UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS

ESTUDO HIDROGEOQUÍMICO DAS REGIÕES DE SALOBO E POJUCA, CARAJÁS-PA.

Tese Apresentada por

JOSÉ FRANCISCO BERRÊDO REIS DA SILVA

como requisito parcial à obtenção do grau em

MESTRE EM CIÊNCIAS

Na área de

GEOQUIMICA E PETROLOGIA

Conferido pelo Curso de Pós-Graduação em Geociências da Universidade Federal do Pará

Aprovado: 20.07.92

Comitê de Tese

JOSE FRANCISCO DA FONSECA RAMOS (ORIENTADOR)

WATERLOO NAPOLEAO DE LIMA

EDISON DAUSACKER BIDONE

MANOEL QUARESMA DA COSTA

DEDICATÓRIA

Aos meus pais

Aos amigos e companheiros

do Departamento de Ecologia do MPEG

À ODETE E LUíZA, coração e mente

AGRADECIMENTOS

Ao MUSEU PARAENSE EMíLIO GOELDI/CNPq/SCT, pela participação no programa de capacitação de pesquisadores desta instituição.

À COMPANHIA VALE DO RIO DOCE-CVRD, na pessoa do Engenheiro Fernando Rizzato (SUPES/GICOR), que viabilizou toda a fase de campo desta pesquisa, inclusive cedendo gentilmente os técnicos "Zezinho", "João" e "Carlinhos", os quais não mediram esforços para a concretização deste trabalho.

Ao CONSELHO NACIONAL DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO TECNOLóGICO-CNPq, pela concessão de bolsa de mestrado (1986 a 1987).

Ao CENTRO DE GEOCIÊNCIAS pela utilização dos laboratórios e, em especial, aos técnicos Rosa Miranda e Gilmar Wanzeler.

Aos técnicos da ÁREA DE ECOLOGIA DE SISTEMAS NATURAIS/DEL/MUSEU GOELDI: José Paulo Sarmento e Rafael Gomes do Nascimento Filho, pela execução dos desenhos. Aos demais colegas deste Departamento.

Ao PROGRAMA DE PESQUISA E ENSINO EM CIÊNCIAS DO MAR - PROMAR pela utilização dos microcomputadores e aos colegas Amilcar Mendes e Valdenira Ferreira pela ajuda na digitação e impressão da tese.

O autor deseja expressar seu especial agradecimento aos excelentes químicos: Prof. Manoel Quaresma e Pedro Coqueiro pela implantação de técnicas e análises de metais pesados.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURAS P.

Figura 1 - Mapa de localização da região estudada 6

Figura 2 - Precipitação Pluviométrica..... 7

Figura 3 - Mapa de Amostragem..... 10

Figura 4 - Coluna estratigráfica das áreas Salobo e Pojuca.. 12

Figura 5 - Mapa Geológico da Área Salobo..... 17

Figura 6 - Mapa Geológico da Área Pojuca..... 21

Figura 7 - Concentrações de cálcio (A), magnésio (B), sódio (C) e potássio (D) em águas superficiais - Área Salobo..... 40

Figura 8 - Concentrações de cálcio (A), magnésio (B), sódio (C) e potássio (D) em águas superficiais - Área Pojuca..... 41

Figura 9 - Concentrações do CO2 livre e oxigênio dissolvido em águas superficiais: Área Salobo (A) e Área Pojuca (B)..... 48

Figura 10 - pH em águas superficiais: Área Salobo e Área Pojuca (B)..... 52

Figura 11 - Concentrações do bicarbonato em águas superficiais: Área Salobo (A) e Área Pojuca (B)..... 56

Figura 12 - Concentrações da sílica em águas superficiais: Área Salobo (A) e Área Pojuca (B)..... 58

Figura 13 - Concentrações de cloreto em águas superficiais: Área Salobo e Área Pojuca..... 64

Figura 14 - Concentrações de sulfato em águas superficiais: Área Salobo (A) e Área Pojuca (B)..... 66

Figura 15 - Condutividade elétrica (A) e Sólidos Totais Dissolvidos (B) em águas superficiais - Área Salobo..... 71

Figura 16 - Condutividade elétrica (A) e Sólidos Totais Dissolvidos (B) em águas superficiais - Área Pojuca..... 71

Figura 17 - Concentrações de cobre nas áreas Salobo e Pojuca em diversas fases..... 76

Figura 18 - Concentrações de zinco nas áreas Salobo e Pojuca em diversas fases..... 77

Figura 19 - Concentrações de ferro nas áreas Salobo e Pojuca em diversas fases..... 78

Figura 20 - Concentrações de manganês nas áreas Salobo e Pojuca em diveras fases..... 79

Figura 21 - Gráficos de dispersão entre condutividade elétrica, alcalinidade e sólidos totais dissolvidos, em águas superficiais na Área Salobo..... 86

Figura 22 - Gráficos de dispersão entre condutividade elétrica, alcalinidade e sólidos totais dissolvidos, em águas superficiais na Área Pojuca..... 87

Figura 23 - Diagramas de Piper das amostras de águas superficiais e de subsuperfície da Área Salobo..... 98

Figura 24 - Diagramas de Piper das amostras de águas superficiais da Área Pojuca..... 99

Figura 25 - Diagrama de Piper das amostras de águas superficiais e de subsuperfície da Área Salobo..... 100

Figura 26 - Diagrama de Piper das amostras de águas superficiais da Área Pojuca..... 100

Figura 27 - Distribuição de Cu, Zn, Mn e Fe em águas superficiais / subterrâneas - Área Salobo..... 110

Figura 28 - Distribuição de Cu, Zn, Mn e Fe em Águas superficiais - Área Pojuca..... 111

TABELAS

Tabela 1 - Litologias, minerais e minérios da Área Salobo.. 13

Tabela 2 - Classificação dos xistos de Salobo Três Alfa.... 18

Tabela 3 - Litologias, minerais e minérios da Área Pojuca.. 22

Tabela 4 - Parâmetros e métodos analíticos utilizados neste trabalho..... 37

Tabela 5 - Valores mínimos, máximos, média aritmética (M), desvio padrão (DP) e média das médias (XM) para cálcio, magnésio, sódio e potássio em águas superficiais da Área Salobo..... 39

Tabela 6 - Valores mínimos, máximos, média aritmética (M), desvio padrão (DP) e média das médias (XM) para cálcio, magnésio, sódio e potássio em águas superficiais da Área Pojuca..... 39

Tabela 7 - Resultados analíticos (em mg/l) obtidos por vários autores em águas superficiais e de subsuperfície em terrenos cristalinos de várias regiões do Brasil e do mundo..... 44

Tabela 8 - Resultados analíticos (em mg/l) obtidos por vários autores em águas superficiais e de subsuperfície em contato com terrenos sedimentares da Amazônia..... 45

Tabela 9 - Composição média dos rios do mundo (mg/l)..... 46

Tabela 10 - Valores mínimos, máximos, média aritmética (M), desvio padrão (DP) e média das médias (XM), para CO2 livre e Oxigênio Dissolvido (OD) em águas superficiais..... 47

Tabela 11 - Valores mínimos, máximos, média aritmética (M), desvio padrão (DP) e média das médias (XM), para o pH em águas superficiais..... 51

Tabela 12 - Valores mínimos, máximos, média aritmética (M), desvio padrão (DP) e média das médias (XM), para o bicarbonato em águas superficiais..... 55

Tabela 13 - Valores mínimos, máximos, média aritmética (M), desvio padrão (DP) para a sílica em águas superficiais..... 59

Tabela 14 - Valores mínimos, máximos, média aritmética (M), desvio padrão (DP) e média das médias (XM), para o cloreto em águas superficiais..... 63

Tabela 15 - Valores mínimos, máximos, média aritmética (M), desvio padrão (DP) e média das médias (XM), para sulfato em águas superficiais..... 65

Tabela 16 - Valores mínimos, máximos, média aritmética (M), desvio padrão (DP) para condutividade elétrica (micromhos/cm) em águas superficiais..... 70

Tabela 17 - Valores mínimos, máximos, média aritmética (M), desvio padrão (DP) para sólidos totais dissolvidos (mg/l) em águas superficiais..... 70

Tabela 18 - Valores mínimos, máximos, média aritmética (M), desvio padrão (DP) para os metais dissolvidos nas águas superficiais - "Área Salobo"..... 75

Tabela 19 - Valores mínimos, máximos, média aritmética (M), desvio padrão (DP) para os metais dissolvidos nas águas superficiais - "Área Pojuca"..... 75

Tabela 20 - Valores médios dos metais da "Fase Móvel" e "Imóvel" nos sedimentos de corrente, em micrograma/g - "Área Salobo"..... 81

Tabela 21 - Valores médios dos metais da "Fase Móvel" e "Imóvel" nos sedimentos de corrente, em micrograma/g - "Área Pojuca"..... 81

Tabela 22 - Valores mínimos e máximos para os metais pesados (em micrograma/l) dissolvidos em águas subsuperficiais - "Área Salobo"..... 82

Tabela 23 - Valores médios (em mg/l) para cátions e ânions nas áreas de Salobo e Pojuca em águas superficiais..... 94

Tabela 24 - Valores médios (em %meq/l) para cátions e ânions nas áreas de Salobo e Pojuca em águas superficiais..... 95

Tabela 25 - Variações médias das relações entre os cátions principais em águas superficiais-"Área Salobo".. 101

Tabela 26 - Variações das relações entre os cátions principais em águas subsuperficiais - "Área Salobo"..... 102

Tabela 27 - Variações médias das relações entre os cátions principais em águas superficiais -"Área Pojuca". 103

Tabela 28 - Valores comparativos (em micrograma/l) de metais pesados em águas drenando terrenos mineralizados, não mineralizados e background mundial..... 109

SUMÁRIO

P.

DEDICATÓRIA i
AGRADECIMENTOS ii
LISTA DE ILUSTRAÇÕES iii
RESUMO 1
ABSTRACT 2

1 - INTRODUÇÃO 3
1.1 - OBJETIVOS 3
1.2 - LOCALIZAÇÃO DAS ÁREAS DE TRABALHO 4
1.3 - ASPECTOS FISIOGRÁFICOS 5
1.3.1 - **Clima** 5
1.3.2 - **Vegetação** 5
1.3.3 - **Relevo** 8
1.3.4 - **Hidrografia** 8

2 - GEOLOGIA DA ÁREA 10
2.1 - GENERALIDADES 10
2.2 - ESTRATIGRAFIA 10
2.2.1 - **Complexo Xingu** 10
2.2.2 - **Super Grupo Itacaiúnas** 13
2.2.2.1 - Grupo Igarapé Salobo 13
A - Formação Gnaisse Cascata 14
B - Formação 3 Alfa 14
C - Formacão Cinzento 18

2.2.2.2 - Grupo Igarapé Pojuca 18
A - Formação Corpo 4 19
Aa - Rochas Bandadas 22
Ab - Xisto com Fragmentos 22
Ab1 - Hornblenditos com Fragmentos 22
Ab2 - Rochas Granatíferas com Fragmentos 23

B - Metavulcânicas Básicas-Intermediárias 23
B.1 - Metavulcânica I 23
B.2 - Metavulcânica II 24

C - Corpos 1, 2 e 3 24
C.1 - Granada - feldspato - andaluzita - muscovita-biotita-quartzo xisto 24
C.2 - Biotita Anfibolito 24
C.3 - Biotita Anfibolita Xisto 25
C.4 - Formação Ferrífera bandada 25
C.5 - Anfibolito 26

D - Meta arenitos - siltitos 26
2.2.3 - **Corpos Intrusivos** 26
2.2.4 - **Geologia das Jazidas** 27

2.2.4.1 - Jazida de Salobo 3 Alfa 27
2.2.4.2 - Jazida do Corpo 4 (Área Pojuca)..... 29

3 - **MÉTODOS DE TRABALHO**..... 31
3.1 - AMOSTRAGEM (ÁGUAS E SEDIMENTOS)..... 31
3.2 - ANÁLISE DE CAMPO E DE LABORATÓRIO..... 33
3.2.1 - **Águas superficiais e de subsuperfície**..... 33
3.2.2 - **Sedimentos de corrente**..... 34

4 - **INTERPRETAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS**..... 37

4.1 - GENERALIDADES..... 37
4.1.1 - **Parâmetros físico-químicos e componentes químicos das águas**..... 37
4.1.1.1 - cálcio, magnésio, sódio e potássio..... 37
4.1.1.2 - CO2 Livre e Oxigênio Dissolvido..... 46
4.1.1.3 - Potencial Hidrogeniônico (pH)..... 50
4.1.1.4 - Bicarbonato (HCO3-)..... 53
4.1.1.5 - Sílica..... 56
4.1.1.6 - Cloreto (Cl-)..... 61
4.1.1.7 - Sulfato (SO4=)..... 64
4.1.1.8 - Condutividade Elétrica (CE) e Sólidos Totais Dissolvidos (STD)..... 68
4.1.1.9 - Metais pesados: cobre, zinco, ferro total, manganês,níquel, chumbo, cádmio e cobalto..... 72

4.1.2 - **Correlações entre as propriedades físico-químicas, os componentes químicos no meio aquoso e os metais pesados nos sedimentos de corrente.** 82

4.1.2.1 - Considerações Gerais..... 82
4.1.2.2 - Águas Superficiais..... 82
4.1.2.3 - Sedimentos de Corrente..... 87

4.1.3 - **A Geoquímica das Águas e sua aplicação na prospecção de metais básicos**..... 89

4.1.3.1 - Relações entre as águas e litologias em contato nas áreas de Salobo e Pojuca..... 91
4.1.3.1.1 - Hidroquímica da Área Salobo..... 91
4.1.3.1.2 - Hidroquímica da Área Pojuca..... 95

4.1.3.2 - Utilização dos metais pesados na prospecção hidrogeoquímica..... 106

5 - **CONCLUSÕES**..... 114

6 - **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**..... 120

7 - **ANEXOS**..... 126

RESUMO

Este estudo tem por finalidade verificar a utilização do método de prospecção hidrogeoquímica em águas drenando as rochas metassedimentares e metavulcânicas das áreas Salobo e Pojuca, mineralizadas a Cu e Cu-Zn, respectivamente.

Como resultado, a composição química destas águas é bicarbonatada, com importantes contribuições de Mg, Na e Ca e altos teores de sílica, que caracterizam relações geoquímicas evidentes entre o meio aquoso e a geologia destas regiões. O pH das águas é fracamente ácido, com baixas concentrações de sulfato, contrário ao observado em áreas de mineralogia semelhante. O regime pluvial contribue para a manutenção dos teores de sólidos totais dissolvidos, removendo sais solúveis acumulados em períodos de estiagem, auxiliado pela topografia.

A utilização dos metais pesados dissolvidos para a localização dos depósitos minerais é bastante limitada, com grandes concentrações ligadas aos sedimentos de corrente, provavelmente fases oxi-hidratadas de ferro e manganês. O zinco, contudo, possue teores elevados em solução, acima do background estabelecido, capazes de delinear halos hidrogeoquímicos importantes na "Área Pojuca".

Barreto

ABSTRACT

This study have objetive verify the utilization of the hidrogeochemical prospection method about water draining the metasedimentary and metavulcanics rocks of Salobo and Pojuca areas, Cu and Cu-Zn mineralizations, respectively.

Consequently, these waters chemical compositons is a bicarboneted, with importants contributins of Mg, Na e Ca and high concentrations of silica, that caracterize evidents geochemicals relations between aquous environments and the geology of these areas. The waters pH dis little acid, within a low sulfats concentrations, otherwise seem in mineralogy similar areas. The pluvial regimen contribute to maintenance of the dissolved total solids concentrations, removing dissolved salts accumulated on dry season, helped by topography.

The utilization of dissolved heavy-metals to mineral deposits locations is very limited in the studied environments, within a big concentrations linked to current sediments, probably oxi-hidrateds iron and manganese phases. The zinc, however have high-concentrations in solutions, above of estabilished background, that are able to delineate importants hidrogeochemicals halus in "Área Pojuca".

1 - INTRODUÇÃO

1.1 - OBJETIVOS

Métodos hidrogeoquímicos têm sido utilizados com relativo sucesso em outros países como método direto ou como apoio à prospecção de jazimentos metalíferos, principalmente àqueles relacionados a minérios sulfetados (Deering et al. (1983), Ferguson & Price (1976), Cameron (1977), Vandelannoote et al. (1984)).

A aplicação desta técnica na exploração geoquímica depende, sobretudo, da disponibilidade de fontes para amostragens (rios, córregos, poços, etc.), do ambiente geológico e geoquímico, do clima e tipo de mineralização prospectada, quando então procura-se adotar parâmetros e análises físico-químicas adequados à sua utilização.

Neste sentido, a região amazônica, por apresentar um grande potencial mineral, expressiva malha hidrográfica, clima úmido com alta taxa pluviométrica em oposição a um espesso manto intempérico (que não permite a exposição de bons afloramentos), apresenta-se oportuna para o emprêgo da geoquímica de superfície, especialmente a geoquímica de águas no reconhecimento e interpretação dos processos geoquímicos envolvidos na liberação de elementos químicos em área de potencial mineral.

Neste estudo pretende-se:

a) verificar a aplicabilidade do método de prospecção

hidrogeoquímica na deteção de anomalias em águas, causadas por metais básicos e constituintes maiores (cátions e ânions) diretamente relacionados à mineralização sulfetada de jazimentos minerais localizados na região tropical de Salobo e Pojuca na Serra dos Carajás;

b) tecer comentários preliminares sobre a dispersão em solução dos elementos químicos, especialmente metais pesados, comparando-se o teor do elemento em água com a respectiva concentração na fase mineral e adsorvida, levando-se ainda em conta o pH do meio, solubilidade da fase hospedeira e composição química do sedimento de corrente;

c) verificar o comportamento dos elementos químicos frente às variações pluviométricas da região, tanto em água como em sedimento de corrente;

d) proporcionar, a partir dos dados básicos levantados, informações que servirão de apoio a futuras avaliações de modificação ambiental nas áreas estudadas advindas da implantação das atividades de mineração

1.2 - LOCALIZAÇÃO DAS ÁREAS DE TRABALHO

As áreas estudadas, "Área Salobo" e "Área Pojuca", encontram-se à noroeste das jazidas de ferro da serra dos Carajás, localizada na Província Mineral de Carajás (HIRATA, 1982), município de Marabá, sudeste do estado do Pará. São enquadradas aproximadamente pelos paralelos de 5°45′ S - 6°05′ S

e pelos meridianos 50°35' W - 50°20' W (Figura 1), sendo entrecortados pelo rio Itacaiúnas e seus afluentes, que as atravessam no sentido SW-NE indo em direção à cidade de Marabá, aproximadamente a 140 km sudoeste.

1.3 - ASPECTOS FISIOGRÁFICOS

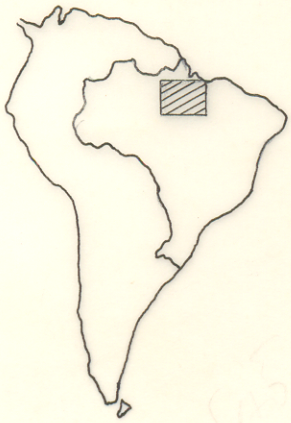
1.3.1 - Clima

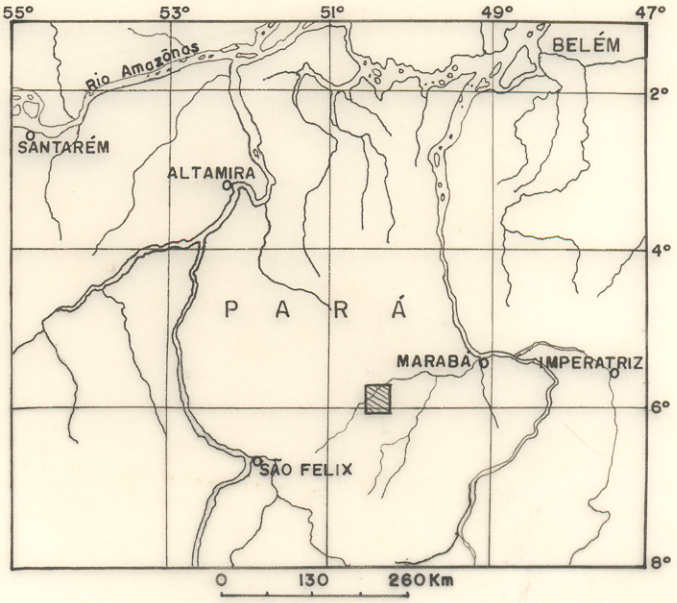
Segundo Docegeo (1981), o clima reinante na região é pertencente à região climática xeroquimênica, sub-região subtermaxérica, cujo clima é tropical subquente e sub seco. Nas serras, parece ser do tipo termoxeroquimênico de caráter atenuado, cujo clima é tropical e seco atenuado.

A região apresenta altas taxas de precipitação pluviométrica (média anual de 2200 mm) com um regime climático definido por uma estação mais chuvosa, entre os meses de novembro a maio, e outra com precipitacões esporádicas entre os meses de junho a outubro (Figura 2). A temperatura média oscila entre 19° C e 31° C (DOCEGEO, op. cit.).

1.3.2 - Vegetação

MPEG (1988) classificou a vegetação da serra dos Carajás em dois tipos: o primeiro deles (característico das áreas Salobo e Pojuca) é chamado de "floresta tropical-pluvial, com variações locais nas escarpas e serras, onde predomina o tipo "mata de cipó" (PIRES, 1973).





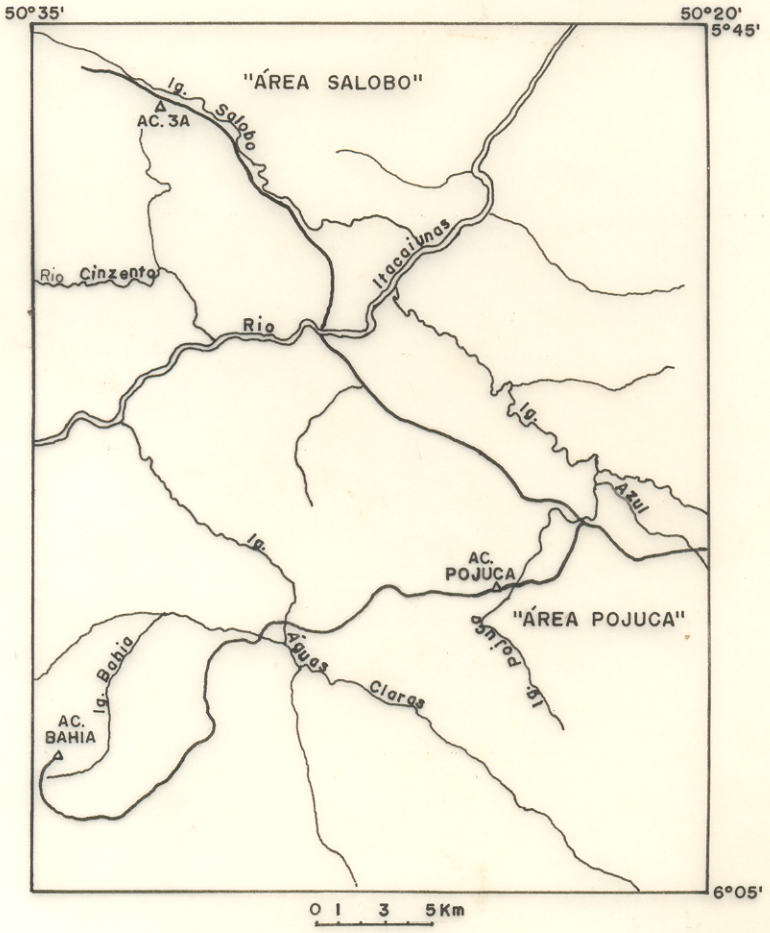
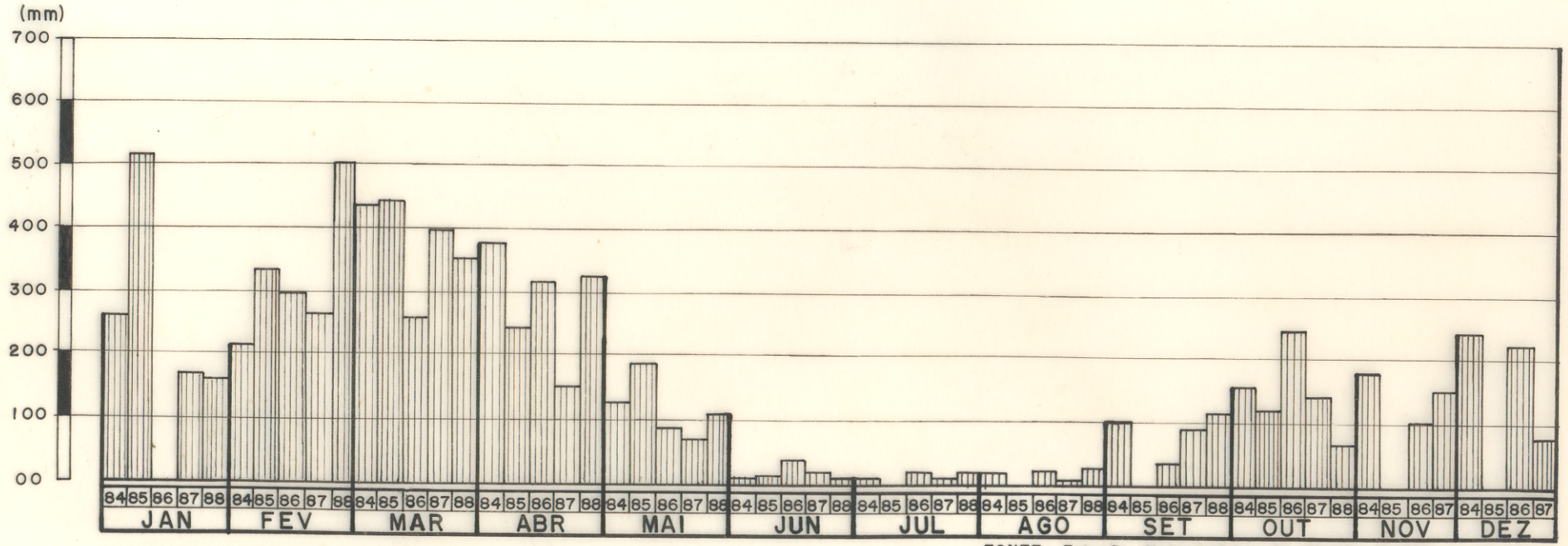


Figura I: Mapa de localização da região estudada

Fonte: DOCEGEO (1984), (1986)

PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA

"Áreas Salobo e Pojuca"



FONTE: Estação Metereológica de Salobo 3 Alfa

Figura 2 : Precipitação Pluviométrica

O segundo tipo é menos abrangente representando cerca de 2 a 3% da região, sendo denominado de "savana metalófila" ou "campo rupestre" ou simplesmente "vegetação de canga".

Nas áreas de realização do trabalho a floresta encontra-se intacta, sendo ausente somente nos locais das atividades mineradoras, como estradas, acampamentos e proximidades das galerias.

1.3.3 - Relêvo

É constituído por serras alongadas dispostas no sentido NW-SE, sobressaindo-se em cristas com altitudes máximas de 500-600m (DOCEGEO, 1981).

1.3.4 - Hidrografia

O rio Itacaiúnas constitue-se na principal drenagem da região, sendo bastante volumoso e de grande velocidade, com largura de 80 a 200m e trechos encachoeirados de declives fortes (DOCEGEO, op. cit.).

De grande importância para a reserva hídrica da região é o igarapé Salobo e o rio Cinzento, na "Área Salobo" e os igarapés Pojuca, Águas Claras e igarapé Bahia, na "Área Pojuca" (Figura 3). As demais drenagens constituem-se de pequenos córregos com nascentes nas serras próximas.

Os cursos mais caudalosos correm normalmente em substrato constituído por rochas e material alterado; os menores, porém, são pouco largos, de pequena profundidade (lâmina d'água), correndo sempre sobre o manto intempérico até juntar-se aos cursos principais.

Segundo a classificação de Sioli apud JUNK & FURCK (1980) para as águas amazônicas, esses corpos d'água são do tipo "águas claras" (ver descrição sumária dos recursos hídricos, nas Tabelas 1 e 2 do Anexo A).

As águas subsuperficiais são apresentadas como nascentes e como "seepage" (águas que fluem através de fraturas nas rochas) nas serras e galerias. Pelas observações feitas na galeria G-3, nota-se que as fraturas locais são de grande importância para o sistema hidrogeológico da região, servindo como verdadeiros condutos no movimento das águas.

2 - GEOLOGIA DA ÁREA

2.1 - GENERALIDADES

Em função dos objetivos do trabalho, restringimos nossa abordagem sobre a geologia da região, somente àquela concernente aos domínios da área estudada.

Desta forma, as unidades que ocorrem nas áreas Salobo e Pojuca, compreendem, da base para o topo, o Complexo Xingu (SILVA et al., 1974), o Supergrupo Itacaiúnas, constituído pelos Grupos Salobo e Pojuca (DOCEGEO, 1987) além de corpos intrusivos (Figura 4).

2.2 - ESTRATIGRAFIA

2.2.1 - Complexo Xingu

Definido por SILVA et al. (op.cit.), na calha do rio Xingu, esta unidade constitue-se no embasamento da área estudada, ocorrendo nos vales do rio Itacaiúnas, Igarapé Cinzento ou em áreas de topografia arrasada.

Na região em questão, apresenta-se como rochas gnáissicas, às vêzes migmatizadas, de composições tonalíticas, trondjemíticas ou granodioríticas, cuja mineralogia é composta por plagioclásio, quartzo, K-feldspato e minerais acessórios (Tabela 1).

Segundo Machado et al. apud DOCEGEO (1988), estas rochas mostram idades U/Pb de 2851 ± 4 m.a., sendo provenientes

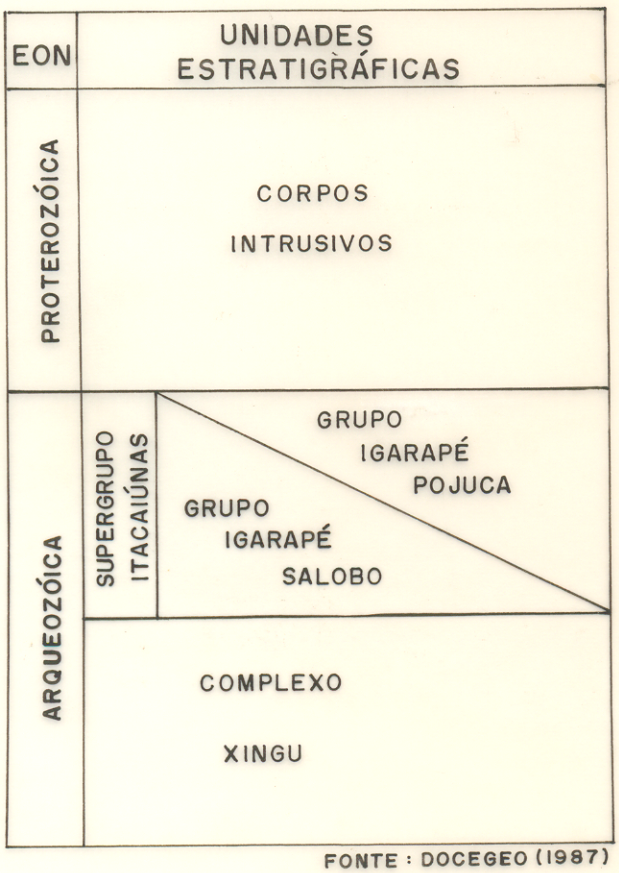


Figura 4: Coluna estratigrafica das áreas Salobo e Pojuca

Tabela 1: Litologias, minerais e minérios da "Área Salobo"

UNIDADE ESTRATIGRÁFICA/LITOLOGIAS PRINCIPAIS	MINERAIS/MINÉRIOS
FORMAçÃO CINZENTO: Quartzitos (intercalações de rochas gnaissificadas, andesitos, meta arcóseos e xistos	Quartzo (80%); sericita como acessório
FORMAçÃO 3 ALFA: Rochas sedimentares de origem química e membros detríticos, rochas vulcânicas (básicas-intermediárias); xistos; meta - ígneas (básico-intermediárias) Formacão Ferrífera (F. óxido)	Proporções variadas de: quartzo, biotita, almandina, fayalita, magnetita e Fe-anfibólio
FORMAçÃO GNAISSE CASCATA: Gnaisses de origem sedimentar (com intercalações de anfibolitos, metape- e de de xistos básicos	Plagioclásio (Albita-Oligoclásio, (30-50%); quartzo (20-40%); K-feldspato (15-30%); máficos, (clorita e/ou biotita, acessórios e calcopirita
COMPLEXO XINGU: Gnaisses (tonalíticos trodjemíticos e/ou granodioríticos	Plagioclásio; quartzo; K-feldspato e minerais acessórios

FONTE: DOCEGEO (1988); HIRATA (1982),(1988); MARTINS (1982); SILVA et al. (1974); VIEIRA et al. (1988)

do retrabalhamento metamórfico sobre terrenos graníticos arqueanos (DOCEGEO, 1988).

2.2.2 - Supergrupo Itacaiúnas

Denominação proveniente do rio homônimo e principal drenagem da região (Figura 1). O Supergrupo Itacaiúnas (DOCEGEO, 1987), está representado aqui, pelos grupos Igarapé Pojuca e Igarapé Salobo, de idade arqueana que possuem litologias distintas, de grau metamórfico variado, sendo produto de uma evolução em contexto vulcano-sedimentar. DOCEGEO (op.cit.), cita que a insuficiência de dados geocronológicos e a falta de relações claras de campo não permitem o posicionamento estratigráfico definitivo das unidades deste supergrupo.

2.2.2.1 - Grupo Igarapé Salobo

Denominação do igarapé de mesmo nome, afluente da margem esquerda do rio Itacaiúnas (Figura 1) e que fazia parte da sequência Salobo-Pojuca de HIRATA (1982).

O Grupo Igarapé Salobo ocorre a NW da mina de ferro de Carajás (± 40km), sendo responsável pelos principais depósitos e ocorrências de Cu (Au,Mo e Ag) da região.

Segundo HIRATA (op.cit.), suas litologias ocorrem a leste, oeste e norte da serra Salobo Três Alfa e áreas 4A, 2A, 4B e Sal-7, sendo atravessado por corpos graníticos e rochas básicas . Suas litologias mostram-se afetadas por deformações polifásicas e grau metamórfico que varia de médio a alto.

O Grupo Igarapé Salobo faz contato com o Complexo Xingu

e Grupo Igarapé Pojuca, sendo dividido por DOCEGEO (1987) em 3 formações: Gnaisse Cascata, Formação Três alfa e Formação Cinzento.

A - Formação Gnaisse Cascata

Denominação dada em relação ao afluente da margem direita do igarapé Salobo. Sendo denominada anteriormente de Gnaisse Inferior por HIRATA (1982), constitue-se na base estratigráfica do Grupo Igarapé Salobo, apresentando centenas de metros de espessura e vários quilômetros de extensão.

A Formação Gnaisse Cascata é constituida por gnaisses de coloração cinza-rosa (Tabela 1), às vêzes esbranquiçadas, de origem predominantemente sedimentar. São intercalados por anfibolitos e metapelitos de espessura centimétrica a métrica além de xistos de derivação básica (DOCEGEO, 1988).

Mineralogicamente são constituídos por plagioclásio 30-50% (albita-oligoclásio); quartzo (20-40%); K-feldspato (15-30%); clorita como máfico principal ou biotita. Ocorrem ainda alguns acessórios e calcopirita em fraturas e disseminações (DOCEGEO (1988), MARTINS et al. (1982), VIEIRA et al. (1988)).

B - Formação Três Alfa

Nome devido ao principal heliporto (denominado Três Alfa), localiza-se próximo à jazida de cobre Três Alfa (DOCEGEO, 1988). Esta unidade possue uma espessura média de 300m (variando de 200 a 500m, segundo HIRATA (1982), com mais de 10km de

extensão, onde estão localizadas as mineralizações de Cu (Au,Mo,Ag) da "Área Salobo".

A Formação Três Alfa é constituída principalmente por metassedimentos compreendendo rochas sedimentares de origem química e membros detríticos, com vulcânicas básicas-intermediárias subordinadas (DOCEGEO, op. cit.).

Com base na proporção dos minerais de maior frequência (quartzo, biotita, almandina, fayalita, magnetita e Fe-anfibólio), textura e composição química, foram definidos cinco tipos de xistos (DOCEGEO (1988), VIEIRA et al. (1988)), dos quais os xistos 1 e 3 (Formação Ferrífera óxido silicatada) são os mais importantes em mineralização de Cu (Tabela 1), de ampla distribuição no corpo C (Figura 5), ocorrendo associados entre si (VIEIRA et al., 1988). Os xistos do tipo 2 ocorrem na base do corpo C distribuídos de forma lenticular. Os do tipo 4 constituem-se nos principais tipos litológicos do pacote de xistos.

Os xistos de tipo 5 ocorrem na base da Formação Três Alfa, são estéreis e finamente laminados; a Tabela 2 mostra os cinco tipos de xistos e sua mineralogia principal.

Associados à Formação Três Alfa ocorrem outras litologias tipo meta-ígneas básicas-intermediárias, lentes descontínuas de Formação Ferrírera Bandada (fácies óxido), com espessura menor que 30m e extensão variando de 200-300m na porção superior desta Formação (HIRATA (1982), MARTINS et al. (1982), VIANA et al., (1982), VIEIRA et al. (1988)).

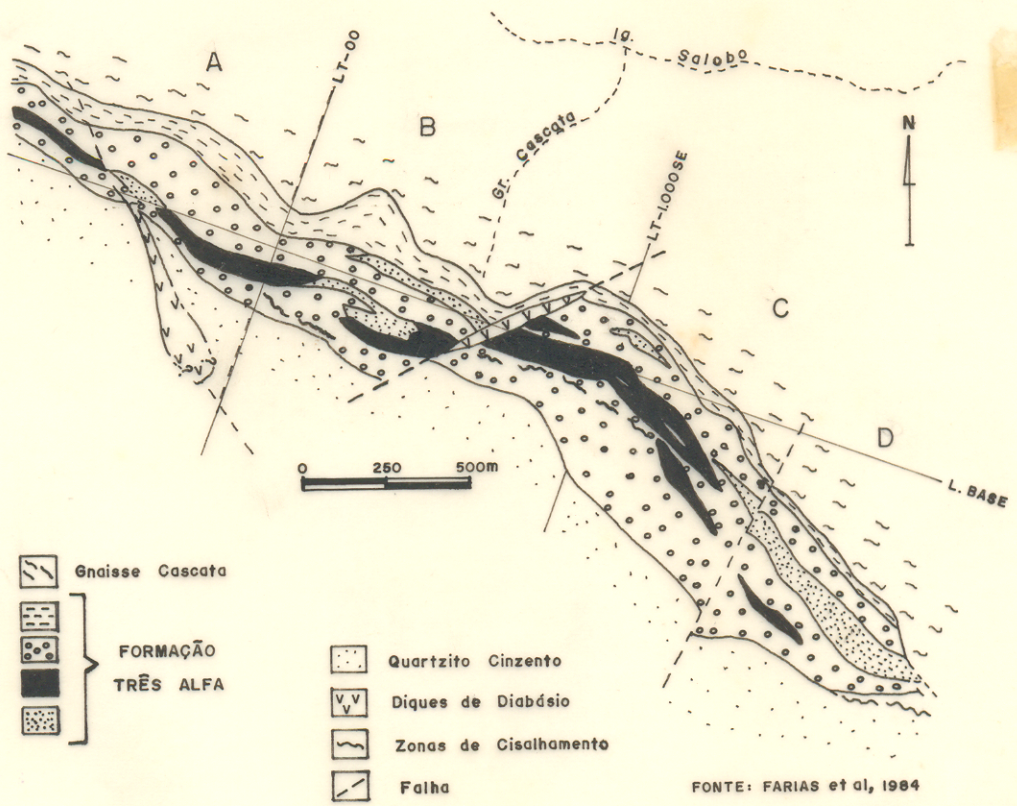


Figura 5 : Mapa Geológico da Área Salobo

Tabela 2: Classificação dos xistos de Salobo Três Alfa

LITOLOGIA	MINÉRIO	MINERALOGIA		SULFETOS	ESTRUTURA	COBRE
		Principal	Subordinada			
X1	1	Mag) 50%	Gra, Bio, Fay, Gru, Grafita, Fluorita	bn - cc bn - cp=cc	maciça em geral(banda da eventual	) 1,5% de Cu
X2	2	Gra, Gru	Bio, Quartzo (10 % Mag	+bn-cc (cp)	Isótropa a parcialmente foliada	Em geral inferior a 0.5%Cu
X3	3	Bio,Gra,Mag, (10 / 50 %)	Fay, Qtz, Gru (Plg)	bn -cc bn-cp + cc	Foliada/ bandada	0.5 a 1.5 % de Cu
X4	4	Bio, Gra	Gru, Qtz, +Fay + Plg, (10% Mag	bn - cc bn-cp + cc	Foliada/ bandada	Em geral inferior a 0,5%Cu
X5	5	Qtz, Plg Bio, Af	+ Gra	bn - cc(cp)	Laminada granulação fina	Inferior a 0.5 % Cu

(reproduzida de Vieira et al. (1988))

bn: bornita
cc: calcocita
cp: calcopirita

C - Formação Cinzento

DOCEGEO (1988) assim denominou esta unidade em referência ao igarapé Cinzento, afluente da margem esquerda do rio Itacaiúnas (Figura 1). Suas rochas constituem o topo das seqüências do Grupo Igarapé Salobo, com uma extensão de dezenas de quilômetros e espessura média em torno de 200m.

É composta predominantemente por quartzitos de coloração cinza-clara (Tabela 1), onde o quartzo é o mineral principal (acima de 80%) tendo a sericita como acessório frequente (DOCEGEO (1988), HIRATA (1982)). Foram observadas ainda intercalações de rochas gnaissificadas, andesinitos, meta-arcóseos e xistos (DOCEGEO, op. cit.).

O contato com a Formação Três Alfa é gradativo, ocorrendo rochas milonitizadas nesta interface com 25% de feldspato potássico e cálcio-sódico.

2.2.2.2 - Grupo Igarapé Pojuca

Este Grupo é constituído por um pacote metavulcanosedimentar, paralelo ao Grupo Igarapé Salobo e que também pertencia à seqüência Salobo-Pojuca de Hirata apud DOCEGEO (1987).

As rochas do Grupo Igarapé Pojuca são limitadas a norte por rochas do Complexo Xingu e a sul por metassedimentos psamo-pelíticos ocorrendo principalmente no flanco norte dos sinclinórios de Carajás, margem direita do rio Itacaiúnas, interflúvio dos igarapés Azul e Águas Claras. Situam-se

aproximadamente 30km a NW das jazidas de ferro N4E e 23 quilômetros a SE das jazidas de Cu do Grupo Salobo (Figura 1).

Esta unidade é verticalizada e constitue-se nas hospedeiras das mineralizações de Cu e Zn (com Au e Mo associados), encontrando-se metamorfizada no grau xisto verde a anfibolito. Quatro corpos mineralizados foram individualizados na área, sendo que o corpo 4 constitue-se no melhor depósito e cujas litologias definem a Formação Corpo 4 (DOCEGEO, 1987).

Segundo DOCEGEO (1988), o Grupo Igarapé Pojuca engloba outros tipos litológicos ainda não bem definidos estratigraficamente, podendo-se citar as metavulcânicas básico-intermediárias (incluindo rochas à cordierita antofilita) e outras litologias como anfibolitos, metassedimentos pelíticos e Formação Ferrífera Bandada (óxido silicatada), reunidas nos corpos 1, 2 e 3, aqui descritas devido a sua distribuição areal (DOCEGEO, 1984), Figura 6 e Tabela 3.

A - Formação Corpo 4

Esta formação é composta por dois grupamentos litológicos principais: as rochas bandadas e xistos metamorfizados com "fragmentos" (metassedimentos clasto-químicos), DOCEGEO (1988). O conjunto possue uma espessura média de cêrca de 100m, com extensão superior a 3km encontrando-se encaixado em metavulcânicas básico-intermediárias.

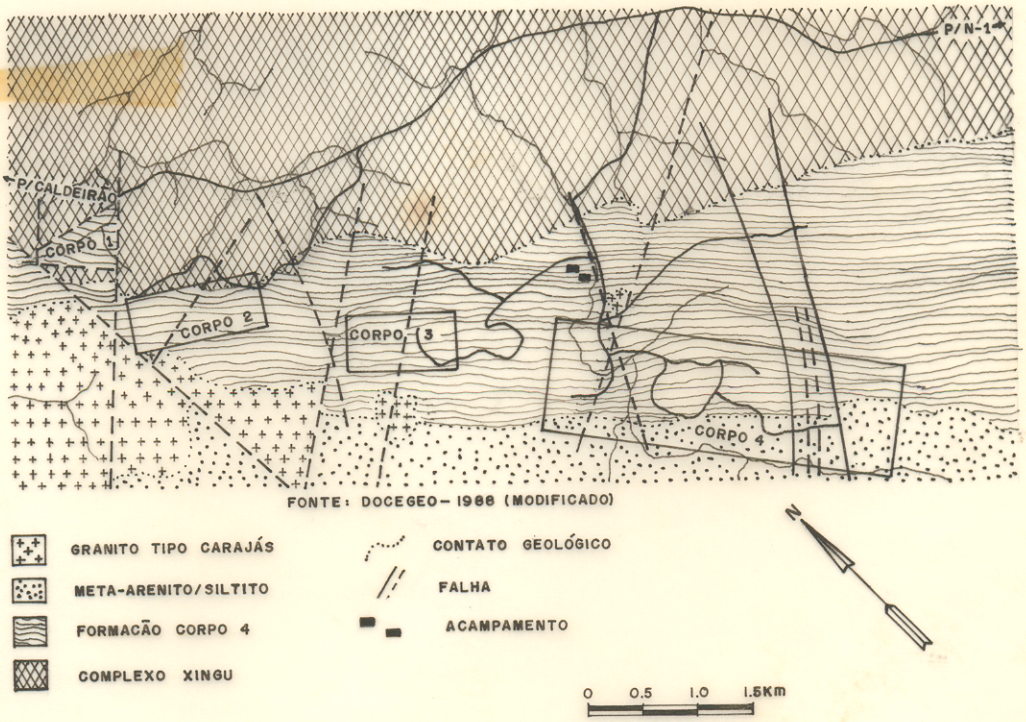


Figura 6 : Mapa geológico da Área Pojuca

Consta Figura 5b na lista de Ilustrações.
Deveria ser Figura 6.

Tabela 3: Litologias, minerais e minérios da "Área Pojuca"

UNIDADE ESTRATIGRÁFICA / LITOLOGIAS PRINCIPAIS	MINERAIS / MINÉRIOS
Formação 4: Rochas bandadas (sedimentos)	quartzo, anfibólios (hastingsita/hornblenda, grunerita); sulfetos (pirrotita, calcopirita e eventualmente esfalerita); magnetita; almandina ou biotita
Formação Ferrífera Bandada - Fácies óxido:antofilita-xistos, granada-cummingtonita (hornblenda) xistos e rochas granatíferas.	quartzo; magnetita; grunerita e hastingsita; chert; biotita e sulfetos maciços
Rochas granatíferas com fragmentos	almandina; quartzo; biotita; anfibólio (cummingtonita-grunerita, trendita-actinolita hornblenda e antofilita); plagioclásio ou cordierita
Horblenditos com fragmentos	quartzo; anfibólio (hornblenda-hastingsita ou tremolita-actinolita plagioclásio e disseminações de calcopirita, pirrotita e esfalerita
METAVULCÂNICAS BÁSICAS-INTERMEDIÁRIAS:	
Metavulcânica I (composição basáltico-andesítica)	plagioclásio (oligoclásio-andesina); anfibólio (hornblenda, cummingtonita, tremolita, tremolita/actinolita),frequentemente alterados à cordierita-antofilita-biotita ou clorita-biotita-antofilita
Metavulcânica II (composição básico-intermediária)	cordierita-antofilita e biotita-clorita
Corpos 1, 2 e 3	
Granada-feldspato-andaluzita-muscovita-biotita-quartzo xisto: origem sedimentar, psamo-pelítica aluminosa	quartzo (15-60%); biotita; muscovita; andaluzita;plagioclásio e granada (almandina) acessórios e opacos
Biotita-anfibolito (metavulcânica básica)	plagioclásio (40-50%) do tipo oligoclásio/andesina;anfibólio horblenda/cummingtonita, 30-35%); biotita (20-25%); acessórios e opacos;intercalações de anfibólio xisto sulfetos de cobre
Biotita-anfibolito xisto	biotita (60%); anfibólio (horblenda, actinolita ou cummingtonita); plagioclásio(oligoclásio, 20-60%); quartzo e opacos; magnetita; níveis granatíferos; calcopirita(raramente bornita ou pirita)
Formação Ferrífera Bandada: biotita-anfibólio-xisto, paragnaisses, granodioritos, antofilita, cordierita, hornblenditos, como intercalações	quartzo; magnetita, hematita e anfibólio (Fe-hastingsita, hornblenda, grunerita)
Anfibolito	plagioclásio e anfibólio (hornblenda ou cummingtonita) com biotita; acessórios; opacos (sulfetos de cobre, molibdenita e magnetita) além de quartzo secundário
Metarenitos/siltitos	quartzo (60-90%); biotita e sericita; acessórios e opacos; disseminações de pirita e calcopirita

FONTE: DOCEGEO (1981),(1984),(1987),(1988); FARIAS et al. (1984); HIRATA (1982); MARTINS et al. (1982)

A.a - Rochas bandadas

São sedimentos químicos de granulação fina segundo DOCEGEO (1984), FARIAS et al. (1984). Mineralogicamente constituídos por quartzo, anfibólios (hastingsita ou hornblenda, grunerita), sulfetos (pirrotita, calcopirita, eventualmente esfalerita) e, às vêzes, magnetita em bandamentos centimétricos e milimétricos; almandina ou biotita aparecem com freqüência.

Níveis de Formação Ferrífera Bandada (fácies óxido) composta por quartzo, magnetita, grunerita e hastingsita ocorrem próximo ao contato com a metavulcânica II, juntamente com níveis de "chert" associados à biotita, além de sulfetos maciços em níveis descontínuos. Nesta unidade encontram-se ainda antofilita xistos, granada-cummingtonita (hornblenda) xistos e rochas granatíferas.

A.b - Xistos com fragmentos

A presença do quartzo em aglomerados milimétricos (tal qual fragmentos de rochas) a centimétricos, constitue-se na principal característica desta unidade que, ao mesmo tempo serve como nível guia dos horizontes mineralizados a Cu-Zn do Corpo 4 (FARIAS et al. (1984)). Segundo DOCEGEO (1984), são duas as principais litologias desta unidade:

A.b.1 - Hornblenditos com fragmentos

São rochas formadas por massas de quartzo em matriz de

anfibólio (hornblenda-hastingsita ou tremolita-actinolita), biotita, quartzo e plagioclásio. Às vêzes apresentam disseminações de calcopirita, pirrotita e esfalerita.

A.b.2 - Rochas granatíferas com fragmentos

São constituídas por almandina e aglomerados de quartzo em matriz contendo biotita, anfibólio (cummingtonita-grunerita, trendita-actinolita, hornblenda e antofilita) quartzo e eventualmente plagioclásio ou cordierita com acessórios e opacos.

B - Metavulcânicas básico-intermediárias

Estas rochas foram informalmente subdivididas por DOCEGEO (1984) em metavulcânica I e II para designar respectivamente as unidades sobrepostas e sotopostas à Formação Corpo 4.

B.1 - Metavulcânica I

São constituídos principalmente por rochas de composição basáltico-andesítica com espessura de aproximadamente 150m .A mineralogia principal é composta por plagioclásio (oligoclásio-andesina) e anfibólios (hornblenda, cummingtonita, tremolita, actinolita) além de acessórios e opacos. Estas rochas mostram-se frequentemente alteradas à assembléias de cordierita-antofilita-biotita ou clorita-biotita-antofilita; ocorrem ainda rochas metassedimentares,

metavulcanosedimentares e brechas vulcânicas.

B.2 - Metavulcânica II

São de caráter básico-intermediário, com assembléias à cordierita-antofilita e biotita ou clorita menos frequentes que na unidade anterior. Ocorrem ainda massas de biotita alteradas (biotita anfibolito) segundo FARIAS et al. (1984).

C - Corpos 1, 2 e 3

Na porção NW-NNW da Área Pojuca (Figura 6) foram agrupadas cinco unidades litológicas: granada-feldspato-andaluzita-muscovita-biotita-quartzo xisto, biotita-anfibolito, biotita-anfibólio xisto, Formação Ferrífera Bandada e anfibolito (DOCEGEO, 1984).

C.1 - Granada-feldspato-andaluzita-muscovita-biotita-quartzo xisto.

De origem sedimentar, psamo-pelítica aluminosa e segunda principal hospedeira de mineralizações de cobre (calcopirita nos corpos 1 e 2), DOCEGEO (1984). É constituída mineralogicamente por quartzo (15-60%), biotita, muscovita, andaluzita, plagioclásio e granada (almandina), ocorrendo ainda acessórios e opacos.

C.2 - Biotita Anfibolito

Unidade metavulcânica básica constituída

mineralogicamente por plagioclásio (40-50%) do tipo oligoclásio-andesina; anfibólio (30-35%), do tipo hornblenda ou cummingtonita e 20-25% de biotita, além de acessórios e opacos. São comuns intercalações de biotita-anfibólio xisto, às vêzes com expressiva mineralização sulfetada de cobre, representando contribuições sedimentares (DOCEGEO, op. cit.).

C.3 - Biotita-anfibolito xisto

Representa a principal hospedeira da mineralização de cobre do Corpo 2 (calcopirita, raramente bornita ou pirita). Mineralogicamente é constituída de biotita (60%), anfibólio (hornblenda, actinolita ou cummingtonita), plagioclásio (oligoclásio, 20-60%), quartzo e opacos. Ocorrem ainda a magnetita em níveis delgados e disseminada e níveis granatíferos com 40 a 50% de almandina (DOCEGEO, 1984).

C.4 - Formação Ferrífera Bandada

Definida nos corpos 1 e 2 (Figura 6) com espessura média de 40m prolongando-se em faixa contínua em direção NW-SE em todo o flanco norte da "Área Pojuca" (DOCEGEO, 1984). Esta unidade é constituída por finas bandas de quartzo, intercaladas com bandas de magnetita ou hematita com anfibólio subordinado (Fe-hastingsita, hornblenda, grunerita). Níveis de biotita-anfibólio-xisto, paragnaisses, granodioritos, rochas a antofilita-cordierita e rochas hornblendíticas metassomatizadas são intercalações comuns.

C.5 - Anfibolito

Esta unidade ocorre no corpo 2, fazendo contato com gnaisses do embasamento e apresentando delgadas intercalações de rochas granodioríticas cataclásticas.

São compostas por plagioclásios e anfibólios (hornblenda ou cummingtonita) com biotita subordinada, acessórios, opacos (sulfetos de cobre, molibdenita e magnetita) e quartzo secundário.

D - Metarenitos-siltitos

Localizados a sul da "Área Pojuca" (leito do igarapé Pojuca), além de outros afloramentos espalhados na área (Figura 6). São compostos por quartzo (60-90%), biotita e sericita além de acessórios e opacos. Os siltitos apresentam a mesma composição mineralógica, apresentando disseminações de pirita e calcopirita (DOCEGEO, 1984).

2.2.3 - Corpos Intrusivos

Segundo DOCEGEO (1988), existe na região um grande número de intrusões graníticas de caráter pós-tectônico ou anorogênico, posicionados no intervalo de 1800 ± 1900 m.a. que cortam as seqüências citadas, mais precisamente os corpos C e D (Figura 5) da jazida Salobo Três Alfa. Ocorrem também pequenos corpos ainda não denominados, como por exemplo, na estrada Pojuca-Bahia (Figura 6).

São rochas com espessura máxima ao redor de 20m e

espessura lateral menor que 200m, cuja mineralogia principal é composta por fenocristais de albita-oligoclásio (25-30%), feldspato potássico (20-25%), quartzo (15-20%) e clorita (5-10%). A matriz é quartzo-feldspática ocorrendo ainda acessórios e opacos (DOCEGEO, 1981).

Corpos de diabásio, microgabros e basaltos (DOCEGEO (1988), MARTINS et al. (1982)) de ± 561 m.a., cortam o Grupo Igarapé Pojuca (corpos A e B da jazida), Figura 6. São de pequena espessura e compostos predominantemente por plagioclásio sericitizado (45-55%) e augita (30-40%), ocorrendo também magnetita, ilmenita e pirita.

2.2.4 - Geologia das Jazidas

2.2.4.1 - Jazida de Salobo Três Alfa

A jazida de cobre (Au, Mo e Ag) de Salobo Três Alfa, pertence a uma faixa alongada de direção WNW-ESE (Figura 5) cuja mineralização está relacionada principalmente a xistos subverticalizados de composição variada, subdivididos nos corpos A, B, C e D (Figura 5) além de outros tipos litológicos já citados. Recobrindo o depósito existe um capeamento intempérico de 30 a 100m de espessura, com teores de Cu, Au, Ag e Mo relacionados às rochas mineralizadas subjacentes (VIEIRA et al., 1988).

A mineralização sulfetada é constituída por calcocita e bornita com calcopirita subordinada, além de molibdenita, cobaltita, ouro, prata, etc, associadas aos xistos (Formação

Ferrífera Bandada) já descritos (Tabela 2). Segundo DOCEGEO (1981), existe grande relação entre os sulfetos e a quantidade de magnetita presente (aumento do teor de Cu onde existe mais magnetita); a calcopirita mostra-se associada com formações ferríferas ricas em magnetita e olivina (fator controlador no corpo C).

Os sulfetos ocorrem de forma disseminada, constituindo níveis paralelos às estruturas planares da rocha hospedeira, associados à magnetita ou granada, associados aos anfibólios e minerais placóides e remobilizados em zonas de cisalhamento (VIEIRA et al., 1988).

Os minérios foram caracterizados em cinco tipos principais em correspondência aos tipos de xisto e conteúdo em Cu.

Desta forma, os minérios do tipo 1 e 3 são os principais portadores de Cu e Au do Salobo chegando a atingir teores de Au maior do que 0.57 g/t (VIEIRA et al., 1988). Teores inferiores a 0.5% são registrados nos minérios tipo 2, 4 e 5; concentrações anômalas ocorrem associadas a remobilização em zonas de cisalhamento ou fraturamento.

Segundo DOCEGEO (1981), a reserva geológica de minério sulfetado é de 1.036 milhões de toneladas de cobre (0,86%), sendo que, o minério de alto teor (associado a xistos magnetíticos) possue reserva de 471 milhões de toneladas com cobre a 1,31%. O minério de teor médio (associado à xistos não diferenciados e localizadamente magnetíticos) possuem reservas de 565 milhões de toneladas e 0,49% de Cu.

Em recente reavaliação pela CVRD.GICOR/DOCEGEO apud VIEIRA et al. (1988) foram cubados nos corpos B e C da jazida (até cota zero) 157 milhões de toneladas de minério sulfetado, com 1,21% de cobre e 0,57 g/t de ouro (minério "stricto sensu" 1 e 3 e lentes de minério 4 e 5). O minério marginal (2, 4 e 5) foi avaliado em um total de 485 milhões de toneladas com 0,45% de cobre e 0,19 g/t de ouro.

2.2.4.2 - Jazida do Corpo 4 ("Área Pojuca")

Os depósitos de cobre e zinco da "Área Pojuca" (aqui representados pela jazida do corpo 4), ocorrem em uma faixa de direção N50W com mergulhos variáveis de 50NE a 60SW, cujas mineralizações encontram-se hospedadas nas rochas bandadas, associados a um pacote metavulcanosedimentar. Os minerais de minério mais importantes são a pirrotita, calcopirita e esfalerita; eventualmente ocorre pirita, magnetita e ilmenita. É comum ocorrer gahnita junto a níveis mineralizados à esfalerita; esporadicamente ocorre Co-pentlandita, molibdenita, covelita e bornita (SAUERESSIG, 1988).

A mineralização ocorre de forma disseminada, como pequenas bandas e raramente constituindo níveis maiores de sulfetos maciços e em fraturas. O ouro ocorre associado aos níveis sulfetados (menor que 0,5 g/t), prata (menos de 20 g/t) e molibdênio até 200 ppm. Os níveis com esfalerita contém cádmio em teores de até 250 ppm.

Foram cubados no depósito do corpo 4,48 milhões de toneladas de minério de cobre A 0,90% e 8,6 milhões de toneladas

de minério de zinco a 1%. (SAUERESSIG, op. cit.).

3 - MÉTODOS DE TRABALHO

3.1 - AMOSTRAGEM (ÁGUAS E SEDIMENTOS)

Foram realizadas três campanhas de amostragem, compreendidas nos meses de agosto/87, novembro/87 e outubro/88. A primeira campanha é característica do período de menor precipitação pluviométrica (Figura 2). O período de realização das demais campanhas foi caracterizado por um aumento das taxas de precipitação, com as chuvas apresentando-se mais constantes durante a amostragem da terceira campanha, típicas do início das chuvas na região. A segunda, por sua vez, mostrou maior quantidade de chuvas durante o período, porém menos presentes durante a coleta.

Com a finalidade de observar a influência da mineralização e da geologia sobre o quimismo das águas, foram escolhidos pontos de amostragem tanto próximos ao corpo de minério quanto distantes deste, com base nos mapas geológicos pré-existentes. Desta forma, na área Salobo (Figura 3), os pontos mais distantes e menos prováveis de serem influenciados pelo corpo de minério são o Saw-3, Saw-21 e Saw-25; na "Área Pojuca", seus equivalentes são os pontos Pow-35, Pow-37 e Pow-39, na estrada que leva ao acampamento Bahia e os pontos Pow-65 e Pow-67 na estrada que vai em direção à "Área Salobo".

A amostragem foi feita de forma que cada ponto de coleta de água superficial correspondesse a um ponto de coleta para sedimento de corrente, ressaltando-se que as numerações, tanto para água quanto para sedimento, não obedecem a qualquer

ordem sequencial, tendo sido criados ou subtraídos alguns pontos ao longo do trabalho, em função das condições de coleta.

Devido às dificuldades de trabalho no campo, coletas para metal pesado e sedimentos de corrente só foram realizados na segunda e terceira campanhas, ocorrendo ainda a subtração de algumas determinações de campo na última campanha, sem contudo prejudicar a interpretação de cada parâmentro analisado e a caracterização hidrogeoquímica da região nos períodos considerados.

Os pontos coletados e sua distribuição nas áreas de Salobo e Pojuca encontram-se no mapa de amostragem (Figura 3). Foram alocados 11 pontos para coleta de água superficial e sedimento de corrente na "Área Salobo", o que produziu 33 coletas para água e 25 para sedimento de corrente nos três períodos de amostragem. Na "Área Pojuca" foram alocados 18 pontos para água e sedimentos; resultaram 52 coletas de água e 35 de sedimento de corrente.

As amostras de águas subsuperficiais foram obtidas somente na "Área Salobo", havendo 5 pontos de coleta distribuídos no interior da Galeria G-3 e 4 pontos em áreas vizinhas, de um total de 15 coletas de água.

A coleta para análise de cátions, ânions e metais pesados foi feita em garrafas de polietileno com capacidade de 1 litro, previamente lavadas com HNO_3 25%. Para a determinação analítica dos cátions (Na, K, Ca e Mg) e metais pesados (Cu, Zn, Mn, Co, Ni, Cd, Pb e ferro total), as amostras foram filtradas em membrana milipore (0.45 micrômetros) e acidificadas com HNO_3

Merck-Suprapur a pH(2 a exemplo de SOUZA & DERíSIO (1977), VAN LOOM (1985). Para as demais determinações procedeu-se apenas a uma filtração simples com o objetivo de separar os particulados em suspensão. Os sedimentos de corrente foram coletados no leito ativo da drenagem, evitando-se a matéria orgânica, segundo LEVINSON (1974) e ROSE et al. (1979). Os dados analíticos foram submetidos a tratamento estatístico para a obtenção de matrizes de correlação linear, variações e médias aritméticas das concentrações. Esses resultados estão reunidos em tabelas em anexo (Anexo A).

3.2 - ANÁLISES DE CAMPO E LABORATÓRIO

3.2.1 - Águas superficiais e de subsuperfície

Os parâmetros, métodos analíticos e equipamentos utilizados para a análise dos constituintes dissolvidos encontram-se na Tabela 4.

A escolha dos elementos a serem analisados e parâmetros físico-químicos medidos baseou-se, principalmente, na geologia e mineralizações e em trabalhos anteriores sobre o assunto. Desta forma, por ocasião da amostragem, foram determinados o CO_2 livre (mg/l), o oxigênio dissolvido (mg/l), potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica (micromhos/cm) e temperatura; a alcalinidade (mg/l $CaCO_3$) e o teor em cloretos (mg/l) foram obtidos até 12 horas após a coleta (CETESB, 1978). O teor em HCO_3^- foi calculado a partir da alcalinidade e a dureza obtida a partir do Ca e Mg; os sólidos

totais dissolvidos foram obtidos através do somatório das espécies dissolvidas (Ca^{++}, Mg^{++}, Na^{+}, K^{+}, Cl^{-}, $SO_4^{=}$, HCO_3^{-}, SiO_2).

Nos laboratórios de Hidroquímica e Absorção Atômica do Centro de Geociências da Universidade Federal do Pará, procedeu-se à determinação analítica dos ânions utilizando-se métodos de colorimetria e turbidimetria descritos por AMERICAN PUBLIC HEALTH ORGANIZATIONS (1976), CETESB (1978). Os cátions foram detectados por absorção atômica de chama.

Para a determinação dos metais pesados em quantidade traço (microgramas/l) foi utilizado o método de VAN LOOM (1985), que envolve a pré-concentração das amostras através de uma mistura quelante de APDC-DDDC a 1% (ammonium pyrrolidine dithiocarbonate-natrium diaethydithiocarbammicum), que a seguir é misturada a 10 ml de MIBK. A fase orgânica assim obtida contém os metais concentrados que são analisados por absorção atômica em forno de grafite; os elementos Zn e Mn foram detectados através de pré-concentração por evaporação, partindo-se de uma alíquota da amostra de 100 ml, fixando-se um volume final de 10 ml (CETESB, 1978), modificado. Para evitar-se a contaminação através de reagentes procedeu-se a destilação do MIBK. A água utilizada na análise de metais foi previamente bideionizada.

3.2.2 - Sedimentos de Corrente

Os sedimentos foram secos sob temperatura ambiente e peneirados em malha de 0.62 micrômetros. Uma porção de 1g é submetida à lixiviação contínua por 16 horas em 20 ml de HCl

0,5M. Daí resulta uma solução que contém os metais antes adsorvidos nos sedimentos (fase móvel dos metais). O resíduo assim obtido é novamente seco e submetido a uma abertura ácida com HF + $HClO_4$ + HCl, correspondendo à fase imóvel de metais (FERNANDES, 1987). As duas fases assim obtidas foram analisadas por espectrometria de absorção atômica.

Tabela 4: Parâmetros e métodos analíticos utilizados neste trabalho

Parâmetros/Constituintes	Métodos	Equipamentos
Ca, Mg, Na, K, Ferro total (1)	Absorção Atmica	FMD4 - Zeiss
Cu, Zn, Mn, Co, Ni, Cd, e Pb (2) (microgramas/l)	Absorção Atômica com forno de grafite	PERKIN - ELMER 400 HGA-74
Alcalinidade (mg/CaCO3)	Volumetria com HCl 0.1N (azul de bromofenol)	----------
HCO3-	Estequiometria a partir da alcalinidade	----------
Cloreto (mg/l)	Volumetria (mercurimétrico)	----------
CO2	Volumetria com NaOH-0,1N-fenolftaleína	----------
SiO2	Colorimétrico (molibdato de amônia)	Spektralphotometer PM 6
SO4-	Turbidimétrico (BaCl2)	Beckman DU-6 Spektrophotometer
Dureza (Ca+Mg, como CaCO3	Estequiometria	----------
Sólidos totais dissolvidos (STD), em mg/l	Somatório das espéci-es dissolvidas	----------
pH	Potenciométrico	WTW-91 (Precisão de 0.01)
Condutividade Elétrica (micromhos/cm)	Condutimétrico	YSI-33 (Precisão de 2,5 microm./cm)
O2 dissolvido (mg/l)	Potenciométrico	YSI-57 (Precisão de 0,5 mg/l)
Tº C	Termômetro de Hg	----------

(1) Tampões Espectrais: La na determinação de Ca e Mg
Cs na determinação de Na e K

(2) Pré-concentração com APDC-DDDC (1%) e extração com MIBK (VAN LOON, 1985). O Zn e Mn foram pré-concentrados por evaporação (fator de 10) e analisados por absorção atômica com chama.

4 - INTERPRETAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1 - GENERALIDADES

Neste ítem serão discutidos os constituintes químicos e parâmetros físico-químicos das águas, os metais pesados nos sedimentos, suas correlações, a geoquímica das águas e aplicação na prospecção de metais básicos.

4.1.1- Parâmetros físico-químicos e componentes químicos das águas.

4.1.1.1 - cálcio, magnésio, sódio e potássio

As Tabelas 5 e 6 apresentam as variações das concentrações dos cátions maiores nas águas superficiais, assim como as médias dos teores em cada período de estudo. Observa-se, que o sódio é o íon dominante em ambas as áreas, principalmente em Salobo, seguindo-se do cálcio, magnésio e potássio, com as médias dos teores em Pojuca exibindo notável equilíbrio.

A análise obtida à partir dos gráficos das concentrações dos elementos (Figuras 7 e 8) revela que, de modo geral, nas áreas de Salobo e Pojuca os cátions sofreram pequenas variações frente ao aumento da precipitação pluvial, o que também foi registrado por RUIVO & SALES (1989) nas águas que drenam a área do Projeto Ferro Carajás.

O cálcio, por possuir maior tendência a ser liberado durante o intemperismo que os outros elementos, experimenta,

juntamente com o potássio, um pequeno aumento em suas concentrações com a elevação das chuvas na região. Este elemento, que normalmente é fixado no solo por argilo-minerais (LOUGHNAN, 1969; HEM, 1970) apresenta comportamento oposto nessas áreas, sendo provavelmente lixiviado a partir da matéria orgânica com a qual está em contato no solo, segundo observações de FELLER & KIMMINS (1979) E MILLER & DREVER (1977).

Tabela 5: Valores mínimos, máximos, média aritmética (M), desvio padrão (DP) e média das médias (XM) para cálcio, magnésio, sódio e potássio em águas superficiais da "Área Salobo".

Elemento analisado (mg/l)	cálcio			magnésio			sódio			potássio		
Campanhas	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)
Mínimo	0.82	2.44	1.76	0.68	1.48	1.32	2.00	2.58	2.66	0.29	0.55	0.52
Máximo	5.43	5.94	5.50	6.58	6.25	5.06	0.25	8.66	7.56	0.99	2.00	2.63
Média (M)	3.37	4.10	3.69	3.27	2.78	2.53	5.03	4.61	4.38	0.66	1.24	1.41
DP	1.53	1.19	1.23	1.77	1.40	1.14	2.62	1.92	1.69	0.20	0.43	0.68
XM		3.72			2.86			4.67			1.10	

Tabela 6: Valores mínimos, máximos, média aritmética (M), desvio padrão (DP) e média das médias (XM) para cálcio, magnésio, sódio e potássio em águas superficiais. "Área Pojuca"

Elemento analisado (mg/l)	cálcio			magnésio			sódio			potássio		
Campanhas	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)
Mínimo	0.24	0.17	0.37	0.18	0.21	0.39	1.10	0.42	0.69	0.09	0.02	0.10
Máximo	4.92	5.63	5.87	5.54	4.96	4.90	7.50	7.62	7.00	0.90	1.61	2.35
Média (M)	1.75	2.18	2.36	2.45	2.23	2.28	2.80	2.17	2.38	0.59	0.85	0.77
DP	1.39	1.39	1.13	1.39	1.39	1.13	1.83	1.83	1.67	0.18	0.44	0.54
XM		2.10			2.32			2.45			0.74	

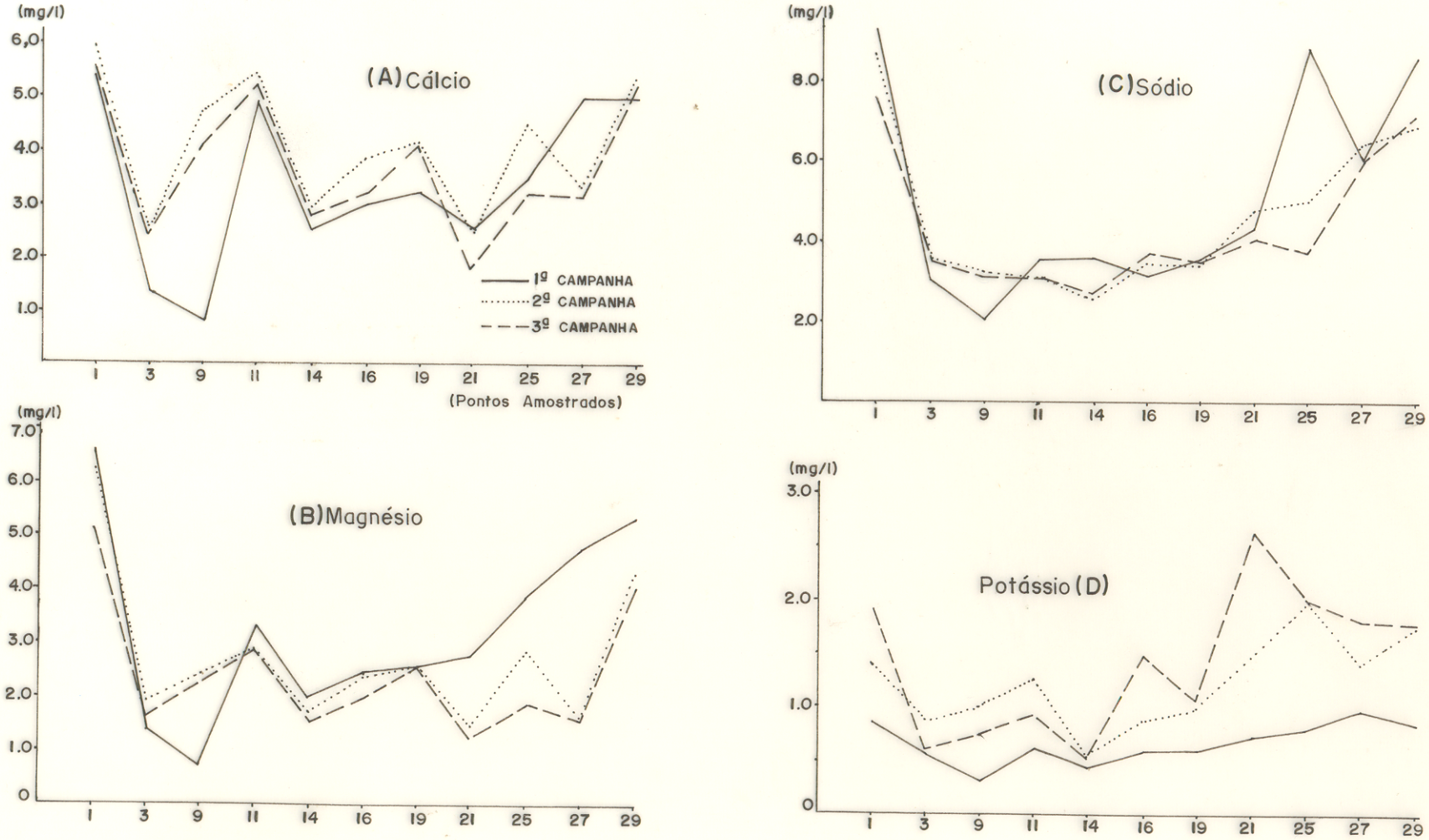


Figura 7 : Concentrações de cálcio (A), magnésio (B), sódio (C) e potássio (D) em águas superficiais — Área Salobo

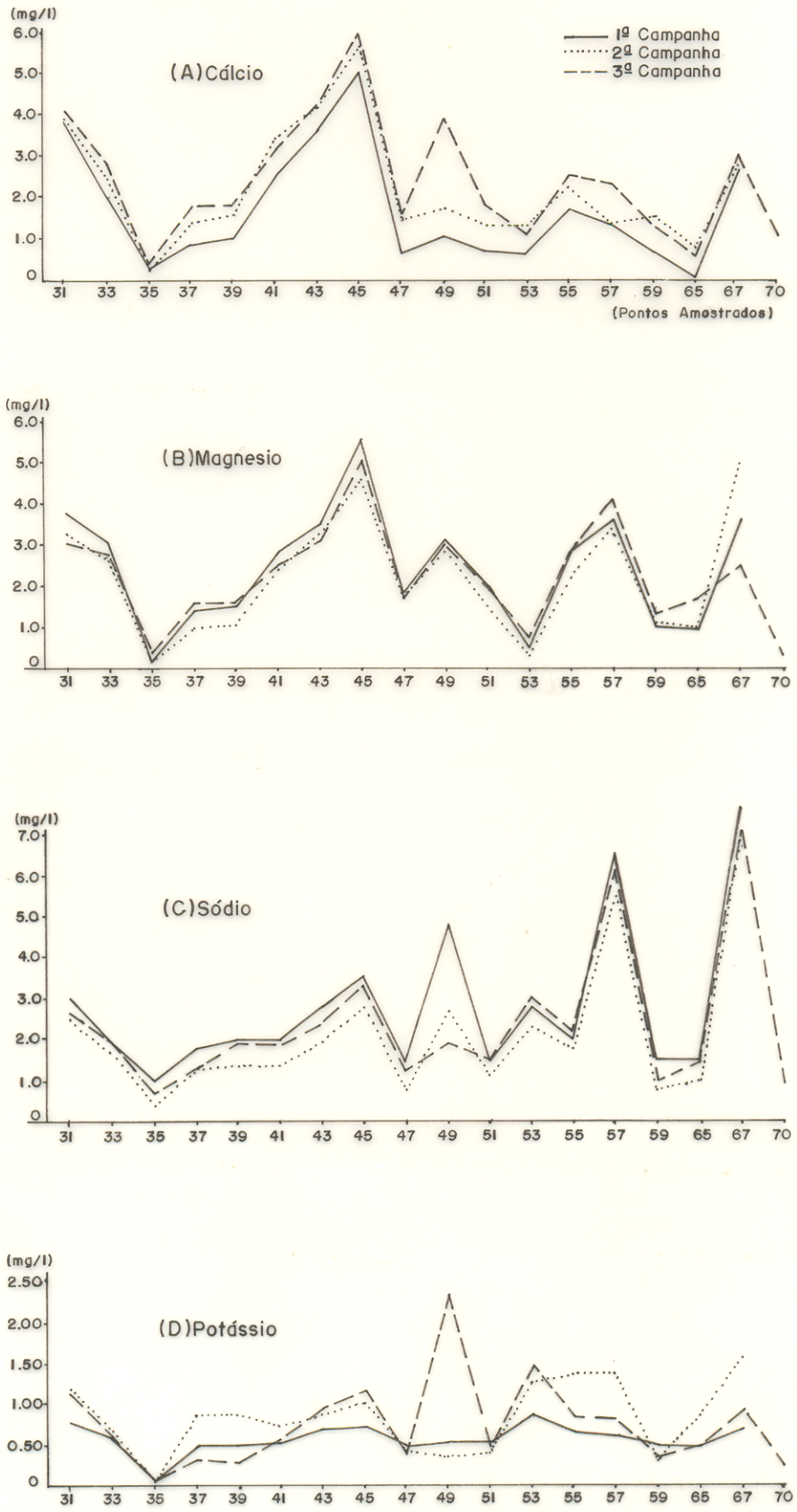


Figura 8 : Concentrações de cálcio (A), magnésio (B), sódio (C) e potássio (D) em águas superficiais - Área Pojuca

O sódio e o magnésio, tiveram suas concentrações diminuídas nos periodos estudados, variando pouco e irregularmente durante a amostragem. Caso semelhante é citado por BITTENCOURT (1980) que estudou o intemperismo de basaltos da Bacia do Paraná, através de métodos hidrogeoquímicos. Segundo LOUGHNAN (1962) a diminuição dos teores de magnésio em águas superficiais não pode ser atribuída somente à diluição, pelo fato de que este íon pode, a exemplo do potássio, ser fixado nos produtos do intemperismo, diminuindo, consequentemente, suas concentrações nas águas. Os gráficos apresentados, permitem ainda a observação de similaridades hidrogeoquímicas evidentes entre o cálcio e magnésio.

Os valores obtidos para o cálcio, magnésio, sódio e potássio em ambas as áreas estão coerentes com os teores médios apresentados na Tabela 7, por MPEG (1988) e RUIVO & SALES (1989), com exceção do sódio, que mostra teores mais elevados na "Área Salobo". A Tabela 7 apresenta ainda os resultados para os cátions, ânions e outros parâmetros em terrenos de composição basáltica variada (e com diferente distribuição geográfica), notando-se algumas similaridades aos dados obtidos neste trabalho e diferenças das análises de águas drenando terrenos de composição mais ácida.

A Tabela 8, mostra algumas análises de águas que drenam terrenos sedimentares da Amazônia, onde se observa a deficiência destes cátions com relação às águas que drenam a região de Carajás, especialmente as áreas de Salobo e Pojuca.

Em comparação com a composição média dos rios da

América do Sul (LIVINGSTONE, 1963), Tabela 9, observa-se que as concentrações de magnésio nas áreas estudadas são mais elevadas e o sódio apresenta teores bastante próximos; cálcio e potássio por sua vez são menos concentrados. Em relação à média mundial todos os cátions estão menos concentrados especialmente o cálcio.

A partir das concentrações encontradas para os cátions principais nas águas de subsuperfície da "Área Salobo" (não foram calculados os valores médios) constata-se que o cálcio apresentou em alguns dos pontos analisados concentrações bastante elevadas em relação às demais (acima de 10 mg/l), em contraste aos teores de magnésio, sódio e potássio, cujas concentrações mantiveram-se abaixo ou em torno de 10 mg/l.

Os teores dos cátions observados em águas de subsuperfície, em geral, são mais elevados que as concentrações obtidas em águas superficiais, contribuindo para justificar o aparecimento destes elementos nessas águas, principalmente as razoavelmente elevadas concentrações de sódio.

Os resultados analíticos obtidos em águas de subsuperfície mostram-se superiores aos valores apresentados por GALLO & SINELLI (1980) em águas em contato com terrenos basáltico-areníticos, superiores também aos teores encontrados por SZIKSZAY & TEISSEDRE (1977),(1978), Tabela 7, em águas de terrenos de rochas ácidas. Grandes diferenças são observadas entre os resultados encontrados e aqueles obtidos em águas subterrâneas em contato com rochas sedimentares da Amazônia (Tabela 8).

Tabela 7 Resultados analíticos (em mg/l) obtidos por vários autores em águas superficiais e de subsuperfície em terrenos cristalinos de várias regiões do Brasil e do mundo

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(I)	(IIa)	(IIb)
Ca++	0,00-18,40	0,20-11,85	4,84-9,44(6,14)	5,40-8,60	4,00	1,11-3,59	0,50-9,40(3,40)	(2,74-5,27)	1,54	(1,50-1,70)	1,10-24,00	0,50-6,00 (2,48)	(7,15
Mg++	0,00-9,90	0,12-16,40	0,14-3,84(2,10)	1,50-2,40	1,50	0,51-1,43	0,50-9,40(3,40)	(1,65-2,76)	0,45	(0,30)	0,80-5,60	2,00-7,00 (2,95)	(5,90
Na+	0,46-2,24	0,92-4,08	0,40-1,90(1,52)	5,20-11,40	2,20	0,62-1,21	0,10-14,66(2,00)	(1,99-2,64)	0,79	(0,10-1,20)	0,30-5,80	0,40-4,80 (2,48)	(6,75
K+	0,26-1,00	0,39-2,96	0,20-2,30(0,78)	0,41-0,57	2,20	0,45-1,45	0,10-5,40(1,40)	(1,19-2,03)	0,26	(0,10-0,20)	0,40-5,00	0,60-3,30 (1,50)	(2,78
SiO2	0,50-6,65	6,44-33,98	16,00-40,00(26,50)	15,90-21,10	12,50	8,10-11,80	1,20-35,50(7,20)	(8,79-12,84)	3,90	(4,20-5,90)	8,50-41,00	1,10-4,10 (2,76)	(5,83
SO=4	0,00-1,25	0,10-14,20	----	4,20-10,00	2,50	----	1,10-35,40(7,40)	(4,00-6,06)	6,12	(1,90-2,20)	----	0,00-12,00(2,61)	(1,95
Cl-	0,00-1,87	1,19-14	0,00-2,70(1,14)	----	42,40	2,00-2,50	0,24-15,60(2,10)	(4,99-5,73)	0,10	(0,80-0,90)	1,50-4,50	1,00-8,00 (2,75)	(5,92
Cond.	0,57-5,34	16,00-225,00	-----	----	7,00	13,53-37,04	----	(49,42-56,55)	23,80	(19,80-20,50)	20,40-161,1	24,00-107(43,62)	40,00-280 (110,77
pH	4,80-6,60	4,40-8,00	6,60-7,40(6,96)	7,20-8,10	27,00	6,49-6,76	5,10-7,80(6,96)	(5,92-6,66)	5,11	(6,80)	5,60-8,10	4,70-5,50(4,79)	4,70-5,70 (5,10
HCO-3	0,00-0,17	4,88-97,79	29,80-39,04(34,16)	36,70-59,20	----	18,36-33,11	----	(21,31-24,05)	----	(8,60-9,90)	12,60-99,30	10,0-50,0(18,15)	(51,48
CO2 livre	1,80-81,40	----	-----	----	----	----	----	----	----	----	----	28,0-88,0(45,85)	12,00-100,0(46,00
O2	3,00-8,60	6,30-8,45	-----	----	----	6,02-8,35	----	(6,98-7,61)	----	----	----	12,0-28,0(15,46)	5,00-21,00(12,00
Fe total	0,00-0,14	0,10-3,17	-----	----	----	----	0,06-2,70(0,72)	(0,74-1,06)	----	----	----	----	---*
Dureza	----	2,10-71,40	-----	----	----	10,66-19,48	----	(16,26-17,97)	----	----	----	----	
STD	----	10,66-66,67	-----	----	52,00	----	----	(31,26-35,95	----	----	27,0-163,0	28,0-98,0(45,85)	38,00-220,0(92,65

(-) Coleta e/ou análise não realizada - 1,2,3: 1ª, 2ª e 3ª campanhas
* (medidas entre parêntesis representam as médias dos valores)

Águas Superficiais

(1) SIOLI (1968) - Terrenos cristalinos arqueanos do alto Rio Negro, rios Içaua e Maracuia
(2) MPEG (1988) - Área Salobo (2 pontos) e Pojuca (6 pontos) - pontos de monitoramento na área do Projeto Ferro-Carajás
(3) BITTENCOURT (1980) - Córrego Jacutinga, Bacia do Paraná (terreno basáltico-toleítico)
(4) MILLER & DREVER (1977) - Rochas vulcânico-andesíticas
(5) GALLO & SINNELLI (1980) - Terrenos basáltico-areníticos
(6) MAIER et al. (1986) - Terrenos basáltico-areníticos
(7) SZIKSZAY (1973) - Rios da Bacia do Paraná (terrenos basáltico-areníticos, granitos, gnaisses, argilitos e folhelhos)
(8) RUIVO & SALES (1989) - Águas drenando várias regiões da área do Projeto Ferro-Carajás,Pa
(9) JOHNSON et al. (1968) - Terrenos de silimanita-gnaisses (New Hampshire)
(10) FELLER & KIMMINS (1979) - Rochas ígneas ácidas, principalmente quartzo-diorito (Near Haney, Southwestern British Colúmbia)

Águas de Subsuperfície

(I) GALLO & SINELLI (1980) - Terrenos basáltico-areníticos (Ribeirão Preto-SP)
(IIa) SZIKSZAY & TEISSEDRE (1977) - Terrenos gnáissico-migmatíticos, mica xistos e granitos (SP)
(IIb) SZIKSZAY & TEISSEDRE (1978) - Idem

Tabela 8: Resultados analíticos (em mg/l), obtidos por vários autores em águas superficiais e de subsuperfície em contato com terrenos sedimentares da Amazônia.

PARÂMETROS	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	I(6)	II(1)
Ca++	0,36-7,31 (3,86)	0,00-7,56 (1,80)	0,00- 5,00	(0,02	0,18- 0,71 (0,34)	0,00- 0,04 (0,01)	0,31-0,84	0,19- 1,03 (0,48)
Mg++	0,23-0,54 (0,41)	0,00-1,78 (1,21)	0,00- 0,38	(0,02	0,11- 0,97 (0,38)	0,00- 0,10 (0,03)	0,07-0,11	0,05- 0,56 (0,24)
Na++	0,50-2,50 (1,65)	0,10-2,88 (0,97)	0,85- 2,53	---	0,10- 2,16 (0,64)	0,00- 0,48 (0,19)	0,61-2,83	1,60- 2,30 (1,95)
K+	0,19-0,37 (0,29)	0,12-2,00 (0,79)	0,53- 1,52	---	0,09- 1,94 (0,60)	0,00- 0,45 (0,06)	0,86-1,85	0,24- 0,90 (0,56)
SiO2	0,15-2,64 (1,01)	1,18-5,36 (3,08)	0,50- 4,50	3,00- 5,00 (4,20)	---	---	---	---
SO4	0,61-7,20 (3,74)	2,13-5,64 (3,47)	0,00- 0,48	---	---	---	---	3,00-10,70 (5,11)
Cl-	0,50-7,04 (3,94)	0,43-2,20 (1,05)	0,00- 3,50	0,45- 0,70 (0,65)	0,39- 2,07 (0,90)	---	---	5,30- 9,50 (7,96)
Condut.	14,00-86,00(33,83)	6,66-50,54(18,14)	---	5,50- 9,90 (7,32)	---	---	---	32,00-45,00(35,90)
pH	3,90- 6,80 (5,07)	4,20- 6,60 (5,70)	4,40- 5,30	4,50- 5,20 (4,76)	4,30- 6,30 (5,56)	---	---	4,00- 5,10 (4,50)
STD	13,40-55,00(27,57)	---	---	---	---	---	---	---
HCO3-	6,00-26,23(10,86)	---	0,00- 0,04	---	---	---	---	12,57-21,40(16,15)
Dureza	1,80-20,50(11,37)	---	---	---	---	---	---	
CO2 Livre	-------	---	0,50-82,60	20,60-29,70 (25,0)	---	---	---	---
O2	3,00- 6,80 (5,66)	---	1,70- 8,00	---	---	---	---	---
Fe	0,14- 3,30 (1,26)	0,05- 1,82 (0,56)	---	---	0,10- 0,86 (0,30)	---	---	0,12- 0,76 (0,36)

* (medidas entre parêntesis representam as médias dos valôres).
(-) coleta e/ou análise não realizada
1, 2, 3 (1ª, 2ª e 3ª campanhas)

Águas Superficiais

(1) LIMA & KOBAYASHI (1988) - Bacia Sedimentar da Foz do Amazonas (parcialmente reproduzida).
(2) SANTOS & RIBEIRO (1988) - Rio Amazonas e afluentes (parcialmente reproduzida).
(3) SIOLI (1968) - Sedimentos Barreiras, condutividade elétrica (mVal/l)
(4) BRINKMANN & SANTOS (1971) - Formações Terciárias)
(5) BRINGEL et al. (1984)
(6) NORTCLIFF & THORNES (1978) - Terciário da Amazônia.

(I) e (II) - Águas Subsuperficiais

Tabela 9: Composição média de águas de rios do mundo (mg/l).

	HCO3-	SO4=	Cl-	Ca++	Mg++	Na+	K+	SiO2	SOMA
América do Norte	68,0	20,0	8,0	21,0	5,0	9,0	1,4	9,0	142,0
América do Sul	31,0	4,8	4,9	7,2	1,5	4,0	2,0	11,9	69,0
Europa	95,0	24,0	6,9	31,1	5,6	5,4	1,7	7,5	182,0
Ásia	79,0	8,4	8,7	18,4	5,6	---9,3---		11,7	142,0
África	43,0	13,5	12,1	12,5	3,8	11,0	---	23,2	121,0
Austrália	31,6	2,6	10,0	3,9	2,7	2,9	1,4	3,9	59,0
SALOBO	42,54	2,39	5,17	3,72	2,86	4,67	1,10	(24,1-35,30)	88,50
POJUCA	31,00	1,57	4,66	2,10	2,32	2,45	0,74	(18,0-43,80)	64,50
Mundo	58,4	11,2	7,8	15,0	4,1	6,3	2,3	13,1	120,0

* Livingstone (1963), parcialmente reproduzida.
( ) variação dos valores médios

4.1.1.2 - CO_2 Livre e Oxigênio Dissolvido (OD)

As avaliações realizadas para CO_2 livre em águas superficiais foram feitas apenas nas duas primeiras campanhas, enquanto que para OD as coletas só foram realizadas na segunda campanha (Tabela 10).

Tabela 10: Valores mínimos, máximos, média aritmética M), desvio padrão (DP) e média das médias (XM, para CO_2 livre e Oxigênio Dissolvido (OD) em águas superficiais.

Parâmetros analisados (mg/l)	ÁREA SALOBO				ÁREA POJUCA			
	CO_2	CO_2	OD	%SAT.	CO_2	CO_2	OD	% SAT
Campanhas	(1)	(2)	(2)		(1)	(2)	(2)	
Mínimo	8.20	8.50	4.90	58.60	8.20	6.40	1.60	19.10
Máximo	26.80	17.00	7.90	97.80	26.80	23.50	8.20	103.20
Média (M)	12.40	11.00	6.90	83.30	14.50	12.10	6.90	90.70
DP	5.70	2.40	0.80	5.90	5.00	5.00	1.90	5.80
XM	12.00				13.30			

NOTA: A percentagem de saturação (%SAT) de oxigênio dissolvido foi obtida através das tabelas de Maittland apud SCHäFER (1985)

Os gráficos das concentrações (Figura 9) não mostram grandes variações para o CO_2 livre, em ambas as áreas, verificando-se, porém, pontos onde as concentrações de OD diminuem, com uma correspondente elevação para o CO_2 livre. Tal comportamento está relacionado a locais de fluxo lento ou de acúmulo de matéria orgânica, de acordo com descrição de RUIVO & SALES (1989). Estes autores descrevem ainda variações sazonais para estes parâmetros e relacionam as concentrações mais elevadas de CO_2 às épocas chuvosas e períodos de início das chuvas.

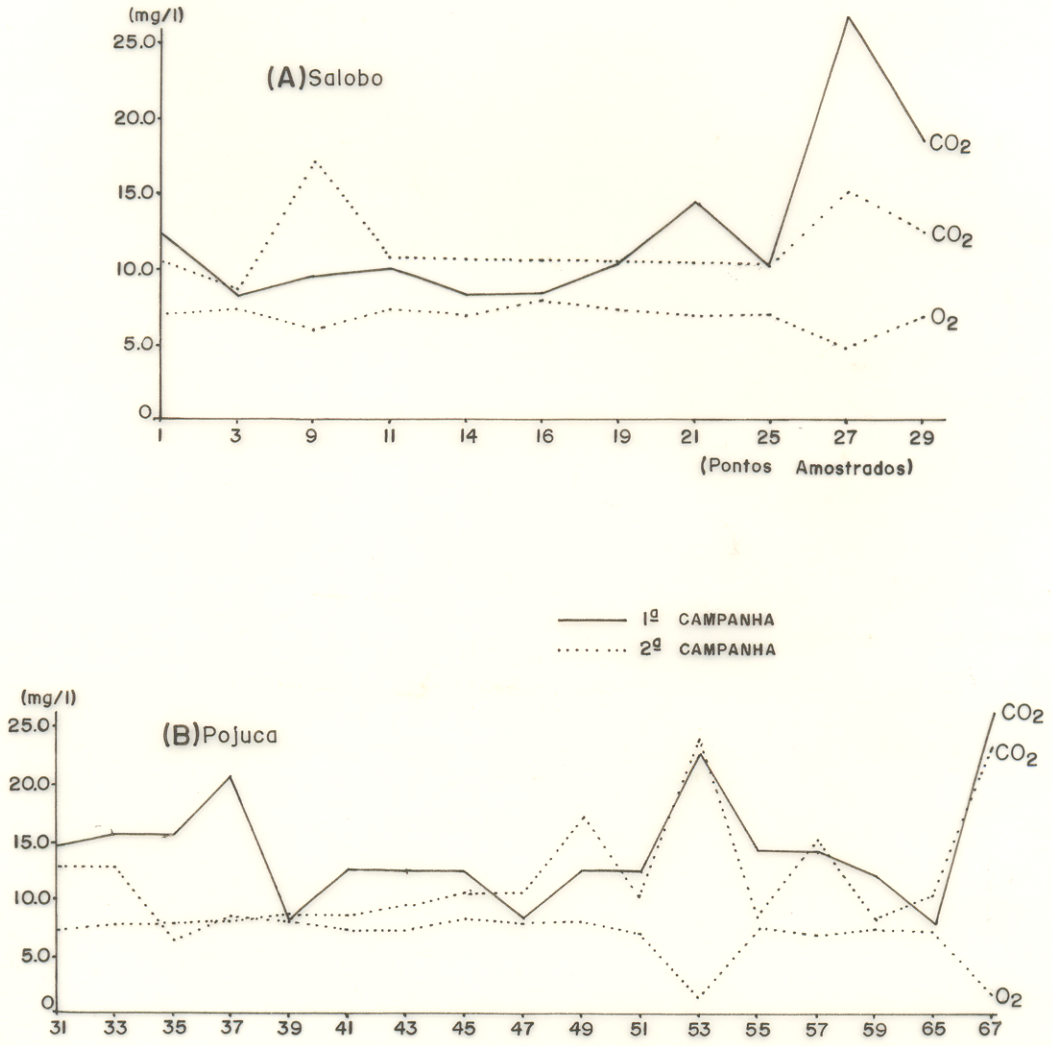


Figura 9 : Concentrações do CO_2 livre e oxigênio dissolvido em águas superficiais: Área Salobo (A) e Área Pojuca (B)

As informações obtidas neste trabalho, apoiadas pelos dados de RUIVO & SALES (1989) e demais pesquisas desenvolvidas na Amazônia, confirmam que entre os principais fatores responsáveis pelas altas concentrações de CO_2 no meio aquoso destacam-se a lixiviação da camada húmica do solo e do material residual orgânico, não oxidado, para as correntes, segundo HEM (1970), LAHERMO (1970), WETZEL (1975), dentre outros. Outro fator importante é a contribuição da própria floresta, através de seus componentes (galhos e folhas) que, ao serem incorporados às correntes aquosas, sofrem decomposição ocasionando a diminuição da concentração de OD e a elevação da produção de CO_2 livre.

Comparados aos resultados obtidos por RUIVO & SALES (1989), Tabela 7, os teores de CO_2 livre e OD encontrados nas áreas de Salobo e Pojuca estão bastante próximos. As concentrações de OD correspondem aos valores teóricos da solubilidade do oxigênio à 30 ^{o}C (aproximadamente 7,63 mg/l). Segundo CUSTóDIO & LLAMAS (1976), em águas saturadas em contato com o ar a concentração de oxigênio dissolvido é em torno de 10 mg/l.

SIOLI (1957),(1968) cita valores iguais e superiores para CO_2 e oxigênio dissolvido em águas da Amazônia. Na região de Barcarena (Pará), LIMA & KOBAYASHI (1988) registraram valores de OD entre 3 e 6,8 mg/l (Tabela 8). BRINKMANN & SANTOS (1971) registram valores para CO_2 livre entre 20,60 e 29,70 mg/l, citando também a existência de altos teores de CO_2 livre em águas naturais das regiões terciárias da Amazônia.

Em águas de subsuperfície, as concentrações de CO_2 livre variaram entre 20,60 e 81,0 mg/l e de OD entre 3,4 e 5,4 mg/l, cujos menores valores estão relacionados à águas semi-confinadas (nascentes), com bastante matéria orgânica em contato.

As diferenças acentuadas verificadas entre os teores de CO_2 livre em águas superficiais e de subsuperfície permitem supor uma forte influência exercida pelo capeamento intempérico que recobre toda a região, participando ativamente na produção de CO_2 através da decomposição da matéria orgânica ou de atividades biológicas do solo. Por sua vez, os teores equivalentes de OD podem caracterizar uma influência do oxigênio atmosférico conduzido pelas águas de infiltração. Esta interpretação baseia-se principalmente nos pontos (Saw-5, 6, 8, 31 e 32) localizados na Galeria G-3 de Salobo Três Alfa , por onde a água percola em contato com o material intemperizado imediatamente superior às litologias inalteradas.

Os valores apresentados para CO_2 livre estão acima do limite de 1 a 30 mg/l citado em CUSTÓDIO & LLAMAS (1976), 10 a 20 mg/l, segundo MATTHESS (1982). As concentrações encontradas na "Área Salobo", porém, são corroboradas pelos altos teores referidos em SZIKSZAY et al. (1976) e SZKISZAY & TEISSEDRE (1977),(1978) para as águas subterrâneas do Estado de São Paulo (12 a 200 mg/l).

Por outro lado, as concentrações de OD estão coerentes com a variação de 0 a 5 mg/l citada por CUSTÓDIO & LLAMAS (op. cit.), embora SZIKSZAY et al. (op. cit.) e SZIKSZAY & TEISSEDRE

(op. cit.) tenham encontrado valores mais elevados (5 a 41 mg/l).

4.1.1.3 - Potencial hidrogeniônico (pH)

As águas superficiais que drenam as áreas de Salobo e Pojuca são fracamente ácidas a neutras (Tabela 11), o que também foi registrado por RUIVO & SALES (1989) em regiões próximas. As águas em estudo são menos ácidas que as águas em contato com terrenos sedimentares da Amazônia (Tabela 8) e situados na faixa de pH que varia de 6,5 a 8,5 citada por HEM (1970) e MARGALEF (1983) para águas naturais não poluídas.

Tabela 11: Valores mínimos, máximos, média aritmética (M), desvio padrão (DP) e média das médias (XM) para o pH em águas superficiais.

	ÁREA SALOBO			ÁREA POJUCA		
Campanhas	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)
Mínimo	6.10	6.05	6.05	6.00	5.94	4.70
Máximo	7.40	7.55	7.30	8.10	8.40	7.70
Média(M)	6.67	6.63	6.60	6.93	6.88	6.71
DP	0.39	0.50	0.34	0.59	0.76	0.65
XM		6.63			6.84	

A Figura 10 mostra as reduzidas variações do pH nos períodos analisados, ressaltando-se que a acidez mais elevada, observada localizadamente na "Área Pojuca" (3ª campanha) é

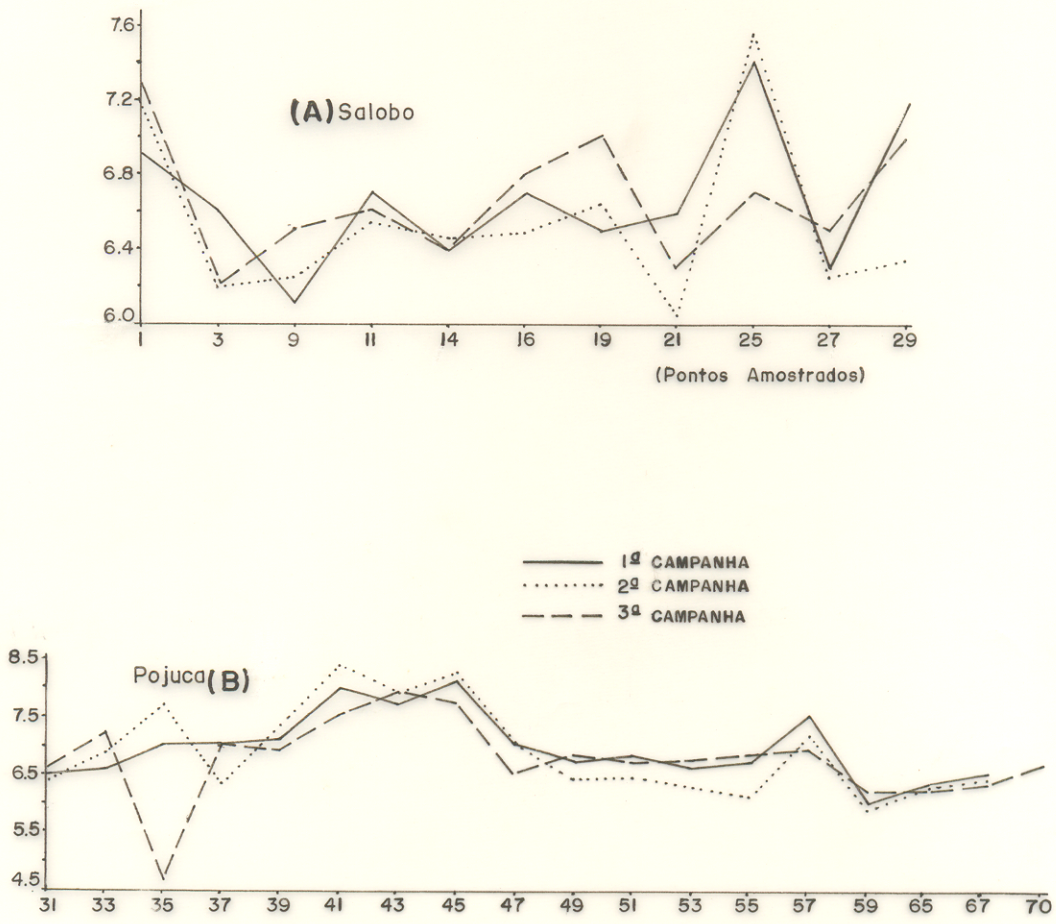


Figura 10 : pH em águas superficiais: Área Salobo (A) e Área Pojuca (B)

devida provavelmente ao contato com grande quantidade de matéria orgânica no local da coleta. Tal comportamento foi observado também por RUIVO & SALES (1989) que relacionaram os valores mais baixos de pH, encontrados em épocas chuvosas, à lixiviação do solo rico em ácidos orgânicos.

O pH das águas analisadas parece não sofrer influências significativas da oxidação dos sulfetos presentes na região, devido a liberação de íons hidrogênio para o meio, conforme era de se esperar. As pequenas variações apresentadas por este parâmetro são, portanto, eficazmente refreadas por espécies de CO_2 dissolvidas que constituem o tamponamento necessário a estas modificações, segundo observações de GARRELS & CHRIST (1965) e Schwill & Weisflog apud MATTHESS (1982).

Pelo fato de o pH das águas da região amazônica estar relacionado até certo grau com natureza mineralógica do solo e subsolo (SIOLI, 1957), atribue-se certa influência dos terrenos silicatados, das regiões em estudo, sobre o pH das águas, de acordo com observações de LAHERMO (1970) e experimentos de POLZER (1967) e STEVENS (1934). Segundo estes autores, os minerais silicatados são de grande importância como fontes de soluções alcalinas podendo influenciar, juntamente com espécies de CO_2, nas reações do meio aquoso, uma vez que minerais silicatados são sais de bases fortes e ácido extremamente fraco (ácido silícico) que conferem forte poder tampão às águas. Assim, a geologia dos terrenos pode estar também contribuindo fortemente para manter o pH das águas em contato, em níveis próximos à neutralidade ou levemente alcalinas, onde a

dissolução dos silicatos (hidrólise) provavelmente consome íons H^+, elevando o pH das águas, conforme se verifica para os valores de pH acima de 7.

Nas águas de subsuperfície o pH manteve-se entre 5,20 e 7,10, sujeito ao tamponamento mais eficaz do sistema CO_2-HCO_3^-, que normalmente é exercido pelas águas confinadas abaixo do nível do solo, influenciado ainda pela hidrólise dos minerais silicatados.

A exemplo do que já foi comentado para as águas de superfície, a influência litológica sobre o pH pode ser observada se compararmos os valores obtidos neste trabalho com o pH ácido a fracamente ácido obtido por BRINKMANN & SANTOS (1973) e LIMA & KOBAYASHI (1988), Tabela 8, em águas em contato com terrenos sedimentares e o pH fracamente ácido a neutro obtido por GALLO & SINELLI (1980), Tabela 7, em águas em contato com terrenos basáltico-areníticos. Em terrenos onde dominam rochas ácidas, SZIKSZAY & TEISSEDRE (1977),(1978) encontraram valores para o pH das águas entre 4,70 e 5,70 (Tabela 7).

4.1.1.4 - Bicarbonato

A tabela 12 apresenta os valores extremos e a média (aritmética) de bicarbonato (HCO_3^-) nas águas superficiais, em cada período analisado, evidenciando sua preponderância na "Área Salobo".

Tabela 12: Valores mínimos, máximos, média aritmética (M), desvio padrão (DP) e média das médias (XM) para o bicarbonato em águas superficiais.

	ÁREA SALOBO		ÁREA POJUCA	
Campanhas	(1)	(2)	(1)	(2)
Mínimo	16.68	29.05	8.34	8.59
Máximo	72.68	69.26	59.56	54.74
Média(M)	44.08	41.00	32.00	30.00
DP	16.23	11.00	13.50	12.23
XM	42.54 mg/l		31.00 mg/l	

A presença do HCO_3^- nas águas estudadas pode ser tomada como principal responsável pelos valores da alcalinidade devido ao fato de que, entre pH 6 e 9, este ânion possue maior significado quantitativo para a definição da alcalinidade do meio que outras espécies de CO_2 dissolvidas (HEM, 1970).

A Figura 11 mostra as concentrações de HCO_3^- com relação às variações da quantidade de precipitação pluvial, cujas diminuições dos teores, verificadas em ambas as áreas, estariam mais relacionados à diluição que propriamente ao abaixamento do pH, segundo observações de FELLER & KIMMINS (1979) e MILLER & DREVER (1977) . BITTENCOURT (1980) registra variação diretamente proporcional do HCO_3^- com a vazão, no córrego Jacutinga (Bacia do Paraná). RUIVO & SALES (1989), a propósito, não registraram variação sazonal definida para este ânion.

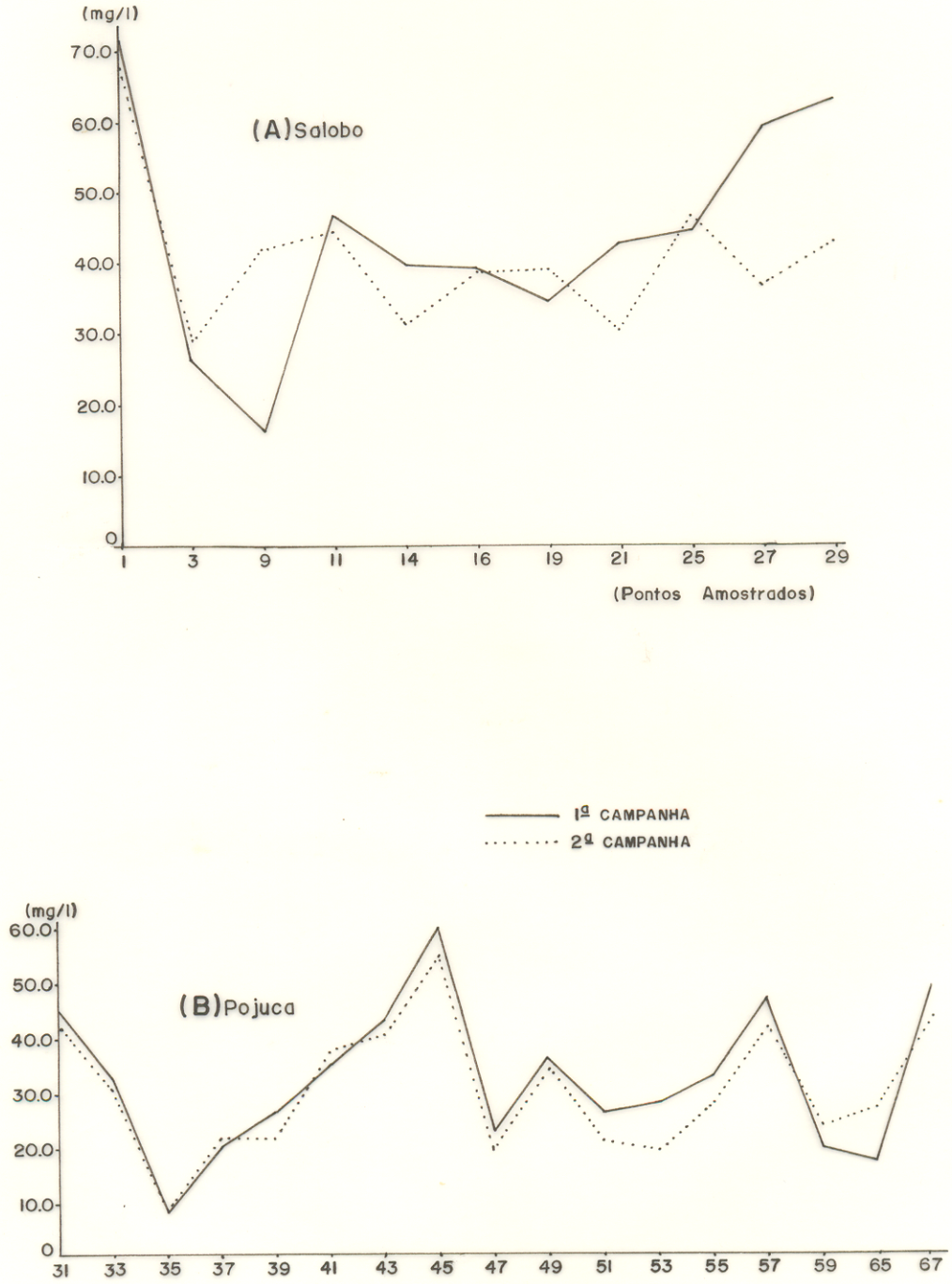


Figura 11 : Concentrações do bicarbonato em águas superficiais: Área Salobo (A) e Área Pojuca (B)

Os teores médios de HCO_3^- são mais elevados que a média encontrada por RUIVO & SALES (1989) para as águas de Carajás e semelhantes aos teores encontrados em águas drenando terrenos constituídos por rochas vulcânicas (Tabela 7). Teores mais baixos são encontrados em águas em contato com terrenos arqueanos e rochas sedimentares (Tabelas 7 e 8).

As concentrações de HCO_3^- nas áreas estudadas são semelhantes ou superiores aos valores médios dos rios da América do Sul e inferiores à média mundial (Tabela 8).

Nas águas de subsuperfície as concentrações de HCO_3^- variaram de 45,8 a 163,21 mg/l, sendo superiores aos valores médios encontrados por GALLO & SINELLI (1980) em águas em contato com rochas de composição basáltico-arenítica e mais elevadas que os teores encontrados por SZIKSZAY & TEISSEDRE (1977),(1978) em águas de terrenos de rochas ácidas (Tabela 7). Em águas de terrenos sedimentares, as concentrações de HCO_3^-, encontradas por LIMA & KOBAYASHI (1988) são menores, em torno de 12,57 a 21,40 mg/l.

Com relação à valores mundiais, HEM (1970) cita que concentrações maiores que 200 mg/l de HCO_3^- são comuns; segundo CUSTóDIO & LLAMAS (1976) e MATTHESS (1982), variam entre 50 a 400 mg/l.

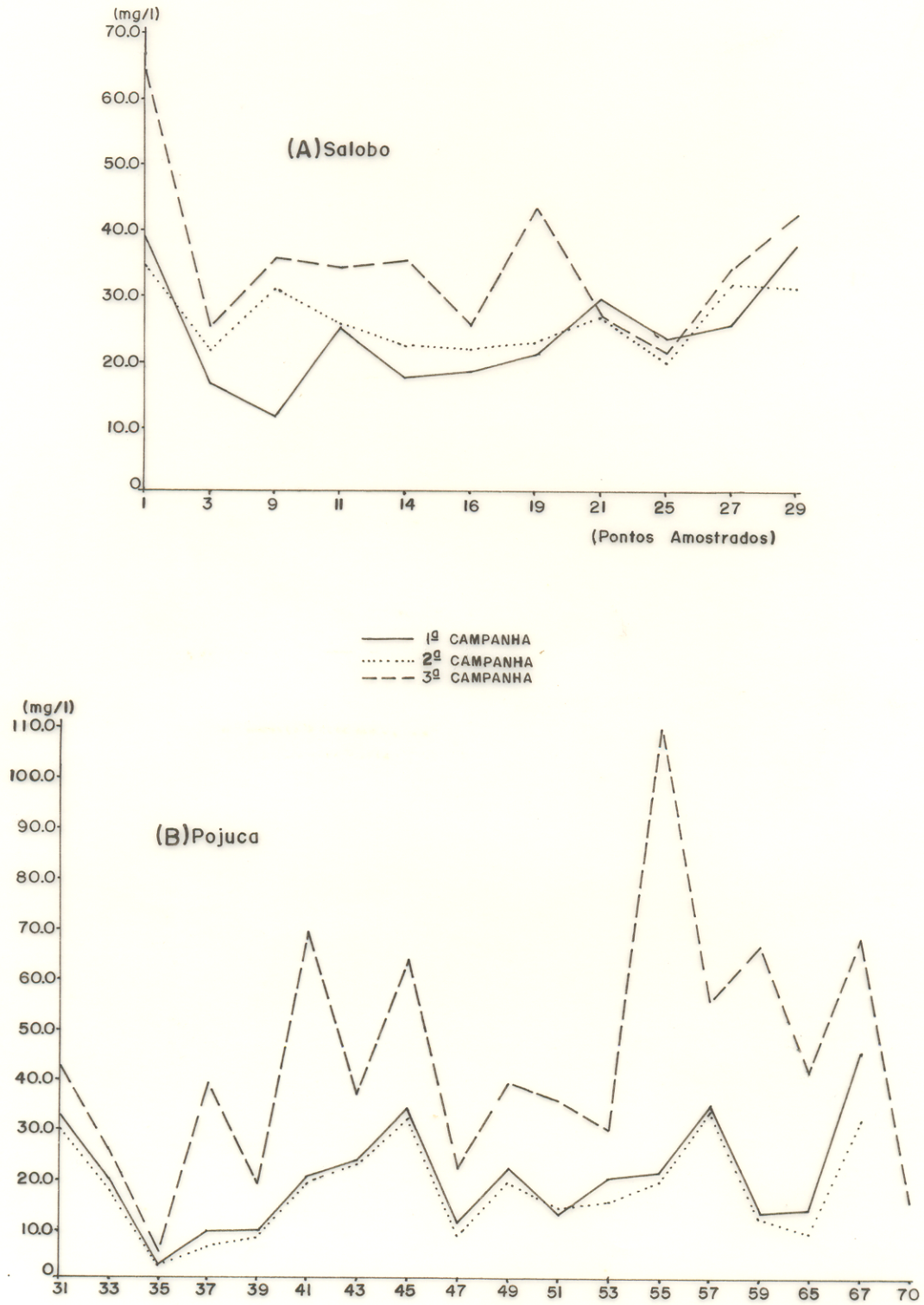


Figura 12 : Concentrações da sílica em águas superficiais: Área Salobo (A) e Área Pojuca (B)

4.1.1.5 - Sílica

O aumento das concentrações médias da sílica em águas superficiais, verificadas na Tabela 13, demonstra o seu comportamento nos períodos analisados, com grande lixiviação na época de início das chuvas (3ª Campanha), conforme mostrado também na Figura 12. Na região de Carajás, RUIVO & SALES (1989) registram uma variação sazonal definida para a sílica, que apresenta valores médios mais elevados em períodos chuvosos.

Tabela 13: Valores mínimos, máximos, média aritmética (M) e desvio padrão (DP) para sílica (mg/l) em águas superficiais.

	ÁREA SALOBO			ÁREA POJUCA		
Campanhas	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)
Mínimo	11.60	19.70	21.90	3.00	3.00	5.57
Máximo	39.90	34.30	64.30	45.40	33.90	110.60
Média(M)	24.10	26.10	35.30	20.60	18.00	43.80
DP	8.80	5.00	11.90	11.00	9.50	25.10

Apesar da relação direta apresentada pela sílica com o aumento das chuvas, seu comportamento, contudo, parece variar de uma região para outra. Como exemplo, pode-se citar os trabalhos de BITTENCOURT (1980) e MILLER & DREVER (1977), respectivamente na bacia de drenagem do rio Jacutinga (Bacia do Paraná) e bacia do rio Shoshone (Wyoming) cujas concentrações de sílica diminuem em épocas chuvosas. Para FELLER & KIMMINS (1979) porém, a sílica

em solução na região de Haney (sudeste da British Columbia) nem sempre experimenta diminuição com o aumento da descarga, podendo apresentar uma elevação das concentrações, em períodos de chuvas fortes, através da lixiviação de material solúvel armazenado no solo. Tal fato explicaria o aumento brusco das concentrações de sílica verificado nas áreas de estudo, conforme relatado também em DAVIS (1964), LOUGHNAN (1962) e SZIKSZAY (1973).

A intensidade de liberação de sílica nestas regiões estaria então relacionada aos solos e tipos litológicos presentes, ao relevo íngreme e ao regime de chuvas, de acordo com DAVIS (1964) e LOUGHNAN (1962). Segundo DAVIS (op cit.) chuvas fortes lixiviando o solo liberam considerável quantidade de sílica, cuja remoção é alta em regiões montanhosas úmidas (maior que 2,0 mg/cm^2/ano).

Para EDWARDS & LISS (1973) a dissolução de minerais silicatados, embora sendo a principal fonte da maior parte do silício em solução é pouco provável ser suficientemente rápida em termos de eventos hidrográficos individuais. Nesse sentido, Davis apud EDWARDS & LISS (op. cit.) sugere uma desorção de ácido silícico de partículas do solo para explicar a rápida aquisição do silício pelas correntes.

A correlação dos altos teores de sílica, encontrados nas águas das regiões de Salobo e Pojuca, com a natureza silicatada das rochas aí existentes, parece razoável se compararmos esses valores com a solubilidade do quartzo (6 a 12 mg/l) citada por POLZER (1967). É de se supor, portanto, que a maior parte das concentrações detectadas representem o produto

do intemperismo de minerais silicatados, principalmente feldspatos, conforme citado por BRICKER & GARRELS (1967), HEM (1970) e Tam apud LAHERMO (1970)

Em comparação com outras regiões, os teores de sílica encontrados neste trabalho assemelham-se aos de águas superficiais estudadas por RUIVO & SALES (1989) em Carajás, sendo superiores às concentrações existentes em outras áreas cujas águas drenam rochas ígneas ácidas e sedimentares (Tabelas 7 e 8). Estas concentraçòes são ainda mais elevadas que a média mundial e de rios da América do Sul (Tabela 9).

DAVIS (1964), em acréscimo, apresenta uma variação de 1,5-36 mg/l para a sílica em águas de correntes, estabelecendo uma média mundial em torno de 14 mg/l. Por outro lado, HEM (1970) cita que as concentrações de sílica em águas naturais situam-se normalmente entre 1 a 30 mg/l, não sendo infrequentes concentrações maiores que 100 mg/l.

Em águas de subsuperfície, a sílica apresenta concentrações no intervalo de 27,4 a 63,9 mg/l. Os teores elevados reforçam as observações de DAVIS (1964) que considera a influência litológica como o mais importante fator controlador dos teores de sílica nas águas de subsuperfície. Este autor cita ainda que grandes quantidades de sílica em solução estão associadas às rochas vulcânicas e, concentrações menores, com rochas graníticas e sedimentares.

As concentrações de sílica encontradas nas águas de subsuperfície da "Área Salobo", são comparáveis aos valores obtidos por GALLO & SINELLI (1980) em águas de poços abertos em

terrenos basáltico-areníticos e superiores aos teores obtidos por SZIKSZAY & TEISSEDRE (1977),(1978) em águas de terrenos de rochas ácidas e sedimentares (Tabelas 7 e 8). DAVIS (1964) encontrou variações de concentrações para a sílica entre 9,0 e 85 mg/l em diferentes áreas e regiões, estipulando um valor médio de 17 mg/l para águas de subsuperfície.

4.1.1.6 - Cloreto

A Tabela 14 apresenta a variação dos teores de cloreto para as águas superficiais de Salobo e Pojuca, observando-se na Figura 13 um ligeiro aumento das concentrações do ânion no período chuvoso (2ª Campanha), principalmente na "Área Salobo", o que é concordante com as observações de BITTENCOURT (1980) para as águas que drenam os terrenos basálticos da Bacia do Paraná. Este comportamento contrasta porém com os resultados obtidos por BRINGEL et al. (1984) para águas drenando terrenos sedimentares da região amazônica e os resultados de MILLER & DREVER (1977) para águas drenando rochas andesíticas (Wyoming).

Os teores médios de cloreto deste trabalho são semelhantes aos valores divulgados por MPEG (1988) e RUIVO & SALES (1989) para a região de Carajás, sendo superiores aos teores encontrados em águas em contato com terrenos sedimentares, basálticos e basáltico-areníticos (Tabelas 7 e 8).

Observa-se na Tabela 9, que as médias obtidas em ambos as áreas são semelhantes às médias encontradas nos rios da América do Sul e inferiores à média mundial.

Tabela 14: Valores mínimos, máximos, média aritmética (M), desvio padrão (DP) e média das médias (XM) para o cloreto em águas superficiais.

	ÁREA SALOBO		ÁREA POJUCA	
Campanhas	(1)	(2)	(1)	(2)
Mínimo	3.06	4.12	3.57	3.86
Máximo	7.63	8.76	6.12	5.67
Média(M)	4.85	5.48	4.64	4.68
DP	1.32	1.55	0.64	0.54
XM	5.17 mg/l		4.66 mg/l	

Em águas de subsuperfície o cloreto apresentou suas concentrações no intervalo de 6,18 e 20,61 mg/l, superiores portanto às concentrações médias observadas nas águas superficiais. Apesar do teor de cloreto das águas pluviais não ter sido analisado, admite-se que os valores apresentados sejam derivados em grande parte da dissolução das rochas em contato, uma vez que são muito pequenas as variações das concentrações verificadas entre o período seco e chuvoso.

SZIKSZAY & TEISSEDRE (1977),(1978) registraram teores de cloreto entre 1 e 10 mg/l para as águas subterrâneas em contato com rochas ácidas nos arredores da bacia de São Paulo. GALLO & SINELLI (1980) encontraram valores mais baixos em águas de terrenos basáltico-arenítico.

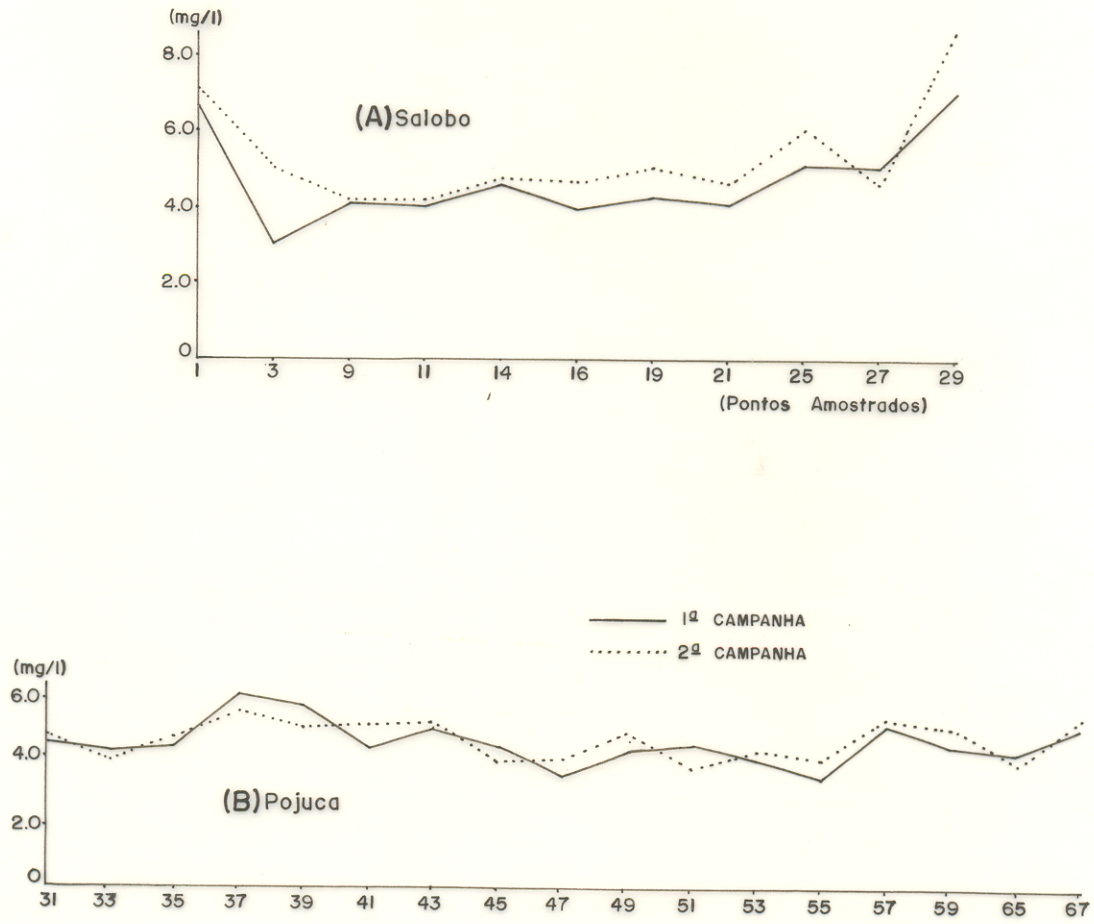


Figura 13 : Concentrações de cloreto em águas superficiais: Área Salobo (A) e Área Pojuca (B)

4.1.1.7 - Sulfato

Nas águas superficiais, que drenam as áreas em estudo, o íon sulfato apresentou concentrações baixas (Tabela 13) e uma variação sazonal definida, com um aumento dos teores em épocas chuvosas (Figura 14).

Tabela 15: Valores mínimos, máximos, média aritmética (M), desvio padrão (DP) e média das médias (XM) para sulfato (mg/l) em águas superficiais.

Campanhas	ÁREA SALOBO (1)	(2)	(3)	ÁREA POJUCA (1)	(2)	(3)
Mínimo	0.80	1.00	1.80	0.11	0.32	1.90
Máximo	2.00	6.95	4.10	3.85	3.05	3.50
Média (M)	1.29	3.00	2.88	1.15	1.16	2.41
DP	0.51	2.05	0.79	0.93	0.60	0.40
XM		2.39			1.57	

A origem do sulfato nessas águas, apesar das concentrações pouco expressivas quando comparadas às águas de outras áreas mineralizadas a sulfetos (CAMERON (1977), MILLER & DREVER (1977)), é atribuída às litologias e mineralizações existentes, baseado no aumento dos teores em épocas chuvosas. A variação crescente apresentada pelas concentrações do íon estaria então condicionada a um acúmulo dos produtos do intemperismo em épocas úmidas que, após curtos, porém marcantes períodos de estiagem verificados na região, seriam rapidamente lixiviadas com as primeiras chuvas.

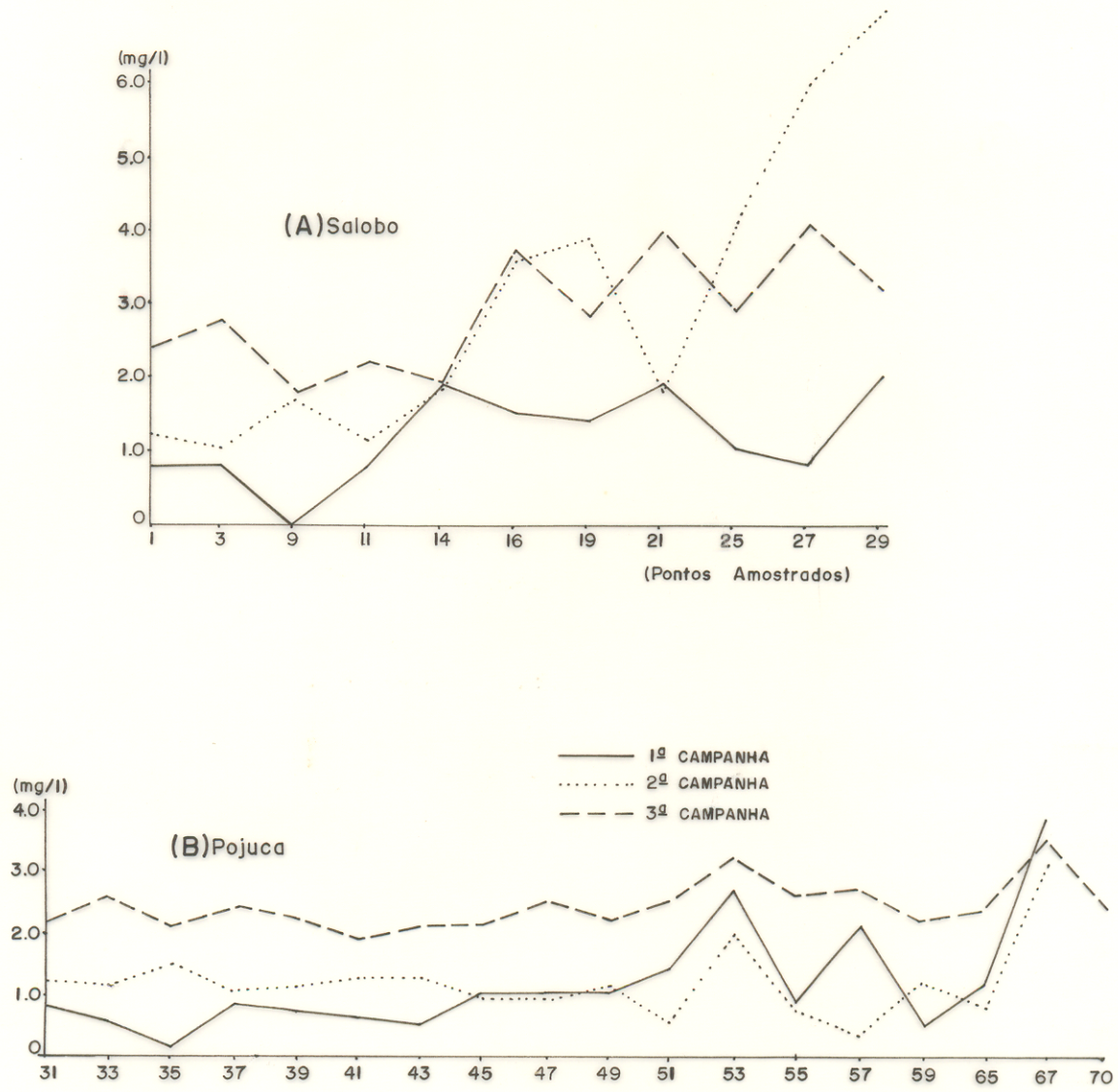


Figura 14 : Concentrações de sulfato em águas superficiais: Área Salobo (A) e Área Pojuca (B)

Segundo HEM (1970), a origem do sulfato em regiões portadoras de sulfeto, na ausência de outras fontes, está ligada principalmente à atuação do intemperismo e à velocidade das correntes a partir da área fonte. MILLER & DREVER (1977) acrescentam que, a diluição, oposta à adsorção ou precipitação é, normalmente, o mecanismo pelo qual as concentrações de sulfato diminuem com as distâncias, uma vez que o ânion é quimicamente estável em águas oxigenadas, existindo em amplos intervalos de Eh-pH, com grande mobilidade no meio aquoso (HEM, 1970).

As reduzidas concentrações do sulfato são explicadas, a princípio, pela ausência da pirita, por ser entre os sulfetos aquele capaz de liberar grandes quantidades de íons hidrogênio para o meio aquoso, tornando-o ácido o bastante para solubilizar outras espécies de sulfetos, aumentando consequentemente a produção do sulfato. Assim, sulfetos pouco solúveis como os que ocorrem nestas áreas, também contribuem com certa quantidade de sulfato, porém, não são facilmente intemperizados, particularmente na ausência de pirita, segundo observações de MILLER & DREVER (1977).

As concentrações do sulfato, a exemplo do observado em águas superficiais são baixas nas águas de subsuperfície (entre 1,10 e 8,70 mg/l), não refletindo, por essa razão, a mineralização sulfetada presente, conforme é verificado normalmente nas águas de regiões mineralizadas a sulfetos.

Utilizando-se porém os resultados dos experimentos teórico-práticos levados a efeito por HOAG & WEBBER (1976 b) na

área do Eustin Mine, Quebec, pode-se tecer considerações, ainda que de forma comparativa, sobre os processos de oxidação atuantes na região e também sobre a gênese do sulfato, embora HOAG & WEBBER (1976 b) tenham utilizado sulfetos mais solúveis (pirita e calcopirita) em seus estudos.

Segundo estes autores, águas naturais (fontes e águas de furos de sondagem) contendo menos de 29 mg/l de sulfato, indicam pouco ou nenhuma oxidação em superfície e, portanto, nenhum sulfeto exposto ao oxigênio livre. Acrescentam também que, em ambientes neutros a fracamente ácidos como os verificados na área em estudo, a probabilidade de oxidação superficial de sulfetos é pequena devido à atividade bacteriana, de grande importância para a produção do sulfato, ser praticamente nula.

Desta forma, as fracas concentrações do íon, no ambiente superficial e de subsuperfície, revelam processos oxidativos de pouca expressão, que pode estar relacionado à indisponibilidade de sulfetos no espesso manto de alteração (coerente com estudos de TOLEDO-GROKE et al., 1985), sua distribuição e freqüência nas rochas e a maior ou menor facilidade de contato com as águas oxigenadas percolantes.

Reflexos de uma fraca oxidação fazem-se sentir ainda através do pH pouco ácido e pelos valores relativamente altos de oxigênio dissolvido, que não demonstram grande consumo por materiais oxidáveis.

4.1.1.8 - Condutividade Elétrica (CE) e Sólidos Totais Dissolvidos (STD).

Estes dois parâmetros são abordados conjuntamente devido sua interrelação.

Os valores médios obtidos (Tabelas 16 e 17) evidenciam águas sem mineraização expressiva, com algumas exceções, conforme se observa nas Figuras 15 e 16. Nota-se ainda que não existe uma variação definida para CE e STD frente às flutuações da pluviosidade, o que foi igualmente constatado por RUIVO & SALES (1989) nas águas que drenam a região de Carajás.

Segundo FELLER & KIMMINS (1979), LIVINGSTONE (1963), MILLER & DREVER (1977), as relações entre estes parâmetros e as variações sazonais dependem muito das características climáticas de cada região, litologias, topografia, área de drenagem, quantidade de precipitação pluvial, etc... Como exemplo, BITTENCOURT (1980) e SZIKSZAY (1973) referem-se à variação direta de STD com a vazão, atribuindo tal fato à retenção de sais solúveis no solo, em épocas secas que, posteriormente, são submetidos à lixiviação e remoção pelo aumento da intensidade de precipitação pluvial, contribuindo para um aumento no teor de STD. Situação semelhante foi observada para alguns dos constituintes dissolvidos nas águas de Salobo e Pojuca.

Tabela 16: Valores mínimos, máximos, média aritmética (M) e desvio padrão (DP), para condutividade elétrica (micromhos/cm) em águas superficiais.

Campanhas	ÁREA SALOBO (1)	ÁREA SALOBO (2)	ÁREA POJUCA (1)	ÁREA POJUCA (2)
Mínimo	20.0	48.0	10.0	12.0
Máximo	110.0	115.0	75.0	70.0
Média (M)	61.0	66.8	42.0	41.3
DP	27.3	20.5	18.2	17.9

Tabela 17: Valores mínimos, máximos média aritmética (M) e desvio padrão (DP), para sólidos totais dissolvidos (mg/l) em águas superficiais.

Campanhas	ÁREA SALOBO (1)	ÁREA SALOBO (2)	ÁREA POJUCA (1)	ÁREA POJUCA (2)
Mínimo	36.3	66.1	18.9	20.7
Máximo	143.4	136.0	121.9	106.3
Média(M)	87.6	89.3	66.1	62.0
DP	31.8	20.3	28.7	25.6

Atribue-se então, aos altos teores de sílica em solução a maior parte das concentrações de STD, além das contribuições menores de cálcio, potássio, cloreto e sulfato, que mostraram concentrações mais elevadas em épocas chuvosas, mantendo assim os STD em níveis aproximadamente estáveis com relação às diminuições dos teores de outros constituintes.

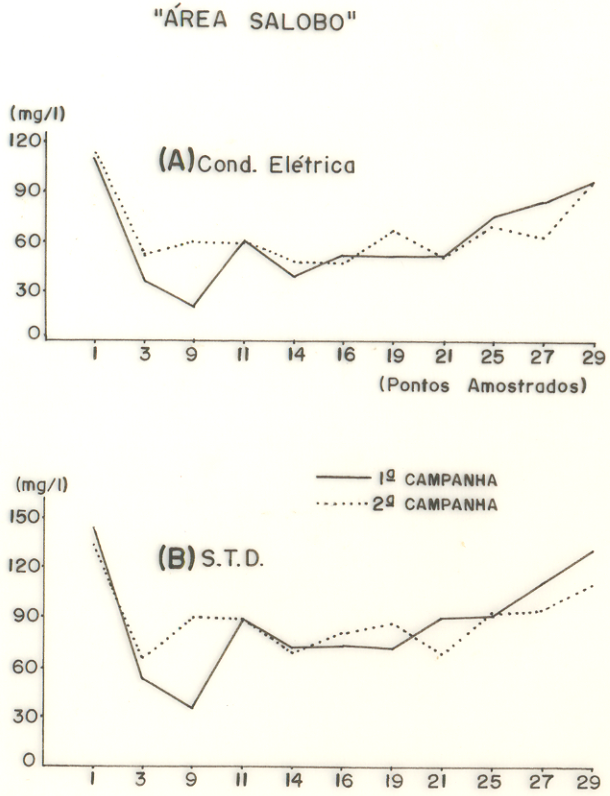


Figura 15 : Condutividade elétrica (A) e Sólidos Totais Dissolvidos (B) em águas superficiais - Área Salobo

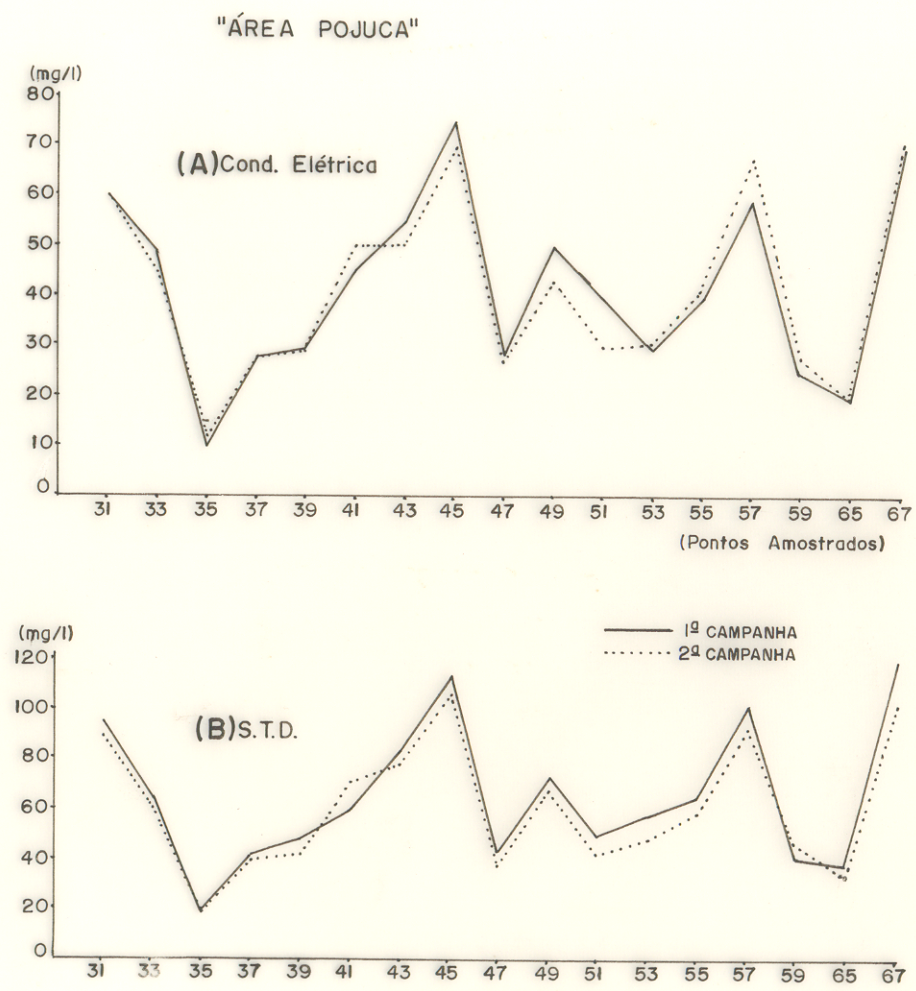


Figura 16 : Condutividade elétrica (A) e Sólidos Totais Dissolvidos (B) em águas superficiais - Área Pojuca

Desta forma, um certo "equilíbrio quantitativo" é estabelecido, capaz de manter quase que invariáveis as concentrações de STD e explicando a pequena variação apresentada pela condutividade elétrica.

Os gráficos das concentrações mostram ainda a existência de uma estreita relação entre CE e STD, pelos padrões semelhantes apresentados entre seus gráficos, podendo-se considerar que as medidas de CE produzem uma boa aproximação das contribuições das espécies dissolvidas para o meio. Outras relações interativas podem ser observadas a partir dos gráficos de CE e STD com determinadas espécies químicas analisadas, como magnésio, cálcio, sódio, potássio, bicarbonato e sílica, o que demonstra a importância destes constituintes para o estabelecimento da química da água.

As medidas de CE e STD obtidas para as áreas de Salobo e Pojuca assemelham-se aos valores médios estabelecidos por RUIVO & SALES (1989) na região de Carajás. Comparações com as análises de águas que drenam outras regiões (Tabelas 7 e 8) mostram que os teores de CE e STD deste trabalho são superiores aos de água drenando terrenos basáltico-areníticos e de águas drenando terrenos sedimentares da Amazônia. Em relação à média mundial, os STD encontrados são inferiores (Tabela 9).

Em águas de subsuperfície a condutividade elétrica manteve-se entre 80,0 e 225 micromhos/cm, enquanto que os sólidos totais dissolvidos figuram entre 100 e 277,2 mg/l.

As águas subsuperficiais ou águas do solo apresentam-se normalmente mais concentradas em STD que as águas superficiais

devido ao seu maior tempo, às vêzes permanente contato com rochas e minerais, levando-se em conta também que esse contato se dá em condições de aeração e concentrações de CO_2 favoráveis particularmente à solução de muitos componentes minerais, devido a existência de tempo suficiente para que as reações mais lentas sejam completadas.

Os valores de CE e STD nessas águas são superiores aos apresentados para águas em contato com terrenos basáltico-areníticos, de composição ácida e para terrenos sedimentares (Tabelas 7 e 8).

4.1.1.9 - Metais Pesados: cobre, zinco, ferro total, manganês, níquel, chumbo, cádmio e cobalto.

As Tabelas 18 e 19 apresentam as variações das concentrações dos metais pesados nas águas superficiais que drenam as áreas de Salobo e Pojuca. Estes resultados indicam que o cobre, zinco, ferro total e manganês são os principais elementos em solução, com os demais exibindo concentraçõe menos expressivas.

Os gráficos dos teores para cobre, zinco, ferro total e manganês na fase dissolvida (figuras 16, 18, 19, 20) mostram que, cobre, manganês e ferro total têm suas concentrações diminuídas na 3ª campanha (época de início das chuvas) enquanto que o zinco apresenta forte tendência a ser lixiviado, com teores elevados e crescentes nas campanhas realizadas, principalmente na área Pojuca, onde está mais concentrado nas

mineralizações sulfetadas. O chumbo, cobalto e, de certa forma o cádmio, apresentam diminuição de suas concentrações na 3ª campanha, enquanto que o níquel parece acompanhar as variações do zinco; o cromo não foi detectado. Além dos teores na forma dissolvida, os gráficos representativos das concentrações dos metais pesados mostram também as concentrações dos metais da "fase móvel" (constituída pelos metais fracamente ligados aos sedimentos) e da "fase imóvel", representativa do conteúdo de metais presentes na estrutura cristalina dos minerais.

O pH e as condições oxi-redutoras são largamente responsáveis pela manutenção e, consequentemente, mobilidade dos metais pesados no meio aquoso.Outros fatores que também influenciam no aparecimento e manutenção dos teores dos metais em solução, tais como diluição, área fonte, contraste das concentrações ocasionado pela área fonte, etc., serão discutidos em capítulo mais adiante, atentando-se agora, somente às relações do metal em solução com substâncias "aprisionadoras" como o ferro e manganês.

Assim, os metais colocados em solução pelos processos intempéricos perdem sua mobilidade no ambiente em questão, ultrapassando rapidamente seus produtos de solubilidade, sendo então adsorvidos ou co-precipitados como óxidos hidratados. Como exemplo, cita-se os pontos 23 e 35, representativos de solos em contato com águas de nascentes, cuja coloração ocre do solo indica a presença de colóides de hidróxido de ferro. A análise química da "fase móvel" deste material apresentou altos teores de ferro e manganês, além de cobre, zinco e outros metais.

Tabela 18: Valores mínimos, máximos, média aritmética (M) e desvio padrão (DP) para os metais pesados dissolvidos nas águas superficiais - "Área Salobo".

Elementos (microgramas/l)	cobre		zinco		ferro (total)			manganês		níquel		chumbo		cádmio		cobalto	
Campanhas	(2)	(3)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(2)	(3)	(2)	(3)	(2)	(3)	(2)	(3)	(2)	(3)
Mínimos	0,40	1,05	2,50	5,00	0,14	0,08	0,02	6,00	5,50	0,07	1,73	0,22	0,40	0,25	0,17	0,13	0,14
Máximos	8,80	6,85	15,60	10,00	3,71	3,75	0,10	43,00	21,00	1,70	4,55	2,10	2,39	0,67	1,97	0,53	0,20
Média(M)	3,38	3,60	6,06	7,10	0,74	0,83	0,06	28,60	-	0,42	2,90	0,81	1,19	0,47	0,74	0,39	-
DP	2,60	2,06	3,74	1,66	0,46	0,54	0,03	11,62	-	0,53	0,83	0,68	0,64	0,14	0,64	0,12	-
Números Amostrais	10	10	10	10	10	9	11	10	-	8	11	8	8	11	11	10	-

Tabela 19: Valores mínimos, máximos, média aritmética (M), desvio padrão (DP) para os metais pesados dissolvidos nas águas superficiais - "Área Pojuca."

Elementos (microgramas/l)	cobre		zinco		ferro total			manganês		níquel		chumbo		cádmio		cobalto	
Campanhas	(2)	(3)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(2)	(3)	(2)	(3)	(2)	(3)	(2)	(3)	(2)	(3)
Mínimos	2,60	0,90	2,50	0,13	0,07	0,08	0,01	6,00	5,50	0,15	1,36	0,39	0,26	0,08	0,03	0,13	-
Máximos	8,80	5,40	12,50	41,11	0,57	0,83	0,05	30,00	48,00	1,25	4,36	3,47	0,75	0,70	1,32	0,53	-
Média(M)	5,16	2,32	6,78	17,00	0,32	0,39	0,04	12,50	-	0,50	2,22	1,93	-	0,44	0,43	0,25	-
DP	1,90	1,24	3,30	14,30	0,18	0,21	0,01	7,90	-	0,41	0,69	1,18	-	0,13	0,40	0,14	-
Números Amostrais	16	18	12	11	12	13	18	13	-	11	18	17	-	17	16	17	-

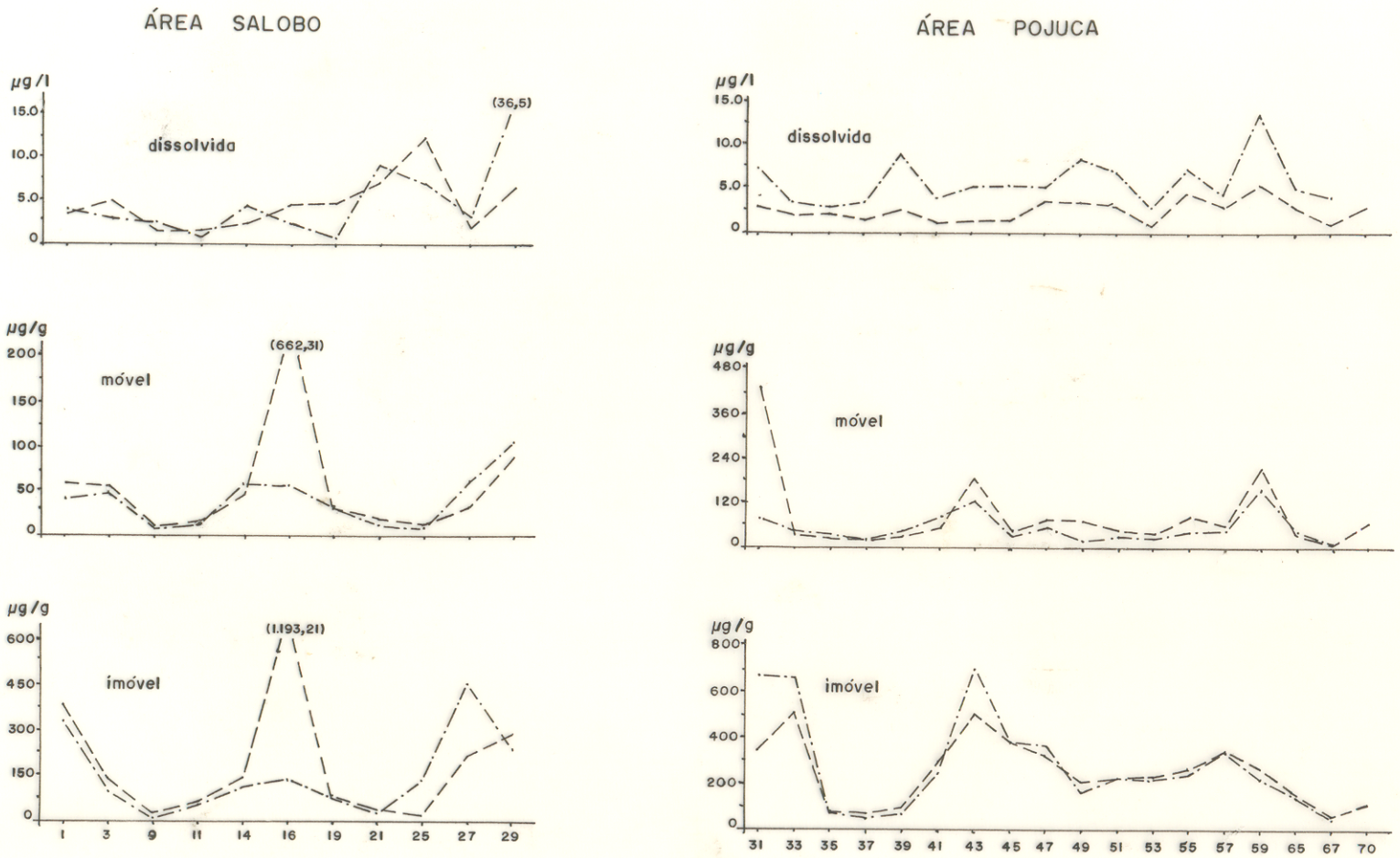


Figura 17 : Concentrações de Cobre nas áreas Salobo e Pojuca, em diversas fases

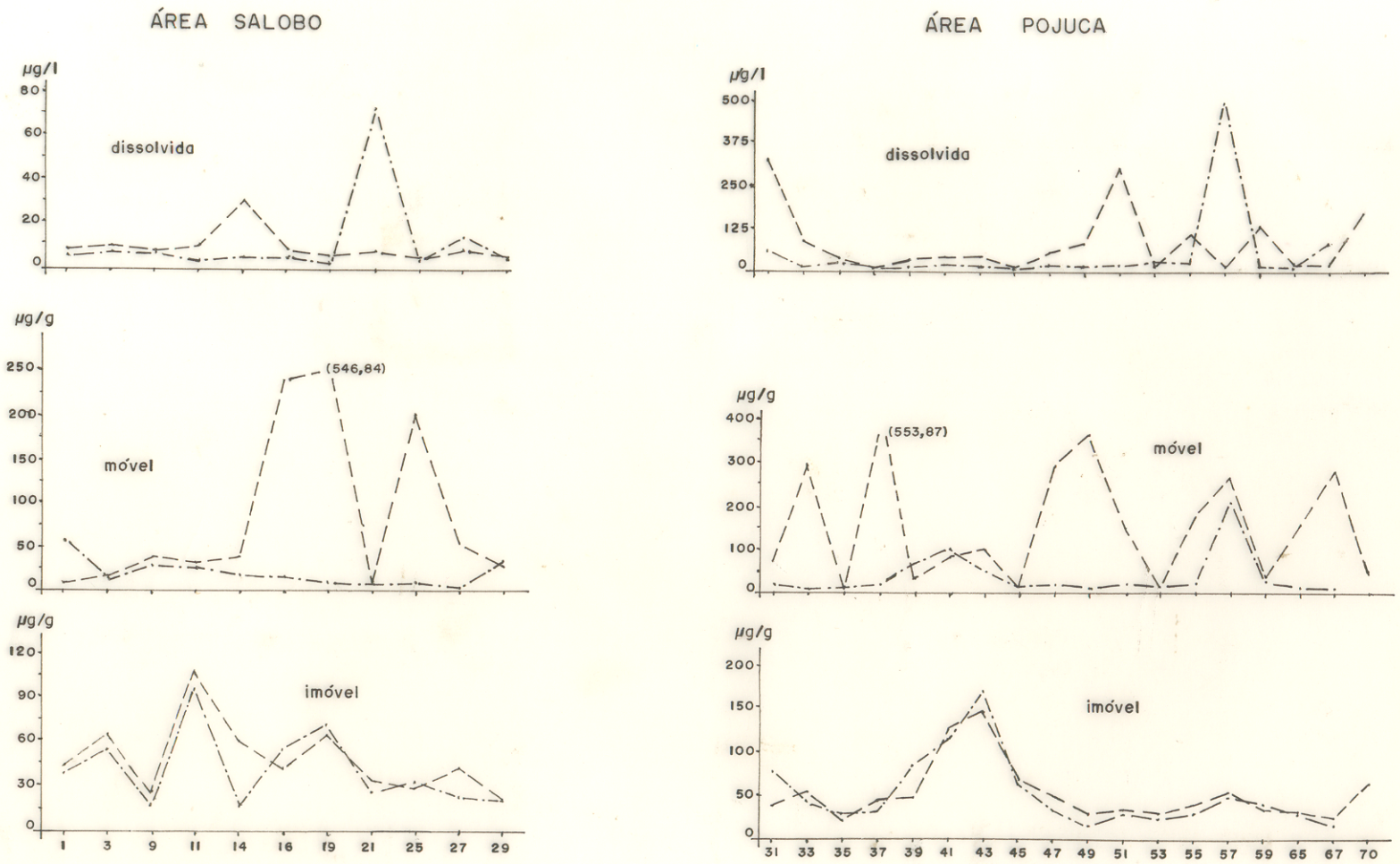


Figura 18 : Concentrações de Zinco nas áreas Salobo e Pojuca, em diversas fases

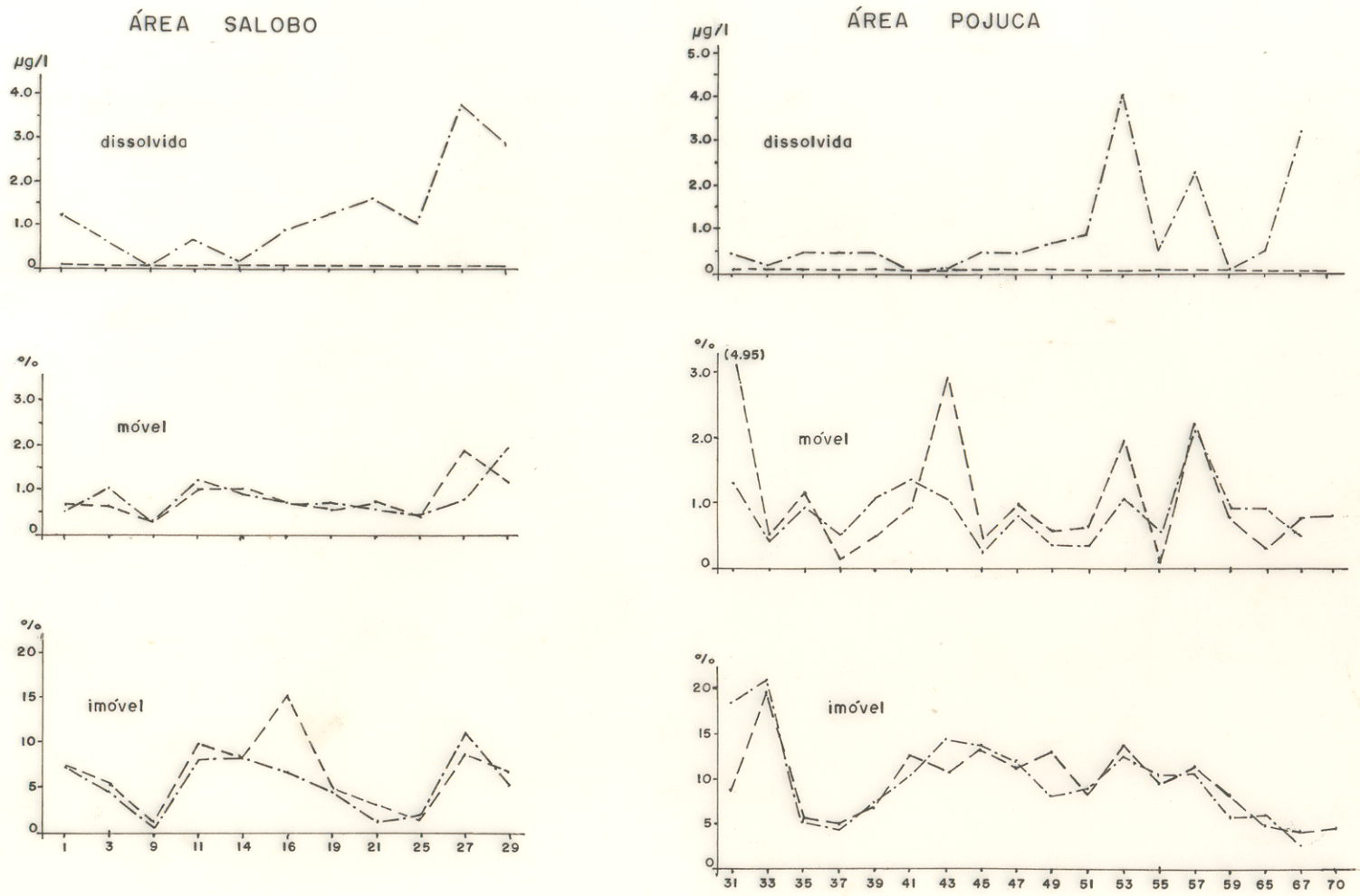


Figura 19 : Concentrações de Ferro nas áreas Salobo e Pojuca, em diversas fases

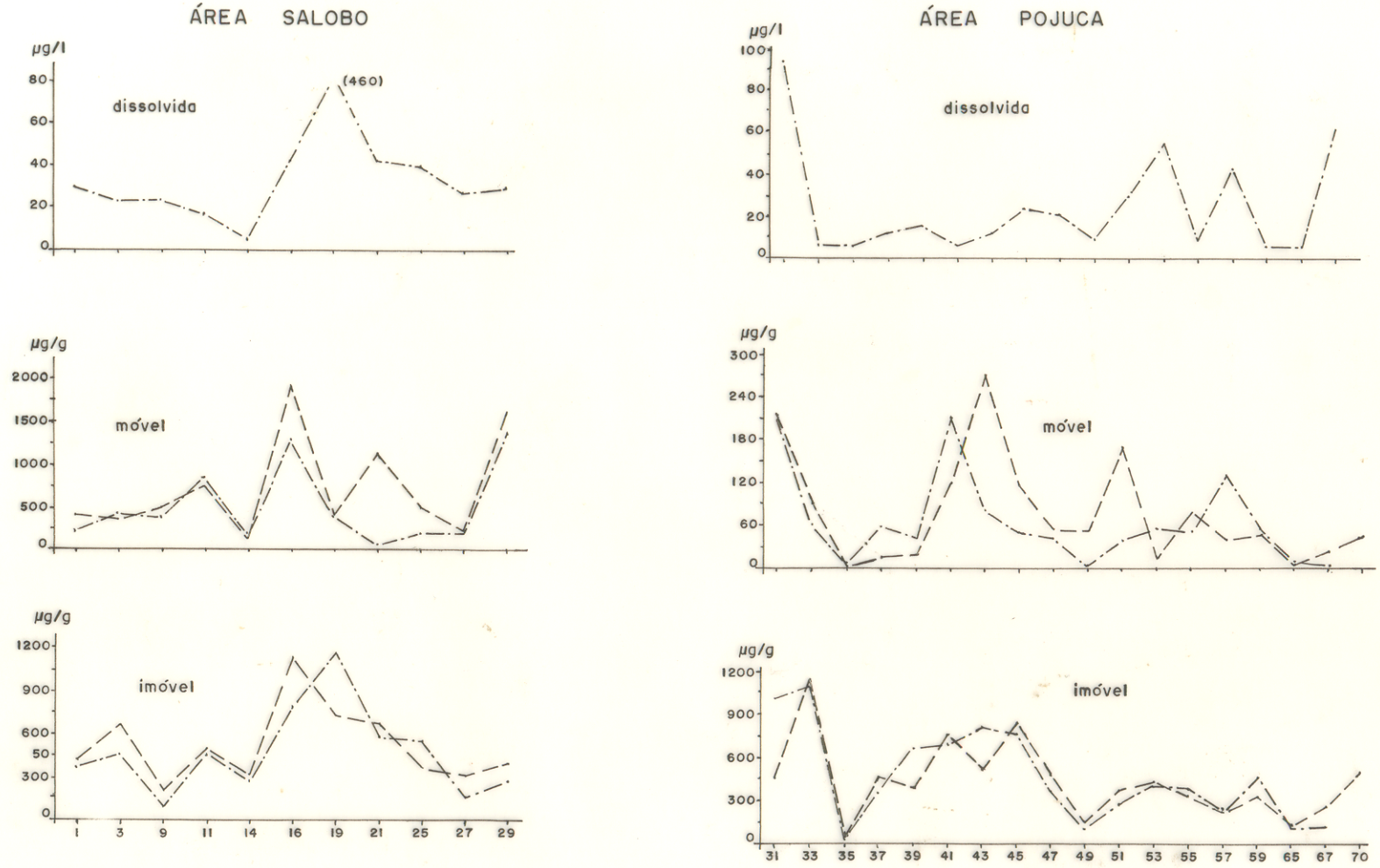


Figura 20: Concentrações de Manganês nas áreas Salobo e Pojuca, em diversas fases

Nas áreas pesquisadas, os principais metais encontrados na "fase móvel" são o cobre e o zinco, além de altas concentrações de ferro e manganês (tabelas 20 e 21) o que está de acordo com observações de FöRSTNER & WITTMANN (1983) e ROBINSON (1981), segundo os quais, quando o conteúdo de metais em solução aumenta a quantidade de metal adsorvido (ou ligado à fase móvel) tende a aumentar. Os teores elevados destes elementos na "fase móvel", verificados na 3ª campanha, podem ser atribuídos a um aumento nas condições oxidantes do ambiente, pelo fato de que esta campanha é caracterizada por chuvas intensas, o que aumenta a turbidez e o teor de oxigênio dissolvido, podendo favorecer os processos de adsorção e co-precipitação dos metais-traço.

As concentrações de metais pesados da fase dissolvida praticamente não variam na estreita faixa de pH destas águas, não se observando, através dos gráficos apresentados, correlações entre os teores da fase aquosa e da "fase móvel". Observa-se, contudo, uma forte correlação entre o cobre presente na "fase móvel" e seu correspondente na "fase imóvel", pelo padrão semelhante apresentado entre os gráficos dessas fases em ambas as áreas. Este comportamento deve estar relacionado com o enriquecimento do metal, bem como com a fração granulométrica considerada, que parece homogeneizar as distribuições deste elemento em ambas as fases.

A utilização do cobre da "fase móvel" na prospecção geoquímica de depósitos sulfetados semelhantes pode revestir-se de particular interêsse devido a sensibilidade demonstrada pelo

método.

Tabela 20: Valores médios dos metais da "Fase Móvel" e "Imóvel" nos sedimentos de corrente, em microgramas/g -"Área Salobo".

ELEMENTO	Metais da "Fase Móvel" 2ª Campanha	Metais da "Fase Móvel" 3ª Campanha	Metais da "Fase Imóvel" 2ª Campanha	Metais da "Fase Imóvel" 3ª Campanha
Fe *	0,88	0,88	5,72	6,77
Mn	522,80	746,30	478,50	528,90
Cu	40,00	92,50	155,70	235,70
Zn	19,40	109,50	42,60	47,30
Co	9,80	12,50	15,90	21,70
Ni	4,60	6,70	29,10	28,20
Cr	3,80	3,70	66,00	65,20
Pb	1,20	1,40	---	---
Cd	0,07	0,09	---	---

* em %

Tabela 21: Valores médios dos metais da "Fase Móvel" e "Imóvel" nos sedimentos de corrente, em microgramas/g - "Área Pojuca".

ELEMENTO	Metais da "Fase Móvel" 2ª Campanha	Metais da "Fase Móvel" 3ª Campanha	Metais da "Fase Imóvel" 2ª Campanha	Metais da "Fase Imóvel" 3ª Campanha
Fe *	0,83	1,13	10,00	9,50
Mn	727,40	835,80	321,70	438,20
Cu	49,20	80,70	289,20	248,30
Zn	30,30	146,20	50,30	53,50
Co	15,90	17,50	26,60	25,20
Ni	7,50	8,30	42,20	37,60
Cr	5,00	4,50	117,00	108,00
Pb	1,00	1,50	---	---
Cd	0,06	0,06	---	---

* em %

Em águas de subsuperfície, os principais metais pesados dissolvidos são: o ferro, manganês, cobre e zinco

(Tabela 22). Essas águas apresentam concentrações mais elevadas de metais pesados que as águas de superfície, cuja agressividade química natural realça o papel da hidrólise dos minerais silicatados, através dos altos teores em solução.

Tabela 22: Valores mínimos e máximos para os metais pesados (em microgramas/l) dissolvidos em águas subsuperficiais - "Área Salobo".

Campanhas	(1)	(2)	(3)	VARIAçÕES
Cu	----	1,15-1365,42	0,80-440,00	0,80-1365,42
Zn	----	5,00- 45,65	5,00-300,00	5,00- 300,00
Mn	----	49,00- 460,00	5,50-403,00	5,50- 460,00
Ni	----	0,58- 6,50	2,08- 7,10	0,58- 7,10
Pb	----	0,48- 19,10	0,13- 3,76	0,13- 19,10
Cd	----	0,38- 1,24	0,34- 0,97	0,34- 1,24
Co	----	0,13- 6,21	0,07- 2,10	0,07- 6,21
Fe Total (*)	0,43-7,14	2,08- 17,83	0,01- 0,21	0,01- 17,83

--- Análise não realizada
* mg/l

4.1.2 - Correlações entre as propriedades físico-químicas, os componentes químicos no meio aquoso e os metais pesados nos sedimentos de corrente.

4.1.2.1 - Considerações Gerais

Buscando-se um possível significado geoquímico entre a composição das águas de superfície, levando-se em conta o meio geológico, foram calculadas matrizes de correlação linear envolvendo os constituintes químicos dissolvidos as propriedades físico-químicas (condutividade elétrica, pH) e as concentrações dos metais pesados em sedimentos de corrente (fração móvel e imóvel).

4.1.2.2 - Águas Superficiais

Na "Área Salobo", são observadas fortes correlações positivas entre sódio, potássio, cálcio e magnésio no período de estiagem (1ª campanha) diminuindo estas correlações em épocas de chuvas fortes (2ª e 3ª campanhas). Na "Área Pojuca", existem fortes correlações entre cálcio e magnésio, sendo mais fracas entre magnésio e sódio, em todos os períodos de coleta. A dureza total possue forte correlação com o cálcio e magnésio, mais fracas entre o sódio e potássio, destacando-se a contribuição dos alcalino-terrosos para a definição deste parâmetro, que apresenta ainda melhores correlações com o magnésio, em ambas as áreas de estudo.

O bicarbonato e a alcalinidade, possuem fortes

correlações com os cátions maiores, principalmente cálcio e magnésio, em todas as campanhas.

Na campanha realizada em época de estiagem, correlações fortes são observadas entre sódio, potássio, cálcio, magnésio, sílica e desta com a alcalinidade e bicarbonato; tais correlações também tendem a decrescer em períodos chuvosos. Fraca dependência entre sódio, potássio, cálcio, magnésio, sílica, dureza total, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, cloreto, alcalinidade e bicarbonato é também observada na "Área Salobo".

Conforme já salientado, a condutividade elétrica mostra grande afinidade e proporcionalidade com a concentração dos íons principais nas áreas em estudo, constituindo-se em um bom parâmetro para o contrôle da composição química destas águas, porque, segundo MARGALEF (1983), os elementos ou íons, cujas concentrações mostram fortes correlações positivas com a condutividade elétrica, podem ser considerados como os componentes mais importantes, de proporções relativamente constantes, e que conferem às águas suas características principais. MARGALEF (op. cit.) cita ainda que, quando a fração mais importante dos ânions está constituída por ácidos fracos, principalmente bicarbonatos, é observada forte correlação positiva entre a alcalinidade e a condutividade elétrica. Tal fato verifica-se também para águas das áreas Salobo e Pojuca, acrescido de fortes correlações entre a sílica e a condutividade elétrica.

As correlações negativas, verificadas entre o CO_2 livre e oxigênio dissolvido mostram também a utilidade destes constituintes para a avaliação da qualidade dos recursos hídricos em questão, uma vez que o consumo de oxigênio, através da oxidação da matéria orgânica, leva a uma produção de CO_2 livre.

As afinidades apresentadas entre os íons e sua influência na determinação de algumas das propriedades e características hidroquímicas podem ser observadas também através das fortes correlações existentes entre os STD com a condutividade elétrica e destes com a alcalinidade ou, ainda, entre a alcalinidade e a condutividade elétrica, conforme verificado através das Figuras 21 e 22. Além das afinidades entre os constituintes e propriedades químicas, nota-se que os constituintes que apresentam fortes correlações entre si possuem, em geral, um padrão de distribuição semelhante, conforme observado através dos gráficos de concentração dos parâmetros analisados.

Com relação aos metais pesados, conforme já salientado anteriormente, não existem correlações da fase dissolvida com o pH em ambas as áreas. Observa-se correlações fortes apenas entre o zinco e níquel (em ambas as campanhas) e entre manganês e cobalto (2ª campanha) na "Área Salobo". Em Pojuca existem correlações entre ferro e cobalto, ferro e manganês e cobre e chumbo (2ª campanha); cobalto e manganês apresentam correlações fracas.

Entre os demais constituintes, cobre e ferro apresentam

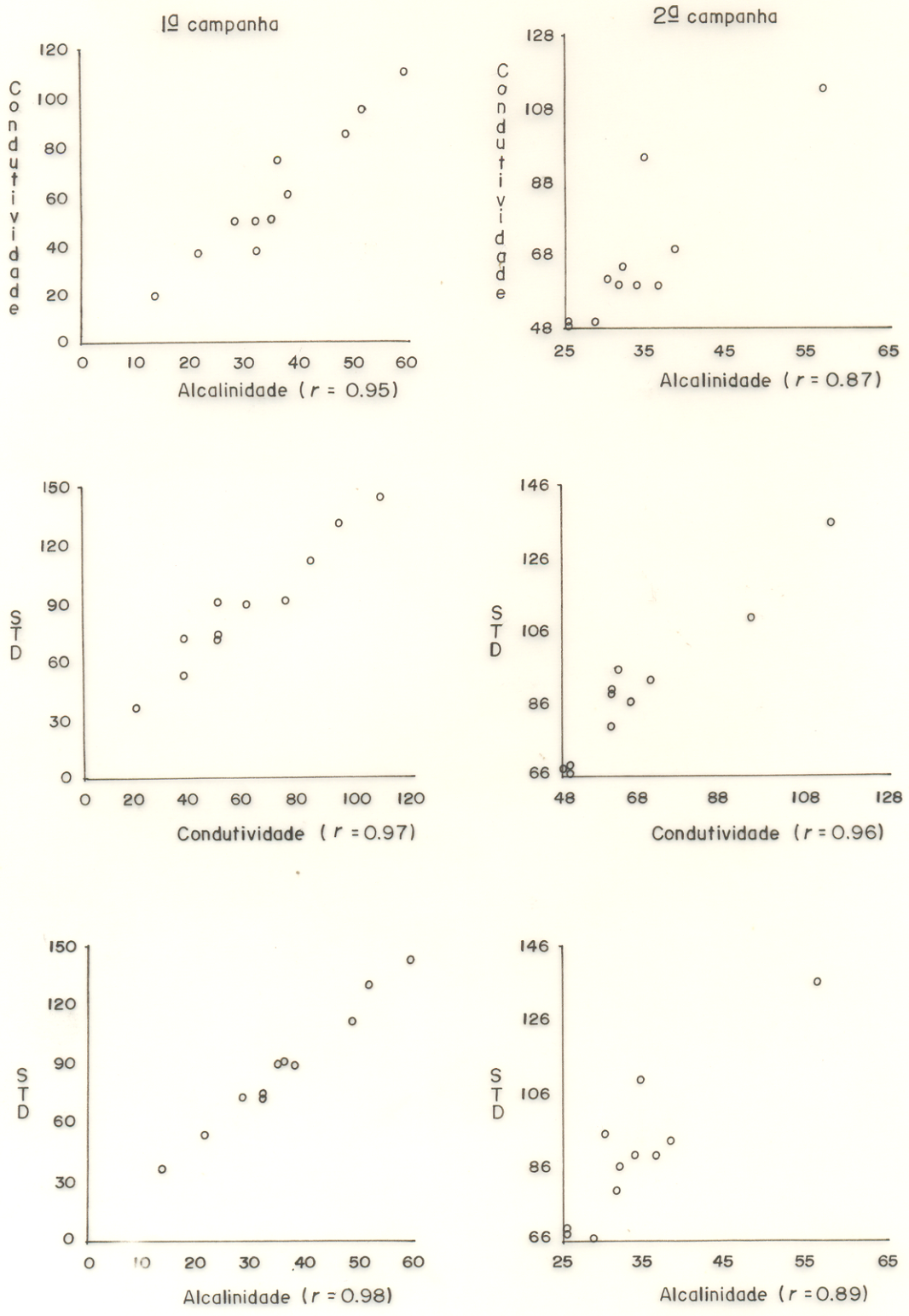


Figura 21 : Gráficos de dispersão entre condutividade elétrica, alcalinidade e Sólidos Totais Dissolvidos (STD), em águas superficiais na Área Salobo.

r = coeficiente de correlação linear, para $\alpha \leq 0{,}01$ (α = nível de significância)

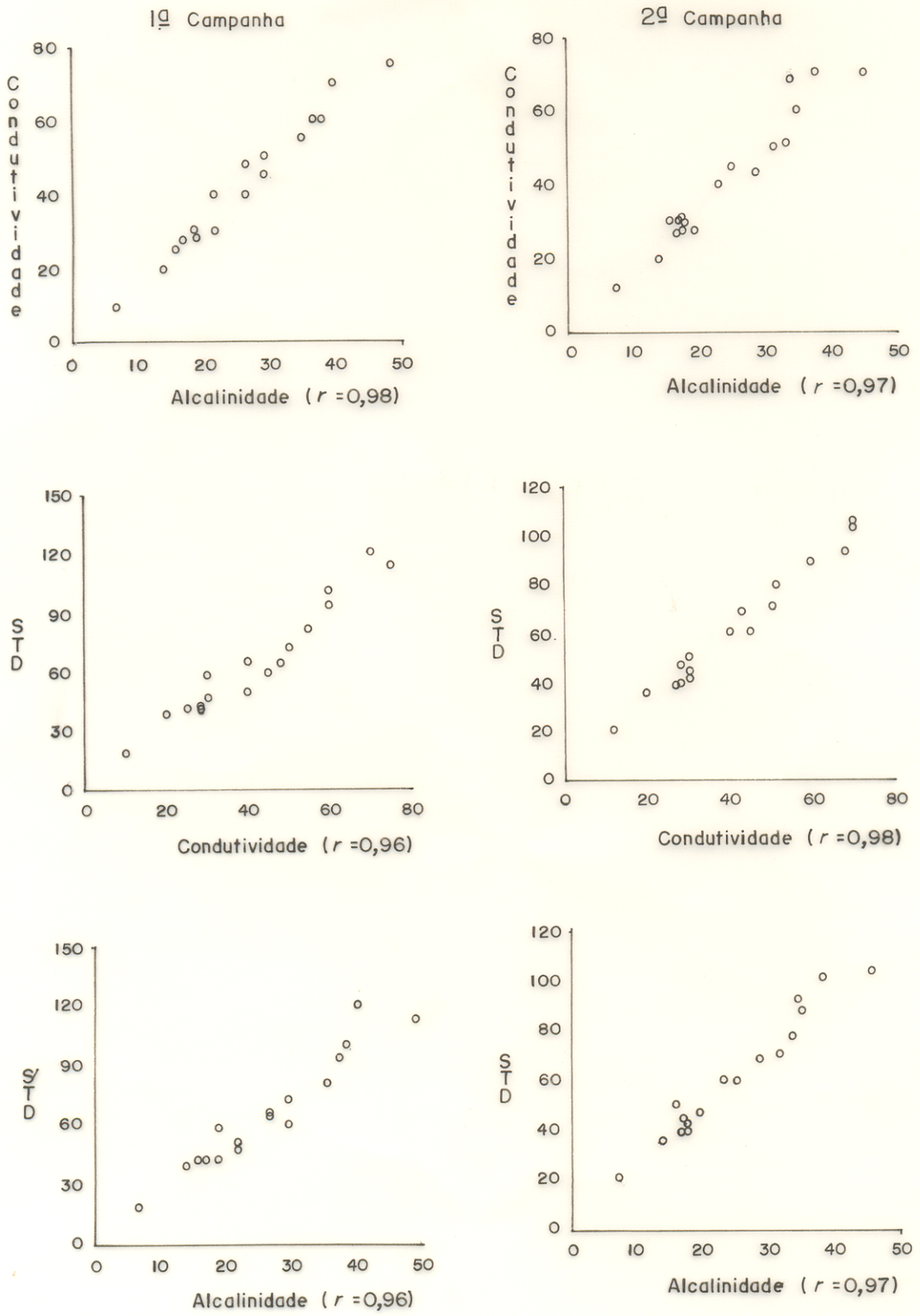


Figura 22 = Gráficos de dispersão entre Condutividade Elétrica, Alcalinidade e Sólidos Totais Dissolvidos (STD), em águas superficiais na Área Pojuca.

r = coeficiente de correlação linear, para $\alpha \leq 0,01$ (α = nível de significância)

correlações fortes com o íon sulfato na "Área Salobo" (2ª campanha). Em Pojuca, este ânion confirma as correlações com o ferro (2ª e 3ª campanhas), correlacionando-se também com o níquel (2ª campanha).

O comportamento do ferro em ambientes oxidantes (águas superficiais) acha-se evidenciado através das correlações negativas deste elemento com o oxigênio dissolvido, em ambas as áreas. O oxigênio dissolvido apresenta ainda correlações positivas fortes com o níquel em Salobo (2ª campanha).

Conforme verificado, as correlações mais significativas foram encontradas durante a 1ª campanha, período em que as amostras foram coletadas sem a interferência da precipitação pluvial. A influência das chuvas faz-se sentir na 2ª e 3ª campanhas, através da diminuição dos coeficientes de correlação (com algumas exceções) como resultado evidente de alterações de equilíbrio químico aquoso. Tal efeito é ainda mais forte entre os metais pesados dissolvidos, devido as reduzidas concentrações em que estes se encontram, esperando-se, contudo, melhores correlações em épocas de estiagem.

4.1.2.3 - Sedimentos de Corrente

Na "Área Salobo", o Cu é bem correlacionado com o Fe na "fase imóvel". Tal associação contraria os resultados apresentados por RAMOS (1985), provavelmente devido à fração granulométrica considerada (mais fina neste estudo) que contribue para realçar esta relação (LEVINSON, 1974) e está de acordo com estudos recentes realizados por MEDEIROS NETO et al.

(1985), nos sedimentos de corrente da "Área Pojuca".

O Zn não mostra qualquer relação com o Cu aparentemente devido aos seus teores mais baixos nessa área. Razoáveis correlações são evidenciadas, contudo, entre o Cu e o Ni e o Cu e o Co, sendo mais fracas com o Mn e Cr. Outras correlações observadas e que ajudam a definir a associação mineralógica do depósito, são apontadas entre Fe e Ni, Co e Ni, Fe e Co. O Cr e Mn apresentam em geral fracas correlações com estes elementos, apesar da presença marcante do Mn nos minerais que compõem as litologias do depósito.

Na "Área Pojuca", observa-se fortes correlações entre os metais básicos, com expressivo significado geoquímico. O Cu por exemplo, está muito bem correlacionado com o Fe, porém com menos afinidade pelo Zn; este por sua vez não exibe correlações com o Fe, apresentando leve tendência a associar-se com o Mn, Ni, Co e Cr.

Segundo MEDEIROS NETO et al. (1985), o Cu e o Fe mostram padrões muito similares em diferentes frações granulométricas. Já o Zn não exibe qualquer relação com o Fe, Mn ou Cu, correlacionando-se porém com o Al_2O_3, o que o levou à conclusão de que o Cu estaria associado por coprecipitação ou adsorção aos óxidos hidratados de Fe, enquanto que o Zn estaria relacionado a fases minerais ricas em Al_2O_3. O Cu apresenta fortes correlações com Ni, Co e Mn e estes entre si; Ni e Co apresentam ainda fortes correlações com Fe e Cr.

Nas áreas estudadas, a maioria das correlações apresenta, a exemplo do encontrado no meio aquoso, uma

diminuição das correlações em período de chuva mais forte.

Na "fase imóvel" da "Área Salobo", as principais correlações são observadas entre Co, Mn e Fe, também entre Mn e Cu.

Na "Área Pojuca", correlações significativas são verificadas entre o Mn com Co, Fe e Cu. Cr com Cu, Cd, Ni e Co e entre o Cu com o Ni e Co.

4.1.3 - A Geoquímica das águas e sua aplicação na prospecção de metais básicos.

A composição de águas superficiais interiores resulta de diferentes fatores ambientais, que agem simultaneamente, ainda que com diferentes influências e eficiências (DREVER (1982), Gorham apud FöRSTNER & WITTMANN (1983). Estes fatores são: solo, litologia, clima, morfologia, fauna, flora e tempo. Grande importância é atribuída à quantidade de precipitação e à composição química da água da chuva influenciando a composição das águas naturais.

Segundo LIVINGSTONE (1963) e HEM (1970) a variação química temporal apresentada pelas águas dos rios parece, também, bastante influenciada pela contribuição das águas subterrâneas e águas de escorrimento superficial, que entram no sistema de drenagem durante e logo após períodos de precipitação. De acordo com LIVINGSTONE (op. cit.), quando as chuvas são pesadas e, particularmente, quando concentradas em pequenos períodos de tempo, o aumento de substâncias dissolvidas nas correntes pode ser inteiramente devido às águas de

escorrimento superficial. Além da influência das misturas de águas subterrâneas e de escorrimento superficial sobre a química das águas superficiais, HEM (1970) cita ainda outros fatores como as reações da água com sólidos minerais no fundo e em suspensão, reações entre solutos, perdas de água por evaporaçào e por transpiração de plantas, além dos efeitos da matéria orgânica.

GIBBS (1970), através de suas investigações e discussões de outros autores, propõe-se a elucidar os principais mecanismos naturais que controlam a química das águas superficiais do mundo, classificando-os em 3 maiores domínios: a) da precipitação atmosférica, b) das rochas e c) de processos de evaporação-precipitação, sendo também importantes o relevo, clima e composição do material das rochas e solos sobrejacentes que, devido a sua capacidade de troca iônica, influenciam a velocidade do intemperismo e suprimento de ions para as águas de percolação e de escorrimento superficial.

As águas de subsuperfície apresentam um teor mais elevado de sólidos totais dissolvidos devido ao tempo de contato com as rochas e às condições de oxigênio e concentração de CO_2, favoráveis à dissolução de compostos minerais. Com relação às áreas em estudo, cita-se ainda o espesso manto de alteração e a porosidade (natural ou provocada por fraturamento) como fatores capazes de influenciar na circulação das águas e, consequentemente, interferir na sua composição físico-química, de modo que é esperada uma relação geral entre composição mineral das águas e dos sólidos em contato.

Na Amazônia, trabalhos relacionando a química das águas com a composição mineralógica do terreno datam de algum tempo, destacando-se, por exemplo, SIOLI & KLINGE (1962), SIOLI (1968) e KLINGE (1965),(1967). SIOLI (op. cit.) afirma que "na região amazônica, a interrelação entre hidroquímica dos sistemas de rios e a geologia de suas águas é bastante óbvia". As observações de SIOLI (op. cit.) são confirmadas por JUNK & FURCK (1980) mostrando que águas atravessando grandes extensões, com geologia semelhante, tem pH, condutividade elétrica e teor em sólidos totais dissolvidos coerentes com o substrato.

SANTOS & RIBEIRO (1988) estudaram a hidroquímica do rio Solimões-Amazonas e, entre outros aspectos, mostraram a influência dos sedimentos andinos na elevação do teor dos sólidos totais dissolvidos no rio Solimões, o que contrasta com a pobreza iônica das águas que drenam os terrenos sedimentares altamente lixiviados da Bacia Amazônica. Estes autores caracterizaram diferentes ambientes como várzeas, igapós e lagos, utilizando a composição química das águas.

4.1.3.1 - Relações entre as águas e litologias em contato nas áreas de Salobo e Pojuca.

4.1.3.1.1 - Hidroquímica da "Área Salobo"

As águas superficiais são do tipo "brandas", segundo classificação de CUSTóDIO & LLAMAS (1976). Sua dureza varia entre 4,84 e 40,55 mg/l de $CaCO_3$ (média de 21,03 mg/l), superiores em média aos valores encontrados por RUIVO & SALES

(1989) nas regiões circunvizinhas e em terrenos da Bacia Amazônica e outras regiões, conforme se observa nas Tabelas 7 e 8. As águas de subsuperfície, apesar de pouco representativas devido ao número limitado de pontos, apresentam valores de dureza um pouco mais elevados (22,03 e 101,75 mg/l $CaCO_3$) o que as classifica ainda em águas "brandas" porém com tendência a serem ligeiramente "duras".

Entre os íons principais, o Na^+ é dominante (Tabela 23). As proporções, entre eles, são: 37,81% (Na^+), 30,12% (Ca^{++}), 23,16% (Mg^{++}) e 8.91% (K^+) portanto, $Na^+ > Ca^{++} > Mg^{++} > K^+$. Esta relação mantém-se em todos os períodos estudados, excetuando-se os valores médios da 1ª campanha, onde Ca^{++} e Mg^{++} praticamente equiparam-se.

Observa-se uma ligeira predominância dos cátions alcalino-terrosos ($Ca^{++} + Mg^{++}$), em relação aos alcalinos ($Na^+ + K^+$), de aproximadamente 12%, com forte tendência ao equilíbrio, devido aos teores mais elevados do Na^+. Entre os ânions, o HCO_3^- é o principal, com as seguintes proporções: 84,91% (HCO_3^-), 10,32% (Cl^-) e 4,77% ($SO_4^=$), portanto, $HCO_3^- > Cl^- > SO_4^=$. Essa relação é observada nas duas campanhas analisadas.

Tabela 23: Valores médios (em mg/l) para cátions e ânions nas áreas Salobo e Pojuca, em águas superficiais.

	ÁREA SALOBO				ÁREA POJUCA			
Campanhas	(1ª)	(2ª)	(3ª)	MÉDIAS	(1ª)	(2ª)	(3ª)	MÉDIAS
Ca++	3.37	4.10	3.69	3.72	1.75	2.18	2.36	2.10
Mg++	3.27	2.78	2.53	2.86	2.45	2.23	2.28	2.32
Na+	5.03	4.61	4.38	4.67	2.80	2.17	2.38	2.45
K+	0.66	1.24	1.41	1.10	0.59	0.85	0.77	0.74
Ca + Mg	6.64	6.88	6.22	6.58	4.20	4.41	4.64	4.42
Na + K	5.69	5.85	5.79	5.78	3.39	3.02	3.15	3.19
HCO3-	44.08	41.00	---	42.54	3.20	30.00	---	31.00
Cl-	4.85	5.48	---	5.17	4.64	4.68	---	4.66
SO4=	1.29	3.00	2.88	2.39	1.15	1.16	2.41	1.57

Em águas de subsuperfície, apesar de não se estabelecer uma ordem preferencial para os cátions principais, em cada ponto analisado, porém, existem fortes relações dos alcalino-terrosos sobre os íons alcalinos. Estas relações confirmam, contudo, aquelas observadas em águas de superfície, mantendo-se a relação para os ânions $HCO_3^- > Cl^- > SO_4^=$.

Tomando-se os teores na forma de miliequivalentes (meq/l), que permite uma comparação direta entre os íons dissolvidos, observa-se que o Mg^{++} (Tabela 24) assume maior importância entre os cátions, contribuindo para uma sequência (em % meq/l) de $rMg^{++} > rNa^{+} > rCa^{++} > rK^{+}$ (respectivamente 34,98%, 31,53%, 28,60%, e 4,60%), observando-se ainda que na 2ª e 3ª campanhas existe forte tendência ao equilíbrio, principalmente entre rCa^{++} e rNa^{+}, que mantém-se praticamente até a relação final.

Entre os alcalino-terrosos ($rCa^{++} + rMg^{++}$) é evidente a predominância destes sobre os íons alcalinos ($rNa^{+} + rK^{+}$) com

uma diferença percentual elevada, em torno de 43%. A relação entre os ânions permanece inalterada, $rHCO_3^- > rCl^- > rSO_4^=$ (respectivamente, 78,17%, 16,94%, 5,03%).

Nas águas subsuperficiais, em cada ponto analisado, os teores (em meq/l) também evidenciam forte domínio dos metais alcalino-terrosos ($rCa^{++} + rMg^{++}$) sobre os alcalinos ($rNa^{+} + rK^{+}$), mantendo-se também as relações entre os ânions, $rHCO_3^- > rCl^- > rSO_4^=$

Tabela 24: Valores médios (em % meq/l) para cátions e para ânions nas áreas Salobo e Pojuca, em águas superficiais.

	ÁREA SALOBO				ÁREA POJUCA			
Campanhas	(1ª)	(2ª)	(3ª)	MÉDIAS	(1ª)	(2ª)	(3ª)	MÉDIAS
rCa++	25.25	30.54	30.00	28.60	17.52	26.96	26.53	23.67
rMg++	38.62	33.40	32.91	34.98	46.39	43.41	44.20	44.67
rNa+	33.31	30.24	31.03	31.53	31.17	23.69	24.66	26.51
rK+	2.81	4.91	6.08	4.60	4.36	5.94	4.61	4.97
r(Ca+Mg)	63.87	63.94	62.91	63.58	63.91	70.37	70.73	68.34
r(Na+K)	36.12	35.15	37.11	36.13	35.53	29.63	29.27	31.48
rHCO3-	80.85	75.49	---	78.17	74.70	73.34	---	74.02
rCl-	16.36	17.51	---	16.94	21.76	22.53	---	22.15
rSO4=	3.05	7.00	---	5.03	3.54	4.00	---	3.77

r= % meq/l.

A ordem de predominância dos cátions e ânions (em % meq/l) revelou águas bicarbonatadas de composição magnesiana com importantes contribuições de sódio e cálcio, o que se observa também em vários pontos individualmente.

A composição química destas águas é melhor observada através dos diagramas de Piper (Figuras 23, 24, 25, 26)

principalmente na 1ª campanha, que é representativa do período sem as influências das precipitações pluviais sobre a composição química das águas de corrente esperando-se, portanto, um maior equilíbrio entre os meios aquoso e físico em contato. Nas campanhas subsequentes a composição evolui, com tendência a águas mistas, conforme pode ser observado através da distribuição dos pontos nos diagramas. Os pontos de amostragem assim dispostos realçam também a predominância geral dos alcalino-terrosos (50%) nas águas de superfície e de subsuperfície.

4.1.3.1.2 - Hidroquímica da "Área Pojuca"

Estas águas apresentam também baixos valores de dureza, 1,29 a 35,01 mg/l de $CaCO_3$ (média de 14,65 mg/l), mais próximos dos valores encontrados por RUIVO & SALES (1989) e superiores aos valores de águas drenando terrenos sedimentares da Amazônia (Tabelas 7 e 8).

Os valores médios de cada íon apontam ainda ligeiro domínio do Na^+ como cátion principal, aparentando porém grande equilíbrio com o Mg^{++} e Ca^{++}, o que se verifica em todos os períodos analisados (Tabela 23) com uma porcentagem em peso média de 32,19% (Na^+), 30,49% (Mg^{++}), 27,60% (Ca^{++}) e 9,72% (K^+), ou seja, $Na^+ > Mg^{++} > Ca^{++} > K^+$. Os elementos alcalino-terrosos ($Ca^{++} + Mg^{++}$) predominam em relação aos metais alcalinos ($Na^+ + K^+$), com uma diferença em torno de 27,82%.

Entre os ânions a proporção é 83,27 % (HCO_3^-), 12,52 % (Cl^-) e 4,22 % ($SO_4^=$), ou seja $HCO_3^- > Cl^- > SO_4^=$ (% mg/l).

Em termos de equivalência, o Mg^{++} predomina em relação aos outros cátions (Tabela 24), com uma relação (em % meq/l) média de $rMg^{++} > rNa^+ > rCa^{++} > rK^+$ (respectivamente, 44,67%, 26,51%, 23,67% e 4,97%), observando-se que esta relação é bastante influenciada pelos valores mais elevados da % rNa^+ encontrados na 1ª campanha, uma vez que na 2ª e 3ª campanhas o valor da % rCa^{++} assume maior proporção que as respectivas % rNa^+, tendendo a um equilíbrio químico.

Os íons alcalino-terrosos (% rCa^{++} + % rMg^{++}) também mostram-se predominantes sobre os metais alcalinos (% rNa^+ + % rK^+) com uma diferença duas vezes maior (em torno de 53%). Entre os ânions perdura a relação $rHCO_3^- > rCl^- > rSO_4^=$ (respectivamente, 74,02%, 22,15% e 3,77%).

A ordem dos cátions e ânions (em % meq/l) observada em cada campanha mostra águas bicarbonatadas magnesianas em todos os períodos, com alternâncias do Ca^{++} e do Na^+ na 2ª posição, chegando a ser predominantemente magnesianas em algumas correntes.

Através das análises representadas nos diagramas triangulares de Piper, a composição bicarbonatada magnesiana das águas é bastante evidenciada, com dois pontos apenas de composição sódica. A composição química das águas na 2ª e 3ª campanhas, mostra certa modificação ocasionada principalmente pelo aumento do cálcio em solução nos períodos mais chuvosos.

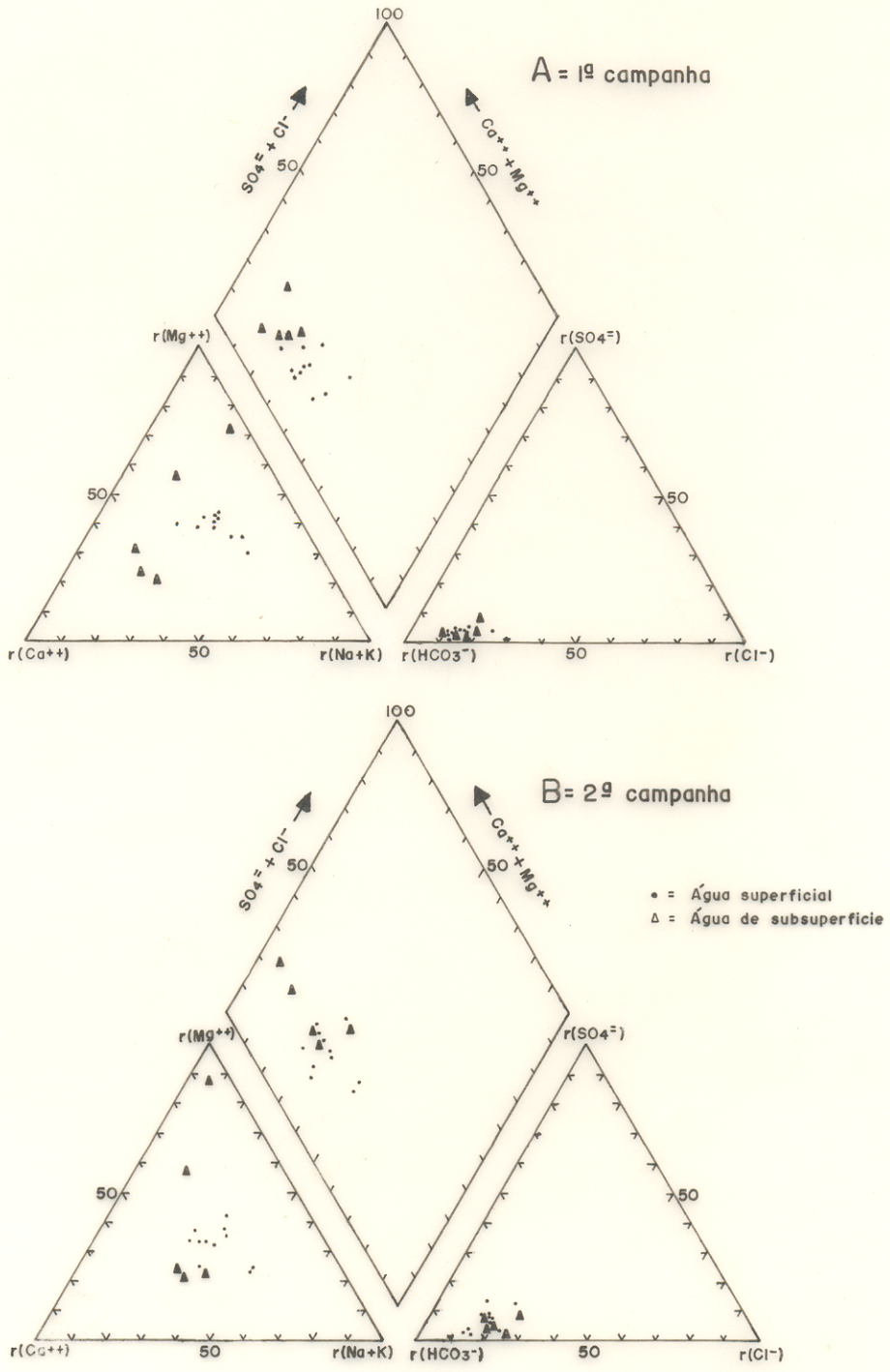


Figura 23 : Diagramas de Piper das amostras de águas superficiais e de subsuperfície da Área Salobo (r = %meq/l).

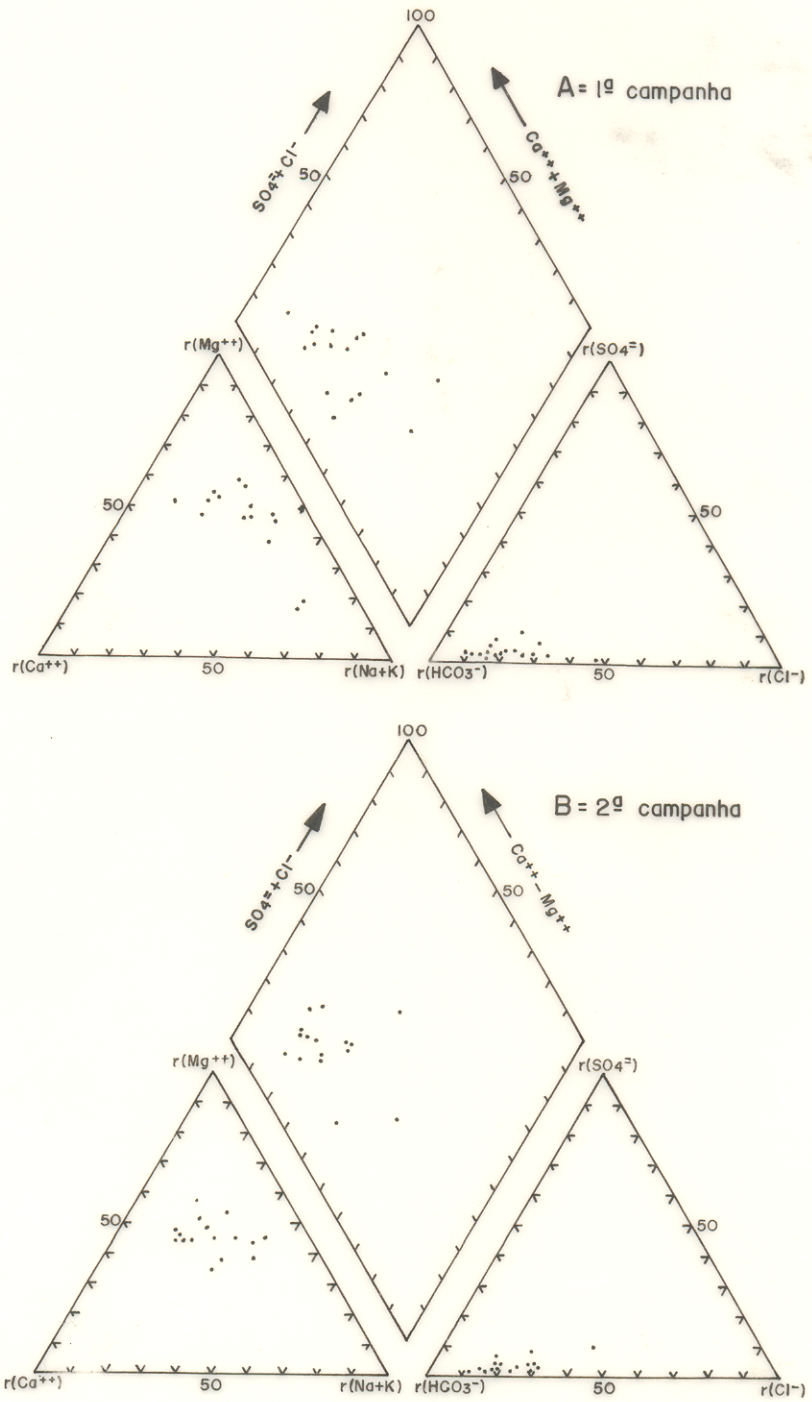


Figura 24 : Diagramas de Piper das amostras de águas superficiais da Área Pojuca (r = %meq/l)

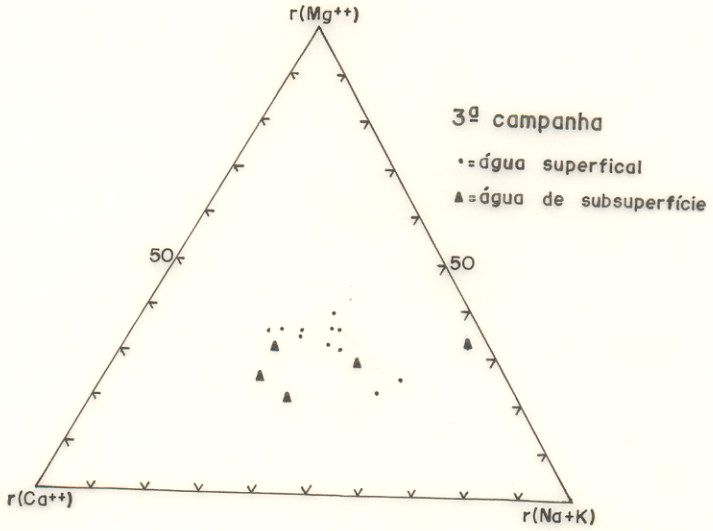


Figura 25 : Diagrama de Piper das amostras de águas superficiais e de subsuperfície da Área Salobo (r=%meq/l)

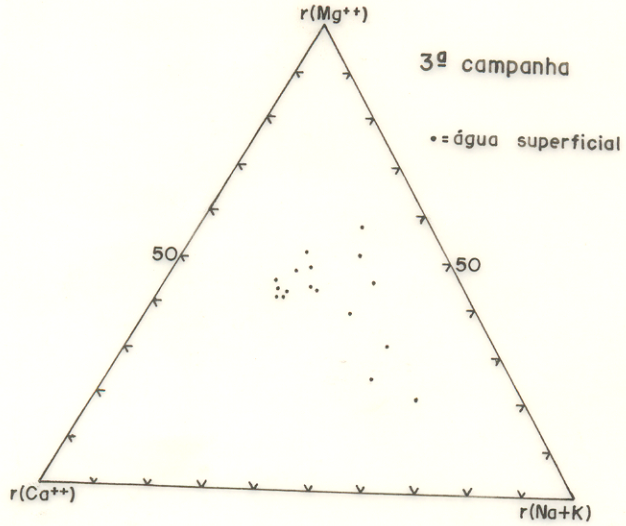


Figura 26 : Diagrama de Piper das amostras de águas superficiais da Área Pojuca (r= %meq/l)

Observa-se também a predominância dos cátions alcalino-terrosos (50%) nestas águas.

As relações obtidas entre os íons dissolvidos (em meq/l) segundo CUSTóDIO & LLAMAS (1976) e SCHOELLER (1962) podem guardar certas analogias com os terrenos percorridos pelas águas.

Entre as principais relações utilizadas, a razão rK^+ / rNa^+, de acordo com CUSTóDIO & LLAMAS (op. cit.) varia entre 0,001 e 1 em águas doces. Os valores encontrados nas três campanhas na Área Salobo variaram entre 0,05 e 0,39 (Tabela 25). Os teores médios de cada campanha mostram um aumento nesta relação devido a elevação verificada nas concentrações do K^+ e diminuição dos teores de Na^+ em períodos chuvosos (2ª e 3ª campanhas).

Em águas de subsuperfície, a relação rK^+ / rNa^+ varia entre 0,01 e 0,58, apresentando também valores mais elevados em épocas chuvosas, devido a diminuição da concentração de Na^+ (Tabela 26).

Tabela 25: Variações médias das relações entre os cátions principais em águas superficiais - "Área Salobo".

CAMPANHAS	rK+/rNa+	MÉDIAS	rMg++/rCa+	MÉDIAS
(1ª)	0.05 - 0.14	0.09	1.12 - 2.00	1.60
(2ª)	0.09 - 0.24	0.16	0.83 - 1.70	1.09
(3ª)	0.10 - 0.39	0.19	0.69 - 1.50	1.05

Tabela 26: Variações das relações entre os cátions principais em águas subsuperficiais - "Área Salobo".

CAMPANHAS	Variações de rK+/rNa+	Variações de rMg++/rCa++
(1ª)	0.03 - 0.38	0.38 - 20.11
(2ª)	0.13 - 0.58	0.43 - 16.00
(3ª)	0.01 - 0.53	0.45 - 12.36

As relações rMg++/rCa++, segundo os autores citados, variam entre 0,30 e 1,50, em águas continentais, onde valores maiores que 1 estão relacionados com terrenos ricos em rochas silicatadas magnesianas. Estas relações na "Área Salobo" variaram entre 0,69 e 2,00, segundo a Tabela 25, observando-se que os resultados obtidos em época seca mostram as maiores relações, de acordo com as médias estabelecidas em cada campanha, diminuindo em épocas chuvosas devido ao aumento das concentrações de cálcio e diminuição dos teores de magnésio. Em águas de subsuperfície, a relação rMg^{++} / rCa^{++} varia entre 0,38 e 20,11 nos períodos coletados (Tabela 26).

As relações entre os cátions (em meq/l) na "Área Pojuca", (Tabela 27) mostram variações para a razão rK^{+} / rNa^{+} no intervalo de 0,03 e 0,76 nas campanhas realizadas, observando-se através das médias de cada período, que a 1ª campanha mostra menores valores em relação à 2ª e 3ª campanhas, devido à diminuição do teor de Na^{+} em relação ao aumento do K^{+}, contribuindo para o aumento desta relação.

Tabela 27: Variações médias das relações entre os os cátions principais em águas superficiais - "Área Pojuca."

CAMPANHAS	rK+/rNa+	MÉDIAS	rMg++/rCa++	MÉDIAS
(1ª)	0.05 - 0.50	0.15	0.00 - 5.20	2.87
(2ª)	0.03 - 0.50	0.27	0.29 - 4.00	1.78
(3ª)	0.08 - 0.76	0.20	0.99 - 4.92	1.82

As relações entre rMg++ / rCa++ encontram-se entre 0,00 e 5,20, sendo mais elevadas em época de estiagem (Tabela 27), diminuindo em períodos chuvosos, ocasionado pelo aumento das concentrações do cálcio.

Nas áreas em estudo, a complexidade litogeoquímica, aliado à distribuição e número reduzido de pontos de amostragem, dificultam uma análise pormenorizada da diferenciação litológica através da geoquímica das águas. As evidências proporcionadas pelas características físico-químicas destas águas, porém, permitem algumas observações sobre a predominância de tipos litológicos e sua influência sobre a composição química do meio aquoso.

Em Salobo, por exemplo, observando-se a distribuição dos pontos na área (Figura 3), conjuntamente com o mapa geológico (Figura 5), auxiliado pela descrição sumária dos tipos litológicos aí existentes (Tabela 1), constata-se que a maioria dos pontos de amostragem de águas superficiais encontra-se presumivelmente na interfácie das litologias das formações Três Alfa e Gnaisse Cascata, além de outros que localizam-se predominantemente em terrenos do Complexo Xingu (Saw-25) e Formação Cinzento (Saw-21). Parte dos pontos de águas de

subsuperfície localiza-se no interior da Galeria G-3 e proximidades do depósito.

A ocorrência das rochas metavulcânicas e dos metassedimentos da Formação Três Alfa é assinalada nas águas superficiais e de subsuperfície através da presença marcante, em solução, do íon sódio, do cálcio e principalmente do magnésio. A maior susceptibilidade dos abundantes minerais máficos (silicatos magnesianos) presentes nas rochas desta formação é, desta forma, ressaltada através da existência de águas de composição magnesiana-sódica-cálcica (magnesianas em águas de subsuperfície), pelas relações elevadas entre os íons Mg^{++} e Ca^{++} e pelo comportamento dos cátions em épocas de maior precipitação, quando os teores de sódio e magnésio praticamente não se modificam em solução, existindo variações apenas nas concentrações do cálcio, o que contribue para o aparecimento das águas mistas verificadas nesses períodos.

Os resultados alcançados com as águas de subsuperfície só vêm ratificar este raciocínio porque são representativos, principalmente, das rochas da Formação Três Alfa (alteradas ou não), mostrando portanto a influência direta destas litologias sobre a composição química das águas, que apresenta tipos predominantemente magnesianos ou cálcicos, com forte influência de Na^{+}.

Na "Área Pojuca", são esperadas melhores relações entre o meio aquoso com as litologias, pelo fato de que grande parte dos pontos amostrados concentra-se em córregos que nascem, predominantemente, na área de influência da Formação Corpo 4,

(Figuras 3 e 6). Os pontos localizados ao longo da estrada estão sobre as litologias do Complexo Xingu e os demais (35, 37, 39 e 59) parecem influenciados por formações sedimentares (Ver Tabela 3 com o resumo das litologias).

Como resposta às predominâncias litológicas, observa-se que os pontos localizados preferencialmente próximos ao Corpo 4, apresentam os íons Mg^{++} ou Ca^{++} como dominantes (com raras exceções o Na^{+}) e onde os alcalino-terrosos são superiores aos íons alcalinos, o que caracterizaria a influência das rochas de composição básico-intermediária da Formação Corpo 4.

Nos pontos localizados ao longo da estrada, sob a influência de rochas do Complexo Xingu, predomina o Na^{+}, cuja relação entre os íons é de $(Na^{+} + K^{+})(Ca^{++} + Mg^{++})$. Exceção é observada nos pontos 51 e 55 onde o Mg^{++} é o principal, seguido do Na^{+}, prevalecendo, porém, a relação $(Ca^{++} + Mg^{++})(Na^{+} + K^{+})$; as águas representadas por estes pontos são influenciadas pelos córregos que alimentam o igarapé Pojuca (ricos em eletrólitos, principalmente cálcio e magnésio) e águas dos pontos 31 e 33, respectivamente. Nota-se, que até mesmo em pontos onde existe o domínio do íon Na^{+} a presença dos íons Mg^{++} e Ca^{++} é marcante, com valores elevados de STD e condutividade elétrica. Já os pontos 53 e 65, tipicamente sódicos, apresentam valores mais baixos para STD e condutividade elétrica.

Os pontos supostamente influenciados por terrenos sedimentares (meta-arenitos/siltitos) são extremamente pobres em Na^{+}, Ca^{++}, Mg^{++}, SiO_2, HCO_3^{-} e dureza, consequentemente com baixos valores de STD e condutividade elétrica, o que

caracteriza estes tipos de rocha.

A composição química destas águas é predominantemente magnesiana-sódica-cálcica (além de tipos magnesianos), com valores altos para as razões Mg^{++}/Ca^{++} devido a influência do Mg^{++}, caracterizando a presença de rochas de composição básica a básico-intermediárias.

Em suma, a caracterização geoquímica das águas das áreas Salobo e Pojuca, através dos cátions e ânions principais, revelou a presenca de terrenos de mineralogia predominantemente silicatada, com ocorrências litogeoquímicas semelhantes em ambas as áreas, e cuja mineralização sulfetada presente não influencia o pH das águas, fracamente ácidas a neutras, de forte capacidade tampão.

A ocorrência de águas bicarbonatadas segundo SZIKSZAY (1973) é típica de climas tropicais/subtropicais, onde o teor de sólidos totais dissolvidos é relativamente baixo, variando pouco entre as estações secas e chuvosas, o que caracteriza os terrenos altamente lixiviados ou, por outro lado certa homogeneidade litológica.

Diferenças entre as duas áreas podem ser estabelecidas quando confrontamos alguns dos constituintes químicos e parâmetros físico-químicos analisados. Entre os íons principais, o Na^{+} e o Ca^{++} mostram-se predominantes na "Área Salobo", juntamente com as concentrações de HCO_3^- e sílica, conferindo teores de STD mais elevados para esta região, refletindo, consequentemente, em maiores valores de condutividade elétrica, o que pode significar uma maior atuação de processos

intempéricos nas rochas aí existentes, resguardando-se os fatores físicos (porosidade, permeabilidade das rochas, etc..).

A influência de rochas de composição básica, revelada pela predominância de íons alcalino-terrosos dissolvidos além de outros fatores, aproxima as observações feitas para as áreas de Salobo e Pojuca, com estudos levados a efeito em terrenos de composição litológica semelhante, desenvolvidas por MAIER et al. (1986) e SZIKSZAY (1973) na Bacia do Paraná.

Outro aspecto evidenciado por MAIER et al. (op. cit.) e SZIKSZAY (op. cit.), inclui o fato de que nas águas por eles estudadas o somatório dos teores de ânions (em meq/l) é o dobro do de cátions, prevalecendo porém a ordem $Ca^{++} > Mg^{++} > Na^{+} > K^{+}$ (em % meq/l) onde, o bicarbonato predomina entre os ânions. Estes dados são concordantes também com o observado para as águas de Salobo e Pojuca cuja equivalência catiônica mostra expressivo desequilíbrio a favor dos ânions.

A hidroquímica das águas superficiais e de subsuperfície difere bastante da existente em regiões de predominância de rochas ácidas ou sedimentares (Tabelas 7 e 8).

4.1.3.2 - Utilização dos metais pesados na prospecção hidrogeoquímica

As águas das áreas em estudo são quimicamente pouco agressivas, contrariando o comportamento observado em outras regiões mineralizadas a sulfetos, onde a existência de minerais de minério bastante solúveis (como pirita ou marcassita) fornecem íons H^{+} através de sua oxidação, tornando as águas

ácidas e capazes de solubilizar novos minerais, aumentando as concentrações dos metais pesados em solução além de ânions principais como o $SO_4^{=}$, que podem ser utilizados como indicadores destas mineralizações.

O efeito do ambiente fracamente ácido a neutro existente nas regiões de Salobo e Pojuca sobre a mobilidade dos elementos químicos pode ser observado através dos baixos teores de metais pesados encontrados em solução (com exceção do zinco) contrapondo-se à sua presença marcante em fases fracamente ligadas aos sedimentos de fundo.

A distribuição dos teores dos principais elementos dissolvidos (Cu, Zn, Mn e Fe) é mostrada através das Figuras 27 e 28, onde maior atenção é dada ao Cu e Zn por serem estes elementos os constituintes principais das mineralizações em questão.

Na "Área Salobo", as mineralizações de cobre são bastante expressivas e a presença de minerais de zinco é ocasional. Assim, as concentrações do cobre dissolvido são baixas, em torno de 2,0 a 4,0 microgramas/l, porém, conteúdos anômalos (pontos 21 e 29) podem ser observados quando comparados aos teores da Tabela 28.

Embora menos presentes em fases minerais, os teores médios de zinco em solução (5-15 microgramas/l) são mais elevados que a média das concentrações de cobre, demonstrando sua maior mobilidade em relação ao 2º elemento, cujas concentrações mais elevadas observadas nos pontos 14, 21 e 27 são anômalas comparadas aos valores da Tabela 28. Alguns pontos

representativos das águas de subsuperfície (pontos 18 e 34) apresentaram teores elevados para Cu, Zn e Mn.

Tabela 28: Valores comparativos (em microgramas/l) de metais pesados em águas drenando terrenos mineralizados, não mineralizados e background mundial.

METAIS	(1)	(2)	(3)	(4) (A)		(5) (B)
Cu	0,22 - 3,20	0,50 - 16,90	18,00 - 22,00	1,77	2,00	1,80
Zn	15,40 - 20,90	13,00 - 96,00	10,00 - 16,00	---	---	0,50
Fe	60,00 -155,00	300,00 - 420,00	20,00 - 67,00	34,00	50,00	(30,00
Mn	58,00 - 87,00	40,00 - 180,00	2,00 - 5,00	19,00	20,00	(5,00
Ni	1,10 - 20,20	-------	4,00 - 11,00	0,27	0,43	0,30
Co	2,60 - 5,30	-------	4,00 - 8,00	0,06	0,10	0,05
Cd	ND	-------	2,00 - 3,00	---	---	0,07
Pb	-------	-------	11,00 - 19,00	---	---	0,20
Pt	5,40 - 7,00	6,60 - 7,40	-------	---	---	---

(1) VANDELANNOTE et al. (1983) - Mineralizaçao sultetada de Zn - Pb - Cu em argilas e quartzitos, intercalados com rochas vulcânicas básicas e ácidas.

(2) FILIPECK, CHAO & CARPENTER (1981)-Mineralização de pirita, calcopirita , esfalerita e galena em rochas vulcânicas félsicas atravessadas por diques máficos.

(3) PERHAC & WHELAN (1972) - Mineralização a Zn (esfalerita, galena, pirita, barita e florita), Tenesee, em rochas carbonatadas, dolomitas, argilas e arenitos.

(4) Gibbs apud FöRSTNER & WITTMAN (1983) - Concentrações médias de metais dissolvidos no (A) Rio Amazonas(Macapá-Brasil) e (B) Yokon (Alakanuk, Alaska).

(5) Background de metais traço (parcialmente reproduzida) em águas doces, FöRSTBER & WITTMAN (1983) - compilação de vários autores.

Na "Área Pojuca", minerais de cobre e zinco são frequentes. Os teores médios do cobre dissolvido encontram-se em uma variação bastante próxima daquela verificada para a Área Salobo (2,0 - 5,0 microgramas/l) com alguns valores mais elevados, anômalos a esta média, observados apenas na 2ª campanha nos pontos 65, 55, 31, 39, 49 e 59, provavelmente

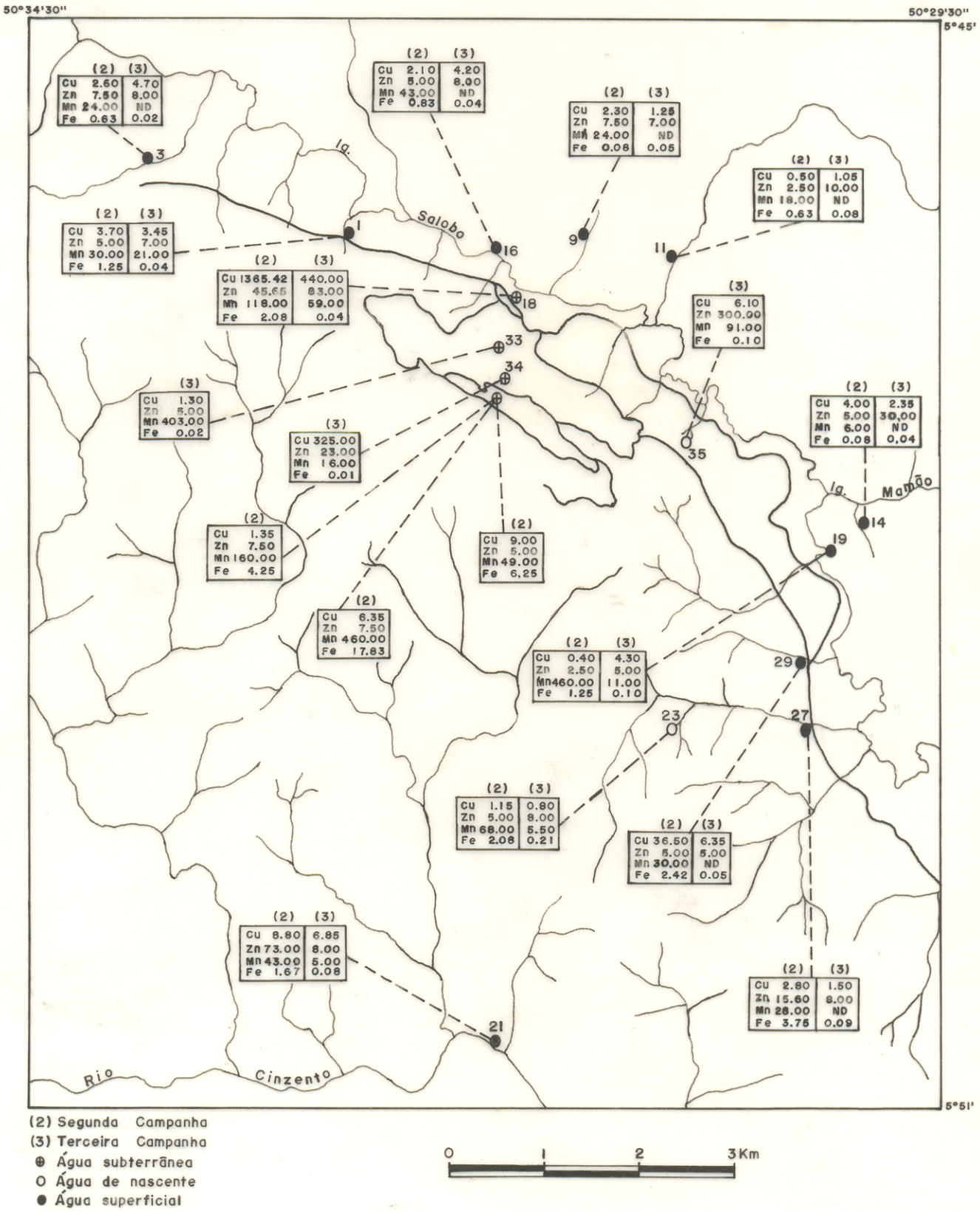


Figura 27 :Distribuição de Cu, Zn, Mn e Fe em águas superficiais/subterrânea na Área Salobo.

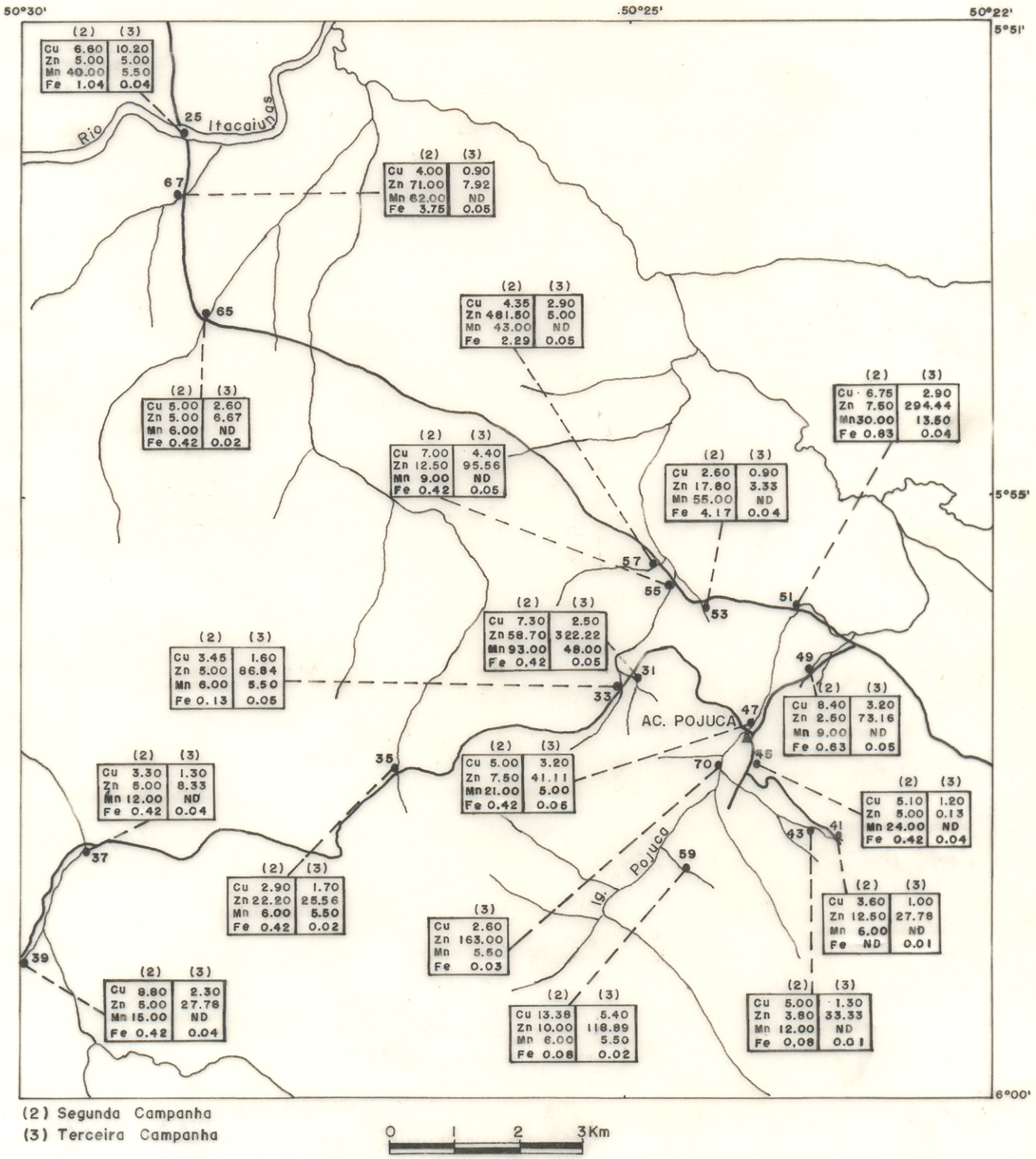


Figura 28 : Distribuição de Cu, Zn, Mn e Fe em águs superficiais na Área Pojuca.

relacionados à dissolução da calcopirita, um dos mais importantes minerais portadores de Cu presente na região.

O zinco, por sua vez, apresenta valores bastante altos e considerados anômalos pela comparação com as concentrações obtidas na "Área Salobo", onde a presença deste elemento nos minerais é pouco frequente e também quando comparados com alguns dos pontos menos influenciados pela mineralização (35, 37 e 39).

A presença de altos teores do zinco em solução deve estar associada à ocorrência de esfalerita, observando-se também que estes teores diferenciam-se positivamente de valores obtidos em outras regiões mineralizadas e do "background" mundial (Tabela 28).

As concentrações do manganês encontradas em ambas as áreas são provocadas, provavelmente, pela existência de minerais máficos, como biotita e anfibólios, em grandes quantidades nestas regiões.

Os metais pesodos no meio aquoso têm suas mobilidades afetadas através do pH de hidrólise, associando-se às diversas fases secundárias de Fe e Mn nos sedimentos de fundo, além de outros fatores.

O zinco e o níquel e, de certa forma o cádmio, apresentaram um comportamento diferente dos demais elementos-traço onde o aumento das concentrações, verificado na época mais chuvosa, parece obedecer aos efeitos dos mesmos processos a que estão submetidos alguns dos elementos maiores analisados, ou seja, à intensa lixiviação dos solos removendo os sais solúveis acumulados em prévios períodos secos. Segundo HAWKES & WEBB

(1962), o resultado destes processos é um relativo aumento no conteúdo de sais nas águas superficiais com o aumento na descarga e um declínio a níveis normais em épocas de estiagem.

Os metais derivados da lixiviação dos depósitos minerais apresentam, então, um aumento semelhante no início das chuvas, devido à ação das águas torrenciais e de escorrimento, conforme observado para as áreas de Salobo e Pojuca. Com a continuidade das chuvas, o conteúdo de metais pode diminuir a valores menores que os máximos obtidos no início das chuvas, porém, mais altos que as concentrações obtidas durante as estações secas.

Em vista destas observações e devido ao fato de que os períodos de amostragem para metais pesados deram-se somente em épocas chuvosas, optou-se por estabelecer apenas uma variação média das concentrações dos elementos químicos. Contudo, resultados mais aproximados dos níveis de "background" podem ser esperados para os valores obtidos na 2ª campanha, pelo fato de que as chuvas já estavam instaladas na região à época de sua amostragem, ao contrário da 3ª campanha que foi realizada imediatamente após um período de estiagem.

A distribuição algo errática dos teores considerados anômalos, em ambas as áreas, não conduz a uma delimitação de qualquer dos corpos de minério. A utilização dos teores de cobre como elemento farejador parece bastante limitada, devido aos baixos níveis de concentração apresentados por este elemento, necessitando talvez um número maior e, consequentemente, mais detalhado de amostragem para a obtenção de bons contrastes entre

os teores anômalos e de "background".

O zinco, devido à sua maior mobilidade, pode constituir-se em um bom elemento indicador das mineralizações de Cu-Zn na "Área Pojuca", auxiliado pelo relêvo que favorece rápidas descargas e pelas solubilidades das fases primárias ou secundárias do minério, proporcionando assim ótimos contrastes para áreas fontes, podendo as concentrações do elemento serem aplicadas em levantamentos de detalhe.

Dentre os demais elementos pesquisados, somente o níquel apresentou características anômalas, capazes de servir como auxílio na delineação de halos hidrogeoquímicos.

5 - CONCLUSÕES

O levantamento hidrogeoquímico das áreas Salobo e Pojuca proporcionou as seguintes observações e conclusões sobre a geoquímica das águas:

1) Na área Salobo, o sódio é o cátion principal, seguido de cálcio, magnésio e potássio. Em Pojuca, a relação modifica-se com Na>Mg>Ca>K, apresentando, porém, maior equilíbrio quantitativo entre eles. Em ambas as áreas, os íons alcalinos terrosos predominam em relação aos alcalinos.

Em miliequivalentes, a ordem de aparecimento dos cátions nas áreas estudadas é: rMg>rNa>rCa>rK, com destaque para o magnésio que apresenta forte influência na "Área Pojuca", realçando, desta forma, a predominância dos íons alcalino-terrosos.

Nas águas subsuperficiais da "Área Salobo" o cálcio predomina, porém, com importantes contribuições de potássio, magnésio e sódio, principalmente deste último. Os íons alcalino-terrosos também destacam-se em relação aos alcalinos.

Com relação aos efeitos das variações pluviais, as concentrações dos cátions, em geral, não sofreram grandes modificações, com exceção do potássio. Assim, cálcio e potássio são mais lixiviados, com sódio e magnésio apresentando diminuição das concentrações, ocasionada pela diluição natural.

Dentre os ânions, o bicarbonato é o principal, tanto em águas superficiais quanto de subsuperfície, seguido de cloreto e

sulfato. As concentrações de sulfato são baixas, não expressando, por conseguinte a presença das mineralizações sulfetadas, sendo atribuída sua origem a partir das litologias, juntamente com o cloreto. Destes constituintes, somente o sulfato apresenta variações expressivas com o aumento da precipitação pluvial. A sílica apresentou concentrações altas, característica de regiões tropicais, devido a atuação de processos de laterização, sendo altamente lixiviada em períodos de chuva intensa. Os elevados teores de sílica nas águas superficiais e de subsuperfície estão relacionados aos terrenos de composição silicatada das áreas em estudo.

2) A ordem de predominância dos cátions e ânions (em meq/l) mostra águas de composição magnesiana, com importantes contribuições de sódio e cálcio. Os valores de dureza evidenciam águas "brandas" (águas superficiais) ou ligeiramente "duras" (águas de subsuperfície). O pH mantém-se fracamente ácido a neutro, com forte capacidade tampão, não refletindo, dessa maneira, processos de oxidação dos sulfetos, através do aporte de íons H^+ para o meio aquoso.

3) A condutividade elétrica (CE) e os sólidos totais dissolvidos (STD), equivalem a águas sem mineralização expressiva (com raras exceções em Salobo), sem grandes variações frente às precipitações pluviais. A variação direta de STD com o aumento da intensidade das precipitações pluviais é atribuída à remoção de sais solúveis acumulados em períodos de estiagem, conforme verificado através da lixiviação de cálcio, potássio,

sílica, cloreto e sulfato nesses períodos. Tal fato destaca também, a participação das litologias e do solo, no fornecimento de íons para as correntes superficiais a exemplo do observado em outras regiões.

4) Uma dependência entre os cátions, cloreto, sílica e bicarbonato com o pH é observada. A forte correlação entre os cátions e destes com a sílica e bicarbonato, indica a presença de compostos silicatados ou bicarbonatados no estabelecimento da química das águas e, por conseguinte, sua associação geoquímica com as rochas em contato. A interdependência dos constituintes dissolvidos com a condutividade elétrica, determina uma interação efetiva entre o meio aquoso com a geologia da região, podendo a condutividade, expressar as variações da composição química das águas nos diferentes períodos do ano. As modificações do meio aquoso podem também ser acompanhadas a partir das relações entre o CO_2 livre e o oxigênio dissolvido.

5) Entre os gases dissolvidos, os teores de CO_2 livre evidenciaram a participação ativa dos solos na química das águas, através da lixiviação da camada húmica. O oxigênio mostrou quase sempre altas concentrações no meio aquoso ratificando a condição "in natura" dessas águas.

6) Os altos teores de sílica em solução e as concentrações de Na, Ca e Mg, contrastam com os resultados analíticos de águas lixiviando rochas ígneas ácidas ou sedimentares, correspondendo, contudo, aos terrenos mais permeáveis e de mineralogia mais solúvel da Formação Três Alfa, do Grupo Igarapé Salobo. O

caráter básico das rochas desta formação em relação à composição mais ácida ou intermediária das demais unidades litológicas circunvizinhas é assinalado nas águas pela preponderância dos íons alcalino-terrosos e pelas relações iônicas (rMg/rCa), compatíveis com terrenos constituídos por silicatos magnesianos ou cálcicos.

7) Os dados expressam claramente a influência das litologias da Formação Três Alfa sobre a química das águas. Porém, a complexidade litogeoquímica da região e a influência do relêvo contribuem para a mistura e homogeneização da composição química das águas de superfície, dificultando uma correlação mais íntima com as litologias.

8) Na "Área Pojuca", a distribuição dos pontos de amostragem e a geologia da região permitem o estabelecimento de relações mais claras entre as litologias e a química das águas.

As drenagens influenciadas por rochas do Complexo Xingu apresentam predomínio do íon Na^{+} com valores mais elevados de STD e condutividade elétrica que águas drenando os terrenos sedimentares (meta-arenitos/siltitos). Em contraposição, as águas em contato com as rochas da Formação Corpo 4, possuem valores elevados de STD e condutividade elétrica, com predomínio dos íons alcalino-terrosos e fortes relações rMg^{++}/rCa^{++}, que caracterizam estas litologias.

9) Ainda que existam tipos litogeoquímicos semelhantes, predominando em ambas as áreas, diferenças entre elas são estabelecidas a partir da presença constante de sódio e cálcio

na "Área Salobo", revelando também a existência de tipos litológicos sódicos ou de composição intermediária nesta região. Outros constituintes, como sílica e bicarbonato, encontram-se mais elevados na "Área Salobo", contribuindo para valores mais altos de STD e, consequentemente, de condutividade elétrica. Diferenciação litológica é observada na "Área Pojuca", onde algumas correntes drenando terrenos sedimentares apresentam baixos valores de STD e condutividade elétrica.

10) Os metais pesados em solução, são fortemente influenciados pelo pH levemente ácido à neutro e pela diluição natural, sendo encontrados fracamente ligados à "fase móvel" provavelmente devido à ação "aprisionadora" de fases oxi-hidratadas de ferro e manganês, presentes nas áreas estudadas. As concentrações mais expressivas dos metais dissolvidos acham-se representadas por Cu, Zn, Mn e Fe, destacando-se o Cu e o Zn, onde, na "Área Pojuca" o teor de zinco dissolvido é alto, estando mais concentrado nas fases mineralizadas.

Poucas correlações foram observadas entre os metais dissolvidos de ambas as áreas, cujas concentrações são influenciadas pela diluição. Fortes afinidades foram observadas, porém, entre os metais da "fase imóvel" e "móvel", que caracterizam as associações geoquímicas das áreas em estudo.

11) A utilizacão dos metais dissolvidos, como método de prospecção das minaralizações sulfetadas, parece bastante limitada para o cobre, apesar do elemento apresentar algumas análises consideradas anômalas, em águas superficiais e de

subsuperfície. O zinco, ao contrário, mostrou concentrações elevadas, com bons contrastes do background estabelecido e, devido a sua alta mobilidade, capaz de delinear halos hidrogeoquímicos importantes na "Área Pojuca".

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ORGANIZATION. 1976. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. Washington, D. C., APHA, AWWA, WPCF, 1193p.

BITTENCOURT, A. V. L. 1980. Aspectos hidrogeoquímicos da alteração intempérica de basaltos da bacia do Paraná: Bacia Hidrográfica do Jacutinga (PR). **Rev. Bras. de Geoc.**, 10(3): 202-212.

BRICKER, O.P. & GARRELS, R.M. 1967. Mineralogic factors in natural water equilibria. In: FAUST, S. D. & HUNTCH, J. V. ed. **Principles and Applications of Waters Chemistry**. New York, John Wiley & Sons, p. 449-469.

BRINGEL, S.R.B.; SANTOS, U. de M.; RIBEIRO, M. de N.G.; BENJAMIN FILHO, H. 1984. Bacia do rio Parauari-Maués-Açu. Aspectos químicos devidos às alterações hidrológicas da Bacia. **Acta Amazônica**, 14(1-2): 77-85.

BRINKMANN, W.L.F. & SANTOS, A. dos. 1971. Time dependency of hidrogen ion concentration and electric conductivity measurements in river water samples of Central Amazonia. **Acta Amazonica**, 1(2): 57-62.

BRINKMANN, W.L.F. & SANTOS, A. dos. 1973. Natural waters in Amazônia, VI Soluble calcium properties. **Acta Amazônica**, 3(2): 33-40.

CAMERON, E.M. 1977. Geochemical dispersion in lake waters and sediments from massive sulphide mineralization, Agrícola Lake Area, Northwest Territories. **Jour. Geochem. Explor.**, 7:327-348.

CETESB. 1978. **Análises físico-químicas de águas. Normalização técnica, saneamento ambiental-NT 07**. São Paulo, CETESB.

CUSTÓDIO, E. & LLAMAS, M.R. 1976. **Hidrologia Subterrânea**. Barcelona, Omega. v.1, p. 1019-1095.

DAVIS, S.N. 1964. Silica in streams and groundwater. **Am. Journ. Sci.**, 262, p.870-891.

DEERING , M. F.; MOHR, E. T. T.; SYPNIEWSKI, B. F.; CARLSON, E. H. 1983. Regional hydrogeochemical patterns in groundwater of Northweastern, Ohio and their relation to Mississipi Valley-Type mineral occurences. **Jour. of Geoch. Explor.**, 19: 225-241.

DOCEGEO. 1981. **Projeto Cobre Carajás, Jazidas Salobo 3A e 4A**. Belém. v. 1, p. 207.

DOCEGEO. 1984. **Projeto Cobre-Pojuca**. Belém. v. 1, 149p.

DOCEGEO. 1987. Lithostatigraphic review of the Carajás District and Southern Para - Brazil. In: IUGS. PRECAMBRIAN EVOLUTION OF THE AMAZONIAN REGION, CARAJAS. Final meeting of the working group, Carajás, 1987. **Extended abstracts**.Carajás. p.11-19.

DOCEGEO. 1988. Geologia Regional das Cabeceiras do Igarapé Aquiri, extremo oeste da Província Mineral de Carajás (PA). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 35., Belém, 1988. **Anais**. Belém, SBG. v. 6, p.2704-2712.

DREVER, J. I. 1982. **The geochemistry of natural waters**. London, Prentice-Hall. 385p.

EDWARDS, A.M.C. & LISS, P.S. 1973. Evidence for buffering of dissolved silicon in fresh waters. **Nature**. 243(8): 341-342.

FARIAS, N.F.; SANTOS, A.B.S.; BIAGINI, D.O.; VIEIRA, E.A.P.; MARTINS, L.P.B.; SAUERESSIG, R. 1984. Jazida de Cu e Zn da Área Pojuca, Serra dos Carajás-PA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33., Rio de Janeiro, 1984. **Anais**. Rio de Janeiro, SBG. v. 3, p.3658-3668.

FELLER, M.C. & KIMMINS, J.P. 1979. Chemical characteristics of small streams near Harrey in Southwestern British Columbia. **Water Resources Research**, 15(2). 247-258.

FERGUSON, R. B. & PRICE Jr., V. 1976. National Uranium Resource Evaluation (NURE) Program - Hidrogeochemical and stream sediment reconnaissance in the Eastern United States. **Jour. of Geochm. Explor.**, 6: 103-117.

FERNANDES, H.M.; AZEVEDO, H.L.P. de ; BARCELOS NETO, C. de C. 1987. Investigação da Poluição do Arroio Pavuna, Rio de Janeiro, por metais pesados através do uso do sedimento como parâmetro geoquímico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUíMICA, 1., Rio de Janeiro, 1987. **Anais**. Rio de Janeiro, SBG, v.2, p.171-183.

FILIPEK, L. H.; CHAO, T. T.; CARPENTER, R. H. 1981. Factories affecting, partitioning of Cu, Zn and Pb in boulder coatings and stream sediments in the vicinity of a polymetallic sulfide deposits. **Chem. Geol.**, 33: 45-64.

FöRSTNER, U. & WITTMANN, G. T. W. 1983. **Metal pollution in the aquatic environment**. Berlin, Springer-Verlag. 475p.

GALLO, G & SINELLI, O. 1980. Estudo hidroquímico e isotópico das águas subterrâneas na região de Ribeirão Preto (SP). **Rev. Bras. de Geoc.**, 10: 129-140.

GARRELS, R.M. & CHRIST, C.L. 1965. **Solutions, minerals and equilibria**.New York, Harper and Row, 450p.

GIBBS, R. J. 1970. Mechanisms controlling world water chemistry. **Science**, 170: 1088-1090.

HAWKES, H. E. & WEBB, J. S. 1962. **Geochemistry in mineral explorations**. New York, Harper and Row. 415p.

HEM, J.D. 1970. Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Waters. **U. S. Geol. Surv. Water - Supply Paper**, 1473. 363p.

HIRATA, W.K. 1982. Geologia Regional. In: SIMPóSIO DE GEOLOGIA DA AMAZôNIA, 1., Belém, 1982. **Anais**. Belém, SBG. p.9-20.

HOAG, R. B. & WEBB, G. R. 1976a. Hydrogeochemical exploration and sources of anomalous waters. **Jour. of Geochem. Explor.**, 5: 39-57.

HOAG, R. B. & WEBB, G. R. 1976b. Significance for mineral exploration of suphate concentrations in groundwaters. **CIM. Bull.**, 69(776): 86-91.

JOHNSON, N. M.; LIKENS, G. E.; BORMANN, F. H. 1968. Rate of chemical weathering of silicates minerals in New Hampshire. **Geochem. Cosmochim. Acta**, 32: 1-668.

JUNK, W. J.; & FURCK, K. 1980. Química da água e macrófitas aquáticas de rios e igarapés na Bacia Amazônica e nas áreas adjacentes. **Acta Amazônica**. 10(3): 611-633.

KLINGE, H. 1965. Podzol soils in the Amazon basin. **Jour. Soil Sci.**, 16: 95-103.

KLINGE, H. 1967. Podzol soils: a source of blackwater rivers in Amazônia. In: Simpósio sobre a biota amazônica, Belém, 1967. **Atas**. Belém, CNPq, v. 3, p. 117-125.

LAHERMO, P. 1970. Chemical geology of ground and surface waters in finnish lapland. **Bulletin de la Comission Geologique de Finland**. 242: 106p.

LEVINSON, A. A. 1974. **Introduction to exploration geochemistry**. Wilmette, Applied Publisching Ltda. 614p.

LIMA, W.N & KOBAYASHI, C.N. 1988. Sobre o quimismo predominante nas águas do sistema flúvio-estuarino de Barcarena, Pa. **Geochem. Bras.**, 2(1):53-71.

LIVINGSTONE, D.A. 1963. Chemical composition of rivers and lakes.**U.S. Geol. Surv. Prof. Paper**. 440 G. 64p.

LOUGHNAN, F. C. 1962. Some considerations in the weathering of the silicate minerals. **Jour. Sediment. Petrol.**, 32(2): 284-290.

LOUGHNAN, F. C. 1969. **Chemical weathering of the silicate minerals**. New York, American Elsevier Pub. Co. 154p.

MARTINS, L. P. B.; SAUERESSIG, R.; VIEIRA, M.A.M. 1982. Aspectos petrográficos das principais jazidas da Sequência Salobo. In: SIMPóSIO DE GEOLOGIA DA AMAZôNIA, 1., Belém, 1982. **Anais**. Belém, SBG. v.2, p. 253-262.

MATTHESS, G. 1982. **The properties of groundwater**. New York, John Willey & Sons. 406p.

MARGALEF, R. 1983. **Limnologia**. Barcelona, Omega. 1010p.

MAIER, M. H.; TAKINO, M.; TOLENTINO, M. 1986. Ecologia da Bacia do Jacaré Pepira: íons dominantes, São Paulo - Brasil. **Bol. Inst. Pesca**, 13(1): 135-151.

MEDEIROS NETO, F. A. de. 1985. Geologia da jazida de Cu-Zn do Corpo 4E-Pojuca, Serra dos Carajás. In: SIMPóSIO DE GEOLOGIA DA AMAZôNIA, 2., Belém, 1985. **Anais**. Belém, SBG. v. 3, p. 97-112.

MEYER, D.J.K & FARIAS, N.F. 1980. O depósito de cobre de Salobo 3 Alfa. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31., Belém, 1980. **Resumo das comunicações**. Belém, SBG, v.2, p.282.

MILLER, W.R. & DREVER, J.I. 1977. Chemical weathering and related control on surface water chemistry in the Absaroka Mountains, Wyoming. **Geochim. Cosmochim. Acta**.41(12):1693-1702.

MUSEU PARAENSE EMíLIO GOELDI. 1988. **Projeto estudos e preservação de recursos humanos e naturais na área do projeto Ferro-Carajás**; Relatório final. Belém. 315 p.

NORTCLIFF, S. & THORNES, J.B. 1978. Water and cation movement in a tropical rainforest environment. **Acta amazônia**, 8(2): 245-258.

PERHAC, R. M. & WHELAN, C. J. 1972. A comparison of water, suspended solid and bottom sediment analyses for geochemical prospecting in a northeaste Tennessee zinc district. **Jour. of Geochem. Explor.**, 1: 47-53.

PIRES, J. M. 1973. Tipos de vegetação da Amazônia. **Publ. Avulsa Mus. Par. Emílio Goeldi**, 20:179-202.

POLZER, W. L. 1967. Geochemical control of solubility of aqueous sílica. In: FAUST, S.D. & HUNTCH, J. V. ed. **Principles and Applications of Waters Chemistry**. New York, John Wiley & Sons, p. 505-517.

RAMOS, J. F. da F. 1985. Sobre os halos de dispersão de metais básicos em sedimentos de correntes das áreas Granja e Salobo 3A, Serra de Carajás. In: SIMPóSIO DE GEOLOGIA DA AMAZôNIA, 2., Belém, 1985. **Anais**. Belém, SBG. v.2, p.265-237.

ROSE, A.W.; HAWKES, H.E.; WEBB, J.S. 1979. **Geochemistry in Mineral Exploration**. 2 ed. London, Academic Press. 657p.

ROBINSON, G. D. 1981. Adsorption of Cu, Zn and Pb near sulfide deposits by hydrous manganese-iron coatings on stream alluvium. **Chemical Geology**, 33:65-79.

RUIVO, M. de L.P. & SALES, M.E. da C. 1989. Monitoramento da qualidade da água na área do projeto Ferro-Carajás - Um subsídio para o estudo ambiental. In: **BOL. MUS. PAR. EMíLIO GOELDI. Série Ciências da Terra**. Belém, 1(1):12-24.

SANTOS, U. de M. & RIBEIRO, M. de N.G. 1988. A hidroquímica do rio Solimões-Amazonas. **Acta Amazônica**, 18(3-4): 145-172.

SAUERESSIG, R. 1988. Depósito de cobre e zinco do Corpo Quatro, Pojuca. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 35., Belém, 1988. **Anais**. Belém, SBG, v.6, p.115-119.

SCHOELLER, M. 1962. **Les eaux souterraines**. Paris, Masson, 642p.

SHäFER, A. 1985. **Fundamentos de ecologia e biogeografia das águas continentais**. Porto Alegre, Editora da Universidade. 532p.

SILVA, G.G. da; LIMA, M.I.C. de; ANDRADE, A.R.F. de; ISSLER, R.S.; GUIMARÃES, G. 1974. Geologia das Folhas SB-22 Araguaia e parte de SC-22 Tocantins. In: BRASIL. DNPM. Projeto RADAM. **Folha SB. 22 Araguaia e parte da Folha SC.22 Tocantins**; geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, p.1-143. (Levantamento de Recursos Naturais, 4).

SIOLI, H. 1957. Valores de pH de águas amazônicas. In: **BOL. MUS. PAR. EMíLIO GOELDI**, Belém. (Série Geologia). 1(1):1-37.

SIOLI, H. & KLINGER, H. 1962. Solos, tipos de vegetação e águas na Amazônia. In: **BOL. MUS. PAR. EMíLIO GOELDI, Nova Série**, Belém, 1:27-41.

SIOLI, H. 1968. Hidrochemistry and Geology in the Brazilian Amazon Region. **Amazoniana**, 1(3). 267-277.

SOUZA, H. B. de & DERíZIO, J. C. 1977. **Guia técnico de coleta de amostras de água**. São Paulo. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB). 275p.

STEVENS, R.E. 1934. Studies on the alkalinity of some silicate minerals. **U.S. Geol. Survey Prof. Paper**, 185 - A, p.1-13.

SZIKSZAY, M. 1973. Dados hidrogeoquímicos de rios da Bacia do Paraná. BOLETIM **IG. Inst. de Geociências-USP**, 4: 97-108.

SZIKSZAY, N.; REBOUÇAS, A. da C.; ELLERT, N. 1976. Aspectos geoquímicos das águas subterrâneas da região de Bertioga, Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**, 6(3): 137-145.

SZIKSZAY, M. & TEISSEDRE, J.M. 1977. Análise hidrogeoquímica preliminar das fontes dos arredores da Bacia de São Paulo. **Revista Brasileira de Geociências**, 7(1): 32-44.

SZIKSZAY, M. & TEISSEDRE, J.M. 1978. Análise hidrogeoquímica preliminar das fontes da região das águas de Lindóia. **Revista Brasileira de Geociências**. 8(4): 235-248.

TOLEDO-GROKE, M. C.; PROST, D.; ILDEFONSE, P.; MELFI, A.J.; DELVIGNE, J.; PARISOT, J.C. 1985. Alteração dos minerais da zona supérgena da Formação cuprífera do Salobo 3A (Serra dos Carajás)-Localização do cobre nos produtos secundários. **Revista Brasileira de Geociências**, 15(4): 293-299.

VANDELANNOOTE, R.; BLOMMAERT, W.; SADURSKI, A.; VAN`TDACK, L.; GIJBELS, R.; VAN GRIEKEN, R.; BOSCH, B.; LELEU, M.; ROCHON, J.; SARCIA, C.; SUREAU, J.F. 1984. Trace-Elemental anomalies in surface water near a small lead-zinc mineralization at Menez-Albot (Brittany, France). **Jour. of. Geochim. Explor.**, 20: 33-46.

VAN LOOM, J. C. 1985. **Selected methods of trace metals analysis biological and environmental samples**. New York, John Willey & Sons. 351 p.

VIANA, A.; FARIAS, N.; SAUERESSIG, R. 1982 . Jazida de Cobre Salobo 3A - **Ciências da Terra**, Salvador, v. 5: 13-18.

VIEIRA, E.A. de P.; SAUERESSIG, R.; SIQUEIRA, J.B.; SILVA, E.R.P. da; CASTRO, F.D.C. de. 1988. Caracterização geológica da jazida polimetálica do Salobo 3A - reavaliação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 35., Belém. 1988. **Anexo aos anais**. Belém, SBG, p. 97-111.

WETZEL, R.G. 1975. **Limnology**. Philadelphia, W. B. Saunders Company. 733p.

ANEXO A

Tabela 1: Pontos amostrados e características principais - Área Salobo

PONTOS	TIPO	CARACTERÍSTICA DA ÁGUA	CARACTERÍSTICA DO SEDIMENTO
SaW-1	água superficial	ig. de água clara, corrente, 2-3m de largura, raso	arenoso com silte
SaW-3	" "	ig. de água clara, corrente, 4m de largura, raso	areno - argiloso
SaW-9	" "	ig. de água clara, corrente, 1m de largura, raso	arenoso
SaW-11	" "	ig. de água clara, corrente, 6-8m de largura, raso	arenoso
SaW-14	" "	ig. de água clara, baixa veloc., 3m de largura, raso	arenoso - siltico
SaW-16	" "	ig. de água levemente amarelada, corrente, 10m de larg., raso	arenoso - siltico
SaW-19	" "	ig. de água clara, corrente, 10m de largura, raso	arenoso - siltico
SaW-21	" "	ig. cinzento, água clara, corrente, profundo	arenoso
SaW-25	" "	rio Itacaiúnas, água amarela, corrente, profundo	arenoso
SaW-27	" "	ig. de água amarelada, baixa veloc., correndo em tubo	argilo - arenoso
SaW-29	" "	ig. de água clara, corrente, 1m de largura, raso	argilo - arenoso
SaW-5	galeria FA85 LT900SE (cota 230m)	água clara, correndo em tubo PVC, através de fratura	-
SaW-6	galeria (cota 208m) marco 609-601	água clara, fluindo através de fratura na rocha	-
SaW-8	galeria LT1050SE marco 649-601	água clara, fluindo através de fratura na rocha	-
SaW-18	furo (cota 204.2m) (PC-TR-02)A	água amarelada	-
SaW-23	água de nascente	água clara, pouco movimentada	areno - argiloso
SaW-31	gal. (cota 246-889)	água clara	-
SaW-32	gal. (cota 256-005)	água clara	-
SaW-33	furo (prof.425.31m)	água amarelada	-
SaW-34	poço próx. às gal.	água clara	-
SaW-35	água de nascente	água amarelada	

Tabela 2: Pontos amostrados e características principais - "Área Pojuca"

PONTOS	TIPO	CARACTERÍSTICA DA ÁGUA	CARACTERÍSTICA DO SEDIMENTO
PoW-31	água superficial	ig. de água clara, corrente, 1m de largura, raso	arenoso com silte
PoW-33	"	ig. de água clara, corrente, 5m de largura, raso	arenoso
PoW-35	" "	ig. de água clara, corrente, 1m de largura, raso	arenoso
PoW-37	" "	ig. de água clara, corrente, 5m de largura, profundo	arenoso
PoW-39	" "	ig. de água clara, corrente, 3m de largura, profundo	arenoso com silte
PoW-41	" "	ig. de água clara, corrente, 1m de largura, raso	arenoso
PoW-43	" "	ig. de água clara, corrente, 1m de largura, raso	arenoso
PoW-45	" "	ig. de água clara, corrente, 1m de largura, raso	siltico - argiloso
PoW-47	" "	ig. de água clara, corrente, 5m de largura, profundo	arenoso
PoW-49	" "	ig. de água clara, corrente, 1m de largura, raso	arenoso
PoW-51	" "	ig. de água clara, corrente, 3m de largura, profundo	arenoso
PoW-53	" "	ig. de água clara, corrente, 2m de largura, raso	arenoso
PoW-55	" "	ig. de água clara, corrente, 2m de largura, raso	arenoso
PoW-57	" "	ig. de água clara, baixa veloc., 1m de largura, raso	arenoso com silte
PoW-59	" "	ig. de água clara, corrente, 3m de largura, profundo	arenoso
PoW-65	" "	ig. de água clara, corrente, 1m de largura, raso	argiloso
PoW-67	" "	ig. de água clara, corrente, 1m de largura, raso	arenoso
PoW-70	" "	ig. de água clara, corrente, 3m de largura, profundo	arenoso

TABELA 3: Resultados analíticos para cátions e ânions (mg/l)
(Águas Superficiais) - Á R E A S A L O B O (1ª Campanha)

PONTOS	Ca++	Mg++	Na+	K+	SiO2	SO4=	Cl-	Alcal.	HCO3-	STD	Cond.	pH	Dureza	CO2	ToC
SaW-01	5,43	6,58	9,25	0,85	39,86	0,80	6,63	59,57	72,68	143,37	110,00	6,90	40,55	12,36	26,00
SaW-03	1,44	1,43	3,00	0,56	16,29	0,80	3,06	21,48	26,21	53,50	37,00	6,60	9,46	8,24	24,00
SaW-09	0,82	0,68	2,00	0,29	11,57	ND	4,08	13,67	16,68	36,26	20,00	6,10	4,84	9,47	26,00
SaW-11	4,92	3,35	3,50	0,60	24,86	0,80	4,08	38,08	46,46	89,14	61,00	6,70	26,04	9,88	25,00
SaW-14	2,50	2,01	3,50	0,43	17,14	1,90	4,59	32,22	39,31	71,52	38,00	6,40	14,49	8,24	25,00
SaW-16	2,96	2,48	3,15	0,61	18,43	1,50	4,08	32,22	39,31	73,33	50,00	6,70	17,57	8,24	27,00
SaW-19	3,19	2,57	3,50	0,60	21,00	1,40	4,34	28,32	34,55	72,01	50,00	6,50	18,51	10,30	27,00
SaW-21	2,50	2,76	4,25	0,73	29,79	1,90	4,08	35,15	42,88	90,03	50,00	6,60	17,57	14,41	27,00
SaW-25	3,43	3,93	8,72	0,79	23,57	1,00	5,61	36,13	44,08	91,43	75,00	7,40	24,69	10,30	30,00
SaW-27	4,92	4,80	6,00	0,99	25,71	0,80	5,10	48,83	59,58	111,61	85,00	6,30	31,98	26,77	25,00
SaW-29	4,92	5,37	8,50	0,85	37,29	2,00	7,65	51,75	63,14	131,15	95,00	7,20	34,32	18,53	25,00

TABELA 4: Resultados analíticos para cátions e ânions (mg/l)
(Águas Superficiais) - Á R E A S A L O B O (2ª Campanha)

PONTOS	Ca++	Mg++	Na+	K+	SiO2	SO4=	Cl-	Alcal.	HCO3-	S T D	Cond.	pH	Dureza	Co2L	O2D	ToC
SaW-01	5,94	6,25	8,66	1,39	34,29	1,20	7,73	56,77	69,26	135,97	115,00	7,16	40,48	10,66	7,10	24,00
SaW-03	2,59	1,94	3,60	0,88	21,21	1,00	5,15	28,81	29,05	66,05	50,00	6,23	14,43	8,53	7,20	24,00
SaW-09	4,72	2,41	3,19	1,00	30,86	1,65	4,12	33,88	41,33	89,36	60,00	6,26	21,68	17,00	6,10	26,00
SaW-11	5,44	2,86	3,11	1,25	25,29	1,15	4,12	36,62	44,68	88,53	60,00	6,54	25,33	10,66	7,20	25,00
SaW-14	2,95	1,71	2,58	0,55	22,71	1,80	4,64	25,64	31,28	68,30	48,00	6,46	14,39	10,66	7,00	25,00
SaW-16	3,86	2,41	3,41	0,88	21,86	3,57	4,64	31,73	38,71	80,17	60,00	6,49	19,53	10,66	7,90	27,00
SaW-19	4,15	2,63	3,41	1,00	22,29	3,85	5,15	32,05	39,10	86,19	65,00	6,64	21,16	10,66	7,20	26,00
SaW-21	2,44	1,48	4,62	1,50	27,57	1,80	4,64	25,64	31,28	69,56	50,00	6,05	12,17	10,66	6,90	26,00
SaW-25	4,43	2,86	4,90	2,00	19,71	4,10	6,70	38,46	46,92	92,66	70,00	7,55	22,80	10,66	7,10	28,00
SaW-27	3,30	1,71	6,35	1,43	31,29	5,95	4,64	30,22	36,87	95,29	62,00	6,25	15,26	15,00	4,90	25,00
SaW-29	5,31	4,35	6,85	1,75	30,43	6,95	8,76	34,80	42,46	109,78	95,00	7,33	31,11	12,79	7,00	27,00

Alcal. = Alcalinidade (mg/l de CaCO3)
S T D = Sólidos Totais Dissolvidos (soma dos constituintes dissolvidos em mg/l)
Cond. = Condutividade Elétrica(micromhos/cm)
N D = não detectado
Co2L = Co Livre (mg/l)
2

TABELA 5: Resultados analíticos para cátions e ânions (mg/l)
(Águas Superficiais) - Á R E A S A L O B O
(3ª Campanha)

PONTOS	Ca++	Mg++	Na+	K+	SiO2	SO4=	pH	Dureza	ToC
SaW-01	5,50	5,06	7,56	1,90	64,29	2,40	7,30	34,50	24,00
SaW-03	2,40	1,60	3,59	0,59	25,71	2,80	6,20	12,79	24,00
SaW-09	4,10	2,26	3,13	0,73	31,14	1,80	6,50	19,52	24,00
SaW-11	5,21	2,75	3,31	0,92	34,71	2,20	6,60	24,30	24,00
SaW-14	2,79	1,76	2,66	0,52	35,14	1,90	6,40	14,19	25,00
SaW-16	3,15	1,98	3,59	1,48	25,29	3,70	6,80	15,99	25,00
SaW-19	4,11	2,59	3,50	1,08	43,29	2,80	7,00	20,89	25,00
SaW-21	1,76	1,32	4,00	2,63	26,14	4,00	6,30	9,81	25,00
SaW-25	3,15	2,86	3,69	2,00	21,86	2,90	6,70	19,60	29,00
SaW-27	3,08	1,60	6,06	1,83	34,29	4,10	6,50	14,26	26,00
SaW-29	5,21	4,07	7,09	1,80	42,43	3,20	7,00	29,71	26,00

TABELA 6: Resultados analíticos para cátions e ânions (mg/l)
(Águas Superficiais) - Á R E A P O J U C A
(1ª Campanha)

PONTOS	Ca++	Mg++	Na+	K+	SiO2	SO4=	Cl-	Alcal.	HCO3-	S T D	Cond.	pH	Dureza	CO2L	ToC
POW-31	3,85	3,75	3,00	0,78	32,57	0,80	4,59	37,11	45,27	94,90	60,00	6,50	25,00	14,41	23,00
POW-33	2,02	3,13	2,00	0,59	19,93	0,55	4,34	26,37	32,17	64,80	48,00	6,60	17,88	16,47	24,00
POW-35	0,24	0,18	1,10	0,09	3,00	0,11	4,59	6,84	8,34	18,94	10,00	7,00	1,34	16,47	26,00
POW-37	0,85	1,43	1,80	0,51	9,43	0,80	6,12	16,60	20,25	41,69	28,00	7,00	7,99	20,59	25,00
POW-39	1,07	1,51	2,00	0,50	9,43	0,75	5,61	21,48	26,21	47,65	30,00	7,10	8,87	8,24	25,00
POW-41	2,50	2,81	1,00	0,55	20,79	0,60	4,59	29,30	35,75	60,19	45,00	8,00	17,77	12,36	25,00
POW-43	3,61	3,50	2,80	0,73	23,57	0,50	5,10	35,15	42,99	83,07	55,00	7,70	23,38	12,36	26,00
POW-45	4,92	5,54	3,50	0,76	34,29	1,00	4,59	48,82	59,56	114,30	75,00	8,10	35,01	12,36	26,00
POW-47	0,63	1,84	1,50	0,50	11,14	1,00	3,57	18,55	22,63	43,02	28,00	7,00	9,12	8,24	23,00
POW-49	1,07	3,13	4,80	0,55	22,71	1,00	4,34	29,30	35,75	73,73	50,00	6,70	15,51	14,41	23,00
POW-51	0,71	2,01	1,50	0,55	13,71	1,40	4,59	21,48	26,21	51,25	40,00	6,80	10,02	12,36	24,00
POW-53	0,63	0,52	2,80	0,90	20,40	2,70	4,08	18,55	22,63	58,90	30,00	6,60	3,71	22,65	24,00
POW-55	1,78	2,76	2,00	0,69	21,43	0,85	3,57	26,37	32,18	65,69	40,00	6,70	15,77	14,41	24,00
POW-57	1,30	1,33	6,50	0,64	34,29	2,05	5,10	38,08	46,45	101,96	60,00	7,50	18,13	14,41	25,00
POW-59	0,63	1,33	1,50	0,50	13,93	0,45	4,59	15,62	19,06	41,99	25,00	6,00	7,03	12,36	24,00
POW-65	ND	0,96	1,50	0,52	13,93	1,15	4,34	13,67	16,68	39,51	20,00	6,30	3,94	8,24	24,00
POW-67	2,26	3,63	7,50	0,72	45,43	3,85	5,10	40,04	48,85	121,91	70,00	6,50	20,53	26,77	25,00

Alcal. = Alcalinidade (mg/l CaCO3)
S T D. = Sólidos Totais Dissolvidos (soma dos constituintes dissolvidos)
CO2L = CO2 Livre (mg/l)
ND = Não Detectado

TABELA 7 Resultados analíticos para cátions e ânions (mg/l)
(Águas Superficiais) - Á R E A P O J U C A (2ª Campanha)

PONTOS	Ca++	Mg++	Na+	K+	SiO2	SO4=	Cl-	Alcal.	HCO3-	S T D	Cond.	pH	Dureza	CO2 L	ToC	O2 D
Pow-31	3,92	3,30	2,50	1,21	30,00	1,20	4,64	34,80	42,46	89,65	60,00	6,42	23,33	12,80	25,00	7,20
Pow-33	2,44	2,63	1,56	0,71	17,57	1,15	4,12	24,72	30,16	60,47	45,00	6,84	16,88	12,80	25,00	7,90
Pow-35	0,17	0,21	0,42	0,02	3,00	1,45	4,64	7,33	8,94	20,67	12,00	7,67	1,29	6,40	24,00	7,90
Pow-37	1,36	1,04	1,25	0,89	6,43	1,05	5,67	17,40	21,23	39,34	28,00	6,31	7,66	8,53	25,00	8,20
Pow-39	1,59	1,13	1,41	0,88	8,57	1,10	5,15	17,40	21,23	41,48	30,00	7,32	8,61	8,53	28,00	8,20
Pow-41	3,41	2,41	1,41	0,75	19,71	1,25	5,15	31,13	37,98	72,07	50,00	8,40	18,41	8,53	24,00	7,30
Pow-43	4,15	3,30	1,95	0,89	22,07	1,24	5,15	32,97	40,22	79,05	51,00	7,88	23,91	9,38	25,00	7,30
Pow-45	5,63	4,56	2,80	1,03	32,00	0,95	4,12	44,87	54,74	106,25	70,00	8,22	32,77	10,66	25,00	8,20
Pow-47	1,45	1,94	0,81	0,44	8,79	0,94	4,12	16,48	20,11	39,12	27,00	7,02	11,58	10,66	24,00	7,90
Pow-49	1,73	2,86	2,65	0,38	19,71	1,05	4,90	28,39	34,64	68,55	43,00	6,46	16,05	17,05	24,00	7,90
Pow-51	1,31	1,48	1,10	0,44	14,14	0,53	3,86	16,94	20,67	44,36	30,00	6,26	4,46	23,45	25,00	1,60
Pow-53	1,31	0,29	2,34	1,28	15,64	1,95	4,38	15,57	19,00	50,36	30,00	6,26	4,46	23,45	25,00	1,60
Pow-55	2,22	2,18	1,80	1,39	19,71	0,75	4,12	22,89	27,93	60,52	40,00	6,10	14,49	8,53	25,00	7,40
Pow-57	1,34	3,39	5,53	1,39	33,86	0,32	5,15	33,88	41,33	94,60	68,00	7,17	17,25	14,92	26,00	7,00
Pow-59	1,53	1,13	0,81	0,33	13,50	1,15	5,15	19,23	23,46	47,14	28,00	5,94	8,46	8,53	24,00	7,50
Pow-65	0,74	1,04	0,99	0,88	9,86	0,75	4,12	13,74	16,73	35,53	20,00	6,26	6,11	10,66	24,00	7,20
Pow-67	2,73	4,96	7,62	1,61	31,50	3,05	5,15	37,71	43,57	103,94	70,00	6,38	27,16	23,45	25,00	2,00

TABELA 8: Resultados analíticos para cátions e ânions (mg/l)

(Águas Superficiais) - Á R E A P O J U C A
(3ª Campanha)

PONTOS	Ca++	Mg++	Na+	K+	SiO2	SO4=	pH	Dureza	ToC
Pow-31	4,11	3,08	2,66	1,15	42,43	2,20	6,60	22,90	24,00
Pow-33	2,79	2,75	2,00	0,63	25,29	2,60	7,20	18,25	24,00
Pow-35	0,37	0,39	0,69	0,10	5,57	2,10	4,70	2,52	24,00
Pow-37	1,76	1,60	1,69	0,33	38,57	2,40	7,00	10,96	25,00
Pow-39	1,76	1,60	1,91	0,30	19,93	2,20	6,90	10,96	25,00
Pow-41	3,15	1,53	1,88	0,59	69,86	1,90	7,50	18,25	26,00
Pow-43	4,18	3,08	2,38	0,98	36,64	2,10	7,40	23,08	26,00
Pow-45	5,87	4,90	3,31	1,17	63,64	2,10	7,70	34,77	26,00
Pow-47	1,47	1,76	1,25	0,44	22,71	2,50	6,50	10,89	25,00
Pow-49	3,81	2,97	1,81	2,35	39,00	2,20	6,80	21,70	26,00
Pow-51	1,76	1,93	1,50	0,50	35,57	2,50	6,70	12,31	25,00
Pow-53	1,10	0,66	3,03	1,48	10,00	3,20	6,70	5,46	26,00
Pow-55	2,49	2,75	2,19	0,85	110,57	2,60	6,80	17,50	25,00
Pow-57	2,27	4,07	6,06	0,83	55,29	2,70	6,90	22,36	28,00
Pow-59	1,25	1,43	1,13	0,38	66,86	2,20	6,20	8,99	24,00
Pow-65	0,59	1,76	1,44	0,50	41,14	2,40	6,20	8,69	26,00
Pow-67	2,79	2,52	7,00	0,96	68,14	3,50	6,30	17,31	26,00
Pow-70	1,03	1,32	0,94	0,25	16,28	2,40	6,60	7,99	26,00

Alcal. = Alcalinidade (mg/l CaCO3)
S.T.D. = Sólidos Totais Dissolvidos (soma dos constituintes dissolvidos)
CO2L= CO2 livre (mg/l)

Tabelas 9, 10, 11: Resultados analíticos para cátions e ânions(mg/l).
(Águas de Subsuperfície) - Á R E A S A L O B O

Tabela 9: (1ª Campanha)

Pontos Amostrad.	Ca++	Mg++	Na+	K+	SiO2	SO4=	Cl-	Alcal.	HCO3-	STD	Cond. Livre	pH	Dureza	CO2	T°C	O2 Dissolvido
SaW - 05	6,47	8,04	3,00	1,81	47,57	2,80	9,69	51,75	63,14	146,47	130,00	6,85	49,14	35,00	27,00	--
SaW - 06	18,21	4,31	11,18	1,85	47,14	8,70	13,26	71,28	86,96	196,91	190,00	7,10	63,95	41,00	26,00	--
SaW - 08	24,62	8,97	9,25	0,86	49,50	2,70	10,20	131,83	160,83	267,36	225,00	6,95	98,33	20,60	26,00	--
SaW - 18	22,50	6,25	9,50	1,19	30,00	1,10	6,63	55,66	67,91	152,22	180,00	6,90	81,86	57,66	27,00	--
SaW - 23	1,78	22,02	13,53	0,64	51,43	2,70	18,36	133,78	163,21	277,24	225,00	7,00	94,73	51,48	25,00	--

Tabela 10: (2ª Campanha)

SaW - 05	7,81	10,00	2,65	2,71	40,71	3,25	10,31	52,19	63,67	145,36	120,00	6,90	60,53	32,00	26,00	5,00
SaW - 18	5,63	1,94	3,41	0,88	27,43	3,60	6,18	40,29	49,15	100,00	80,00	5,39	22,03	81,00	27,00	4,00
SaW - 23	2,44	23,33	2,34	0,75	45,43	2,00	20,61	127,28	155,28	254,26	190,00	6,82	101,75	34,00	24,00	3,40
SaW - 31	7,22	2,41	6,57	2,43	41,36	4,55	11,34	37,54	45,80	139,51	115,00	7,83	27,93	41,00	26,00	5,20
SaW - 32	11,64	3,08	7,93	2,00	38,57	3,90	11,34	64,10	78,20	162,91	140,00	6,58	41,73	66,00	26,00	5,40

Tabela 11: (3ª Campanha)

Pontos Amostrados	Ca++	Mg++	Na+	K+	SiO2	SO4=	pH	Dureza	T°C
SaW - 18	4,99	2,40	3,31	1,30	49,29	1,85	5,20	22,40	26,00
SaW - 23	2,64	19,80	71,00	0,68	63,86	2,65	6,80	87,78	27,00
SaW - 33	24,20	9,00	13,19	1,90	61,29	3,35	6,40	97,48	24,00
SaW - 34	2,64	1,80	3,41	3,05	41,36	1,95	5,30	13,82	26,00
SaW - 35	5,87	1,60	4,75	1,80	60,86	2,95	6,00	21,24	26,00

Alcal. = Alcalinidade (mg/l)
STD = Sólidos Totais Dissolvidos
(soma dos constituintes dissolvidos)
Cond. = Condutividade elétrica micromhos/cm).

Tabela 12: Resultados analíticos para Metais Pesados (microgramas/l). Águas Superficiais - "Área Salobo"
(1ª, 2ª e 3ª Campanhas)

AMOSTRAS	Cobre		Zinco		Manganês		Níquel		Cádmio		Chumbo		Cobalto		Ferro *		
	(2)	(3)	(2)	(3)	(2)	(3)	(2)	(3)	(2)	(3)	(2)	(3)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)
Saw - 01	3,70	3,45	5,00	7,00	30,00	21,00	0,36	4,60	0,25	0,57	0,22	0,97	0,30	ND	1,29	1,25	0,04
Saw - 03	2,60	4,70	7,50	8,00	24,00	ND	0,15	2,67	0,45	0,45	0,60	ND	0,39	ND	0,71	0,63	0,02
Saw - 09	2,30	1,25	7,50	7,00	24,00	ND	1,70	2,67	0,43	0,48	1,61	1,47	0,39	ND	0,14	0,08	0,05
Saw - 11	0,50	1,05	2,50	10,00	18,00	ND	ND	2,23	0,67	1,83	0,56	2,39	0,39	ND	0,57	0,63	0,08
Saw - 14	4,00	2,35	5,00	30,00	6,00	ND	0,30	4,55	0,35	1,03	0,66	1,61	0,13	ND	0,14	0,08	0,04
Saw - 16	2,10	4,20	5,00	8,00	43,00	ND	0,07	2,38	0,42	0,17	0,26	0,40	0,53	ND	0,86	0,83	0,04
Saw - 19	0,40	4,30	2,50	5,00	460,00	11,00	0,15	3,00	0,37	0,84	0,49	1,21	3,00	ND	0,86	1,25	0,10
Saw - 21	8,80	6,85	73,00	8,00	43,00	5,50	ND	2,38	0,59	0,17	2,10	ND	0,46	0,14	1,14	1,67	0,08
Saw - 25	6,60	10,20	5,00	5,00	40,00	5,50	0,30	3,50	0,41	1,97	5,86	0,97	0,39	0,20	0,29	1,04	0,04
Saw - 27	2,80	1,50	15,60	8,00	28,00	ND	4,00	2,67	0,60	0,17	3,14	ND	0,53	0,14	3,71	3,75	0,09
Saw - 29	36,50	6,35	5,00	5,00	30,00	ND	0,36	1,73	0,66	0,41	3,33	0,49	0,39	ND	1,43	2,92	0,05

* Ferro em mg/l
ND - Não detectado.

Tabela 13: Resultados analíticos para Metais Pesados (microgramas/l). Águas superficiais - "Área Pojuca"

(1ª, 2ª e 3ª campanhas)

AMOSTRAS	Cobre		Zinco		Manganês		Níquel		Cádmio		Chumbo		Cobalto		Ferro		
	(2)	(3)	(2)	(3)	(2)	(3)	(2)	(3)	(2)	(3)	(2)	(3)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)
Pow - 31	7,30	2,50	58,70	322,22	9,30	48,00	0,30	3,00	0,46	0,03	1,63	ND	0,20	ND	0,29	0,42	0,05
Pow - 33	3,45	1,60	5,00	86,84	6,00	5,50	0,30	1,73	0,42	0,10	1,21	0,62	0,13	ND	0,07	0,13	0,05
Pow - 35	2,90	1,70	22,20	25,56	6,00	5,50	1,25	2,08	0,39	ND	3,42	ND	0,13	ND	ND	0,42	0,02
Pow - 37	3,30	1,30	5,00	8,33	12,00	ND	ND	2,38	0,54	1,09	1,21	ND	0,13	ND	0,14	0,42	0,04
Pow - 39	8,80	2,30	5,00	27,78	15,00	ND	0,43	2,38	0,39	1,32	2,20	0,62	0,13	ND	0,57	0,42	0,04
Pow - 41	3,60	1,00	12,50	27,78	6,00	ND	0,75	1,73	0,08	0,06	1,88	ND	0,13	ND	0,14	ND	0,01
Pow - 43	5,00	1,30	3,80	33,33	12,00	ND	1,25	2,38	0,45	0,24	3,47	ND	0,33	ND	0,43	0,08	0,01
Pow - 45	5,10	1,20	5,00	0,13	24,00	ND	ND	2,08	0,25	0,31	0,77	ND	0,39	ND	0,14	0,42	0,04
Pow - 47	5,00	3,20	7,50	41,11	21,00	5,50	ND	2,38	0,70	0,24	1,13	ND	0,33	ND	0,21	0,42	0,05
Pow - 49	8,40	3,20	2,50	73,16	9,00	ND	0,21	1,91	0,48	0,70	2,99	ND	0,33	ND	0,43	0,63	0,05
Pow - 51	6,75	2,90	7,50	294,44	30,00	13,50	0,15	2,67	0,43	0,80	1,00	ND	0,39	ND	0,57	0,83	0,04
Pow - 53	2,60	0,90	17,80	3,33	55,00	ND	ND	1,36	0,45	0,31	1,63	ND	0,53	ND	4,29	4,17	0,04
Pow - 55	7,00	4,40	12,50	95,56	9,00	ND	0,43	2,38	0,41	0,31	2,05	0,26	0,13	ND	0,43	0,42	0,05
Pow - 57	4,35	2,90	481,50	5,00	43,00	ND	0,15	4,36	0,60	0,89	0,39	0,75	0,39	ND	2,00	2,29	0,05
Pow - 59	13,38	5,40	10,00	118,89	6,00	5,50	0,30	2,38	0,44	ND	4,89	ND	0,13	ND	ND	0,08	0,02
Pow - 65	5,00	2,60	5,00	6,67	6,00	ND	ND	1,73	0,49	0,31	0,90	ND	0,13	ND	0,43	0,42	0,02
Pow - 67	4,00	0,90	71,00	7,92	62,00	ND	ND	1,73	0,45	0,06	2,10	ND	0,39	ND	4,57	3,75	0,05
Pow - 70	--	2,60	--	163,00	--	5,50	ND	1,36	--	0,17	--	0,53	--	ND	--	--	0,03

ND - Não detectado.
-- - Ponto não amostrado.
* Ferro em mg/l

Tabela 14: Resultados analíticos para Metais Pesados (microgramas/l) em águas subsuperficiais - "Área Salobo"

AMOSTRAS	Ferro			Cobre		Zinco		Manganês		Níquel		Cádmio		Chumbo		Cobalto	
	(1)	(2)	(3)	(2)	(3)	(2)	(3)	(2)	(3)	(2)	(3)	(2)	(3)	(2)	(3)	(2)	(3)
SAW-05	4,00	4,25	--	1,35	--	7,50	--	160,00	--	0,58	--	0,39	--	2,13	--	2,58	--
SAW-06	5,00	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
SAW-08	0,43	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
SAW-18	7,14	2,08	0,04	1365,0	440,0	45,65	83,00	118,00	59,00	6,50	7,10	1,24	0,34	19,10	0,13	2,25	0,41
SAW-23	3,57	2,08	0,21	1,15	0,80	5,00	8,00	68,00	5,50	ND	2,08	0,41	0,48	0,48	0,49	0,53	ND
SAW-31	--	17,83	--	6,35	--	7,50	--	460,00	--	4,00	--	0,63	--	0,84	--	6,21	--
SAW-32	--	6,25	--	9,00	--	5,00	--	49,00	--	ND	--	0,38	--	0,49	--	0,46	--
SAW-33	--	--	0,02	--	1,30	--	5,00	--	403,00	--	3,00	--	0,75	--	1,19	--	0,07
SAW-34	--	--	0,01	--	325,00	--	23,00	--	16,00	--	7,10	--	0,97	--	3,76	--	2,10
SAW-35	--	--	0,10	--	6,10	--	300,00	--	91,00	--	4,09	--	0,52	--	0,26	0,13	0,27

1,2 e 3 (1ª, 2ª e 3ª campanhas)
ND - Não detectado
(-) Ponto não amostrado
* Ferro em mg/l

TABELA 15: Resultados analíticos de Metais Pesados
(Sedimentos) - ÁREA SALOBO (2a. Campanha)

METAIS / PONTOS	COBRE		ZINCO		MANGANÊS		FERRO		CROMO		COBALTO		NIQUEL		CÁDMIO		CHUMBO	
	M.T.	M.Ad.	M.T.	M.Ad.	M.T.	M.Ad.	M.T.	M.Ad.	M.T.	M.Ad.	M.T.	M.Ad	M.T.	M.Ad.	M.T.	M.Ad.	M.T.	M.Ad.
SAS - 01	338,68	40,63	37,63	56,82	369,47	225,00	9,44	0,50	35,92	1,80	25,66	6,25	71,84	1,56	-	0,02	-	1,11
SAS - 03	104,35	48,05	52,18	13,14	469,58	436,80	4,59	1,05	106,96	7,77	10,44	12,48	33,91	4,99	-	0,05	-	1,62
SAS - 09	7,74	6,25	17,73	26,79	113,45	412,50	0,72	0,35	28,36	1,70	5,16	12,50	5,16	15,00	-	0,08	-	0,28
SAS - 11	50,53	13,75	95,73	26,79	478,67	850,00	8,30	1,25	119,67	6,67	61,27	18,00	34,57	6,25	-	0,08	-	1,17
SAS - 14	115,62	57,45	47,30	16,16	273,29	199,84	8,20	0,95	57,81	3,52	18,39	8,74	26,28	5,00	-	0,07	-	1,50
SAS - 16	139,76	55,81	52,51	15,15	802,96	1300,10	6,71	0,74	66,07	4,10	25,41	12,27	30,49	3,68	-	0,15	-	0,82
SAS - 19	75,08	31,13	69,04	9,17	1170,23	435,75	4,56	0,75	44,00	4,65	10,36	7,47	20,71	2,49	-	0,02	-	0,72
SAS - 21	28,86	11,25	24,60	5,26	587,78	62,48	1,78	0,62	26,24	2,77	5,25	3,00	7,87	2,02	-	0,07	-	1,11
SAS - 23	15,53	6,84	4,85	3,28	72,49	12,45	1,76	0,92	5,18	1,15	7,77	2,49	7,77	3,73	-	0,12	-	0,60
SAS - 25	138,01	9,86	30,25	9,73	552,04	234,27	2,04	0,49	115,00	3,95	6,39	3,95	15,33	3,70	-	0,10	-	2,38
SAS - 27	461,23	61,95	22,17	4,56	172,33	204,44	11,05	0,89	86,16	1,62	27,88	6,20	50,69	2,68	-	-	-	1,21
SAS - 29	252,86	105,49	19,76	30,14	273,94	1389,92	5,58	2,04	39,51	2,94	18,44	17,37	23,71	3,72	-	0,10	-	1,34

M.T = Metal Total
M.Ad.= Metal Adsorvido
Ferro= expresso em %.

TABELA 16: Resultados analíticos de Metais Pesados

(Sedimentos) - ÁREA SALOBO (3a. Campanha)

METAIS / PONTOS	COBRE		ZINCO		MANGANÊS		FERRO		CROMO		COBALTO		NIQUEL		CÁDMIO		CHUMBO	
	M.T.	M.Ad.	M.T.	M.Ad.	M.T.	M.Ad.	M.T.	M.Ad.	M.T.	M.Ad.	M.T.	M.Ad.	M.T.	M.Ad.	M.T.	M.Ad.	M.T	M.Ad.
SAS - 01	382,48	58,88	42,79	9,07	424,98	436,62	9,44	0,64	61,39	1,50	33,05	7,35	59,03	2,30	-	0,05	-	1,38
SAS - 03	136,22	55,08	63,91	15,12	686,19	391,68	5,05	0,69	85,77	4,16	17,66	9,79	35,32	6,73	-	0,08	-	1,53
SAS - 09	15,23	8,73	25,38	37,40	182,72	523,53	1,22	0,35	21,57	4,90	6,34	9,97	6,34	18,07	-	0,12	-	0,61
SAS - 11	61,73	13,67	106,84	30,13	504,11	781,52	9,88	1,04	126,03	8,68	28,29	19,85	41,15	7,44	-	0,08	-	1,61
SAS - 14	142,84	45,82	58,94	37,41	326,48	152,74	8,16	1,09	77,09	3,64	22,67	6,98	31,74	8,73	-	0,09	-	0,53
SAS - 16	1193,21	662,31	39,67	239,17	1157,67	1925,61	15,33	0,74	124,40	2,84	45,70	33,16	33,00	15,33	-	0,08	-	1,66
SAS - 19	81,82	30,13	62,50	546,84	745,46	491,04	5,09	0,63	68,19	3,06	22,73	8,93	11,36	4,46	-	0,09	-	1,59
SAS - 21	38,28	16,36	32,90	9,84	689,00	1145,38	3,25	0,79	14,35	2,55	4,78	13,09	11,96	2,92	-	0,22	-	2,29
SAS - 23	104,76	24,99	27,83	197,42	188,57	124,95	7,54	0,92	117,86	7,68	20,95	8,00	34,05	3,75	-	-	-	1,69
SAS - 25	20,39	8,72	27,08	196,79	367,06	535,57	1,63	0,50	40,43	1,70	7,65	3,99	12,75	2,49	-	0,05	-	0,83
SAS - 27	220,77	30,56	41,07	54,44	321,29	224,55	8,83	1,95	49,08	1,50	28,91	6,99	36,80	1,87	-	0,03	-	2,00
SAS - 29	299,63	87,53	19,37	28,38	413,28	1601,54	6,61	1,24	49,08	1,35	20,66	16,88	31,00	3,72	-	-	-	1,16
SAS - 35	531,91	178,99	-	18,53	531,91	931,96	10,64	34,04	-	0,16	-	56,34	-	11,74	-	0,23	-	0,78

M.T = Metal Total
M.Ad.= Metal Adsorvido
Ferro= expresso em %.

TABELA 17: Resultados analiticos para Metais Pesados

(Sedimentos) - ÁREA POJUCA (2ª Campanha)

METAIS / / / /PONTOS	COBRE		ZINCO		MANGANÊS		FERRO		CROMO		COBALTO		NIQUEL		CÁDMIO		CHUMBO	
	M.T.	M.Ad.	M.T.	M.Ad.	M.T.	M.Ad.	M.T.	M.Ad.	M.T.	M.Ad.	M.T.	M.Ad.	M.T.	M.Ad.	M.T.	M.Ad.	M.T.	M.Ad.
POS - 31	670,50	73,01	78,31	11,72	1013,66	2165,63	18,37	1,24	89,75	3,64	36,96	40,84	68,63	6,81	-	0,03	-	0,94
POS - 33	667,49	37,97	43,32	1,97	1098,78	622,50	20,85	0,42	154,04	2,76	51,35	18,92	64,18	6,47	-	-	-	0,66
POS - 35	65,54	32,40	25,60	7,87	76,47	12,46	5,35	0,92	174,78	8,97	19,12	2,49	27,31	16,20	-	-	-	1,11
POS - 37	56,36	22,45	32,02	19,07	368,89	573,62	4,30	0,50	76,85	4,12	17,93	11,22	25,62	8,73	-	0,08	-	0,22
POS - 39	78,47	42,99	88,06	61,17	669,57	423,64	7,32	1,05	125,54	8,88	28,77	17,94	36,62	12,46	-	0,05	-	0,72
POS - 41	257,16	76,97	113,33	94,66	696,48	2098,14	10,30	1,32	273,23	10,43	37,50	58,35	99,11	26,07	-	0,12	-	0,33
POS - 43	711,05	121,25	165,10	41,96	811,12	1975,00	14,33	1,05	200,15	8,06	34,24	37,50	68,47	11,15	-	0,13	-	0,33
POS - 45	395,00	30,50	60,14	3,78	770,49	514,28	13,46	0,22	219,44	4,62	34,14	11,96	87,78	2,99	-	-	-	0,21
POS - 47	365,12	48,75	32,37	16,18	372,89	425,00	11,60	0,75	119,12	4,67	28,48	10,00	36,25	3,75	-	0,07	-	3,12
POS - 49	171,27	16,88	14,38	1,32	92,03	12,50	7,98	0,35	38,34	5,64	25,56	1,00	20,45	4,40	-	-	-	0,61
POS - 51	224,28	28,14	26,48	10,30	279,10	391,52	8,97	0,34	54,82	1,80	19,94	6,12	29,90	5,29	-	0,03	-	1,14
POS - 53	234,36	19,38	24,41	5,26	416,64	562,50	12,29	1,05	114,58	2,90	26,04	6,00	28,64	1,70	-	0,08	-	0,67
POS - 55	256,20	36,88	28,82	13,24	368,93	537,50	10,35	0,55	76,86	2,33	20,05	7,50	33,31	3,75	-	-	-	0,94
POS - 57	352,38	38,08	46,37	201,47	233,16	1326,00	10,39	2,14	68,89	2,51	21,20	9,83	26,50	2,46	-	0,02	-	1,04
POS - 59	223,69	156,75	37,00	16,50	473,69	564,30	5,79	0,88	98,69	9,22	19,74	25,08	16,45	12,54	-	-	-	0,56
POS - 65	143,47	42,50	28,53	6,58	114,77	125,00	5,84	0,88	88,69	4,25	20,87	5,00	33,91	1,56	-	-	-	1,22
POS - 67	44,19	10,77	10,74	1,26	127,67	35,91	2,55	0,48	17,19	2,10	9,82	0,96	14,73	1,63	-	-	-	3,35

TABELA 18: Resultados analiticos para Metais Pesados

(Sedimentos) - ÁREA POJUCA (3a. Campanha)

METAIS / / / /PONTOS	COBRE		ZINCO		MANGANÊS		FERRO		CROMO		COBALTO		NIQUEL		CÁDMIO		CHUMBO	
	M.T.	M.Ad.	M.T.	M.Ad.	M.T.	M.Ad.	M.T.	M.Ad.	M.T.	M.Ad.	M.T.	M.Ad.	M.T.	M.Ad.	M.T.	M.Ad.	M.T.	M.Ad.
POS - 31	349,23	434,88	39,36	68,34	469,45	2112,25	8,70	4,95	74,43	12,63	22,90	35,78	34,35	29,82	-	0,10	-	0,55
POS - 33	513,04	31,20	50,46	287,04	1114,62	923,52	19,58	0,50	145,84	1,84	46,88	21,96	52,09	0,62	-	0,05	-	0,83
POS - 35	77,34	23,59	24,17	9,93	-	-	5,41	1,13	-	4,25	19,34	15,09		6,41	-	-	-	0,84
POS - 37	62,72	15,51	44,80	553,87	465,95	132,93	4,84	0,13	67,20	2,30	11,20	3,54	11,20	3,32	-	0,06	-	0,49
POS - 39	96,96	24,98	47,61	20,71	397,06	193,04	7,02	0,50	113,12	4,66	18,47	4,54	30,00	3,41	-	0,03	-	0,66
POS - 41	281,15	57,55	120,49	70,74	753,08	1234,97	12,65	0,91	386,58	10,07	45,18	39,57	105,43	17,39	-	0,06	-	0,85
POS - 43	510,89	180,00	143,88	95,31	524,85	2725,00	10,61	2,88	178,67	13,13	27,92	47,50	50,25	26,25	-	0,17	-	0,78
POS - 45	381,69	44,83	65,33	9,18	825,28	1195,68	13,62	0,50	175,37	4,82	33,53	24,91	77,37	6,85	-	0,02	-	0,39
POS - 47	333,37	68,79	46,76	286,00	484,99	584,45	11,35	0,95	98,03	4,15	28,38	14,92	33,54	6,84	-	0,10	-	11,07
POS - 49	211,91	64,71	29,96	357,43	151,37	579,28	12,71	0,54	45,41	1,85	25,23	17,75	25,73	3,08	-	0,03	-	1,26
POS - 51	222,31	42,45	33,54	143,58	367,96	1722,93	8,59	0,62	38,33	1,63	25,55	18,98	25,55	6,24	-	0,07	-	0,89
POS - 53	233,63	26,17	27,89	4,59	430,50	174,44	13,44	1,89	99,75	2,47	21,00	4,86	31,50	3,12	-	0,03	-	1,16
POS - 55	263,71	77,16	35,90	168,00	334,21	833,82	9,50	0,08	46,99	2,24	20,89	11,20	31,33	7,47	-	0,03	-	0,94
POS - 57	342,91	52,37	54,51	253,56	232,12	436,45	10,97	2,17	42,20	1,77	26,38	12,97	26,38	3,74	-	0,02	-	0,94
POS - 59	275,66	211,14	30,59	23,38	329,76	496,80	8,04	0,75	144,27	6,15	20,61	14,90	38,64	13,66	-	0,07	-	0,83
POS - 65	155,18	29,93	28,62	3,94	91,78	99,76	5,09	0,30	104,30	2,54	27,98	3,99	38,16	1,87	-	0,07	-	2,05
POS - 67	43,24	6,88	23,84	270,83	132,25	262,50	3,97	0,75	12,72	0,50	20,35	4,00	12,72	1,25	-	-	-	1,50
POS - 70	114,84	61,20	114,84	26,36	344,51	500,76	4,59	0,78	63,16	4,86	11,48	17,80	14,35	8,35	-	0,04	-	0,74

MT = Metal Total

M.Ad = Metal Adsorvido

Ferro= expresso em %

Tabela 19: Matriz de correlação entre propriedades e constituintes maiores em águas superficiais - "Area Salobo"

		Ca++	Mg++	Na+	K+	SiO2	SO=4	pH	Cl-	Alc.	HCO3-	STD	Cond.	Dur.	CO2	O2
	1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
O2	2	0,13	0,23	-0,25	-0,17	-0,54	-0,31	0,29	0,18	0,13	0,10	-0,12	0,07	0,21	-0,74	1,00
	3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	1	0,54	0,57	0,43	0,75	0,48	-0,03	-0,02	0,45	0,58	0,58	0,58	0,56	0,57		
CO2	2	0,21	-0,05	0,11	0,11	0,61	0,34	-0,14	-0,12	-0,02	0,04	0,24	0,06	0,03	1,00	
	3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
	1	0,96	0,99	0,84	0,84	0,89	-0,22	0,55	0,80	0,97	0,97	0,97	0,98			
Dureza	2	0,92	0,97	0,66	0,37	0,52	0,06	0,71	0,72	0,91	0,92	0,92	0,03	1,00		
	3	0,94	0,97	0,63	0,08	0,79	-0,36	0,86	--	--	--	--	--			
Conduti	1	0,90	0,99	0,91	0,87	0,89	-0,23	0,63	0,83	0,95	0,95	0,97				
vidade	2	0,78	0,96	0,85	0,48	0,60	0,25	0,72	0,84	0,87	0,87	0,96	1,00			
	3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--				
	1	0,90	0,98	0,86	0,85	0,95	-0,04	0,56	0,83	0,98	0,98					
STD	2	0,82	0,91	0,84	0,49	0,70	0,25	0,65	0,70	0,89	0,91	1,00				
	3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--					
	1	0,92	0,97	0,81	0,84	0,91	-0,08	0,49	0,79	0,79						
HCO3-	2	0,84	0,91	0,67	0,39	0,51	-0,06	0,64	0,56	0,98	1,00					
	3	--	--	--	--	--	--	--	--	--						
Alcalini	1	0,92	0,97	0,81	0,84	0,91	-0,08	0,49	0,79							
dade	2	0,80	0,92	0,68	0,36	0,48	-0,12	0,62	0,58	1,00						
	3	--	--	--	--	--	--	--	--							
	1	0,68	0,83	0,88	0,60	0,78	0,19	0,61								
Cl-	2	0,51	0,78	0,76	0,59	0,31	0,44	0,83	1,00							
	3	--	--	--	--	--	--	--								
	1	0,48	0,58	0,76	0,51	0,57	-0,02									
pH	2	0,65	0,70	0,51	0,62	0,02	0,39	1,00								
	3	0,76	0,87	0,59	0,25	0,74	--									
	1	-0,26	-0,19	-0,10	-0,24	0,06										
SO4=	2	0,10	0,04	0,36	0,48	0,13	1,00									
	1	-0,43	-0,29	0,32	0,71	-0,31										
	1	0,80	0,91	0,81	0,77											
SiO2	2	0,46	0,52	0,69	0,24	1,00										
	3	0,73	0,78	0,65	0,03											
	1	0,77	0,86	0,78												
K	2	0,36	0,35	0,62	1,00											
	3	-0,10	0,20	0,53												
	1	0,70	0,89													
Na	2	0,43	0,73	1,00												
	3	0,49	0,69													
	1	0,91														
Mg	2	0,82	1,00													
	3	0,85														
Ca		1,00														

* (-) Coleta e/ou análise não realizada
1,2,3 (1ª, 2ª e 3ª campanhas)

* Correlação significativa para β menor ou igual a 0 05
β= nivel de significância

Tabela 20 Matriz de correlação entre propriedades e constituintes maiores em águas superficiais - "Area Pojuca"

		Ca++	Mg++	Na+	K+	SiO2	SO=4	pH	Cl-	Alc	HCO3-	STD	Cond	Dur	CO2	O2
	1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
O2	2	0,05	-0,10	-0,58	-0,54	-0,27	-0,75	0,30	-0,01	-0,08	-0,05	-0,24	-0,20	-0,04	-0,85	1,00
	3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	1	-0 07	0,01	0,49	0,27	0,40	0,64	-0,21	0,22	0,13	0,13	0,32	0,23	0,02		
CO2	2	0,01	0,32	0,71	0,52	0,46	0,60	-0,33	-0,00	0,28	0,26	0,42	0,39	0,22	1,00	
	3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
	1	0,94	0,98	0,47	0,55	0,77	0,06	0,51	0,05	0,95	0,95	0,85	0,93			
Dureza	2	0,89	0,96	0,58	0,47	0,85	0,18	0,37	0,04	0,96	0,96	0,92	0,92	1,00		
	3	0,95	0,97	0,44	0,52	0,45	-0,17	0,68	--	--	--	--	--			
Condu	1	0,79	0,95	0,72	0,65	0,91	0,38	0,38	0,11	0,98	0,98	0,96				
tivi	2	0,75	0,93	0,77	0,64	0,96	0,18	0,27	0,16	0,97	0,96	0,98	1,00			
dade	3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--				
	1	0,72	0,88	0,82	0,69	0,97	0,53	0,28	0,10	0,96	0,96					
STD	2	0,77	0,93	0,76	0,63	0,97	0,22	0,25	0,14	0,97	0,98	1,00				
	3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--					
	1	0,84	0,96	0,68	0,65	0,89	0,32	0,47	0,10	1,00						
HCO3-	2	0,86	0,93	0,62	0,52	0,92	0,11	0,36	0,15	0,16	1,00					
	3	--	--	--	--	--	--	--	--	--						
Alcali	1	0,84	0,96	0,68	0,65	0,89	0,32	0,47	0,10							
nida	2	0,85	0,94	0,65	0,63	0,92	0,15	0,34	0,16	1,00						
de	3	--	--	--	--	--	--	--	--							
	1	0,05	0,03	0,21	-0,10	0,02	0,04	0,22								
Cl-	2	-0,00	0,07	0,27	0,10	0,04	0,26	0,10	1,00							
	3	--	--	--	--	--	--	--								
	1	0,49	0,46	0,08	0,05	0,14	-0,20									
pH	2	0,48	0,26	-0,05	-0,15	0,15	-0,08	1,00								
	3	0,67	0,65	0,19	0,32	0,32	-0,10									
	1	-0,04	0,13	0,73	0,51	0,62										
SO4=	2	0,11	0,21	0,48	0,28	0,13	1,00									
	1	-0,21	-0,12	0,64	0,18	0,14										
	1	0,64	0,79	0,84	0,69											
SiO2	2	0,68	0,88	0,77	0,66	1,00										
	3	0,37	0,48	0,38	0,22											
	1	0,54	0,53	0,42												
K	2	0,36	0,50	0,70	1,00											
	3	0,57	0,44	0,22												
	1	0,24	0,56													
Na	2	0,25	0,72	1,00												
	3	0,33	0,50													
	1	0,85														
Mg	2	0,74	1,00													
	3	0,85														
Ca		1,00														

* (-) Coleta e/ou análise não realizada
1,2,3 (1ª, 2ª e 3ª campanhas)

* Correlação significativa para β menor ou igual a 0.05
β= nível de significância

Tabela 21: Matriz de correlação linear entre metais pesados, SO=4, pH e O2 em águas superficiais - "Area Salobo"

		Fe	Cu	Zn	Mn	Ni	Cd	Pb	Co	SO=4	pH	O2
O2	2	-0,55	0,05	-0,14	0,15	-0,96*	-0,28	-0,34	0,11	-0,32	0,29	1,00
	3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
pH	2	0,14	0,48	-0,45	0,02	-0,41	-0,19	0,49	-0,02	0,39	1,00	
	3	0,05	0,11	-0,37	0,89	0,10	0,07	-0,53	--	-0,11		
SO=4	2	0,79*	0,62*	-0,13	0,16	0,35	0,38	0,59	0,19	1,00		
	3	0,32	0,35	-0,36	-0,70	-0,47	-0,51	-0,78	--			
Co	2	0,06	-0,19	-0,12	0,99*	-0,14	-0,18	-0,20	1,00			
	3	--	--	--	--	--	--	--				
Pb	2	0,44	0,42	0,12	-0,20	0,27	0,30	1,00				
	3	0,44	-0,59	0,37	-0,17	0,16	0,60					
Cd	2	0,51	0,45	0,32	-0,24	0,47	1,00					
	3	-0,01	0,20	0,12	-0,31	0,29						
Ni	2	0,59	-0,14	0,93*	-0,20	1,00						
	3	-0,28	-0,04	0,60*	0,72							
Mn	2	0,02	-0,18	-0,12	1,00							
	3	-0,30	-0,80	-0,01								
Zn	2	0,21	0,06	1,00								
	3	-0,20	-0,34									
Cu	2	0,49	1,00									
	3	-0,23										
Fe		1,00										

(-) Análise não realizada ou elemento não detectado

* Correlação significativa para β menor ou igual a 0.05

β= nível de significância

Tabela 22: Matriz de correlação linear entre metais pesados, SO=4, pH e O2 em águas superficiais - "Area Pojuca"

		Fe	Cu	Zn	Mn	Ni	Cd	Pb	Co	SO=4	pH	O2
O2	2	-0,93*	0,30	-0,09	-0,56*	0,17	-0,04	0,04	-0,60*	-0,75*	0,31	1,00
	3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
pH	2	-0,23	-0,35	0,06	-0,23	0,69*	-0,53*	-0,06	0,01	-0,08	1,00	
	3	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
SO=4	2	0,61*	-0,24	-0,24	0,37	0,63*	-0,14	0,28	0,23	1,00		
	3	0,53*	0,16	-0,15	-0,27	-0,11*	-0,15	-0,07	--			
Co	2	0,69*	-0,23	0,28	0,49	-0,23	0,23	-0,27	1,00			
	3	--	--	--	--	--	--	--				
Pb	2	-0,21	0,54*	-0,33	-0,29	0,45	-0,14	1,00				
	3	-0,02	-0,73	-0,53	--	0,43	0,43					
Cd	2	0,11	0,04	0,32	0,19	-0,35	1,00					
	3	0,18	0,20	-0,14	-0,25	0,42						
Ni	2	-0,40	-0,45	-0,29	-0,33	1,00						
	3	0,28	0,33	0,18	0,68							
Mn	2	0,57*	-0,11	0,32	1,00							
	3	0,43	-0,12	0,75								
Zn	2	0,36	-0,14	1,00								
	3	0,18	0,37									
Cu	2	-0,40	1,00									
	3	0,12										
Fe		1,00										

(-) Análise não realizada e/ou elemento não detectado.
* Correlação significativa para β menor ou igual a 0.03.
β= nível de significância

Tabela 23: Matriz de correlação linear entre metais pesados ("fração imóvel") nos sedimentos de corrente -"Área Salobo"

		Ni	Co	Cr	Fe	Mn	Zn	Cu
Cu	2	0,77*	0,73*	0,17	0,74*	-0,19	-0,17	1,00
	3	0,34	0,78*	0,43	0,80*	0,65*	-0,12	
Zn	2	0,27	0,29	0,57*	0,39	0,59*	1,00	
	3	0,31	0,30	0,53*	0,30	0,22		
Mn	2	-0,02	-0,04	0,18	-0,03	1,00		
	3	-0,01	0,43	0,32	0,43			
Fe	2	0,85*	0,94*	0,33	1,00			
	3	0,69*	0,96*	0,72*				
Cr	2	0,27	0,23	1,00				
	3	0,51*	0,68*					
Co	2	0,81*	1,00					
	3	0,69*						
Ni		1,00						

* Correlação significativa para β menor ou igual a 0,05.
β= nível de significância

Tabela 24: Matriz de correlação linear entre metais pesados ("fração imóvel") nos sedimentos de corrente - "Área Pojuca".

		Ni	Co	Cr	Fe	Mn	Zn	Cu
Cu	2	0,60*	0,76*	0,34	0,91*	0,77*	0,55*	1,00
	3	0,52*	0,67*	0,37	0,78*	0,62*	0,38	
Zn	2	0,70*	0,53*	0,66*	0,40	0,63*	1,00	
	3	0,47	0,25	0,59*	0,14	0,36		
Mn	2	0,75*	0,86*	0,53*	0,80*	1,00		
	3	0,64*	0,66*	0,59*	0,71*			
Fe	2	0,64*	0,87*	0,37	1,00			
	3	0,55*	0,77*	0,39				
Cr	2	0,81*	0,61*	1,00				
	3	0,92*	0,65*					
Co	2	0,78*	1,00					
	3	0,80*						
Ni		1,00						

* Correlação significativa para β menor ou igual a 0,05.
β= nível de significância

Tabela 25:Matriz de correlação linear entre metais pesados ("fração móvel") nos sedimentos de corrente - "Área Salobo".

	Pb	Cd	Ni	Co	Cr	Fe	Mn	Zn	Cu
Cu 2	-0,26	0,55	0,46 *	0,65 *	0,58 *	0,29	0,51 *	0,11	1,00
3	-0,07	0,51 *	0,85 *	0,55 *	0,73 *	0,79 *	0,59 *	-0,22	
Zn 2	-0,12	-0,18	0,21	0,27	0,12	0,83 *	0,46 *	1,00	
3	0,21	-0,02	-0,31	-0,21	-0,39	-0,22	-0,20		
Mn 2	-0,34	0,32	0,42	0,88 *	0,23	0,58 *	1,00		
3	-0,14	0,67 *	0,80 *	0,89 *	0,73 *	0,59 *			
Fe 2	-0,08	-0,15	0,24	0,39	0,22	1,00			
3	-0,07	0,48	0,75 *	0,54 *	0,68 *				
Cr 2	-0,33	0,67 *	0,84 *	0,52 *	1,00				
3	-0,08	0,68 *	0,95 *	0,83 *					
Co 2	-0,37	0,51	0,69 *	1,00					
3	-0,11	0,59 *	0,82 *						
Ni 2	-0,37	0,59 *	1,00						
3	-0,10	0,69 *							
Cd 2	-0,30	1,00							
3	0,26								
Pb	1,00								

* Correlação significativa para β menor ou igual a 0,005.
β= nível de significância

Tabela 26: Matriz de correlação linear entre metais pesados ("fração móvel") nos sedimentos de corrente - "Área Pojuca".

	Pb	Cd	Ni	Co	Cr	Fe	Mn	Zn	Cu
Cu 2	0,18	0,06	-0,29	0,46	0,02	0,69 *	0,58 *	0,21	1,00
3	0,08	0,02	0,51 *	0,56 *	-0,19	0,14	0,70 *	0,18	
Zn 2	-0,08	-0,36	0,12	0,38	-0,08	0,05	0,26	1,00	
3	0,13	-0,21	-0,06	-0,12	0,04	-0,18	-0,01		
Mn 2	-0,06	0,42	0,07	0,81 *	0,31	0,60 *	1,00		
3	0,15	0,37	0,30	0,55 *	-0,27	0,11			
Fe 2	0,15	0,18	-0,18	0,60 *	0,25	1,00			
3	-0,30	0,63 *	0,26	0,84 *	-0,38				
Cr 2	0,38	-0,17	-0,02	0,50 *	1,00				
3	0,14	-0,19	0,14	-0,26					
Co 2	-0,08	0,12	0,41	1,00					
3	-0,13	0,61 *	0,49						
Ni 2	-0,38	0,12	1,00						
3	-0,46	0,27							
Cd 2	-0,02	1,00							
3	-0,01								
Pb	1,00								

* Correlação significativa para β menor ou igual a 0,005.
β= nível de significância

Tabela 27: Valores de cátions e ânions em meq/l para as águas superficiais e de subsuperfície da "Área Salobo". (1ªCampanha)

AMOSTRAS	rCa	rNa	rMg	rK	rHCO3-	rCl-	rSo4=	cát.	âni
Saw - 1	0,27	0,40	0,54	0,02	1,19	0,19	0,02	1,24	1,39
Saw - 3	0,07	0,13	0,12	0,01	0,43	0,09	0,02	0,33	0,53
Saw - 9	0,04	0,09	0,06	0,01	0,27	0,12	0,00	0,19	0,39
Saw - 11	0,25	0,15	0,28	0,02	0,76	0,12	0,02	0,69	0,89
Saw - 14	0,12	0,15	0,17	0,01	0,64	0,13	0,04	0,45	0,81
Saw - 16	0,15	0,14	0,20	0,02	0,64	0,12	0,03	0,50	0,79
Saw - 19	0,16	0,15	0,21	0,02	0,57	0,12	0,03	0,54	0,72
Saw - 21	0,12	0,18	0,23	0,02	0,70	0,12	0,04	0,56	0,86
Saw - 25	0,17	0,38	0,32	0,02	0,72	0,16	0,02	0,89	0,90
Saw - 27	0,25	0,26	0,39	0,03	0,98	0,14	0,02	0,93	1,14
Saw - 29	0,25	0,37	0,44	0,02	1,03	0,22	0,04	1,08	1,29
Saw - 5	0,32	0,13	0,66	0,05	1,03	0,27	0,06	1,16	1,37
Saw - 6	0,92	0,49	0,35	0,05	1,43	0,37	0,18	1,81	1,98
Saw - 8	1,23	0,40	0,74	0,02	2,64	0,29	0,06	2,39	2,98
Saw - 18	1,12	0,41	0,51	0,03	1,11	0,19	0,02	2,08	1,32
Saw - 23	0,09	0,59	1,81	0,02	2,68	0,52	0,06	2,51	3,25

r=meq/l

Amostras 5, 6, 8, 18 e 23 (Águas de Subsuperfície).

Tabela 28: Valores de cátions e ânions em meq/l para as águas superficiais e de subsuperfície da "Área Salobo".

(2ª Campanha)

AMOSTRAS	rCa	rNa	rMg	rK	rHCO3-	rCl-	rSo4=	cát.	âni
Saw - 1	0,30	0,38	0,51	0,04	1,14	0,22	0,02	1,22	1,38
Saw - 3	0,13	0,16	0,16	0,02	0,48	0,15	0,02	0,47	0,64
Saw - 9	0,24	0,14	0,20	0,03	0,68	0,12	0,03	0,60	0,83
Saw - 11	0,27	0,14	0,24	0,03	0,73	0,12	0,02	0,67	0,87
Saw - 14	0,15	0,11	0,14	0,01	0,51	0,13	0,04	0,41	0,68
Saw - 16	0,19	0,15	0,20	0,02	0,63	0,13	0,07	0,56	0,84
Saw - 19	0,21	0,15	0,22	0,03	0,64	0,15	0,08	0,60	0,87
Saw - 21	0,12	0,20	0,12	0,04	0,51	0,13	0,04	0,48	0,68
Saw - 25	0,22	0,21	0,24	0,05	0,77	0,19	0,09	0,72	1,04
Saw - 27	0,16	0,28	0,14	0,04	0,60	0,13	0,12	0,62	0,86
Saw - 29	0,26	0,30	0,38	0,04	0,70	0,25	0,14	0,97	1,09
Saw - 5	0,39	0,12	0,82	0,07	1,04	0,29	0,07	1,40	1,40
Saw - 18	0,28	0,15	0,16	0,02	0,81	0,17	0,07	0,61	1,05
Saw - 23	0,12	0,10	1,92	0,02	2,55	0,58	0,04	2,17	3,17
Saw - 31	0,36	0,29	0,20	0,06	0,75	0,32	0,09	0,91	1,17
Saw - 32	0,58	0,34	0,25	0,05	1,29	0,32	0,08	1,23	1,68

r=meq/l

Amostras 5, 18, 23, 31 e 32.(Águas de Subsuperfície).

Tabela 29: Valores de cátions em meq/l para as águas superficiais e de subsuperfície da "Área Salobo."

(3ª Campanha)

AMOSTRAS	rCa	rNa	rMg	rK	cát.
Saw - 1	0.27	0.33	0.42	0.05	1.07
Saw - 3	0.12	0.16	0.13	0.02	0.43
Saw - 9	0.20	0.14	0.19	0.02	0.55
Saw - 11	0.26	0.14	0.23	0.02	0.65
Saw - 14	0.14	0.12	0.14	0.01	0.41
Saw - 16	0.16	0.16	0.16	0.04	0.51
Saw - 19	0.21	0.15	0.21	0.03	0.60
Saw - 21	0.09	0.17	0.11	0.07	0.44
Saw - 25	0.16	0.16	0.24	0.06	0.60
Saw - 27	0.16	0.26	0.13	0.05	0.60
Saw - 29	0.26	0.31	0.33	0.05	0.95
Saw - 18	0.25	0.14	0.20	0.03	0.62
Saw - 23	0.13	3.09	1.63	0.02	4.87
Saw - 33	1.21	0.57	0.74	0.05	2.57
Saw - 34	0.13	0.15	0.15	0.08	0.51
Saw - 35	0.29	0.21	0.13	0.05	0.68

r=meq/l

Amostras 18, 23, 33, 34 e 35 (Águas de Subsuperfície).

Tabela 30: Valores de cátions e ânions em meq/l para as águas superficiais da "Área Pojuca".

(1ª Campanha)

AMOSTRAS	rCa	rNa	rMg	rK	rHCO3-	rCl-	rSo4=	cát.	âni
Pow - 31	0,19	0,13	0,31	0,02	0,74	0,13	0,02	0,65	0,89
Pow - 33	0,10	0,09	0,26	0,02	0,53	0,12	0,01	0,46	0,66
Pow - 35	0,01	0,05	0,01	0,00	0,14	0,13	0,00	0,08	0,27
Pow - 37	0,04	0,08	0,12	0,01	0,33	0,17	0,02	0,25	0,52
Pow - 39	0,05	0,09	0,12	0,01	0,43	0,16	0,02	0,28	0,60
Pow - 41	0,12	0,09	0,23	0,01	0,59	0,13	0,01	0,46	0,73
Pow - 43	0,18	0,12	0,29	0,01	0,70	0,14	0,01	0,61	0,68
Pow - 45	0,25	0,15	0,46	0,02	0,98	0,13	0,02	0,87	1,13
Pow - 47	0,03	0,07	0,15	0,01	0,37	0,10	0,02	0,26	0,49
Pow - 49	0,05	0,21	0,26	0,01	0,59	0,12	0,02	0,53	0,73
Pow - 51	0,04	0,07	0,17	0,01	0,43	0,13	0,03	0,28	0,59
Pow - 53	0,03	0,12	0,04	0,02	0,37	0,12	0,06	0,22	0,54
Pow - 55	0,09	0,09	0,23	0,02	0,53	0,10	0,02	0,42	0,65
Pow - 57	0,06	0,28	0,30	0,02	0,76	0,14	0,04	0,66	0,95
Pow - 59	0,03	0,07	0,11	0,01	0,31	0,13	0,01	0,22	0,45
Pow - 65	0,00	0,07	0,08	0,01	0,27	0,12	0,02	0,16	0,42
Pow - 67	0,11	0,33	0,30	0,02	0,80	0,14	0,08	0,76	1,02

r=meq/l

Tabela 31: Valores de cátions e ânions em meq/l para as águas superficiais da "Área Pojuca".

(2ª Campanha).

AMOSTRAS	rCa	rNa	rMg	rK	rHCO3-	rCl-	rSo4=	cát.	âni.
Pow - 31	0,20	0,11	0,27	0,03	0,70	0,13	0,02	0,61	0,85
Pow - 33	0,12	0,07	0,22	0,02	0,49	0,12	0,02	0,42	0,63
Pow - 35	0,01	0,02	0,02	0,00	0,05	0,13	0,03	0,04	0,31
Pow - 37	0,07	0,05	0,09	0,02	0,35	0,16	0,02	0,23	0,53
Pow - 39	0,08	0,06	0,09	0,02	0,35	0,15	0,02	0,26	0,52
Pow - 41	0,17	0,06	0,20	0,02	0,62	0,15	0,03	0,45	0,79
Pow - 43	0,21	0,08	0,27	0,02	0,66	0,15	0,03	0,59	0,83
Pow - 45	0,28	0,12	0,38	0,03	0,90	0,12	0,02	0,80	1,03
Pow - 47	0,07	0,04	0,16	0,01	0,33	0,12	0,02	0,28	0,47
Pow - 49	0,09	0,12	0,24	0,01	0,57	0,14	0,02	0,45	0,73
Pow - 51	0,07	0,05	0,12	0,01	0,34	0,11	0,01	0,25	0,46
Pow - 53	0,07	0,10	0,02	0,03	0,31	0,12	0,04	0,22	0,48
Pow - 55	0,11	0,08	0,18	0,04	0,46	0,12	0,02	0,40	0,59
Pow - 57	0,07	0,24	0,28	0,04	0,68	0,15	0,01	0,62	0,83
Pow - 59	0,08	0,04	0,09	0,01	0,38	0,15	0,02	0,21	0,55
Pow - 65	0,04	0,04	0,09	0,02	0,27	0,12	0,02	0,19	0,41
Pow - 67	0,14	0,33	0,41	0,04	0,71	0,15	0,06	0,92	0,92

r=meq/l

Tabela 32: Valores de cátions em meq/l para as águas superficiais da "Área Pojuca." (3ª Campanha).

AMOSTRAS	rCa	rNa	rMg	rK	cát.
Pow - 31	0,21	0,12	0,25	0,03	0,60
Pow - 33	0,14	0,09	0,23	0,02	0,47
Pow - 35	0,02	0,03	0,03	0,00	0,08
Pow - 37	0,09	0,07	0,13	0,01	0,30
Pow - 39	0,09	0,08	0,13	0,01	0,31
Pow - 41	0,16	0,08	0,21	0,02	0,46
Pow - 43	0,21	0,10	0,25	0,03	0,59
Pow - 45	0,29	0,14	0,40	0,03	0,87
Pow - 47	0,07	0,05	0,14	0,01	0,28
Pow - 49	0,19	0,08	0,24	0,06	0,57
Pow - 51	0,09	0,07	0,16	0,01	0,32
Pow - 53	0,05	0,13	0,05	0,04	0,28
Pow - 55	0,12	0,10	0,23	0,02	0,47
Pow - 57	0,11	0,26	0,33	0,02	0,73
Pow - 59	0,06	0,05	0,12	0,01	0,24
Pow - 65	0,03	0,06	0,14	0,01	0,25
Pow - 67	0,14	0,30	0,21	0,02	0,68
Pow - 70	0.05	0,04	0,11	0,01	0,21

r=meq/l

Tabela 33: Relações entre os cátions em meq/l para águas superficiais e de subsuperfície - "Área Salobo".

AMOSTRAS	1ª Campanha		2ª Campanha		3ª Campanha	
	rMg++/rCa++	rK+/rNa+	rMg++/rCa++	rK+/rNa+	rMg++/rCa++	rK+/rNa+
Saw - 1	2,00	0,05	1,70	0,11	0,69	0,15
Saw - 3	1,71	0,08	1,23	0,13	1,06	0,10
Saw - 9	1,50	0,11	0,83	0,21	0,91	0,14
Saw - 11	1,12	0,13	0,89	0,21	0,87	0,16
Saw - 14	1,42	0,07	0,93	0,09	1,04	0,11
Saw - 16	1,33	0,14	1,03	0,13	1,04	0,24
Saw - 19	1,40	0,13	1,05	0,20	1,04	0,18
Saw - 21	1,92	0,11	1,00	0,20	1,24	0,39
Saw - 25	1,88	0,05	1,09	0,24	1,50	0,32
Saw - 27	1,56	0,12	0,86	0,14	0,86	0,18
Saw - 29	1,76	0,05	1,38	0,13	1,29	0,15
MÉDIAS	1,60	0,09	1,09	0,16	1,05	0,19
Saw - 5	2,06	0,38	2,10	0,58	----	----
Saw - 6	0,38	0,10	----	----	----	----
Saw - 8	0,60	0,05	----	----	----	----
Saw - 18	0,46	0,07	0,57	0,13	0,79	0,23
Saw - 23	20,11	0,03	16,00	0,20	12,36	0,01
Saw - 31	----	----	0,56	0,21	----	----
Saw - 32	----	----	----	----	0,61	0,68
Saw - 33	----	----	----	----	1,12	0,53
Saw - 34	----	----	----	----	0,45	0,22

r=meq/l

* pontos 5 a 34 (águas de subsuperfície)

Tabela 34: Relações entre os cátions em meq/l para águas superficiais - "Área Pojuca."

AMOSTRAS	1ª Campanha		2ª Campanha		3ª Campanha	
	rMg++/rCa++	rK+/rNa+	rMg++/rCa++	rK+/rNa+	rMg++/rCa++	rK+/rNa+
Pow - 31	1,63	0,15	1,35	0,27	1,24	0,25
Pow - 33	2,60	0,22	1,83	0,29	1,62	0,19
Pow - 35	1,00	0,05	2,00	0,03	1,74	0,09
Pow - 37	3,00	0,13	1,29	0,40	1,50	0,11
Pow - 39	2,50	0,14	1,13	0,33	1,50	0,09
Pow - 41	1,92	0,15	1,18	0,33	1,32	0,18
Pow - 43	1,61	0,50	1,29	0,25	1,33	0,21
Pow - 45	1,84	0,05	1,31	0,25	1,33	0,21
Pow - 47	5,00	0,14	2,29	0,25	1,38	0,21
Pow - 49	5,20	0,05	2,67	0,08	1,97	0,76
Pow - 51	4,25	0,14	1,71	0,20	1,29	0,20
Pow - 53	1,33	0,17	0,29	0,30	0,99	0,29
Pow - 55	2,56	0,22	1,63	0,50	1,82	0,23
Pow - 57	5,00	0,07	4,00	0,17	2,96	0,08
Pow - 59	3,67	0,14	1,13	0,24	1,89	0,20
Pow - 65	0,00	0,14	2,25	0.50	4,92	0,20
Pow - 67	2,73	0,06	2,93	0.12	1,49	0,08
Pow - 70	----	----	----	----	2,11	0,16
MÉDIAS	2,87	0,15	1,78	0,27	1,82	0,20

r=meq/l