



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
FACULDADE DE OCEANOGRAFIA**

**CAROLINA RODRIGUES MELO**

**QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DA ÁREA DE  
INFLUÊNCIA DAS EMPRESAS DE MINERAÇÃO MMX  
(FERRO) E MPBA (OURO), NA REGIÃO DE SERRA DO  
NAVIO E PEDRA BRANCA DO AMAPARÍ-AP.**

**BELÉM  
2009**

CAROLINA RODRIGUES MELO

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DA ÁREA DE  
INFLUÊNCIA DAS EMPRESAS DE MINERAÇÃO MMX  
(FERRO) E MPBA (OURO), NA REGIÃO DE SERRA DO  
NAVIO E PEDRA BRANCA DO AMAPARÍ-AP.

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado a Faculdade de Oceanografia  
da Universidade Federal do Pará para  
obtenção do grau de Bacharel em  
Oceanografia.

Orientador: Prof. Dr. Milton Antônio da  
Silva Matta

Belém (PA)  
2009

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)  
Biblioteca Geólogo Raimundo Montenegro Garcia de Montalvão

---

M528q Melo, Carolina Rodrigues

Qualidade das águas superficiais da área de influência das empresas de mineração MMX (ferro) e MPBA (ouro), na região de Serra do Navio e Pedra Branca do Amaparí-AP / Carolina Rodrigues Melo; orientador: Milton Antonio da Silva Matta – 2009

86 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Oceanografia) – Faculdade de Oceanografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, Segundo Semestre de 2009.

1. Mineração – Aspectos ambientais - Amapá. 2. Qualidade da água. 3. Pedra Branca do Amaparí (AP). I. Universidade Federal do Pará. II. Matta, Milton Antonio da Silva, *orient.* III. Título.

CDD 20° ed.: 622.4098116

---

CAROLINA RODRIGUES MELO

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DA ÁREA DE  
INFLUÊNCIA DAS EMPRESAS DE MINERAÇÃO MMX  
(FERRO) E MPBA (OURO), NA REGIÃO DE SERRA DO  
NAVIO E PEDRA BRANCA DO AMAPARÍ-AP.

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado a Faculdade de Oceanografia  
da Universidade Federal do Pará para  
obtenção do grau de Bacharel em  
Oceanografia.  
Orientador: Prof. Dr. Milton Antônio da  
Silva Matta

Data de aprovação: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Conceito: \_\_\_\_\_

Banca examinadora:

---

Prof. Milton Antonio da Silva Matta - Orientador  
Doutor em Hidrogeologia  
Universidade Federal do Pará

---

Prof. Francisco de Assis Oliveira - Membro  
Doutor em Ciências  
Universidade Federal do Pará

---

Prof.<sup>a</sup> Silvana do Socorro Veloso Sodré - Membro  
Mestre em Ciências Ambientais  
Universidade Federal do Pará

Aos meus pais e grandes mestres da vida: Geraldo Lucena Melo e Irlan Rodrigues Melo. Obrigada por representarem meu esteio, meu passado e meu futuro e por terem contribuído no processo de minha formação. Ao meu padrinho Benedito Lucena Melo (*in memoriam*) por representar um dos meus referenciais de honra e honestidade.

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus por sua imensa bondade e sabedoria, pela força espiritual que me deu no decorrer do curso e pelas bênçãos que me proporcionou em todos os momentos de minha vida.

À minha mãe por seu sorriso carinhoso e alegria dentro de casa, além do grande incentivo, dedicação, amor, mas principalmente pelos “puxões de orelha” que muito importante foram em minha formação de caráter.

Ao meu pai, que me deu a vida e me ensinou a vivê-la com dignidade, sem medir esforços para que eu realizasse meus sonhos.

Ao professor doutor Milton Antonio da Silva Matta, meu pai postiço, pela orientação e, sobretudo, por ter me incentivado a estudar.

Ao meu namorado Daniel, pela paciência (por vezes perdida), compreensão, ajuda dedicada, além do amor e carinho em todos os momentos em que precisei, preciso e precisarei.

Ao meu grande amigo Igor Charles que muito importante foi para a realização desse trabalho e de outros trabalhos, com sua imprescindível ajuda, principalmente quando, por conta de seus horários, se desdobrava para me ajudar.

Aos meus priminhos Matheus e Sophia, pelos momentos de alegria e esperança que me passam através de sua inocência e energia de criança.

Aos meus queridos amigos e colegas pelos momentos de descontração e apoio, sem os quais meus resultados não seriam os mesmos.

Aos queridos amigos que conviveram comigo por quatro anos todos os dias de nossa graduação, pelos momentos de trabalho e estudo, além dos momentos de descontração e risos, muitos risos, extremamente necessários.

Àqueles que, mesmo de longe, não me deixaram desistir nos momentos de fraqueza, me dando apoio incondicional mesmo à distância.

À todos aqueles, que em determinado momento da minha vida diretamente ou indiretamente, contribuíram para este e para outros trabalhos realizados.

## RESUMO

Este estudo objetivou avaliar a qualidade das águas superficiais da área de influência das empresas de mineração de ferro e Ouro, na região de Serra do Navio e Pedra Branca do Amaparí, estado do Amapá e estabelecer as relações entre mineração e comprometimento ambiental, visando a melhoria da qualidade de vida da população envolvida, uma vez que a qualidade das águas tem uma relação direta com saúde pública. Para isso foram coletadas e analisadas 16 amostras de água nos igarapés William, Mário Cruz, Taboca, Mata Fome, Jornal, Taperebá e Silvestre. Com o resultado das análises pôde ser notado que as mineradoras tiveram influência significativa na área estudada, principalmente no que diz respeito aos valores de cor e turbidez, já que para realizar a extração dos minérios houve a necessidade da remoção da cobertura vegetal, resultando em intenso processo de lixiviação, carreando grande quantidade de sedimentos para os cursos hídricos, diminuindo a penetração da luz impossibilitando a fotossíntese e prejudicando a vida aquática, diminuindo, assim, a quantidade de peixes, base da alimentação da população ribeirinha. O elemento cianeto apresentou concentrações abaixo de 0,001 mg/L, o que reflete o eficiente controle da empresa MPBA sobre as águas de descarte para os cursos hídricos. Porém, o cianeto pode estar sendo liberado para atmosfera na forma gasosa (HCN), acarretando sérios problemas ambientais. Isso ainda necessita de estudo mais detalhado para a quantificação das concentrações liberadas pela empresa mineradora de ouro MPBA, evitando assim problemas ambientais que afetem a flora e fauna. Outro aspecto importante observado foi o valor elevado do pH na amostra coletada na confluência dos igarapés William e Taboca que pode facilitar a precipitação de elementos químicos tóxicos como metais pesados, além de exercer efeitos sobre a solubilidade de nutrientes. Para que seja feita melhor avaliação da real influência dessas mineradoras referente aos impactos ambientais nos recursos hídricos adjacentes à área do empreendimento, se faz necessário o monitoramento da qualidade das águas, dentro de um ciclo hidrológico completo, contemplando pelo menos quatro campanhas de amostras.

Palavras-Chave: Mineração. Qualidade da água. Pedra Branca do Amaparí (AP).

## ABSTRACT

The main goal of this study was to evaluate the quality of surface waters of the area influenced by the mining companies of iron and gold, in the area of Serra do Navio and Pedra Branca do Amapari, state of Amapá, and to establish the relationships between mining and environment. This study will contribute to the improvement of the population life quality, once the quality of the waters has a direct relationship with public health. For that, 16 samples of water were collected and analyzed from the small rivers William, Mário Cruz, Taboca, Jornal, Mata Fome, Taperebá and Silvestre. It could be interpreted, by the result of the analyses, that the mining companies had significant influence at the studied area, mainly in what concerns the color and turbidity values, since the extraction of the ores needs to remove the vegetable covering, resulting in an intense leaching process, responsible for a great amount of sediments to the water courses, reducing the penetration of the light, disabling the photosynthesis and harming the aquatic life, and decreasing the amount of fishes, base of the area population feeding. The element cyanide showed concentrations below 0,001 mg / L, what seems to point to a very efficient control by the MPBA Company toward the discard ore treated waters to the rivers. However, the cyanide should have been liberated to atmosphere in the gaseous form (HCN), leading serious environmental problems. That still needs more detailed study, mainly on the quantification of the concentrations liberated by the mining process, avoiding environmental problems that affect the area flora and fauna. Another important aspect was the high value of the pH in the sample collected in the confluence of William and Taboca rivers. This can facilitate the precipitation of toxic chemical elements as heavy metals and also affect nutrient solubility. For a better evaluation of the real influence of those mining companies toward the environment and the water resources, it is necessary to monitor the water quality during an entire water cycle with at least four sampling.

Key words: Mining. Water quality. Pedra Branca do Amapari (AP).

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Gráfico 1 - Produção Mineral Brasileira Comercializada.....	13
Quadro 1 - Distribuição das Atribuições Governamentais em Relação à Proteção Ambiental e Planejamento de Mineração.....	14
Mapa 1 – Localização da área de estudo; sub-bacia do rio Amaparí e seus afluentes de margem esquerda, Igarapés Silvestre, Taperebá, Jornal, Mário Cruz, Taboca, William e Mata fome, objetos do estudo.....	18
Figura 1 – Bacia de Rejeito da empresa MPBA, contendo o minério que passou pelo processo de neutralização. ....	24
Figura 2 - Diagrama de distribuição das espécies para o sistema CN-H <sub>2</sub> O, a 25° C.	26
Quadro 2 - Relação de cianocomplexos metálicos e suas estabilidades relativas ...	36
Mapa 2 - Distribuição espacial dos pontos de coleta com a demarcação das áreas de influência direta (em vermelho) e área de influência indireta (em verde). ....	40
Quadro 3 – Classificação dos pontos de coleta referente à influência das empresas mineradoras MMX e MPBA. ....	41
Mapa 3 - Valores de cor das amostras de água coletadas nos igarapés da área de influência direta.....	44
Gráfico 2 – Valores de cor das amostras coletadas nos igarapés da área de influência direta e valores de referência do CONAMA e OMS. ....	44
Mapa 4 - Valores das concentrações de sólidos totais dissolvidos das amostras de água coletadas nos igarapés da área de influência direta.....	45
Gráfico 3 – Valores das concentrações de sólidos totais dissolvidos das amostras coletadas nos igarapés da área de influência direta e valores de referência do CONAMA e OMS. ....	46
Mapa 5 - Valores de turbidez das amostras de água coletadas nos igarapés da área de influência direta. ....	47
Gráfico 4 – Valores de turbidez das amostras coletadas nos igarapés da área de influência direta e valores de referência do CONAMA e OMS. ....	48
Mapa 6 - Valores de condutividade elétrica das amostras de água coletadas nos igarapés da área de influência direta. ....	49
Gráfico 5 – Valores de condutividade elétrica das amostras coletadas nos igarapés da área de influência direta.....	49
Mapa 7 - Valores de pH das amostras de água coletadas nos igarapés da área de influência direta. ....	50
Gráfico 6 – Valores de pH das amostras coletadas nos igarapés da área de influência direta e valores de referência do CONAMA. ....	51
Gráfico 7 – Valores de pH das amostras coletadas nos igarapés da área de influência direta e valor de referência da OMS.....	51
Mapa 8 - Valores das concentrações de nitrato das amostras de água coletadas nos igarapés da área de influência direta. ....	52
Gráfico 8 – Valores das concentrações de nitrato das amostras coletadas nos igarapés da área de influência direta e valores de referência do CONAMA e OMS..	53

Mapa 9 - Valores das concentrações de sulfato das amostras de água coletadas nos igarapés da área de influência direta. ....	54
Gráfico 9 – Valores das concentrações de sulfato das amostras coletadas nos igarapés da área de influência direta e valores de referência do CONAMA e OMS..	55
Mapa 10 - Valores das concentrações de cloreto das amostras de água coletadas nos igarapés da área de influência direta.....	56
Gráfico 10 – Valores das concentrações de cloreto das amostras coletadas nos igarapés da área de influência direta e valores de referência do CONAMA e OMS...	57
Mapa 11 - Valores de cor das amostras de água coletadas nos igarapés da área de influência indireta. ....	58
Gráfico 11 – Valores de cor das amostras de água coletadas nos igarapés da área de influência indireta e valores de referência do CONAMA e OMS.....	58
Mapa 12 – Valores das concentrações de sólidos totais dissolvidos das amostras de água coletadas nos igarapés da área de influência indireta. ....	59
Gráfico 12 – Valores das concentrações de sólidos totais dissolvidos das amostras coletadas nos igarapés da área de influência indireta e valores de referência do CONAMA e OMS.....	60
Mapa 13 - Valores de Turbidez nos igarapés da área de influência indireta.....	61
Gráfico 13 – Valores de turbidez das amostras de água coletadas nos igarapés da área de influência indireta e valores de referência do CONAMA e OMS.....	61
Mapa 14 - Valores de condutividade elétrica nos igarapés da área de influência indireta.....	62
Gráfico 14 – Valores de condutividade elétrica das amostras de água coletadas nos igarapés da área de influência indireta. ....	63
Mapa 15 - Valores de pH nos igarapés da área de influência indireta.....	64
Gráfico 15 – Valores de pH das amostras de água coletadas nos igarapés da área de influência indireta e valores de referência do CONAMA. ....	65
Gráfico 16 – Valores de pH das amostras de água coletadas nos igarapés da área de influência indireta e valores de referência da OMS.....	65
Mapa 16 - Valores das concentrações de nitrato dos igarapés da área de influência indireta.....	66
Gráfico 17 – Valores das concentrações de nitrato das amostras de água coletadas nos igarapés da área de influência indireta e valores de referência do CONAMA e OMS.....	67
Mapa 17 - Valores das concentrações de sulfato nos igarapés da área de influência indireta.....	68
Gráfico 18 – Valores das concentrações de sulfato das amostras de água coletadas nos igarapés da área de influência indireta e valores de referência do CONAMA e OMS.....	68
Mapa 18 - Valores das concentrações de cloreto nos igarapés da área de influência indireta.....	69
Gráfico 19 – Valores das concentrações de cloreto das amostras de água coletadas nos igarapés da área de influência indireta e valores de referência do CONAMA e OMS.....	70

Figura 3 – Águas amareladas devido o aporte de sedimentos no igarapé William, com a influência dos sedimentos sobre a vegetação (a) e na cor das águas (b).....	71
Gráfico 20 – Valores de cor e turbidez das amostras de água coletadas nos igarapés da área de influência direta e indireta. ....	72
Figura 4 - Aporte de sedimentos para os cursos hídricos provenientes da área de mineração da empresa MMX.....	73
Figura 5 - Transporte de sedimentos às margens das estradas de rodagem na área de mineração da empresa MPBA, resultando na intensa deposição de material no igarapé William.....	73
Figura 6 - Ação das águas pluviais sobre os sedimentos na área da mineradora MPBA tendo como resultado os altos valores de turbidez, STD e cor nas amostras analisadas.....	74
Figura 7 - Carreamento de sedimentos pela ação conjunta da gravidade e águas pluviais na área da mineradora MPBA, causando, inclusive, deslocamento de parte da vegetação ciliar da área.....	74
Mapa 19 – Destaque das amostras 4 e 12.....	76
Gráfico 21 - Valores de condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos igarapés da área de influência direta e indireta.....	77
Figura 8 - Aspectos de emissão de gases para a atmosfera, nas bacias de rejeito da empresa MPBA, possivelmente ácido cianídrico provindo do beneficiamento de ouro.....	79

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>16</b>
2.1	OBJETIVO GERAL .....	16
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	16
<b>3</b>	<b>A ÁREA ESTUDADA</b> .....	<b>17</b>
3.1	LOCALIZAÇÃO E ACESSO .....	17
<b>4</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	<b>19</b>
4.1	A MINERAÇÃO E SUAS CARACTERÍSTICAS .....	19
<b>4.1.1</b>	<b>Impactos Ambientais das Minerações</b> .....	<b>19</b>
<b>4.1.2</b>	<b>Indústria mineradora no Brasil</b> .....	<b>20</b>
4.1.2.1	Ferro (Fe) .....	21
4.1.2.2	Ouro (Au) .....	22
<b>4.1.3</b>	<b>Processo de Beneficiamento de Ouro - Empresa MPBA</b> .....	<b>23</b>
4.1.3.1	A utilização do cianeto pela empresa MPBA .....	24
4.2	CONDICIONANTES GEO-AMBIENTAIS DA ÁREA ESTUDADA .....	27
<b>4.2.1</b>	<b>Clima</b> .....	<b>28</b>
<b>4.2.2</b>	<b>Vegetação</b> .....	<b>28</b>
<b>4.2.3</b>	<b>Hidrografia</b> .....	<b>29</b>
4.3	QUALIDADE DAS ÁGUAS .....	29
<b>4.3.1</b>	<b>Padrões de Qualidade de Águas Naturais</b> .....	<b>30</b>
<b>4.3.2</b>	<b>Avaliação da Qualidade das Águas Naturais</b> .....	<b>31</b>
4.3.2.1	Parâmetros Físico-Químicos .....	31
4.3.2.1.1	<i>Parâmetros Físicos</i> .....	32
4.3.2.1.2	<i>Parâmetros Químicos</i> .....	34
<b>5</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>38</b>
5.1	PESQUISA BIBLIOGRÁFICA (FASE 1) .....	38
5.2	PRÉ-CAMPO (FASE 2) .....	39
5.3	TRABALHOS DE CAMPO (FASE 3) .....	39
5.4	ANÁLISE LABORATORIAL (FASE 4) .....	41
<b>6</b>	<b>ESTUDO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS DA ÁREA ESTUDADA</b> .....	<b>43</b>
6.1	ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DAS ÁGUAS DOS IGARAPÉS DAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA DIRETA .....	43
6.2	ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DAS ÁGUAS DOS IGARAPÉS DA ÁREA DE INFLUÊNCIA INDIRETA .....	57
6.3	CIANETO .....	70
6.4	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....	71
<b>7</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>80</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>82</b>
	<b>ANEXO</b> .....	<b>85</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A mineração vem exercendo, desde os primórdios da história da humanidade, papel de fundamental importância, pois fornece um grande número de bens minerais, matérias primas e insumos que são imprescindíveis ao progresso e desenvolvimento das civilizações. É um dos setores básicos da economia mundial e é indispensável para a manutenção do nível de vida e avanço das sociedades modernas, sendo considerada como atividade fundamental para o desenvolvimento econômico e social de muitos países. (GERMANI, 2002)

No Brasil a mineração sempre esteve contribuindo de forma significativa para a economia nacional. No ano de 2008 o setor mineral, excluídos os setores de Petróleo e Gás, teve um aumento de 11% se comparado ao ano de 2007, ou seja, passou de R\$ 46 bilhões em 2007 para R\$ 51 bilhões no ano de 2008, conforme mostrado no Gráfico 1. (INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO, 2009)



Gráfico 1 - Produção Mineral Brasileira Comercializada.  
Fonte: IBRAM (op. cit).

Esse tipo de atividade, como qualquer outro tipo de uso do solo e subsolo gera problemas ambientais. Segundo Farias (2002), no Brasil os principais problemas ambientais causados pelas atividades de mineração podem ser reunidos nas quatro categorias seguintes: poluição da água, poluição do ar, poluição sonora e subsidência do terreno já que há uma intensa alteração não só da área minerada

como das áreas vizinhas, onde são feitos os depósitos de estéril e de rejeito. Conjuntamente, a presença de substâncias químicas nocivas utilizadas na fase de beneficiamento do minério pode significar um problema sério do ponto de vista ambiental. As alterações físicas e paisagísticas, bem como problemas sócio-econômicos e políticos também podem ser citados.

A extração mineral constitui uma atividade de tamanha importância para a economia nacional devendo, porém, ser operada com responsabilidade social e respeitando os preceitos do desenvolvimento sustentável. Atualmente as companhias de mineração são obrigadas a cumprir rigorosas normas e regulamentações ambientais, de encerramento e de funcionamento, de forma a assegurar que a área afetada pela exploração mineral regresse à sua condição inicial, ou próxima da inicial. No Brasil, os três níveis de poder estatal, mostrados no Quadro 1 possuem competência para a fiscalização e cumprimento desse conjunto de regulamentações, leis e decretos federais. (FARIAS, 2002)

<b>Atividade de Mineração</b>	<b>Poder Municipal</b>	<b>Poder Estadual</b>	<b>Poder Federal</b>
<b>Requerimento de Concessão</b>	Leis de Uso e Ocupação	Licença Ambiental por Legislação Federal	Deferimento ou Indeferimento
<b>Pesquisa Mineral</b>	Leis de Uso e Ocupação	Licença Ambiental por Legislação Federal	Acompanhamento Aprovação Negação
<b>Lavra Mineral</b>	Alvará de Funcionamento	Análise do EIA/RIMA e Licença Ambiental por Legislação Federal	Acompanhamento e Fiscalização
<b>Recuperação da área Minerada</b>	Definição do Uso Futuro do Solo Criando	Licença Ambiental por Legislação Federal	

Quadro 1 - Distribuição das Atribuições Governamentais em Relação à Proteção Ambiental e Planejamento de Mineração.

Fonte: Farias (op.cit.)

Dentre os vários órgãos que tem a responsabilidade de definir essas diretrizes e regulamentações pode-se destacar:

- Ministério do Meio Ambiente (MMA), que é responsável pela formulação e coordenação e acompanhamento da execução das políticas ambientais;

- Ministério de Minas e Energia (MME), responsável pela formulação e coordenação das políticas do setor mineral.

- Secretaria de Minas e Metalurgia (SMM/MME), também responsável pela formulação e coordenação, bem como pela implementação das políticas do setor mineral.

- Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), responsável pelo planejamento e fomento do aproveitamento dos recursos minerais, pela preservação e estudo do patrimônio paleontológico, pela superintendência das pesquisas geológicas e minerais, por conceder o controle e a fiscalização do exercício das atividades de mineração em todo o território nacional, acordando com o Código de Mineração.

O Estado do Amapá tem sido palco de instalação de várias empresas de mineração que de uma forma ou outra têm contribuído para as modificações do meio ambiente e para a degradação dos bens naturais da região.

Dentro desse contexto, várias reclamações e denúncias têm sido feitas pela sociedade civil acerca dos problemas acarretados pela atividade das empresas mineradoras de ferro **MMX** – Mineração e Metálicos S.A e ouro **MPBA** - Mineração Pedra Branca do Amaparí, nos recursos hídricos da região dos municípios de Pedra Branca do Amaparí e Serra do Navio, no estado do Amapá.

Para analisar a intensidade das possíveis agressões ao meio ambiente, particularmente aos recursos hídricos locais, o Ministério Público do Estado do Amapá (MPEA) solicitou ao Prof. Dr. Milton Antonio da Silva Matta, da Faculdade de Geologia (FAGEO) da Universidade Federal do Pará (UFPA), uma avaliação ambiental da área de influência direta dos empreendimentos.

O presente estudo mostra parte dos resultados obtidos nesta consultoria na qual a discente ocupou o cargo de estagiária, tendo acompanhado todo o desenvolver das pesquisas. Apresenta-se aqui a avaliação dos impactos sobre os recursos hídricos superficiais causados pelas atividades de mineração na área referida.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Este estudo teve como objetivo principal avaliar a qualidade das águas superficiais da área de influência das empresas de mineração MMX (Ferro) e MPBA (Ouro), na região de Serra do Navio e Pedra Branca do Amaparí, estado do Amapá.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Especificamente, outros objetivos podem ser enumerados:

- Contribuir com os órgãos gestores de políticas públicas, uma vez que serão fornecidas informações sobre a qualidade dessas águas e os seus usos;
- Estabelecer possíveis relações entre mineração e comprometimento ambiental na área estudada;
- Contribuir para a qualidade de vida da população envolvida nas áreas afetadas, uma vez que a qualidade das águas tem uma relação direta com doenças da população.

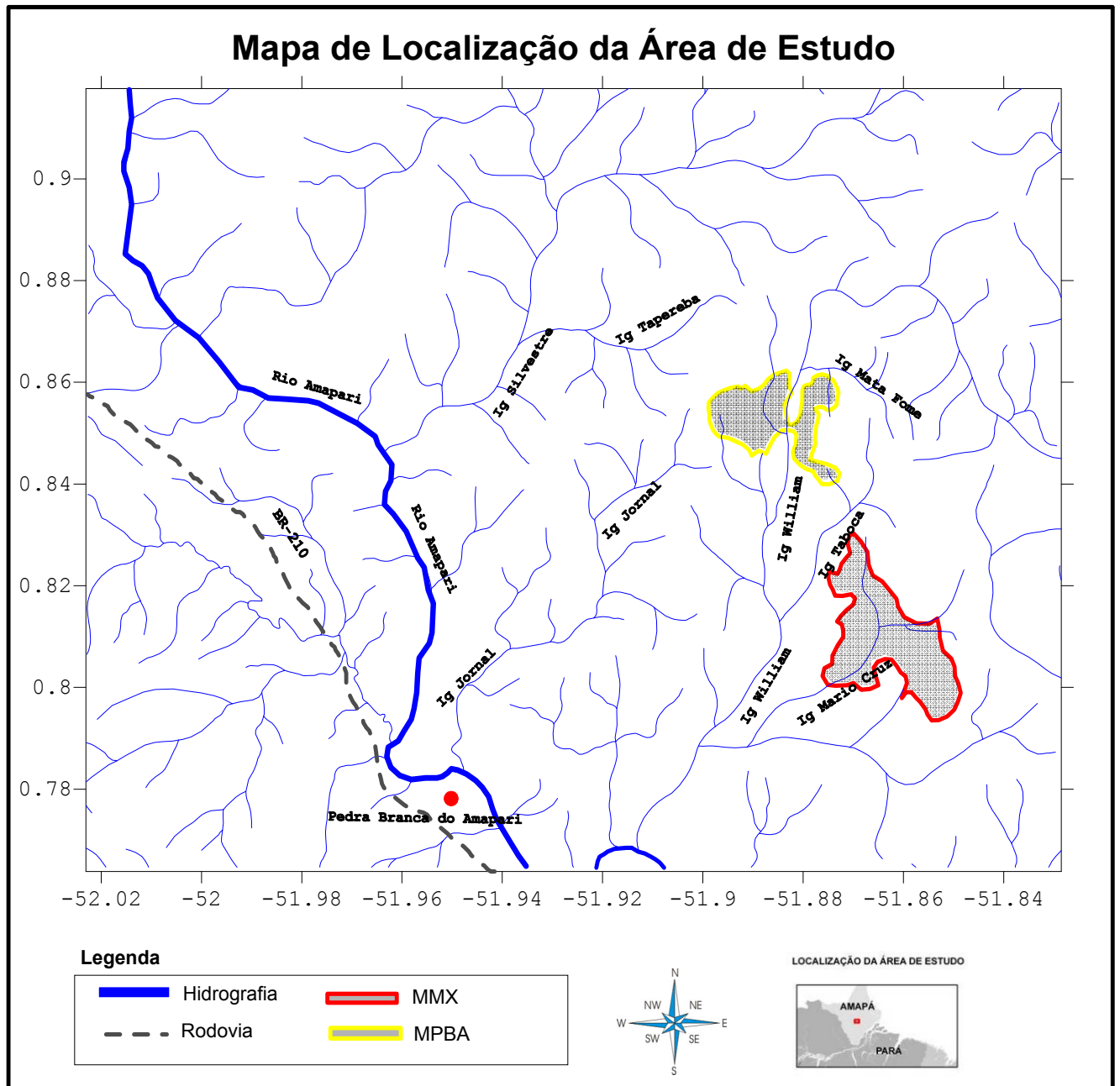
### **3 A ÁREA ESTUDADA**

Os estudos aqui realizados tiveram como palco a área de influência direta definida nos estudos de impacto ambiental referentes às atividades de mineração já mencionadas, uma vez que a área de operação do projeto ferro Amapá é muito próxima à área do projeto Amaparí de minério de ouro, ambas dentro do mesmo ecossistema considerado.

Neste contexto, considerou-se aqui, como área do estudo a sub-bacia do rio Amaparí, que inclui os igarapés William, Mario Cruz, Taboca, Mata Fome, Jornal, Silvestre e Taperebá, no município de Pedra Branca do Amaparí, no estado do Amapá.

#### **3.1 LOCALIZAÇÃO E ACESSO**

A área estudada (Mapa 1) está localizada no Estado do Amapá, englobando os dois municípios já mencionados, tendo seus limites com os municípios: Laranjal do Jarí, Mazagão, Porto Grande, Serra do Navio, Oiapoque e Ferreira Gomes. O acesso ao município de Pedra Branca do Amaparí que dista cerca de 200 km de Macapá, capital do Estado, é feito pela rodovia BR-210.



Mapa 1 – Localização da área de estudo; sub-bacia do rio Amapari e seus afluentes de margem esquerda, Igarapés Silvestre, Taperebá, Jornal, Mário Cruz, Taboca, William e Mata fome, objetos do estudo.

## **4 REVISÃO DA LITERATURA**

Para os estudos realizados foram tomados como base diversos aspectos relevantes descritos na literatura especializada sobre a área de estudo e sobre os principais elementos da pesquisa.

### **4.1 A MINERAÇÃO E SUAS CARACTERÍSTICAS**

A mineração é um dos aspectos mais importantes para as economias das nações. Sua relação com o meio ambiente tem sido sempre conflituosa. Aqui se discute alguns aspectos dessa relação.

#### **4.1.1 Impactos Ambientais das Minerações**

A atividade de mineração, como qualquer outro tipo de uso do solo e subsolo gera não só problemas ambientais como problemas sociais. De acordo com CPRM (2002), cada fase do beneficiamento possui seus impactos ambientais específicos nos solos e subsolos, na água e no ar, desde a pesquisa mineral ao transporte do minério beneficiado.

Nos solos e subsolos durante a pesquisa mineral pode-se citar problemas como a abertura de trincheiras, sondagens e equipamentos abandonados que acabam por provocar erosão, prejuízos à vegetação além de alterar a drenagem natural.

Na fase de lavra além da construção de cavas, vias de acesso, há também vilas mal projetadas, desmatamentos desnecessários, além das próprias pilhas de estéril que acabam por afetar drasticamente a estética da paisagem.

Durante o beneficiamento e a estocagem pode-se citar a construção de barras, bacias e depósitos de rejeito que acabam por gerar terras inúteis criadas pelos rejeitos finos, além da contaminação por lixiviação e enxurradas. Para que seja

feito o transporte, além da criação das estradas mais largas para veículos pesados há geração de poeira além de possíveis descarrilamentos e acidentes rodoviários.

Na água, ocorre a contaminação dos cursos subterrâneos, devido à sondagem durante a pesquisa mineral. Além disso, tanto no período de lavra como o de beneficiamento e estocagem, a presença de sólidos em suspensão e metais pesados, a alteração da qualidade de água se torna prejudicial à vida aquática produzindo desequilíbrio ecológico.

No ar, a poeira gerada nas fases de lavra, beneficiamento e estocagem podem causar possíveis problemas respiratórios. Além disso, a geração de gases, odores, evaporação das bacias de rejeito gerando partículas aéreas, fazem com que a chuva atue sobre elas afetando o solo e a vegetação.

A atividade de mineração não possui somente impactos ao meio ambiente, possui também impactos sociais, durante cada fase do beneficiamento. Em todas as fases, a geração de poeira e ruído é citada já que a primeira traz possíveis doenças respiratórias e a segunda, estresse e outros problemas físicos, tanto para os operários da mineradora como para as comunidades ao redor da mina. (DRUMMOND, 2000)

#### 4.1.2 Indústria mineradora no Brasil

Segundo o IBRAM (2009) o Brasil tem papel fundamental no cenário mundial de produção mineral. Em 2008, a Produção Mineral Brasileira, inicialmente estimada em R\$ 54 bilhões, alcançou, na realidade, R\$ 51 bilhões, um aumento de 11%, se comparada a 2007, que foi de R\$ 46 bilhões, excluídos Petróleo e Gás.

Cabe destaque à produção de Minério de Ferro, que registrou aumento acima de 6% em quantidade produzida. Se considerarmos a indústria da mineração e transformação mineral, o valor da Produção Mineral Brasileira alcançou R\$ 152 bilhões, um valor 13% maior do que em 2007 (R\$ 134 bilhões).

Tendo, como a colocação no ranking e o percentual de cada minério em relação à produção mundial: **Nióbio**: 1º (95%); **Ferro**: 2º (17%); **Manganês**: 2º (21%); **Tantalita**: 2º (17%); **Alumínio (Bauxita)**: 3º (12,4%); **Crisotila**: 3º (9,73%); **Magnesita**: 3º(8%); **Grafita**: 3º (7,12%); **Vermiculita**: 4º (4,85%); **Caulim**: 5º (5,48%); **Estanho**: 5º (4,73%); e **Rochas Ornamentais**: 6º (5,6%).

Contudo, como o objeto desse trabalho é o estudo dos impactos ambientais do rio Amaparí devido à produção de empresas de minério de ferro e de ouro, foram coletadas informações estatísticas apenas dos referidos minerais por meio do relatório intitulado “Sistema de Informações e Análises da Economia Mineral Brasileira” organizado pelo IBRAM.

#### 4.1.2.1 Ferro (Fe)

O Brasil é o segundo maior produtor de Minério de Ferro do mundo. Sua produção em 2008 foi de 370 milhões de toneladas, o que equivale a 17% do total mundial (2,2 bilhões de toneladas). A China é o maior produtor, com 770 milhões de toneladas em 2008.

Principais empresas produtoras no Brasil: Vale 79%, CSN 7,4%, Anglo American/MMX 3%, outros 10,6%. No Brasil, os principais Estados produtores são: MG (71%), PA (26%) e outros (3%). Principais empresas produtoras no mundo: Vale, Rio Tinto, BHP Biliton, Anglo American. A produção de pelotas de ferro em 2008 foi de 69 milhões de toneladas. Esse total é 27% maior do que o registrado em 2007, que foi de 54 milhões de toneladas. Isso se deve à entrada em operação da nova planta de pelotização da Samarco.

As reservas medidas e indicadas de Minério de Ferro no Brasil alcançam 33 bilhões de toneladas, situando o País em quinto lugar em relação às reservas mundiais. Entretanto, considerando-se as reservas em termos de ferro contido no minério, o Brasil assume lugar de destaque no cenário internacional. Esse fato ocorre devido ao alto teor encontrado nos minérios Hematita (60% de Ferro), predominante no Pará, e Itabirito (50% de Ferro), predominante em Minas Gerais.

O total de investimentos previstos para os próximos cinco anos é de US\$ 32 bilhões. Alguns dos projetos principais são:

A MMX produzirá 3 milhões de toneladas/ano (AVG e Corumbá). Em Corumbá, o minério será o granulado e o escoamento será feito por transporte rodoviário e ferroviário até o porto na Argentina e daí seguirá para outros mercados. O Sistema Minas–Rio começará a produzir pellet feed em 2010 e será escoado pelo mineroduto a ser construído até o porto do Açú em São João da Barra (RJ).

#### 4.1.2.2 Ouro (Au)

Brasil é o décimo terceiro maior produtor do ouro mundial, com produção de aproximadamente 54 toneladas em 2008. A China é a maior produtora, com 295 toneladas (12% da produção mundial), seguida pela África do Sul, com 11%, pela Austrália, com 10% e pelos EUA, com 9,8%.

As principais reservas de Ouro estão localizadas na África do Sul (6 mil toneladas), correspondendo a 14% do total mundial.

As reservas medidas e indicadas de Ouro no Brasil alcançam 1.950 toneladas ou 4,5% das reservas mundiais do minério, distribuídas nos Estados de Minas Gerais (48%), Pará (36,9%), Goiás (6%) Mato Grosso (3,6%), Bahia (3%) e outros (2,5%).

Principais empresas produtoras no Brasil: Anglo Gold Ashanti 24%, Yamana Gold 22%, Kinross 16%, outros 24% e a produção em garimpos 11%.

Os principais estados produtores de ouro no Brasil são: MG (39,7%), GO (23,9%), PA (10,1%) e BA (9,8%).

No Brasil, o maior consumo desse minério é pelo mercado de ativos financeiros (79%), seguido da indústria metalúrgica (9,5%), da joalheria (7,1%) e outros (4,4%).

A quantidade de ouro exportada pelo Brasil em 2004, 2005 e 2006 foi de 32, 31 e 33,8 toneladas, respectivamente. Em 2007, as exportações registraram acréscimo de 19,3% no valor (totalizando US\$ 791 milhões) e de 6,5% na quantidade exportada (36 toneladas).

Em 2008, o volume exportado foi de 37 toneladas e gerou divisas para o País no valor de US\$ 1 bilhão. Os países que mais importaram do Brasil foram os Estados Unidos (92%), o Reino Unido (6%), o Canadá e os Emirados Árabes (2%).

A Rio Paracatu Mineração (RPM), que pertence à canadense Kinross, pretende triplicar a produção no Brasil, para isso, investiu US\$ 540 milhões em um projeto de expansão.

A AngloGold Ashanti concluirá o plano de investimentos de US\$ 350 milhões, nos próximos três anos, para ampliar a capacidade de produção das minas de Cuiabá e Lamego, localizadas em Minas Gerais. A expectativa é que a produção salte das atuais 5,2 toneladas para 8,5 toneladas/ano.

O grupo canadense Yamana Gold, controlador de duas mineradoras na Bahia, vai investir mais de US\$407 milhões, nos próximos dois anos, na expansão e manutenção de seus negócios no Estado, incluindo a implantação de uma nova unidade no município de Santaluz. A filial Jacobina Mineração e Comércio, na mesma cidade, vai mais do que triplicar a produção, saltando de 60 mil para 200 mil onças (medida de peso equivalente a 28,3g) de Ouro por ano, enquanto que na Mineração Fazenda Brasileiro, em Teofilândia, também na Bahia, o volume anual passará de 80 mil para 100 mil onças.

#### **4.1.3 Processo de Beneficiamento de Ouro - Empresa MPBA**

De acordo com Carneiro e Faial (2006), a extração do ouro efetuada pela empresa se dá através da técnica de lixiviação em pilha que possui seis etapas: lavra, britagem, concentração (ou aglomeração), lixiviação, solubilização, adsorção, regeneração do carvão e eletrólise.

Cacheté (1995) descreve sucintamente as etapas da seguinte forma:

A etapa da lavra se dá quando o minério e o estéril são removidos do ambiente com escavadeiras e deslocado através de caminhões para a planta, área impermeabilizada, destinada a ocorrer a lixiviação. O material então sofre o processo de britagem, quando é fragmentado em pedaços menores e depois classificado de acordo com a sua granulometria.

Na lixiviação, o minério é colocado em pilhas a céu aberto. A solubilização do ouro se dá pela percolação do cianeto de sódio (NaCN) durante a “lavagem da pilha”. A solução resultante passa por filtros de carvão ativado, onde o ouro será adsorvido. Após, ocorre o processo de eletrólise que liberará o ouro.

De acordo com Carneiro e Faial (op.cit.), as soluções cianetadas resultantes do processo anterior são encaminhadas para a neutralização. Nesta etapa as soluções recebem Peróxido de Hidrogênio ( $H_2O_2$ ), para a destruição do cianeto residual, sulfato de cobre, que age como agente catalisador e ácido sulfúrico que, por sua vez, age como estabilizador do pH. A solução final deve obedecer aos valores admitidos pela Resolução CONAMA N° 357/2005, art. 34, caso contrário não podem ser descartadas. As pilhas de minério são levadas para áreas de rejeito onde são lavadas com água e neutralizadas com  $H_2O_2$  e uma solução alcalina. O material

já devidamente neutralizado é depositado na bacia de rejeito (Figura 1). (CARNEIRO; FAIAL, 2006)

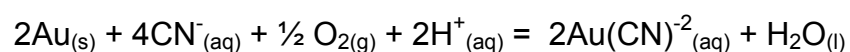


Figura 1 – Bacia de Rejeito da empresa MPBA, contendo o minério que passou pelo processo de neutralização.

#### 4.1.3.1 A utilização do cianeto pela empresa MPBA

O processo mais utilizado para extração do ouro antes do desenvolvimento do processo de cianetação foi a separação gravítica. Com o passar dos anos desenvolveu-se outros e dentre os quais se destaca a amalgamação obtida com o uso do mercúrio. Contudo, com esses processos se obtinha somente os minérios de mais fácil extração, o outro associado aos sulfetos, os mais finos, eram de difícil remoção. Desse modo, surgiu o processo de cianetação. (CIMINELLI; GOMES, 2002)

O cianeto possui a capacidade de formar um complexo de grande estabilidade com o ouro, o cianocomplexo  $\text{Au}(\text{CN})_2^-$  originado da reação:



O complexo dicianorauto possui grande estabilidade em relação aos outros agentes complexantes (Tabela 1), além disso, é possível manter o dicianorauto estável mesmo com concentrações muito baixas de cianeto livre, daí sua utilização. (CIMINELLI; GOMES, 2002)

Tabela 1 - Constantes de estabilidade dos complexos de Au. Os valores elevados das constantes b indicam que, no equilíbrio, a concentração dos complexos é muito superior à concentração dos reagentes. (NICOL et al, 1987 apud CIMINELLI; GOMES, op.cit.)<sup>1</sup>

Complexo	Log b <sup>1</sup>
Au(CN) <sub>2</sub> <sup>-</sup>	38
Au(Tu) <sub>2</sub> <sup>+</sup>	23,3
Au(S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> <sup>3-</sup>	28,7
Au(SCN) <sub>2</sub> <sup>-</sup>	17,1
AuBr <sub>2</sub> <sup>-</sup>	12
Au Cl <sub>2</sub>	9

O cianeto é utilizado na forma de sais, no caso da empresa MPBA, o cianeto de sódio (NaCN). A dissolução desse sal se dá através da reação:  $\text{NaCN}_{(s)} \rightarrow \text{HCN}_{(aq)} + \text{OH}^{-}_{(aq)}$ . Essa reação libera o íon cianeto que hidrolisa formando ácido cianídrico (HCN):  $\text{CN}^{-}_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow \text{HCN}_{(aq)} + \text{OH}^{-}_{(aq)}$ . Esse ácido, por ser altamente tóxico, deve ter sua produção minimizada. A regulação do pH é uma forma de se obter essa minimização. O pH acima de 9,2 gera condições para a formação de  $\text{CN}^{-}$ , enquanto que em pH abaixo de 9,2, o HCN é predominante como ilustra a Figura 2 (CIMINELLI; GOMES, op.cit.).

<sup>1</sup> NICOL, M.J.; FLEMING, C. A.; PAUL, R. L. The chemistry of the extraction of gold, In: STANLEY, G.G. (ed.) The Extractive Metallurgy of Gold in South Africa, S. Afr. Insnt. Min. Metal., Monogr. Ser., M7, 1987, p. 831-906.

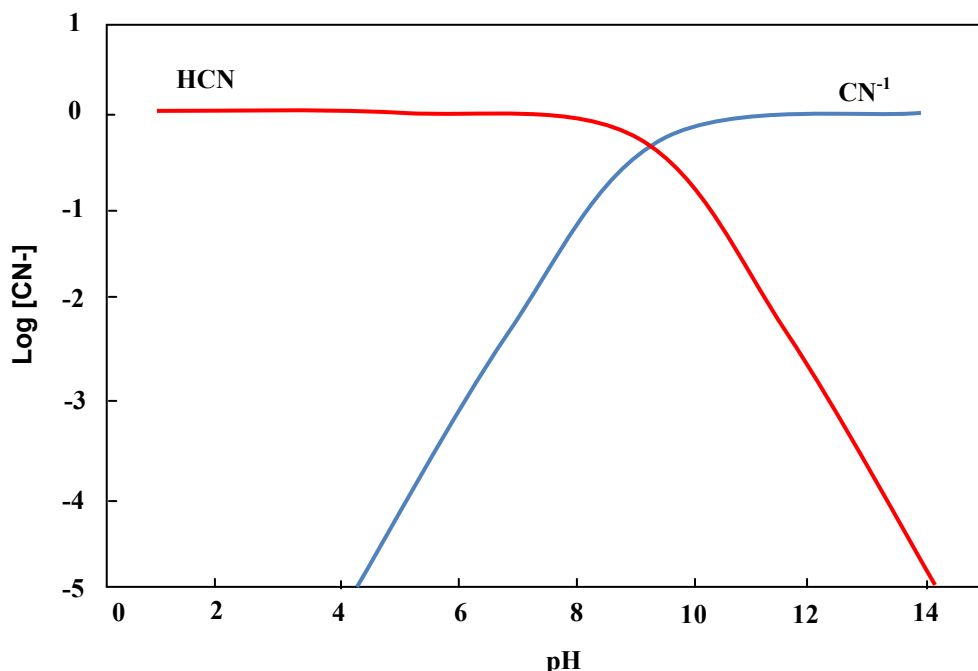


Figura 2 - Diagrama de distribuição das espécies para o sistema CN-H<sub>2</sub>O, a 25° C. (SMITH; MARTELL, 1976 apud CIMINELI, 2002)<sup>2</sup>

#### 4.1.4 Processo de Beneficiamento de Ferro - Empresa MMX

De acordo com MMX (2006), o projeto é composto de duas áreas distintas: Mineração e Beneficiamento.

A área de mineração é encarregada da execução das atividades de lavra, que é dividida em quatro etapas: perfuração do minério através de carretas de perfuração; desmonte mecânico através de tratores de esteiras; carregamento, feito por escavadeiras; e finalmente o transporte, feito por caminhões basculantes.

A área de beneficiamento é encarregada de executar as operações industriais após o recebimento do minério.

O minério proveniente da mina sofrerá os processos de britagem e peneiramento. Primeiramente passa por uma moega e uma grelha para que seja feita a separação das partículas maiores que serão enviadas para a britagem. O processo de britagem possui três estágios com três tipos de britadores diferentes. Operando conjuntamente com peneiras, os britadores separam as partículas

<sup>2</sup>SMITH, R.M.; MARTELL, A.E. Critical Stability Constants, vol4, Plenum Press, New York, N.Y.

menores que 32mm. As partículas de  $32\text{mm} > x > 6,3\text{mm}$  são denominadas de Granulado. Àquelas  $6,3\text{mm} > x > 1\text{mm}$  são denominadas *sinter feed*, antes de ser carregada aos fornos de redução.

Se o produto for impuro, será submetido a uma concentração (magnética ou gravimétrica), recuperando-se as frações magnéticas, as outras são descartadas como rejeito. As partículas  $1,0\text{mm} > x > 0,15\text{mm}$ , chamadas *pellet feed*, podem ter dois destinos, voltar ao *sinter feed* após serem concentrados ou ser remoídos nas usinas de pelotização onde serão aglomerados com a bentonita formando os pellets que serão queimados para que adquiram resistência antes de serem enviadas para os fornos de redução.

A fração finíssima, menor que 0,01mm, constitui as lamas, que são enviadas para a barragem de rejeito construídas para reter todos os sólidos.

Os rejeitos grossos maiores que 0,25mm serão empilhados em áreas especialmente reservadas que serão posteriormente revegetadas.

Ainda de acordo com MMX (2006), toda a água captada e utilizada durante o processo, sofre tratamento para que seja devolvida ao meio ambiente com as mesmas características físico-químicas que possuía na captação.

## 4.2 CONDICIONANTES GEO-AMBIENTAIS DA ÁREA ESTUDADA

Um conjunto de fatores ambientais representa um papel importante na análise das interações entre as atividades de mineração e os recursos hídricos superficiais e será aqui descrito, envolvendo clima, vegetação e hidrografia.

Todas as informações abaixo fornecidas foram retiradas do relatório de impacto ambiental apresentado pela empresa MMX. (MMX, op.cit.).

### 4.2.1 Clima

A região estudada possui clima, segundo a classificação de Köppen, do tipo Af: clima tropical úmido com chuvas em todas as estações e umidade suficiente para alimentar a floresta equatorial. Possui uma estação seca de curta duração sendo o índice pluviométrico no mês mais seco em torno de 60mm. Na estação meteorológica de Serra do Navio registra-se 75mm no mês de Setembro, considerado mais seco do ano. No mês mais chuvoso, o mês de Abril, tem-se os índices máximos registrados entre 350-400 mm.

As temperaturas mais elevadas ocorrem entre os meses de Outubro e Novembro em plena estação seca, enquanto que as temperaturas mais baixas ocorrem em Fevereiro, na estação chuvosa. A média anual da temperatura se dá entre 25-26° C, a média das máximas é de 32°C e a média das mínimas 22°C. Em Serra do Navio a amplitude térmica anual é insignificante, cerca de 2,5°C, enquanto que a amplitude térmica diurna é bastante significativa sendo sua variação de até 10°C.

### 4.2.2 Vegetação

A cobertura vegetal do Estado do Amapá é representada pelas seguintes florestas:

- Ombrófila densa de terra firme – florestas não sujeitas às inundações periódicas, com máxima diversidade por unidade de área e de estruturas de alto porte.
- Várzea – florestas sujeitas às inundações periódicas por rios de água branca.
- Igapó – florestas sujeitas às inundações periódicas por rios de água clara ou preta.

A predominância no Estado é de florestas de terra firme, exceto nas margens dos rios e igarapés. A área de estudo não é diferente, apresentando sua área preservada sem impactos de atividade antrópica a não ser por algumas áreas

do Igarapé William, já explorado anteriormente por atividades de garimpagem, que em alguns trechos predominam espécies típicas de estágios iniciais de sucessão.

Em Serra do Navio, de acordo com o inventário de Rodrigues (1963 apud MMX, 2006)<sup>3</sup>, a composição florística é heterogênea tendo predominância tanto por número de espécies quanto por número de indivíduos.

#### 4.2.3 Hidrografia

O rio Amaparí, cujos tributários são objeto maior deste estudo, é um afluente da margem direita do rio Araguari e está inserido dentro da bacia deste rio. De acordo com Matta (2008), hidrologicamente deve-se contextualizar a bacia maior na área, neste caso a bacia hidrográfica do rio Araguari, que faz limite com as águas das bacias dos Rios Amapá no Leste, Calçoene no Nordeste, Oiapoque no Norte e Jarí a Oeste.

A bacia tem forma geométrica muito irregular, principalmente nas proximidades de sua foz, no Oceano Atlântico. Possui grande parte de seu relevo local plano com exceção de algumas regiões colinosas. Apresenta um regime hidrológico com vazões elevadas nos meses de janeiro a setembro, formando áreas inundáveis que proporcionam uma paisagem pantanosa em alguns locais. Nos meses de outubro a dezembro entretanto, possui uma queda acentuada de vazões. Suas águas têm coloração amarelo-barrenta e considerável predominância de matéria orgânica devido à presença de substâncias húmicas, característica nos rios amazônicos.

#### 4.3 QUALIDADE DAS ÁGUAS

A água é um bem mineral de composição química bastante simples – H<sub>2</sub>O, contudo, a água quimicamente pura não existe na natureza, só podendo ser obtida em laboratório. É chamada solvente universal, dessa forma ela acaba

---

<sup>3</sup>RODRIGUES, W. A. Estudo de 2,6 hectares de mata de terra firme da Serra do Navio, Território do Amapá. Bol. Mus. Par. Em. Goeldi. (Série Bot.). 19 (17): 1 - 22. 1963

dissociando as substâncias com as quais entra em contato, adquirindo assim uma gama variada de componentes minerais em sua solução.

Essas substâncias minerais presentes nas águas ajudam-nas a serem úteis ao abrigar vida e poderem também ser utilizadas para consumo humano já que alguns de seus compostos são imprescindíveis ao organismo. Assim, a água pode não só ser destinada para a sustentação da vida aquática e equilíbrio ambiental, como também para o abastecimento público e consumo humano além de atividades como geração de energia, lazer, irrigação e mineração. (MATTA, 2002)

A composição natural das águas superficiais é controlada pelos inúmeros processos tais como processos geológicos, geomorfológicos, climáticos, físicos, químicos e biológicos. O uso e a ocupação do meio físico trazem muitas vezes a disposição inadequada dos efluentes domésticos e industriais que acabam por alterar a composição natural das águas superficiais do ambiente onde foi instalado, constituindo assim uma das principais fontes de poluição de águas superficiais e subterrâneas (MATTA, 2008).

A exigência do grau de pureza da água irá variar de acordo com o emprego dela, já que os diferentes tipos de aporte tornam, na prática, inexecutável a análise sistemática de todos os poluentes que possam estar presentes na água a ser analisada. (CETESB, 2007).

#### **4.3.1 Padrões de Qualidade de Águas Naturais**

Os padrões de qualidade da água variam de acordo com as classificações do seu uso e devem respeitar os limites máximos das concentrações de determinadas substâncias, lançadas no corpo d'água.

Os parâmetros abióticos para estudos em águas naturais seguem a Resolução N° 357, de 17 de Março de 2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA, que “Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.”

A resolução acima citada preconiza para águas superficiais classe II, os seguintes usos: ao abastecimento para consumo humano, após tratamento

convencional; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000; à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e à aquicultura e à atividade de pesca.

Águas destinadas ao consumo humano possuem maior vigilância e menor tolerância quanto aos valores máximos e mínimos dos parâmetros bióticos e abióticos. A Organização Mundial da Saúde - OMS estabeleceu faixas de concentrações para esses parâmetros que podem ser encontradas no *Guidelines for Drinking-water Quality*, em português: Guia de qualidade de água Potável, terceira edição, publicada no ano de 2008.

#### **4.3.2 Avaliação da Qualidade das Águas Naturais**

A avaliação da qualidade físico-química de uma água depende da finalidade a que se destina a água em questão. Para diferentes utilizações haverá diferentes abordagens a serem seguidas e diferente conjunto de parâmetros a serem investigados.

##### **4.3.2.1 Parâmetros Físico-Químicos**

O estudo de determinados parâmetros físico-químicos pode não só classificar a água por seu conteúdo mineral como também apontar anomalias de substâncias tóxicas, retratando as possíveis “impurezas” presentes. (CAVALCANTE; MATTA, 2007)

#### 4.3.2.1.1 Parâmetros Físicos

Os parâmetros físicos fornecem indicações preliminares do estado químico de uma água. São considerados parâmetros físicos de relevância para a análise de qualidade das águas: Cor, Sólidos Totais Dissolvidos, Temperatura e Turbidez. (BRASIL, 2004)

##### a) Cor

De acordo com CETESB (2009), a cor da amostra indica o grau de redução da intensidade que a luz sofre ao atravessá-la. Essa redução acontece devido parte da radiação eletromagnética ser absorvida por causa dos sólidos dissolvidos presentes na amostra de água.

##### b) Sólidos Totais Dissolvidos (STD)

Os valores de STD indicam a concentração total dos sólidos dissolvidos presentes na água. São constituídos de sais inorgânicos e materiais dissolvidos que, em geral, compõem 95% ou mais do peso dos sólidos totais na água. Em águas naturais, são compostos por íons como carbonatos, cloretos, sulfatos e nitratos, além de cátions como sódio, potássio, cálcio e magnésio. (BECKER, 2006 apud CAVALCANTE; MATTA, 2007)<sup>4</sup>

##### c) Temperatura

---

<sup>4</sup>BECKER, H. Controle Analítico de Águas. Versão 3. UFC/CC/Departamento de Química Analítica e Físico-Química. Apostila. 119p. 2006

Refere-se à temperatura da água no momento da coleta. A temperatura das águas naturais sofre alterações sazonais e diárias, sendo esta última a mais pronunciada. A temperatura superficial das águas é influenciada pela latitude, altitude, estações do ano período do dia, taxa de fluxo e pela profundidade. (PIVELI; KATO, 2006)

A importância da temperatura reside no fato desta controlar a solubilização de compostos e condicionar a influência de uma série de parâmetros físico-químicos. Além disso, os organismos existentes no ambiente aquático possuem tolerância à determinadas temperaturas, se posicionando entre uma determinada faixa que gera uma condição ótima para sua existência, crescimento, desova e incubação do ovo. (BRASIL, 2006)

#### d) Turbidez

A turbidez é o grau de atenuação da intensidade de um feixe de luz ao atravessar certa quantidade de água sofrendo atenuação através da absorção e do espalhamento, ou seja, é a dificuldade de uma amostra de água transmitir luz. Isso se dá pela presença de sólidos em suspensão que podem ser partículas inorgânicas tais como silte, argila e areia ou mesmo de detritos orgânicos. A turbidez está diretamente ligada à concentração de sólidos dissolvidos ou em suspensão na água, dessa forma, pode ser alterada, por exemplo, pela lixiviação dos solos pelas chuvas que acabam por carregar mais material e depositá-los nos rios, nas épocas chuvosas. (PIVELI; KATO, op.cit.)

O aumento da turbidez, diminuindo a penetração de luz na água, acaba por prejudicar a fotossíntese. A redução da fotossíntese prejudica os organismos que necessitam do oxigênio produzido por ela, prejudicando assim toda a comunidade biológica da região afetada. (VON SPERLING, 2005)

#### 4.3.2.1.2 Parâmetros Químicos

Dentre os parâmetros analisados neste estudo, são considerados parâmetros químicos: Condutividade Elétrica, pH, Nitrato Dissolvido, Sulfato, Cloreto e Cianeto.

##### a) Condutividade Elétrica

A condutividade elétrica consiste na capacidade que a água tem de conduzir corrente elétrica e está diretamente relacionada à quantidade de íons dissolvidos presentes na água variando diretamente com a temperatura. A condutividade elétrica representa uma medida indireta da concentração de poluentes e valores superiores a  $100\mu\text{S}/\text{cm}$ , em geral, indicam ambientes impactados. Quanto maiores os valores da condutividade elétrica da água, mais sólidos dissolvidos estão presentes. (CETESB, 2009)

##### b) pH

O potencial hidrogeniônico é a medida da concentração de íons  $\text{H}^+$  presentes na água, resultante da dissociação da molécula da própria água representada pela reação:



Essa concentração é acrescida também do hidrogênio proveniente de outras fontes tais como os efluentes industriais, dissociação de ácidos orgânicos além de outras substâncias que na presença de água apresentam reação ácida. Assim pode-se dizer que o pH indica o balanço entre ácidos e bases presentes na água e quando os íons  $\text{H}^+$  e  $\text{OH}^-$  estão em equilíbrio a água é chamada neutra. A

água neutra tem pH=7, a água com pH < 7 é considerada ácida e com valores de pH > 7 é considerada básica. (BRASIL, 2004)

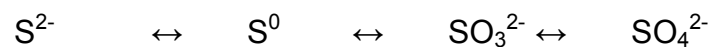
c) Nitrato Dissolvido ( $\text{NO}_3^-$ )

O nitrato é uma das formas oxidadas de nitrogênio encontradas nas águas. Pode ser considerado como nutriente para os processos biológicos já que as plantas são capazes de metabolizá-los. São ditos macronutrientes já que depois do carbono o nitrogênio é o elemento exigido em maior quantidade pelas células vivas. (LETTERMAN, 1999)

As formas oxidadas de nitrogênio, nitrito e nitrato, são indicativos de que as descargas de efluentes encontram-se distantes do ponto analisado. (BRASIL, op.cit.)

d) Sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ )

O sulfato é um dos íons mais abundantes na natureza. O enxofre, seu elemento constituinte, pode ser encontrado na natureza nos seguintes estados de oxidação:



$\text{S}^{2-}$  - Sulfeto

$\text{S}^0$  - Enxofre elementar

$\text{SO}_3^{2-}$  - Sulfito

$\text{SO}_4^{2-}$  - Sulfato

Em águas superficiais suas principais fontes são os esgotos domésticos, através da degradação de proteínas e efluentes industriais. (VON SPERLING, 2005)

## e) Cloreto

O cloreto é um dos principais ânions das águas naturais. Sua concentração é maior nas águas mais próximas aos oceanos. Nas águas superficiais são indicadores da presença de esgotos sanitários, mas também estão presentes em diversos efluentes industriais. Além de dar sabor salgado à água, os cloretos são também conhecidos por provocarem alteração na pressão osmótica em células de microorganismos influenciando assim nas características de ecossistemas aquáticos naturais. (BRASIL, 2006)

## f) Cianeto

Os cianetos são compostos altamente reativos que possuem em comum o grupamento ciano ( $C\equiv N$ ). Sua forma livre é denominada íon cianeto ( $CN^-$ ) que pode se combinar com outros elementos químicos gerando complexos tóxicos que podem ser estáveis ou não. Quanto mais estáveis esses elementos, menos tóxicos são para o meio ambiente. (CACHETÉ, 1995)

Alguns desses elementos tóxicos estão representados no Quadro 2

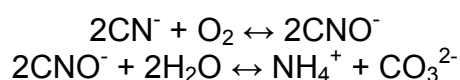
Caracterização		Principais Compostos
	Cianetos livres	$CN^-$ , HCN
Compostos simples	Prontamente solúveis	NaCN, KCN, $Ca(CN)_2$ , $Hg(CN)_2$
	Relativamente solúveis	$Zn(CN)_2$ , $Cd(CN)_2$ , CuCN, $Ni(CN)_2$ , AgCN
Complexos fracos		$Zn(CN)_4^{=4}$ , $Cu(CN)_3^-$ , $Cd(CN)_4^{=4}$
Complexos moderadamente fortes		$Cu(CN)_2^-$ , $Cu(CN)_3^{=3}$ , $Ni(CN)_4^{=4}$ , $Ag(CN)_2^{=2}$
Complexos fortes		$Fe(CN)_6^{-4}$ , $Co(CN)_6^{-4}$

Quadro 2 - Relação de cianocomplexos metálicos e suas estabilidades relativas (SCOTT; INGLES, 1981 apud CACHETÉ, op.cit.)<sup>5</sup>

<sup>5</sup>SCOTT, J. S.; INGLES, J. C. Removal of Cyanide from Gold Mill Effluents. In: Thirteenth Annual Meeting of Canadian Mineral Processors; Paper No 21, p. 380-418. Mining and Metallurgical Division. Ontario; Canada, 1981

O gás cianídrico ou cianeto de hidrogênio (HCN) e os sais cianeto de potássio (KCN), cianeto de sódio (NaCN) e cianeto de cálcio (CaCN) são as formas de cianeto mais comuns encontradas no ambiente, seja naturalmente ou por ação antrópica. Além dessas formas, há também os compostos cianogênicos produzidos naturalmente em alguns vegetais tais como a mandioca e as amêndoas, os chamados Glicosídeos cianogênicos. Essas substâncias presentes nos vegetais, quando sofrem hidrólise são capazes de liberar HCN, que é altamente tóxico podendo ser letal dependendo da quantidade ingerida. Contudo, mesmo uma pessoa saudável possui pequenas quantidades de cianeto no organismo, cerca de 0,5 mg/Kg. (REMIÃO, 2003).

De acordo com Piveli e Kato (2006), o principal mecanismo de redução da concentração de cianeto em águas naturais é a oxidação seguida da hidrólise:

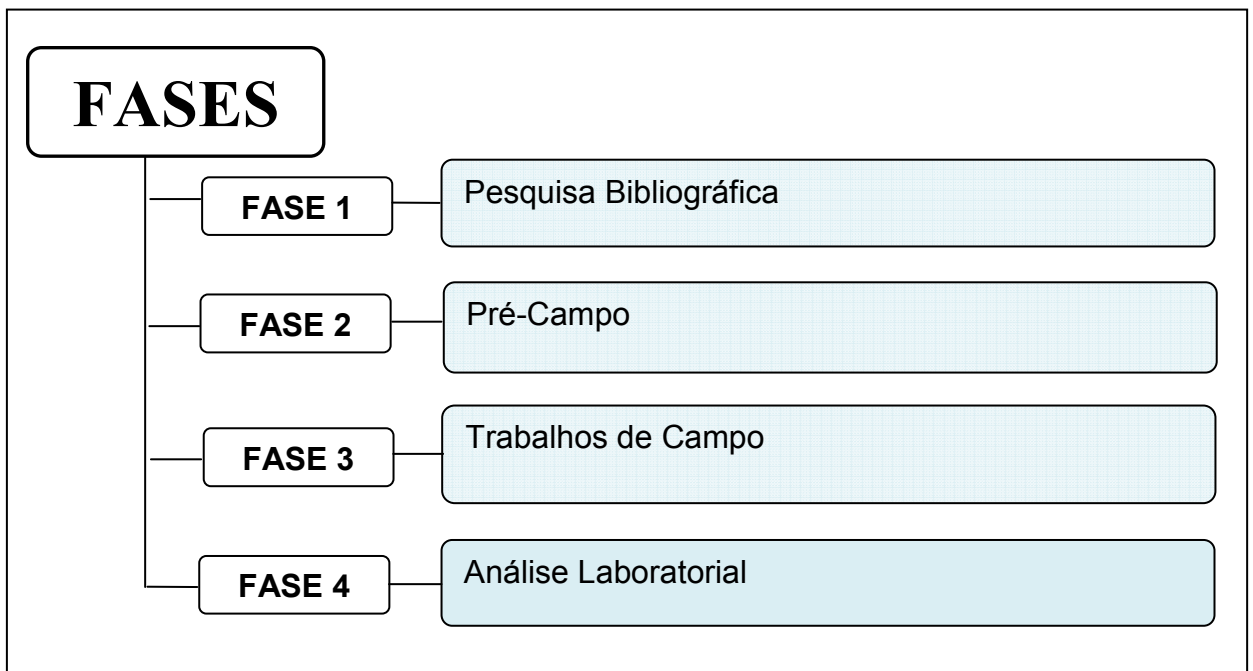


A concentração de cianeto que causa efeito tóxico agudo em organismos aquáticos segundo Scott e Ingles (1981 apud Cacheté, 1995), é de 0,10 mg/l e muitos organismos vivos desenvolveram maneiras de fazer a desintoxicação por cianetos. Quando inalados sob a forma de HCN, são absorvidos rapidamente pelo trato respiratório. Quando ingeridos na forma de sais de cianeto e glicosídeos são absorvidos mais lentamente pelo trato gastrointestinal. No caso de ter sido absorvido se distribui rapidamente pelos glóbulos vermelhos e tecidos. Sua desintoxicação é feita com a combinação do cianeto com o enxofre (S), e acabam por formar tiocianato (SCN<sup>-</sup>), que além de ser menos tóxico é eliminado por via renal.

O íon cianeto que aparece em águas naturais é proveniente das descargas de efluentes industriais. Espécies aquáticas, tais como peixes, são sensíveis à presença de cianeto e poucos miligramas por litro são suficientes para causar a morte de certas espécies em menos de uma hora. (VON SPERLING, 2005).

## 5 METODOLOGIA

A pesquisa foi desenvolvida em quatro fases, sendo estas: (i) pesquisa bibliográfica, (ii) etapa pré-campo, (iii) trabalho de campo e (iv) análise laboratorial, conforme mostrado no Fluxograma 1.



Fluxograma 1 - Fluxograma com as fases da pesquisa.

### 5.1 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA (FASE 1)

Esta fase representou a pesquisa na literatura especializada sobre a problemática das minerações e seus impactos ambientais. Para tanto foram utilizadas as bibliotecas regionais acrescidas das bibliotecas eletrônicas (Internet). Procuraram-se trabalhos específicos sobre os aspectos geoquímicos dos processos de mineração e seus descartes para o meio ambiente. Representou também uma preocupação no estudo da área em questão, especificamente, a área do município de Pedra Branca do Amapari.

## 5.2 PRÉ-CAMPO (FASE 2)

Nessa fase foi desenvolvido um conjunto de atividades necessárias para a preparação das etapas de campo subseqüentes, tais como:

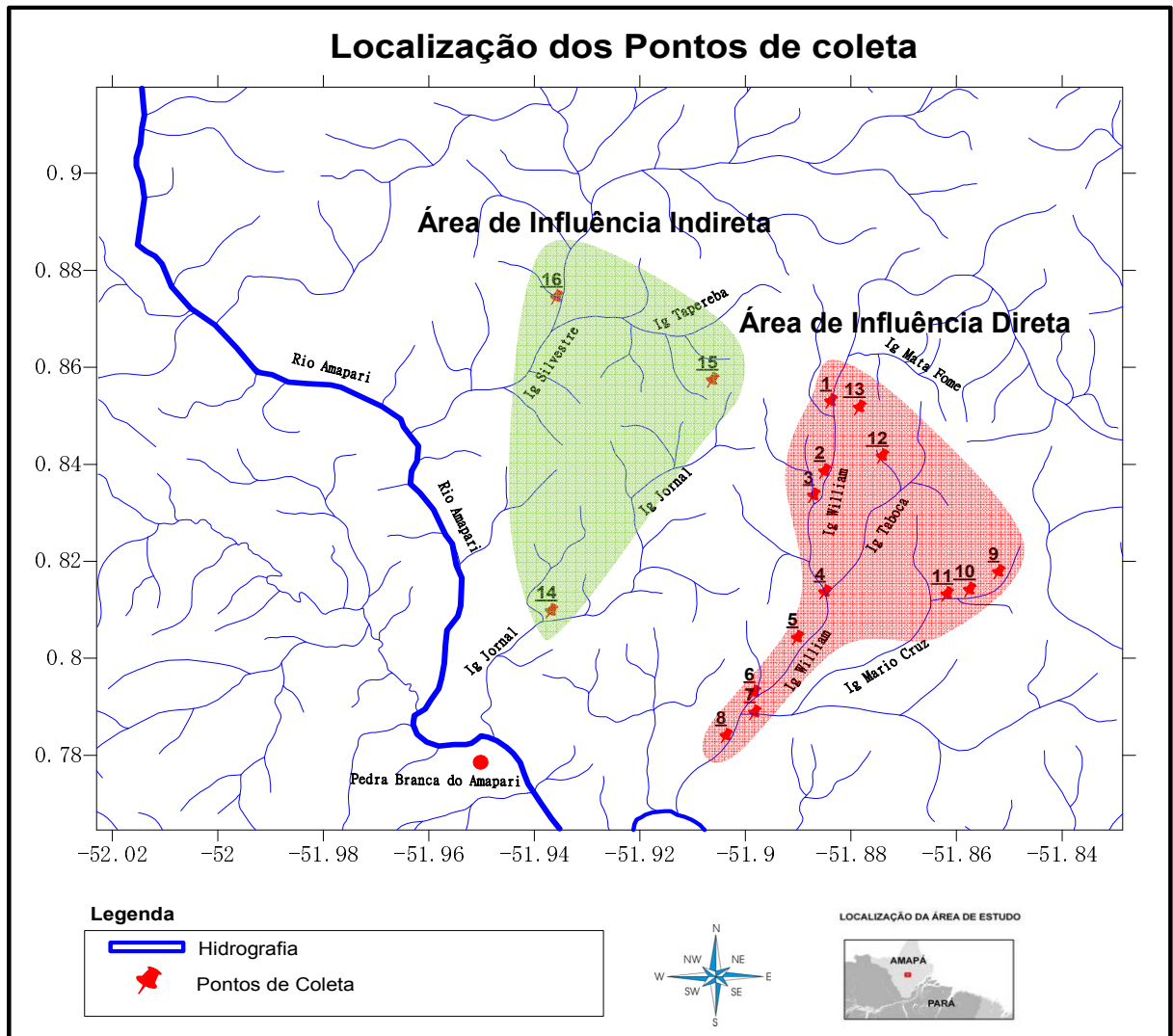
- Estudo cartográfico: Confecção de um conjunto de mapas base – mapa de logística, drenagem e relevo – necessários para os trabalhos de campo.
- Preparação Logística: Estabelecimento das etapas de campo, aquisição de equipamentos e outros materiais necessários.

## 5.3 TRABALHOS DE CAMPO (FASE 3)

A primeira etapa de campo ocorreu no período de 22 à 26/02/2008. Durante essa etapa visitou-se toda a área do empreendimento, dando-se preferência à área de influência direta determinada pelos estudos de impacto ambiental do EIA/RIMA elaborado pela empresa MMX.

A segunda etapa de campo ocorreu no período de 27/03 a 01/04/2008 quando 16 amostras de água foram coletadas nos pontos previamente selecionados (Mapa 2).

Todos os pontos coletados estão localizados na área de influência direta determinada pelo EIA/RIMA da MMX, contudo, para esse trabalho os pontos de coleta foram classificados como de influência direta e indireta das empresas tendo como parâmetro sua proximidade com as mineradoras MMX e MPBA, conforme mostrado no Quadro 3, para facilitar a apresentação dos dados.



Mapa 2 - Distribuição espacial dos pontos de coleta com a demarcação das áreas de influência direta (em vermelho) e área de influência indireta (em verde).

Para a realização da coleta além do apoio do Ministério Público do Amapá que disponibilizou o transporte, utilizou-se também o apoio das empresas MMX e MPBA que acompanharam até os pontos de coleta dentro dos domínios da empresa.

Devido às chuvas e ao difícil acesso à área, a coleta se deu em três dias, sendo os dois primeiros divididos entre as amostras localizadas dentro das duas empresas e o terceiro dedicado ao igarapé William. As coletas

Para a coleta e armazenamento das amostras utilizou-se garrafas de polietileno de um litro, que foram preservadas em isopor com gelo.

Ainda em campo foram realizadas as análises de condutividade elétrica por meio do condutímetro de campo marca HANNA modelo HI 8633, calibrado com solução de KCl 0 a 1409  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; pH utilizando-se o pH-meter de campo marca

HANNA, calibrado com padrões de pH 7, 4 e 9; e temperatura com termômetro de mercúrio de uso em laboratório, marca ABA.

Amostra	Localização	Local	Influência (MMX e MPBA)
1	0° 52' 22"N 51° 56' 12"O	Igarapé William	Direta
2	0° 50' 24"N 51° 52' 30"O		
3	0° 50' 13"N 51° 53' 09"O		
4	0° 51' 00"N 51° 52' 45"O		
5	0° 51' 05"N 51° 53' 05"O		
6	0° 53' 33"N 51° 00' 02"O		
7	0° 51' 14"N 51° 53' 23"O		
8	0° 48' 29"N 51° 56' 08"O		
9	0° 48' 44"N 51° 53' 09"O	Igarapé Mário Cruz	
10	0° 48' 42"N 51° 51' 45"O		
11	0° 48' 45"N 51° 51' 30"O		
12	0° 48' 58"N 51° 51' 10"O	Igarapé Taboca	
13	0° 49' 55"N 51° 53' 16"O	Igarapé Mata Fome	
14	0° 48' 30"N 51° 56' 09"O	Igarapé Jornal	Indireta
15	0° 47' 14"N 51° 53' 57"O	Igarapé Taperebá	
16	0° 48' 09"N 51° 53' 27"O	Igarapé Silvestre	

Quadro 3 – Classificação dos pontos de coleta referente à influência das empresas mineradoras MMX e MPBA.

As amostras foram mantidas em isopor com gelo até a chegada ao local de análise.

#### 5.4 ANÁLISE LABORATORIAL (FASE 4)

As 16 amostras coletadas foram encaminhadas para o Laboratório de Hidroquímica do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará onde, sob a responsabilidade técnica do Prof. Dr. José Augusto Corrêa, foram analisados os seguintes parâmetros: Cor, Sólidos Totais Dissolvidos, Turbidez, Nitrato, Sulfato,

Cloreto e Cianeto. Em laboratório a metodologia utilizada para a análise das amostras foi aquela descrita em Standard Methods (1995).

## 6 ESTUDO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS DA ÁREA ESTUDADA

Os resultados obtidos nas análises físico-químicas das 16 amostras coletadas nos igarapés William, Mario Cruz, Taboca, Mata Fome, Jornal, Taperebá e Silvestre foram agrupadas de acordo com a influência (direta e indireta) das mineradoras MMX e MPBA, descritas anteriormente na metodologia.

### 6.1 ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DAS ÁGUAS DOS IGARAPÉS DAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA DIRETA

A seguir serão mostrados os resultados das análises físico-químicas das águas dos igarapés presentes na área de influência direta que, conforme descrito anteriormente, possui: Igarapés William, Mário Cruz, Taboca e Mata Fome.

Os resultados das análises físico-químicas de Cor, Sólidos Totais Dissolvidos, Turbidez, Condutividade Elétrica, PH, Nitrato, Sulfato e Cloreto, das águas coletadas nos referidos igarapés serão mostrados a seguir:

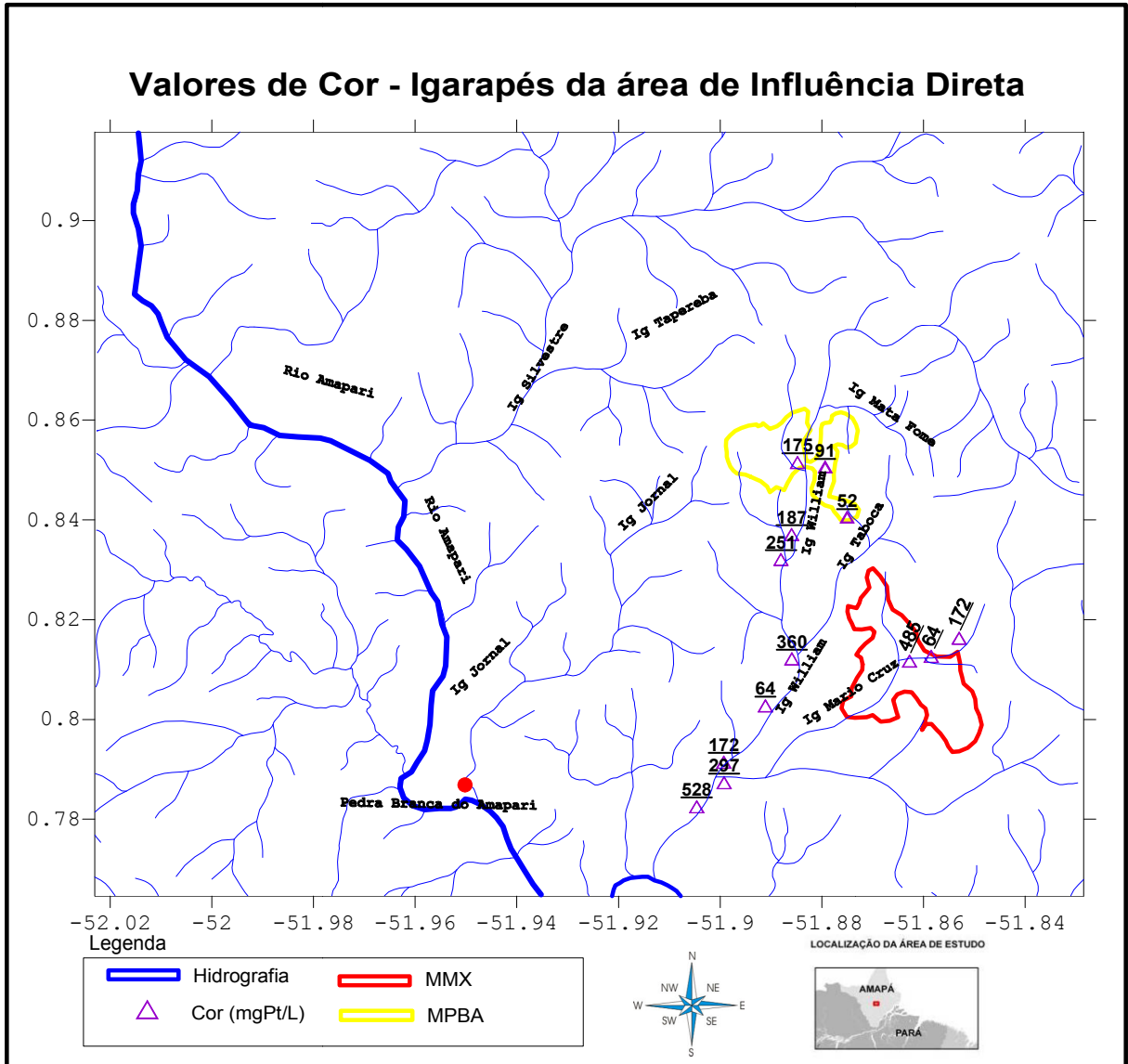
#### **Cor**

Os valores de cor, expressos em mgPt/L, apresentaram uma variação de 64 a 528 mgPt/L e média de aproximadamente 223 mgPt/L.

O CONAMA através da Resolução N<sup>o</sup> 357/2005 utiliza como critério de proteção à vida aquática valores de cor até o limite de 75 mgPt/L. Já a Organização Mundial de Saúde (OMS) estabelece o valor máximo de 15 mgPt/L para a potabilidade da água.

No Mapa 3 estão expostos os valores de cor das amostras da área de influência direta.

Dentre as amostras citadas, apenas a amostra 3 ficou abaixo do valor recomendado pelo CONAMA. No que diz respeito à OMS, todas as 13 amostras apresentaram valores superiores, conforme mostrado no Gráfico 2.



Mapa 3 - Valores de cor das amostras de água coletadas nos igarapés da área de influência direta.

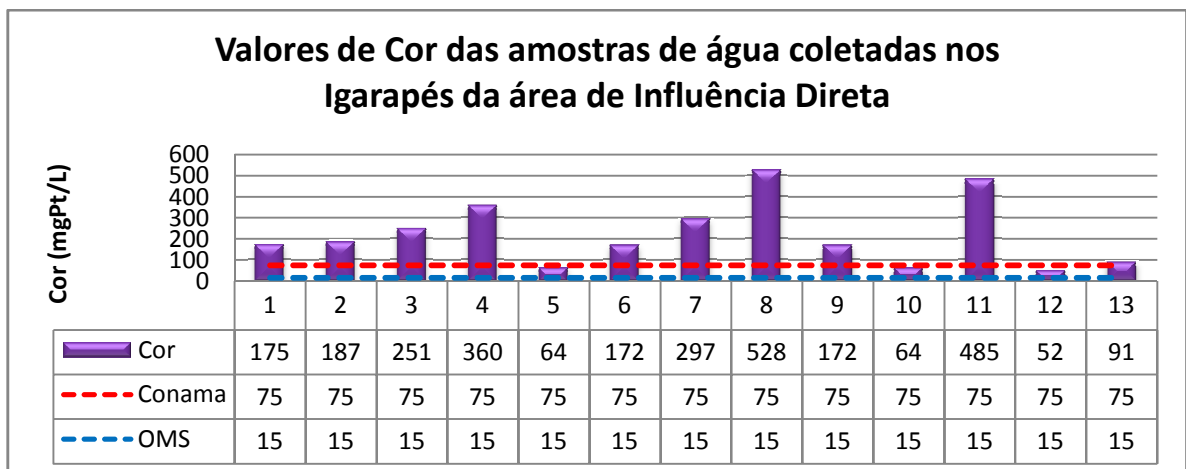


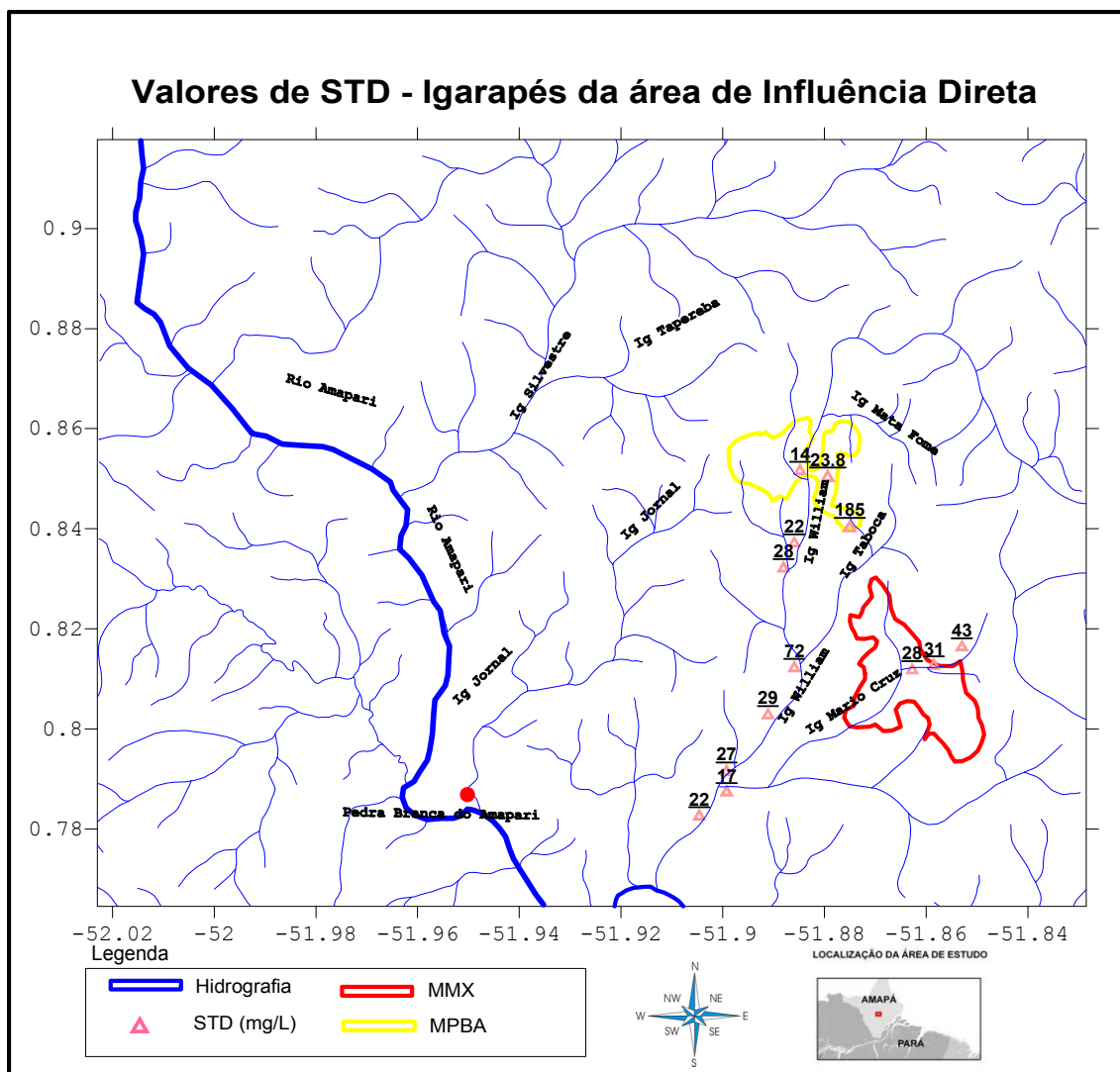
Gráfico 2 – Valores de cor das amostras coletadas nos igarapés da área de influência direta e valores de referência do CONAMA e OMS.

## Sólidos Totais Dissolvidos

No Mapa 4 estão expostos os valores das concentrações dos sólidos totais dissolvidos das amostras de água dos igarapés da área de influência direta.

As concentrações de sólidos totais dissolvidos são expressas em mg/L. Como pode ser observado, os valores dessas concentrações, nas águas amostradas nos igarapés da área de influência direta apresentaram uma variação de 14,3 a 185 mg/L e média de 41,5 mg/L.

O limite máximo em águas superficiais classe II permitido pela Resolução 357/05 do CONAMA é de 500 mg/L, enquanto que o valor máximo em água potável permitido pela OMS é de 1000 mg/L.



Mapa 4 - Valores das concentrações de sólidos totais dissolvidos das amostras de água coletadas nos igarapés da área de influência direta.

Todas as amostras coletadas apresentaram valores dentro do recomendado tanto pelo CONAMA quanto pela OMS, conforme mostrado no Gráfico 3.

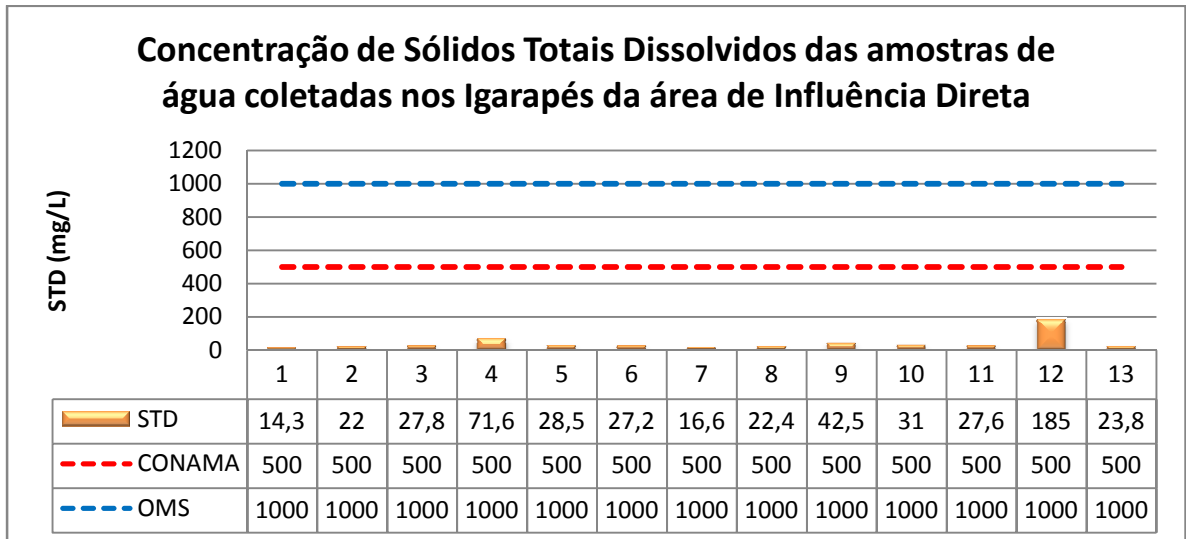


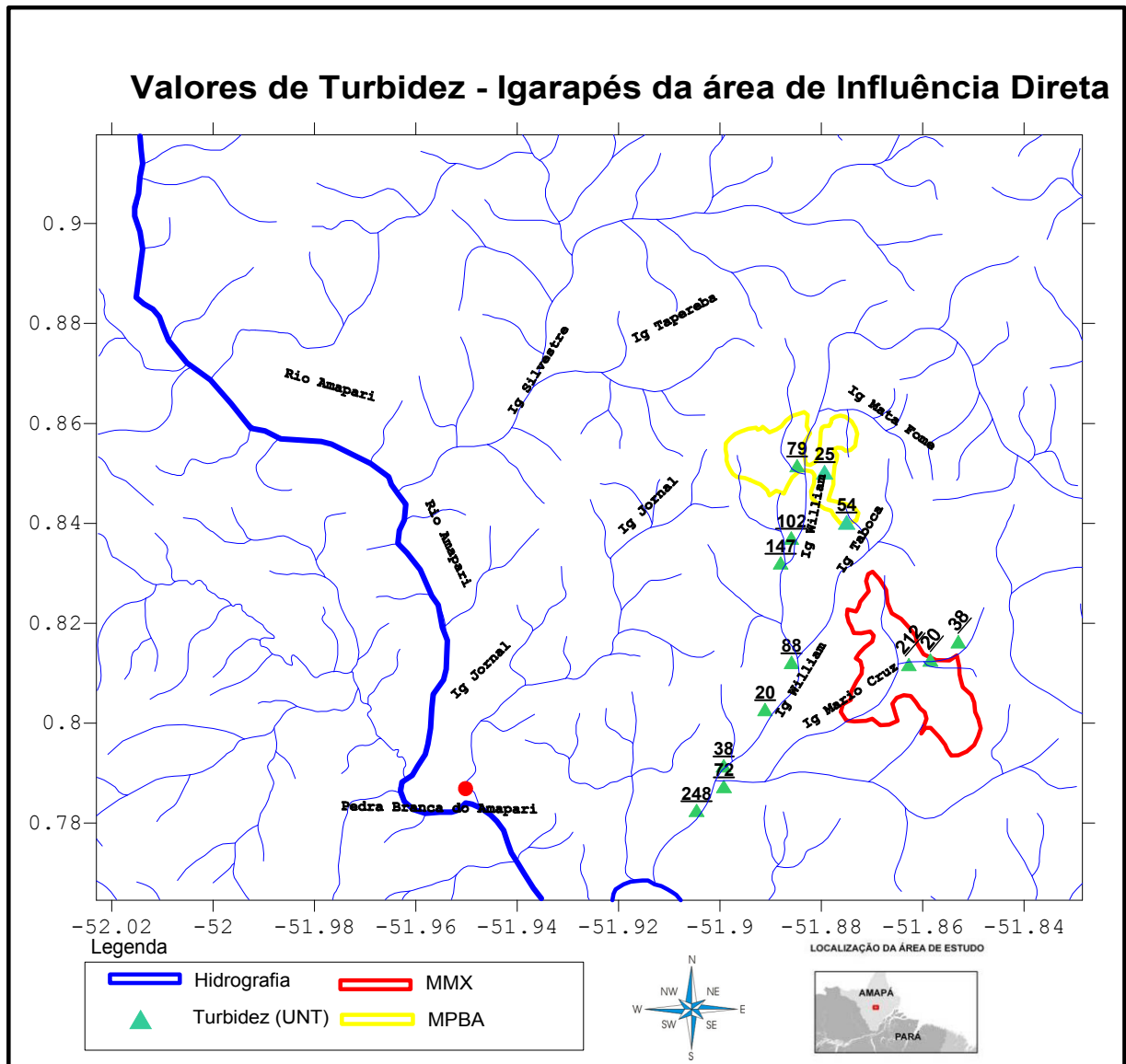
Gráfico 3 – Valores das concentrações de sólidos totais dissolvidos das amostras coletadas nos igarapés da área de influência direta e valores de referência do CONAMA e OMS.

## Turbidez

No Mapa 5 estão expostos os valores de turbidez das amostras de 1 a 13 localizadas nos igarapés da área de influência direta.

Os valores de turbidez são expressos em Unidade Nefelométrica de Turbidez (UNT). As amostras dos igarapés da área de influência direta apresentaram uma variação de 20 a 248 UNT e média de 87,9 UNT.

O limite máximo de turbidez em águas superficiais classe II permitido pela Resolução 357/05 do CONAMA é de 100 UNT, enquanto que o valor máximo recomendado pela OMS para água potável é de 5 UNT.



Mapa 5 - Valores de turbidez das amostras de água coletadas nos igarapés da área de influência direta.

Das 13 amostras coletadas quatro se mostraram acima do valor máximo recomendado pelo CONAMA e nenhuma se enquadrou nos padrões de potabilidade estabelecidos pela OMS, como mostrado no Gráfico 4. Percebe-se aqui o grande aporte de sedimentos provindos das minerações para esses cursos hídricos.

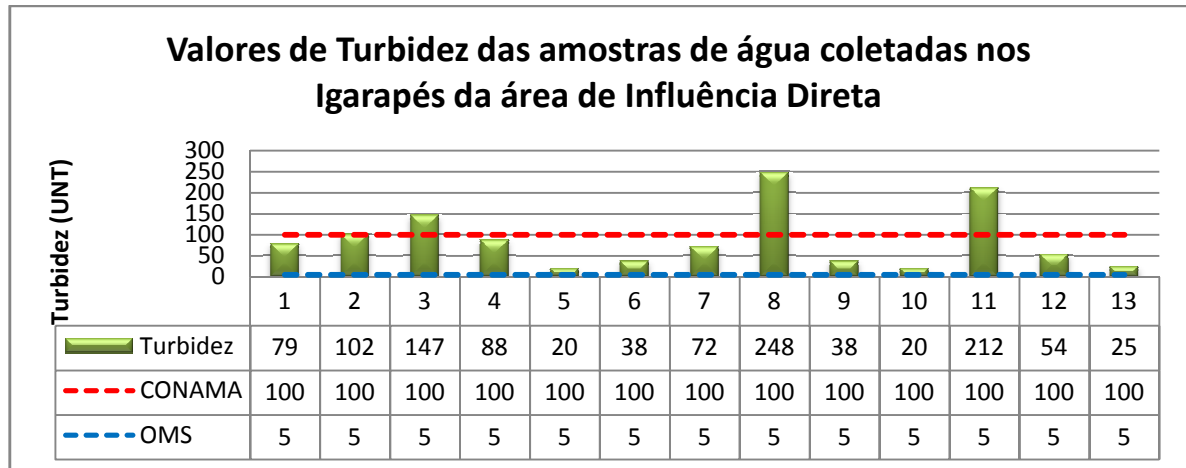


Gráfico 4 – Valores de turbidez das amostras coletadas nos igarapés da área de influência direta e valores de referência do CONAMA e OMS.

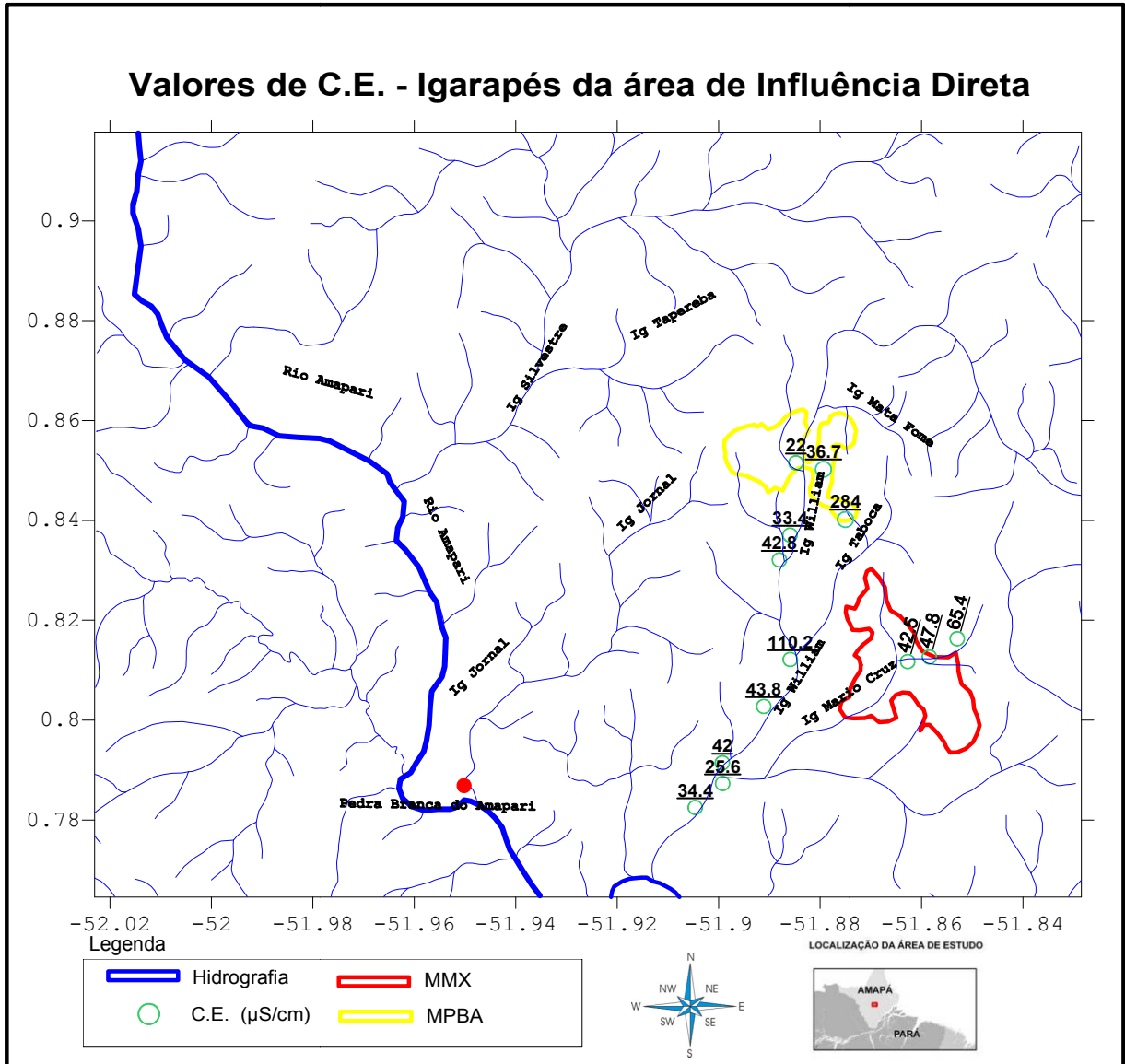
### Condutividade elétrica

No Mapa 6 estão expostos os valores de condutividade elétrica das amostras de 1 a 13 localizados nos igarapés da área de influência direta.

Os valores de condutividade elétrica, expressos em  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , variaram de  $22\mu\text{S}/\text{cm}$  até  $284\mu\text{S}/\text{cm}$  e tiveram uma média de  $63,9\mu\text{S}/\text{cm}$ , conforme mostrado no Gráfico 5

Dois valores aparecem em destaque, referentes às amostras 4 e 12. Isso parece refletir situação localizada de aumento de material dissolvido nessas águas.

No Gráfico 3, construído para STD, percebe-se, também esses valores mais elevados para as mesmas amostras 4 e 12, o que descarta a possibilidade de erro analítico.



Mapa 6 - Valores de condutividade elétrica das amostras de água coletadas nos igarapés da área de influência direta.

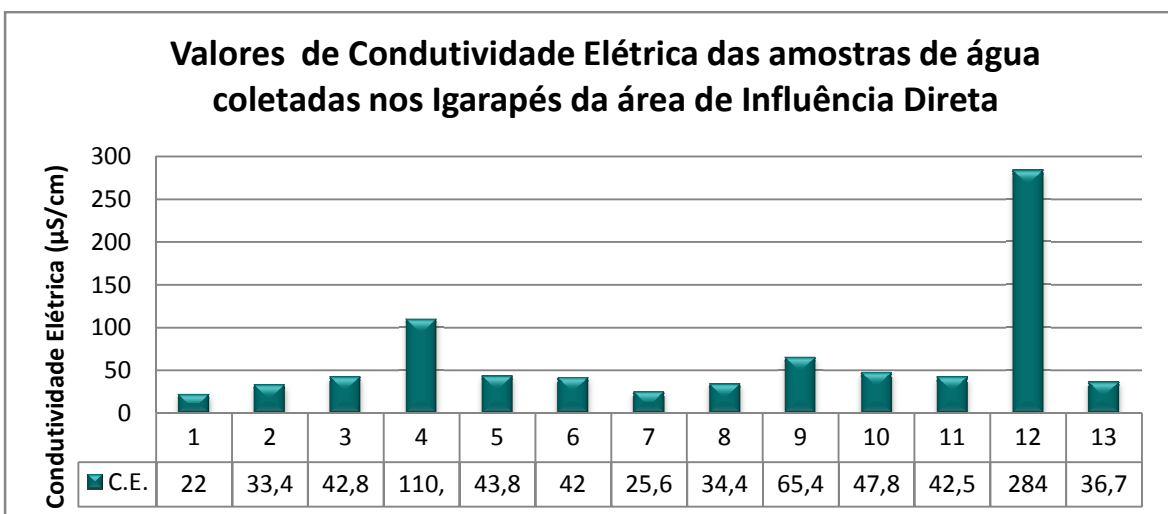
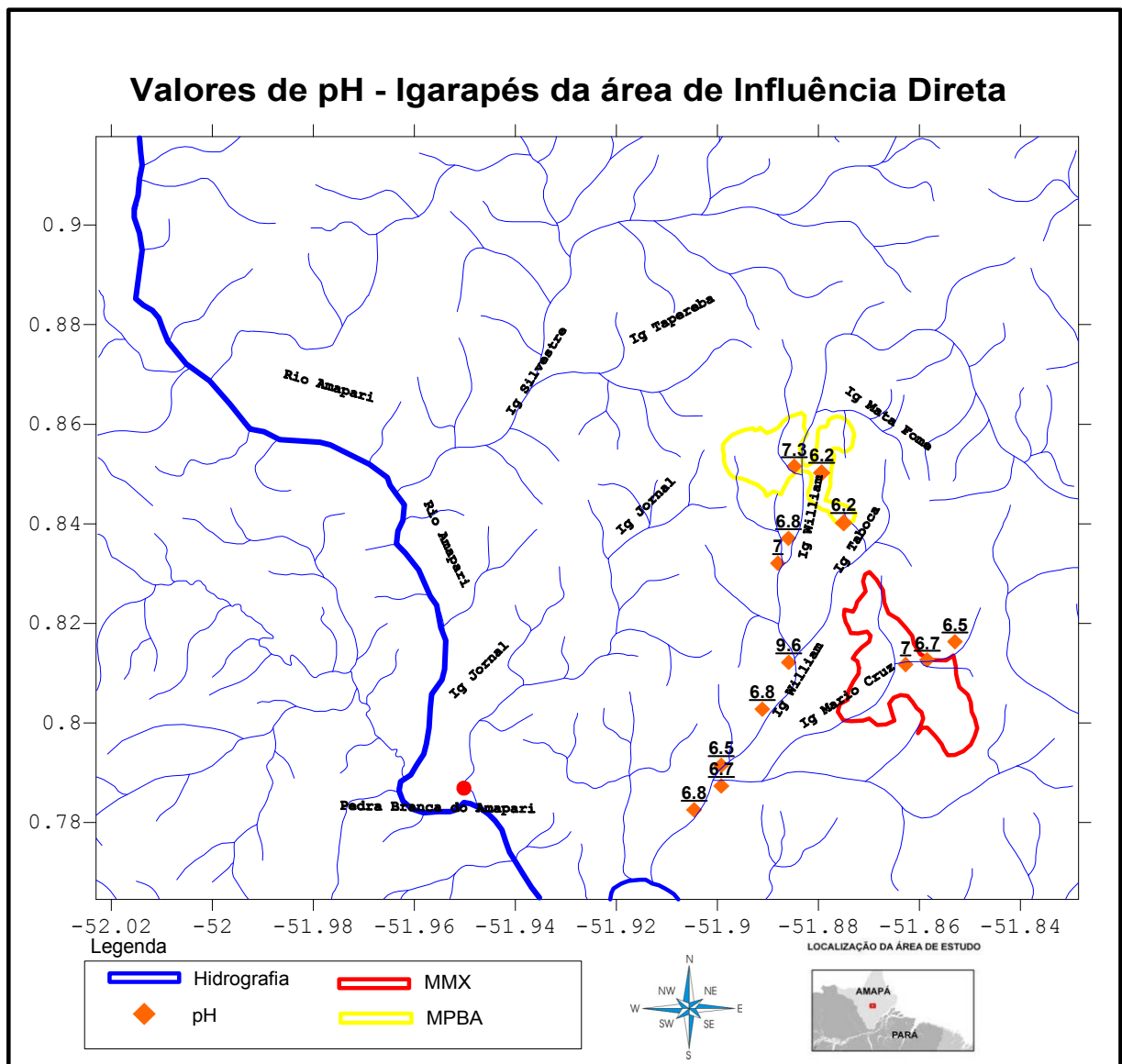


Gráfico 5 – Valores de condutividade elétrica das amostras coletadas nos igarapés da área de influência direta.

## pH

No Mapa 7 estão expostos os valores de pH das amostras coletadas nos igarapés da área de influência direta.



Mapa 7 - Valores de pH das amostras de água coletadas nos igarapés da área de influência direta.

As amostras apresentaram valores de pH variando entre 6,2 e 9,6 e média de 6,9.

O CONAMA utiliza como critério de proteção à vida aquática valores de pH entre 6 e 9 enquanto que o guia da OMS estabelece a faixa entre 6,5 e 8 para a potabilidade da água.

Das treze amostras coletadas apenas a amostra 4 se manteve fora da faixa recomendada pelo CONAMA, ficando acima de 9, o máximo permitido, como mostra o Gráfico 6.

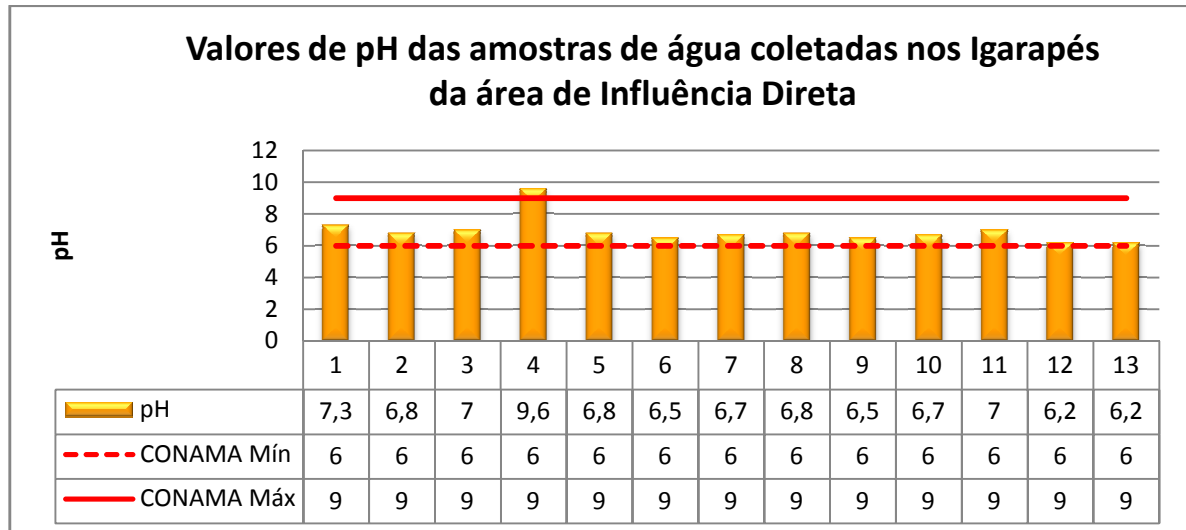


Gráfico 6 – Valores de pH das amostras coletadas nos igarapés da área de influência direta e valores de referência do CONAMA.

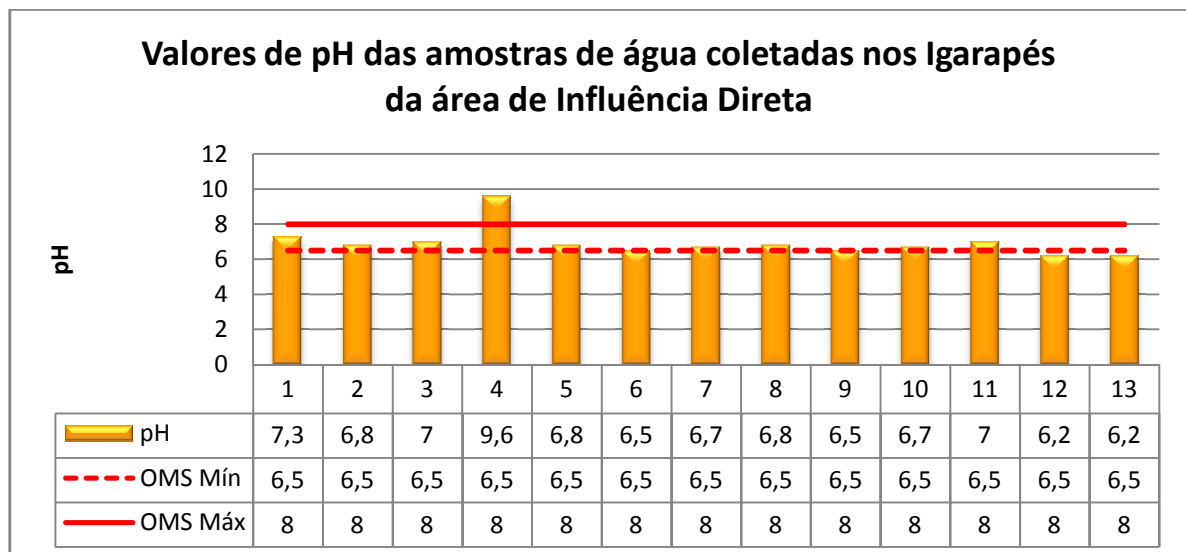
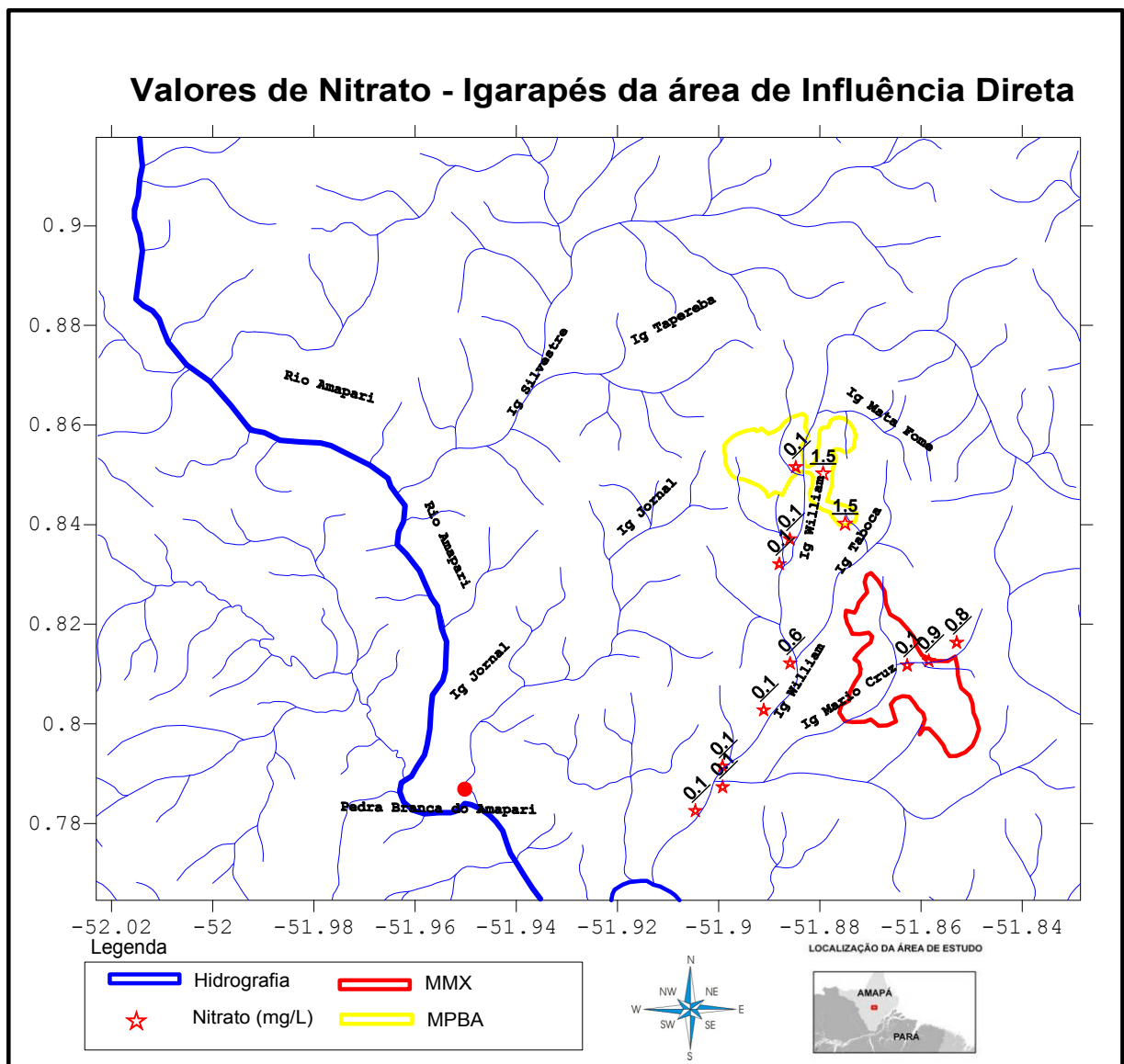


Gráfico 7 – Valores de pH das amostras coletadas nos igarapés da área de influência direta e valor de referência da OMS.

No que diz respeito à OMS, ambos os igarapés se mantiveram fora faixa, não superando o valor mínimo de 6,5. Para a faixa estabelecida pela OMS, novamente a amostra 4 se manteve fora, medindo 9,6, juntamente com as amostras 12 e 13 que não superaram o valor mínimo esperado (Gráfico 7)

## Nitrato

No Mapa 8 estão expostos os valores das concentrações de nitrato das amostras de água coletadas nos igarapés da área de influência direta.



Mapa 8 - Valores das concentrações de nitrato das amostras de água coletadas nos igarapés da área de influência direta.

Os valores das concentrações de nitrato, expressos em mg/L, variaram entre 0,1 e 1,5 mg/L e tiveram uma média de 0,47 mg/L.

O limite máximo para a concentração de nitrato em águas superficiais classe II recomendado pela Resolução 357/05 do CONAMA é de 10 mg/L, enquanto que o valor máximo em água potável permitido pela OMS é de 50 mg/L.

Todas as amostras coletadas apresentaram valores dentro do recomendado tanto pelo CONAMA quanto pela OMS, conforme mostrado no Gráfico 8.

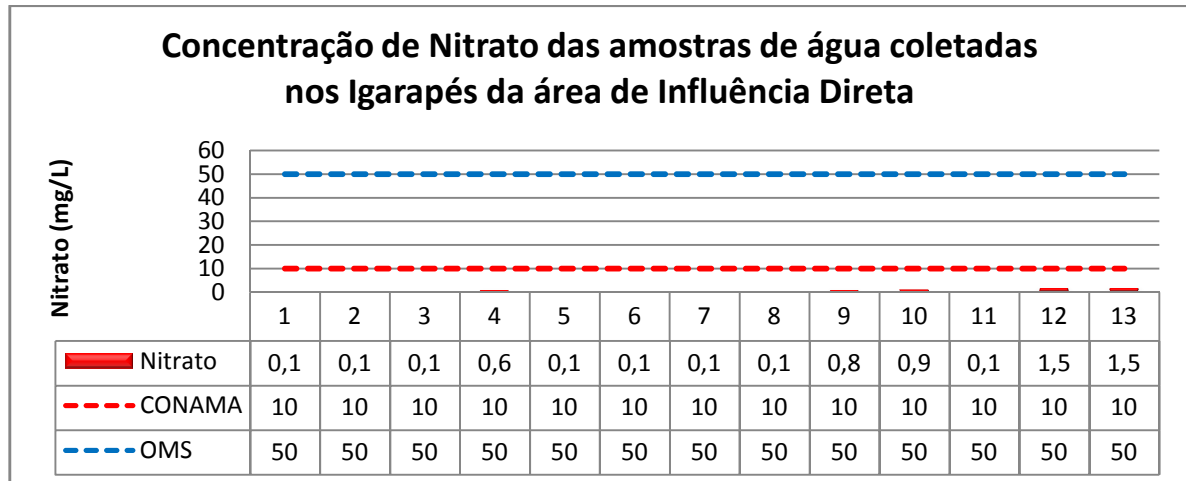
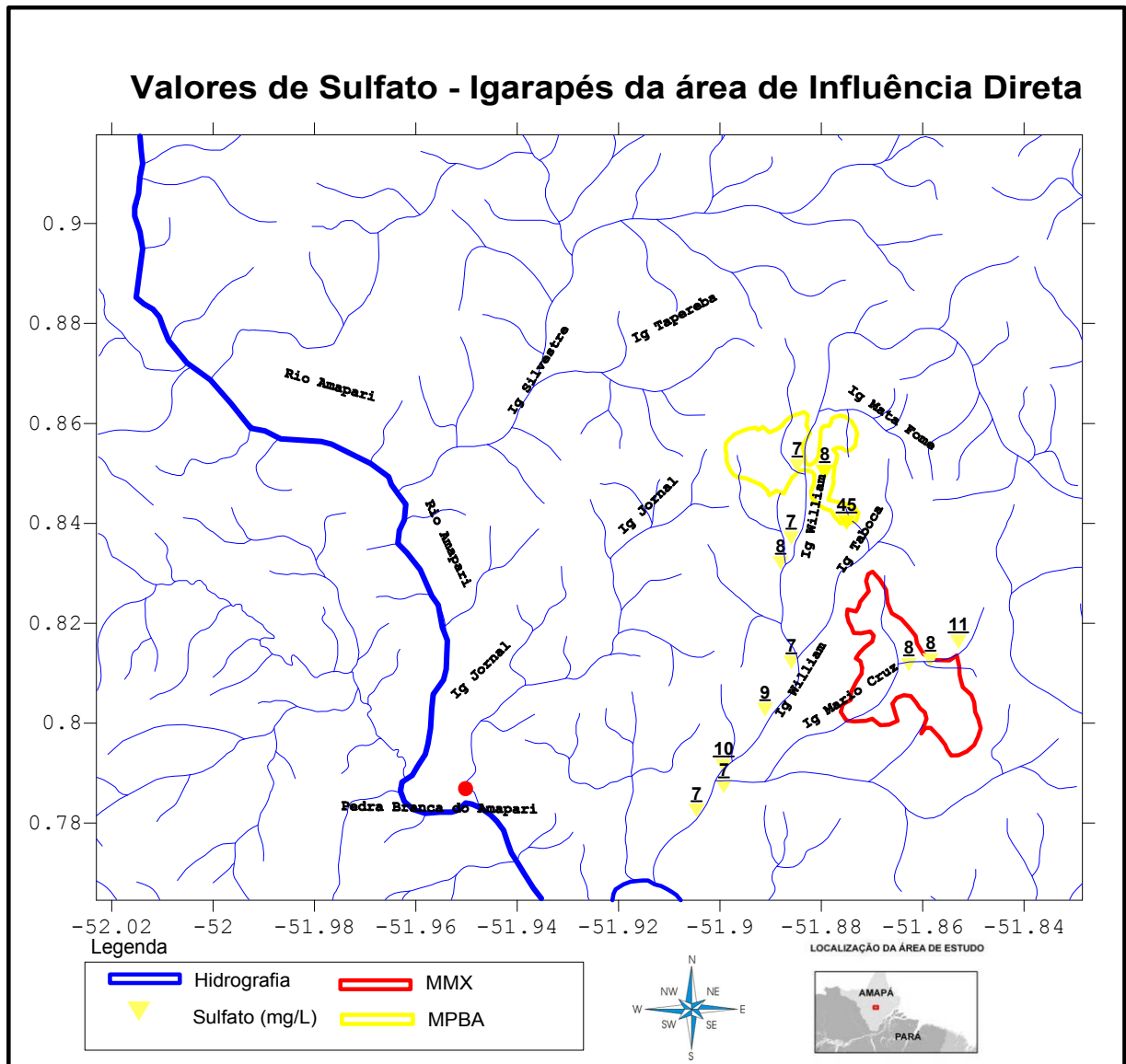


Gráfico 8 – Valores das concentrações de nitrato das amostras coletadas nos igarapés da área de influência direta e valores de referência do CONAMA e OMS.

## Sulfato

No Mapa 9 estão expostos os valores das concentrações de sulfato das amostras coletadas nos igarapés da área de influência direta.



Mapa 9 - Valores das concentrações de sulfato das amostras de água coletadas nos igarapés da área de influência direta.

Os valores das concentrações de sulfato, expressos em mg/L, tiveram variação de 7 a 45 mg/L, com média de 10,92 mg/L.

No que diz respeito ao limite máximo da concentração de sulfato na água, CONAMA e OMS concordam que esse limite seja de no máximo de 250 mg/L de sulfato.

Todas as amostras coletadas apresentaram valores dentro do recomendado tanto pelo CONAMA quanto pela OMS, como é mostrado no Gráfico 9.

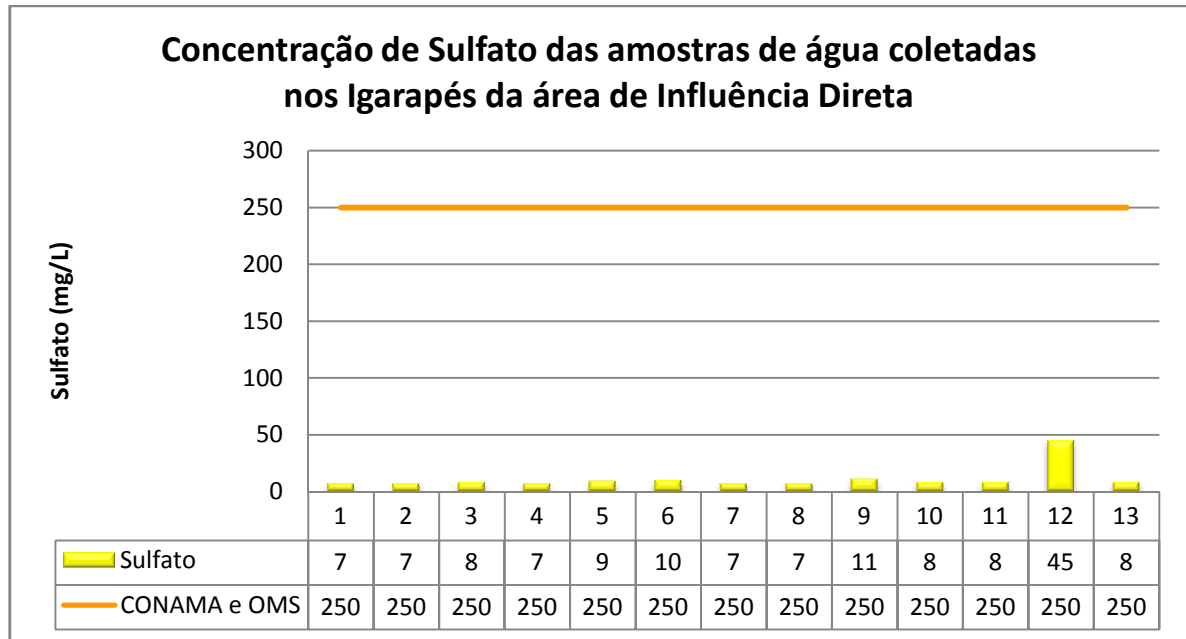


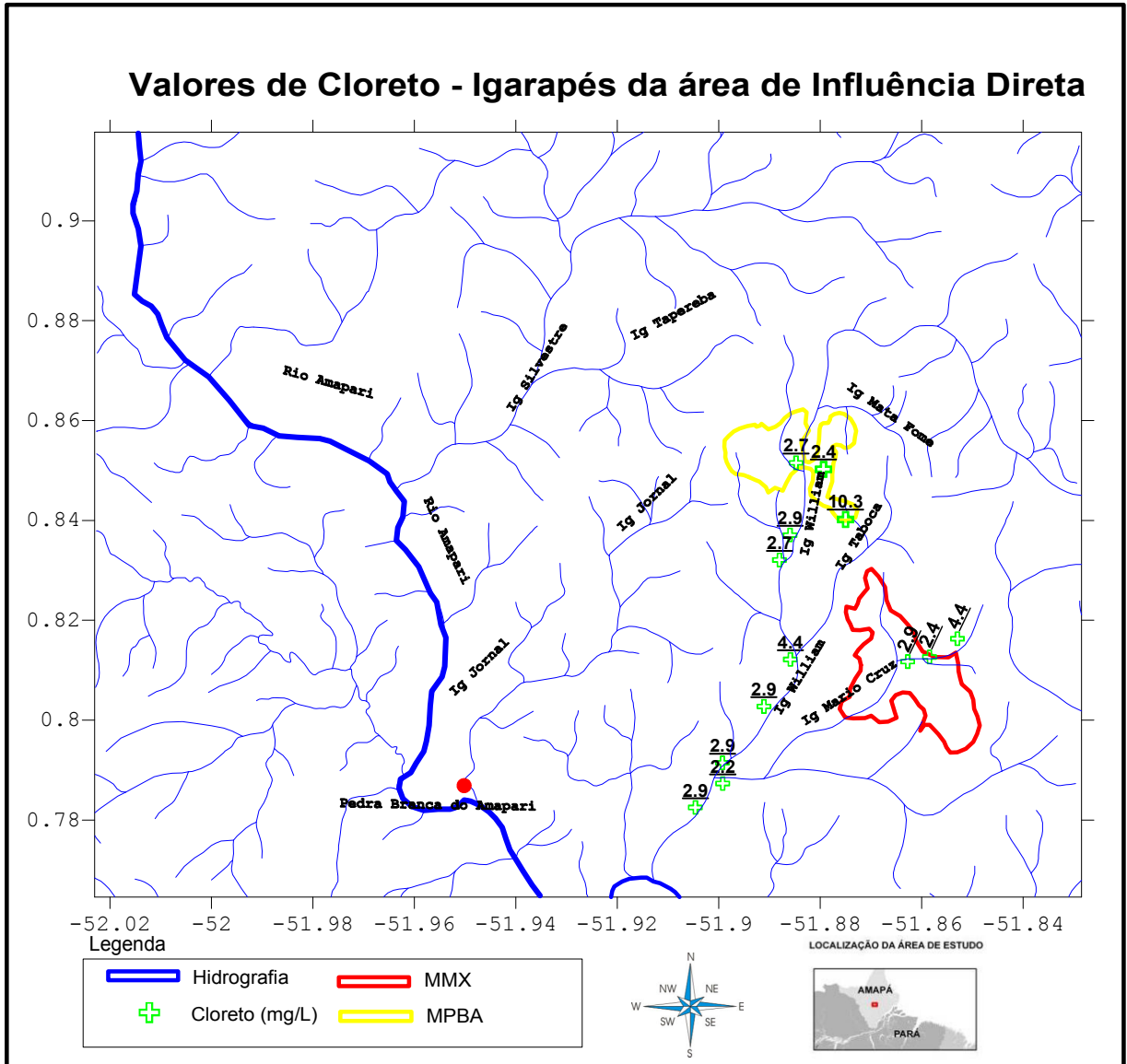
Gráfico 9 – Valores das concentrações de sulfato das amostras coletadas nos igarapés da área de influência direta e valores de referência do CONAMA e OMS.

## Cloreto

No Mapa 10 estão expostos os valores das concentrações de cloreto das amostras coletadas nos igarapés da área de influência direta.

Os valores das concentrações de cloreto são expressos em mg/L. As concentrações de cloreto variaram entre 2,2 e 10,3 mg/L e tiveram uma média de 3,5 mg/L.

No que diz respeito ao limite máximo da concentração de cloreto na água, CONAMA e OMS concordam que esse limite seja de no máximo de 250 mg/L de cloreto.



Mapa 10 - Valores das concentrações de cloreto das amostras de água coletadas nos igarapés da área de influência direta.

Todas as amostras coletadas apresentaram valores dentro do recomendado tanto pelo CONAMA quanto pela OMS, como é mostrado no Gráfico 10.

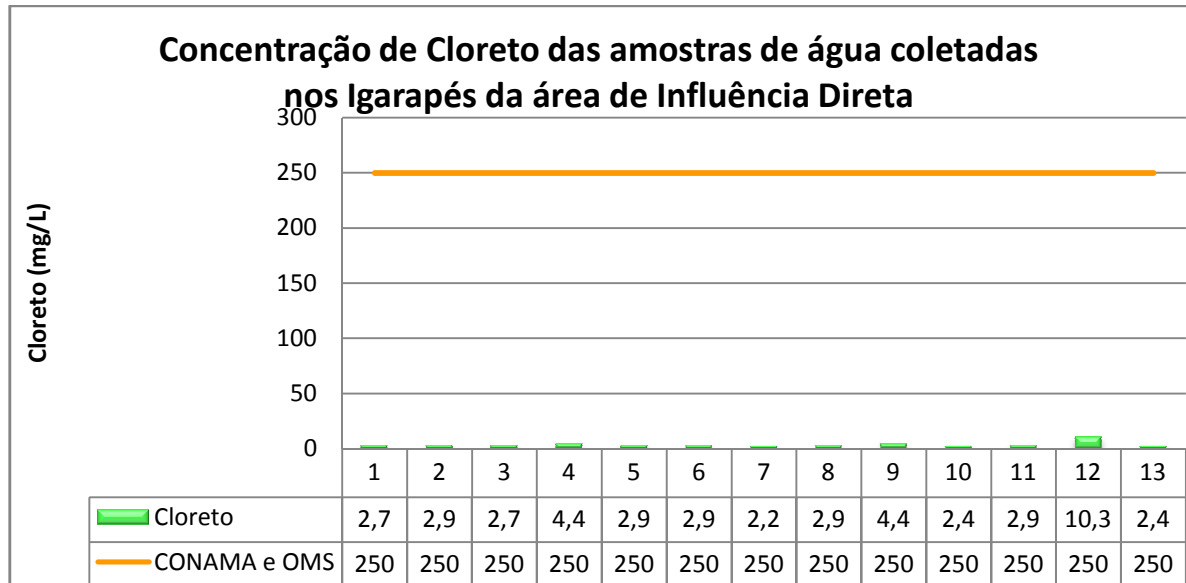


Gráfico 10 – Valores das concentrações de cloreto das amostras coletadas nos igarapés da área de influência direta e valores de referência do CONAMA e OMS.

## 6.2 ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DAS ÁGUAS DOS IGARAPÉS DA ÁREA DE INFLUÊNCIA INDIRETA

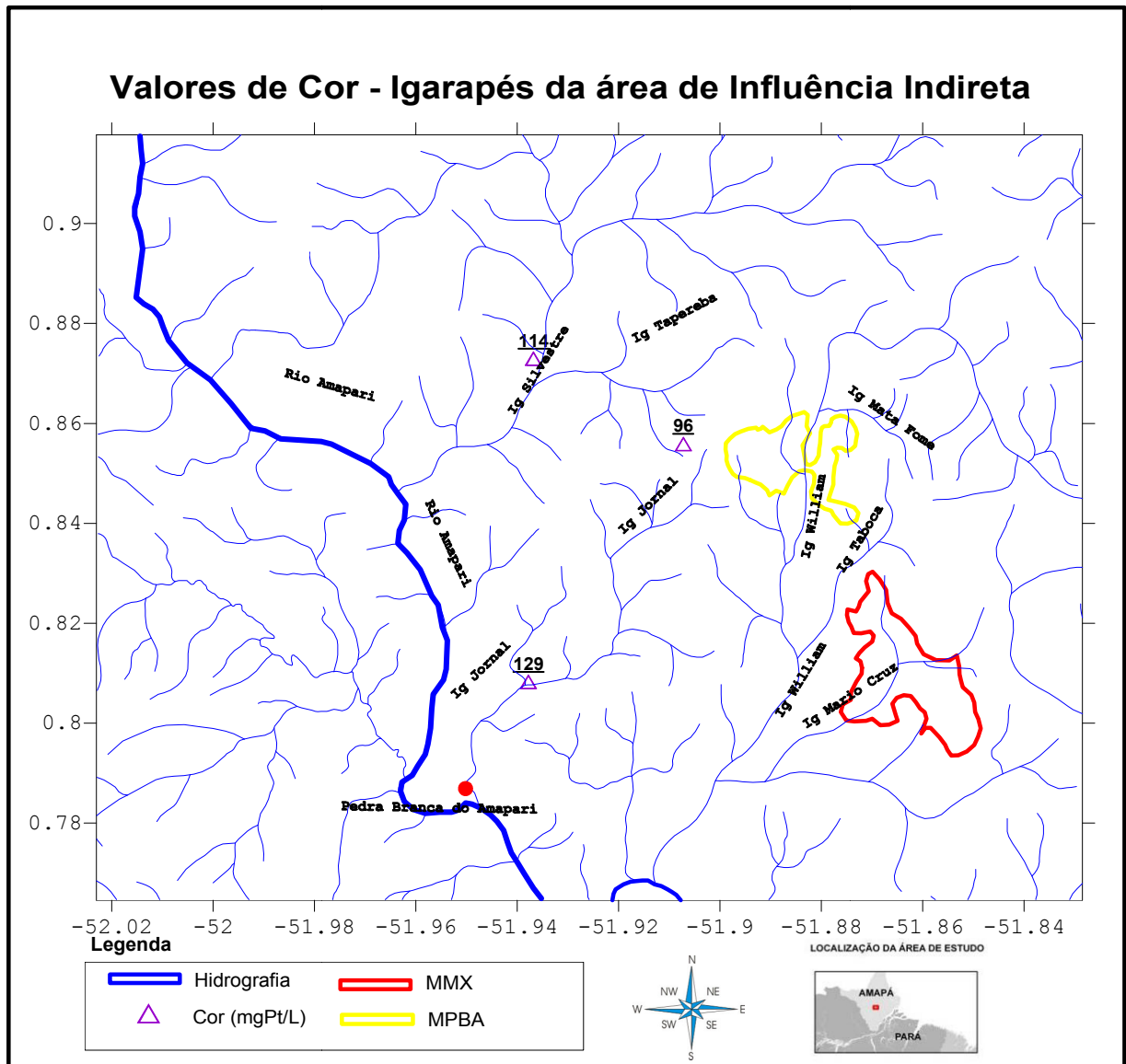
A seguir serão mostrados os resultados das análises físico-químicas das águas dos igarapés presentes na área de influência indireta que, conforme descritos anteriormente são: Igarapés Jornal, Taperebá e Silvestre.

### Cor

No Mapa 11 estão expostos os valores de cor das amostras 14, 15 e 16 localizadas nos igarapés Jornal, Taperebá e Silvestre, respectivamente.

Os valores de cor da água das amostras de água coletadas nos igarapés da área de influência indireta apresentaram uma variação de 96 a 129 mgPt/L e média de 113 mgPt/L.

Todas as amostras coletadas nos igarapés da área de influência indireta apresentaram valores superiores àqueles estabelecidos pelo CONAMA e OMS, conforme mostrado no Gráfico 11.



Mapa 11 - Valores de cor das amostras de água coletadas nos igarapés da área de influência indireta.

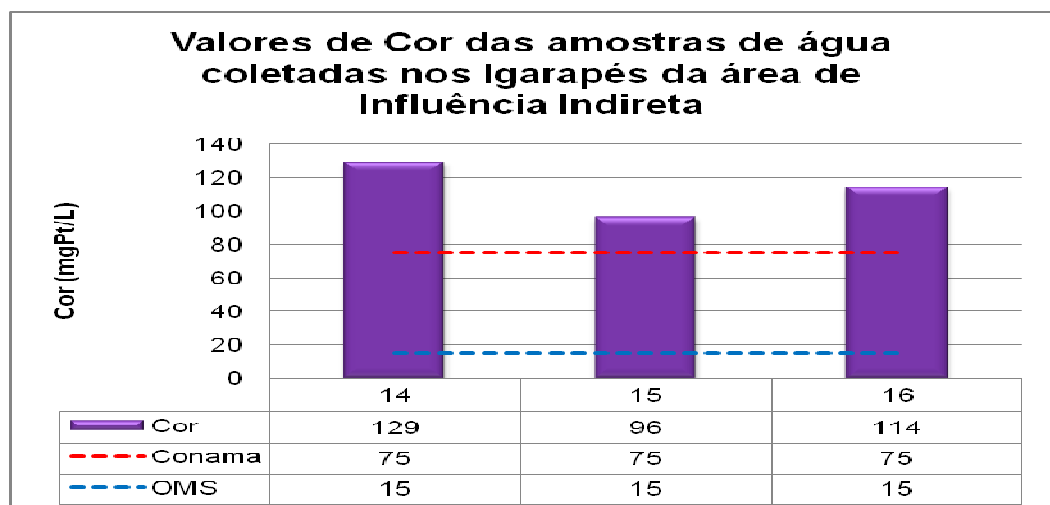


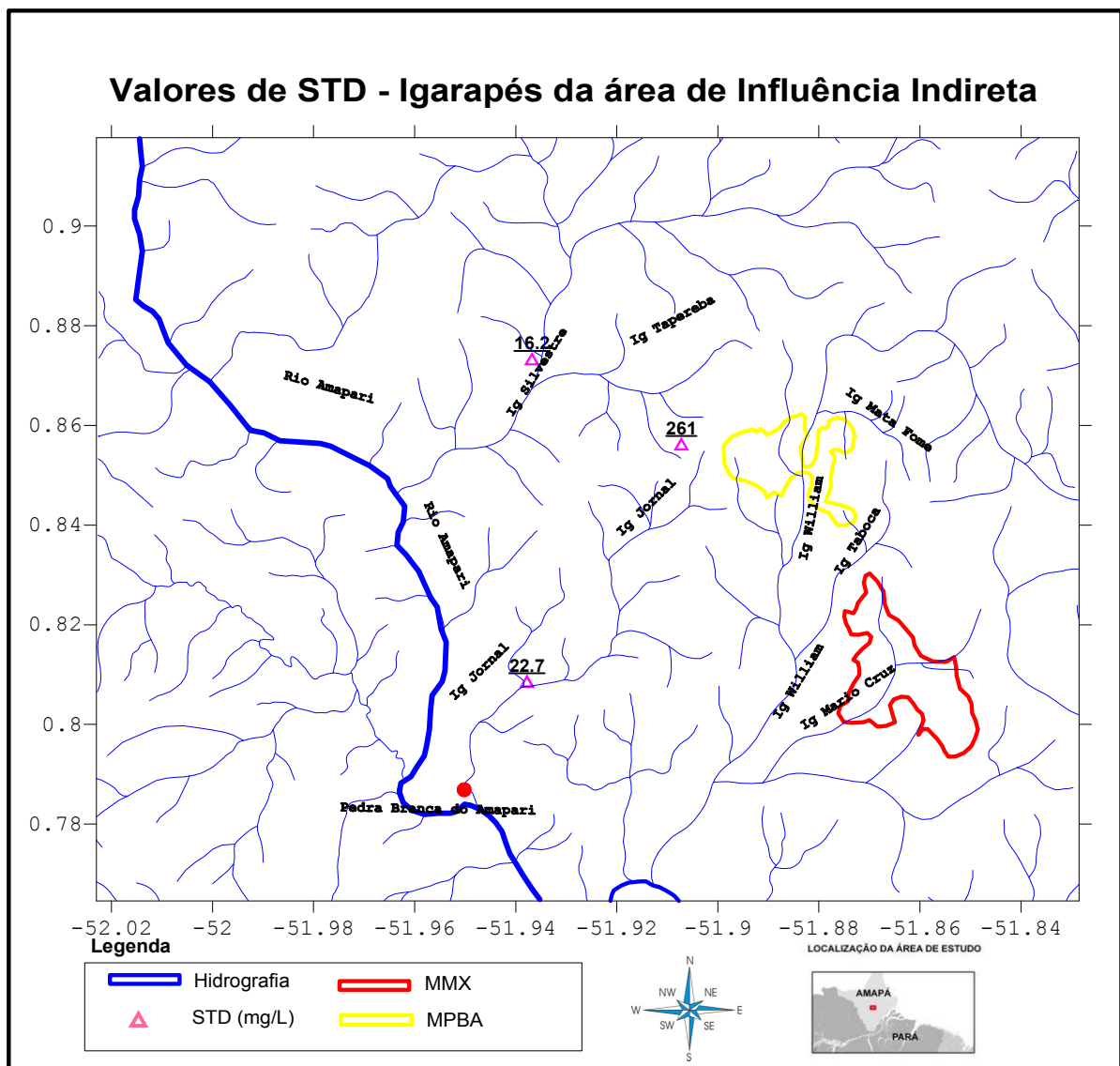
Gráfico 11 – Valores de cor das amostras de água coletadas nos igarapés da área de influência indireta e valores de referência do CONAMA e OMS.

## Sólidos Totais Dissolvidos

No Mapa 12 estão expostos os valores das concentrações dos sólidos totais dissolvidos das amostras de água dos igarapés da área de influência indireta.

Os valores das concentrações de sólidos totais dissolvidos nas águas dos igarapés supracitados mostraram uma variação de 16,2 a 261mg/L e média de aproximadamente 100mg/L.

Todas as amostras coletadas apresentaram valores dentro do recomendado tanto pelo CONAMA quanto pela OMS, conforme mostra o Gráfico 12.



Mapa 12 – Valores das concentrações de sólidos totais dissolvidos das amostras de água coletadas nos igarapés da área de influência indireta.

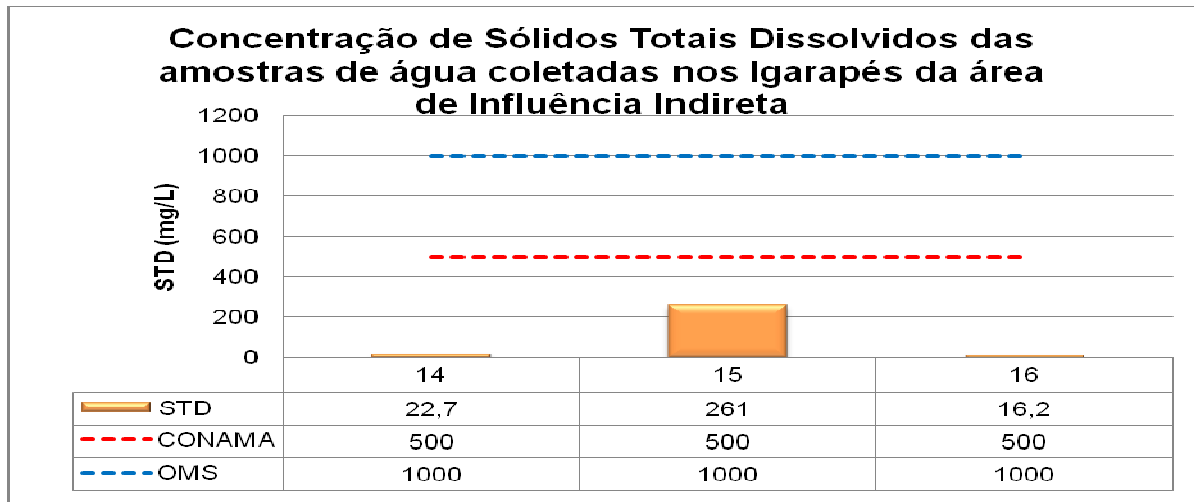
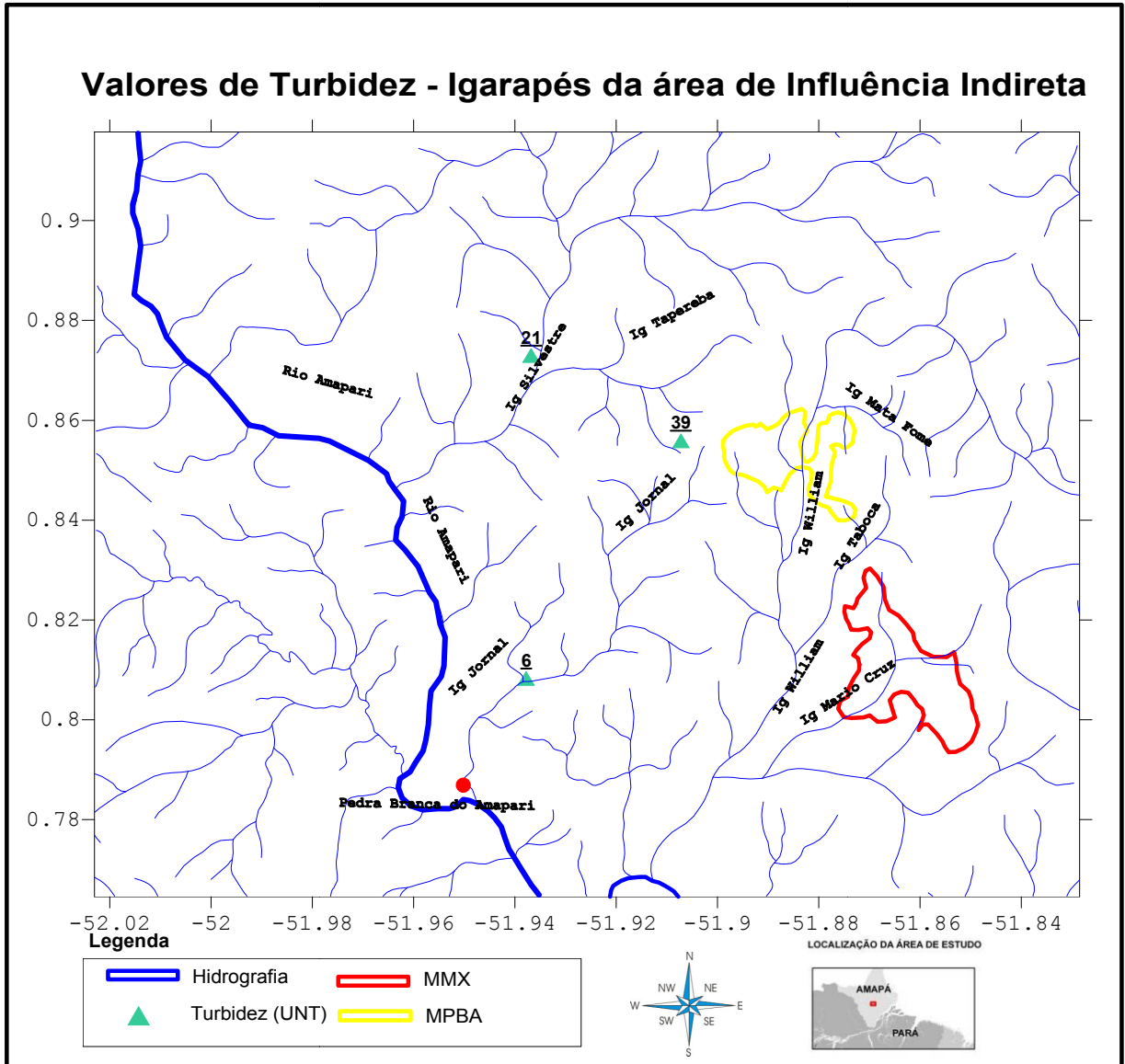


Gráfico 12 – Valores das concentrações de sólidos totais dissolvidos das amostras coletadas nos igarapés da área de influência indireta e valores de referência do CONAMA e OMS.

### Turbidez

No Mapa 13 estão expostos os valores de turbidez das amostras 14, 15 e 16 localizadas nos igarapés da área de influência indireta.

As amostras apresentaram uma variação de 6 a 39 UNT e média de 22 UNT. Todas as amostras coletadas apresentaram valores dentro do recomendado pelo CONAMA, estando porém com valores acima do recomendado pela OMS, conforme mostra o Gráfico 13. Isso indica o forte aporte de sedimentos das áreas de mineração para esses cursos de água.



Mapa 13 - Valores de Turbidez nos igarapés da área de influência indireta.

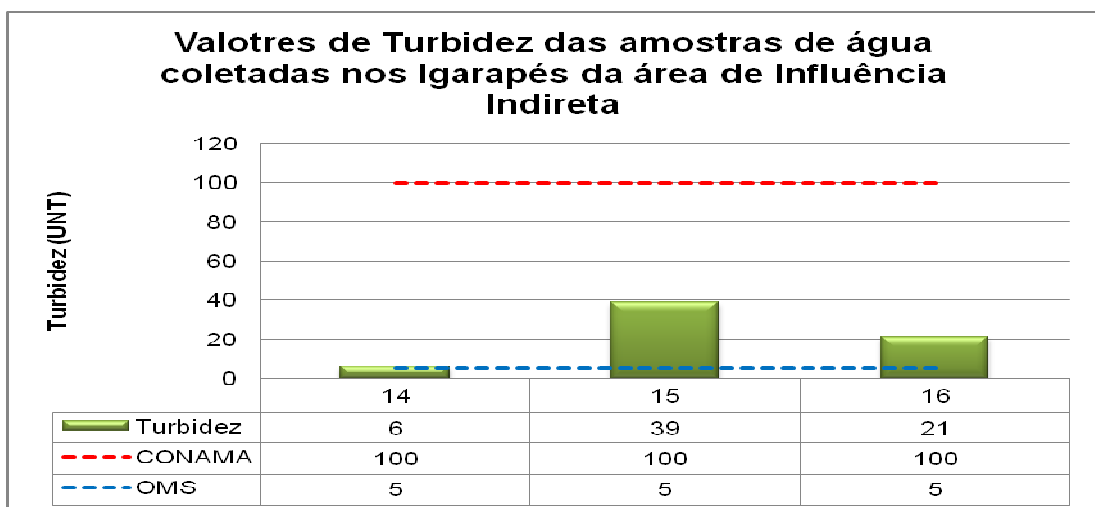


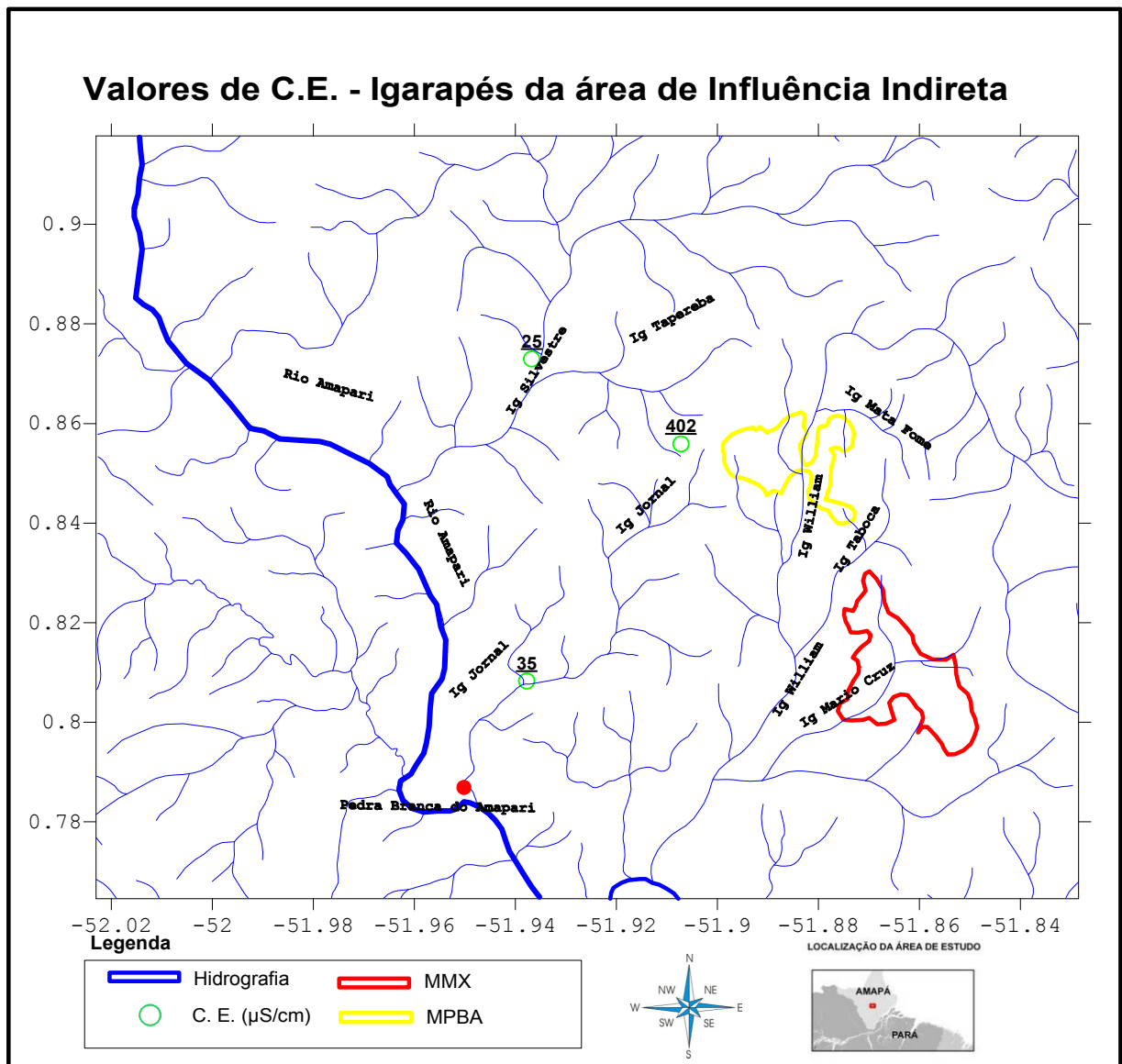
Gráfico 13 – Valores de turbidez das amostras de água coletadas nos igarapés da área de influência indireta e valores de referência do CONAMA e OMS.

## Condutividade elétrica

No Mapa 14 estão expostos os valores de condutividade elétrica das amostras dos igarapés da área de influência indireta.

Os valores de condutividade elétrica, expressos em  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , variaram de  $25\mu\text{S}/\text{cm}$  até  $402\mu\text{S}/\text{cm}$  e tiveram uma média de  $154\mu\text{S}/\text{cm}$  (Gráfico 14).

Percebe-se que o valor mais elevado da condutividade elétrica se refere à amostra localizada nas proximidades do igarapé Taperebá (amostra 15), perto da área de mineração de ouro da empresa MPBA, evidenciando o aporte de sedimentos que sofreu e o conseqüente aumento de condutividade.



Mapa 14 - Valores de condutividade elétrica nos igarapés da área de influência indireta.

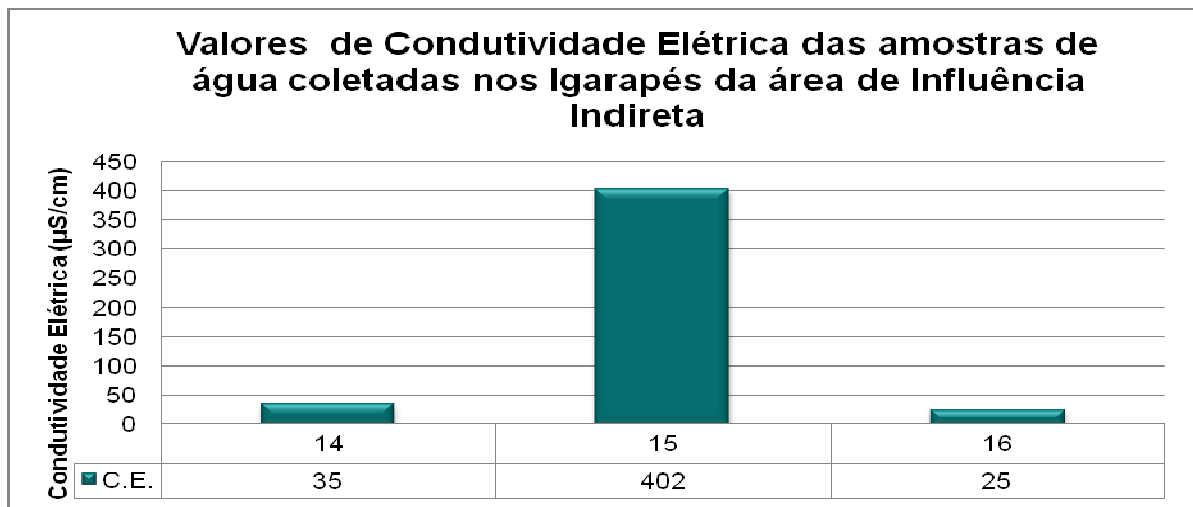


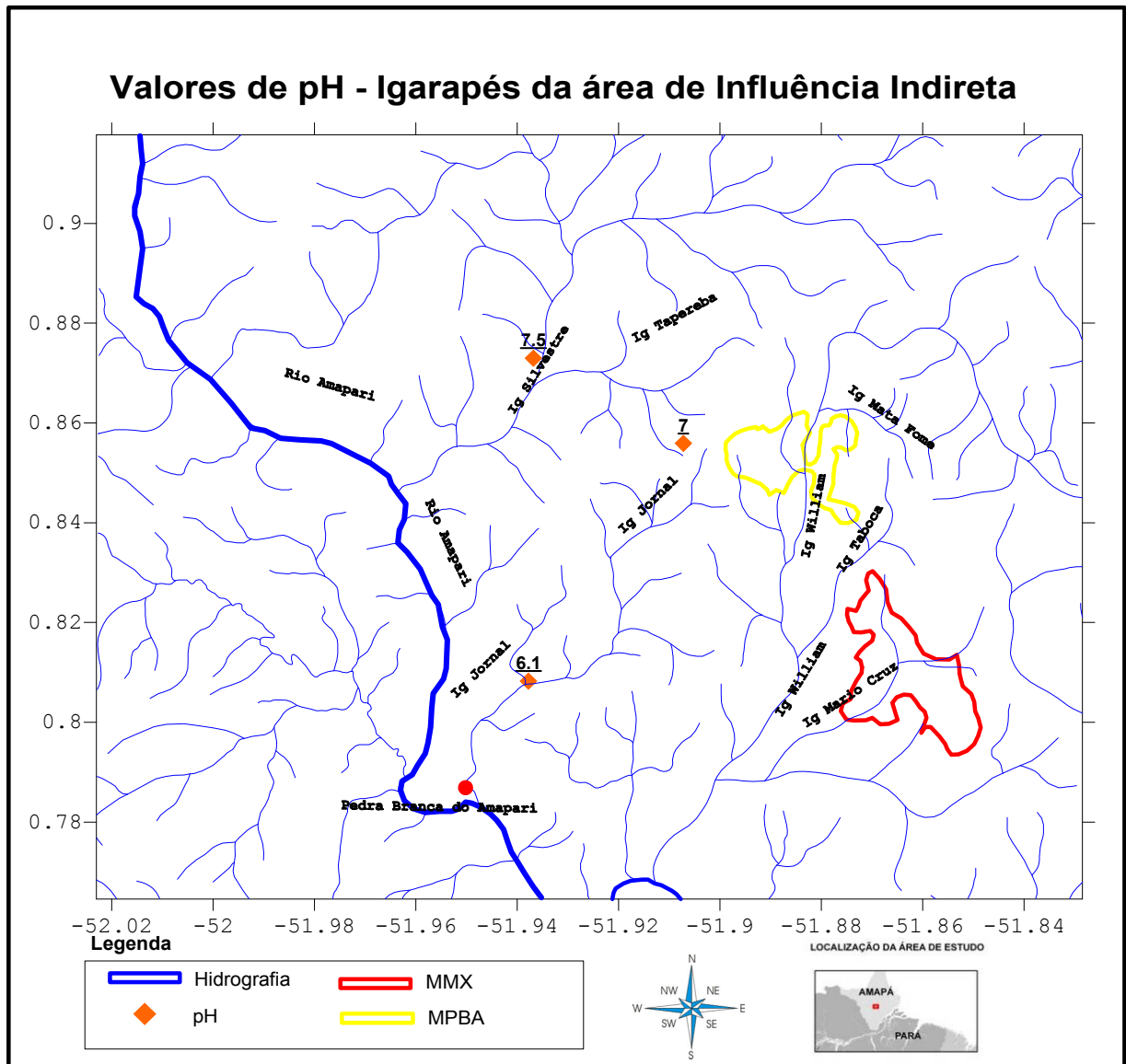
Gráfico 14 – Valores de condutividade elétrica das amostras de água coletadas nos igarapés da área de influência indireta.

## pH

No Mapa 15 estão expostos os valores de pH das amostras coletadas nos igarapés da área de influência indireta.

As amostras apresentaram valores de pH variando entre 6,1 e 7,5 e média de 6,77.

Todas as amostras coletadas apresentaram valores dentro do recomendado pelo CONAMA, conforme mostrado no Gráfico 15.



Mapa 15 - Valores de pH nos igarapés da área de influência indireta.

Contudo, para a faixa estabelecida pela OMS, a amostra coletada no igarapé Jornal se manteve fora da faixa, não superando o valor mínimo de 6,5, conforme mostrado no Gráfico 16.

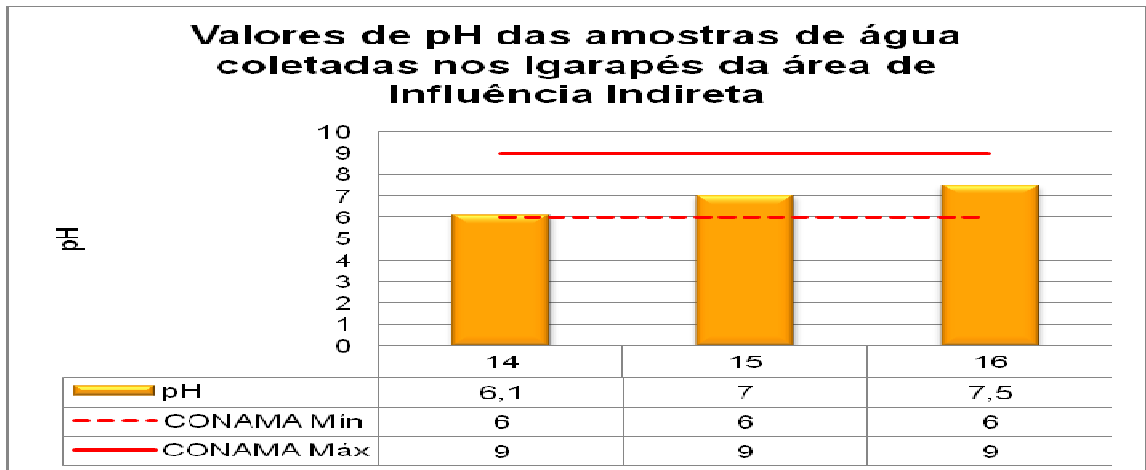


Gráfico 15 – Valores de pH das amostras de água coletadas nos igarapés da área de influência indireta e valores de referência do CONAMA.

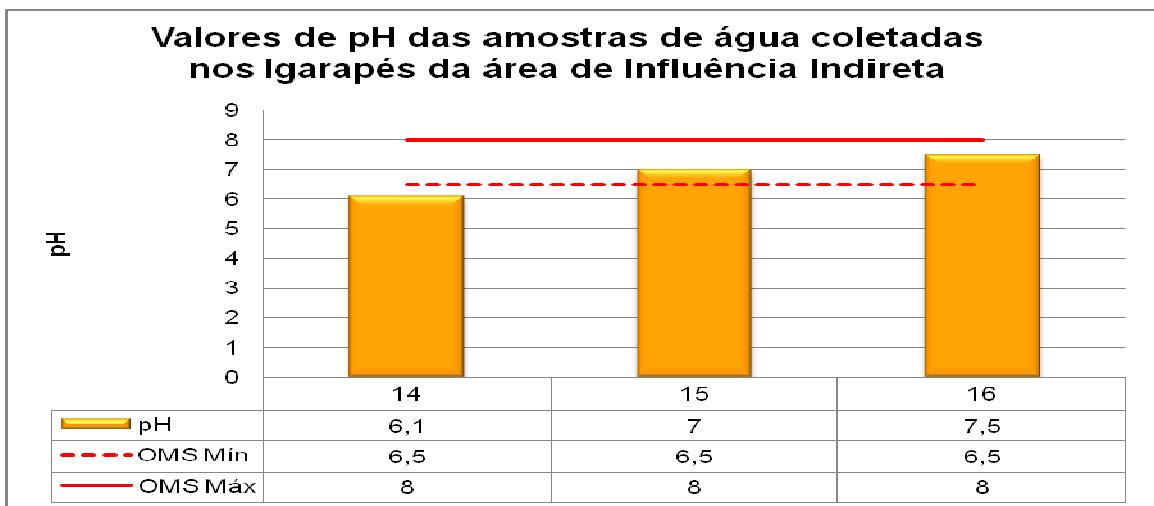
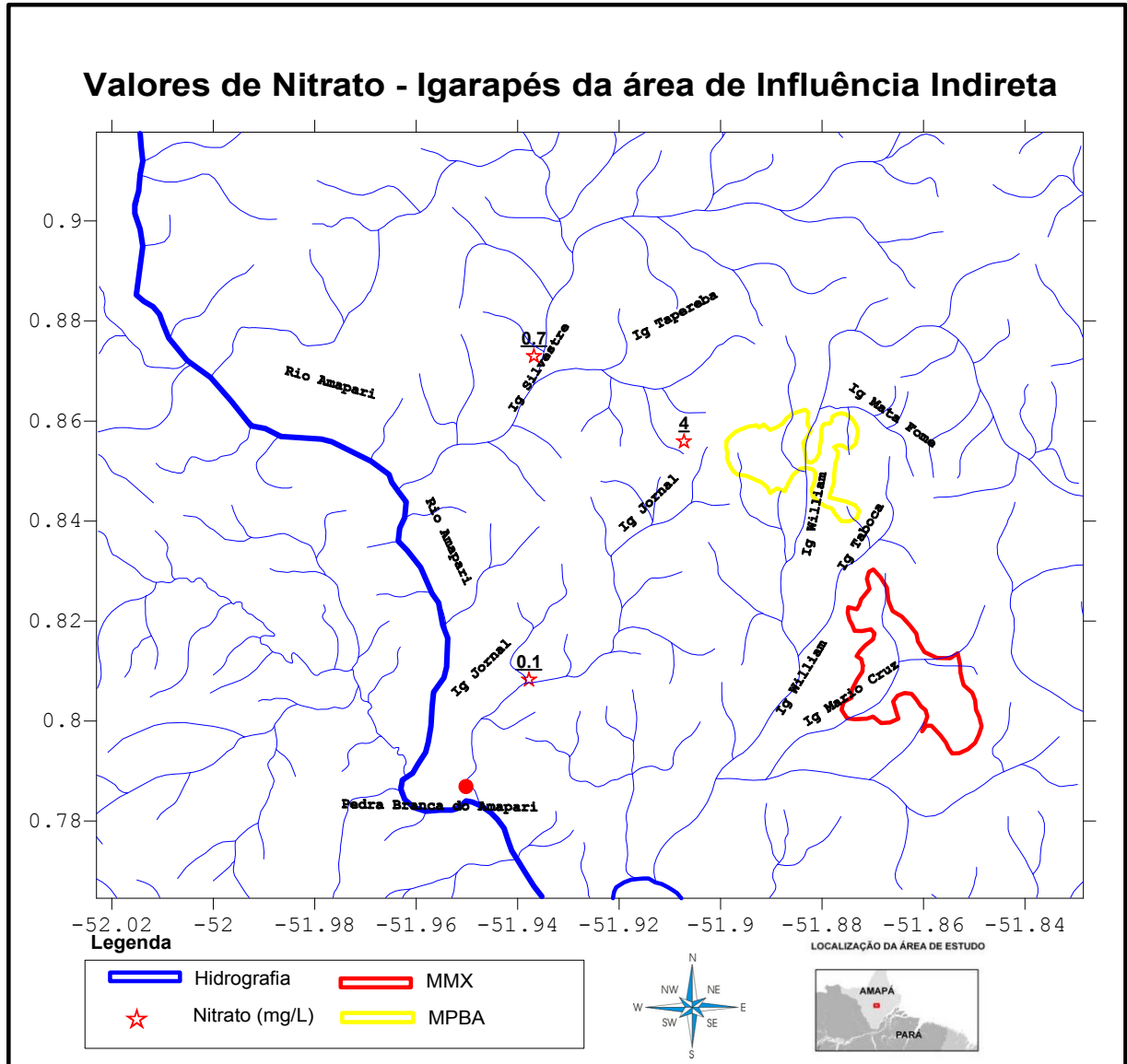


Gráfico 16 – Valores de pH das amostras de água coletadas nos igarapés da área de influência indireta e valores de referência da OMS.

## Nitrato

No Mapa 16 estão expostos os valores das concentrações de nitrato das amostras dos igarapés da área de influência indireta.



Mapa 16 - Valores das concentrações de nitrato dos igarapés da área de influência indireta.

As concentrações de nitrato variaram entre 0,1 e 4 mg/L e tiveram uma média de 1,6 mg/L.

Todas as amostras coletadas apresentaram valores dentro do recomendado tanto pelo CONAMA quanto pela OMS, conforme mostra o Gráfico 17.

Aqui novamente a mesma amostra que resultou em um grande valor de condutividade elétrica, mostra valor bem acima das demais para nitrato, o que caracteriza uma contaminação conjunta e localizada.

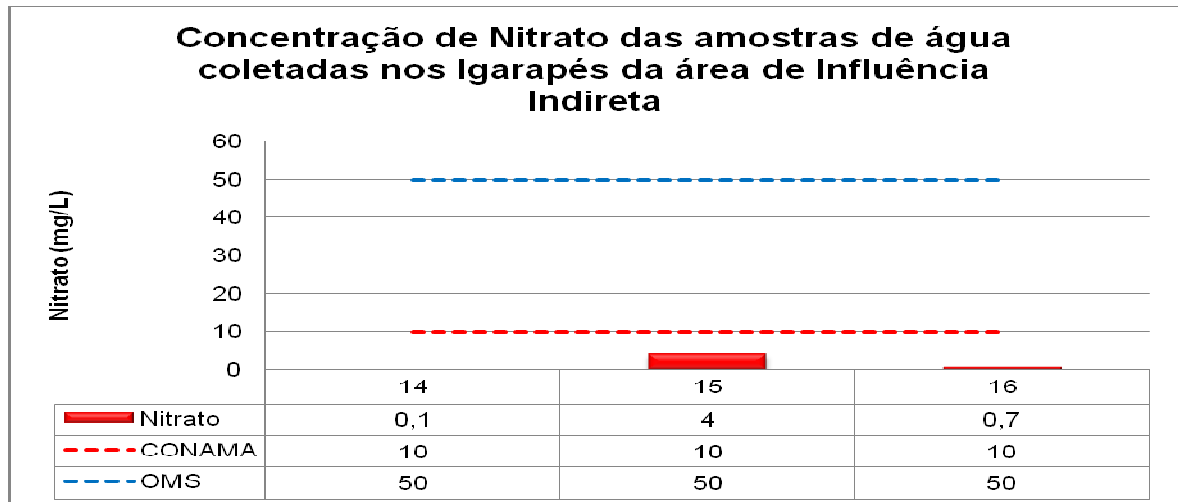


Gráfico 17 – Valores das concentrações de nitrato das amostras de água coletadas nos igarapés da área de influência indireta e valores de referência do CONAMA e OMS.

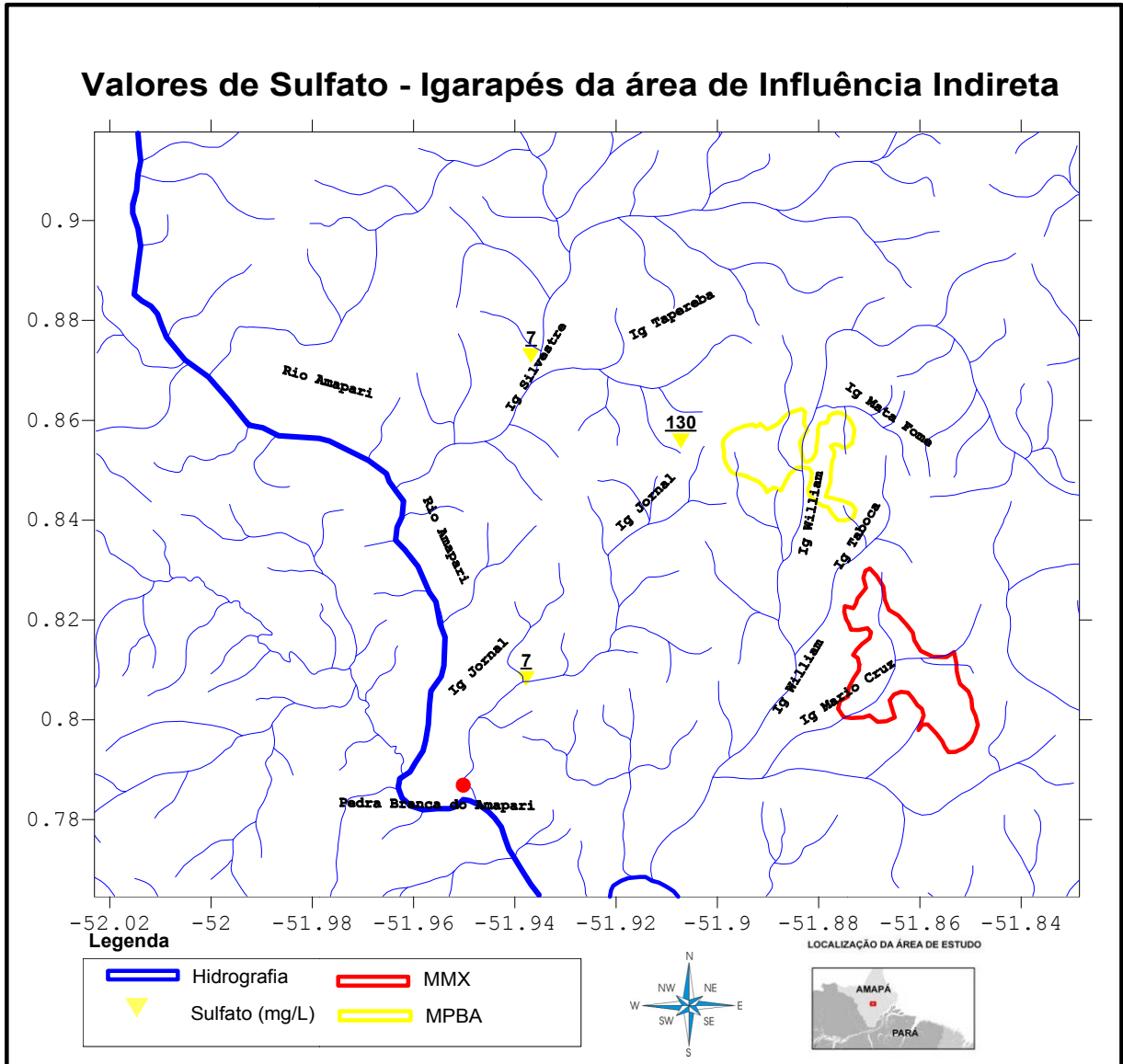
## Sulfato

No Mapa 17 estão expostos os valores das concentrações de sulfato das amostras coletadas nos igarapés da área de influência indireta.

As concentrações de sulfato, expressos em mg/L, tiveram variação de 7 a 130 mg/L.

Todas as amostras coletadas apresentaram valores dentro do recomendado tanto pelo CONAMA quanto pela OMS (Gráfico 18).

Novamente a amostra 15, próxima ao igarapé Taperebá, apresenta valor bem acima dos demais para sulfato também, ampliando sua faixa de contaminação.



Mapa 17 - Valores das concentrações de sulfato nos igarapés da área de influência indireta.

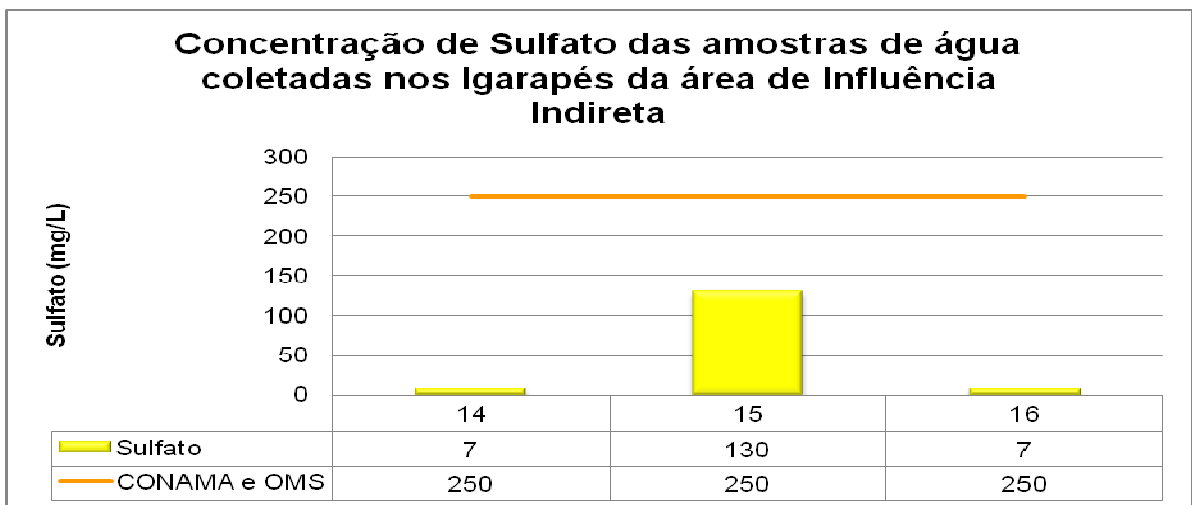
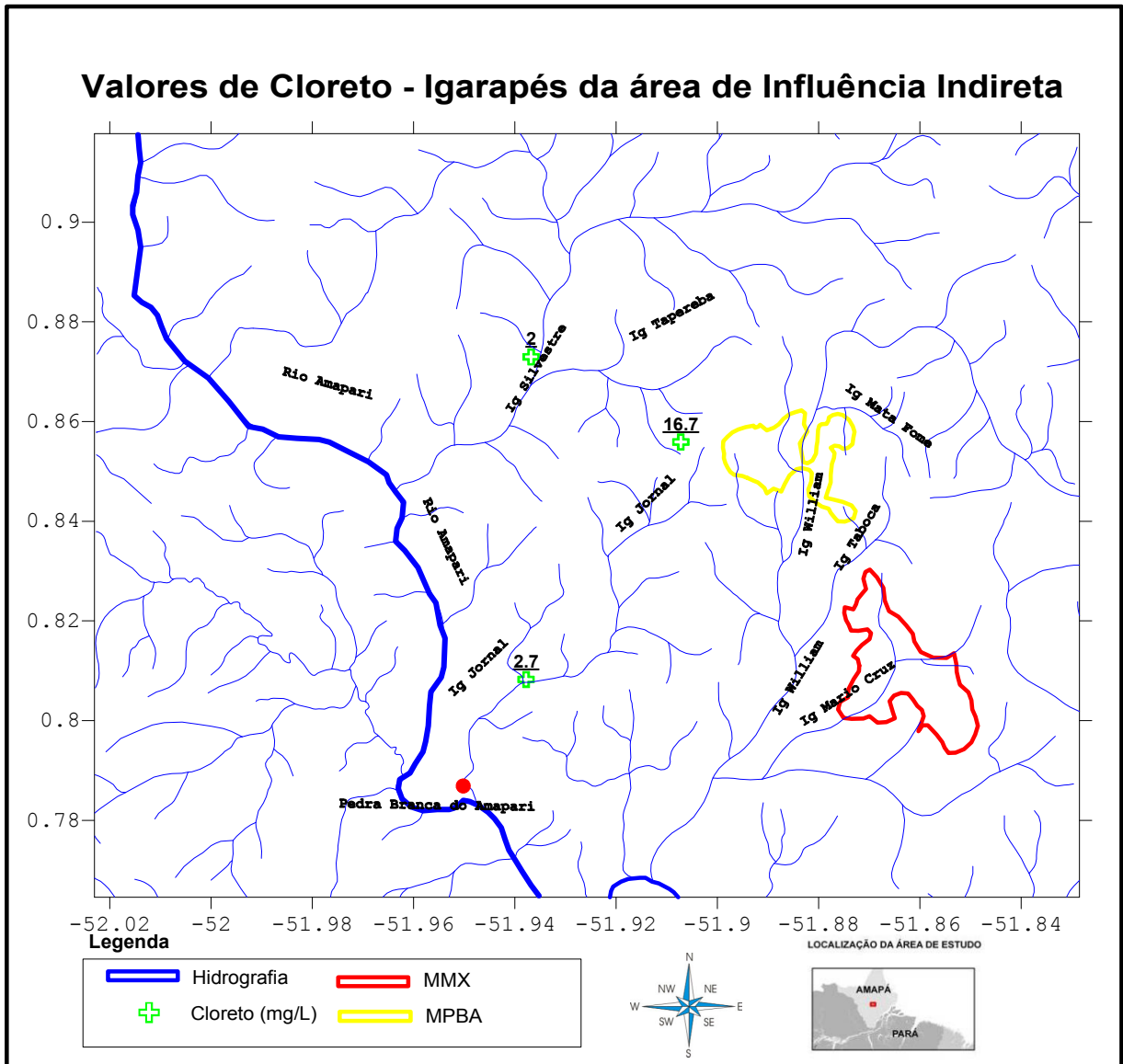


Gráfico 18 – Valores das concentrações de sulfato das amostras de água coletadas nos igarapés da área de influência indireta e valores de referência do CONAMA e OMS

## Cloreto

No Mapa 18 estão expostos os valores das concentrações de cloreto das amostras nos igarapés da área de influência indireta.



Mapa 18 - Valores das concentrações de cloreto nos igarapés da área de influência indireta.

Os valores das concentrações de cloreto são expressos em mg/L. Como pode ser observado as concentrações de cloreto variaram entre 2 e 16,7 mg/L e tiveram uma média de 7,2 mg/L.

Todas as amostras coletadas apresentaram valores dentro do recomendado tanto pelo CONAMA quanto pela OMS, conforme mostrado no Gráfico 19.

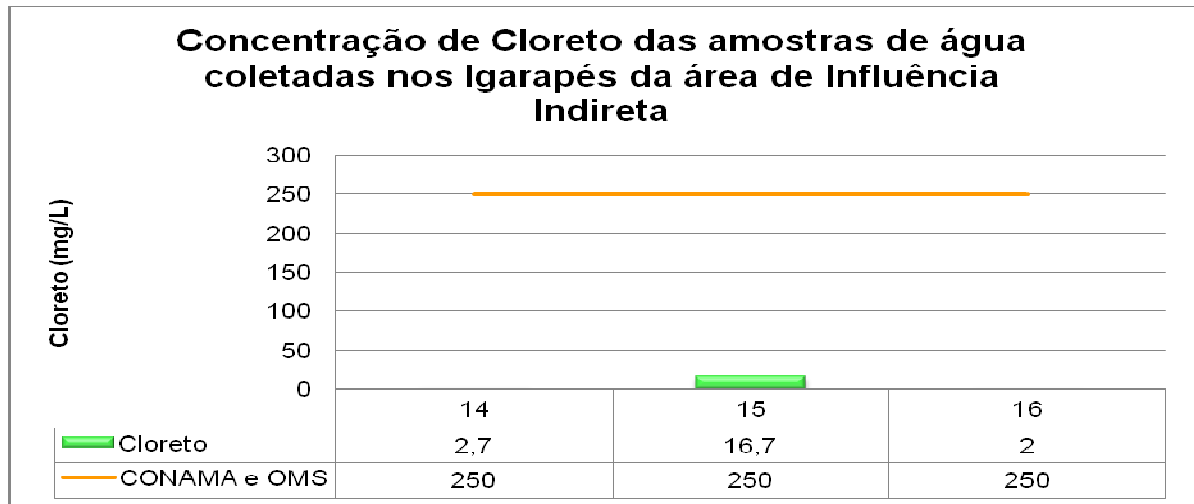


Gráfico 19 – Valores das concentrações de cloreto das amostras de água coletadas nos igarapés da área de influência indireta e valores de referência do CONAMA e OMS

### 6.3 CIANETO

Em todas as amostras coletadas as análises para cianeto mostraram que esse elemento apresenta concentrações abaixo de 0,001 mg/L, inferior ao limite de detecção do método utilizado pelo laboratório. Para esse parâmetro o CONAMA, através da Resolução N<sup>o</sup> 357/2005, estabelece que para águas naturais classes II, a concentração máxima de cianeto permitida de 0,005 mg/L.

## 6.4 - DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados apresentados anteriormente serão aqui discutidos dentro do ponto de vista das influências das minerações sobre os recursos hídricos.

### Cor e Turbidez

A influência das atividades de mineração sobre as águas analisadas puderam ser percebidas no campo através do intenso aporte de sedimentos para as águas dos cursos hídricos superficiais estudados (Figura 3).



Figura 3 – Águas amareladas devido o aporte de sedimentos no igarapé William, com a influência dos sedimentos sobre a vegetação (a) e na cor das águas (b).

Para a cor, pode ser observado que 81,25% (13) das amostras coletadas apresentaram valores superiores àquele recomendado pela resolução 357/2005 do CONAMA, tendo a amostra 8, localizada no igarapé William, valor sete vezes maior do que o recomendado. Apenas as amostras 5, 10 e 12 localizadas nos igarapés William, Mário Cruz e Taboca, respectivamente, apresentaram valores dentro do recomendado pela referida resolução.

Para os valores de turbidez pode ser observado que apenas as amostras 2, 3, 8 e 11, sendo as três primeiras localizadas no igarapé William e a última no igarapé Mário Cruz, ficaram fora do recomendado pelo CONAMA.

No que diz respeito a OMS, apenas a amostra 14, com 6 UNT de turbidez, aproximou-se do valor de referência de 5 UNT. Todo o restante se encontra em desconformidade com o valor de referência.

Os valores de turbidez apresentaram basicamente o mesmo padrão de variação dos valores de cor, conforme mostrado no Gráfico 20.

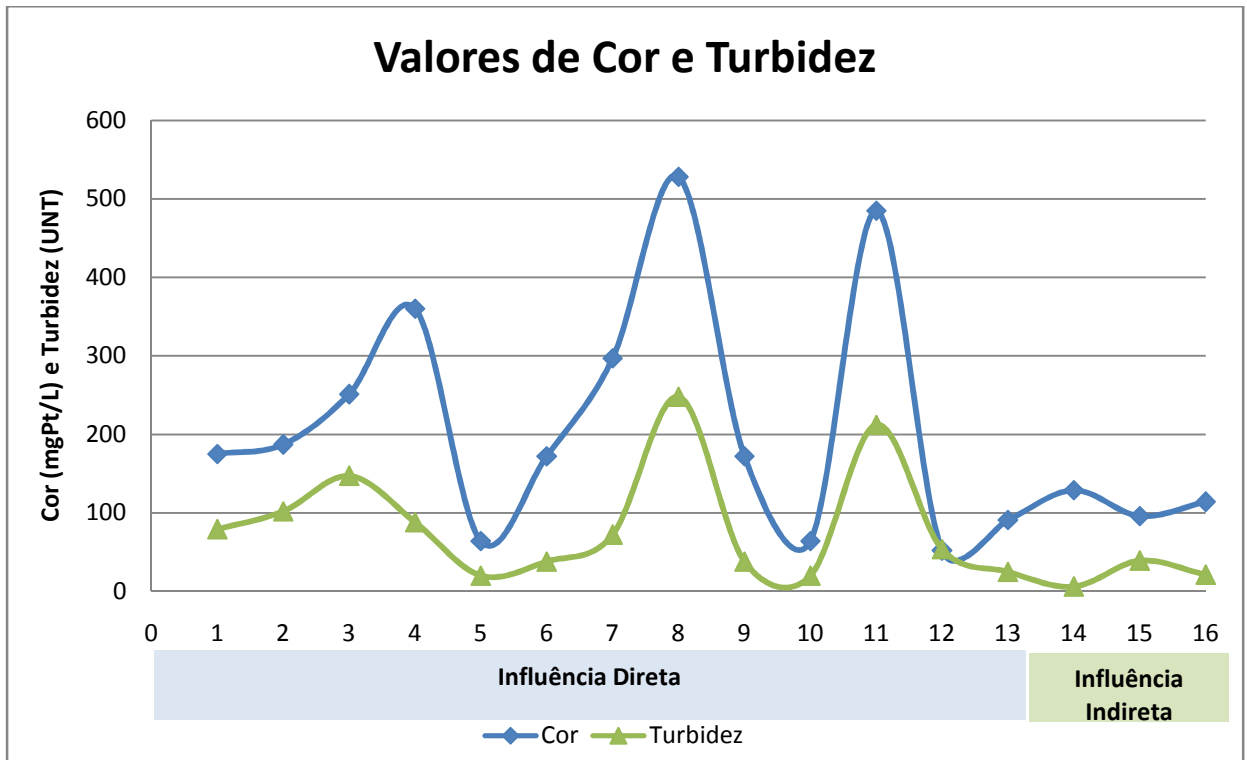


Gráfico 20 – Valores de cor e turbidez das amostras de água coletadas nos igarapés da área de influência direta e indireta.

Os resultados de cor e turbidez nos igarapés localizados na área de influência direta e indireta dos empreendimentos refletem o processo de degradação da floresta natural às margens dos igarapés, favorecendo o processo de lixiviação que carrega grande quantidade de sedimentos despejando-os nos igarapés adjacentes. (Figura 4 a Figura 7).



Figura 4 - Aporte de sedimentos para os cursos hídricos provenientes da área de mineração da empresa MMX.



Figura 5 - Transporte de sedimentos às margens das estradas de rodagem na área de mineração da empresa MPBA, resultando na intensa deposição de material no igarapé William.



Figura 6 - Ação das águas pluviais sobre os sedimentos na área da mineradora MPBA tendo como resultado os altos valores de turbidez, STD e cor nas amostras analisadas.

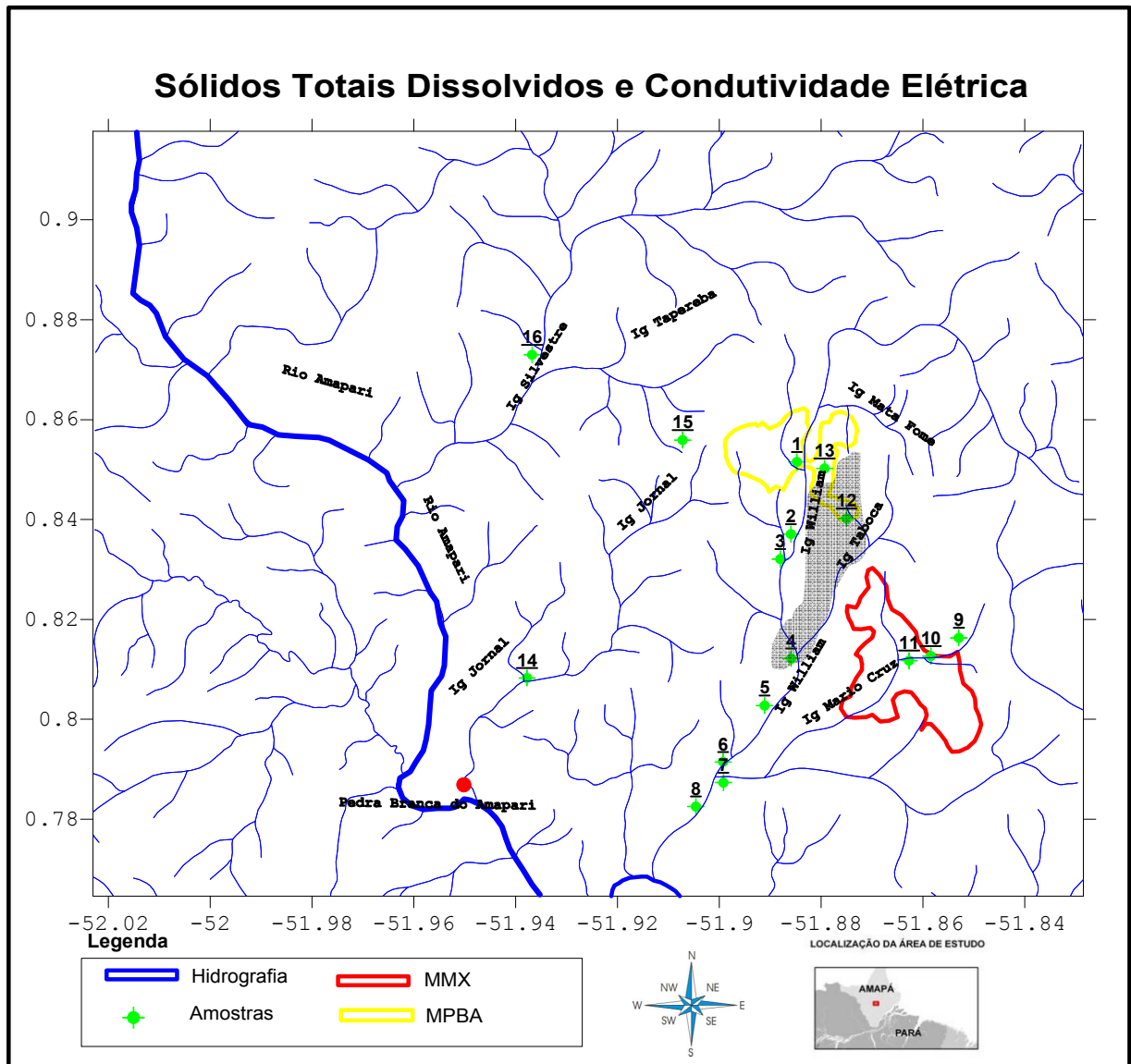


Figura 7 - Carreamento de sedimentos pela ação conjunta da gravidade e águas pluviais na área da mineradora MPBA, causando, inclusive, deslocamento de parte da vegetação ciliar da área.

## **Sólidos totais dissolvidos e Condutividade elétrica**

As concentrações de sólidos totais dissolvidos das amostras de água coletadas apresentaram valores dentro do recomendado pela resolução 357/2005 do CONAMA (500 mg/L) e pelo *Guidelines for Drinking-water Quality* da Organização Mundial da Saúde (1000 mg/L). Contudo, avaliando todas as amostras entre si pode-se observar que as amostras 12 e 15, localizadas nos igarapés Taboca e Taperebá, respectivamente, apresentaram maiores concentrações de sólidos totais dissolvidos.

No que se refere à condutividade elétrica tanto a resolução 357/2005 do CONAMA quanto o Guia de água potável da OMS, não estabelecem limites para os valores de condutividade elétrica, entretanto, CETESB (2009) diz que, em geral, valores acima de  $100\mu\text{S}/\text{cm}$ , indicam ambientes impactados. Os valores mais altos podem ser observados nas amostras 4 com  $110,2\mu\text{S}/\text{cm}$  e 12 com  $284\mu\text{S}/\text{cm}$ , localizadas na área de influência direta, nos igarapés William e Taboca, respectivamente, situados entre as áreas das empresas mineradoras MPBA e MMX, conforme mostrado no Mapa 19.



Mapa 19 – Destaque das amostras 4 e 12.

Pode-se notar no Gráfico 21 que as concentrações de sólidos totais dissolvidos apresentaram o mesmo padrão de variação dos valores de condutividade elétrica. Isso parece constatar a validade das amostras realizadas e uma esperada correlação entre esses dois parâmetros que normalmente ocorre nas águas superficiais, como nas suas análogas subterrâneas.

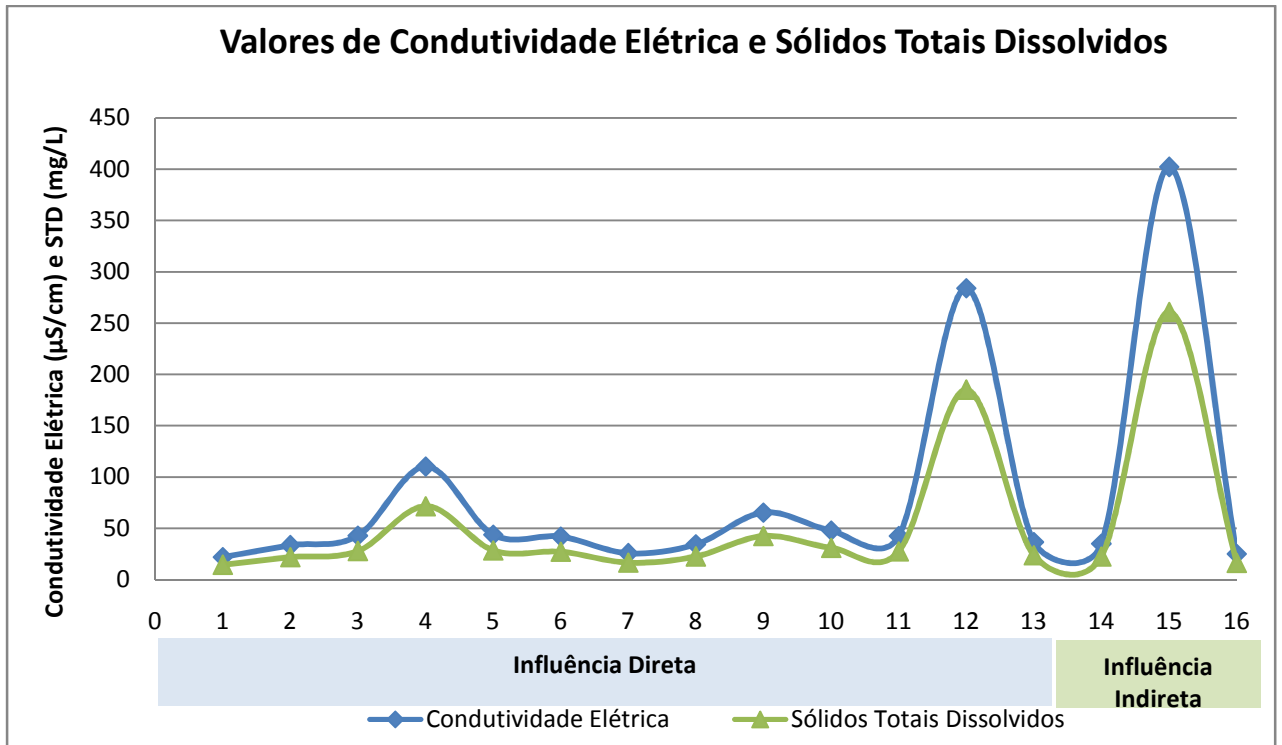


Gráfico 21 - Valores de condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos igarapés da área de influência direta e indireta.

## pH

Em relação aos valores de pH apenas a amostra 4, localizada no igarapé William se mostrou fora da faixa estabelecida pela resolução 357/2005 do CONAMA, com pH de 9,6, quando o máximo recomendado é 9. Em relação à faixa estabelecida pelo guia da OMS, além da amostra 4 estar acima do pH igual a 8 recomendado, as amostras 12 e 13, dos igarapés Taboca e Mata Fome, respectivamente, ambos medindo 6,2 de pH, também estão fora da faixa, nesse caso, abaixo do valor mínimo recomendado, 6,5.

Essa alteração de pH na amostra 4, coletada na confluência dos igarapés William e Taboca, pode segundo Piveli e Kato (2006) pode facilitar a precipitação de elementos químicos tóxicos como metais pesados, além de exercer efeitos sobre a solubilidade de nutrientes.

Nos igarapés da área de influência indireta, as amostras apresentaram variação de 6,1 (igarapé Jornal) a 7,5 (igarapé Silvestre), todas dentro da faixa estabelecida pela resolução 357/2005 do CONAMA. Entretanto, no que diz respeito

à faixa estabelecida pelo guia da OMS, a amostra 14, localizada no igarapé Jornal, se encontra fora, estando abaixo do mínimo estabelecido de 6,5.

### **Sulfato, Cloreto e Nitrato**

Todas as amostras coletadas nos igarapés da área de influência direta estão dentro do esperado para as concentrações de sulfato em águas naturais que variam em geral entre 2 e 80 mg/L, porém, no igarapé Taperebá esse valor foi superior, contudo sem exceder os 250mg/L, recomendados tanto pela resolução 357/2005 do CONAMA, quanto pelo guia da OMS.

Vale ressaltar, que em águas destinadas para o abastecimento público, o sulfato deve ser controlado por provocar efeitos laxativos.

Tanto o sulfato quanto o cloreto mostram valores relativamente baixos e dentro do recomendado tanto pela resolução 357/2005 do CONAMA quanto pelo guia da OMS.

Em todas as amostras as concentrações de nitrato estavam em conformidade com o recomendado pela resolução 357/2005 do CONAMA e pelo guia de água potável da OMS, o que indica a ausência da contaminação dos igarapés estudados por esgotos domésticos.

### **Cianeto**

As análises para Cianeto mostraram que esse elemento apresenta concentrações abaixo de 0,001 mg/L, inferior ao limite de detecção do método utilizado pelo laboratório, o que indica ausência de cianeto nas águas estudadas provenientes dos sete cursos hídricos superficiais estudados.

Contudo, esse resultado não indica que o cianeto utilizado não esteja causando problemas ao ambiente, pois, segundo Ciminelli e Gomes (2002), as concentrações de ácido cianídrico e de íon cianeto presentes na água dependem do

valor do pH do meio. O pH acima de 9,2 gera condições para a formação de  $CN^-$ , enquanto que em pH abaixo de 9,2, o HCN é predominante.

Segundo Casara (2003) devido o HCN ser um gás, ele pode se desprender da solução e, como é extremamente volátil, pode estar sendo todo perdido para atmosfera. Esse gás pode matar uma pessoa em poucos segundos inibindo a respiração celular, comprometendo os batimentos cardíacos e corroendo o aparelho respiratório levando à perda de consciência rapidamente.

Percebeu-se, claramente, a evaporação de gases para a atmosfera na área da mina de ouro da empresa MPBA, conforme mostrado na Figura 8.



Figura 8 - Aspectos de emissão de gases para a atmosfera, nas bacias de rejeito da empresa MPBA, possivelmente ácido cianídrico provindo do beneficiamento de ouro.

## 7 CONCLUSÕES

Com o presente trabalho pôde ser notado que as empresas mineradoras de ferro (MMX) e de ouro (MPBA) tiveram influência significativa na área estudada, no que diz respeito a cor e turbidez, já que para realizar a extração dos referidos minérios houve a necessidade do desmanche dos ecossistemas. A ausência dessa cobertura acabou por resultar em processos de lixiviação que ao carregarem grande quantidade de sedimento para os cursos hídricos adjacentes, elevaram os valores de cor e turbidez.

Essa elevação de cor e turbidez provoca a diminuição da penetração da luz o que impossibilita a fotossíntese e prejudica a vida aquática, diminuindo a quantidade de peixes, base da alimentação da população ribeirinha.

Aliada a escassez do alimento, o aumento dos valores de cor e turbidez deixam a água com aspecto de impróprio para o consumo humano e para as atividades da balneabilidade. Informações de ribeirinhos atestam que nadar nas águas estudadas tem causado problemas dermatológicos.

O elemento cianeto apresentou concentrações abaixo de 0,001 mg/L , o que reflete o controle da empresa MPBA sobre as águas de descarte para os cursos hídricos.

Porém, o cianeto pode estar sendo liberado para atmosfera na forma gasosa (HCN) o que necessita de estudo mais detalhado para a quantificação das concentrações liberadas pela empresa mineradora de ouro MPBA, evitando assim problemas ambientais que afetem a flora e fauna.

Outro aspecto importante observado foi o valor elevado do pH na amostra coletada na confluência dos igarapés William e Taboca que pode facilitar a precipitação de elementos químicos tóxicos como metais pesados, além de exercer efeitos sobre a solubilidade de nutrientes.

Para que seja feita melhor avaliação da real influência dessas mineradoras referente aos impactos ambientais nos recursos hídricos adjacentes à área do empreendimento, se faz necessário o monitoramento da qualidade das águas, dentro de um ciclo hidrológico completo, contemplando pelo menos 4 campanhas de amostras, já que esta contemplou apenas uma no período chuvoso, o que possivelmente influenciou nos resultados desse trabalho.

As influências sazonais seriam de forma mais eficaz contempladas nesse monitoramento e possibilitariam se investigar mais propriamente essas influências sobre os recursos naturais.

As ações do Ministério Público do Estado do Amapá merecem elogios e essas ações sobre a área devem continuar e até mesmo ser mais intensas no sentido de minimizar os prejuízos que essas mineradoras vem causando aos recursos naturais do Amapá.

## REFERÊNCIAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. *Standard Methods*. 19. ed. Washington, 1995.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. *Manual de saneamento*. 1.ed. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006. 146p.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. *Manual prático de análise de água*. 1.ed. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2004. 146p.

CACHETÉ, F. L. S. A extração de ouro na Amazônia e suas implicações para o meio ambiente. *Novos Cadernos do NAEA*. Belém, v. 1, n. 2, p. 134-158. 1998.

CARNEIRO, B. S; FAIAL, K. R. F. *Relatório técnico dos impactos sobre o igarapé William a partir da atividade mineradora do município de Serra do Navio, Estado do Amapá*. Belém: Instituto Renato Chaves, 2006.

CASARA, M. Mineração predatória na Amazônia Brasileira. *Florianópolis: Observatório Social*, v. 1. n. 1 p.01-48. 2003.

CAVALCANTE, I. N; MATTA, M. A. S. *Qualidade das águas*. Belém: Universidade Federal do Pará Instituto de Geociências, Faculdade de Geologia, 2008 (Apostila da Especialização em Gestão Hídrica e Ambiental)

CIMINELLI, V. S. T; GOMES, A. D. Princípios da cianetação. In: TRINDADE, R. B. E; FILHO, O. B.(ed.). *Extração de ouro: princípios, tecnologia e meio ambiente*. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2002. Cap.3, p. 51-86.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. *Perspectivas do meio ambiente do Brasil: uso do subsolo*. [S. l.], 2002. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/pdf/cprm.pdf>>. Acesso em: 14 Março 2009.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. *Relatório de qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo*. São Paulo, 2008. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/publicacoes.asp>>. Acesso em: 13 Agosto 2009.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. *Variáveis de qualidade das águas*. São Paulo, 2001. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/variaveis.asp>>. Acesso em: 25 maio 2009.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. *Resolução CONAMA n. 274, de 29 de Novembro de 2000*. Brasília, 2000. 3p.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. *Resolução CONAMA n. 357, de 17 de Março de 2005*. Brasília, 2005. 23p.

DRUMMOND, J. A. Investimentos privados, impactos ambientais e qualidade de vida num empreendimento mineral amazônico – o caso da mina de manganês de Serra do Navio (Amapá). *História, Ciências, Saúde*, Manguinhos, v. 6 (suplemento), p.753-792, set. 2000.

FARIAS, C. E. G. *Mineração e meio ambiente no Brasil*. Relatório preparado para o CGEE – PNUD Contrato 2002/001604, Outubro de 2002. Disponível em: <[http://www.cgEE.org.br/arquivos/estudo011\\_02.pdf](http://www.cgEE.org.br/arquivos/estudo011_02.pdf)>. Acesso em: 20 maio 2007.

GERMANI, D.J. *Mineração no Brasil: Relatório final*. Rio de Janeiro: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos Tecnologia e Inovação, 2002.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO (IBRAM). *Informações e análises da economia mineral brasileira*. 4. Ed. Brasília, 2009. Disponível em: <<http://www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00000284.pdf>>. Acesso em: 30 maio 2009.

LETTERMAN, R.D. *Water Quality and Treatment - A Handbook of community water supplies*. 5.ed. [S.l.] Nova York: McGraw-Hill, 1999.

MATTA, M. A. S. *Estudos técnicos da qualidade ambiental dos recursos hídricos na região de Serra do Navio e Pedra Branca do Amapari, com as vistas a avaliar a situação atual e os riscos de implantação dos projetos Mineração das empresas MPBA e MMX*. Belém, 2008. (Relatório Preparado para o Ministério Público do Estado do Amapá - Contrato 042/2007-MPEA.)

MATTA, M. A. S. *Fundamentos Hidrogeológicos para a gestão integrada dos recursos hídricos da região Belém/Ananindeua – Pará, Brasil*. 2002. 292 f. Tese (Doutorado em Geologia) – Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2002.

MINERAÇÃO E METÁLICOS S.A. *Projeto Ferro Amapá*. Amapá, 2006. (Relatório de Impacto Ambiental)

PIVELI, R. P; KATO, M. T. *Qualidade das águas e poluição: Aspectos físico-químicos*. São Paulo: ABES, 2006.

REMIÃO, F. M. G. *Toxicidade e exposição ambiental*. Disponível em: <<http://www.ff.up.pt/toxicologia/monografias/ano0304/Cianetos/index.htm>>. Acesso: 13 Março 2009.

SOUZA, H. B; DERÍSIO, J. C. *Guia técnico de coleta de amostras de água*. São Paulo: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 1977. 255 p.

VON SPERLING, M. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG, 2005. v. 1. 452 p

# **ANEXO**

Anexo – Tabela com todos os valores dos parâmetros analisados nos igarapés William (1-8), Mário Cruz (9-11), Taboca (12), Mata Fome (13), Jornal (14), Taperebá (15) e Silvestre (16).

<b>Amostras</b>	<b>Cor (mgPt/L)</b>	<b>STD (mg/L)</b>	<b>Turbidez (UNT)</b>	<b>Condutividade Elétrica (µS/cm)</b>	<b>pH</b>	<b>Nitrato (mg/L)</b>	<b>Sulfato (mg/L)</b>	<b>Cloreto (mg/L)</b>
1	175	14,3	79	22	7,3	0,1	7	2,7
2	187	22	102	33,4	6,8	0,1	7	2,9
3	251	27,8	147	42,8	7	0,1	8	2,7
4	360	71,6	88	110,2	9,6	0,6	7	4,4
5	64	28,5	20	43,8	6,8	0,1	9	2,9
6	172	27,2	38	42	6,5	0,1	10	2,9
7	297	16,6	72	25,6	6,7	0,1	7	2,2
8	528	22,4	248	34,4	6,8	0,1	7	2,9
9	172	42,5	38	65,4	6,5	0,8	11	4,4
10	64	31	20	47,8	6,7	0,9	8	2,4
11	485	27,6	212	42,5	7	0,1	8	2,9
12	52	185	54	284	6,2	1,5	45	10,3
13	91	23,8	25	36,7	6,2	1,5	8	2,4
14	129	22,7	6	35	6,1	0,1	7	2,7
15	96	261	39	402	7	4	130	16,7
16	114	16,2	21	25	7,5	0,7	7	2
<b>Mínimo</b>	52	14,3	6	22	6,1	0,1	7	2
<b>Máximo</b>	528	261	248	402	9,6	4	130	16,7
<b>Média</b>	202,31	52,51	75,56	80,79	6,92	0,68	17,88	4,21