Ribeirão e Córrego da Região Sudeste; ou ao Arroio e Sanga, no Rio Grande do Sul.

**Impacto ambiental** - “qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que direta ou indiretamente afetam a saúde, a segurança e bem estar da população; as atividades socioeconômicas, a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente”. (CONAMA 001/86).

**Metais pesados:** são elementos químicos metálicos e não-metálicos que estejam associados com poluição e toxicidade, incluindo alguns elementos essenciais aos organismos vivos, em baixas concentrações.

**Solos podzólicos:** Classe de solos formados em climas temperados úmidos sob vegetação de coníferas, caracterizados por apresentarem horizonte claro e aluvial. No Brasil a maioria destes solos associa-se a materiais arenosos.

**Sedimentos do Pleistoceno:** Formados por depósitos profundos de areias quartzosas brancas, sobre as quais se formam os spodosolos.

## **10. Abreviaturas**

**FAAS:** Espectrometria de Absorção Atômica de Chama

**IGA do 40:** Igarapé do Quarenta

**MPT:** Metais potencialmente tóxicos

**PIM:** Pólo Industrial de Manaus

**S<sup>-1</sup>:** Condutividade elétrica