



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
FACULDADE DE QUÍMICA
LABORATÓRIO DE QUÍMICA ANALÍTICA E AMBIENTAL



Em atendimento a solicitação da Delegacia de Meio Ambiente (DEMA)

***ESTUDO PRELIMINAR DOS NÍVEIS DE CONTAMINAÇÃO
AMBIENTAL NO RIO MURUCUPI PROVOCADO POR
VAZAMENTO DE EFLUENTE DA ALUNORTE NA REGIÃO DE
VILA DO CONDE - BARCARENA - PA***

Belém, 08 de Junho de 2009

*Dra. Simone de Fátima Pinheiro Pereira
Responsável técnica\CRQ06300443*

SUMÁRIO

	Pg.
SUMÁRIO	2
ÍNDICE DE TABELAS	4
ÍNDICE DE FIGURAS	5
RESUMO	8
1 - INTRODUÇÃO	10
2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1 - ALGUNS PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA AGUA	19
2.1.1 - Oxigênio dissolvido	19
2.1.2 - pH	23
2.1.3 - Turbidez	26
2.1.4 - Elementos químicos	28
<i>2.1.4.1 - Alumínio</i>	29
<i>2.1.4.2 - Cádmio</i>	30
<i>2.1.4.3 - Cobre</i>	32
<i>2.1.4.4 - Ferro</i>	34
<i>2.1.4.5 - Chumbo</i>	36
2.1.5 - Cloretos (Cl)	38
2.2 - O ACIDENTE NA ALUNORTE (O Liberal, 30/04/2009)	39
2.3 - AVALIAÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL PELO LAQUANAM	43
2.4 - ESTUDOS ANTERIORES NA ÁREA ATINGIDA	44
3 - METODOLOGIA	47
3.1 - ÁREA EM ESTUDO	47
3.2 - COLETA E TRATAMENTO DAS AMOSTRAS	48
3.3 - DETERMINAÇÃO ANALÍTICA DOS ELEMENTOS SELECIONADOS	54
3.3.1 - Determinação de metais por espectroscopia de emissão atômica com plasma indutivamente acoplado (ICP-AES)	54
3.3.2 - Qualidade analítica	57
4 - RESULTADOS E DISCUSSÕES	58
4.1 - PARÂMETROS QUÍMICOS E FÍSICO-QUÍMICOS	58
4.2 - RESULTADOS DOS ELEMENTOS QUÍMICOS	64

4.3 - CORRELAÇÃO ENTRE OS PARÂMETROS ANALISADOS	74
4.4 - EFEITO DA INTRUSÃO DO RIO BARCARENA NO RIO MURUCUPI	81
4.5 - EFEITO DA DISTRIBUIÇÃO DA PLUMA DE POLUIÇÃO ORIUNDA DO RIO MURUCUPI	86
4.6 - QUALIDADE DA ÁGUA NOS POÇOS DE DUAS COMUNIDADES LOCAIS	103
4.7 - EFEITO DA PLUVIOSIDADE x VAZAMENTO DE EFLUENTE	105
5 - CONCLUSÃO	111
6 - REFERÊNCIAS	113

ÍNDICE DE TABELAS

	Pg.
Tabela 1. Composição química da lama vermelha	12
Tabela 2. Concentração dos elementos químicos nos rios do estado do Pará (ng/mL)	46
Tabela 3. Tábua de maré	49
Tabela 4. Localização dos pontos amostrais	50
Tabela 5. Resultados químicos e físico-químicos Rio Murucupi (sem chuva)	59
Tabela 6. Resultados Elementos químicos Rio Murucupi (sem chuva) (ng/mL)	65
Tabela 7. Correlação entre os parâmetros avaliados no rio Murucupi	75
Tabela 8. Resultados físico-químicos Rio Murucupi (com chuva) superfície amplitude da Maré	82
Tabela 9. Resultados dos Elementos químicos no Rio Murucupi (sem chuva) (ng/mL) amplitude da Maré	85
Tabela 10. Resultados físico-químicos distribuição da pluma de poluição	87
Tabela 11. Resultados físico-químicos poço comunidades	104
Tabela 12. Resultados dos elementos químicos poço comunidades (ng/mL)	104
Tabela 13. Dados de pluviosidade de Barcarena - 2009 (mm)	106
Tabela 14. Dados de pluviosidade de Barcarena - 2003 (mm)	107
Tabela 15. Dados de pluviosidade de Barcarena - 2006 (mm)	108

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pg.
Figura 1. Fluxograma processo Bayer de produção da alumina	13
Figura 2. Fluxograma de classificação de resíduos NBR 10004	14
Figura 3. Mapa de localização da área estudada	16
Figura 4. Lama Vermelha na área afetada (02-2009)	18
Figura 5. Simbiose entre bactérias e algas em lagoas de estabilização	21
Figura 6. Efeito do pH sobre a vida aquática	25
Figura 7. Aumento da acidez e liberação do alumínio contribuindo para a morte dos peixes	30
Figura 8. Peixes mortos no rio Murucupi	40
Figura 9. Técnicos do IBAMA na área o vazamento	40
Figura 10. Vazamento do efluente da empresa Alunorte	42
Figura 11. Aspecto do rio Murucupi um dia após o vazamento	43
Figura 12. Espécies de peixes mortos coletados no rio Murucupi	44
Figura 13. Rio Pará	48
Figura 14. Rio Barcarena/Arrozal	48
Figura 15. Rio Barcarena	48
Figura 16. Rio Murucupi	48
Figura 17. Localização dos pontos de coleta no rio Murucupi	52
Figura 18. Localização dos pontos de coleta na área afetada pela pluma de poluição	53
Figura 19. “Tocha” de argônio no estado de plasma induzido	55
Figura 20. Esquema da tocha num plasma induzido	56
Figura 21. Espectrômetro simultâneo com configuração axial, ICP-AES modelo VISTA-PRO do LAQUANAM-UFPA (Varian)	57
Figura 22. Distribuição do oxigênio dissolvido no rio Murucupi	58
Figura 23. Distribuição da turbidez no rio Murucupi	60
Figura 24. Distribuição do pH no rio Murucupi	61
Figura 25. Distribuição do cloreto no rio Murucupi	63
Figura 26. Distribuição do alumínio no rio Murucupi	66
Figura 27. Distribuição do cádmio no rio Murucupi	68
Figura 28. Distribuição do cobre no rio Murucupi	69

Figura 29. Distribuição do ferro no rio Murucupi	71
Figura 30. Distribuição do chumbo no rio Murucupi	72
Figura 31. Distribuição do sódio no rio Murucupi	73
Figura 32. Gráfico de correlação entre o Al e a turbidez	77
Figura 33. Gráfico de correlação entre o Al e o Na	77
Figura 34. Gráfico de correlação entre o Al e o Cl ⁻	78
Figura 35. Gráfico de correlação entre o pH e a salinidade	78
Figura 36. Gráfico de correlação entre o pH e o Cl ⁻	78
Figura 37. Gráfico de correlação entre o pH e a condutividade	78
Figura 38. Gráfico de correlação entre o pH e o Al	79
Figura 39. Gráfico de correlação entre o pH e o Na	79
Figura 40. Gráfico de correlação entre o Na e Cl ⁻	79
Figura 41. Gráfico de PCA	80
Figura 42. Efeito da intrusão do rio Barcarena no rio Murucupi sobre alguns parâmetros físico-químicos	81
Figura 43. Efeito da intrusão do rio Barcarena no rio Murucupi sobre os elementos Al, Na, Ca, Fe e K	83
Figura 44. Efeito da intrusão do rio Barcarena no rio Murucupi sobre os elementos Cd, Cr, Cu, Pb, Mn, Ni, V e Zn	84
Figura 45. Distribuição do cloreto de Belém ao rio Arienga	89
Figura 46. Área de dispersão da pluma de poluição	90
Figura 47. Grade batimétrica gerada a partir das Cartas Náuticas	95
Figura 48. Modelos referentes às medições efetuadas em Belém 6 horas depois da preamar e na preamar	97
Figura 49. Modelos referentes às medições efetuadas no Porto de Vila do Conde na preamar e 6 horas depois da preamar	98
Figura 50. Previsão de direção de corrente na área de estudo - Baixamar	99
Figura 51. Previsão de direção de corrente na área de estudo - Preamar	100
Figura 52. Pluviosidade de Barcarena meses janeiro a maio de 2009 (mm)	106
Figura 53. Pluviosidade de Barcarena meses janeiro a maio de 2003 (mm)	107
Figura 54. Pluviosidade de Barcarena meses janeiro a maio de 2006 (mm)	109
Figura 55. Pluviosidade média de Barcarena 2003, 2006 e 2009 (mm)	109

RESUMO

O presente estudo avaliou as condições químicas do rio Murucupi, localizado no município de Barcarena no estado do Pará, em relação aos parâmetros físico-químicos e a presença de elementos químicos na água e suas correlações após acidente ocorrido em 27 de Abril de 2009 onde efluentes oriundos da empresa Alunorte foram despejados no rio Murucupi. Foram analisados os elementos maiores, menores e traço (Al, Ba, Ni, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, V, Zn, Ca, K, Mg, Na e Sr) e os parâmetros físico-químicos, temperatura, oxigênio dissolvido, turbidez, pH, salinidade, condutividade, cloreto, nitrato, clorofila a, amônia e amônio. No primeiro estudo realizado no dia 29-04-09, 14 pontos foram selecionados ao longo do rio e os parâmetros analisados da foz em direção a nascente em maré enchente mostraram que em relação aos parâmetros físico-químicos e de acordo com a resolução 357/05 do CONAMA o OD (média = $2,91 \pm 0,75$ mg/L) esteve abaixo da resolução (>5 mg/L) em todos os pontos avaliados variando de 1,66 a 4,95 mg/L indicando a causa provável da mortandade dos peixes. O oxigênio dissolvido é uma variável extremamente importante, pois é necessário para a respiração da maioria dos organismos que habitam o meio aquático. A turbidez (média = $287,69 \pm 35,80$ UNT) esteve acima da resolução (<100 UNT) em todos os pontos analisados variando de 181,00 a 317,40 UNT. O aumento da turbidez foi causado pela presença de lama vermelha comprovada visualmente e através da filtração da água do rio. O cloreto (média = $513 \pm 261,52$ mg/L) apresentou valores em não conformidade com a faixa de valores estabelecidos pela resolução em 11 dos 14 pontos avaliados com uma faixa de variação de 132 a 956,40 mg/L, os altos valores encontrados para cloreto e sódio indicam para o uso do HCl (ácido clorídrico) como agente neutralizante da soda cáustica (NaOH) usada no processo de produção da alumina. Esta tese é reforçada pelo pH neutro (pH em torno de 7) encontrado no rio Murucupi, que normalmente apresenta características ácidas (pH em torno de 5) e pelos estudos de correlação e PCA. Alta salinidade pode interferir com o crescimento da vegetação aquática e causar problemas de saúde. Quanto aos elementos químicos o alumínio (média = $5588,27 \pm 1683,78$ ng/mL) ($\text{ng/mL} = \text{partes por bilhão} = \text{ppb}$) esteve acima da resolução (<100 ng/mL) em todos os pontos variando de 1918,80 a 7389,20 ng/mL. O alumínio solubilizado nas águas dos rios quando em contato com as guelras dos peixes provoca a formação do $\text{Al}_2(\text{OH})_3$ pouco solúvel nas guelras devido o aumento do pH o que acaba por matar os peixes sufocados, esta pode também ter sido outra causa provável da morte dos peixes no rio Murucupi. Existe forte possibilidade de que uma dieta contendo alumínio causa

neurotoxicidade, principalmente a doença de Alzheimer. O cádmio (média = $3,37 \pm 1,88$ ng/mL) esteve acima da resolução (<1 ng/mL) em todos os pontos variando de 1,90 a 8,20 ng/mL. O cádmio é um metal de elevado potencial tóxico, que se acumula em organismos aquáticos, possibilitando sua entrada na cadeia alimentar. O cádmio pode ser fator para vários processos patológicos no homem, incluindo disfunção renal, hipertensão, arteriosclerose, inibição no crescimento, doenças crônicas em idosos, causa a doença conhecida por Itai-Itai e câncer. O cobre (média = $19,35 \pm 8,97$ ng/mL) esteve acima da resolução (<9 ng/mL) em todos os pontos variando de 11,90 a 37,70 ng/mL. Para os peixes, as doses elevadas de cobre são extremamente nocivas. Os peixes morrem pela coagulação do muco das brânquias e conseqüente asfixia (ação oligodinâmica) esta pode ter sido também outra causa provável da morte dos peixes no rio Murucupi. O ferro (média = $798,34 \pm 137,98$ ng/mL) esteve acima da resolução (<300 ng/mL) em todos os pontos variando de 610,80 a 1041,00 ng/mL. O Ferro livre é tóxico porque ele pode catalisar quimicamente a oxidação de lipídios e outras biomoléculas; proteínas específicas ligadas controlam o transporte extracelular e o armazenamento intracelular. O estudo da influência da amplitude da maré na depuração do rio Murucupi mostrou que o rio Barcarena tem caráter depurador se não houver mais aporte de efluentes o rio Murucupi voltará a ter vida. Através do uso do cloreto concluiu-se que a pluma de poluição se distribuiu nos rios Barcarena, Pará e Arienga seguindo em direção a foz do rio Tocantins e através do refluxo da maré no rio Barcarena também em direção ao rio Guamá e baía do Guajará. Foram encontradas altas concentrações de Al ($364,45 \pm 17,38$ mg/L) e Fe ($444,90 \pm 183,04$ mg/L) em poços de 2 comunidades locais, o pH ($4,47 \pm 0,16$) esteve abaixo da portaria 518/04 com características ácidas. Os resultados mostram a contaminação do rio Murucupi por elementos tóxicos além da redução do oxigênio dissolvido, causa provável da mortandade dos peixes e aumento excessivo da turbidez e cloreto pelo lançamento de rejeitos da produção do alumínio lançados no rio com alterações significativas da qualidade da água do rio.

CONCLUSÃO

No rio Murucupi os parâmetros que estiverem em não conformidade com o CONAMA 357/05 foram o oxigênio dissolvido, a turbidez, o cloreto, alumínio, ferro, cádmio e cobre. A conclusão deste estudo foi que o vazamento de efluentes da empresa Alunorte no rio Murucupi e conseqüente espalhamento pela área em estudo foi o responsável pelas alterações verificadas e a redução do oxigênio dissolvido causou a mortandade dos peixes no rio em questão e em outros corpos hídricos próximos ao local do vazamento. Além dos peixes e répteis, outros animais, inclusive animais terrestres, também sofreram com o aporte do material tóxico. Alterações no pH do rio Murucupi, a presença de grandes quantidades de cloreto e sua excelente correlação com o sódio, apontam para o uso de ácido clorídrico, um ácido forte, como agente neutralizante.

No estudo da intrusão do rio Barcarena a conclusão é que o rio Barcarena funciona como agente depurador do rio Murucupi e que se não houver mais agressão ao rio este voltará às suas características naturais.

A lama vermelha, resíduo perigoso classe I com propriedades corrosivas e metais pesados na sua constituição se distribuiu por uma grande área incluindo o rio Barcarena, Pará, Dendê e Arienga, comprovado pelo estudo que usou o cloreto como parâmetro de indicação de poluição, por efeito de correnteza de maré a área atingida é bem maior que a identificada neste trabalho.

A distribuição do cloreto apontou a possibilidade de lançamentos clandestinos no rio Murucupi e no rio Pará.

No estudo do efeito da pluviosidade como causa dos constantes vazamentos de efluente a área para os anos de 2003, 2006 e 2009 a conclusão foi que no ano de 2009 em termos de média a pluviosidade foi menor que nos outros anos considerados. Em termos de média diária o ano de 2006 apresentou recordes históricos chegando a um limite de 414,78 mm no dia 30 de Abril e neste ano não houve identificação de vazamentos.

O LAQUANAM espera ter contribuído com a Delegacia do Meio Ambiente e na qualidade de coordenadora deste laboratório e de amazônida que sou, espero que este estudo sensibilize o IBAMA, a SEMA, Ministério Público e outros órgãos competentes da necessidade do monitoramento pelos órgãos competentes ou por Laboratórios com isenção comprovada, não só dos corpos hídricos, mas principalmente das condições de depósito dos rejeitos na área Industrial de Barcarena e que revejam a decisão de permitir que rejeitos perigosos classe I sejam depositados em solo paraense. A licença ambiental

dada para empresas que não previram de que forma iriam tratar seus rejeitos é por si só, um crime ambiental. A prática de depositar rejeitos em bacias de sedimentação é uma prática de baixo custo e que cria muitos problemas para o meio ambiente, com o aumento da produção mais e mais bacias deverão ser criadas e em pouco tempo não haverá lugar suficiente para tantos rejeitos. Um dia quando estas empresas não tiverem mais interesse na Amazônia elas deixarão estas inúmeras bacias com milhares de toneladas de rejeitos para os amazônidas, esta será nossa herança. A justiça do estado do Pará é a única que pode obrigar a empresa a retirar os rejeitos das bacias e destiná-los de forma adequada, quando isto ocorrer os problemas serão resolvidos. Além disso, há a necessidade da recuperação dos ecossistemas locais principalmente do rio Murucupi. Caso a empresa não queira investir no tratamento dos rejeitos, uma solução de baixíssimo custo seria vender este material para a China, prática adotada pela ICOMI e pela VALE com rejeitos de fábricas de pelotização de manganês (anexo). A lama vermelha tem altas concentrações de materiais nobres como o titânio além de outros elementos de interesse estratégico como o nióbio que através de processos avançados podem ser separados.

Há fortes indícios que o solo, sedimento, plantas e a biota também estão contaminadas pelo rejeito, estas análises ainda estão em andamento.

As decisões tomadas pelos órgãos competentes refletirão na preservação ou degradação do meio ambiente da área de Barcarena e as responsabilidades históricas ficarão registradas para o conhecimento das gerações futuras.

A busca pelo desenvolvimento sustentável só será possível quando todos os atores envolvidos no processo tomem consciência que a Amazônia precisa não só ser preservada ela precisa ser respeitada em todos os sentidos.

Profª. Dra. Simone de Fátima P. Pereira
Coordenadora do Laboratório de Química Analítica e Ambiental da UFPA
Belém, 8 de Junho de 2009