



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

HIDROQUÍMICA DOS AQÜÍFEROS FREÁTICOS DA BACIA DO RIO JARDIM – DF

Dissertação nº 207

Sandrine Ferraz Araújo

Orientador:

Prof. Dr. Geraldo Resende Boaventura

Co-orientador:

Prof. Dr. José Elói Guimarães Campos

Brasília - DF
Junho - 2006



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

HIDROQUÍMICA DOS AQÜÍFEROS FREÁTICOS DA BACIA DO RIO JARDIM – DF

Dissertação nº 207

Sandrine Ferraz Araújo

Orientador:

Prof. Dr. Geraldo Resende Boaventura

Co-orientador:

Prof. Dr. José Elói Guimarães Campos

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Detlef Hans-Gert Wald

Prof. Dr. Ozelito Possidônio do Amarante Júnior

Brasília - DF
Junho - 2006

AGRADECIMENTOS

Muito mais que um trabalho ou uma pesquisa, essa dissertação tornou-se um marco em minha vida. Devido ao mestrado, tive o prazer de conhecer pessoas maravilhosas e cada um ao seu modo teve uma participação fundamental para conclusão desse projeto e na construção da minha história.

Agradeço, primeiramente, a Deus que me colocou nesse caminho maravilhoso, de realização profissional e pessoal, que fez com que toda dificuldade fosse amenizada pelo carinho e atenção doados pelos muitos amigos que fiz na pós-graduação.

Ao Prof. Raul Minas, Coordenador da Pós-Graduação na época do meu ingresso, com aquele jeitinho tranqüilo e atencioso, forneceu-me todas as informações referentes aos procedimentos do Curso de Mestrado, tranqüilizando-me que a CAPES subsidiaria a bolsa de estudos para que eu pudesse morar em Brasília e desenvolver a pesquisa.

Ao Prof. Geraldo Resende Boaventura, por ter me recebido de forma tão gentil quando cheguei na UnB, por aceitar meu pedido de orientação e apostar no meu potencial e capacidade de desenvolver e executar um bom trabalho no mestrado.

Ao Prof. José Elói Guimarães Campos, meu co-orientador e meu guru, companheiro nos trabalhos de campo e que também me socorria nos muitos momentos de dúvidas.

Ao Prof. Pires, um *gentleman*, sempre disponível para tirar dúvidas sobre os tratamentos estatísticos dos dados.

O Prof. Detlef que, sempre com aquele sorriso no rosto, fez-me apaixonar ainda mais pela área ambiental.

À Profa. Edi, pelo carinho e pela paciência em tirar minhas dúvidas sobre vários pontos na pesquisa.

Ao Toyota, pela suas idas ao campo sendo companheiro fiel sob sol ou chuva, pelas sugestões sempre bem vindas na dissertação, mas principalmente pela amizade e paciência que tem comigo.

Ao querido Enéas, obrigada pela amizade, carinho, atenção e por ter, indiretamente, mostrado através do seu trabalho uma linha de pesquisa a seguir que, na verdade, deu início a essa dissertação.

À Lú, minha amiga-irmã, pelo carinho, pelas dicas, conselhos e pelo ombro sempre disponível em todos os momentos.

Às (os) amigas (os) Bárbara, Ana Carla, Ana Maria, Marcinha e André, Manu, Ceci, Elisa, Glorinha, Tia Adri, Tia Sandra, Lis, Stela, Ricardo(s), Pessoa, Mag-in, José Maria e Xuxa, por serem tão carinhosas (os), atenciosas (os) e estarem sempre presente e se preocuparem comigo.

Aos amigos do Laboratório de Geoquímica: Renato, Fernando, Felipe e Fortes pelo carinho e ajuda nos mutirões formados nas minhas análises, obrigada pela amizade de sempre.

Ao Jorge, Sérgio, Alan, Márcio Negão, Denílson e Keila por fazerem do Laboratório de Geocronologia um excelente ambiente de trabalho e por serem amigos, atenciosos e receptivos comigo.

Às amigas mais recentes: Marina e Inara, por me darem aula sobre pedologia, pela confecção dos mapas e por me ajudarem a refinar o trabalho.

Aos Profs. Márcio Pimentel e Elton Dantas, obrigada pela confiança, paciência e pela oportunidade de exercer minha profissão num laboratório modelo, onde além de trabalhar tenho oportunidade de conhecer outra linha de pesquisa tão fascinante que é a Geocronologia.

Ao pessoal da secretaria Rômulo, Bubu, Estela, Lorena, Francisca. Também ao Tião, Marcos, Zilberto, Abel, Rogério, Osmar, Fatinha e Serjão, pela atenção e amizade.

Às minhas irmãs de alma: Rúbia e Érica, que me incentivaram e mesmo de longe me davam força e amenizavam a saudade de casa.

À minha segunda família: Ana Régia, Luís, Regi, Gustavo e Ana, pelo lar, carinho e apoio fundamental que me deram desde que cheguei à Brasília. Aos meus sobrinhos Ana Beatriz e Luis Gustavo, por iluminarem minha vida.

À minha família, em especial à Tia Dudu, que sempre incentivou a continuação da caminhada pós-graduação.

E por fim agradeço às pessoas mais importantes da minha vida: meus pais Altair e Auxiliadora, pela maravilhosa estrutura familiar que me deram, por eu ser quem eu sou, por estar aqui e por me apoiarem sempre incondicionalmente. Aos meus irmãos Hoover e Juninho por serem torcedores e acreditarem em mim e ao amor da minha vida, Luis Tomás, quem me norteou para cá e o motivo pelo qual tudo isso começou, obrigada por entender todas as fases dessa etapa, por estar ao meu lado, ser companheiro de verdade e aliviar meu coração nos vários momentos difíceis.

Dedico essa dissertação a todos que participaram de qualquer forma nesse trabalho, pois sem o apoio de cada um tenho certeza que seria impossível concretizá-lo. Amo vocês!

RESUMO

A hidroquímica é uma importante ferramenta como base para avaliação da qualidade de águas. Análises químicas associadas a características da área podem fornecer informações suficientes para definir a qualidade da água subterrânea.

A bacia hidrográfica do rio Jardim, DF, tem grande diversidade de solo, litologia, níveis freáticos, uso e ocupação. Foram escolhidos 30 pontos de amostragem que abrangessem essas características e as épocas de coleta foram escolhidas de acordo com distribuição pluviométrica: março, período de máxima precipitação; julho, após as chuvas e outubro, início das chuvas. Foram medidos também os níveis freáticos e feitas análises de elementos traços, maiores e parâmetros físico-químicos.

Devido à intensa atividade agrícola na área estudada, a pesquisa teve como objetivo: identificar locais vulneráveis à contaminação do aquífero (poços com lençol freático raso e próximos ou em áreas submetidas à agricultura intensiva), identificar pontos onde não há atividade antrópica (de forma a estabelecer os valores de referência para as análises geoquímicas); obter informações sobre principais agrotóxicos e corretivos utilizados e analisar a qualidade da água subterrânea freática da bacia hidrográfica do Alto Jardim

Por meio das análises geoquímicas verificou-se que alguns pontos amostrados serviram de *background* da área por não apresentarem concentrações anômalas em nenhum parâmetro e estarem em áreas sem prática agrícola.

Após os tratamentos estatísticos identificou-se a origem dos parâmetros analisados e se são antrópicos ou não. Foi possível então concluir que não há relação entre pedologia, litologia e contaminação. O nível freático também não foi um fator discriminante, mas observou-se que aquíferos com níveis freáticos muito rasos são mais suscetíveis à contaminação. A maioria dos poços, onde ocorreram anomalias, está localizada em áreas agrícolas nas quais há uso intensivo de fertilizantes a base de nitrato, fosfato e sulfato, que percolam o solo até atingirem as águas subterrâneas.

Há também poços, onde foram observados valores anômalos, que estão em áreas sem atividade agrícola e devem ter recebido alguma contribuição de águas freáticas contaminadas a montante.

ABSTRACT

Hydrochemistry is an important tool to evaluate water quality. Chemical analysis associated with characteristics of the study area can supply enough information to define the quality of groundwater.

The hydrographic basin of rio Jardim, DF, has great diversity in soil, groundwater level, lithology, and land use and occupation. Thirty sampling points have been chosen in order to include these characteristics. Sampling period was defined in accordance to the rains seasons: March, period of maximum precipitation; July, after rain season; and October, beginning of rain season. The depth to the water level, trace and major elements, and physical chemistry analysis were conducted.

Due to intense agricultural activity in the studied area, the investigation aimed the identification of places vulnerable to groundwater contamination (wells with near surface water level close, or inside areas of intense agricultural activity); identification of places of no anthropic activity (in order to establish reference values to the chemical analysis); gather information on the main agricultural defensives and soil correctors and evaluate the groundwater quality of the rio Jardim basin.

Through the chemical analysis, it was verified the some of the sampled places could be used to define parameters background, to the study area. Data collected in these places, located in areas without agricultural activity, showed no anomalous concentration in all investigated parameters.

After statistical treatment of the data it was inferred its anthropic nature or not. It was possible to conclude that there is no correlation involving soil, lithology and contamination. The water level it is not a discriminant feature, however, it was observed that aquifers with very shallow water levels are more prone to contamination. The majority of the wells showing parameters with anomalous values is located in agricultural areas showing intense use of nitrate, phosphate, and sulfate based fertilizers. These percolate through the upper soil layers and reach the groundwater level.

Some of the wells showing parameters with anomalous values are located in areas with no agricultural activity. The data suggests that these wells may have received some contribution from contaminated waters located up flow.

SUMÁRIO

Agradecimentos	i
Resumo	iv
Abstract	v
Capítulo 1 - Considerações Iniciais	
1.1 Introdução e Objetivos	01
1.2 Uso de Fertilizantes e Agrotóxicos e Possíveis Interferências na Água Subterrânea	02
Capítulo 2 - Caracterização da Área de Estudo	
2.1 Localização	07
2.2 Geologia Local	08
2.3 Hidrogeologia	12
2.4 Classificação do Clima	18
2.5 Geomorfologia	19
2.6 Solos	20
Capítulo 3 – Materiais e Métodos	25
3.1 Amostragem	28
3.2 Laboratório	28
Capítulo 4 – Resultados e Discussão	
4.1 Tratamento dos dados	32
4.2 Análises dos Valores Médios e Desvios-Padrão	34
4.3 Variação Sazonal	36
4.4 Correlação entre Parâmetros	38
4.5 Anomalias	41
4.6 Localização Espacial dos Pontos	50
4.7 Análise para Agrotóxico	57
4.8 Considerações Finais	58
Capítulo 5 - Conclusões	64
Referências Bibliográficas	66
Anexos	74

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Localização da bacia do rio Jardim no Distrito Federal com destaque para a bacia do Alto Jardim e os poços amostrados.	7
Figura 2.2	Mapa geológico com destaque para a área de pesquisa, inserida na bacia do rio Jardim e os poços amostrados.	8
Figura 2.3	Estratigrafia do Grupo Canastra, integrada por Freitas-Silva & Dardenne (1994) a partir de estudos realizados nas regiões sul e oeste de Minas Gerais e Distrito Federal.	9
Figura 2.4	Coluna litoestratigráfica da seqüência deposicional Paranoá, Região de Alto Paraíso/São João D'Aliança – GO.	10
Figura 2.5	Estratigrafia do Grupo Bambuí, segundo Dardenne (1978).	12
Figura 2.6	Modelo hidrogeológico geral esquemático para a região do Distrito Federal.	13
Figura 2.7	Mapa Hidrogeológico da bacia do Alto Jardim e a localização dos poços amostrados.	14
Figura 2.8	Volumes precipitados (mm) registrados durante os meses Janeiro de 2004 a dezembro de 2005 na bacia do Alto Jardim.	19
Figura 2.9	Mapa de declividade da bacia do Alto Jardim e a localização dos poços amostrados.	20
Figura 2.10	Mapa de solos da bacia do Alto Jardim e a localização dos poços amostrados.	21
Figura 3.1	Imagem da bacia do Alto Jardim com a localização dos poços amostrados.	26
Figura 3.2	Frasco de polietileno, utilizado para armazenar a amostra coletada, ao lado do piezômetro 27.	28
Figura 3.3	Piezômetro 1, localizado em gleissolo, com nível freático aflorando. Ao lado do piezômetro 1 encontram-se um medidor de nível, um amostrador e um carretel para introduzir o amostrador no poço.	28
Figura 4.1	Concentrações de Bicarbonato nas quatro coletas.	36
Figura 4.2	Concentrações de Ferro nas quatro coletas.	37
Figura 4.3	Valores de pH nas quatro coletas.	37
Figura 4.4	Mapa de relevo da bacia do Alto Jardim com a localização dos poços de coleta.	43
Figura 4.5	Relação entre os parâmetros anômalos obtidos no poço 3 e os valores de referência do poço 49.	44

Figura 4.6	Relação entre os parâmetros anômalos obtidos no poço 10 e os valores de referência do poço 20.	45
Figura 4.7	Relação entre os parâmetros anômalos obtidos no poço 17 e os valores de referência do poço 20.	46
Figura 4.8	Relação entre os parâmetros anômalos obtidos no poço 24 e os valores de referência do poço ECA.	46
Figura 4.9	Relação entre os parâmetros anômalos obtidos no poço 25 e os valores de referência do poço 18.	47
Figura 4.10	Relação entre os cátions anômalos obtidos no poço 33 e os valores de referência do poço ECA.	48
Figura 4.11	Relação entre os ânions anômalos (exceto HCO_3^-) obtidos no poço 33 e os valores de referência do poço ECA.	48
Figura 4.12	Relação entre valores anômalos de HCO_3^- obtidos no poço 33 e os valores de referência do poço ECA.	49
Figura 4.13	Relação entre os parâmetros anômalos obtidos no poço 40 e os valores de referência do poço 26.	49
Figura 4.14	Relação entre os parâmetros anômalos obtidos no poço 56 e os valores de referência do poço 12.	50
Figuras 4.15 e 4.16	Distribuição espacial dos poços na área de coleta, para os elementos Ca e Mg no mês de outubro/2005 e a faixa de concentração obtida em cada poço.	51
Figuras 4.17 e 4.18	Distribuição espacial dos poços na área de coleta, para os elementos Mg e HCO_3^- no mês de outubro/2005 e a faixa de concentração obtida em cada poço.	51
Figuras 4.19 e 4.20	Distribuição espacial dos poços na área de coleta, para os elementos Ca e Na no mês de julho/2005 e a faixa de concentração obtida em cada poço.	52
Figuras 4.21 e 4.22	Distribuição espacial dos poços na área de coleta com enfoque para os poços 001 e 37 que tiveram valores anômalos para Na e Cl^- no mês de março.	53
Figuras 4.23 e 4.24	Distribuição espacial dos poços na área de coleta com enfoque para os poços 5 e 25 que tiveram valores anômalos para K e Cl^- no mês de out/04.	54
Figuras 4.25 e 4.26	Distribuição espacial dos poços na área de coleta com enfoque para o poço 33 que teve valores anômalos para K e NO_3^- no mês de out/04.	55
Figuras 4.27 e 4.28	Distribuição espacial dos poços na área de coleta com enfoque para o poço 33 que teve valores anômalos para o K e HCO_3^- no mês de mar/05.	56
Figuras 4.29 e 4.30	Distribuição espacial dos poços na área de coleta com enfoque para o poço 40 que teve valores anômalos para o Ca e HCO_3^- no mês de mar/05.	56
Figuras 4.31 e 4.32	Pulverizador sendo abastecido com glifosato e embalagens de glifosato armazenadas ao ar livre, ambos próximos a um ponto de coleta.	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1	Principais nutrientes recomendados (Kg/ha) para as quatro culturas mais importantes da região do Cerrado.	1
Tabela 2.1	Resumo da classificação dos Domínios, sistemas/subsistemas aquíferos da bacia do rio Jardim-DF, com respectivas vazões médias.	18
Tabela 3.1	Características dos locais de coleta como: profundidade dos poços, níveis freáticos nas épocas de coleta, pedologia, grupo e litologia nos quais estão inseridos os poços e ocorrência de prática agrícola no ponto de coleta.	27
Tabela 3.2	Parâmetros analisados para obtenção dos valores de alcalinidade.	30
Tabela 3.3	Fatores de correção utilizados nos cálculos da concentração das amostras.	30
Tabela 4.1	Valores médios e desvios-padrão (mg.L^{-1}). dos elementos analisada na água destilada e purificada no laboratório.	32
Tabela 4.2	Valores médios e desvios-padrão dos elementos analisados no padrão de 2 mg.L^{-1} .	32
Tabela 4.3	Valores médios e desvios-padrão (mg.L^{-1}) para o padrão internacional.	33
Tabela 4.4	Erro admissível nas análises, dos íons maiores, em relação ao somatório dos ânions e cátions.	33
Tabela 4.5	Erro admissível nas análises, dos íons maiores, em relação à condutividade elétrica.	34
Tabela 4.6	Valores médios, desvios-padrão e valores médios de referência para os cátions.	34
Tabela 4.7	Valores médios, desvios-padrão e valores médios de referência para os cátions.	35
Tabela 4.8	Valores médios, desvios-padrão e valores médios de referência para os cátions e ânions.	35
Tabela 4.9	Valores médios, desvios-padrão e valores médios de referência para os ânions.	35
Tabela 4.10	Valores médios, desvios-padrão e valores de referência para pH e C.E.	35
Tabela 4.11	Matriz de correlação de Pearson entre parâmetros físico-químicos, elementos-traço e maiores na coleta seca (out/04).	39
Tabela 4.12	Matriz de correlação de Pearson entre parâmetros físico-químicos, elementos-traço e maiores na coleta chuva (mar/05).	39
Tabela 4.13	Matriz de correlação de Pearson entre parâmetros físico-químicos, elementos-traço e maiores na coleta de jul/05.	40
Tabela 4.14	Matriz de correlação de Pearson entre parâmetros físico-químicos, elementos-traço e maiores na coleta seca (out/05).	40

Tabela 4.15	Elementos que apresentaram valores anômalos, localização e época da coleta.	42
Tabela 4.16	Padrão de aceitação de alguns parâmetros em água para consumo humano, segundo a Portaria 518 do Ministério da Saúde.	57
Tabela 4.17	Poços localizados em Metassilito Argiloso e Arcóseo do Grupo Bambuí.	59
Tabela 4.18	Poços localizados em Clorita Carbonato Filito do Grupo Canastra.	60
Tabela 4.19	Poços localizados em Quartizito do Grupo Paranoá.	61
Tabela 4.20	Poços localizados em Metarritmito Argiloso do Grupo Paranoá.	61
Tabela 4.21	Poços localizados em Metarritmito Arenoso do Grupo Paranoá.	61

Capítulo 1

Considerações iniciais

1.1 INTRODUÇÃO

Na bacia hidrográfica do rio Jardim, DF, são encontradas diversas culturas, cultivadas na forma de agricultura de sequeiro ou irrigada, incluindo soja, milho, arroz, algodão, feijão, alface, mexerica (Dolabella, 1996). Dessa região provém a maior parte dos grãos consumidos no Distrito Federal, parte das hortaliças e frutas, carne bovina e de aves, ovos e leite.

O plantio direto é a técnica mais utilizada na região e consiste no plantio da cultura sem remoção da palhada anterior e sem revolvimento do solo. Essa técnica também requer o uso de insumos agrícolas (fertilizantes), além de agrotóxicos, tornando necessário o conhecimento dos efeitos desses produtos nessa forma de manejo (Landers, 1994; Saturnino & Landers, 1997).

Na tabela 1.1, seguem as quantidades aproximadas dos principais nutrientes recomendados para as quatro culturas mais importantes na região do Cerrado (Oliveira-Filho *et al.*, 2002).

Tabela 1.1 - Principais nutrientes recomendados (Kg/ha) para as quatro culturas mais importantes da região do Cerrado.

Nutrientes	Soja ^{1,6}	Milho ^{2,6}	Arroz ^{3,4,6}	Feijão ^{5,6}
N	20 a 50	20 a 100	20 a 60	0 a 20
P ₂ O ₅	20 a 120	30 a 90	20 a 80	0 a 90
K ₂ O	0 a 80	0 a 60	20 a 60	0 a 100
S	15*	20	20	20 a 30
Mo	0,012 a 0,03	-	-	-
Mn	1,5 a 5	-	-	-
Zn	0,002 a 0,003	-	3	3
B	-	-	-	1

* Para a soja são utilizados 15Kg de enxofre para cada tonelada de grãos esperada.

¹ Embrapa Soja, 2001; ² Dourado-Neto & Francelli, 2000b; ³ Vieira *et al.*, 1999; ⁴ Embrapa Serviço de Produção de Informação, 1992; ⁵ Dourado-Neto & Fancelli, 2000a; ⁶ Fahl *et al.*, 1998.

Há uma preocupação em relação à contaminação do aquífero, principalmente das águas subterrâneas rasas, devido a grande concentração de atividade agrícola na região. A expressiva quantidade de produtos químicos utilizados nas lavouras nem sempre são absorvidos pelas culturas e podem contaminar as águas subterrâneas causando grande impacto ambiental (Oliveira Filho & Lima, 2002). O problema afeta ainda de forma mais direta a rede de drenagem superficial, e também deve ser motivo de preocupação, uma vez que a bacia do rio Jardim é fonte estratégica para complementação de abastecimento público de pequenas comunidades.

Alguns elementos como fósforo (P), sódio (Na), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn), cobre (Cu), molibdênio (Mo) e ânions como cloreto (Cl⁻), nitrato (NO₃⁻), bicarbonato (HCO₃⁻) e fosfato (PO₄³⁻) são indicadores de potencial influência das atividades agrícolas sobre a qualidade da água por estarem presentes em corretivos, fertilizantes e agrotóxicos.

Dessa forma, essa pesquisa tem como objetivo principal associar os resultados obtidos, por meio das análises geoquímicas das águas subterrâneas freáticas da bacia do Alto Jardim, com dados do meio físico da área incluindo litologia, tipo de solos, relevo, hidrogeologia, densidade pluviométrica, uso e ocupação do solo entre outros, para obter informações sobre as características da água da área de estudo.

Para isso foram definidos como objetivos específicos:

- Obter informações sobre principais agrotóxicos e corretivos utilizados.
- Identificar locais com maior risco à contaminação do aquífero: pontos com lençol freático raso e pontos próximos ou em áreas submetida à agricultura intensiva.
- Identificar pontos onde não há atividade antrópica de forma a se estabelecer os valores de referência nas análises geoquímicas.
- Identificar quais as fontes potenciais de contaminação dos recursos hídricos da região.

1.2 USO DE FERTILIZANTES E AGROTÓXICOS E POSSÍVEIS INTERFERÊNCIAS NA ÁGUA SUBTERRÂNEA

O uso de água subterrânea no Distrito Federal apresentou um grande incremento nos últimos 15 anos. A partir da segunda metade da década de 80, com o advento e a expansão dos condomínios e a ampliação de núcleos urbanos consolidados, a água subterrânea passou a desempenhar um papel de maior importância no abastecimento público (Campos, 2004).

Em muitos casos, a população consome a água subterrânea de maneira desorganizada e sem qualquer controle de qualidade o que pode levar ao aparecimento de doenças e também ao aumento do índice de mortalidade. Em regiões rurais, os problemas da qualidade da água

subterrânea chamam maior atenção devido à possibilidade de infiltração de agrotóxicos, fertilizantes, esgotos domésticos e de excrementos animais nos aquíferos ou diretamente nos poços produzindo efeitos mais visíveis nos seus consumidores, devido à baixa densidade populacional destas áreas (Melian *et al.*, 1999).

Agrotóxicos, herbicidas, praguicidas, pesticidas ou defensivos agrícolas são substâncias químicas utilizadas para prevenir, combater ou controlar uma praga. No Brasil, assim como em outras regiões do mundo, o uso crescente de agrotóxicos para aumentar a produtividade agrícola tem contribuído para a contaminação dos mananciais e por isso tem recebido maior atenção por parte da comunidade científica. (Dorfler *et al.*, 1977; Mattos, 2003).

Houve um aumento no interesse por pesquisas para entender o destino e distribuição desses produtos no ambiente aquático (McCarthy & Zachara, 1989) visto que muitas vezes, menos de 0,1% da quantidade aplicada alcança o alvo, enquanto o restante (99,9%) tem potencial para se mover para outros ambientes (Sabik, 2000).

Alguns benefícios podem ser conseguidos com o uso de agrotóxicos, mas é necessário um conhecimento prévio do possível impacto na saúde e no ambiente (Chilton *et al.*, 1998). Essas substâncias podem atingir as águas superficiais através de escoamento superficial e as águas subterrâneas através da infiltração vertical, mas em ambos os casos as partículas de solo, com capacidade de adsorção desses produtos, é que determinam seu destino final no ambiente. (Calvet, 1989).

Cada vez mais são produzidos agrotóxicos com baixa persistência no ambiente. O glifosato, que representa 60% do mercado mundial de herbicidas (Amarante Junior & Santos, 2001) é bastante utilizado na região do rio Jardim e surgiu conforme as necessidades do mercado, dentre elas, o advento das culturas transgênicas resistentes a algumas pragas e ao próprio glifosato.

As concentrações mais altas de glifosato foram encontradas no solo, porém se adsorvido tende a ser inativo. O mecanismo não é inteiramente compreendido, no entanto, supõem-se ligações similares às do fosfato inorgânico. A competição com fosfato inorgânico tem sido demonstrada em laboratório, mas não tem sido medida no campo (WHO, 1994). O glifosato livre no solo é degradado rapidamente a dióxido de carbono, pela atividade microbiana, enquanto que o glifosato adsorvido é degradado mais lentamente, ou não degradado, persistindo inativo durante anos. Sua presença em água subterrânea foi citada uma única vez, no estado do Texas, EUA, mas a concentração medida não foi especificada (Amarante Junior & Santos, 2001).

A concentração e tempo de chegada dos resíduos de agrotóxicos na água dependem da massa aplicada, das aplicações antecedentes, da mobilidade, persistência do composto e das condições hidrogeológicas. O solo tem importante função nesse processo podendo favorecer a

concentração que chegará no aquífero através da degradação do composto ou da diluição, em solos com alta recarga e porosidade (Chilton *et al.*, 1998).

A fração argila total do solo; argilominerais, colóides, óxidos e hidróxidos; são responsáveis pela adsorção de muitos herbicidas polares devido à grande área superficial que possuem associada ao tamanho de suas partículas (Lagaly, 1994; Hermosin and Cornejo, 1989, 1990).

A matéria orgânica exerce um importante papel na adsorção de compostos orgânicos apolares no solo e sedimento (Chiou, 1989), mas para compostos orgânicos polares o comportamento esperado não é o mesmo, especialmente para solos e sedimentos contendo baixo teor de matéria orgânica. (Cox *et al.*, 1993, 1995, 1996).

A recarga dos aquíferos freáticos se dá pela infiltração das águas de chuva sendo que a zona não saturada é importante como um filtro natural para as águas que alcançam o aquífero do domínio fraturado. Esse aquífero é explorado na região do Distrito Federal por meio de poços tubulares com profundidades variáveis de 80 a 200 metros. A recarga desse aquífero processa-se a partir das águas armazenadas no sistema poroso sobreposto, por infiltração laminar (Campos & Freitas-Silva, 1998).

A região do Cerrado possui a maioria dos solos profundos, sendo 46% da área de Latossolos. Os Latossolos apresentam baixa fertilidade, acidez elevada e altos teores de alumínio, necessitando de aplicações de pó de dolomita que aumenta o cálcio, o magnésio e neutraliza o alumínio, além de fertilizantes para uma produtividade satisfatória (Silva *et al.*, 2001).

Os fertilizantes são outra importante fonte de contaminação dos mananciais, sob determinadas condições de solo e clima, o uso excessivo ou o manejo inadequado desses produtos pode acarretar o enriquecimento da água em nutrientes, provocando prejuízos ao ambiente e a própria saúde humana (Resende, 2002).

De acordo com Oliveira Filho (2002), os nutrientes essenciais para as plantas são classificados em macro e micronutrientes. Os macronutrientes, absorvidos em maior quantidade pelas plantas, são N, P, K (primários) e Ca, Mg e S (secundários). Os macronutrientes classificados como primários são encontrados em grande quantidade na matéria seca dos vegetais (Fertiza, 2000) e os problemas mais comuns observados são:

Nitrogênio

Facilidade de lixiviação do nitrogênio na forma de nitrato (Oliveira Filho, 2002). As formas mais comuns de nitrogênio inorgânico incluem nitrato (NO_3^-), nitrito (NO_2^-), gás nitrogênio (N_2), íon amônio (NH_4^+) e cianeto (CN^-). As fontes de nitrogênio que podem atingir as águas subterrâneas são: esgoto, excremento de animais e fertilizantes. A oxidação e redução das espécies de nitrogênio ocorrem através de microrganismos e em condições oxidantes a amônia se converte a nitrito que rapidamente é convertido em nitrato (Feth, 1966).

A contaminação de água subterrânea por NO_3^- tem sido muito documentada. Hill (1982), estudou sua distribuição em águas subterrâneas e encontrou menos de 1,0 mg/L de NO_3^- em áreas de floresta, ou de pastagem, e mais de 10 mg/L em áreas agrícolas que fazem uso de fertilizantes.

As fontes de nitrogênio utilizadas na agricultura são: Sulfato de Amônio, Nitrato de Amônio, Nitrato de Amônio e Cálcio, Uréia e Fosfato Mono e Diamônico (Fertiza, 2000).

Fósforo

O fósforo (P) é facilmente adsorvido pelo solo e tem baixa mobilidade, mas pode chegar aos corpos hídricos por escoamento superficial, gerando o processo de eutrofização (Oliveira Filho, 2002). Dissolvido em água o P aparece nas formas de ácido fosfórico (H_3PO_4) e seus produtos de dissociação: H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} e PO_4^{3-} . A proporção de cada um em solução depende do pH da água. Em solos alcalinos o P pode reagir com carbonato de cálcio (CaCO_3) e formar o mineral hidroxiapatita segundo a reação:



As principais fontes de P em fertilizantes são: Superfosfato simples que contém enxofre (S) e cálcio (Ca) – onde o S, na forma de SO_4^{2-} , move-se verticalmente levando o Ca, Mg e K para níveis mais profundos do solo, neutralizando o Al – e também é encontrado nas fórmulas NPK, Superfosfato triplo (difere do Superfosfato simples por ter menor teor de Ca e pouco S), Fosfato mono e diamônico e Novaphos com Ca e S (Fertiza, 2000).

O Fosfato (PO_4^{3-}) pode, ainda, ser adicionado ao meio ambiente por meio de excrementos de animais, esgotos e detergente (Fetter, 1993).

Potássio

O potássio (K) é fundamental no processo de transformação da energia solar em energia química para as plantas. As principais fontes de K em fertilizantes são: KCl (mais de 95% do

potássio consumido no Brasil), K_2SO_4 que contém S, Nitrato de potássio e sulfato de potássio e magnésio (Fertiza, 2000).

O K ao ser manuseado de forma inadequada pode restringir a utilização do N por determinada cultura gerando aumento da lixiviação do NO_3^- ou um aumento na utilização de agrotóxicos.

Outros Nutrientes

Os macronutrientes cálcio, magnésio e enxofre são ditos secundários, porque se encontram normalmente nos corretivos de solo e fertilizantes e são ausentes, ou escassos, nos solos da região. A deficiência por Ca pode ser suprida através de calagem ou com adubos que contenham Ca. O Mg pode ser repostado por meio da calagem com calcário magnesiano (teor de MgO entre 5 e 12%), calcário dolomítico (teor de MgO maior que 12%) ou por alguns adubos que também contenham Mg. A deficiência do S pode ser corrigida através da gessagem ou pelo uso de fertilizantes que contenham adequado teor de S (Fertiza, 2000).

Já os micronutrientes são aqueles absorvidos em menor quantidade pelas plantas, como: ferro (Fe), cloro (Cl), manganês (Mn), boro (B), zinco (Zn), cobre (Cu) e molibdênio (Mo). São elementos químicos que são adsorvidos em proporção muito menor pelas plantas, mas são igualmente importantes. Enquanto as necessidades de cada macronutriente são medidas em quilogramas, os micronutrientes aparecem em gramas por hectare de cultura (Fertiza, 2000). Os fertilizantes também contêm micronutrientes, que são derivados principalmente das rochas fosfatadas e do calcário dos quais são extraídos, como Cd, Pb, Ni, Cu e Zn (Berton, 1992).

Os problemas mais comuns observados com os micronutrientes são: acumulação no solo, com possibilidade de efeitos em longo prazo sobre a qualidade e produção, assimilação pelas plantas e presença desses elementos em dietas animais e humanas.

Dessa forma, a qualidade da água subterrânea tanto pode ser degradada por causas naturais (influenciada pelo material geológico no qual se insere) como por atividades antropogênicas (sanitárias, agrícolas ou industriais). A distribuição, mobilidade e disponibilidade de elementos químicos dependem não só de suas concentrações, mas de suas associações químicas e físicas nos sistemas naturais, influenciados de um lado pelas condições naturais e de outro, pela ação antrópica. Sendo assim, os estudos geoquímicos são importantes nesse trabalho, pois oferecem informações sobre a origem dos elementos químicos dissolvidos na água e suas interações com o meio (Boaventura, 1997).

Capítulo 2

Caracterização da Área de Estudo

2.1 LOCALIZAÇÃO

A bacia hidrográfica do rio Jardim situa-se na parte leste do Distrito Federal (Figura 2.1), entre as latitudes 15°40' e 16°02' e longitudes 47°20' e 47°40'.

Possui uma área de drenagem de 52.755,15 ha (575,51 km²) representando cerca de metade da área de contribuição da bacia do rio Preto em território distrital (EMBRAPA, 2000). As águas do rio Jardim, depois de desaguiarem no rio Preto, seguem pelo rio Paracatu até o rio São Francisco nos limites do Distrito Federal (Dolabella, 1996).

As coordenadas dos pontos de amostragem estão apresentadas no Anexo I.

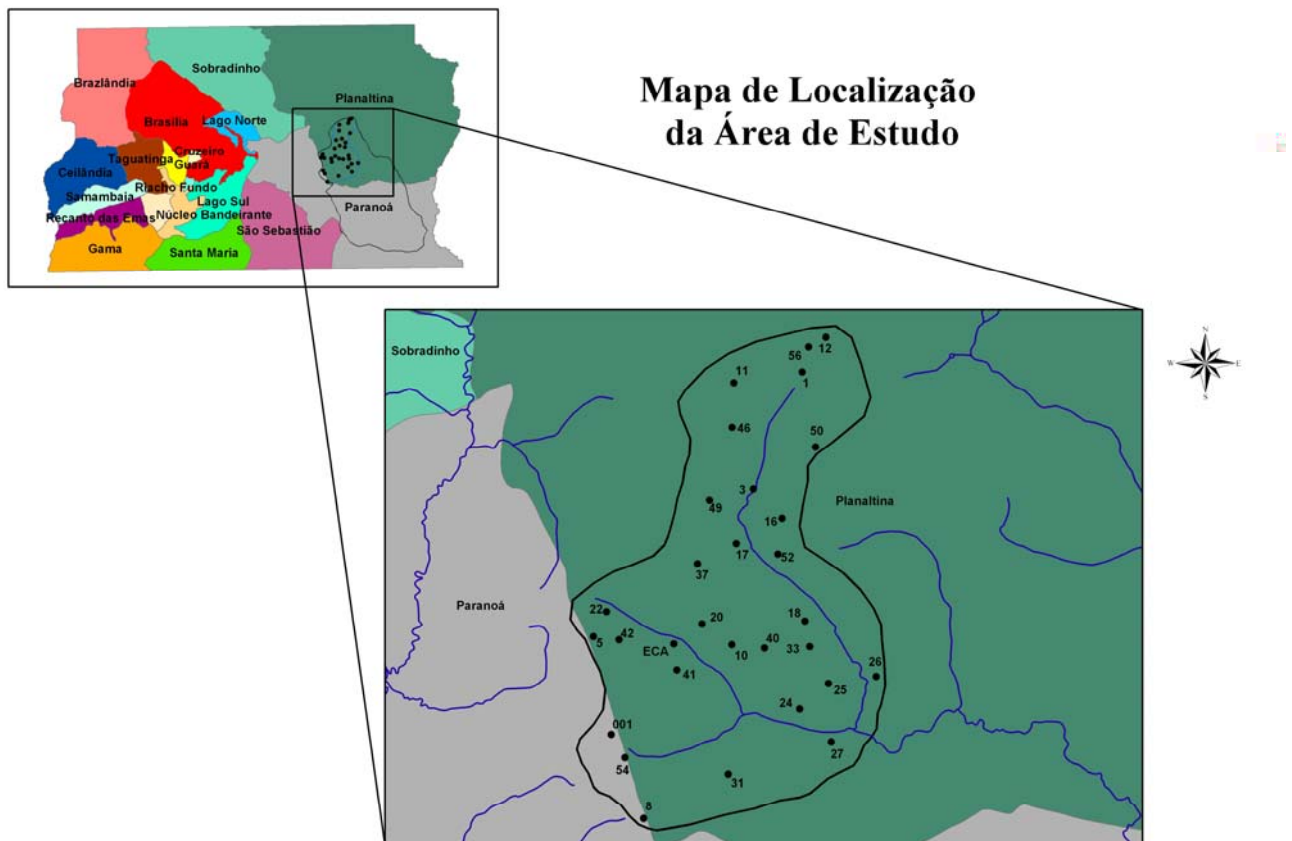


Figura 2.1 - Localização da bacia do rio Jardim no Distrito Federal com destaque para a bacia do Alto Jardim e os pontos amostrados.

2.2 GEOLOGIA LOCAL

O Distrito Federal é composto de quatro conjuntos litológicos denominados de grupos Paranoá, Canastra, Araxá e Bambuí. Em geologia o termo “grupo” representa um conjunto de rochas de mesma idade, com características distintas que se associam vertical e lateralmente.

Quando se estuda os aspectos hidroquímicos de uma região, o conhecimento sobre a geologia é importante, pois, pelo menos em parte, a composição das águas é determinada pela composição das rochas. A geologia também controla a composição dos solos, que por sua vez é responsável por parte da composição química das águas subterrâneas rasas.

A bacia hidrográfica do rio Jardim desenvolveu-se sobre rochas dos grupos Paranoá, Canastra e Bambuí, os quais serão detalhados a seguir. As áreas de abrangência das referidas unidades litoestratigráficas estão representadas no mapa geológico (Figura 2.2).

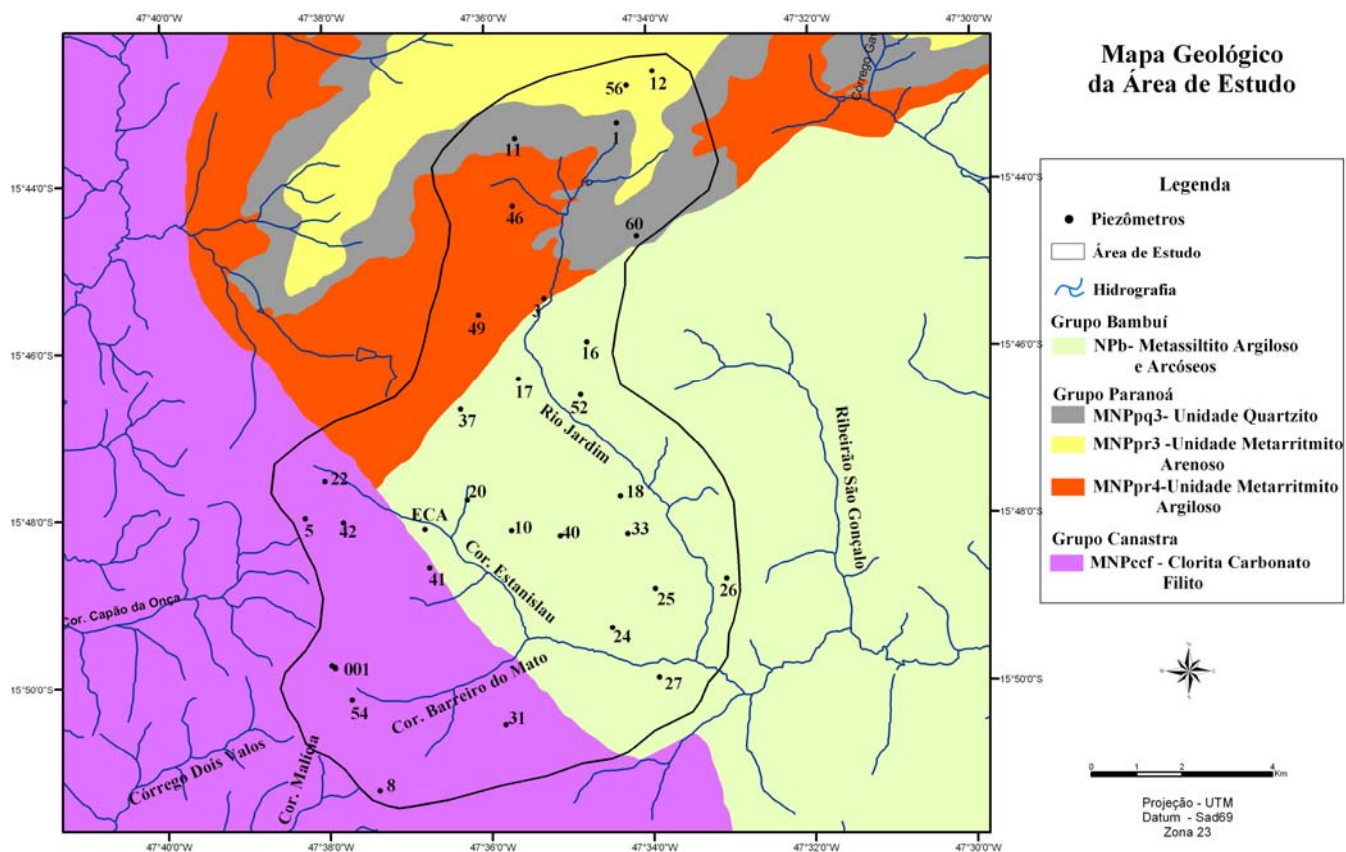


Figura 2.2 - Mapa geológico com destaque para a área de pesquisa, inserida na bacia do rio Jardim e os poços amostrados (Campos & Freitas-Silva, 1998).

Os grupos Paranoá e Canastra apresentam idade Meso/Neoproterozóico (entre 1.100 e 900 milhões de anos) e o Grupo Bambuí idade Neoproterozóica (entre 850 e 600 milhões de anos).

2.2.1 Grupo Canastra

O grupo Canastra foi definido originalmente no sul do estado de Minas Gerais e sua estratigrafia foi estabelecida por Freitas-Silva & Dardenne, conforme a Figura 2.3.

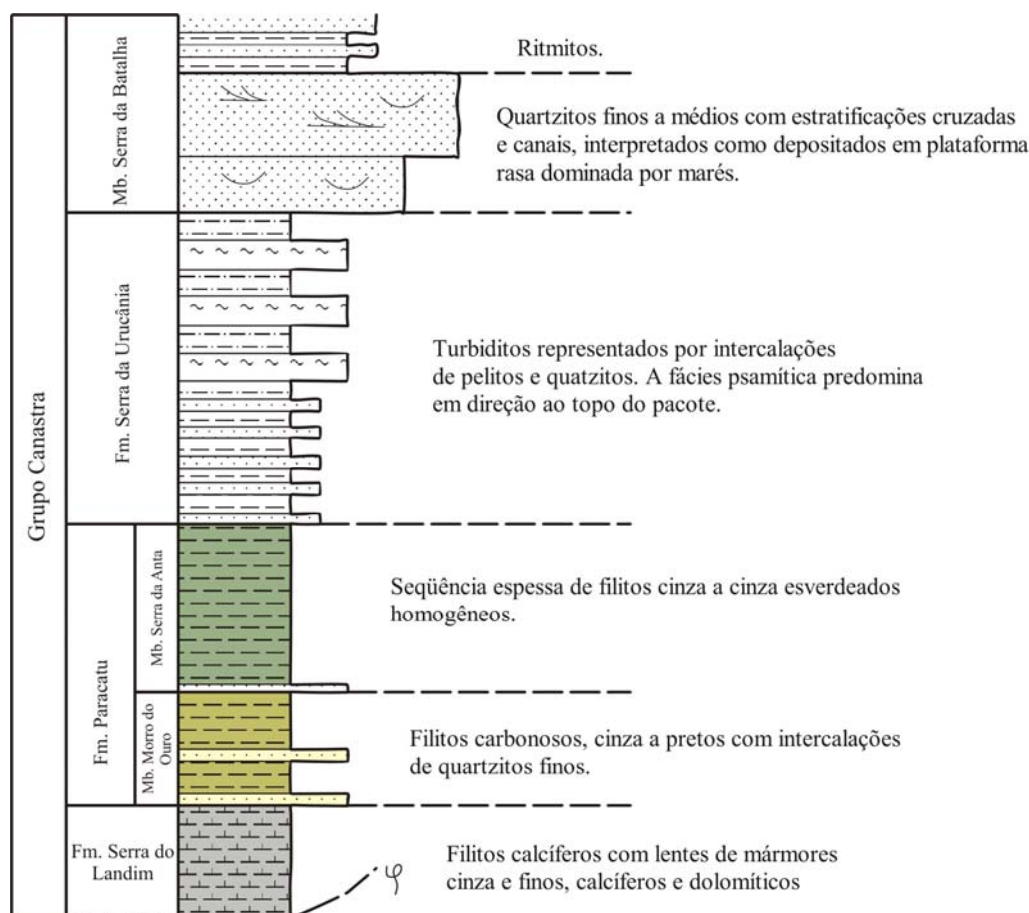


Figura 2.3 – Estratigrafia do grupo Canastra, integrada por Freitas-Silva & Dardenne (1994) a partir de estudos realizados nas regiões sul e oeste de Minas Gerais e Distrito Federal. Em destaque colorido estão as unidades presentes na região em estudo.

Os litotipos observados na área do Distrito Federal são correlacionáveis às formações Serra do Landim e Paracatu da estratigrafia regional do grupo Canastra proposta por Freitas-Silva & Dardenne (1994).

As rochas aflorantes são filitos variados com contribuição de quartzitos, calcifilitos, mármore finos e filitos carbonosos. Na área de pesquisa, o grupo Canastra, nos domínios do Vale do Rio São Bartolomeu é representado por fengita filitos, clorita filitos, quartzo-fengita-clorita filitos, metarritmitos e filitos carbonosos.

As rochas desse grupo apresentam-se esbranquiçadas e rosadas até avermelhadas quando alteradas. Nas porções mais silicosas, o quartzo fica ressaltado devido a sua maior resistência aos processos intempéricos em relação aos argilominerais.

Dados obtidos durante a construção de poços tubulares profundos na área da bacia do rio Jardim (Lousada, 1999) indicam que os filitos carbonosos, com espesso manto de intemperismo (até 70 metros) dominam a área de estudo.

2.2.2 Grupo Paranoá

É representado por uma seqüência areno-argilo-carbonatada distribuída por toda a porção externa da Faixa Brasília. Faria (1995) caracterizou a coluna estratigráfica do grupo Paranoá na área de São João D'Aliança e Alto Paraíso de Goiás, tendo discriminado onze unidades denominadas por letras-código (Figura 2.4).

		Seqüência Depositional	Fácies Sedimentares
P A R A N O Á	PC	150 m	Pelitos com lentes de dolomitos estromatolíticos
	R ₄	150 m	Metarritmito argiloso
	Q ₅	30 m	Quartzito
	R ₃	70 m	Metarritmito
	A	50 m	Ardósia
		100 m	Metarritmito argiloso
	S _{rc}	170 m	Sublitofácies pelítica com lentes de dolomito com estromatólitos
	S _r	60 m	Sublitofácies metarritmito
	S _{rc}	60 m	Sublitofácies metarritmito com lentes de calcário
		120 m	Metassiltito argiloso
	Q ₂	150 m	Quartzito microconglomerático
R ₂	150 m	Metarritmito	
Q ₁	80 m	Quartzito fino a médio	
R ₁	80 m	Metarritmito	
SM	50 m	Conglomerado São Miguel	

Figura 2.4 - Coluna litoestratigráfica da seqüência deposicional Paranoá, Região de Alto Paraíso/São João D'Aliança – GO (segundo Faria, 1995).

O grupo Paranoá recobre cerca de 60% da área total do Distrito Federal. No Distrito Federal ocorrem sete unidades correlacionáveis àquelas descritas em âmbito regional, correspondendo, da base para o topo, às unidades **Q₂, S, A, R₃, Q₃, R₄ e PC**.

Na área de estudo ocorrem rochas correlacionáveis às unidades **R₃, Q₃ e R₄**.

Unidade R₃ - Metarritmito Arenoso - É caracterizada por alternância de níveis centimétricos a métricos de quartzitos finos a médios, com níveis mais delgados de metassiltitos argilosos, metalamitos siltosos e metalamitos micáceos, com quantidade relativa de termos arenosos significantes.

Unidade Q₃ - Quartzitos Médios - Esta unidade, por sua elevada resistência aos processos de desgaste, sustenta as áreas de chapadas mais elevadas do Distrito Federal. Os litotipos presentes são quartzitos finos a médios, por vezes grossos, de coloração branca ou cinza clara (cinza escuro quando frescos), bem selecionados, mineralogicamente maduros, de modo geral muito silicificados, o que origina um aspecto maciço na maioria das ocorrências no DF.

Unidade R₄ - Metarritmito Argiloso - Dá origem a um relevo mais movimentado com vales encaixados. É representada por um metarritmito homogêneo com intercalações centimétricas regulares de metassiltitos, metalamitos e quartzitos finos de coloração cinza, amarelada, rosada ou avermelhada devido aos diferentes graus de intemperismo.

2.2.3 Grupo Bambuí

A coluna estratigráfica atualmente aplicável foi proposta por Dardenne (1978), sendo composta, da base para o topo, pelas formações: Jequitaiá, Sete Lagoas, Serra de Santa Helena, Lagoa do Jacaré, Serra da Saudade e Três Marias (Figura 2.5).

O Grupo Bambuí se distribui por cerca de 15% da área total do DF, sendo observado na porção leste ao longo do vale rio Preto.

Na área em estudo afloram rochas atribuídas às formações Serra da Saudade e Três Marias e há registros de que poços tubulares profundos que interceptam calcários pretos interpretados como pertencentes à Formação Lagoa do Jacaré. Essas unidades são detalhadas a seguir.

Formação Lagoa do Jacaré – Caracteriza-se por metassiltitos e margas onde se intercalam lentes e/ou camadas de calcários pretos fétidos, ricos em matéria orgânica, com a presença freqüente de níveis oolíticos e psolíticos. As rochas sílticas e argilosas predominam e os calcários ocorrem apenas como lentes de dimensões não superiores a milhares de quilômetros quadrados com espessuras que podem alcançar mais de 230 metros.


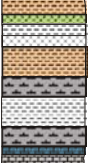
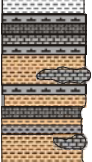
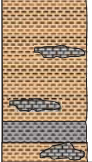


LITOLOGIA	FORMAÇÃO	AMBIENTE DE SEDIMENTAÇÃO	
 Arcóseo esverdeado em bancos maciços siltito-arcoseano esverdeado	Três Marias	Ambiente merinho raso a continental	3º CICLO
 Siltitos-argilosos margosos esverdeados com calcário cinza na base. No topo, Bancos de arcóseo esverdeado	Serra Da Saudade	Ambiente sublitorâneo com águas tranquilas a francamente marinho	
 Siltitos-argilosos intercalando bancos ou lentes de calcário preto oolítico, fétido. Níveis margosos constantes	Lagoa do Jacaré	Periodicamente, um retorno à sedimentação sublitorânea, com águas rasas agitadas e pelas correntes de maré	2º CICLO
 Argilito com lentes de calcário cinza-escuro e níveis de margas	Santa Helena	Ambiente sublitorâneo relativamente profundo com águas calmas	
 Calcário cinza-escuro, localmente oolítico. Dolomitos laminados, brechas dolomíticas e dolarenitos	Sete Lagoas	Ambiente sublitorâneo Ambiente litorâneo	1º CICLO
 Calcário argiloso cinza-escuro bem laminado. Argilito com lentes de dolomito, bege bem laminado. Paraconglomerado polimítico	Jequitai	Ambiente sublitorâneo Ambiente litorâneo Sedimentos glaciais	
 Complexo basal, xistos Araxá (?), Quartzitos Araí			

Figura 2.5 – Estratigrafia do Grupo Bambuí, segundo Dardenne (1978).

Formação Serra da Saudade – É composta por metassiltitos, metargilitos e folhelhos, muito raramente contendo lentes de calcários. Na Faixa Brasília, na região de Cedro do Abaeté – Quartel Geral (Minas Gerais), onde originalmente foi descrita, são observadas, na porção basal da unidade, pequenas ocorrências de fosforitos (Costa & Branco 1961, Bonhomme 1976 e Bonhomme *et al.* 1982). Na região de Patos de Minas os metassiltitos / metargilitos verdes são ricos em potássio e fósforo, sendo localmente referidos como verdetes.

Formação Três Marias – Ocorre recobrimdo o subgrupo Paraopeba, sendo caracterizada por sua ampla distribuição e notável homogeneidade litológica e geoquímica (Chiavegatto & Gomes 1993, Guimarães 1993). É composta por metarcóseos, metarenitos arcoseanos, metassiltitos e intercalações subordinadas de rochas conglomeráticas (Costa & Branco 1961, Braun 1968).

2.3 HIDROGEOLOGIA

No Distrito Federal podem ser diferenciados dois grandes conjuntos de reservatórios: os aquíferos do Domínio Poroso e do Domínio Fraturado (Campos & Freitas-Silva, 1998).

Essa característica foi observada ao perfurar poços tubulares profundos em diversas localidades do Distrito Federal. No acompanhamento destas obras identificou-se a presença de

água no contato entre regolito e rocha fresca. Seguindo a perfuração, percebe-se que a seção inicial da rocha fresca encontrava-se em sua maioria não saturada. As zonas fraturadas saturadas ocorreram a profundidades mais elevadas da ordem de 60 metros (Figura 2.6). A potencialidade para recarga dos aquíferos fraturados está condicionada aos seguintes fatores: presença de material argiloso no contato entre os domínios poroso e fraturado; compondo barreiras hidráulicas que controlam a velocidade de infiltração da água armazenada no meio poroso e transmitida para o fraturado; e espessura da zona saturada do domínio poroso, que varia nos períodos secos e chuvosos, diminuindo e aumentando a carga hidráulica, condicionando as taxas de infiltração dessa água para preencher as fraturas dos aquíferos sotopostos. Quanto menor for a carga hidráulica, menor será a infiltração, e vice-versa.

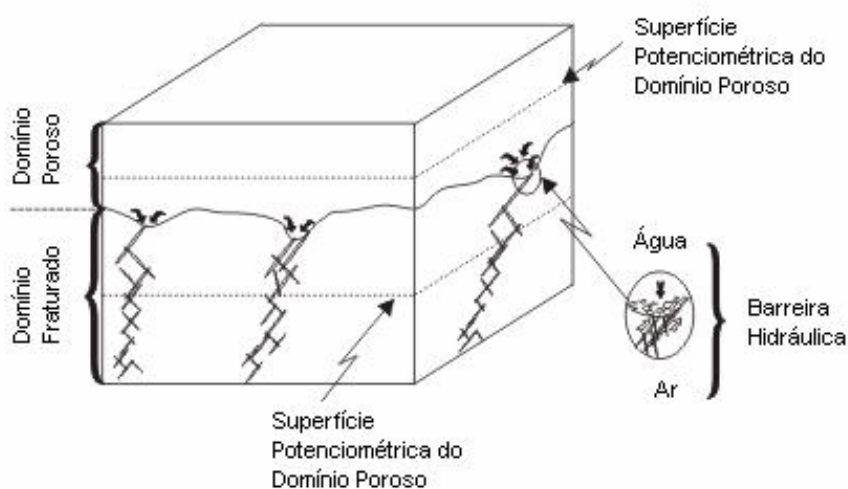


Figura 2.6 – Modelo hidrogeológico geral esquemático para a região do Distrito Federal (Campos & Tröger, 2000).

O primeiro grupo, Domínio Poroso, foi subdividido em quatro sistemas **P₁**, **P₂**, **P₃** e **P₄** e está representado no Distrito Federal pelos solos, pelo manto de alteração das rochas e ainda pelo material acumulado nos sistemas de drenagem (aluviões).

O segundo grupo, Domínio Fraturado, está representado por domínios rochosos caracterizados pela inexistência ou presença reduzida de espaços intergranulares na rocha (porosidade primária). Nesse caso, os reservatórios de água estão associados à denominada porosidade secundária (fendas, fissuras ou fraturas, falhas, juntas, zonas de cisalhamento, etc).

Estão presentes na bacia do rio Jardim os sistemas **P₁**, **P₂** e **P₄**, do Domínio Poroso, e os sistemas Paranoá, incluindo os sub-sistemas **Q₃/R₃** e **R₄**, Canastra e Bambuí do Domínio Fraturado, os quais estão dispostos no mapa hidrogeológico da bacia na figura 2.7 e serão descritos a seguir.

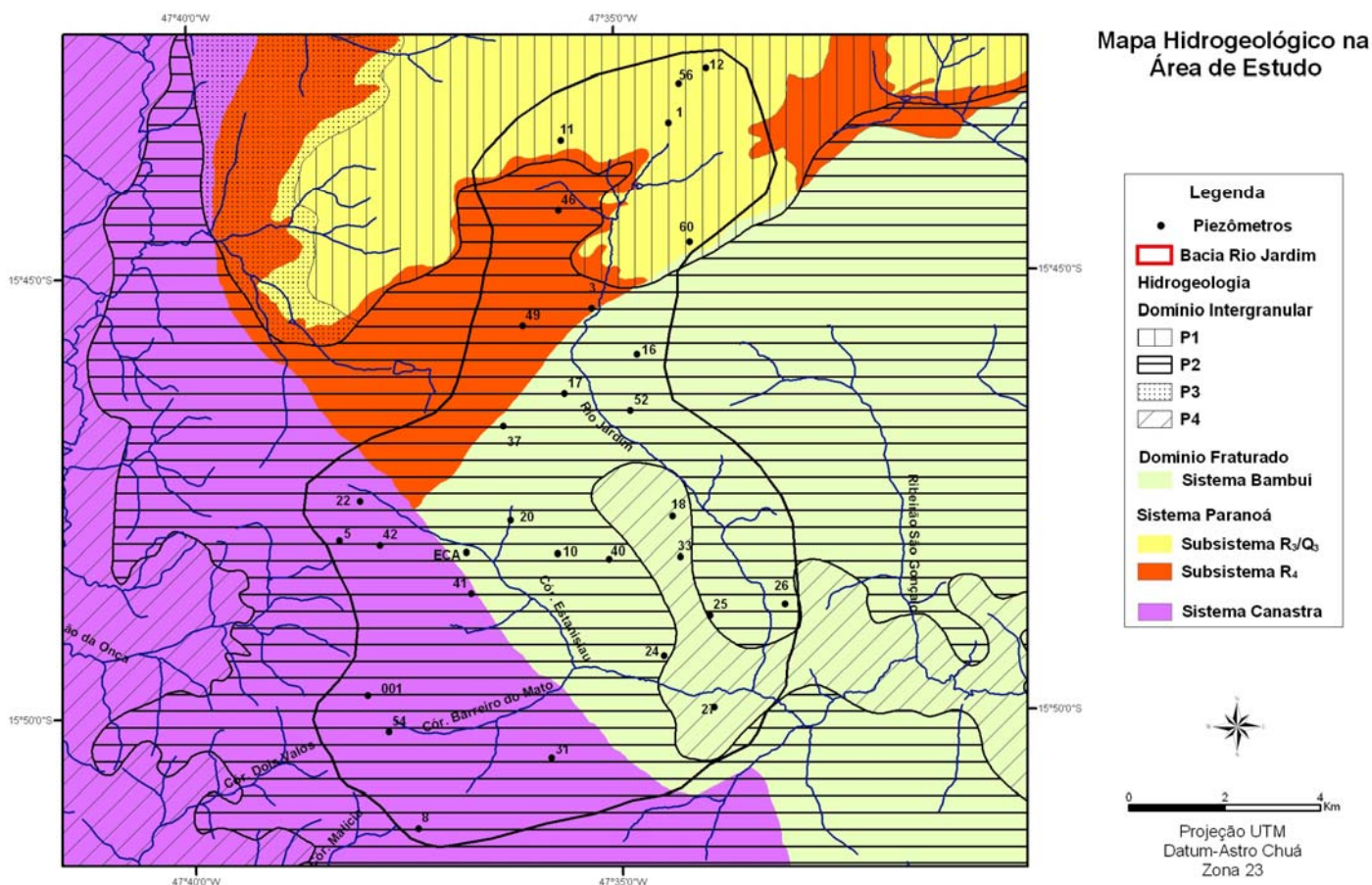


Figura 2.7 – Mapa Hidrogeológico da bacia do Alto Jardim e a localização dos poços amostrados. Fonte: Campos & Freitas-Silva, 1998.

Para designar a importância hidrogeológica desses aquíferos utilizaram-se os termos “relativa local baixa”, “relativa local mediana” e “relativa local elevada”. Estes termos estabelecem uma relação entre os diferentes aquíferos presentes no Distrito Federal, a qual não pode ser extensiva para outras regiões.

2.3.1 Domínio Poroso

Sistema P₁

Esse sistema poroso abrange a porção norte da área estudada. É caracterizado por solos formados a partir da ação do intemperismo em quartzitos (Q₃) ou metarritmitos (R₃) e às porções mais quartzíticas presentes no topo da unidade metassiltito argiloso (S), sendo essas três unidades inseridas nos domínios do grupo Paranoá. A intemperização desses litotipos origina solos que são classificados como Latossolos vermelho amarelos de textura média a arenosa, ocorrendo também areias quartzosas em porções limitadas. Conferem ao sistema aquífero uma boa condição de recarga, pois a elevada ocorrência da porção arenosa aumenta a permeabilidade

do meio e fornece condições de armazenamento, segundo estudos realizados por Campos & Freitas-Silva (1998).

As espessuras dos solos deste sistema aquífero variam desde poucos centímetros até 30 metros e colaboram para compor um sistema com alta capacidade de armazenamento, pois as elevadas espessuras funcionam como zonas de aprisionamento da água até que ela percole através das fendas e fraturas para recarga dos aquíferos fraturados sotopostos.

A morfologia associada a esse sistema é caracterizada por chapadas elevadas, com superfície suavemente ondulada. Os valores de declividade nesse domínio são baixos, sendo de modo geral inferiores a 5%.

São aquíferos intergranulares contínuos, livres, de grande extensão lateral com elevada importância hidrogeológica local relativa. Apresentam condutividade hidráulica (K) variando entre $1,7 \times 10^{-5}$ e $2,8 \times 10^{-6}$ m/s e transmissividade (T) entre $1,7 \times 10^{-4}$ e $2,8 \times 10^{-5}$ m²/s (Campos & Freitas-Silva, 1998).

Sistema P₂

Esse sistema está associado a rochas pelíticas (xistos e filitos), desenvolvendo solos e saprolitos geralmente mais espessos que os do sistema P₁, já que esse material é mais susceptível ao intemperismo químico. Morfologicamente, está posicionado sobre terreno suave ondulado em chapadas intermediárias, fato que também favorece a decomposição da rocha subjacente, originando uma espessa cobertura pedológica.

Os solos são classificados como Latossolos vermelho arenosos a siltosos. É comum nesse material a presença de agregados aproximadamente esféricos (textura granular) que modificam as características dos solos no que se refere a sua permeabilidade, fazendo deste um material com porosidade e condutividade hidráulica moderadas (parâmetros semelhantes aos de uma areia média).

O sistema aqui tratado é composto por aquíferos intergranulares, contínuos, livres, de grande distribuição lateral e com importância hidrogeológica local mediana. Pode-se salientar que a presença de couraças lateríticas porosas, comum nesse sistema aquífero, representa um importante fator para recarga local.

Sistema P₄

Este sistema abrange a porção sudeste da área, ocupando toda a parte mais rebaixada, com relevo movimentado. Está caracterizado por solos relativamente rasos de composição predominantemente argilosa. Os solos estão associados a rochas pelíticas e classificados como Cambissolos litólicos e Litossolos rasos, com coloração variando de rosado a amarelado,

comumente ocorrendo fragmentos da rocha sã (xistos e filitos). Os valores de condutividade hidráulica e transmissividade são muito baixos. Nas regiões onde não ocorre uma zona saturada no domínio poroso, a transmissividade é nula.

A recarga desses aquíferos está relacionada ao comportamento do relevo acidentado, escavado em vales dissecados com formas convexas e côncavas e grandes diferenças topográficas. A movimentação característica do relevo associado a esta unidade, não representa boas condições de recarga local as declividades superiores a 10% recobrem a maior parte da área.

Nessas condições se torna mais propício o escoamento superficial, ainda mais pronunciado devido aos solos argilosos serem pouco permeáveis. As taxas de infiltração ficam condicionadas a situações restritas, onde as declividades apresentem-se mais baixas.

Este sistema é composto por aquíferos intergranulares, descontínuos, livres e muito restritos lateralmente, com importância hidrogeológica relativa local muito pequena.

2.3.2 Domínio Fraturado

Sistema Paranoá

Subsistema R₃/Q₃

É associado às Unidades Metarritmito Arenoso e Quartzito Médio (**R₃** e **Q₃**) do Grupo Paranoá. A inclusão de duas unidades litoestratigráficas em um único subsistema se deve à semelhança entre as características hidrogeológicas (parâmetros hidrodinâmicos, distribuições das vazões médias e aspectos construtivos dos poços) apresentadas pelos distintos tipos petrográficos.

O tipo litológico (quartzitos) inerente a este subsistema é caracterizado por apresentar comportamento rúptil, ocasionando descontinuidades por todo maciço rochoso e favorecendo a abertura do sistema de fraturas.

Possui elevada importância hidrogeológica com vazões médias 12.000 L/h.

Subsistema R₄

É relacionado aos tipos litológicos da Unidade **R₄** (metarritmito argiloso) do Grupo Paranoá. Essas rochas apresentam elevada quantidade de material argiloso (cerca de 40%) associado aos quartzitos de granulometria fina (cerca de 60%). A média de vazões é baixa, da ordem de 6.000 litros/hora, em decorrência do material argiloso presente na rocha.

Os poços associados ao subsistema **R₄** localmente apresentam problemas construtivos em função das feições de intemperismo diferencial. Nesse domínio, é comum a ocorrência de níveis pelíticos (baixa resistência ao intemperismo) abaixo dos metarritmitos (elevada resistência aos processos intempéricos), trazendo dificuldades operacionais no que se refere a instalação dos tubos de revestimento em material realmente estável e consolidado. Relocação de poços e revestimento total da seção perfurada são procedimentos comumente implementados em decorrência das características inerentes a esse subsistema.

Este subsistema é caracterizado por aquíferos restritos lateralmente, descontínuos, livres, condutividade hidráulica baixa e importância hidrogeológica relativa local mediana, em função das vazões médias e da grande área de abrangência.

Sistema Bambuí

É litologicamente caracterizado por siltitos, siltitos argilosos e bancos ou camadas de arcóseos. São aquíferos associados a domínios rúpteis controlados pela densidade de fraturamento. Esses aquíferos produzem vazão média de 5.000 litros/hora.

A atividade hídrica relativa inerente aos litotipos desse subsistema está atribuída ao comportamento rúptil dos siltitos mais maciços e dos níveis de arcóseos. Os parâmetros foliação e acamamento desenvolvido nas rochas atuam como fator determinante das vazões médias nestas litologias pelíticas. O processo de infiltração para recarga dos aquíferos é favorecido pelo relevo de chapadas rebaixadas com um padrão suavemente ondulado em porções locais.

Neste domínio os aquíferos são livres, descontínuos lateralmente, anisotrópicos, de meio fissurado, com condutividade hidráulica baixa a média e importância hidrogeológica local relativa mediana, em função da extensa área de abrangência e das características de ocupação da área (grandes propriedades rurais que garantem as condições de recarga).

Sistema Canastra

Subsistema F

Este subsistema abrange a maior porção da área de ocorrência do Grupo Canastra do Distrito Federal. Está litologicamente associado aos filitos das formações Serra do Landim e Paracatu, apresentando média de vazões da ordem de 7.000 litros/hora.

Algumas características inerentes a este domínio são condicionantes para formação de um bom sistema aquífero, como a ocorrência de sistemas de fraturamentos e a presença da foliação principal na rocha com atitudes geralmente de alto ângulo ($>60^\circ$), facilitando assim a percolação

das águas de precipitação pluviométrica. Esses fatores incrementam as características dos aquíferos no que se refere à capacidade de armazenamento e transmissividade. Salienta-se ainda que na região, restrita aos regolitos, há um grande aumento da porosidade dos filitos, funcionando dessa forma como excelentes áreas de recarga. Outro fator a ser considerado é o relevo acidentado inerente a esse subsistema, apresentando declividades moderadas a elevadas associadas a solos rasos e pouco permeáveis (Sistema **P₄**), inferindo menores taxas de infiltração e redução na circulação do aquífero.

Os aquíferos deste subsistema são caracterizados como fraturados, descontínuos, livres, com baixa condutividade hidráulica e importância hidrogeológica relativa local média a moderada. Na tabela 2.1 segue o resumo da classificação dos domínios.

Tabela 2.1 - Resumo da classificação dos Domínios, sistemas/subsistemas aquíferos da bacia do rio Jardim, DF, com respectivas vazões médias. Fonte: Campos & Freitas-Silva, 1998.

AQÜIFERO (sistema / subsistema)	MÉDIA DAS VAZÕES (L/h)
AQÜIFEROS DO DOMÍNIO POROSO	
SISTEMAS P₁, P₂ e P₄	< 800
AQÜIFEROS DO DOMÍNIO FRATURADO	
SISTEMA PARANOÁ	
Subsistema Q ₃ /R ₃	12.000
Subsistema R ₄	6.000
SISTEMA CANASTRA	
Subsistema F	6.000
SISTEMA BAMBUÍ 6.000	

2.4 CLASSIFICAÇÃO DO CLIMA

Um dos principais estudos relacionados ao clima do Distrito Federal está sintetizado no trabalho de Coimbra, 1987. No Distrito Federal, o clima é classificado como tropical semi-úmido, com duas estações distintas: verão chuvoso e inverno seco.

Em outubro inicia-se o período de chuvas que permanece até março, sendo os maiores índices pluviométricos observados durante o mês de janeiro a março. Os meses de abril a setembro são marcados pelo intenso déficit hídrico. As taxas de precipitação diminuem cerca de 86% no mês de maio, onde inicia-se a estação seca, estendendo-se até setembro (Figura 2.8).

O clima dessa área segundo classificação de Köppen (CODEPLAN, 1984), é do tipo Tropical AW (Embrapa, 1978), com temperatura média nos meses mais frios inferior a 18^o C.

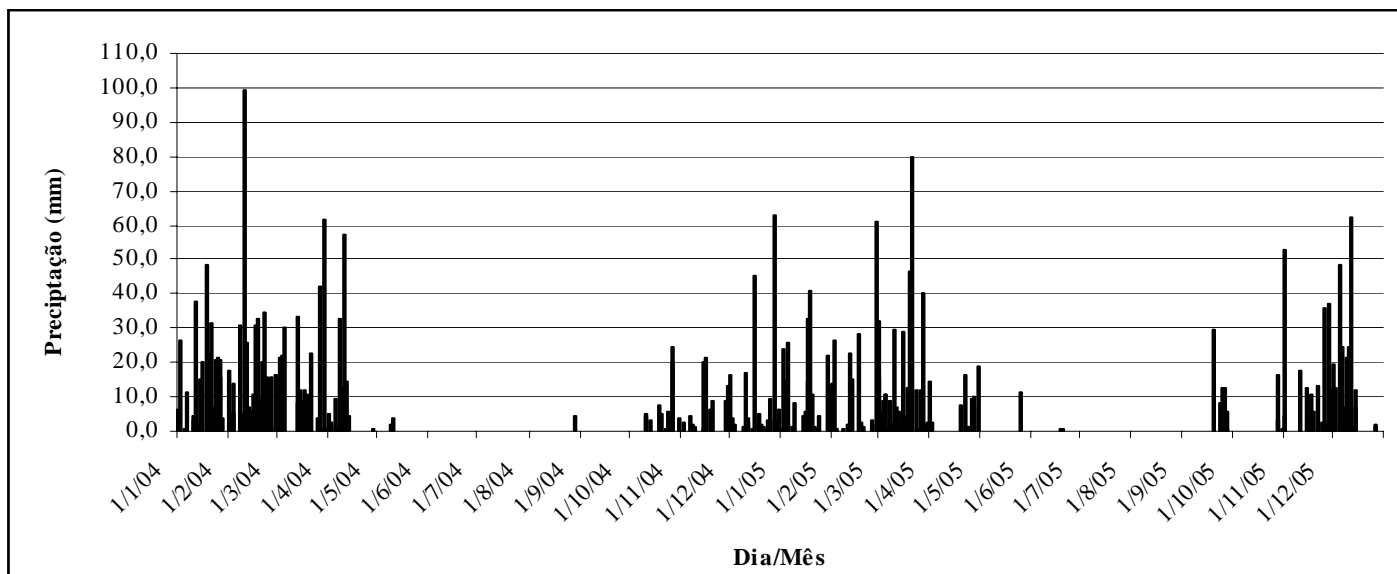


Figura 2.8 – Volumes precipitados (mm) registrados durante os meses janeiro de 2004 a dezembro de 2005 na bacia do Alto Jardim. Fonte: INMET.

Os menores volumes precipitados são registrados nos meses de junho a setembro, sendo que no mês de agosto ocorre o período mais seco. Nos meses de julho e setembro de 2004/05 houve precipitação no local.

Em função da distribuição anual das chuvas, a atividade agrícola se dá principalmente na forma de plantio de sequeiro e as culturas irrigadas são desenvolvidas entre maio e agosto.

A caracterização do clima, principalmente das precipitações, é de fundamental importância para os estudos da composição química de águas subterrâneas, uma vez que esse parâmetro determina diluições ou concentrações de substâncias.

2.5 GEOMORFOLOGIA

Segundo Reatto *et al.* (2000), a bacia do rio Jardim situa-se sobre relevo que varia de plano a forte ondulado. Sendo 54,87% plano; 16,95% ondulado; 15,74% suave ondulado; 12,40% plano e 0,05% forte ondulado a escarpado (Figura 2.9).

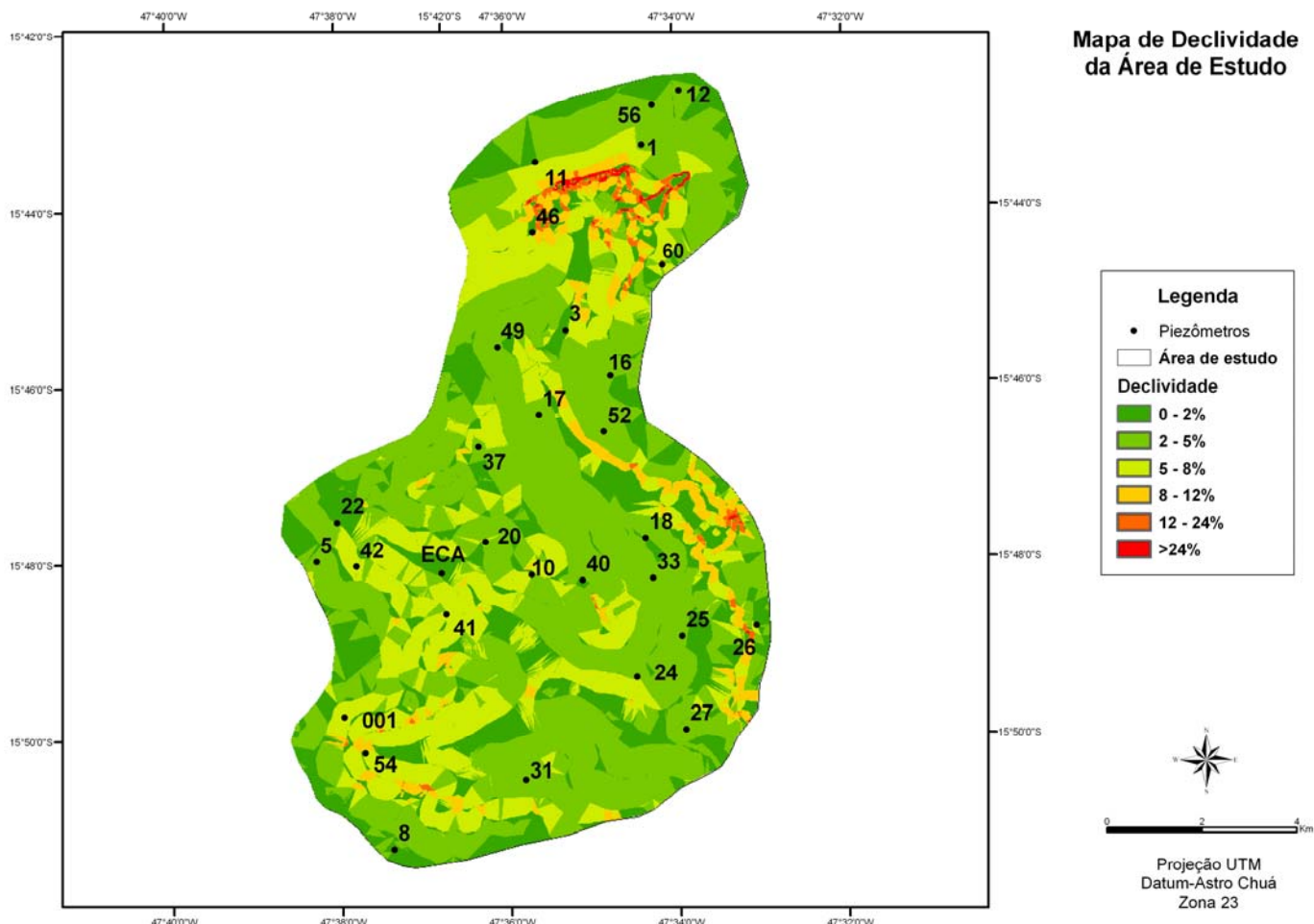


Figura 2.9 - Mapa de declividade da bacia do Alto Jardim e a localização dos poços amostrados.

A declividade é um dos principais parâmetros que definem os aspectos geomorfológicos de uma região. A geomorfologia preocupa-se com a descrição das formas de relevo, bem como da evolução dinâmica da paisagem.

Esses aspectos são importantes do ponto de vista dos estudos sobre a química das águas subterrâneas, uma vez que, o relevo controla a localização das áreas de recarga e descarga dos aquíferos, bem como a definição dos sistemas de fluxo hidrogeológicos presentes em determinada área.

2.6 SOLOS

Alguns íons, mesmo em quantidades pequenas, quando presentes na água afetam a qualidade e podem ser relacionados com atividade humana na superfície do solo.

A água subterrânea natural contém cátions e ânions dissolvidos e alguns compostos inorgânicos, como a sílica (SiO_2) em concentrações que variam de 100-500 mg/L. Os

constituintes maiores da água subterrânea são Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Sódio (Na), Potássio (K), Cloreto (Cl⁻), Sulfato (SO₄⁻) e Bicarbonato/ Carbonato (HCO₃⁻/CO₂⁻) (Hem, 1985).

2.6.1 Classes de Solos

De acordo com Reatto *et al*, 2000, Latossolos, Cambissolos e Gleissolos são os solos mais comuns observados na bacia do rio Jardim. No Alto Jardim foram observados quatro tipos de solos; são eles: Cambissolo, Gleissolo, Latossolo e Neossolo. As unidades pedológicas abordadas por Dolabella (1996) estão diferenciadas no mapa de solos representado na Figura 2.10.

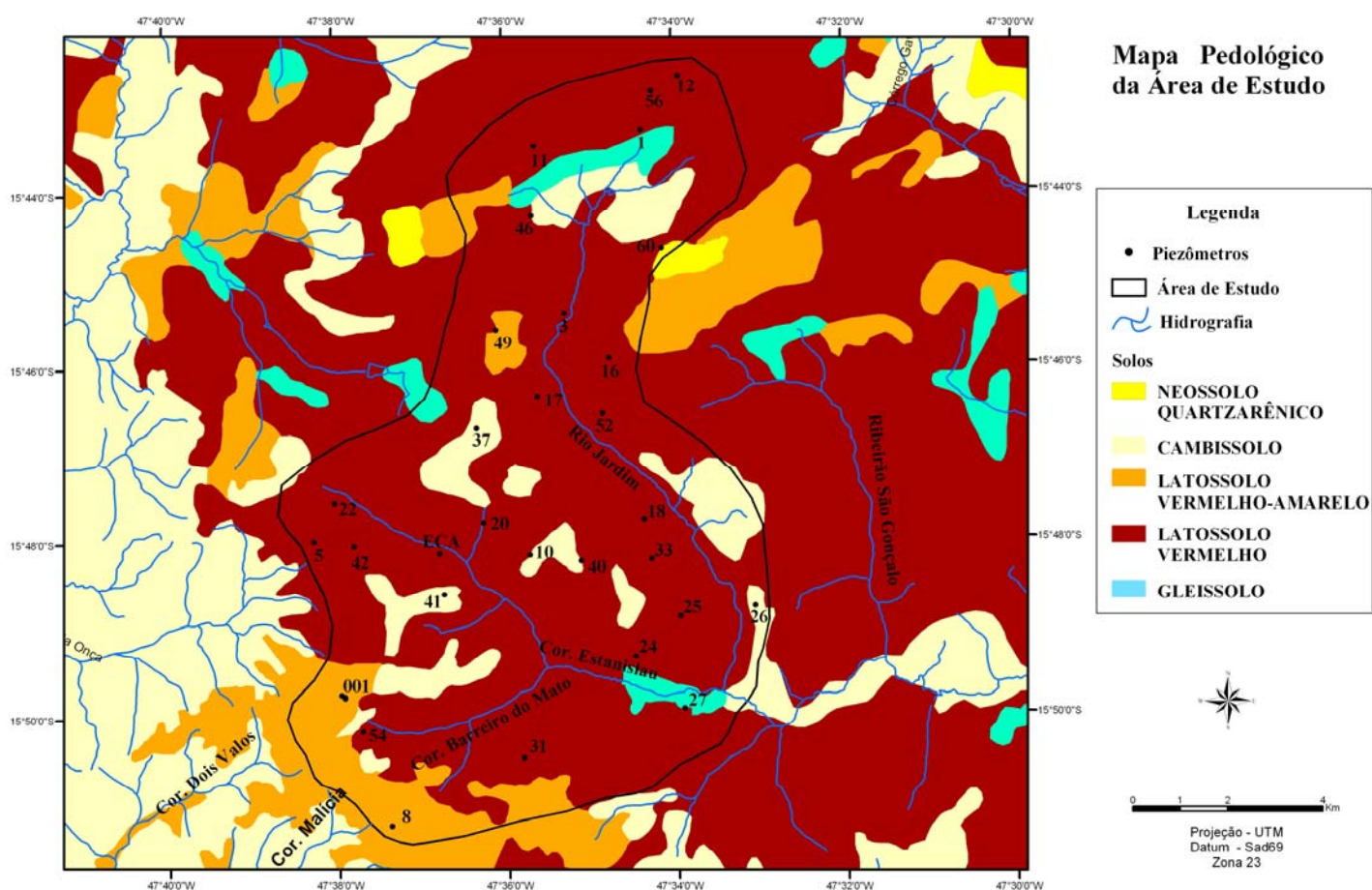


Figura 2.10 – Mapa de solos da bacia do Alto Jardim e a localização dos poços amostrados.
Fonte: Dolabella, 1996.

Latossolos

Latossolos são solos altamente intemperizados, resultantes da remoção de sílica e de bases trocáveis do perfil. Grande parte dos minerais existentes, nesses solos, são os secundários, constituintes da fração argila. Esses minerais secundários podem ser encontrados, na forma

silicatos, como a caulinita ou sob a forma de óxidos e hidróxidos de Fe e Al como hematita, goethita, gibbsita e outros.

Os Latossolos ocupam a maior parte da área total e em geral associados a áreas de relevo plano ou suave ondulado (declividades inferiores a 8%), são profundos ou muito profundos, forte a acentuadamente drenados e de fertilidade natural baixa. Em virtude da topografia favorável ou da ausência de impedimentos físicos e hídricos para a agricultura (pedregosidade, deficiência de oxigênio, etc) são os solos mais intensamente utilizados na bacia. Geralmente possuem alta permeabilidade de água podendo ser fortemente drenados (Latosolos de textura média) ou acentuadamente drenados (Latosolos muito argilosos a argilosos).

Quimicamente são solos ácricos, distróficos e álicos de muito baixa a média capacidade de troca catiônica (Reatto *et al*, 2000).

Cambissolos

Os Cambissolos foram identificados em uma pequena parte da área da bacia do Alto Jardim. São solos rasos (pouco intemperizados) que ocorrem em regiões de relevo acentuado onde ainda são observados argilominerais como ilita, clorita, caulinita, além de quartzo e óxidos/hidróxidos.

Possuem textura argilosa à média arenosa (ambas cascalhentas) com presença de cascalho e petroplintita, quimicamente são distróficos ou álicos.

São solos “pobres” em minerais com baixa capacidade de retenção de água e menor profundidade, quando comparado aos Latossolos, resultando num reservatório de água limitado. Têm baixo potencial agrícola (impedimentos à mecanização, topografia acidentada, profundidade limitada para raízes de alguma espécie, pequena capacidade de retenção de água, etc) (Reatto *et al*, 2000).

Plintossolos

No Plintossolo há presença de plintita/petroplintita, concreção de óxido de ferro entremeada por material argiloso, aparece em associação com solos Hidromórficos todos em relevo plano e suave ondulado. São os solos encontrados nas nascentes do rio Jardim (nas bordas da Chapada do Pípiripau) e representam 184 ha (Dolabella, 1996).

Gleissolos

São solos Hidromórficos que se localizam em paisagens sujeitas a inundações ou acúmulo de água. A textura desse tipo de solo é de média a muito argilosa e quimicamente são distróficos com teor de Al de médio a elevado.

Os solos Hidromórficos Indiscriminados que englobam os Gleis Húmicos, Gleis Pouco Húmicos e Orgânicos, não foram diferenciados no mapa EMBRAPA (1978). Ocorrem próximo às nascentes e junto à planície de inundação das drenagens superficiais, são ricos em caulinita e gibsitita e compõem um ambiente de águas muito rasas e ácidas.

Neossolos

Os Neossolos Quartzarênicos estão presentes nas partes mais baixas da bacia. Têm caráter álico e estão em relevo plano e suave ondulado. Segundo EMBRAPA (1978), são solos arenosos e muito profundos relacionados a quartzitos e originados da desagregação das rochas subjacentes. São muito drenados com baixa capacidade de retenção de água e quimicamente são distróficos.

2.6.2 Fração Argila

A fração argila do solo consiste de partículas de minerais secundários (argilominerais) que podem ser: minerais argilosos silicatados, óxidos e hidróxidos de Fe e Al hidratados, com menos de 2 μm de diâmetro, formados pelo intemperismo. Podem também conter cátions como Al, Mg, Fe, Ca e K (Hillel, 1980).

Os argilominerais têm em sua superfície cargas elétricas negativas em desequilíbrio resultante da substituição de um cátion da rede cristalina por outro de menor valência, como por exemplo, Si^{4+} por Al^{3+} , ou Al^{3+} por Mg^{2+} , atraindo eletrostaticamente moléculas polares e solutos dissolvidos contidos no sistema solo-água (Gomes, 1986).

São exemplos de argilominerais: a caulinita, que é reativa, a illita e a clorita que são muito reativas e a montmorilonita que é a mais reativa de todas. Todos esses argilominerais são silicatados, já a limonita, goetita e gibsitita, que são argilominerais não silicatados compostos por óxidos de Fe e Al, são geralmente amorfos com propriedades eletrostáticas menores que os silicatados (Gomes, 1986).

O material orgânico do solo, húmus, também tem excelente propriedade eletrostática. Os ânions: Cl^- , NO_3^- , PO_4^{3-} entre outros, podem se ligar à matéria orgânica (Fetter, 1993).

A formação de argilominerais com dupla camada é muito comum no solo. Após atrair muitos cátions pode ocorrer um desequilíbrio entre cargas positivas e negativas na superfície do argilomineral e atrair também partículas carregadas negativamente. Essa dupla camada é importante no processo de contaminação hidrogeológica, porque os cátions ligados ao

argilomineral podem ser facilmente trocados pelos cátions contidos em solução. Esse processo chama-se troca catiônica, ou capacidade de troca catiônica (CTC) do solo.

A CTC do solo é a quantidade de cátions que um mineral argiloso, ou argila, pode adsorver e trocar (Gomes, 1986). Alguns cátions são mais adsorvidos que outros, a ordem comum de preferência por troca catiônica é:



Existem também argilominerais com alta capacidade de troca aniônica, assim como caulinita e húmus (Fetter, 1993).

2.6.3 Textura do Solo

A textura do solo é definida pelas dimensões das partículas que o constituem.

Solos argilosos e muito argilosos

São solos menos susceptíveis à erosão e estão localizados em áreas não declivosas. Apresentam drenagem adequada, alta capacidade de retenção de água.

Solos de textura média

Solos que apresentam moderada suscetibilidade à erosão, valores médios para retenção de água e drenagem acentuada.

Solos arenosos

Os solos arenosos são altamente susceptíveis à erosão, drenagem excessiva, portanto condições favoráveis à lixiviação de nutrientes (Reatto *et al*, 2000).

2.6.4 Profundidade do Solo

Em apenas 0,09% da área da bacia do rio Jardim há afloramento de rocha (EMBRAPA, 1999). Os Latossolos e Neossolos Quartzarênicos em grande parte são formados de solos muito profundos (>200 cm).

Os solos profundos oferecem maior condição a serem explorados pelas raízes, assim disponibiliza mais água e nutrientes às plantas e favorece, conseqüentemente, aumento na infiltração de água (Ramalho Filho & Beek, 1995).

Já em solos rasos as plantas encontram dificuldades para expandir o sistema radicular em profundidade o que as torna vulneráveis a deficiência hídrica (Prado, 1994).

Capítulo 3

Materiais e Métodos

A escolha da bacia do rio Jardim para o desenvolvimento dessa pesquisa foi devido a sua localização, a diversidade de tipos litológicos e pedológicos da área, das práticas agrícolas desenvolvidas, a disponibilidade de poços de observação já construídos e devido à importância dessa bacia como tributária do rio Preto que por sua vez pertence à bacia do rio São Francisco.

A primeira etapa do desenvolvimento da pesquisa consistiu na escolha de 30 pontos (Figura 3.1) estrategicamente localizados ao longo da bacia para avaliar a qualidade da água subterrânea. Os fatores mais importantes para escolha dos pontos foram: poços e níveis freáticos com diferentes profundidades, diferentes tipos de solo, litologia, relevo, uso e ocupação do solo (Tabela 3.1).

As amostras foram coletadas em 4 etapas, nos meses de outubro de 2004 e 2005, março de 2005 e julho de 2005. Um dos poços, o poço 60, encontrava-se seco nas duas coletas de outubro.

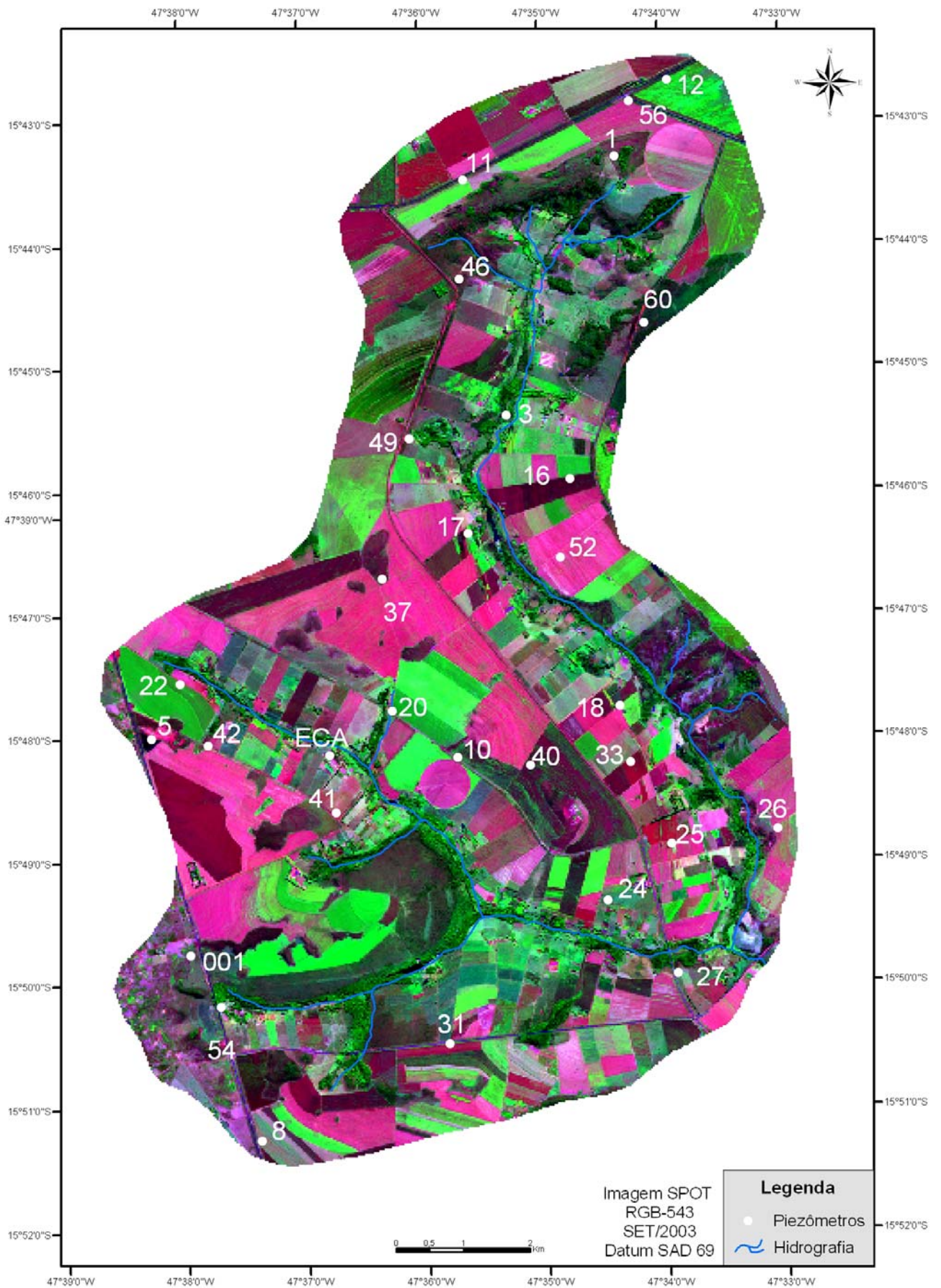


Figura 3.1 - Imagem da bacia do Alto Jardim com a localização dos poços amostrados.

Tabela 3.1 - Características dos locais de coleta como: profundidade dos poços, níveis freáticos nas épocas de coleta, pedologia, grupo e litologia nos quais estão inseridos os poços e ocorrência de prática agrícola no ponto de coleta.

Poço	Prof Poço (m)	Nível Freático (m)				Pedologia	Grupo	Litologia	Prática Agrícola
		15.10.04	15.03.05	03.07.05	01.10.05				
ECA	-	7,26	1,52	4,27	6,12	Latossolo	Bambuú	Metassiltito Argiloso e Arcóseo	Não
OOI	12	6,10	1,95	4,27	4,86	Latossolo	Canastra	Clorita Carbonato Filito	Não
1	6	0,57	0,62	1,25	0,29	Gleissolo	Paranoá	Quartzito	Próximo
3	4	1,05	0,77	1,05	0,27	Gleissolo	Paranoá	Metarritmito Argiloso	Sim
5	24	13,13	11,71	10,46	11,28	Latossolo	Canastra	Clorita Carbonato Filito	Próximo
8	12	13,64	13,92	12,38	13,49	Latossolo			Não
10	24	10,65	9,35	10,63	10,08	Latos/Cambi	Bambuú	Metassiltito Argiloso e Arcóseos	Não
11	12	2,11	1,13	1,81	1,60	Latossolo	Paranoá	Quartzito	Próximo
12	24	12,23	13,05	11,48	12,19	Latossolo	Paranoá	Metarritmito Arenoso	Não
16	25	8,80	10,29	9,54	11,02	Latossolo	Bambuú	Metassiltito Argiloso e Arcóseo	Sim
17	12	3,34	4,61	4,70	5,11	Latossolo	Bambuú		Sim
18	16	2,22	1,80	2,48	3,11	Latossolo	Bambuú		Próximo
20	6	1,08	0,50	1,04	0,37	Latossolo	Bambuú		Não
22	12	3,33	0,75	2,38	2,51	Latossolo	Canastra	Clorita Carbonato Filito	Sim
24	16	8,50	2,00	7,32	8,28	Latossolo	Bambuú	Metassiltito Argiloso e Arcóseo	Não
25	18	3,14	2,09	3,19	4,21	Latossolo	Bambuú		Sim
26	24	12,44	3,14	7,72	11,39	Latos/Camb/Petro	Bambuú		Próximo
27	12	1,37	0,66	0,94	0,98	Gleissolo	Bambuú		Próximo
31	13	6,08	3,30	4,74	7,42	Latossolo	Canastra	Clorita Carbonato Filito	Não
33	16	8,60	6,61	9,08	12,28	Latossolo	Bambuú	Metassiltito Argiloso e Arcóseo	Sim
37	40	10,49	5,75	6,95	10,10	Cambissolo	Bambuú		Próximo
40	30	10,66	4,93	7,38	10,39	Latos/Camb	Bambuú		Sim
41	24	9,27	1,56	6,13	8,57	Cambissolo	Canastra	Clorita Carbonato Filito	Não
42	6	0,90	0,50	0,59	0,24	Latossolo			Próximo
46	36	18,37	15,45	17,90	18,86	Latos/Camb	Paranoá	Metarritmito Argiloso	Não
49	9	3,18	1,83	2,49	2,19	Latossolo	Paranoá	Metarritmito Argiloso	Próximo
52	16	5,07	2,80	5,39	6,96	Latossolo	Bambuú	Metassiltito Argiloso e Arcóseo	Sim
54	12	4,80	3,17	3,99	4,35	Latos/Camb	Canastra	Clorita Carbonato Filito	Não
56	30	11,12	11,16	10,47	11,07	Latossolo	Paranoá	Metarritmito Arenoso	Próximo
60	16	seco	seco	12,76	seco	NeosQuart	Paranoá	Quartzito	Não

3.1 AMOSTRAGEM

As coletas de água nos piezômetros (Figura 3.2) foram realizadas utilizando-se um amostrador de polietileno, tipo *bailer*, (Figura 3.3) o qual foi lavado com água destilada antes de cada amostragem e ambientado com a amostra a ser coletada.

De acordo com Agudo (1987), a amostra foi transferida para um frasco de polietileno identificado (Figura 3.2) *in situ* e foram feitas as leituras de pH, temperatura, TDS (total de sólidos dissolvidos) e CE (condutividade elétrica) utilizando medidor de pH marca *Schoot Gerate*, modelo CG813, previamente calibrado.

Então os frascos eram armazenados em caixas de isopor com gelo e levados ao laboratório para em seguida serem realizadas as análises.



Figuras: 3.2 - Frasco de polietileno, utilizado para armazenar a amostra coletada, ao lado do piezômetro 27. **3.3** - Piezômetro 1, localizado em gleissolo, com nível freático aflorando. Ao lado do piezômetro 1 encontram-se um medidor de nível, um amostrador e um carretel para introduzir o amostrador no poço.

3.2 LABORATÓRIO

A parte experimental foi realizada no laboratório de Geoquímica do Instituto de Geociências da UnB.

Todos os materiais utilizados para as análises foram previamente lavados com detergente, HCl 10% v/v e lavados três vezes com água destilada mantendo-se excluídos eventuais problemas de contaminação.

3.2.1 Preparação das amostras

Filtraram-se (500 mL) das amostras em unidade fechada usando Sistema *MILLIPORE*, modelo Sterifil com filtro de membrana de celulose *MF-MILLIPORE* de 0,45 µm segundo Förstner *et al.*, (1980). Preservaram-se as amostras com adição de HNO_3 2 mol.L⁻¹ até pH ≈2,0 e foram estocadas a 4 °C, para determinação dos elementos Mo, Al, Ca, Cu, Fe, Mg, Mn, P, Si, Zn, Na e K. O volume restante (não acidificado) utilizou-se para determinação de Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , PO_4^{3-} e Alcalinidade total (CO_3^{2-} , OH^- e HCO_3^-).

3.2.2 Determinações dos Parâmetros Químicos

Foram determinados os seguintes parâmetros:

Na e K por espectrometria de absorção atômica (EAA), empregando equipamento da marca *Perkin Elmer*, modelo 603 de duplo feixe.

Os elementos Ca, Mg, Fe, Si, Cu, Al, Mn, Zn, P (total) e Mo utilizando-se Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP/OES), equipamento da marca *Spectro Analytical Instrumental GmbH*, modelo *Spectroflame FVM03*, equipado com monocromador de rede holográfica de 2400 estrias/mm e policromadores no vácuo e no ar.

Os ânions Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- e PO_4^{3-} , por cromatografia líquida (HPLC) utilizando-se o cromatógrafo *Dionex ICS 90* com coluna analítica AS 14A (4x250mm), coluna de guarda AG 14A (4x50mm) e supressor de micromembrana AMMS III de 4mm de diâmetro. Como eluente utilizou-se uma mistura de carbonato de sódio 8 mmol.L⁻¹ e bicarbonato de sódio 1 mmol.L⁻¹.

Em todas as análises a precisão das leituras foi monitorada por meio de um padrão e um branco (água destilada) que eram lidos a cada 5 amostras analisadas.

HCO_3^- por titulometria seguindo os procedimentos do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*.

Utilizaram-se, para análise da Alcalinidade, os indicadores Fenolftaleína, Bromocresol e Vermelho de Metila diluídos; e como titulante utilizou-se o H_2SO_4 0,04 mol. L⁻¹.

Procedimento:

Transferiram-se 50 mL da amostra para um Erlenmayer de 200 mL e adicionadas 3 a 5 gotas de fenolftaleína (observou-se uma cor rosa quando o pH foi superior a 8,3). Encheu-se a bureta com H_2SO_4 0,04 mol. L⁻¹ e titulou-se a amostra com agitação contínua. Adicionou-se

H₂SO₄ gota a gota e fez-se uma leitura da bureta quando a solução passou de rosa para incolor. Anotou-se o volume da bureta e este foi o volume P (Tabela 3.2).

Adicionando-se fenoltaleína e a amostra permanecendo incolor, o volume P será igual a zero (P=0). Segue-se então para o próximo passo (bromocresol).

Adicionaram-se 3 a 5 gotas de bromocresol na mesma amostra (a solução tornou-se azul). Sem alterar o volume de H₂SO₄ na bureta, continuou-se a titulação até que a cor virasse de azul para verde amarelado (pH 4,2). Anotou-se o volume da bureta (volume T).

Definiu-se P como o volume do primeiro ponto da titulação e T como o volume total da titulação, foram obtidos os seguintes valores (Tabela 3.2) para OH⁻, CO₃²⁻ e HCO₃⁻:

Tabela 3.2: Parâmetros analisados para obtenção dos valores de alcalinidade.

	OH ⁻	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻
*P=0	0	0	T
P<1/2T OU 2P<T	0	2P	T-2P
P=1/2T OU 2P=T	0	2P	0
P>1/2T OU 2P>T	2P-T	2 (T-P)	0
P=T	T	0	0

Fonte: *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*.

*Situação observada nas amostras.

Para diminuir o volume de amostra gasto na titulação, utilizou-se um fator de correção que foi multiplicado ao valor T encontrado, como mostrado na Tabela 3.3. Utilizou-se o fator 20 para os cálculos, pois foram titulados 50 mL de amostra.

Tabela 3.3: Fatores de correção utilizados nos cálculos da concentração das amostras.

Alíquota da amostra	25mL	30mL	40mL	50mL	100mL
Fator X	40	33,33	25	20	10

Fonte: *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*.

Observações:

- A alcalinidade total (T) é igual a alcalinidade a fenolftaleína (pH >8,3) mais a alcalinidade ao bromocresol (pH =4,2).
- Existe alcalinidade de carbonato (CO₃²⁻) quando a alcalinidade a fenolftaleína é maior que zero e menor que a alcalinidade total. (0<P<T).
- Existe alcalinidade de hidróxido (OH⁻) quando a alcalinidade a fenolftaleína é maior que a metade da alcalinidade total. (P>1/2T).
- Existe alcalinidade de bicarbonato (HCO₃⁻) quando a alcalinidade a fenolftaleína é menor que a metade da alcalinidade total (P<1/2T).

Após os procedimentos de análise preservaram-se as amostras à temperatura de 4 °C no laboratório para eventuais repetições.

3.2.3 Determinações dos Agrotóxicos

Enviaram-se 5 alíquotas de água referentes aos poços 3, 22, 25, 33 e 52 para um laboratório especializado em análise multirresidual de pesticida e Glifosato (TECPAR).

Utilizou-se a seguinte metodologia analítica para a análise multiresidual:

Organoclorados, organofosforados e outros: *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 20^a Edição – Cromatografia a Gás com Limite de Detecção de 0,05 µg.L⁻¹ para Organoclorados e 0,25 µg.L⁻¹ para organofosforados e outros.

Pesticidas pesquisados: BHC, DDT, Aldrin, Clorpirifós, Clorotalonil, Clordane, Captan, Endrin, Endossulfan, Heptacloro, Heptacloro Epóxido, Dieldrin, DDD, DDe, Dicofol, Fenitroton, Folpet, Phosmet, Paration Metílico, Paration Etilico, Malation, Dimetoato, Triclorfon, Hexaclorobenzeno, Lindano, Metoxicloro, Propanil, Trifluralina, Atrazina, Metolacloro, Simazina e Tebuconazole.

Glifosato: A. O. A. C. (2000) - *Official Method 991.08* – com limite de detecção de 0,50µg/L.

Os laudos emitidos pelo laboratório encontram-se no Anexo II.

Capítulo 4

Resultados e Discussão

4.1 TRATAMENTO DOS DADOS

Dentre os parâmetros determinados: Ca, Mg, Fe, Si, Cu, Al, Mn, Zn, P, Mo, Na, K, Cl⁻, SO₄²⁻, NO₃⁻, PO₄³⁻, HCO₃⁻, pH e CE; os elementos Cu e Mo foram descartados por apresentarem valores abaixo do limite de detecção em todas as amostras.

Para os outros elementos, os resultados que se apresentavam abaixo do limite de detecção foram considerados como a metade dos limites de detecção nos tratamentos estatísticos. Esse procedimento é normal na área de imputação de dados, para não ficarem lacunas no banco de dados (Banks & Reimann, 1995).

O controle na qualidade das leituras, feitas no ICP/OES, foi monitorado por meio de solução-padrão, contendo todos os elementos na concentração de 2 mg.L⁻¹, e do branco (água destilada). A cada 5 amostras analisadas lia-se o padrão e o branco para verificação da precisão dos resultados.

As concentrações médias e desvios-padrão para os elementos determinados na água destilada encontram-se na Tabela 4.1 e aproximam-se das médias já registradas pelo laboratório.

Tabela 4.1: Valores médios e desvios-padrão (mg.L⁻¹) dos elementos analisados na água destilada e purificada no laboratório.

Água destilada	Ca	Mg	Fe	Si	Al	Mn	Zn	P
Média	0,04	0,10	0,01	0,04	0,13	0,00	0,03	0,04
Desvio	0,05	0,08	0,01	0,04	0,11	0,00	0,04	0,03

As médias e desvios-padrão encontrados para o padrão de 2 ppm utilizados em todas as leituras encontram-se na Tabela 4.2.

Tabela 4.2: Valores médios e desvios-padrão dos elementos analisados no padrão de 2 mg.L⁻¹.

Padrão 2 mg.L ⁻¹	Ca	Mg	Fe	Si	Al	Mn	Zn	P
Média	1,90	1,86	1,91	1,95	1,86	1,89	1,92	1,92
Desvio	0,40	0,36	0,37	0,38	0,39	0,36	0,39	0,36

No HPLC o controle de qualidade das análises foi monitorado a partir do padrão internacional (Tabela 4.3). Os valores obtidos na época das análises aproximam-se muito dos valores medidos anteriormente, no laboratório (média UnB). O desvio-padrão refere-se ao valor recomendado para o padrão internacional e todas as médias calculadas (média UnB e média das leituras).

Tabela 4.3: Valores médios e desvios-padrão (mg.L^{-1}) para o padrão internacional.

Parâmetros	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}
Padrão Internacional	1,39	1,52	3,40
*Média UnB	1,62	1,61	3,64
Média das leituras	1,66	1,61	3,43
Desvio	0,15	0,05	0,13

* Média de todas as leituras, do padrão, efetuadas anteriormente no Laboratório de Geoquímica da UnB.

As análises químicas também foram submetidas ao balanço iônico, para garantir a qualidade dos resultados, onde a concentração total dos cátions deve ser aproximadamente igual à concentração total dos ânions e o desvio percentual dessa igualdade é determinado pelo coeficiente de erro da análise (E%) da seguinte maneira:

$$\text{Erro (\%)} = \frac{|\Sigma \text{ânions} - \Sigma \text{cátions}|}{|\Sigma \text{ânions} + \Sigma \text{cátions}|} \times 100$$

Fonte: Logan (1965)

Nessa equação são usadas concentrações em meq.L^{-1} para ânions e cátions. De acordo com a definição de Logan (1965), o erro teórico é o erro prático máximo permitido levando-se em consideração os valores dos ânions ou cátions, conforme a Tabela 4.4.

Tabela 4.4 - Erro admissível nas análises, dos íons maiores, em relação ao somatório dos ânions e cátions.

$\Sigma \text{ânions ou } \Sigma \text{cátions}$ (meq/L)	< 1	1	2	6	10	30	>30
Erro (%)	15	10	6	4	3	2	1

Fonte: Logan (1965).

A diferença entre os totais de cátions e ânions pode ser causada por erros acumulados na determinação individual dos íons ou por não se levar em conta a contribuição dos íons menores que, em certos casos, pode ser significativa (Custodio & Llamas, 1983).

Custodio & Llamas (1983), consideram que o erro de balanço iônico decresce com o aumento da concentração iônica e aplicam a proporcionalidade entre condutância específica e

concentração iônica, para estabelecer os erros de balanço iônico admissíveis da seguinte forma (Tabela 4.5):

Tabela 4.5- Erro admissível nas análises, dos íons maiores, em relação à condutividade elétrica.

Condutividade ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	50	200	500	2000
Erro (%)	30	10	8	4

Fonte: Custodio & Llamas (1983).

Devido aos baixos valores de CE encontrados nas águas da região, optou-se por utilizar a metodologia proposta por Custodio & Llamas (1983). O erro médio encontrado nas amostras foi de 31% sendo que o valor médio da condutância foi de $20,8 \mu\text{S.cm}^{-1}$. A maioria das análises estava dentro dos erros permitidos nos balanços iônicos.

Posteriormente calcularam-se as médias e desvios-padrão para os parâmetros, utilizando o *software* SPSS 11.5, e identificaram-se os valores estatisticamente anômalos, que segundo Hawkes & Webb (1962) são aqueles considerados acima do intervalo: Média + 2 σ ; σ = desvio padrão, para cada elemento.

Alguns pontos; como ECA, 11, 12, 18, 20, 24, 26, 41 e 49; por não apresentarem nenhum valor anômalo e estarem situados em locais onde não há atividade antrópica, foram escolhidos como pontos de referência, nos quais suas concentrações representam os valores naturais (ou *background*) da região. Posteriormente os parâmetros dos poços de referência serão comparados aos parâmetros de outros poços com características semelhantes (Tabela 3.1), mas que apresentaram valores anômalos.

4.2 ANÁLISE DOS VALORES MÉDIOS E DESVIOS-PADRÃO

Nas Tabelas 4.6 a 4.10 encontram-se os valores médios, desvios-padrão e as médias dos valores de referência para cada parâmetro nas quatro campanhas - meses de outubro de 2004, março, julho e outubro de 2005.

Tabela 4.6: Valores médios, desvios-padrão e valores médios de referência para os cátions.

	Ca (ppm)			Mg (ppm)			Fe (ppm)			Si (ppm)		
	Média	Desvio	Refer.	Média	Desvio	Refer.	Média	Desvio	Refer.	Média	Desvio	Refer.
<i>out/04</i>	2,17	2,56	0,9	0,52	0,84	0,13	0,02	0,03	0,01	3,73	3,29	1,99
<i>mar/05</i>	2,21	1,79	1,26	0,58	0,71	0,19	0,10	0,39	0,01	4,95	4,06	3,17
<i>jul/05</i>	1,51	1,63	0,72	0,42	0,48	0,24	0,04	0,10	0,03	3,84	3,26	2,96
<i>out/05</i>	1,26	1,49	0,63	0,53	1,0	0,08	0,03	0,04	0,02	4,68	4,12	2,56

Tabela 4.7: Valores médios, desvios-padrão e valores médios de referência para os cátions.

	Al (ppm)			Mn (ppm)			Zn (ppm)			P (ppm)		
	Média	Desvio	Refer.	Média	Desvio	Refer.	Média	Desvio	Refer.	Média	Desvio	Refer.
<i>out/04</i>	0,19	0,44	0,07	0,07	0,18	0,01	0,04	0,09	0,01	0,05	0,10	0,02
<i>mar/05</i>	0,09	0,16	0,03	0,05	0,08	0,02	0,06	0,05	0,05	0,07	0,17	0
<i>jul/05</i>	0,23	0,28	0,28	0,04	0,07	0,02	0,13	0,12	0,17	0,06	0,15	0,01
<i>out/05</i>	0,31	0,19	0,21	0,03	0,05	0,01	0,11	0,05	0,10	0,13	0,06	0,12

Tabela 4.8: Valores médios, desvios-padrão e valores médios de referência para os cátions e ânions.

	Na (ppm)			K (ppm)			Cl ⁻ (ppm)			PO ₄ ³⁻ (ppm)		
	Média	Desvio	Refer.	Média	Desvio	Refer.	Média	Desvio	Refer.	Média	Desvio	Refer.
<i>out/04</i>	0,94	1,26	0,41	0,62	0,66	0,34	0,86	0,68	0,53	0,04	0,16	0
<i>mar/05</i>	0,82	0,69	0,86	0,55	0,55	0,31	0,71	0,68	0,83	0,07	0,23	0
<i>jul/05</i>	0,61	0,5	0,59	0,60	0,92	0,64	0,28	0,33	0,005	0,02	0,11	0
<i>out/05</i>	0,05	0,04	0,04	0,02	0,02	0,01	0,80	0,55	0,83	0,06	0,20	0

Tabela 4.9: Valores médios, desvios-padrão e valores médios de referência para os ânions.

	HCO ₃ ⁻ (ppm)			NO ₃ ⁻ (ppm)			SO ₄ ²⁻		
	Média	Desvio	Refer.	Média	Desvio	Refer.	Média	Desvio	Refer.
<i>out/04</i>	12,34	12,7	7,53	1,71	4,68	0	0,19	0,43	0,07
<i>mar/05</i>	18,9	12,8	13,0	2,59	2,92	1,33	0,28	0,46	0,25
<i>jul/05</i>	14,2	17,8	8,27	2,34	3,41	0,7	0,18	0,57	0,01
<i>out/05</i>	13,3	19,0	7,67	1,93	3,11	0,82	0,25	0,44	0,17

Tabela 4.10: Valores médios, desvios-padrão e valores de referência para pH e C.E.

	pH			C.E. (µS.cm ⁻¹)		
	Média	Desvio	Refer.	Média	Desvio	Refer.
<i>out/04</i>	6,88	0,56	6,73	20,65	25,67	6,57
<i>mar/05</i>	4,62	0,54	4,47	25,7	24,2	13,8
<i>jul/05</i>	5,82	0,40	5,56	21,0	39,0	6,55
<i>out/05</i>	6,74	1,14	6,6	15,7	18,0	7,42

Alguns parâmetros, como a condutividade na coleta de julho, apresentaram um desvio-padrão alto, isso significa que existem alguns valores nessa coleta que diferem muito da média da população.

O Ca e o Si apresentaram os maiores valores médios, sendo que o Si é o cátion mais abundante nas águas analisadas, com concentrações variando de 0,12 a 20,4 mg.L⁻¹, sendo os

maiores valores encontrados no mês de março. Já o Fe, Al, Mn, Zn e P apresentaram concentrações médias menores que 0,5 mg/L.

O HCO_3^- e o NO_3^- são os ânions mais abundantes nas águas da região atingindo concentrações elevadas, quando comparadas às concentrações médias de referência no mesmo período. O HCO_3^- , por exemplo, obteve 108 mg.L^{-1} em out/05 e o NO_3^- em out/04 teve concentração máxima de $21,4 \text{ mg.L}^{-1}$, sendo a referência média $8,62 \text{ mg.L}^{-1}$ e zero respectivamente.

Todos esses valores podem ser melhor visualizados no Anexo III.

4.3 VARIAÇÃO SAZONAL

Pelo gráfico pluviométrico da Figura 2.8, referente aos meses de janeiro de 2004 a dezembro de 2005, observa-se que os maiores volumes precipitados ocorrem de janeiro ao final de abril.

Para cada elemento foi gerado um gráfico (Anexo IV), onde é possível uma melhor visualização do comportamento dos elementos nas quatro coletas.

O HCO_3^- (Figura 4.1), assim como alguns outros parâmetros, apresentaram as maiores concentrações no mês de março - mês de maior precipitação na região.

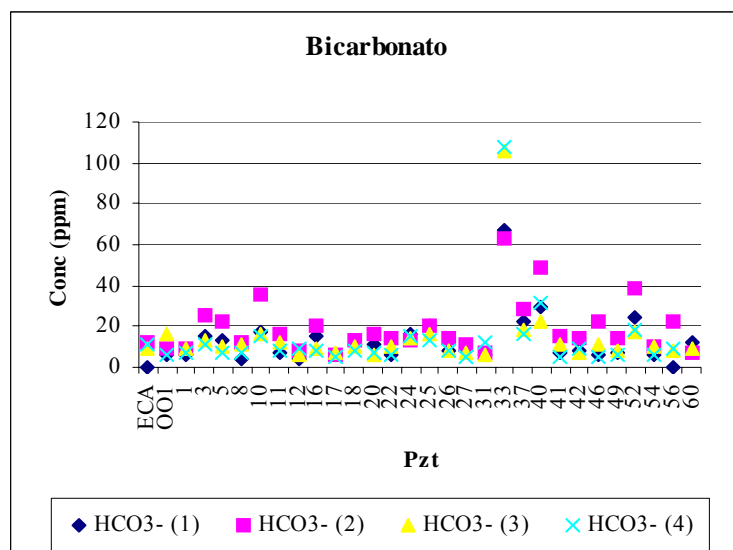


Figura 4.1 - Concentrações de Bicarbonato nas quatro coletas: HCO_3^- (1) out/04, HCO_3^- (2) mar/05, HCO_3^- (3) jul/05 e HCO_3^- (4) out/05.

Outra informação obtida pelos gráficos diz respeito às anomalias que muitas vezes atingem valores tão superiores à média, que acabam mascarando os outros resultados.

Para análise do gráfico do Fe, por exemplo, excluiu-se o valor anômalo no poço 33, nos meses de março e julho, para melhor visualização das concentrações dos demais poços (Figura 4.2).

Verifica-se então que não há uma interferência da sazonalidade em suas concentrações e apesar de ter a maior média no mês de março, também teve alto desvio-padrão o que contribuiu para o aumento da média nesse mês.

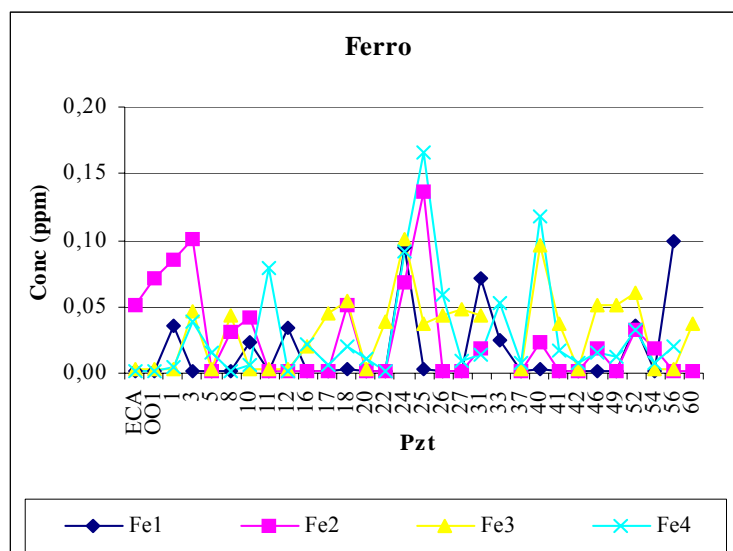


Figura 4.2: Concentrações de Ferro nas quatro coletas: Fe1 (out/04), Fe2 (mar/05), Fe3 (jul/05) e Fe4 (out/05), sem os valores anômalos do ponto 33.

O pH obteve os maiores valores nos meses de outubro como mostra o gráfico da Figura 4.3.

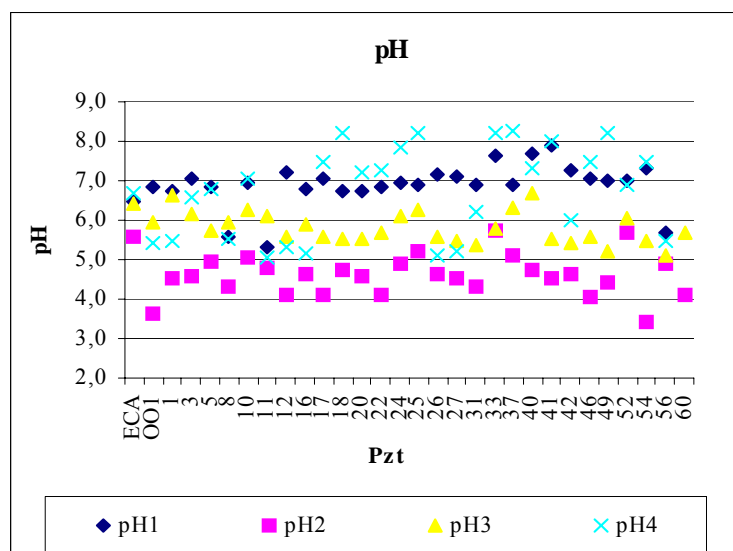


Figura 4.3 - Valores de pH nas quatro coletas: pH-1 (out/04), pH-2 (mar/05), pH-3 (jul/05) e pH-4 (out/05).

Para o pH é possível que a sazonalidade interfira diretamente nos seus valores. O pH teve baixos desvios-padrão e seu menor valor médio ocorreu em março (média de 4,62) época de alta precipitação o que provavelmente possibilitou a percolação dos íons até o aquífero. Já nos meses de outubro, época de seca, houve um aumento nos valores de pH. Em julho são encontrados valores de pH intermediários aos valores de março e outubro, isso deve-se ao fato de que em

julho foram encontrados valores anômalos para alguns elementos indicando que só após o fim das chuvas eles atingiram o aquífero.

4.4 CORRELAÇÃO ENTRE PARÂMETROS

O coeficiente de correlação de Pearson trata de valores r , que são medidas adimensionais e podem variar de -1 a +1, expressando desde um comportamento inverso até um comportamento totalmente direto entre duas variáveis. Quando $r=0$ para dois parâmetros, significa que não há relação linear entre eles (Landim, 1998). Para essa análise foi utilizado o *software* SPSS 11.5. Foram consideradas significativas as correlações $r>0,5$, com níveis de significância $p<0,05$ e $p<0,01$ (Tabelas 4.11 a 4.14). Quando r assume valores positivos e próximos de 1, para duas variáveis, indica afinidade e sugere uma origem comum para ambas.

Condutividade Elétrica (C.E.)

Os parâmetros responsáveis pelos altos valores da C.E. foram: Ca, Mg, Fe, Si, Mn, P, Na, K, PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , NO_3^- e HCO_3^- , sendo que o Ca e o HCO_3^- foram os íons de maior influência na condutividade, com índices de correlação maiores que 0,75 a um nível de significância $p<0,01$; em todas as coletas. A correlação positiva entre a CE e o pH só ocorreu em março.

Nitrato

O NO_3^- correlacionou-se positivamente ($r>0,58$; $p<0,01$) com o SO_4^{2-} em todas as coletas. Como o Sulfato de Amônio - $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ – é uma das formas mais utilizadas na agricultura, essa provavelmente é uma das fontes do NO_3^- .

Outras fontes de Nitrato são (uréia, adubos nitrogenados, dejetos humano e animal).

Tabela 4.11: Matriz de correlação de Pearson entre parâmetros físico-químicos, elementos-traço e maiores na coleta seca (out/04).

1ª coleta	Ca	Mg	Fe	Si	Al	Mn	Zn	P	Na	K	Cl ⁻	PO ₄ ³⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	pH	Cond
Ca	1																
Mg	0,802(**)	1															
Fe	0,064	0,234	1														
Si	0,597(**)	0,614(**)	0,304	1													
Al	-0,155	0,02	0,545(**)	0,044	1												
Mn	0,468(**)	0,640(**)	-0,006	0,27	0,428(*)	1											
Zn	-0,085	0,009	0,486(**)	0,018	0,967(**)	0,431(*)	1										
P	0,041	0,186	0,574(**)	0,197	0,922(**)	0,453(*)	0,915(**)	1									
Na	0,740(**)	0,803(**)	0,003	0,404(*)	-0,163	0,654(**)	-0,157	-0,067	1								
K	0,701(**)	0,560(**)	-0,003	0,288	-0,138	0,286	-0,123	-0,046	0,539(**)	1							
Cl⁻	0,384(*)	0,187	-0,063	0,166	-0,199	0,016	-0,133	-0,127	0,461(*)	0,486(**)	1						
PO₄³⁻	0,723(**)	0,922(**)	0,021	0,456(*)	-0,105	0,614(**)	-0,114	0,068	0,781(**)	0,414(*)	0,112	1					
HCO₃⁻	0,808(**)	0,926(**)	0,021	0,578(**)	-0,21	0,583(**)	-0,204	-0,075	0,856(**)	0,625(**)	0,274	0,860(**)	1				
NO₃⁻	0,731(**)	0,459(*)	0,002	0,192	-0,066	0,354	0,017	0,017	0,579(**)	0,558(**)	0,460(*)	0,420(*)	0,458(*)	1			
SO₄²⁻	0,796(**)	0,835(**)	0,113	0,385(*)	-0,062	0,618(**)	-0,063	0,023	0,879(**)	0,636(**)	0,291	0,816(**)	0,829(**)	0,731(**)	1		
pH	0,236	0,239	0,021	0,359	-0,004	0,166	-0,043	0,04	0,261	0,251	0,266	0,19	0,324	0,106	0,187	1	
Cond	0,942(**)	0,889(**)	0,049	0,551(**)	-0,177	0,541(**)	-0,132	-0,025	0,860(**)	0,741(**)	0,414(*)	0,806(**)	0,928(**)	0,701(**)	0,884(**)	0,255	1

- Correlações abaixo do nível de significância e/ou abaixo de 0,5.

* p<0,05 ** p<0,01

Tabela 4.12: Matriz de correlação de Pearson entre parâmetros físico-químicos, elementos-traço e maiores na coleta chuva (mar/05).

2ª coleta	Ca	Mg	Fe	Si	Al	Mn	Zn	P	Na	K	Cl ⁻	PO ₄ ³⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	pH	Cond
Ca	1																
Mg	0,626(**)	1															
Fe	0,21	0,036	1														
Si	0,483(**)	0,713(**)	-0,045	1													
Al	0,285	0,076	0,187	-0,103	1												
Mn	0,685(**)	0,536(**)	0,354	0,314	0,446(*)	1											
Zn	0,255	0,567(**)	-0,165	0,33	-0,184	0,09	1										
P	0,332	0,102	0,928(**)	-0,059	0,467(**)	0,448(*)	-0,162	1									
Na	0,324	0,522(**)	-0,038	0,327	0,156	0,560(**)	0,32	0,04	1								
K	0,750(**)	0,478(**)	0,367(*)	0,403(*)	0,394(*)	0,742(**)	0,019	0,405(*)	0,388(*)	1							
Cl⁻	-0,107	-0,004	0,019	0,036	-0,001	-0,017	0,308	0,04	0,606(**)	-0,085	1						
PO₄³⁻	0,412(*)	0,412(*)	0,822(**)	0,233	0,014	0,409(*)	0,019	0,780(**)	0,183	0,458(*)	0,029	1					
HCO₃⁻	0,696(**)	0,599(**)	0,648(**)	0,572(**)	-0,008	0,497(**)	0,252	0,625(**)	0,203	0,583(**)	0,02	0,834(**)	1				
NO₃⁻	0,323	0,503(**)	0,379(*)	0,321	-0,106	0,383(*)	0,154	0,332	0,433(*)	0,446(*)	0,107	0,634(**)	0,516(**)	1			
SO₄²⁻	0,255	0,238	0,871(**)	0,122	-0,054	0,302	0,111	0,754(**)	0,146	0,338	0,164	0,855(**)	0,713(**)	0,585(**)	1		
pH	0,535(**)	0,372(*)	0,402(*)	0,456(*)	0,107	0,312	-0,022	0,367(*)	-0,048	0,516(**)	-0,235	0,402(*)	0,619(**)	0,404(*)	0,348	1	
Cond	0,752(**)	0,605(**)	0,697(**)	0,431(*)	0,125	0,634(**)	0,202	0,693(**)	0,373(*)	0,734(**)	0,069	0,873(**)	0,920(**)	0,649(**)	0,761(**)	0,575(**)	1

- Correlações abaixo do nível de significância e/ou abaixo de 0,5.

* p<0,05 ** p<0,01

Tabela 4.13: Matriz de correlação de Pearson entre parâmetros físico-químicos, elementos-traço e maiores na coleta de jul/05.

3ª coleta	Ca	Mg	Fe	Si	Al	Mn	Zn	P	Na	K	Cl ⁻	PO ₄ ³⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	pH	Cond
Ca	1																
Mg	0,569(**)	1															
Fe	0,684(**)	0,634(**)	1														
Si	0,373(*)	0,780(**)	0,276	1													
Al	-0,061	0,176	0,07	0,076	1												
Mn	0,510(**)	0,553(**)	0,557(**)	0,302	0,152	1											
Zn	0,028	0,446(*)	0,269	0,264	0,721(**)	0,25	1										
P	0,556(**)	0,493(**)	0,859(**)	0,271	-0,244	0,454(*)	-0,045	1									
Na	-0,236	-0,041	-0,129	-0,079	0,066	0,113	0,037	-0,237	1								
K	0,009	-0,018	-0,055	-0,127	-0,137	-0,086	-0,22	-0,042	-0,279	1							
Cl ⁻	0,248	0,249	-0,009	0,365(*)	0,231	0,316	0,026	-0,002	-0,154	-0,161	1						
PO ₄ ³⁻	0,646(**)	0,528(**)	0,959(**)	0,167	-0,14	0,536(**)	0,073	0,895(**)	-0,112	-0,005	-0,103	1					
HCO ₃ ⁻	0,784(**)	0,619(**)	0,949(**)	0,279	-0,134	0,582(**)	0,081	0,865(**)	-0,149	0,016	0,012	0,972(**)	1				
NO ₃ ⁻	0,184	0,372(*)	0,444(*)	0,199	0,33	0,393(*)	0,19	0,378(*)	-0,111	-0,062	0,442(*)	0,357	0,353	1			
SO ₄ ²⁻	0,15	0,355	0,171	0,295	0,298	0,131	0,152	-0,007	-0,119	-0,103	0,400(*)	0,035	0,091	0,695(**)	1		
pH	0,455(*)	0,225	0	0,23	-0,115	0,207	-0,166	-0,025	-0,228	-0,009	0,521(**)	-0,019	0,144	0,065	0,213	1	
Cond	0,796(**)	0,634(**)	0,941(**)	0,295	-0,145	0,593(**)	0,04	0,867(**)	-0,166	0,053	0,008	0,964(**)	0,989(**)	0,384(*)	0,14	0,146	1

- Correlações abaixo do nível de significância e/ou abaixo de 0,5.

* p<0,05 ** p<0,01

Tabela 4.14: Matriz de correlação de Pearson entre parâmetros físico-químicos, elementos-traço e maiores na coleta seca (out/05).

4ª coleta	Ca	Mg	Fe	Si	Al	Mn	Zn	P	Na	K	Cl ⁻	PO ₄ ³⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	pH	Cond
Ca	1																
Mg	0,893(**)	1															
Fe	0,537(**)	0,383(*)	1														
Si	0,766(**)	0,776(**)	0,339	1													
Al	0,299	0,29	0,586(**)	0,309	1												
Mn	0,745(**)	0,747(**)	0,197	0,587(**)	0,242	1											
Zn	0,102	0,073	0,054	0,273	0,584(**)	0,086	1										
P	0,107	-0,086	-0,111	-0,053	-0,201	-0,087	-0,043	1									
Na	0,605(**)	0,751(**)	0,132	0,498(**)	0,109	0,794(**)	-0,085	-0,069	1								
K	0,723(**)	0,624(**)	0,770(**)	0,545(**)	0,496(**)	0,499(**)	0,117	-0,097	0,368(*)	1							
Cl ⁻	-0,066	0,003	-0,233	0,039	-0,239	0,163	-0,003	-0,067	0,451(*)	-0,171	1						
PO ₄ ³⁻	0,730(**)	0,665(**)	0,415(*)	0,576(**)	0,109	0,492(**)	0,082	-0,055	0,403(*)	0,398(*)	0,075	1					
HCO ₃ ⁻	0,856(**)	0,966(**)	0,276	0,677(**)	0,175	0,790(**)	-0,033	-0,007	0,814(**)	0,516(**)	0,058	0,664(**)	1				
NO ₃ ⁻	0,614(**)	0,555(**)	0,441(*)	0,489(**)	0,144	0,396(*)	0,118	-0,091	0,356	0,309	0,085	0,937(**)	0,566(**)	1			
SO ₄ ²⁻	0,772(**)	0,850(**)	0,231	0,616(**)	0,159	0,705(**)	0,113	-0,105	0,717(**)	0,388(*)	0,14	0,733(**)	0,892(**)	0,741(**)	1		
pH	0,392(*)	0,316	0,254	0,385(*)	0,425(*)	0,33	0,438(*)	0,193	0,299	0,409(*)	0,08	0,193	0,297	0,217	0,279	1	
Cond	0,959(**)	0,945(**)	0,531(**)	0,746(**)	0,313	0,779(**)	0,015	-0,005	0,728(**)	0,753(**)	0,01	0,721(**)	0,922(**)	0,600(**)	0,806(**)	0,387(*)	1

- Correlações abaixo do nível de significância e/ou abaixo de 0,5.

* p<0,05 ** p<0,01

Fosfato

O PO_4^{3-} correlacionou-se positivamente com o P (total) somente nos meses de março e julho indicando que uma das fontes desse PO_4^{3-} é dos fertilizantes a base de P, uma vez que em março e julho, épocas que têm influência da alta precipitação, o P dissociou-se formando o PO_4^{3-} . Correlacionou-se positivamente também com o Ca, em todas as coletas, porém em março a correlação entre eles foi menor ($r>0,4$; $p<0,01$). Já com o SO_4^{2-} , o PO_4^{3-} teve correlações superiores a 0,7 em todas as coletas, exceto em julho. A alta correlação ($r>0,6$; $p<0,01$) entre PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , Ca, Mg, nos meses de outubro comprova a origem desses parâmetros a partir de fertilizantes ou calcário já que as formulações contêm todos eles.

Potássio

Não houve correlação positiva entre o K e qualquer outro parâmetro na coleta de julho, mas nas outras coletas correlacionou-se positivamente com o NO_3^- , SO_4^{2-} e Mg. É possível que a origem do K seja de fertilizantes como sulfato de potássio (K_2SO_4), Nitrato de Potássio (KNO_3) e também Sulfato de Potássio e Magnésio ($\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{MgSO}_4$), principalmente devido a correlação entre SO_4^{2-} e Mg que também foi alta ($r>0,83$; $p<0,01$), confirmando a mesma origem para ambos.

Bicarbonato

O HCO_3^- obteve correlações positivas com diversos parâmetros e principalmente os ditos anteriormente, isso é consequência da origem do HCO_3^- , que é produto da dissociação do calcário, muito utilizado para corrigir a acidez do solo.



Por ser originado de rochas carbonatadas - que são rochas constituídas por calcita (carbonato de cálcio) e/ou dolomita (carbonato de cálcio e magnésio) – o calcário pode conter impurezas como silicatos, fosfatos, sulfetos, sulfatos, óxidos e outros. Por isso a alta correlação ($r>0,6$; $p<0,01$) entre HCO_3^- , Ca, Mg e todas essas impurezas em todos os meses (Raij, 1991).

4.5 ANOMALIAS

A Tabela 4.15 apresenta os pontos e época de coleta onde foram encontrados parâmetros com valores anômalos. Os parâmetros em **negrito** são aqueles que estão muito próximos da Média + 2σ , não foram considerados anômalos, mas devido a sua anomalia em outras épocas de coleta no mesmo ponto podem fornecer informações importantes.

Tabela 4.15: Elementos que apresentaram valores anômalos, localização e época da coleta.

<i>PZT</i>	<i>out/04</i>	<i>mar/05</i>	<i>jul/05</i>	<i>out/05</i>
001	Na, Cl ⁻	Na, Cl ⁻	-	Na, Cl ⁻
1	-	Al	pH	P
3	-	Ca, Mn, K, Al	Mn, Al	Mn
5	K, Ca, NO ₃ ⁻ , Cl ⁻ , SO ₄ ²⁻ , C.E.	NO ₃ ⁻	-	NO ₃ ⁻
10	-	Mg, Si, Mn, Na, NO ₃ ⁻ , HCO ₃ ⁻	Mg, Si	-
17	Zn, Al, Mn, P	-	-	-
24	Fe, Si	-	Si, NO ₃ ⁻ , SO ₄ ²⁻	Fe
25	K, Ca, C.E.	K, Ca, Al, pH	K	Ca, K, Al, Fe
27	-	-	NO ₃ ⁻	-
33	Ca, Mg, Mn, K, Si, Na, SO ₄ ²⁻ , NO ₃ ⁻ , PO ₄ ³⁻ , HCO ₃ ⁻ , pH, C.E.	Fe, P, Mn, K, pH, NO ₃ ⁻ , SO ₄ ²⁻ , PO ₄ ³⁻ , HCO ₃ ⁻ , C.E.	Ca, Fe, Mg, Mn, P, NO ₃ ⁻ , HCO ₃ ⁻ , PO ₄ ³⁻ , C.E.	Ca, Mg, Si, Mn, Na, PO ₄ ³⁻ , SO ₄ ²⁻ , HCO ₃ ⁻ , NO ₃ ⁻ , C.E., K, pH,
37	-	Ca, Mn, Cl ⁻	Ca, Mn, Cl ⁻	Mn
40	Si, PO ₄ ³⁻	HCO ₃ ⁻ , Ca, Si, PO ₄ ³⁻	Ca, pH	Ca, Fe, Si, NO ₃ ⁻ , PO ₄ ³⁻
46	-	Zn	Na	Zn
52	Si	Mg, Si	Mg, Si	Si
56	Fe, Al, Zn, P	Zn	Na	Zn

O poço 001 localiza-se em área sem uso agrícola, em relevo acentuado (Figura 4.4). Os valores anômalos de Na e Cl⁻, encontrados no poço 001, devem-se aos sucessivos ensaios de traçador realizados na área por pesquisadores do Instituto de Geociências da UnB. Os ensaios utilizaram NaCl para verificar a direção do fluxo da água subterrânea.

O poço 01 localiza-se em gleissolo e possui nível freático muito raso (chegando a 0,29 m de profundidade) está próximo a uma área cultivada (Tabela 3.1), que não foi amostrada, e obteve concentrações anômalas isoladas, portanto não se pode definir de forma inequívoca a origem dessas anomalias.

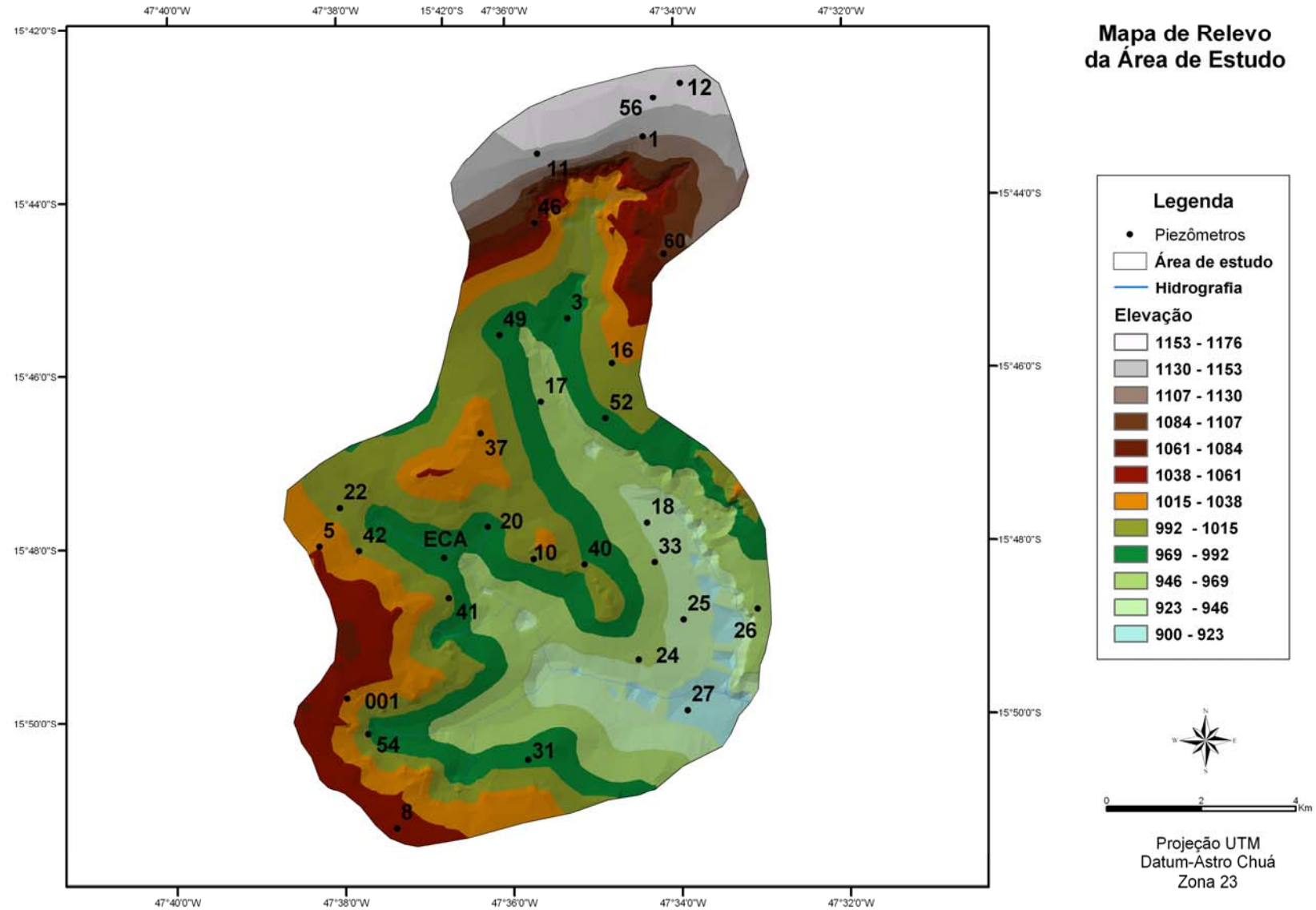


Figura 4.4: Mapa de relevo da bacia do Alto Jardim com a localização dos poços de coleta.

O poço 3 está localizado em Gleissolo, em uma propriedade agrícola, com cultivo de diversas culturas como mandioca (anual) e olerícolas (leguminosas), e tem seu nível freático raso (média de 0,27 m) tornando-se vulnerável a contaminações. Devido às anomalias para Ca, Mn e K, pode-se afirmar que são originados de produtos agrícolas, provavelmente fertilizantes, que disponibilizam esses nutrientes no solo. O gráfico da Figura 4.5 mostra a relação entre os valores anômalos no poço 3 e os valores de referência. Os elementos Ca, Mn e K (mar/05) tiveram concentrações até 7 vezes maiores que os valores de referência do poço 49.

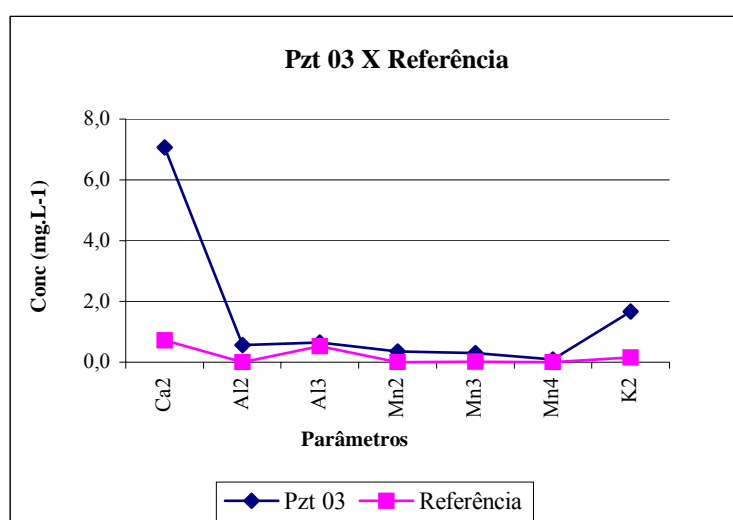


Figura 4.5- Relação entre os parâmetros anômalos obtidos no poço 3 e os valores de referência do poço 49. Índice 2 (mar/05); índice 3 (jul/05) e índice 4 (out/05).

A maioria dos solos do cerrado tem deficiência nutricional e são ácidos, por isso apresentam saturação por Al, podendo gerar toxicidade para as plantas. Por esse motivo é feita a correção de acidez pela calagem, que consiste na aplicação do calcário, visando aumentar o cálcio e magnésio e neutralizar o Al no solo (Goedert *et al*, 1987), portanto, o Al é de origem natural, por isso suas concentrações estão próximas às de referência.

As anomalias constantes para NO_3^- , no poço 5, não deixam dúvidas quanto a contaminação antrópica. Esse poço está localizado num Latossolo sem uso, tem nível freático variando de 10 a 13m de profundidade, mas localiza-se próximo a uma extensa área com cultivo de soja.

Somente nos meses de março e julho foram encontrados valores anômalos no poço 10, como não há cultivo em sua área, nem próximo, essa contaminação pode ser de alguma fonte mais distante. (Figura 4.6).

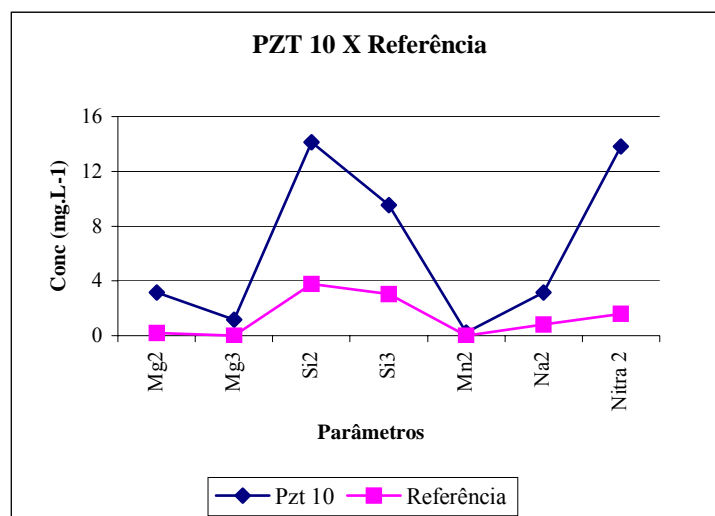


Figura 4.6- Relação entre os parâmetros anômalos obtidos no poço 10 e os valores de referência do poço 20. Índice 2 (mar/05) e índice 3 (jul/05).

Os poços 10 e 20 (referência) localizam-se em um Latossolo na Unidade Metassilito Argiloso e Arcóseo, mas o poço 10 (24m) é mais profundo que o 20 (6m) e pode ser que tenha atingido o saprolito, ou até mesmo rocha fresca, por isso apresenta altos valores para Si.

O Si apresentou, pela primeira vez, valores altos em relação à referência. Apesar de muito abundante na crosta terrestre o Si tem sido muito utilizado na agricultura. Os benefícios associados ao uso de silicatos estão relacionados não apenas ao fornecimento de Si, mas também ao efeito dos mesmos como corretivos de acidez, fornecimento de Ca, Mg (por isso as altas correlações entre Si, Mg, e Ca nos meses de outubro) e também micronutrientes, tais como Cu, Fe, Mn, etc. A correção da acidez do solo acontece porque os silicatos promovem a reação dos ânions SiO_3^{2-} com a água, liberando hidroxilas (OH^-) para a solução do solo. Os silicatos granulados são normalmente aplicados, juntamente com outras matérias primas, na composição de adubos NPK (Korndörfer *et al*, 2004).

O poço 17 localiza-se em uma plantação de hortaliças e só obteve valores anômalos em out/04, mas todos os parâmetros anômalos (exceto o Al) estão presentes em fertilizantes e estão bem acima dos valores de referência, como pode ser observado na Figura 4.7.

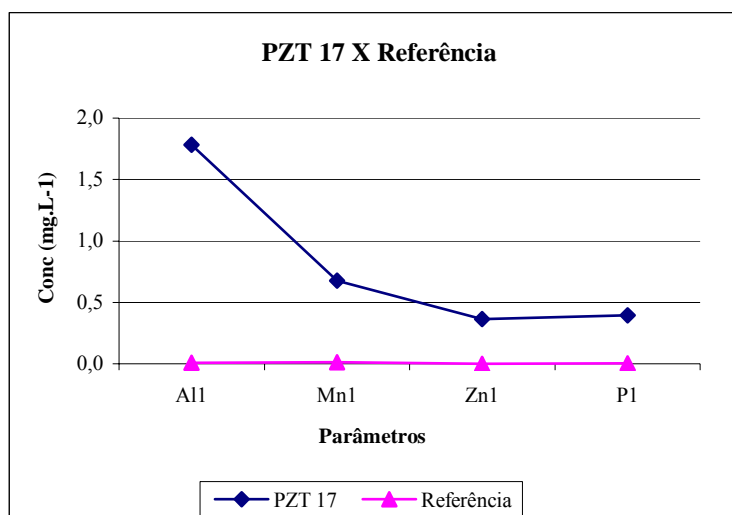


Figura 4.7- Relação entre os parâmetros anômalos obtidos no poço 17 e os valores de referência do poço 20. Índice 1 (out/04).

Não há prática agrícola onde está localizado o poço 24, mas as anomalias para Si, NO_3^- e SO_4^{2-} (Figura 4.8) indicam que essa contaminação é antrópica. O Poço 24 localiza-se bem próximo aos poços 33 e 40, sendo que esse localiza-se num ponto mais elevado, assim o 24 pode estar recebendo parte da carga de fertilizante que é aplicada no poço 40. O Fe apresentou concentrações muito próximas às concentrações de referência, portanto podemos afirmar que é de origem natural.

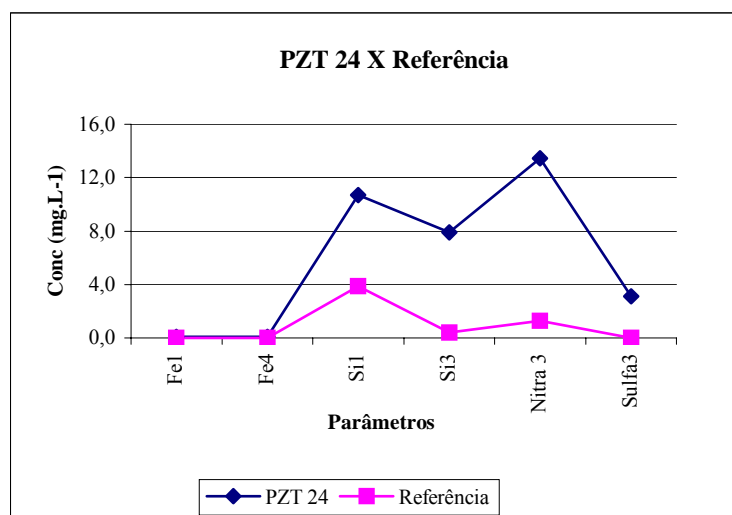


Figura 4.8- Relação entre os parâmetros anômalos obtidos no poço 24 e os valores de referência do poço ECA. Índice 1 (out/04); índice 3 (jul/05) e índice 4 (out/05).

O poço 25 localiza-se em Latossolo com nível freático raso (2 a 4 m) e foi perfurado em um ponto próximo a uma área de cultivo de banana. Em todas as coletas foram encontrados sacos de fertilizante NPK próximo ao local comprovando sua freqüente utilização. A água

coletada sempre apresentava odor fétido (provavelmente amônia), os valores anômalos obtidos nesse ponto quando comparados com a referência são interpretados como originados pelo uso desse fertilizante (Figura 4.9).

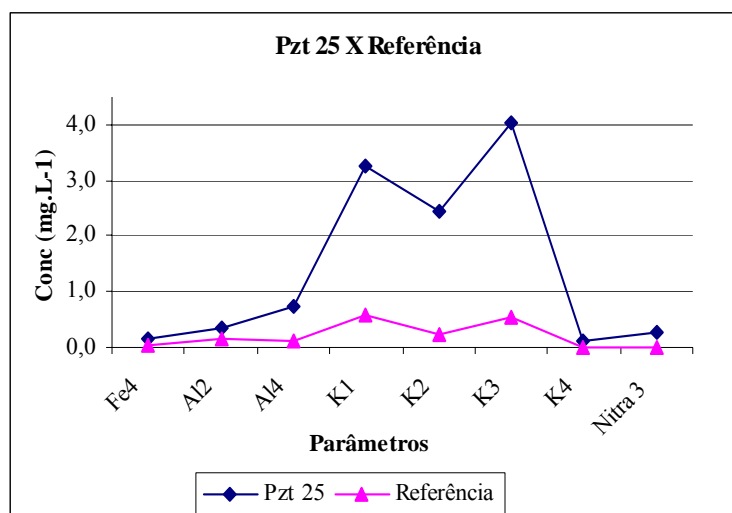


Figura 4.9- Relação entre os parâmetros anômalos obtidos no poço 25 e os valores de referência do poço 18. Índice 1 (out/04); índice 2 (mar/05); índice 3 (jul/05) e índice 4 (out/05).

No poço 27 a anomalia para NO_3^- foi um caso isolado e não se correlacionou com nenhum outro parâmetro nesse ponto impossibilitando verificar a origem desse contaminante, mas próximo ao poço 27 há uma área agrícola que pode estar contribuindo para o alto valor de NO_3^- .

Localizado em Latossolo em Metassilito Argiloso e Arcóseo, com nível freático variando de 6 a 12 m, o poço 33 encontra-se no meio de uma área com cultura de soja. É possível afirmar que a maioria das anomalias encontradas nesse poço é de origem antrópica e em todas as coletas também foi observado um odor fétido ao abrir o poço para coleta. Os gráficos das Figuras 4.10; 4.11 e 4.12 mostram nitidamente como seus valores estão acima do *background* da área, quando comparados aos valores de referência do poço ECA. Esse poço, atualmente desativado, abastecia a Escola Classe Artemísia (ECA) e está localizado no mesmo tipo de solo, na mesma unidade e com nível freático variando de 1,52 a 7,26 m.

O gráfico da Figura 4.10 analisa os cátions, mais uma vez verificam-se altos valores para Si, Ca e Mg.

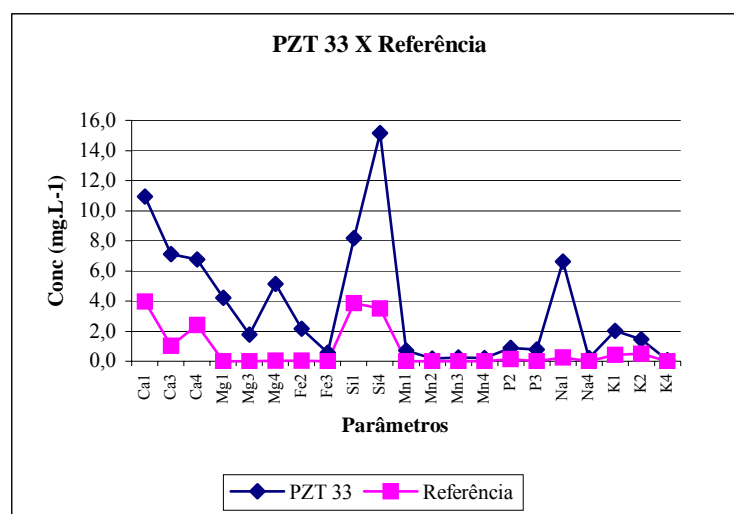


Figura 4.10- Relação entre os cátions anômalos obtidos no poço 33 e os valores de referência do poço ECA. Índice 1 (out/04); índice 2 (mar/05); índice 3 (jul/05) e índice 4 (out/05).

No gráfico da Figura 4.11 verificam-se as concentrações anômalas para NO_3^- e SO_4^{2-} , bastante superiores às concentrações de referência.

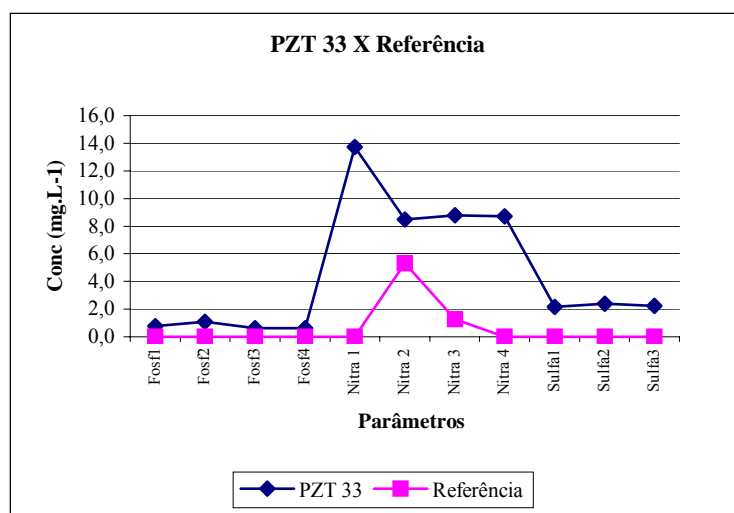


Figura 4.11- Relação entre os ânions anômalos (exceto HCO_3^-) obtidos no poço 33 e os valores de referência do poço ECA. Índice 1 (out/04); índice 2 (mar/05); índice 3 (jul/05) e índice 4 (out/05).

A Figura 4.12 mostra o gráfico para as concentrações de HCO_3^- , que por atingirem valores altos, foram separadas dos demais íons.

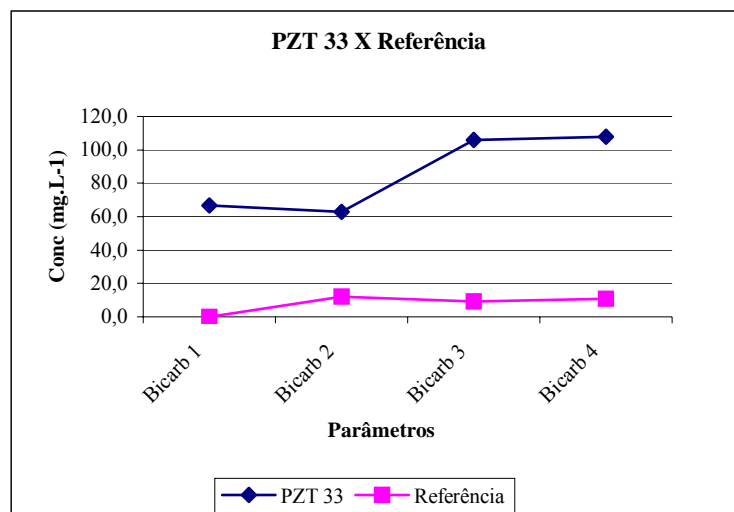


Figura 4.12- Relação entre valores anômalos de HCO_3^- , obtidos no poço 33, e os valores de referência do poço ECA. Índice 1 (out/04); índice 2 (mar/05); índice 3 (jul/05) e índice 4 (out/05).

O poço 37, localizado em Cambissolo próximo a uma área submetida ao uso agrícola, apresentou anomalias para Ca e Mn que se correlacionaram bem em ambas coletas de março e julho. O Cl^- teve correlação positiva com Na e ambos possuem valores altos para esse ponto. Uma fonte possível de contaminação por NaCl seria dejetos humanos, mas não há informações sobre presença de fossas próximas ao poço 37.

O poço 40 assemelha-se muito, em relação aos contaminantes, com o poço 33 (Figura 4.13).

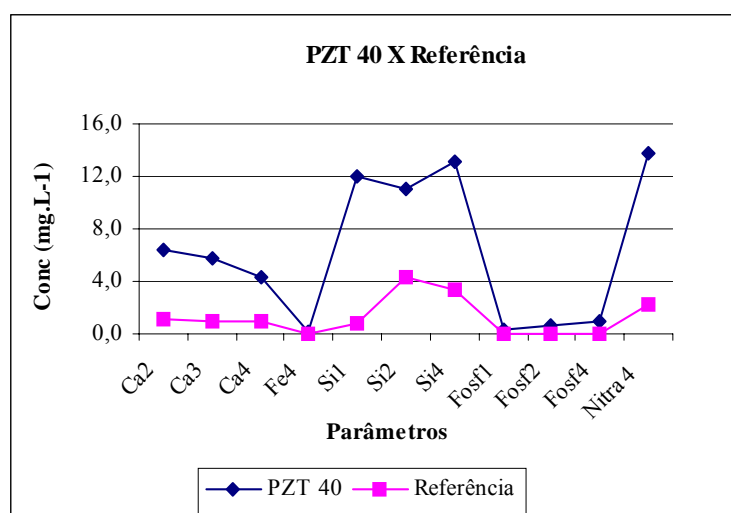


Figura 4.13- Relação entre os parâmetros anômalos obtidos no poço 40 e os valores de referência do poço 26. Índice 1 (out/04); índice 2 (mar/05); índice 3 (jul/05) e índice 4 (out/05).

Não há dúvidas quanto à origem antrópica do NO_3^- , mas não é possível explicar as anomalias para alguns elementos como Ca e Si.

Não se pode inferir nada sobre as anomalias encontradas nos poços 46, uma vez que não se localiza próximo a áreas de agricultura e está em área de relevo relativamente acidentado (Figura 4.4)

O poço 52 localiza-se em área de uso agrícola onde as culturas variam entre soja, milho e algodão, mas não há como afirmar sobre a origem do Si e Mg.

O poço 56 localiza-se em área de relevo com alta declividade (Figura 2.9) e não está próximo a nenhuma área submetida a uso agrícola. Os valores mais discrepantes comparados à referência são para Al e Na (Figura 4.14).

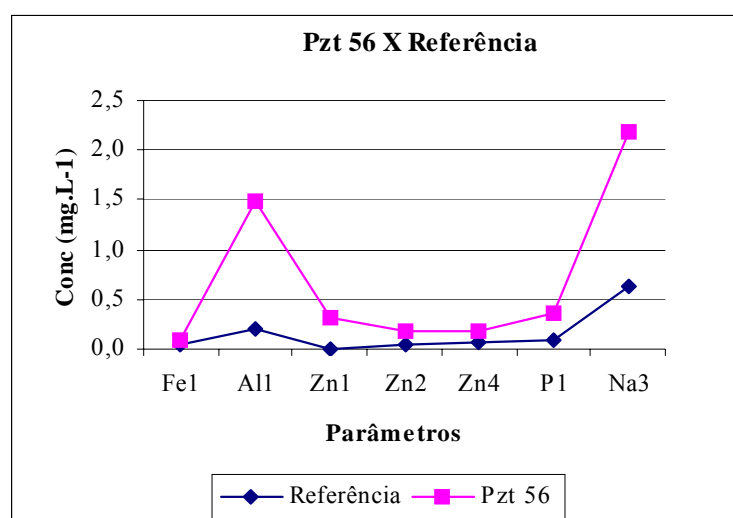
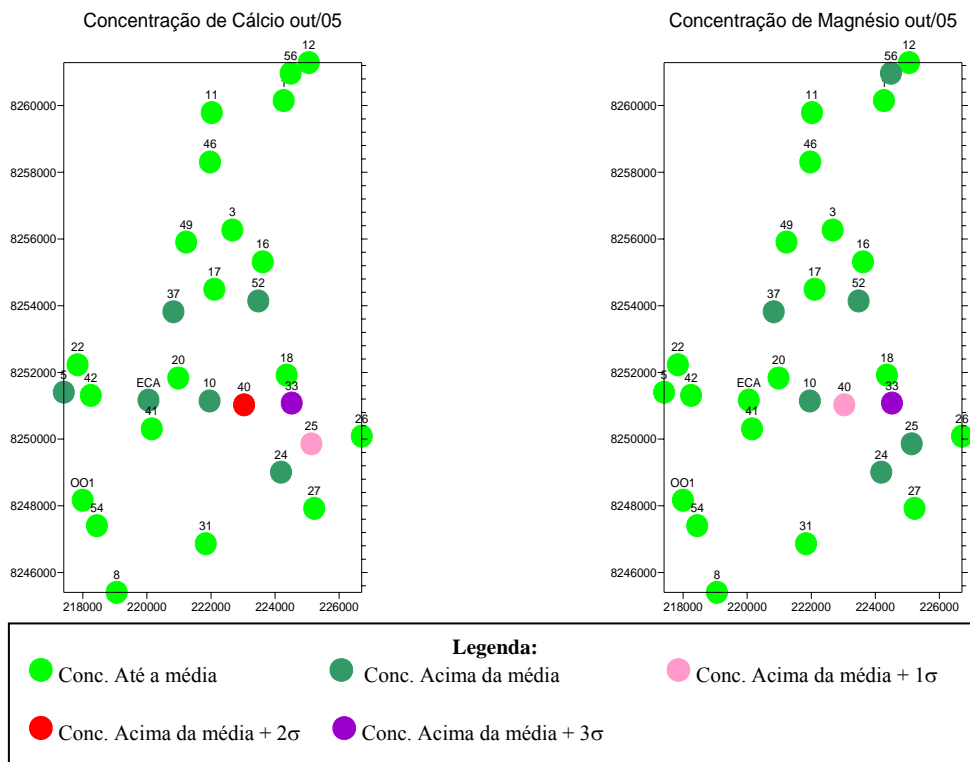


Figura 4.14- Relação entre os parâmetros anômalos obtidos no poço 56 e os valores de referência do poço 12. Índice 1 (out/04); índice 2 (mar/05); índice 3 (jul/05) e índice 4 (out/05).

4.6 LOCALIZAÇÃO ESPACIAL DOS PONTOS

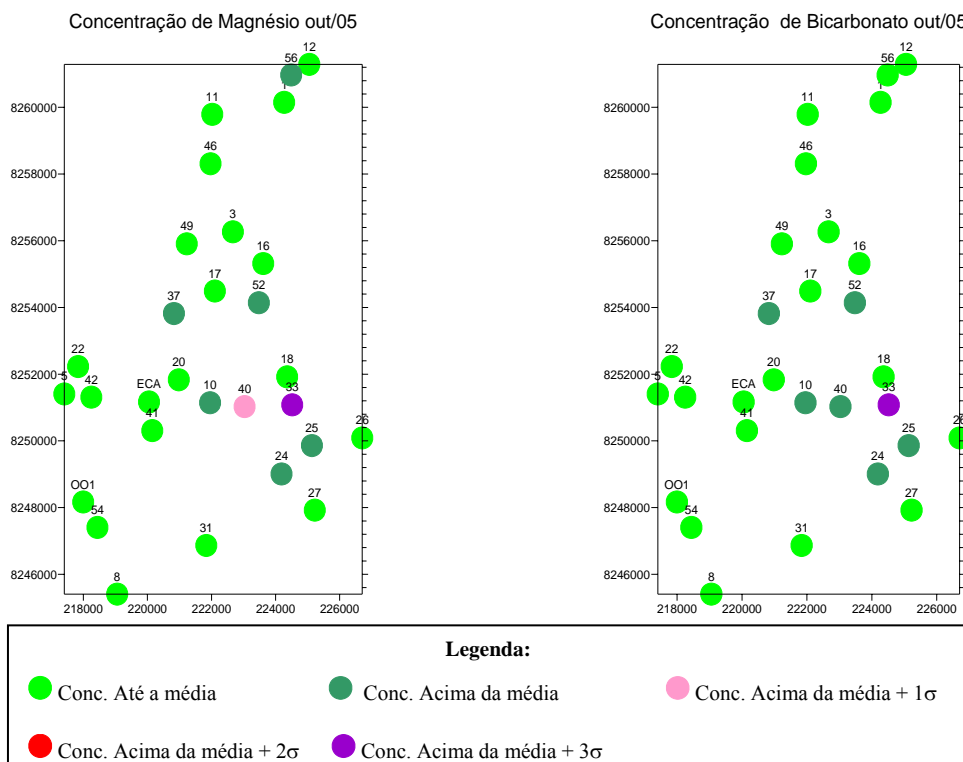
A distribuição espacial dos pontos (Anexo V) foi obtida utilizando o *software Surfer 8*, 2002, por meio desse recurso há uma melhor visualização das áreas vulneráveis à contaminação. Unindo as informações geradas na distribuição espacial com as correlações entre os elementos é possível verificar, em cada ponto onde ocorreu mais de um valor anômalo, se a fonte de contaminação para esses parâmetros é a mesma.

Por exemplo, pela matriz de correlação da Tabela 4.14 o Ca teve correlação de 89% com o Mg no mês de outubro de 2005. Pela Tabela 1 do Anexo III, verificam-se valores anômalos para Ca no poço 40 e 33 e Mg no poço 33. Ao observar a distribuição espacial para esses dois elementos, nesse mesmo mês (Figuras 4.15 e 4.16) confirmam-se os valores anômalos apenas nos poços 33 e 40 - apesar de o ponto 40 estar abaixo da Média + 2σ , para Mg – pode-se então afirmar que a origem desses dois elementos é a mesma nesses pontos.



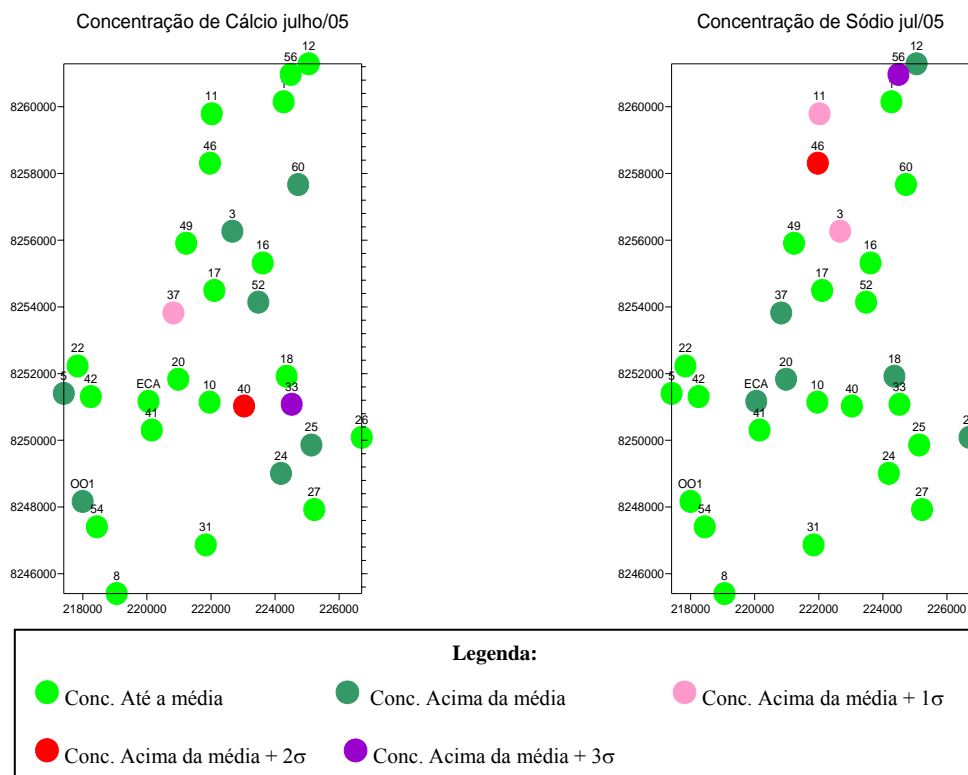
Figuras 4.15 e 4.16: Distribuição espacial dos poços na área de coleta, para os elementos Ca e Mg no mês de outubro/2005 e a faixa de concentração obtida em cada poço.

O Mg teve alta correlação (0,97) com o HCO_3^- no mês de out/05. Observando a Tabela 4.15, verifica-se que o poço 40 não teve anomalia para HCO_3^- . Apenas o poço 33 é o ponto comum entre os dois e possivelmente a origem de ambos é a mesma apenas nesse poço (Figuras 4.17 e 4.18).



Figuras 4.17 e 4.18: Distribuição espacial dos poços na área de coleta, para os elementos Mg e HCO_3^- no mês de outubro/2005 e a faixa de concentração obtida em cada poço.

No entanto analisando os dados do Ca e Na, por exemplo, na coleta de jul/05 onde a correlação entre eles foi negativa (-0,25), pode-se confirmar que não há nenhuma semelhança entre os dois mapas de distribuição espacial (Figuras 4.19 e 4.20), isso porque nenhum poço no mês de julho obteve valor anômalo simultaneamente para esses elementos.



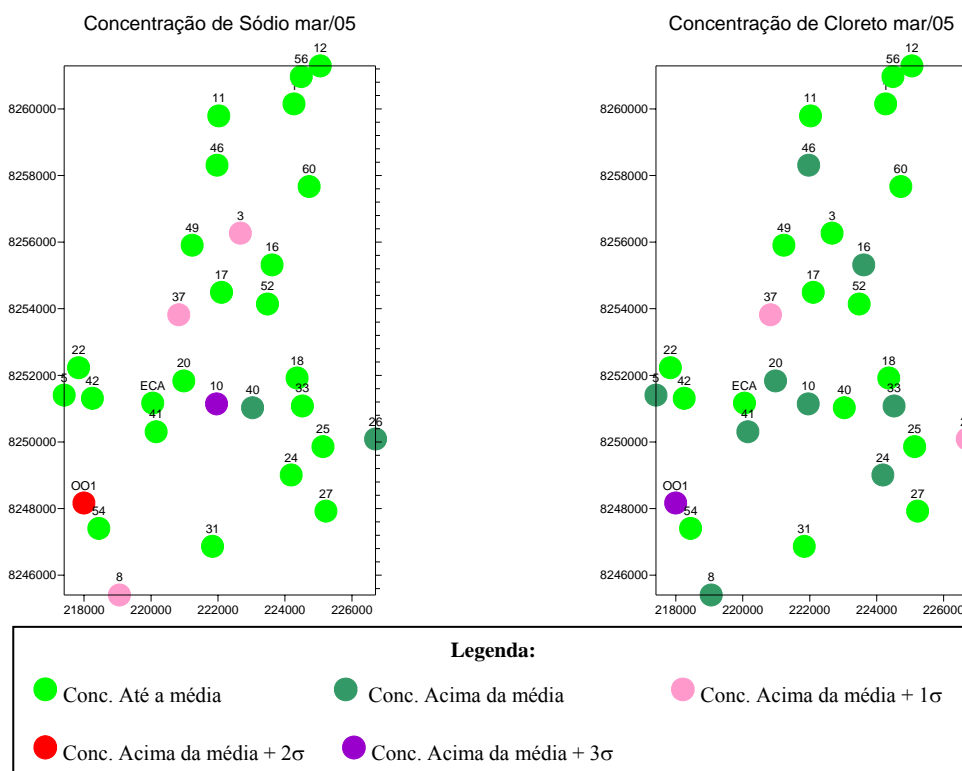
Figuras 4.19 e 4.20: Distribuição espacial dos poços na área de coleta, para os elementos Ca e Na no mês de julho/2005 e a faixa de concentração obtida em cada poço.

Alguns parâmetros mesmo não apresentando valores anômalos, mas estando acima da Média + 1σ , serão considerados em alguns pontos por fornecerem informações importantes quanto à origem dos elementos.

Comparando as Tabelas 4.11; 4.12; 4.13 e 4.14 (de correlações) com a Tabela 4.15 (de anomalias) e as distribuições espaciais para os elementos (Anexo V) foram obtidos os seguintes resultados:

Poço 001

A correlação entre Na e Cl^- , só foi positiva em março, comprovando a mesma origem pra esses dois íons no poço 001 (Figuras 4.21 e 4.22).



Figuras 4.21 e 4.22: Distribuição espacial dos poços na área de coleta com enfoque para os poços 001 e 37 que tiveram altas concentrações para Na e Cl⁻ no mês de março.

Poço 01

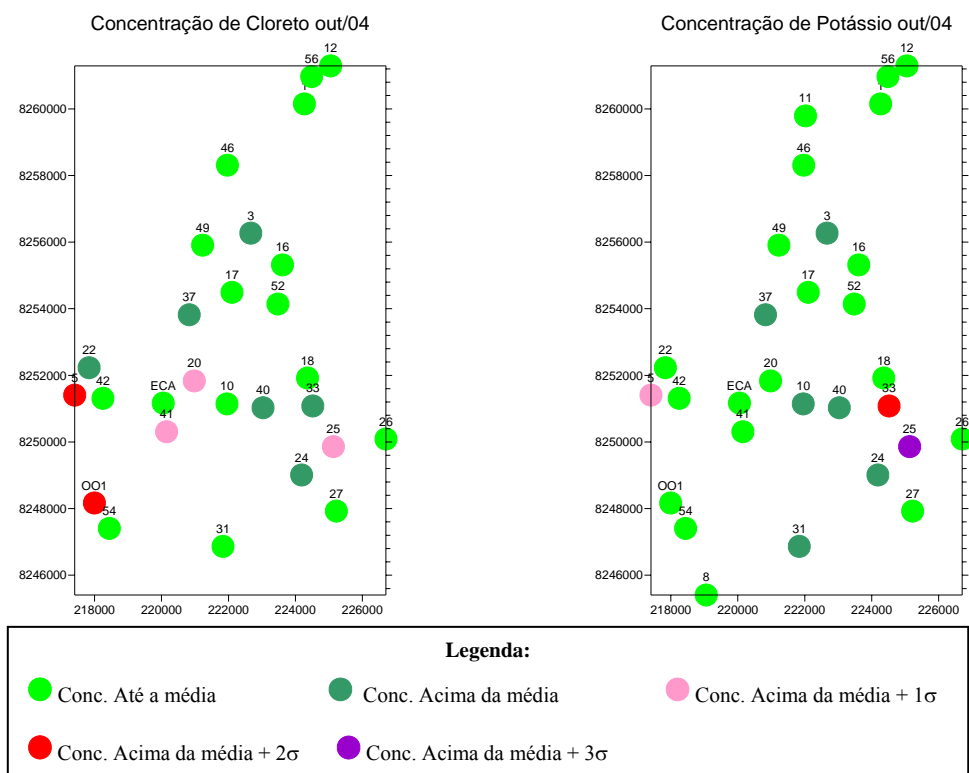
Os mapas de espacialidade do Al, P e pH não apresentaram semelhança com nenhum outro parâmetro no poço 01.

Poço 3

No poço 3 só o Al não se correlacionou com nenhum parâmetro, portanto sua origem é natural. Ele deve ser liberado pelos argilominerais do solo, óxidos e hidróxidos de Al, por meio de troca catiônica após a calagem. Essa interpretação também é corroborada pelo baixo pH das águas.

Poço 5

No poço 5, por meio dos mapas de distribuição espacial, aparecem três parâmetros que não tiveram concentrações anômalas, K, SO₄²⁻ e C.E. em out/04, mas auxiliam na análise da origem dos outros parâmetros. O Cl⁻, por exemplo, só teve correlação positiva ($r > 0,49$; $p < 0,01$) com o K, que permite propor o uso de KCl no local (Figuras 4.23 e 4.24). O K também teve correlação com os seguintes íons: Ca²⁺, NO₃⁻ e SO₄²⁻ e todos contribuíram para o alto valor da C.E.



Figuras 4.23 e 4.24: Distribuição espacial dos poços na área de coleta com enfoque para os poços 5 e 25 que tiveram valores anômalos para K e Cl⁻ no mês de out/04.

Poço 10

Dos parâmetros que estão anômalos no poço 10, só o Si não se correlacionou com todos. Os silicatos, utilizados como corretivos de acidez no solo, são prováveis fontes desse elemento, pois só correlacionou-se com Mg e HCO₃⁻ e ambos estão presentes na formulação do Silicato de Magnésio (comumente usado para a correção de pH).

Poço 17

O poço 17 localiza-se numa plantação permanente de hortaliças e tem nível freático muito raso variando de 3 a 5 m sendo o período mais raso no mês de out/04. Todos os parâmetros tiveram boa correlação entre si.

Poço 24

O Fe e o Si não tiveram correlação em nenhuma das coletas de outubro no poço 24. Em julho o SO₄²⁻ e o NO₃⁻ correlacionaram-se bem ($r > 0,7$; $p > 0,01$) indicando que vieram da mesma fonte, provavelmente (NH₄)₂SO₄.

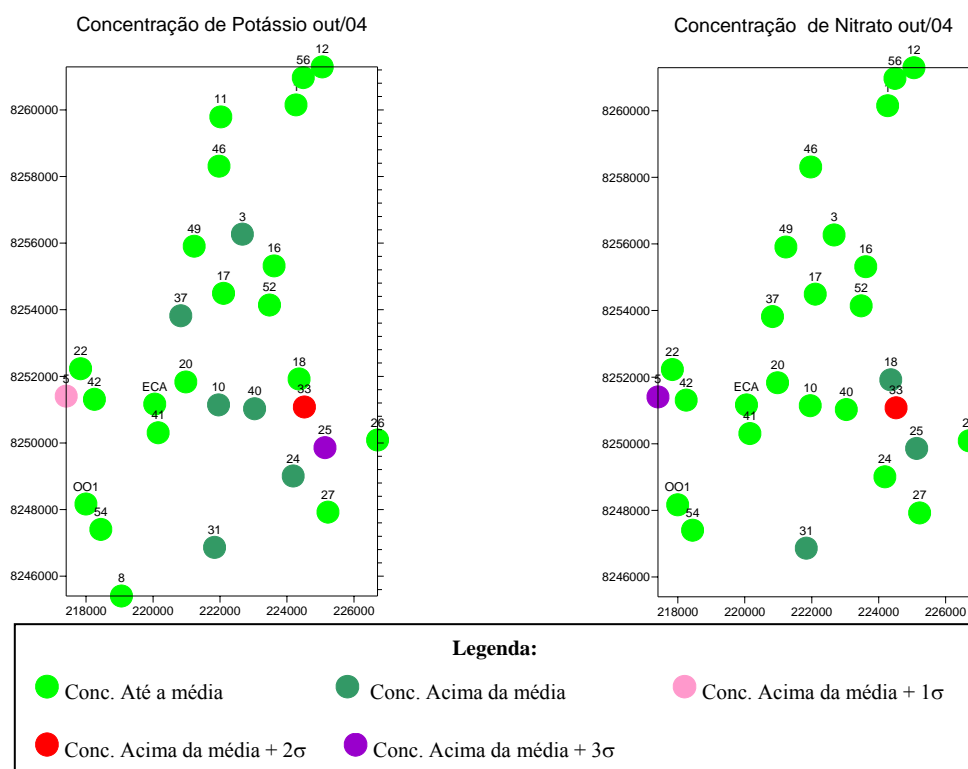
Poço 25

No poço 25, em out/04, o K também apresentou alta correlação com o Ca e ambos com a C.E. Em março novamente aparecem o K e Ca e correlacionam com o pH, o Al não se correlacionou com nenhum parâmetro. Em out/05 o Al só correlacionou-se com o Fe e a origem de ambos é comum em solos ácidos como os encontrados na região do Cerrado. Mais uma vez houve alta correlação entre Ca e K.

Poço 33

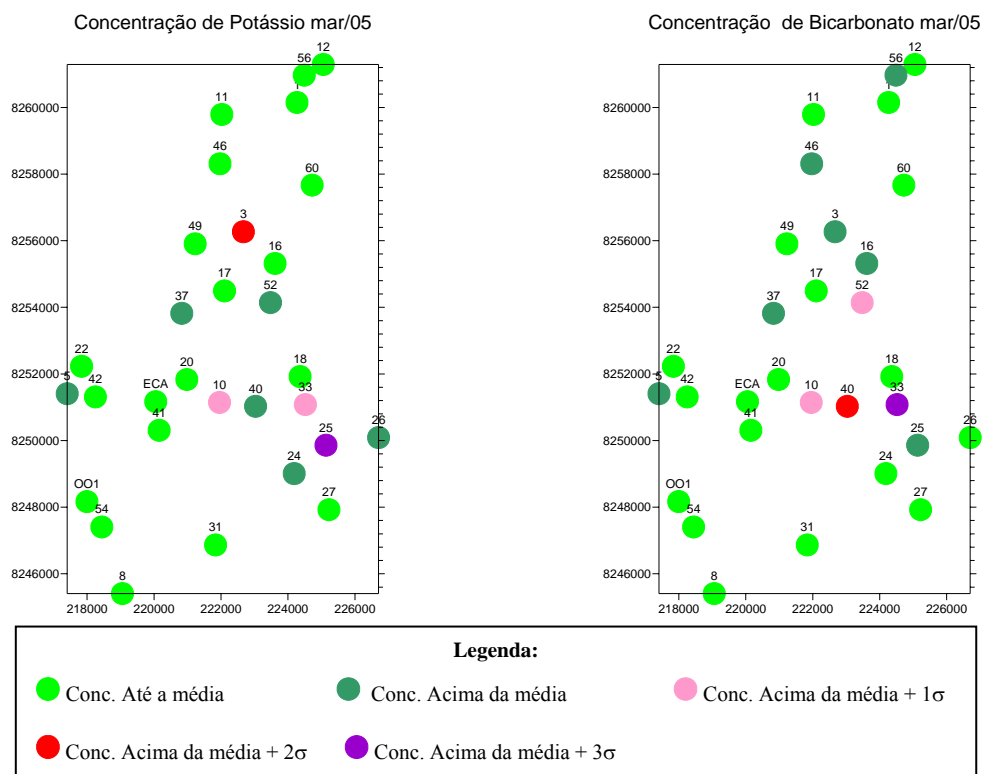
No poço 33 está evidente a contribuição antrópica para os parâmetros encontrados na água subterrânea principalmente devido à alta correlação entre K e o NO_3^- indicando a origem dos fertilizantes NPK (Figuras 4.25 e 4.26).

Nas coletas de outubro todos os parâmetros correlacionaram com a C.E. O Ca e o HCO_3^- apresentaram correlações superiores a 0,9 indicando a mesma origem para ambos no poço 33.



Figuras 4.25 e 4.26: Distribuição espacial dos poços na área de coleta com enfoque para o poço 33 que teve valores anômalos para K e NO_3^- no mês de out/04.

Em março todos os parâmetros tiveram correlação com a C.E. exceto o HCO_3^- . O K e o HCO_3^- - com maior correlação ($r > 0,6$; $p > 0,01$) - foram responsáveis pelos baixos valores do pH, como a relação entre eles também é positiva, ambos devem ter se dissociado da forma KHCO_3 (Figuras 4.27 e 4.28).



Figuras 4.27 e 4.28: Distribuição espacial dos poços na área de coleta com enfoque para o poço 33 que teve valores anômalos para o K e HCO_3^- no mês de mar/05.

Em julho a C.E. atingiu o maior valor em relação aos outros meses e todos os parâmetros tiveram correlação positiva, provavelmente entre março e julho houve aumento da C.E., pois foi o tempo necessário para que a maioria dos íons atingisse as águas subterrâneas.

Poço 40

Em out/04 e mar/05 no poço 40, as fontes dos parâmetros anômalos são os Silicato e Fosfato de Cálcio e Magnésio, pois o PO_4^{3-} não apresentou correlação com o Si, mas ambos apresentaram correlação bastante significativa com os demais elementos que podem compor esses fertilizantes. Em março o Ca teve alta correlação com o HCO_3^- ($r > 0,8$; $p > 0,01$) mais uma vez devido à calagem no ponto 40 (Figuras 4.29 e 4.30).

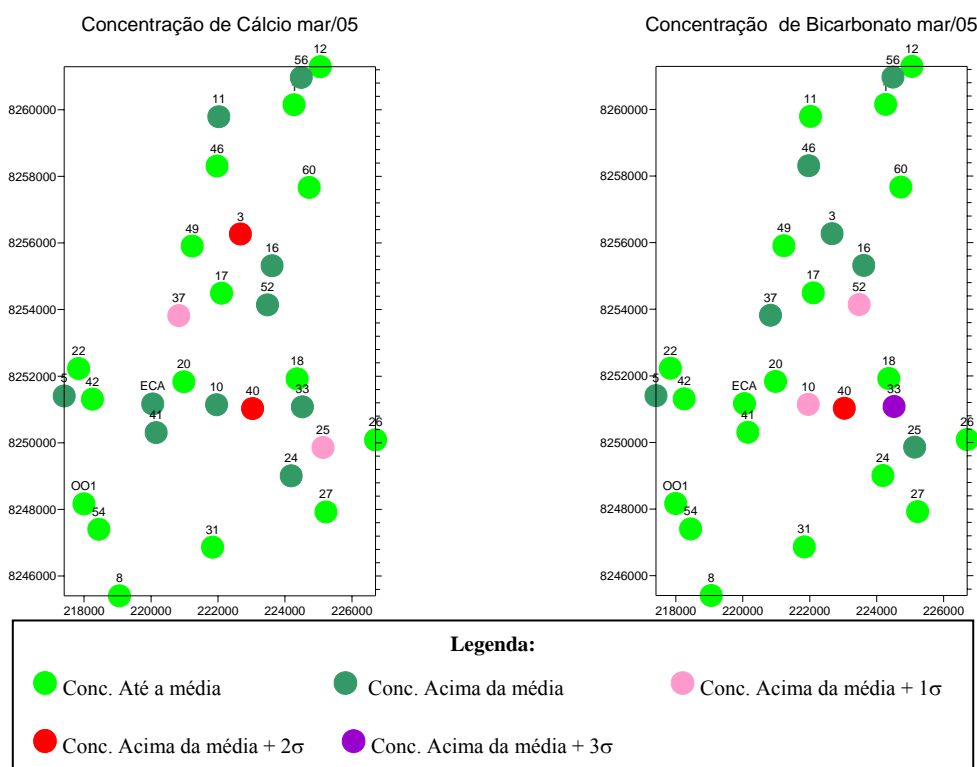
Em out/05, o NO_3^- só correlacionou-se com o Ca e Mg e o Fe, com Ca e C.E., os demais elementos correlacionam-se entre si. Como o NO_3^- não ocorre naturalmente em águas subterrâneas, sua origem e dos demais elementos, só pode ser antrópica. Já em relação ao Ca e Fe provavelmente são de mesma origem natural.

Poço 52

No poço 52 em março e julho a origem dos elementos é de Silicato de Magnésio.

Poço 56

Assim como no poço 17, os cátions Fe, Al, Zn e P tiveram correlação muito boa entre si no poço 56, mas não é possível inferir a origem comum para esses elementos.



Figuras 4.29 e 4.30: Distribuição espacial dos poços na área de coleta com enfoque para o poço 40 que teve valores anômalos para o Ca e HCO_3^- no mês de mar/05.

A localização dos poços, onde foram encontrados valores anômalos, pode ser vista no mapa de uso e ocupação no Anexo VI.

4.7 ANÁLISE PARA AGROTÓXICOS

Em março e outubro de 2005, após verificar a ocorrência dos valores anômalos na coleta de outubro de 2004, foram enviadas cinco alíquotas de amostras referentes aos poços 03, 22, 25, 33 e 52 para um laboratório especializado em análise multiresidual de pesticidas e glifosato. Os pontos foram escolhidos seguindo um critério de vulnerabilidade à contaminação como tipo e uso do solo e nível freático.

Apesar de normalmente os agricultores esperarem as primeiras chuvas para iniciar o plantio, aplicação de agrotóxicos e insumos agrícolas, durante as coletas de março e julho também foi verificada a aplicação do glifosato nas propriedades (Figuras 4.31 e 4.32).



Figuras: 4.31 - Pulverizador sendo abastecido com glifosato. **4.32** - Embalagens de glifosato armazenadas ao ar livre. Ambos próximos a um ponto de coleta.

O uso de agrotóxicos na região foi verificado em todas as idas ao campo, mas em nenhuma amostra foi detectado qualquer contaminante descrito acima.

4.8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em Relação aos Valores-Padrão de Potabilidade

É importante ressaltar que de acordo com a Portaria N ° 518 de 25 de Março de 2004 do Ministério da Saúde, que estabelece os procedimentos e responsabilidades, relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, a maioria das concentrações dos parâmetros obtida nesse trabalho encontra-se, na maioria, dentro dos valores máximos permitidos (VMP) em mg/L (ppm) como pode ser visto na Tabela 4.16.

Tabela 4.16: Padrão de aceitação de alguns parâmetros em água para consumo humano, segundo a Portaria 518 do Ministério da Saúde.

PARÂMETRO	Unidade	VMP ⁽¹⁾
Alumínio	mg/L	0,2
Cloreto	mg/L	250
Ferro	mg/L	0,3
Manganês	mg/L	0,1
Sódio	mg/L	200
Sulfato	mg/L	250
Nitrato (como N)	mg/L	10
Zinco	mg/L	5

Mesmo não fazendo parte do objetivo dessa pesquisa, a comparação dos valores obtidos com os permitidos pela Portaria 518, é importante para mostrar que a prática agrícola, na superfície do solo, está influenciando na qualidade da água subterrânea e alertar para seus efeitos em longo prazo.

Em Relação ao Risco de Contaminação do Aquífero

Dos 30 poços amostrados na bacia do Alto Jardim 16 possuem valores anômalos para algum elemento. Daqueles que possuem valores anômalos, alguns estão próximos ou se situam em áreas submetidas ao uso agrícola, só após as análises geoquímicas de suas águas e todos os tratamentos estatísticos foi possível determinar a origem dos “contaminantes”, uma vez que alguns dos parâmetros anômalos podem ser de origem natural. Ao tentar associar as semelhanças entre os pontos contaminados, como proposto nos objetivos (quanto a litologia, tipo de solo, uso e ocupação, hidrogeologia e profundidade do nível freático), verificou-se que nenhum desses parâmetros é seguro para prever o risco à contaminação dos aquíferos. Isso pode ser melhor visualizado nas tabelas 4.17 a 4.21.

A Tabela 4.17 apresenta todos os poços que se localizam na mesma Unidade (Grupo Bambuí) e Litologia (Metassiltito Argiloso e Arcóseo), não há correlação entre unidade geológica / litologia (nas quais estão inseridos os poços) com os valores anômalos de certos parâmetros.

Tabela 4.17: Comparação entre os poços que apresentaram valores anômalos e os demais poços localizados em Metassiltito Argiloso e Arcóseo do Grupo Bambuí.

Poço	Prof Poço (m)	Níveis Freáticos				Pedologia	Prática Agrícola
		15.10.04	15.03.05	03.07.05	01.10.05		
ECA	-	7,26	1,52	4,27	6,12	Latossolo	Não
10	24	10,65	9,35	10,63	10,08	Latos/Cambi	Não
16	25	8,80	10,29	9,54	11,02	Latossolo	Sim
17	12	3,34	4,61	4,70	5,11	Latossolo	Sim
18	16	2,22	1,80	2,48	3,11	Latossolo	Próximo
20	6	1,08	0,50	1,04	0,37	Latossolo	Não
24	16	8,50	2,00	7,32	8,28	Latossolo	Não
25	18	3,14	2,09	3,19	4,21	Latossolo	Sim
26	24	12,44	3,14	7,72	11,39	Latos/Camb/Petro	Próximo
27	12	1,37	0,66	0,94	0,98	Gleyssolo	Próximo
33	16	8,60	6,61	9,08	12,28	Latossolo	Sim
37	40	10,49	5,75	6,95	10,10	Cambissolo	Próximo
40	30	10,66	4,93	7,38	10,39	Latos/Camb	Sim
52	16	5,07	2,80	5,39	6,96	Latossolo	Sim

- Em negrito estão os poços que apresentaram valores anômalos

Comparando-se os poços 16 e 33 verifica-se que não há como afirmar nada sobre níveis freáticos mais profundos (> 5m) uma vez que os poços 16 e 33 apresentam características praticamente idênticas e até o tipo de cultura praticada em ambos é a mesma (soja), no entanto apenas o poço 33 apresentou anomalias.

Já o poço 37 encontra-se em cambissolo, mas seus níveis freáticos são semelhantes aos do poço 16. Ambos encontram-se próximos a áreas de agricultura intensiva, no entanto só o poço 37 apresentou valores anômalos. Nem o fato de ter o poço mais profundo (40 m) diminuiu sua vulnerabilidade.

O mesmo foi feito com os poços localizados na Litologia Clorita Carbonato Filito do Grupo Canastra (Tabela 4.18).

Da Tabela 4.18, o poço 5 foi o único que obteve contaminação por produtos agrícolas. Interessante verificar que o poço 42 com características muito semelhantes e teoricamente o mais vulnerável de todos, por apresentar níveis freáticos muito rasos, não apresentou nenhum valor anômalo.

Tabela 4.18: Comparação entre os poços que apresentaram valores anômalos e os demais poços localizados em Clorita Carbonato Filito do Grupo Canastra.

<i>Poço</i>	<i>Prof Poço (m)</i>	<i>Níveis Freáticos</i>				<i>Pedologia</i>	<i>Prática Agrícola</i>
		<i>15.10.04</i>	<i>15.03.05</i>	<i>03.07.05</i>	<i>01.10.05</i>		
<i>001</i>	12	6,1	1,95	4,27	4,86	Latossolo	Não
5	24	13,13	11,71	10,46	11,28	Latossolo	Próximo
<i>8</i>	12	13,64	13,92	12,38	13,49	Latossolo	Não
<i>22</i>	12	3,33	0,75	2,38	2,51	Latossolo	Sim
<i>31</i>	13	6,08	3,3	4,74	7,42	Latossolo	Não
<i>41</i>	24	9,27	1,56	6,13	8,57	Cambissolo	Não
42	6	0,9	0,5	0,59	0,24	Latossolo	Próximo
<i>54</i>	12	4,8	3,17	3,99	4,35	Latos/Camb	Não

- Em negrito estão os poços que apresentaram valores anômalos

Apesar de localizados em solos distintos (Tabela 4.19) há muita semelhança entre os poços 1 e 11, mas o poço 1 apresentou anomalias e mesmo que isoladas não é possível afirmar que ambos possuem características semelhantes quanto à vulnerabilidade do aquífero.

Tabela 4.19: Comparação entre os poços que apresentaram valores anômalos e os demais poços localizados em Quartzito do Grupo Paranoá.

<i>Níveis Freáticos</i>							
<i>Poço</i>	<i>Prof Poço (m)</i>	<i>15.10.04</i>	<i>15.03.05</i>	<i>03.07.05</i>	<i>01.10.05</i>	<i>Pedologia</i>	<i>Prática Agrícola</i>
1	6	0,57	0,62	1,25	0,29	Gleyssolo	Próximo
<i>11</i>	12	2,11	1,13	1,81	1,6	Latossolo	Próximo
<i>60</i>	16	seco	seco	12,76	seco	NeosQuart	Não

- Em negrito estão os poços que apresentaram valores anômalos

Na Tabela 4.20 verifica-se que o poço 3, que obteve valores anômalos, é semelhante ao poço 49, inclusive nos níveis freáticos (rasos), no entanto o poço 49 não teve nenhum valor anômalo.

Tabela 4.20: Comparação entre os poços que apresentaram valores anômalos e os demais poços localizados em Metarrítmito Argiloso do Grupo Paranoá.

<i>Níveis Freáticos</i>							
<i>Poço</i>	<i>Prof Poço (m)</i>	<i>15.10.04</i>	<i>15.03.05</i>	<i>03.07.05</i>	<i>01.10.05</i>	<i>Pedologia</i>	<i>Prática Agrícola</i>
3	4	1,05	0,77	1,05	0,27	Gleissolo	Sim
<i>46</i>	36	18,37	15,45	17,9	18,86	Latos/Camb	Não
<i>49</i>	9	3,18	1,83	2,49	2,19	Latossolo	Próximo

- Em negrito estão os poços que apresentaram valores anômalos

Já o poço 56 pertence a mesma unidade e litologia do poço 12, que não está localizado em área utilizada para agricultura (Tabela 4.21).

Tabela 4.21: Comparação entre os poços que apresentaram valores anômalos e os demais poços localizados em Metarrítmito Arenoso do Grupo Paranoá.

<i>Níveis Freáticos</i>							
<i>Poço</i>	<i>Prof Poço (m)</i>	<i>15.10.04</i>	<i>15.03.05</i>	<i>03.07.05</i>	<i>01.10.05</i>	<i>Pedologia</i>	<i>Prática Agrícola</i>
<i>12</i>	24	12,23	13,05	11,48	12,19	Latossolo	Não
56	30	11,12	11,16	10,47	11,07	Latossolo	Próximo

- Em negrito estão os poços que apresentaram valores anômalos

Em Relação a Sazonalidade

A água da chuva ao infiltrar no solo dissolve CO_2 e ácidos orgânicos, resultantes da matéria orgânica, reduzindo o pH da água e aumentando sua capacidade de atacar os produtos presentes no solo, facilitando sua percolação até o aquífero (Raij, 1991).

De modo geral a aplicação de herbicidas na região é feita nos meses de outubro (logo após as primeiras chuvas) a dezembro, podendo ser do tipo pré ou pós-emergente. Junto com o plantio é aplicado o fertilizante, também nesses meses, antes do pico das chuvas.

Quanto aos Contaminantes

As águas naturais podem conter certa quantidade de nitrato sem causar problemas graves, todavia teores superiores a 5 mg/L são um forte indicativo de possíveis influências antrópicas (Hem 1985). Concentrações excessivas de nitrato na água para consumo humano pode causar metahemoglobinemia em crianças, o que se traduz numa redução na capacidade do sangue de conduzir oxigênio (Custodio 1987).

Alguns contaminantes, como foram vistos, provavelmente são originados de fertilizantes, principalmente o NO_3^- , PO_4^{3-} e K, sendo os dois primeiros nutrientes são responsáveis pelo processo de eutrofização de águas superficiais.

Pode haver dois motivos para não ter sido encontrado resíduo de nenhum agrotóxico na água, e em específico o glifosato. Primeiramente em função de forte retenção no solo dificultando sua percolação, pois mesmo nas coletas de outubro, mês de intensa aplicação, não foi encontrado nenhum resíduo. O outro motivo é que o glifosato tem um tempo de meia vida muito curto e mesmo seus produtos de degradação não são persistentes, ou seja, o que existe do composto livre no solo é degradado rapidamente a dióxido de carbono, pela atividade microbiana, enquanto que o glifosato adsorvido é degradado mais lentamente, ou não degradado, persistindo inativo durante anos (Amarante Junior & Santos, 2001).

Em Relação à Hidrogeologia

A recarga dos aquíferos em alguns pontos (Poços 5; 8; 12; 16 e 56) ocorre de forma efetiva somente após o período de maior precipitação (março), visto que a carga hidráulica é mais baixa em julho que março.

Por outro lado, existem locais onde os níveis freáticos rebaixam consideravelmente de março a julho e em outros locais, o nível varia pouco ou sequer varia após o término das chuvas, atentando para a possibilidade de escassez de água. O poço 60 se encontrou seco em 3 épocas de medição.

Em relação aos Solos

De forma geral os Latossolos que são solos extremamente intemperizados não contribuem com íons para as águas freáticas. A presença de certos elementos e substâncias em águas rasas associadas a esses solos está geralmente vinculada à ação antrópica.

Os Cambissolos, por outro lado, são solos menos intemperizados e mais rasos de forma que mantêm um vínculo maior com seu material parental. Assim, anomalias de certos elementos, com destaque para a sílica, sódio, potássio, cálcio e magnésio podem estar associados a uma fonte pedogênica.

Os Gleissolos são relacionados à ambiente pedogenético onde há deficiência de drenagem o que resulta em ambientes redutores e com valores de pH muito baixos. Esses condicionantes podem controlar a mobilidade de elementos naturais (como o ferro, o alumínio e o manganês) que se tornam móveis em ambientes ácidos dessa forma os insumos agrícolas podem ter o tempo de meia vida ou os processos de adsorção e atenuação modificados.

Capítulo 5

Conclusões

Em relação às características geológicas, nas quais estão inseridos os poços, concluiu-se que baseado em alguns parâmetros, como litologia e tipos de solos, não é possível afirmar sobre a vulnerabilidade do aquífero freático. Já o relevo é uma característica importante uma vez que indica a direção do fluxo das águas subterrâneas rasas e a possibilidade de contaminação de áreas próximas a áreas com atividade agrícola.

Quanto à hidrogeologia concluiu-se que poços com níveis freáticos < 5 m localizados em área submetida ao uso agrícola são mais vulneráveis à contaminação. A gestão para uso da água em áreas agrícolas também deve levar em consideração, além do tempo de recarga desses aquíferos, a direção do fluxo da água que pode estar conduzindo contaminantes para locais bem distantes.

Concluiu-se que a sazonalidade interfere no potencial de contaminação dos aquíferos uma vez que durante e após os períodos de maior densidade pluviométrica (março e julho) foram encontradas as maiores concentrações para alguns parâmetros analisados.

O uso do solo, estar próximo ou em área com atividade agrícola, é um parâmetro que pode ser utilizado para afirmar sobre o risco de contaminação de determinado aquífero.

Verificou-se que o principal agrotóxico utilizado na região é o Glifosato e o NPK o fertilizante mais utilizado, mas não foi possível identificar os efeitos dos agrotóxicos uma vez que não foram encontrados nenhum agrotóxico, nem seus subprodutos, nas amostras coletadas em duas épocas distintas: março e outubro de 2005.

Não é possível afirmar a origem dos valores anômalos para Si e Al na maioria das amostras, pois além do uso de Silicatos na agricultura, a Gibsita - $Al_4[Si_4O_{10}](OH)_8$ - e a Caulinita - $Al_2(OH)_5$ são argilominerais comuns na região. O Si na estrutura da Gibsita pode ser liberado para o solo, e o Al pode ser liberado em ambas por meio da sua substituição por Fe, Mg, Mn, etc.

Concluiu-se que o indicador principal da presença de contaminação das águas freáticas por uso agrícola é o nitrato. Em concentrações acima de 5 mg.L⁻¹ há indicativo de contribuição antrópica e em alguns poços na bacia do Alto Jardim a concentração atingiu até 21 mg.L⁻¹.

Os poços onde não foram encontrados valores anômalos não possuem uma característica comum entre si, como níveis freáticos profundos, áreas sem atividade agrícola, ou mesmo solos com maior capacidade de retenção de contaminantes. Tais fatores poderiam corroborar a baixa vulnerabilidade desses poços.

Uma sugestão para estudos futuros seria um estudo sobre a direção do fluxo das águas subterrâneas e análise química dos solos.

Referências

- AGUDO, E. G. 1987. Guia de Coleta e Preservação de Amostras de Água, CETESB: São Paulo.
- ALVARENGA, C. J. S. & DARDENNE, M. A. 1978. Geologia dos Grupos Bambuí e Paranoá na Serra de São Domingos, MG. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 30, Recife, Anais... Recife, SBG, vol. 2, pp 546-556.
- AMARANTE JUNIOR O. P., SANTOS T. C. R. 2002. Glifosato: Propriedades, Toxicidade, Usos e Legislação. Química Nova, vol.25 no.4.
- APHA; AWWA; WPCF. 1999. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater; Clescerl, L. S.; Greenberg, A. E.; Eaton, A. D., eds.; 20ª ed., American Public Health Association: Washington.
- BANKS, D.; REIMANN, C. 1995. Natural concentrations of major and trace elements in some Norwegian bedrock groundwaters. Applied Geochemistry, Vol. 10, pp1-16.
- BARBOSA, O.; BRAUN, O. P. G.; DYER, R. C. & RODRIGUES DA CUNHA, C. A. B. 1970. Geologia da Região do Triângulo Mineiro. Rio de Janeiro. DNPM / DGM, bol. 136. 140p.
- BERTON, R. S. 1992. Fertilizantes e Poluição. In: Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, 20, 1992, Piracicaba. Anais. Piracicaba: SBCS, p. 299-313.
- BITTENCOURT, A. V. L. 1994. Hidroquímica. In: 1o curso Sul-Americano sobre Avaliação e Vulnerabilidade de Aquíferos. Departamento de Geologia. UFPR.
- BOAVENTURA, G. R. 1997. Caracterização geoquímica de águas e sedimentos de corrente do Distrito Federal. Relatório Final, FAPDF/FINATEC, 455p.

- BONHOMME, M. G.; CORDANI, U. G.; KAWASHITA, K.; MACEDO, M. H. F. & THOMAZ FILHO, A. 1982. Radiochronological Age and Correlation of Proterozoic Sediments in Brazil. *Precambrian Res.*, vol. 18, pp 103-118.
- BONHOMME, M. G. 1976. Mineralogie des Fractions et Datation Rubidium – Stronium dans le Group Bambuí, MG, Brésil. *Revista Brasileira de Geociências*, vol. 6, pp 211-222.
- BRAUN, O.P.G. 1971. Contribuição à geomorfologia do Brasil Central. *Rev. Bras. Geogr.*, 32 (3):3-39.
- CALVET, R. 1989. Adsorption of organic chemicals in soils. *Environ. Hlth Perspect.* 88, 147-177.
- CAMPOS, J.E.G. 2004. Hidrogeologia do Distrito Federal: Bases Para A Gestão Dos Recursos Hídricos Subterrâneos. *Revista Brasileira de Geociências*, 34, 41-48.
- CAMPOS, J.E.G. & TRÖGER, U. 2000. Groundwater Occurrence in Hard Rocks in the Federal District of Brasilia A Sustainable Supply?. In: *Sililo, Groundwater: Past Achievements and Future Challenges*, Proc. of XXX I.A.H. Congress. Cape Town, South Africa, Balkema, pp. 109-113.
- CAMPOS, J.E.G. & FREITAS-SILVA, F.H. 1998. Hidrogeologia do Distrito Federal. In: *Inventário Hidrogeológico e dos Recursos Hídricos Superficiais do Distrito Federal*. Brasília. IEMA/SEMATEC/UnB. Parte IV. 85p.
- CHIAVEGATTO, J. R. S. & GOMES, N. S. 1993. Análise Estratigráfica das Sequências Tempestíticas da Formação Três Marias na Porção Meridional da Bacia do São Francisco. In: *Simpósio sobre o Cráton do São Francisco*, 2. Salvador. 1993. *Anais...* Salvador, SBG, pp 189-191.
- CHIOU C. T. 1989. Theoretical considerations of the partition uptake of nonionic organic compounds by soil organic matter, pp. 1-29. In *Reactions and Movement of Organic Chemicals in Soils* (Edited by Sawhney B. L. et al.). SSSA Special Publication 22, Madison, WI. chlordimeform with humic acid from a typic chromoxer-ert soil. *Soil. Sci.* 13, 75 82.
- CODEPLAN 1984. Atlas do Distrito Federal. Brasília. 3v.

- COIMBRA, A.R.S.R. 1987. Balanço hídrico preliminar do Distrito Federal. In: Inventário hidrogeológico do Distrito Federal. (GDF/CAESB) Brasília DF. P. 50-78.
- COSTA, M. T. & BRANCO, J. J. R. 1961. Roteiro da Excursão Belo Horizonte – Brasília – Belo Horizonte. Instituto de Pesquisas Radioativas – UFMG. Contribuição ao XIV Congresso Brasileiro de Geologia. Publicação 5, 126p.
- COUTO, J. G.; CORDANNI, U. G.; KAWASHITA, K.; IYER, S. S. & MORAES, M. N. P. 1981. Considerações sobre a Idade do Grupo Bambuí, com base em Análises Isotópicas de Sr e Pb. Revista Brasileira de Geologia, vol. 11, Nº 01, pp 5-16.
- COX L., HERMOSIN M. C. AND CORNEJO J. 1993. Adsorption of methomyl by soils of southern Spain and its components. Chemosphere 27, 837-849.
- COX L., HERMOSIN M. C. AND CORNEJO J. 1995. Adsorption and desorption of thiazafuron as a function of soil properties. Int. J. Environ. Analyt. Chem. 58, 305-314.
- COX L., HERMOSIN M. C. AND CORNEJO J. 1996. Sorption of metamitron on soils of low organic matter content. Chemosphere 32, 1381-1400.
- CUSTÓDIO, E. & LLAMAS, M.R. 1983. Hidrologia Subterrânea. Ed. Omega. 2ª ed. Barcelona. 2v. 1157p.
- D'AGRELLA FILHO, M. S.; PACA, I. G.; TEIXEIRA, W.; ONSTOTT, T. C. & RENNE, P. R. 1990. Paleomagnetic Evidence for Evolution of Meso to Neo Proterozoic Glaciogenic Rocks in Central-Eastern Brazil. Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology. Vol. 80, pp 255-265.
- DARDENNE, M. A. 1979. Les Minéralisations Plomb, Zinc, Fluor du Proterozoique Superieur dans le Bresil Central. Paris. Univ. Pierre et Marrie Curie - Paris VI. 251p.. (These de Doctorat d'Etat).
- DARDENNE, M. A. 1978. Síntese Sobre a Estratigrafia do Grupo Bambuí no Brasil Central. In: CONG. BRAS. GEOC., 30. Recife, 1978. Anais, Recife, SBG. v. 2. p. 597-610.

- DERBY, O. A. 1880. Reconhecimento Geológico do Vale do Rio São Francisco. Rel. Com. Hydrog. do São Francisco. Rio de Janeiro.
- DOLABELLA, R. H. C. 1996. Caracterização agroambiental e avaliação da demanda e da disponibilidade dos recursos hídricos para a agricultura irrigada na bacia hidrográfica do Rio Jardim-DF. 1996. 106f. Dissertação de mestrado em Ecologia – universidade de Brasília, Brasília.
- DORFLER, U.; FEICHT E. A.; SCHEUNERT, I. 1977. S-Triazine residues in groundwater. Chemosphere. Oxford, v. 35, n. 1/2, p. 99-106.
- DOURADO NETO, D.; FANCELLI, A. L. 2000. Produção de milho. Guaíba: Agropecuária. 360p.
- DOURADO NETO, D.; FANCELLI, A. L. 2000. Produção de feijão. Guaíba: Agropecuária. 358p.
- EMBRAPA SOJA 2001. Tecnologias de produção de soja – Região Central do Brasil 2001/2002 – Londrina: Embrapa Soja. 267p.
- EMBRAPA 1992. Serviço de Produção de Informação (Brasília, DF). Recomendações técnicas para o cultivo de arroz irrigado; zonas 1, 23, 46, 47, 54, 71 e 87. Brasília: EMBRAPA: EPAGRI. 79 p.
- EMBRAPA, 2000 Levantamento semidetalhado dos solos da Bacia do rio Jardim-DF, escala 1:50.000
- EMBRAPA. 1978. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação dos Solos. Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Distrito Federal. Escala 1:100.000. Rio de Janeiro. EMBRAPA. SNLCS. Boletim Técnico. 455p.
- EMBRAPA. 1999. Centro Nacional de Pesquisa dos Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 412p.
- FAHL, J. I.; CAMARGO, M. B. P. de; PIZZINATO, M. A.; BETTI, J. A.; MELO, A. M. T. de; DEMARIA, I. C.; FURLANI, A. M. C. (ed.) 1998. Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas. 6ª ed. Campinas: Instituto Agrônômico. 396p.

- FARIA, A. 1995. Estratigrafia e sistemas deposicionais do Grupo Paranoá nas áreas de Cristalina, Distrito Federal e São João D'Aliança-Alto Paraíso de Goiás. Brasília. 199p. (Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília).
- FERTIZA. Companhia Nacional de Fertilizantes. Manual de adubação. www.fertiza.com.br
- FETH, J. H. 1966. Nitrogen compounds in natural water-a review. Water Resources Research 2. no. 1:41-58.
- FETTER, C. W. Contaminant hydrogeology New York: Macmillan Publishing Company, 458p.
- FORSTNER, U. SOLOMONS, W. 1980. Trace metals analysis on polluted sediments. Part II. Evaluation of environmental impact. Environmental Technology letters, vol. 1 p 506-517
- FREITAS-SILVA, F. H. & DARDENNE, M. A. 1994. Proposta de subdivisão estratigráfica formal para o grupo Canastra no oeste de Minas Gerais e leste de Goiás. In: SIMP. GEOL. CENTRO OESTE., 4. Brasília, 1991. Anais...Brasília, SBG-DF/CO, p.164-165.
- GOEDERT, W. J.; SOUZA D. M. G.; SCOLARI, D. G. 1987. Critérios para recomendação de calagem e adubação. Planaltina: Embrapa-CPAC. 55p.
- GOMES C. F. 1986. Argilas: O que são e para que servem. Editora Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, Portugal.
- GUIMARÃES, E. M. 1993. Implicações da Caracterização Mineralógica e Química da Formação Três Marias – Região de Cabeceiras (GO) – na Interpretação da Gênese da Bacia. In: Simpósio Sobre o Cráton do São Francisco e suas Faixas Marginais, 2. Salvador, 1993. Anais... Salvador, SBG, pp 298-301.
- HAWKES H. E., WEBB J. S. 1965. Geochemistry in Mineral Exploration. 415 p.
- HEM, J. D. 1985. Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Waters. 3. ed. U.S. Geological Survey Water Supply-Paper 2254.

- HEM, J. D. 1977. Reactions of metal ions at surfaces of hydrous iron and Cosmochimica Acta 41, no. 4: 527-38.
- HERMOSIN M. C. AND CORNEJO J. 1990 Soil adsorption of 2,4-D as affected by the clay mineralogy. Toxicol. Environ. Chem. 31/32, 60-77.
- HERMOSIN M. C. AND CORNEJO J. 1989. Assessing factors related to pesticide adsorption by soils. Toxicol. Environ. Chem. 25, 45-55.
- HILL, A. R. 1982. Nitrate distribution in the groundwater of the Alliston region of Ontario, Canada. Groundwater 20, no. 6:696-702.
- HILLEL, D. 1980. Fundamentals of Soil physics. New York: Academic Press, Inc., 413 pp.
- KARFUNKEL, J. & HOPPE, A. 1988. Late Proterozoic Glaciation in Central Eastern Brazil: Synthesis and Model. Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology. Vol. 65, pp 1-21.
- KORNDÖRFER, G.H.; PEREIRA, H. S. & CAMARGO, M. S. 2004. Silicatos de cálcio e magnésio na agricultura. UFU. 23p. (GPSi – ICIAG – UFU. Boletim Técnico, 01 – 3ª Edição.)
- LANDERS, J. N. (ED) 1994. Fascículo de experiências de plantio direto no cerrado. Brasília. Associação de Plantio Direto no Cerrado. 261p.
- LANDIM, P. M. B. 1998. Análise Estatística de Dados Geológicos – São Paulo: Fundação Editora da UNESP.
- LEONARDOS, O. H. 1960. Observações Geológicas em Cristalina, Goiás. Eng. Min. Metal. Vol. 31, Nº 185, pp 217-224.
- LOGAN, J. 1965. Interpretação de análises químicas d'água. Recife: US. Agency for International Development. 67p.

- LOUSADA, E. O. 1999. Estudos Geológicos e Geofísicos Aplicados a Locação de Poços Tubulares Profundos em Aquíferos Fraturados na Região do Distrito Federal. Universidade de Brasília. Instituto de Geociências. Dissertação de Mestrado, 107p.
- MATTOS, A. C. Y. de; GRATHWOHL, P. 2003. Risk of groundwater pollution from the agricultural use of herbicides in recharge areas of the Guarani Aquifer (Brazil). In: Deutsch-Brasilianisches Symposium. Tubingen. Precedings.... Tubingen: 2003, p. 107.
- MELIAN R., MIRLEAN, N, GOURIEV A., MORARU K. AND RADSTAKE F. 1999. Ground Water Quality and Rural Drinking-Water Supply in The Republic Moldova. Hydrogeology Journal. Springer, V.7 n.2, 188-196.
- MCCARTHY J. F. AND ZACHARA J. M. 1989. Subsurface transport of contaminants. Environ. Sci. Technol. 23, 497-502.
- OLIVEIRA-FILHO E. C., LIMA J. E. F. W. 2002. Impacto da agricultura sobre os recursos hídricos na região do cerrado – Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, Documentos Embrapa Cerrados. 50p.
- PIMENTEL, M. M.; FUCK, R.A ; DARDENNE, M. A.; DEL'REY SILVA, L. J. H.& MENESES, P. R. 1995. Magmatismo ácido peraluminoso associado ao Grupo Araxá na região entre Pires do Rio e Ipameri, Goiás: características geoquímicas e implicações geotectônicas. In: SIMP. GEOL. CENTRO OESTE, 3. Goiânia, 1995. Anais...Goiânia, SBG.p.68-71.
- PIMENTEL, M. M.; HEAMAN, L.& FUCK, R. A. 1992. Idade do meta-riolito da Seqüência Maratá, Grupo Araxá, Goiás: estudo geocronológico pelos métodos U-Pb em zircão, Rb-Sr e Sm-Nd. An. Acad. Bras. Ci.;v. 64: 19-28.
- PRADO, H. 1991. Manejo dos solos: descrições pedológicas e suas implicações. São Paulo: Nobel. 117p.
- RAIJ, B. V. 1991. Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba, Ceres, Potafós.
- RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K, J. 1995. Sistema de avaliação de aptidão agrícola das terras. 3ª ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA – CNPS. 65p.

- REATTO, A., CORREIA, J. R., SPERA, S. T., CHAGAS, C. S., MARTINS, E.S., ANDAHUR, J. P., GODOY, M.J. S., ASSAD, M. L. C. L. 2000. Levantamento semidetalhado dos solos da Bacia do Rio Jardim-DF, escala 1:50.000. Boletim de pesquisa-EMBRAPA Cerrados, (18) 66p.
- RESENDE, A. V. 2002. Agricultura e Qualidade da Água: Contaminação da Água pro Nitrato – Planaltina – EMBRAPA Cerrados.
- SABIK, H.; JEANNOT, R.; RONDEAU, B. 2000. Multiresidue methods using solid-phase extraction techniques for monitoring priority pesticides, including triazines and degradation products, in ground and surface waters. Journal of Chromatography A, v. 885, p. 217-236.
- SATURNINO, H. M. & LANDERS, J. N. (ED) 1997. O meio ambiente e o plantio direto. Associação de plantio direto no cerrado. Goiânia.116p.
- SILVA, D.B.; SILVA, J. A.; JUNQUEIRA, N. L. V.; ANDRADE, L. R. M. 2001. Frutas do Cerrado. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. 178p.
- SZIKZAY, M. 1993. Geoquímica das águas. Bol. IG-USP, São Paulo, Série Didática, 166p.
- TEIXEIRA, N.A. & DANNI, J.C.M. 1978. Contribuição a estratigrafia do Grupo Araxá na região de Passos, MG. In: CONGR. BRAS. GEOL., 30. Recife, 1970. Anais ... Recife, SBG, Vol. 3 p.700-711.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. 1994. Glyphosate: Environmental Health Criteria 159; Geneva: WHO.
- VIEIRA, N. R. A.; SANTOS, A. B., SANT'ANA, E. V. A. 1999. Cultura do arroz no Brasil. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão. 633p.

Anexo I : Coordenadas (UTM) dos poços amostrados na bacia do Alto Jardim.

	<i>X</i>	<i>Y</i>
ECA	220050	8251167
OO1	217995	8248167
01	224269	8260149
03	222668	8256268
05	217406	8251406
08	219056	8245406
10	221956	8251144
11	222024	8259789
12	225053	8261289
16	223615	8255316
17	222105	8254492
18	224362	8251920
20	220979	8251832
22	217836	8252229
24	224186	8249008
25	225135	8249860
26	226706	8250089
27	225224	8247924
31	221837	8246865
33	224520	8251080
37	220828	8253819
40	223033	8251028
41	220152	8250307
42	218249	8251310
46	221970	8258309
49	221228	8255907
52	223478	8254141
54	218440	8247405
56	224487	8260969
60	224722	8257668

RELATÓRIO DE ENSAIOS N.º 05008805

Cliente: FUNÇÃO UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
Endereço: Departamento de Nutrição Campus Universitário
Brasília – Distrito Federal
Data de Entrada: 23/08/05
Data de Análise: 02/05/05 a 25/08/05

Os resultados são restritos ao material recebido no Tecpar. Este documento só poderá ser reproduzido por inteiro

1. ENSAIO

ANÁLISE MULTIRESIDUAL DE PESTICIDAS E GLIFOSATO.

2. MATERIAL

ÁGUA
Identificação da amostra: PZT 03 A

3. METODOLOGIA ANALÍTICA

Organoclorados e Organofosforados e outros - Standard Methods For The Examination of Water And Wastewater, 20ª - Edição – Cromatografia com Gás com Limite de Detecção de 0,05 µg/L para Organoclorados e 0,25 µg/L para Organofosforados e outros.

Pesticidas pesquisados:

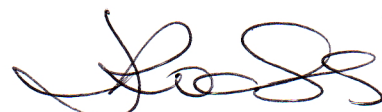
BHC, DDT, Aldrin, Clorpirifós, Clorotalonil, Clordane, Captan, Endrin, Endosulfan, Heptacloro, Heptacloro Epóxido, Dieldrin, DDD, DDE, Dicofol, Fenitroton, Folpet, Phosmet, Paration Metílico, Paration Etílico, Malation, Dimetoato, Triclorfon, Hexaclorobenzeno, Lindano, Metoxicloro, Propanil, Trifluralina, Atrazina, Metolacloro, Simazina e Tebuconazole.

Glifosato – A.O.A.C. (2000) Official Method 991.08 – com limite de detecção de 0,50 µg/L.

4. RESULTADOS

ORGANOCORADOS..... Não detectados em nível de 0,05µg/L
ORGANOFOSFORADOS..... Não detectados em nível de 0,25µg/L
GLIFOSATO..... Não detectados em nível de 0,50µg/L

Curitiba, 25 de Agosto de 2005



IRACÊ JOSEFINA ROCHA
Téc. Quím. CRQ/5ª 8803



VERA LÚCIA G. KAMIENSKI
Eng. Quím. CRQ/9ª 09300766
Gerente do Laboratório

RELATÓRIO DE ENSAIOS N.º 05008802

Cliente: FUNÇÃO UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
Endereço: Departamento de Nutrição Campus Universitário
Brasília – Distrito Federal
Data de Entrada: 23/08/05
Data de Análise: 02/05/05 a 25/08/05

Os resultados são restritos ao material recebido no Tecpar. Este documento só poderá ser reproduzido por inteiro

1. ENSAIO

ANÁLISE MULTIRESIDUAL DE PESTICIDAS E GLIFOSATO.

2. MATERIAL

ÁGUA
Identificação da amostra: PZT 52 A

3. METODOLOGIA ANALÍTICA

Organoclorados e Organofosforados e outros - Standard Methods For The Examination of Water And Wastewater, 20ª - Edição – Cromatografia com Gás com Limite de Detecção de 0,05 µg/L para Organoclorados e 0,25 µg/L para Organofosforados e outros.

Pesticidas pesquisados:

BHC, DDT, Aldrin, Clorpirifós, Clorotalonil, Clordane, Captan, Endrin, Endosulfan, Heptacloro, Heptacloro Epóxido, Dieldrin, DDD, DDE, Dicofol, Fenitrotion, Folpet, Phosmet, Paration Metílico, Paration Etílico, Malation, Dimetoato, Triclorfon, Hexaclorobenzeno, Lindano, Metoxicloro, Propanil, Trifluralina, Atrazina, Metolacloro, Simazina e Tebuconazole.

Glifosato – A.O.A.C. (2000) Official Method 991.08 – com limite de detecção de 0,50 µg/L.

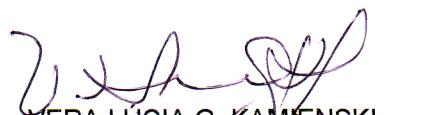
4. RESULTADOS

ORGANOCLORADOS.....	Não detectados em nível de 0,05µg/L
ORGANOFOSFORADOS.....	Não detectados em nível de 0,25µg/L
GLIFOSATO.....	Não detectados em nível de 0,50µg/L

Curitiba, 25 de Agosto de 2005



IRACÉ JOSEFINA ROCHA
Téc. Quím. CRQ/5ª 8803



VERA LÚCIA G. KAMIŃSKI
Eng. Quím. CRQ/9ª 09300766
Gerente do Laboratório

RELATÓRIO DE ENSAIOS N.º 05010449

Cliente: FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
Endereço: Departamento de Nutrição Campus Universitário
Brasília - Distrito Federal
Data de Entrada: 06/10/05
Data de Análise: 13/10/05 a 12/12/05

Os resultados são restritos ao material recebido no Tecpar. Este documento só poderá ser reproduzido por inteiro

1. ENSAIO

ANÁLISE RESIDUAL DE ORGANOCLORADOS, ORGANOFOSFORADOS E GLIFOSATO.

2. MATERIAL

ÁGUA CLORADA
PZT-33 (01/10/05)

3. METODOLOGIA ANALÍTICA

Organoclorados e Organofosforados- Standard Methods For The Examination of Water And Wastewater, 20ª - Edição - Cromatografia com Gás com Limite de Detecção de 0,05 µg/L para Organoclorados e 0,25 µg/L para Organofosforados e outros.

Pesticidas pesquisados:

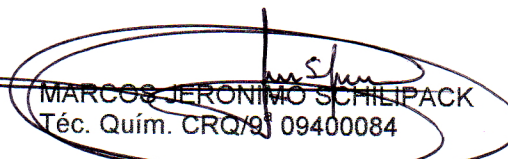
BHC, DDT, Aldrin, Clorpirifós, Clorothalonil, Clordane, Captan, Endrin, Endosulfan, Heptacloro, Heptacloro Epóxido, Dieldrin, DDD, DDE, Dicofol, Fenitroton, Folpet, Phosmet, Paration Metílico, Paration Etílico, Malation, Dimetoato, Triclorfon, Hexaclorobenzeno, Lindano, Metoxicloro, Propanil, Trifluralina, Metolacloro e Tebuconazole.

Glifosato e AMPA- A.O.A.C. (2000) Official Method 991.08 - com limite de detecção de 0,50µg/L.

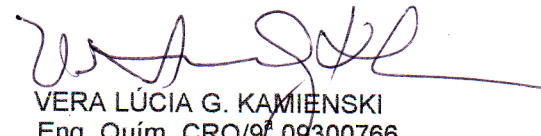
4. RESULTADOS

ORGANOCLORADOS..... Não detectados em nível de 0,05 µg/L
ORGANOFOSFORADOS..... Não detectados em nível de 0,25 µg/L
GLIFOSATO E AMPA Não detectados em nível de 0,50 µg/L

Curitiba, 14 de Dezembro de 2005



MARCOS JERÔNIMO SCHLIPACK
Téc. Quím. CRQ/9 09400084



VERA LÚCIA G. KAMIENSKI
Eng. Quím. CRQ/9 09300766
Gerente do Laboratório

RELATÓRIO DE ENSAIOS N.º 05008805

Cliente: FUNÇÃO UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
Endereço: Departamento de Nutrição Campus Universitário
Brasília – Distrito Federal
Data de Entrada: 23/08/05
Data de Análise: 02/05/05 a 25/08/05

Os resultados são restritos ao material recebido no Tecpar. Este documento só poderá ser reproduzido por inteiro

1. ENSAIO

ANÁLISE MULTIRESIDUAL DE PESTICIDAS E GLIFOSATO.

2. MATERIAL

ÁGUA
Identificação da amostra: PZT 03 A

3. METODOLOGIA ANALÍTICA

Organoclorados e Organofosforados e outros - Standard Methods For The Examination of Water And Wastewater, 20ª - Edição – Cromatografia com Gás com Limite de Detecção de 0,05 µg/L para Organoclorados e 0,25 µg/L para Organofosforados e outros.

Pesticidas pesquisados:

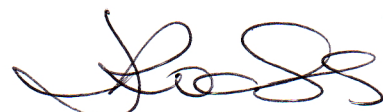
BHC, DDT, Aldrin, Clorpirifós, Clorotalonil, Clordane, Captan, Endrin, Endosulfan, Heptacloro, Heptacloro Epóxido, Dieldrin, DDD, DDE, Dicofol, Fenitroton, Folpet, Phosmet, Paration Metílico, Paration Etílico, Malation, Dimetoato, Triclorfon, Hexaclorobenzeno, Lindano, Metoxicloro, Propanil, Trifluralina, Atrazina, Metolacloro, Simazina e Tebuconazole.

Glifosato – A.O.A.C. (2000) Official Method 991.08 – com limite de detecção de 0,50 µg/L.

4. RESULTADOS

ORGANOCLORADOS..... Não detectados em nível de 0,05µg/L
ORGANOFOSFORADOS..... Não detectados em nível de 0,25µg/L
GLIFOSATO..... Não detectados em nível de 0,50µg/L

Curitiba, 25 de Agosto de 2005



IRACÊ JOSEFINA ROCHA
Téc. Quím. CRQ/5ª 8803



VERA LÚCIA G. KAMIENSKI
Eng. Quím. CRQ/9ª 09300766
Gerente do Laboratório

RELATÓRIO DE ENSAIOS N.º 05010451

Cliente: FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
Endereço: Departamento de Nutrição Campus Universitário
Brasília - Distrito Federal
Data de Entrada: 06/10/05
Data de Análise: 13/10/05 a 12/12/05

Os resultados são restritos ao material recebido no Tecpar. Este documento só poderá ser reproduzido por inteiro

1. ENSAIO

ANÁLISE RESIDUAL DE ORGANOCLORADOS, ORGANOFOSFORADOS E GLIFOSATO.

2. MATERIAL

ÁGUA CLORADA
PZT-25 (01/10/05)

3. METODOLOGIA ANALÍTICA

Organoclorados e Organofosforados- Standard Methods For The Examination of Water And Wastewater, 20ª - Edição – Cromatografia com Gás com Limite de Detecção de 0,05 µg/L para Organoclorados e 0,25 µg/L para Organofosforados e outros.

Pesticidas pesquisados:

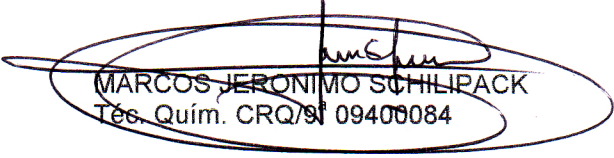
BHC, DDT, Aldrin, Clorpirifós, Clorothalonil, Clordane, Captan, Endrin, Endosulfan, Heptacloro, Heptacloro Epóxido, Dieldrin, DDD, DDE, Dicofol, Fenitrotion, Folpet, Phosmet, Paration Metílico, Paration Etilico, Malation, Dimetoato, Triclorfon, Hexaclorobenzeno, Lindano, Metoxicloro, Propanil, Trifluralina, Metolacloro e Tebuconazole.

Glifosato e AMPA- A.O.A.C. (2000) Official Method 991.08 – com limite de detecção de 0,50µg/L.


4. RESULTADOS

ORGANOCLORADOS..... Não detectados em nível de 0,05 µg/L
ORGANOFOSFORADOS..... Não detectados em nível de 0,25 µg/L
GLIFOSATO E AMPA Não detectados em nível de 0,50 µg/L

Curitiba, 14 de Dezembro de 2005



MARCOS JERÔNIMO SCHLIPACK
Téc. Quím. CRQ/9ª 09400084



VERA LÚCIA G. KAMIENSKI
Eng. Quím. CRQ/9ª 09300766
Gerente do Laboratório

RELATÓRIO DE ENSAIOS N.º 05008804

Cliente: FUNCAÇÃO UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
Endereço: Departamento de Nutrição Campus Universitário
Brasília – Distrito Federal
Data de Entrada: 23/08/05
Data de Análise: 02/05/05 a 25/08/05

Os resultados são restritos ao material recebido no Tecpar. Este documento só poderá ser reproduzido por inteiro

1. ENSAIO

ANÁLISE MULTIRESIDUAL DE PESTICIDAS E GLIFOSATO.

2. MATERIAL

ÁGUA
Identificação da amostra: PZT 25 A

3. METODOLOGIA ANALÍTICA

Organoclorados e Organofosforados e outros - Standard Methods For The Examination of Water And Wastewater, 20ª - Edição – Cromatografia com Gás com Limite de Detecção de 0,05 µg/L para Organoclorados e 0,25 µg/L para Organofosforados e outros.

Pesticidas pesquisados:

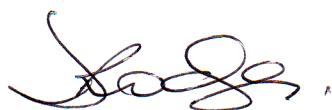
BHC, DDT, Aldrin, Clorpirifós, Clorotalonil, Clordane, Captan, Endrin, Endosulfan, Heptacloro, Heptacloro Epóxido, Dieldrin, DDD, DDE, Dicofol, Fenitroton, Folpet, Phosmet, Paration Metílico, Paration Etilico, Malation, Dimetoato, Triclorfon, Hexaclorobenzeno, Lindano, Metoxicloro, Propanil, Trifluralina, Atrazina, Metolacloro, Simazina e Tebuconazole.

Glifosato – A.O.A.C. (2000)_Official Metrod 991.08 – com limite de detecção de 0,50 µg/L.

4. RESULTADOS

ORGANOCORADOS..... Não detectados em nível de 0,05µg/L
ORGANOFOSFORADOS..... Não detectados em nível de 0,25µg/L
GLIFOSATO..... Não detectados em nível de 0,50µg/L

Curitiba, 25 de Agosto de 2005



IRACÊ JOSEFINA ROCHA
Téc. Quím. CRQ/5ª 8803



VERA LÚCIA G. KAMIENSKI
Eng. Quím. CRQ/9ª 09300766
Gerente do Laboratório

RELATÓRIO DE ENSAIOS N.º 05010447

Cliente: FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
Endereço: Departamento de Nutrição Campus Universitário
Brasília - Distrito Federal
Data de Entrada: 06/10/05
Data de Análise: 13/10/05 a 12/12/05

Os resultados são restritos ao material recebido no Tecpar. Este documento só poderá ser reproduzido por inteiro

1. ENSAIO

ANÁLISE RESIDUAL DE ORGANOCLORADOS, ORGANOFOSFORADOS E GLIFOSATO.

2. MATERIAL

ÁGUA CLORADA
PZT-22 (01/10/05)

3. METODOLOGIA ANALÍTICA

Organoclorados e Organofosforados- Standard Methods For The Examination of Water And Wastewater, 20ª - Edição – Cromatografia com Gás com Limite de Detecção de 0,05 µg/L para Organoclorados e 0,25 µg/L para Organofosforados e outros.

Pesticidas pesquisados:

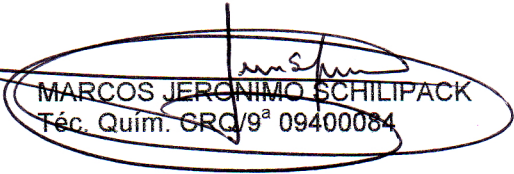
BHC, DDT, Aldrin, Clorpirifós, Clorothalonil, Clordane, Captan, Endrin, Endosulfan, Heptacloro, Heptacloro Epóxido, Dieldrin, DDD, DDE, Dicofol, Fenitrotion, Folpet, Phosmet, Paration Metílico, Paration Etilico, Malation, Dimetoato, Triclorfon, Hexaclorobenzeno, Lindano, Metoxicloro, Propanil, Trifluralina, Metolacloro e Tebuconazole.

Glifosato e AMPA- A.O.A.C. (2000) Official Method 991.08 – com limite de detecção de 0,50µg/L.


4. RESULTADOS

ORGANOCLORADOS..... Não detectados em nível de 0,05 µg/L
ORGANOFOSFORADOS..... Não detectados em nível de 0,25 µg/L
GLIFOSATO E AMPA Não detectados em nível de 0,50 µg/L

Curitiba, 14 de Dezembro de 2005



MARCOS JERÔNIMO SCHILIPACK
Téc. Quím. CRC/9ª 09400084



VERA LÚCIA G. KAMIENSKI
Eng. Quím. CRC/9ª 09300766
Gerente do Laboratório

RELATÓRIO DE ENSAIOS N.º 05008801

Cliente: FUNCAÇÃO UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
Endereço: Departamento de Nutrição - Campus Universitário
Brasília – Distrito Federal
Data de Entrada: 23/08/05
Data de Análise: 02/05/05 a 25/08/05

Os resultados são restritos ao material recebido no Tecpar. Este documento só poderá ser reproduzido por inteiro

1. ENSAIO

ANÁLISE MULTIRESIDUAL DE PESTICIDAS E GLIFOSATO.

2. MATERIAL

ÁGUA
Identificação da amostra: PZT 22 A

3. METODOLOGIA ANALÍTICA

Organoclorados e Organofosforados e outros - Standard Methods For The Examination of Water And Wastewater, 20ª - Edição – Cromatografia com Gás com Limite de Detecção de 0,05 µg/L para Organoclorados e 0,25 µg/L para Organofosforados e outros.

Pesticidas pesquisados:

BHC, DDT, Aldrin, Clorpirifós, Clorothalonil, Clordane, Captan, Endrin, Endosulfan, Heptaclo, Heptaclo Epóxido, Dieldrin, DDD, DDE, Dicofol, Fenitrotion, Folpet, Phosmet, Paration Metílico, Paration Etílico, Malation, Dimetoato, Triclorfon, Hexaclorobenzeno, Lindano, Metoxicloro, Propanil, Trifluralina, Atrazina, Metolaclo, Simazina e Tebuconazole.

Glifosato – A.O.A.C. (2000) Official Method 991.08 – com limite de detecção de 0,50 µg/L.

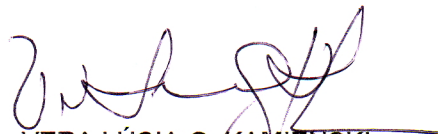
4. RESULTADOS

ORGANOCLORADOS..... Não detectados em nível de 0,05µg/L
ORGANOFOSFORADOS..... Não detectados em nível de 0,25µg/L
GLIFOSATO..... Não detectados em nível de 0,50µg/L

Curitiba, 25 de Agosto de 2005



IRACÊ JOSEFINA ROCHA
Téc. Quím. CRQ/5ª 8803



VERA LÚCIA G. KAMIENSKI
Eng. Quím. CRQ/9ª 09300766
Gerente do Laboratório

RELATÓRIO DE ENSAIOS N.º 05010448

Cliente: FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
Endereço: Departamento de Nutrição Campus Universitário
Brasília - Distrito Federal
Data de Entrada: 06/10/05
Data de Análise: 13/10/05 a 12/12/05

Os resultados são restritos ao material recebido no Tecpar. Este documento só poderá ser reproduzido por inteiro

1. ENSAIO

ANÁLISE RESIDUAL DE ORGANOCLORADOS, ORGANOFOSFORADOS E GLIFOSATO.

2. MATERIAL

ÁGUA CLORADA
PZT-3 (01/10/05)

3. METODOLOGIA ANALÍTICA

Organoclorados e Organofosforados- Standard Methods For The Examination of Water And Wastewater, 20ª - Edição - Cromatografia com Gás com Limite de Detecção de 0,05 µg/L para Organoclorados e 0,25 µg/L para Organofosforados e outros.

Pesticidas pesquisados:

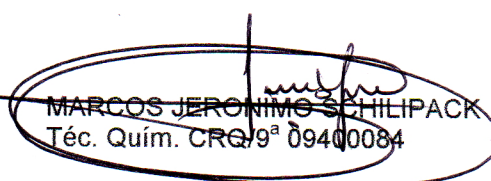
BHC, DDT, Aldrin, Clorpirifós, Clorotalonil, Clordane, Captan, Endrin, Endosulfan, Heptacloro, Heptacloro Epóxido, Dieldrin, DDD, DDE, Dicofol, Fenitroton, Folpet, Phosmet, Paration Metílico, Paration Etilico, Malation, Dimetoato, Triclorfon, Hexaclorobenzeno, Lindano, Metoxicloro, Propanil, Trifluralina, Metolacloro e Tebuconazole.

Glifosato e AMPA- A.O.A.C. (2000) Official Method 991.08 - com limite de detecção de 0,50µg/L.

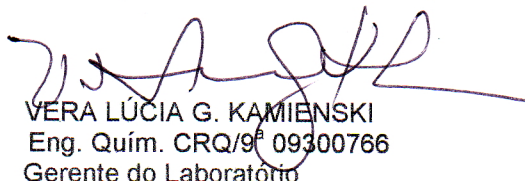
4. RESULTADOS

ORGANOCLORADOS..... Não detectados em nível de 0,05 µg/L
ORGANOFOSFORADOS..... Não detectados em nível de 0,25 µg/L
GLIFOSATO E AMPA Não detectados em nível de 0,50 µg/L

Curitiba, 14 de Dezembro de 2005



MARCOS JERÔNIMO SCHILIPACK
Téc. Quím. CRQ/9ª 09400084



VERA LÚCIA G. KAMIENSKI
Eng. Quím. CRQ/9ª 09300766
Gerente do Laboratório

RELATÓRIO DE ENSAIOS N.º 05010453

Cliente: FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
Endereço: Departamento de Nutrição Campus Universitário
Brasília - Distrito Federal
Data de Entrada: 06/10/05
Data de Análise: 13/10/05 a 12/12/05

Os resultados são restritos ao material recebido no Tecpar. Este documento só poderá ser reproduzido por inteiro

1. ENSAIO

ANÁLISE RESIDUAL DE ORGANOCLORADOS, ORGANOFOSFORADOS E GLIFOSATO.

2. MATERIAL

ÁGUA CLORADA
PZT-52 (01/10/05)

3. METODOLOGIA ANALÍTICA

Organoclorados e Organofosforados- Standard Methods For The Examination of Water And Wastewater, 20ª - Edição - Cromatografia com Gás com Limite de Detecção de 0,05 µg/L para Organoclorados e 0,25 µg/L para Organofosforados e outros.

Pesticidas pesquisados:

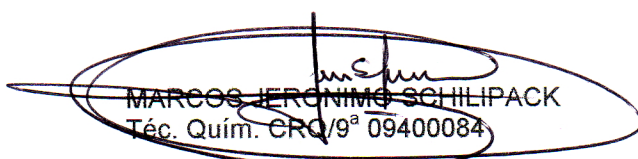
BHC, DDT, Aldrin, Clorpirifós, Clorothalonil, Clordane, Captan, Endrin, Endosulfan, Heptacloro, Heptacloro Epóxido, Dieldrin, DDD, DDE, Dicofol, Fenitrotion, Folpet, Phosmet, Paration Metílico, Paration Etílico, Malation, Dimetoato, Triclorfon, Hexaclorobenzeno, Lindano, Metoxicloro, Propanil, Trifluralina, Metolacloro e Tebuconazole.

Glifosato e AMPA- A.O.A.C. (2000) Official Method 991.08 – com limite de detecção de 0,50µg/L.

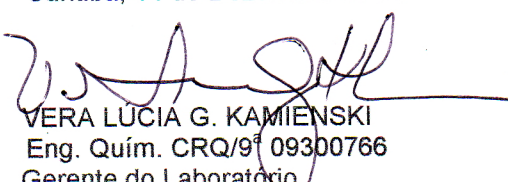
4. RESULTADOS

ORGANOCLORADOS..... Não detectados em nível de 0,05 µg/L
ORGANOFOSFORADOS..... Não detectados em nível de 0,25 µg/L
GLIFOSATO E AMPA Não detectados em nível de 0,50 µg/L

Curitiba, 14 de Dezembro de 2005



MARCOS JERÔNIMO SCHILIPACK
Téc. Quím. CRQ/9ª 09400084



VERA LÚCIA G. KAMIENSKI
Eng. Quím. CRQ/9ª 09300766
Gerente do Laboratório

Tabela 1: Concentrações (mg.L⁻¹) dos cátions para cada poço em todas as coletas.

	Ca1	Ca2	Ca3	Ca4	Mg1	Mg2	Mg3	Mg4	Fe1	Fe2	Fe3	Fe4	Si1	Si2	Si3	Si4	Al1	Al2	Al3	Al4	Mn1	Mn2	Mn3	Mn4
ECA	3,97	2,71	1,03	2,42	0,00	0,68	0,01	0,05	0,00	0,05	0,00	0,00	3,88	2,28	0,41	3,50	0,01	0,29	0,03	0,09	0,00	0,01	0,00	0,00
OO1	0,12	0,66	2,52	0,06	0,00	0,35	0,01	0,02	0,00	0,07	0,00	0,00	1,83	3,00	1,29	2,02	0,01	0,40	0,03	0,04	0,00	0,02	0,00	0,00
1	0,31	0,58	0,26	0,67	0,16	0,40	0,01	0,02	0,04	0,09	0,00	0,00	1,21	2,73	1,45	1,46	0,30	0,51	0,03	0,04	0,01	0,03	0,00	0,00
3	2,64	7,07	1,64	0,80	0,44	1,63	0,68	0,15	0,00	0,10	0,05	0,04	3,52	6,42	3,45	3,12	0,01	0,57	0,65	0,62	0,07	0,34	0,30	0,09
5	7,67	3,82	2,35	1,31	0,45	0,33	0,27	0,20	0,00	0,00	0,00	0,02	4,99	4,90	3,38	2,74	0,01	0,01	0,03	0,22	0,08	0,04	0,02	0,02
8	0,47	1,79	0,99	0,90	0,06	0,27	0,43	0,06	0,00	0,03	0,04	0,00	0,44	2,61	1,80	1,68	0,01	0,01	0,03	0,04	0,01	0,02	0,04	0,00
10	0,74	3,81	1,30	1,30	0,51	3,14	1,15	0,96	0,02	0,04	0,00	0,01	3,05	14,12	9,53	8,87	0,01	0,01	0,03	0,13	0,02	0,22	0,08	0,05
11	1,04	2,52	1,00	0,69	0,17	0,38	0,01	0,07	0,00	0,00	0,00	0,08	0,56	0,98	0,61	1,07	0,01	0,01	0,03	0,29	0,00	0,01	0,01	0,00
12	0,49	1,51	0,80	0,32	0,19	0,21	0,01	0,02	0,03	0,00	0,00	0,00	1,36	2,10	1,34	1,16	0,20	0,01	0,03	0,04	0,01	0,01	0,01	0,01
16	3,11	2,81	0,94	0,83	0,18	0,56	0,01	0,30	0,00	0,00	0,02	0,02	4,53	6,10	4,83	4,68	0,01	0,01	0,03	0,31	0,00	0,01	0,00	0,00
17	0,55	0,21	0,19	0,07	0,48	0,00	0,39	0,02	0,00	0,00	0,04	0,01	3,42	3,25	2,89	1,80	1,78	0,01	0,53	0,12	0,68	0,01	0,03	0,00
18	1,92	1,15	1,01	1,00	0,17	0,15	0,54	0,08	0,00	0,05	0,05	0,02	0,75	4,38	3,68	3,31	0,01	0,14	0,53	0,13	0,01	0,01	0,04	0,01
20	1,38	1,52	0,40	0,61	0,13	0,19	0,01	0,08	0,00	0,00	0,00	0,01	2,65	3,78	3,02	2,83	0,01	0,01	0,03	0,21	0,01	0,01	0,00	0,02
22	0,63	0,58	0,34	0,24	0,60	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	1,04	1,35	1,46	1,21	0,01	0,01	0,64	0,15	0,01	0,01	0,02	0,00
24	3,93	2,24	1,81	1,70	1,12	0,89	1,14	0,92	0,09	0,07	0,10	0,09	10,69	6,50	7,91	7,37	0,34	0,16	0,66	0,46	0,03	0,03	0,05	0,02
25	4,79	4,58	3,11	3,22	0,85	0,09	0,75	1,07	0,00	0,14	0,00	0,17	1,40	4,65	2,76	3,61	0,01	0,35	0,03	0,74	0,00	0,10	0,04	0,03
26	0,68	0,86	0,64	0,72	0,18	0,21	0,47	0,15	0,00	0,00	0,04	0,06	4,86	3,91	5,82	4,96	0,17	0,01	0,55	0,39	0,02	0,06	0,04	0,03
27	0,30	0,55	0,23	0,15	0,05	0,10	0,42	0,06	0,00	0,00	0,05	0,01	0,12	4,38	4,03	3,23	0,01	0,01	0,59	0,24	0,00	0,01	0,02	0,00
31	1,33	0,51	0,40	0,45	0,58	0,16	0,50	0,35	0,07	0,02	0,04	0,01	7,76	2,73	3,67	6,06	0,95	0,01	0,53	0,27	0,05	0,02	0,04	0,01
33	10,95	3,89	7,10	6,77	4,21	0,65	1,77	5,15	0,02	2,14	0,57	0,05	8,19	3,71	6,73	15,16	0,01	0,19	0,03	0,38	0,71	0,18	0,24	0,21
37	3,88	4,31	3,68	2,72	0,67	0,61	0,58	0,67	0,00	0,00	0,00	0,01	7,39	8,87	8,44	8,99	0,01	0,01	0,03	0,35	0,23	0,16	0,16	0,17
40	5,84	6,42	5,84	4,39	2,00	1,86	0,54	1,71	0,00	0,02	0,10	0,12	12,08	11,10	4,84	13,10	0,01	0,01	0,73	0,40	0,04	0,04	0,02	0,06
41	0,57	2,37	1,16	0,50	0,08	0,22	0,43	0,13	0,00	0,00	0,00	0,02	4,45	2,88	2,79	4,69	0,01	0,01	0,03	0,42	0,02	0,03	0,03	0,00
42	0,42	0,22	0,13	0,12	0,00	0,00	0,01	0,10	0,00	0,00	0,00	0,01	0,15	3,16	0,15	2,40	0,01	0,01	0,03	0,49	0,01	0,01	0,00	0,01
46	0,66	1,90	1,00	0,81	0,14	0,98	1,08	0,47	0,00	0,02	0,05	0,02	4,28	6,08	5,37	4,56	0,01	0,01	0,57	0,44	0,00	0,02	0,03	0,00
49	0,39	0,73	0,50	0,23	0,08	0,10	0,01	0,07	0,00	0,00	0,05	0,01	1,88	2,29	2,11	1,45	0,01	0,01	0,53	0,45	0,01	0,01	0,02	0,01
52	2,72	3,10	2,34	2,29	1,12	1,54	1,43	1,46	0,04	0,03	0,06	0,03	9,12	20,41	15,65	16,17	0,21	0,01	0,03	0,47	0,01	0,01	0,02	0,00
54	0,18	0,60	0,25	0,13	0,00	0,22	0,01	0,18	0,00	0,02	0,00	0,01	1,84	2,57	1,61	2,27	0,01	0,01	0,03	0,46	0,01	0,01	0,00	0,00
56	1,30	2,53	0,37	1,20	0,55	1,51	0,01	0,70	0,10	0,00	0,00	0,02	0,69	2,92	2,29	2,18	1,48	0,01	0,03	0,56	0,04	0,01	0,00	0,01
60	n.d.	0,81	1,89	n.d.	n.d.	0,11	0,01	n.d.	n.d.	0,00	0,04	n.d.	n.d.	4,44	1,90	n.d.	n.d.	0,01	0,03	n.d.	n.d.	0,03	0,06	n.d.
Média (M)	2,17	2,21	1,51	1,26	0,52	0,58	0,42	0,53	0,02	0,10	0,04	0,03	3,73	4,95	3,84	4,68	0,19	0,09	0,23	0,31	0,07	0,05	0,04	0,03
M + 1σ	4,73	4,00	3,14	2,75	1,36	1,29	0,91	1,53	0,04	0,48	0,15	0,07	7,02	9,02	7,10	8,79	0,64	0,25	0,51	0,50	0,25	0,13	0,11	0,08
M + 2σ	7,28	5,80	4,78	4,23	2,20	2,00	1,39	2,53	0,07	0,87	0,25	0,11	10,31	13,08	10,37	12,91	1,08	0,42	0,79	0,69	0,43	0,20	0,19	0,13
M + 3σ	9,84	7,59	6,41	5,72	3,03	2,71	1,87	3,53	0,10	1,26	0,36	0,15	13,60	17,14	13,63	17,02	1,53	0,58	1,07	0,87	0,61	0,28	0,26	0,18
Desvio (σ)	2,56	1,79	1,63	1,49	0,84	0,71	0,48	1,00	0,03	0,39	0,10	0,04	3,29	4,06	3,26	4,12	0,44	0,16	0,28	0,19	0,18	0,08	0,07	0,05

- n.d. = não determinado

- Os valores anômalos encontram-se em **negrito**.

- Índices: 1 (out/04); 2 (mar/05); 3 (jul/05); 4 (out/05)

Tabela 2: Concentrações (mg.L⁻¹) dos cátions e ânions para cada poço em todas as coletas.

	Zn1	Zn2	Zn3	Zn4	P1	P2	P3	P4	Na1	Na2	Na3	Na4	K1	K2	K3	K4	Clor1	Clor2	Clor3	Clor4	Fosf1	Fosf2	Fosf3	Fosf4
ECA	0,01	0,03	0,01	0,06	0,00	0,15	0,01	0,33	0,23	0,41	0,69	0,01	0,42	0,48	0,48	0,01	0,14	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
OO1	0,00	0,07	0,01	0,03	0,00	0,19	0,01	0,12	1,72	2,47	0,26	0,11	0,15	0,23	0,14	0,00	2,59	3,50	0,25	3,09	0,00	0,00	0,00	0,00
1	0,03	0,04	0,01	0,08	0,00	0,21	0,01	0,34	0,23	0,21	0,53	0,03	0,11	0,12	0,65	0,01	0,64	0,00	0,63	0,82	0,00	0,00	0,00	0,00
3	0,00	0,06	0,26	0,12	0,03	0,24	0,01	0,12	1,99	1,66	1,46	0,11	0,75	1,67	0,18	0,01	1,10	0,00	0,79	1,13	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,06	0,06	0,01	0,10	0,05	0,07	0,01	0,12	1,85	0,73	0,32	0,03	1,35	0,60	0,19	0,02	2,26	0,81	0,22	0,70	0,00	0,00	0,00	0,25
8	0,06	0,08	0,35	0,08	0,00	0,00	0,01	0,12	0,17	1,86	0,30	0,04	0,17	0,31	0,10	0,01	0,00	1,24	0,00	0,78	0,00	0,00	0,00	0,00
10	0,01	0,14	0,01	0,10	0,00	0,00	0,14	0,12	1,36	3,14	0,21	0,08	1,03	1,60	0,90	0,05	0,68	1,02	0,63	0,83	0,00	0,46	0,00	0,00
11	0,02	0,00	0,01	0,06	0,03	0,00	0,01	0,12	0,34	0,63	1,54	0,05	0,28	0,23	0,14	0,01	0,00	0,36	0,00	0,77	0,00	0,00	0,00	0,00
12	0,00	0,04	0,01	0,06	0,10	0,00	0,01	0,12	0,16	0,51	0,63	0,03	0,33	0,18	0,12	0,01	0,13	0,00	0,03	0,83	0,00	0,00	0,00	0,00
16	0,05	0,11	0,01	0,14	0,00	0,00	0,22	0,12	0,22	0,37	0,21	0,03	0,42	0,36	0,44	0,02	0,67	1,00	0,02	0,84	0,00	0,00	0,00	0,00
17	0,36	0,00	0,23	0,04	0,39	0,00	0,01	0,12	0,39	0,24	0,61	0,03	0,35	0,12	0,31	0,00	0,24	0,00	0,40	0,58	0,00	0,00	0,00	0,00
18	0,00	0,00	0,21	0,11	0,00	0,00	0,01	0,12	0,39	0,24	0,67	0,04	0,59	0,23	0,54	0,02	0,65	0,65	0,00	1,06	0,00	0,00	0,00	0,00
20	0,00	0,07	0,01	0,12	0,00	0,00	0,01	0,12	1,04	0,81	1,03	0,05	0,35	0,29	0,12	0,01	1,63	1,11	0,00	0,68	0,00	0,00	0,00	0,00
22	0,00	0,02	0,24	0,08	0,00	0,00	0,01	0,12	0,64	0,61	0,19	0,04	0,29	0,12	0,18	0,01	1,02	0,49	0,07	1,14	0,00	0,00	0,00	0,00
24	0,07	0,06	0,24	0,09	0,18	0,00	0,01	0,12	0,91	0,61	0,37	0,05	0,73	0,63	0,25	0,03	1,10	0,92	0,72	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
25	0,00	0,00	0,01	0,09	0,00	0,07	0,01	0,12	0,99	0,75	0,22	0,03	3,27	2,43	4,03	0,10	2,07	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
26	0,00	0,05	0,24	0,11	0,02	0,00	0,01	0,12	0,30	1,32	0,63	0,03	0,37	0,69	0,54	0,03	0,40	1,41	0,00	0,88	0,00	0,00	0,00	0,00
27	0,00	0,05	0,23	0,10	0,00	0,00	0,11	0,12	0,30	0,35	0,51	0,03	0,19	0,27	0,14	0,01	0,36	0,58	0,81	0,71	0,00	0,00	0,00	0,00
31	0,15	0,00	0,25	0,07	0,16	0,00	0,01	0,12	0,89	0,32	0,61	0,03	0,73	0,40	0,21	0,02	0,88	0,30	0,00	0,62	0,00	0,00	0,00	0,00
33	0,00	0,02	0,17	0,08	0,05	0,87	0,76	0,12	6,63	0,61	0,32	0,22	2,01	1,47	0,58	0,06	1,28	0,79	0,10	0,99	0,77	1,09	0,62	0,60
37	0,00	0,10	0,05	0,17	0,00	0,00	0,01	0,12	2,51	1,61	0,73	0,07	0,85	0,67	0,31	0,03	1,34	1,62	1,08	1,28	0,00	0,00	0,00	0,00
40	0,00	0,09	0,22	0,16	0,14	0,13	0,01	0,12	0,84	0,87	0,22	0,04	0,93	0,98	0,18	0,05	0,96	0,56	0,90	0,91	0,38	0,58	0,00	0,92
41	0,00	0,11	0,24	0,15	0,00	0,00	0,01	0,12	1,18	0,73	0,51	0,03	0,46	0,40	0,33	0,01	1,86	0,78	0,00	0,86	0,00	0,00	0,00	0,00
42	0,00	0,02	0,01	0,15	0,00	0,00	0,18	0,12	0,30	0,26	0,37	0,02	0,28	0,16	0,75	0,01	0,45	0,59	0,57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
46	0,00	0,21	0,34	0,29	0,00	0,00	0,01	0,12	0,39	0,53	1,73	0,03	0,42	0,40	0,18	0,02	0,33	0,89	0,00	0,88	0,00	0,00	0,00	0,00
49	0,00	0,04	0,24	0,14	0,00	0,00	0,01	0,12	0,42	0,43	0,30	0,03	0,26	0,16	2,43	0,01	0,35	0,59	0,00	0,76	0,00	0,00	0,00	0,00
52	0,04	0,07	0,22	0,15	0,00	0,00	0,14	0,12	0,52	0,61	0,53	0,04	0,42	0,71	0,21	0,03	0,54	0,36	0,53	0,68	0,00	0,00	0,00	0,00
54	0,00	0,05	0,01	0,13	0,01	0,00	0,01	0,12	0,26	0,65	0,32	0,02	0,24	0,21	3,05	0,00	0,50	0,71	0,25	0,58	0,00	0,00	0,00	0,00
56	0,31	0,18	0,01	0,18	0,37	0,00	0,01	0,12	0,14	0,49	2,17	0,02	0,19	0,29	0,19	0,01	0,77	0,53	0,00	0,66	0,00	0,00	0,00	0,00
60	n.d.	0,00	0,01	n.d.	n.d.	0,00	0,19	n.d.	n.d.	0,75	0,19	n.d.	n.d.	0,23	0,17	n.d.	n.d.	0,39	0,22	n.d.	n.d.	0,00	0,00	n.d.
Média (M)	0,04	0,06	0,13	0,11	0,05	0,07	0,06	0,13	0,94	0,82	0,61	0,05	0,62	0,55	0,60	0,02	0,86	0,71	0,28	0,80	0,04	0,07	0,02	0,06
M + 1σ	0,13	0,11	0,25	0,16	0,16	0,23	0,21	0,19	2,20	1,51	1,11	0,09	1,27	1,11	1,52	0,04	1,54	1,39	0,62	1,35	0,20	0,30	0,13	0,26
M + 2σ	0,22	0,17	0,38	0,21	0,26	0,40	0,36	0,24	3,46	2,20	1,61	0,13	1,93	1,66	2,44	0,06	2,23	2,07	0,95	1,90	0,35	0,54	0,25	0,47
M + 3σ	0,31	0,22	0,50	0,27	0,36	0,57	0,51	0,30	4,72	2,89	2,10	0,17	2,59	2,22	3,36	0,09	2,91	2,74	1,28	2,46	0,51	0,77	0,36	0,67
Desvio (σ)	0,09	0,05	0,12	0,05	0,10	0,17	0,15	0,06	1,26	0,69	0,50	0,04	0,66	0,55	0,92	0,02	0,68	0,68	0,33	0,55	0,16	0,23	0,11	0,20

- n.d. = não determinado

- Os valores anômalos encontram-se em **negrito**.

- Índices: 1 (out/04); 2 (mar/05); 3 (jul/05); 4 (out/05)

Tabela 3: Concentrações (mg.L⁻¹) dos ânions e parâmetros químico e físico-químico para cada poço em todas as coletas.

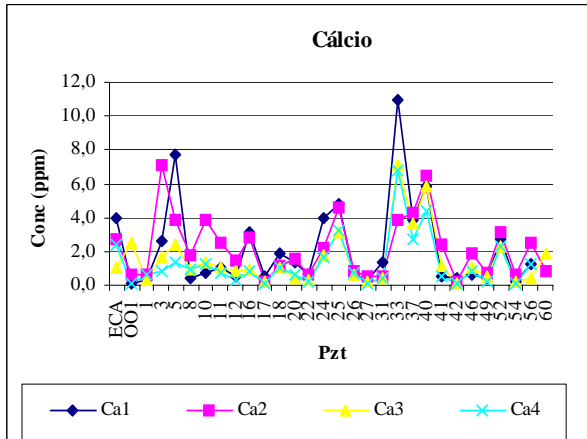
	Bic1	Bic2	Bic3	Bic4	Nitra1	Nitra2	Nitra3	Nitra4	Sulf1	Sulf2	Sulf3	Sulf4	pH1	pH2	pH3	pH4	Cond1	Cond2	Cond3	Cond4
ECA	0,00	12,00	9,20	10,80	0,00	5,32	1,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,50	5,60	6,42	6,70	14,800	19,710	12,440	15,600
OO1	6,00	8,80	16,00	6,00	0,00	1,72	1,26	0,52	0,00	0,18	0,08	0,00	6,86	3,61	5,93	5,42	9,010	16,930	17,900	7,950
1	6,00	9,60	9,20	7,20	0,03	0,17	0,86	0,66	0,00	0,00	0,17	0,00	6,74	4,55	6,63	5,50	3,260	3,770	3,480	6,300
3	15,20	25,20	12,80	10,80	0,45	0,00	6,88	2,09	0,20	0,00	0,23	0,31	7,05	4,57	6,15	6,60	23,500	45,000	20,200	16,340
5	12,80	22,00	10,00	7,60	21,42	6,76	1,40	7,14	0,71	0,48	0,32	0,46	6,83	4,96	5,73	6,80	60,300	37,400	26,300	13,120
8	4,00	12,00	11,20	7,20	0,00	0,96	0,00	0,66	0,00	0,60	0,00	0,36	5,60	4,32	5,96	5,53	2,400	23,100	8,070	7,540
10	17,60	35,20	16,00	15,60	0,04	13,83	2,73	0,50	0,35	0,78	0,34	0,00	6,96	5,05	6,28	7,07	28,100	71,500	24,300	21,200
11	7,20	16,40	12,00	8,00	0,00	1,49	2,34	3,73	0,00	0,24	0,07	0,38	5,30	4,77	6,09	5,07	9,200	19,890	9,480	9,550
12	4,00	8,00	6,40	8,80	0,00	0,00	0,92	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	7,21	4,08	5,58	5,30	2,060	13,170	6,020	10,200
16	14,80	20,00	9,20	8,40	0,00	1,75	3,26	2,58	0,00	0,35	0,00	0,42	6,81	4,65	5,90	5,15	20,400	22,000	17,860	7,060
17	6,00	5,60	7,20	4,80	0,00	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	7,05	4,10	5,58	7,50	3,090	3,760	3,430	5,000
18	11,20	13,20	10,00	8,00	2,94	2,22	0,00	2,30	0,45	0,21	0,00	0,36	6,73	4,74	5,52	8,21	16,830	9,650	6,460	7,320
20	11,20	16,40	6,00	7,60	0,00	1,58	0,00	n.d	0,00	0,28	0,00	0,00	6,72	4,60	5,53	7,20	14,370	15,310	6,620	9,980
22	6,40	14,40	10,00	6,00	0,97	0,94	2,54	1,73	0,00	0,00	0,00	0,00	6,82	4,09	5,69	7,25	7,330	6,920	5,430	6,860
24	16,00	12,80	14,40	14,80	0,00	1,48	13,46	0,00	0,10	0,43	3,11	0,00	6,97	4,90	6,08	7,86	23,500	24,700	31,500	16,930
25	20,80	20,00	16,40	13,60	4,99	2,36	0,27	0,00	0,41	0,00	0,00	0,00	6,89	5,21	6,27	8,23	49,800	44,300	38,900	42,700
26	8,00	14,40	8,00	8,00	0,00	2,04	2,07	0,82	0,00	0,18	0,04	0,00	7,15	4,63	5,59	5,11	6,530	16,490	7,320	7,240
27	8,00	10,80	6,80	5,20	0,06	1,55	11,47	0,01	0,00	0,00	0,29	0,00	7,11	4,55	5,48	5,20	3,750	7,250	3,900	5,540
31	6,00	7,20	5,60	12,67	4,02	2,01	0,00	2,00	0,68	0,22	0,00	0,35	6,87	4,30	5,38	6,20	12,150	7,680	6,430	11,670
33	66,80	62,80	106,00	107,90	13,71	8,47	8,79	8,72	2,15	2,40	0,29	2,24	7,65	5,73	5,78	8,22	124,9	113,0	220,0	91,0
37	22,80	28,00	18,80	16,00	0,00	1,66	0,50	0,07	0,29	0,00	0,23	0,32	6,92	5,13	6,29	8,25	38,000	38,700	32,200	24,900
40	29,20	48,80	22,80	31,20	0,05	4,23	1,32	13,79	0,31	0,46	0,31	0,93	7,71	4,75	6,67	7,34	49,900	72,900	34,700	47,800
41	6,80	14,80	11,60	5,20	0,00	4,74	0,00	1,45	0,00	0,30	0,00	0,33	7,89	4,51	5,55	8,00	9,080	20,100	9,520	7,100
42	8,00	14,00	6,80	9,20	0,00	1,70	2,19	n.d	0,00	0,00	0,00	0,00	7,28	4,65	5,44	6,00	4,540	4,930	3,240	4,820
46	6,00	22,00	11,20	5,20	0,00	2,54	0,65	1,94	0,00	0,62	0,00	0,44	7,03	4,05	5,56	7,50	6,420	22,500	14,540	6,470
49	6,80	14,00	8,00	6,40	0,00	1,16	1,18	1,54	0,00	0,22	0,01	0,30	6,98	4,44	5,20	8,23	5,010	6,860	4,880	4,800
52	24,40	38,40	17,20	18,00	0,01	1,13	0,32	0,46	0,00	0,22	0,00	0,30	6,99	5,68	6,05	6,89	37,500	32,100	24,300	26,100
54	6,00	10,40	10,00	6,40	0,17	1,35	3,77	0,43	0,00	0,23	0,02	0,00	7,32	3,42	5,50	7,50	2,780	9,770	11,410	5,700
56	0,00	22,00	8,00	9,60	0,83	0,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,70	4,88	5,08	5,50	10,300	30,000	5,620	9,960
60	n.d.	7,60	9,20	n.d.	n.d.	4,22	0,80	n.d.	n.d.	0,00	0,00	n.d.	n.d.	4,11	5,71	n.d.	n.d.	12,630	14,840	n.d.
Média (M)	12,34	18,89	14,20	13,32	1,71	2,59	2,34	2,01	0,19	0,28	0,18	0,26	6,88	4,62	5,82	6,74	20,65	25,73	21,04	15,75
M + 1σ	25,02	31,75	32,03	32,30	6,39	5,50	5,75	5,15	0,63	0,74	0,75	0,70	7,44	5,16	6,22	7,87	46,32	49,97	60,04	33,71
M + 2σ	37,70	44,60	49,86	51,28	11,07	8,42	9,16	8,30	1,06	1,19	1,32	1,15	8,00	5,71	6,63	9,01	71,99	74,21	99,03	51,68
M + 3σ	50,37	57,45	67,69	70,26	15,75	11,34	12,58	11,44	1,49	1,65	1,88	1,59	8,56	6,25	7,03	10,15	97,65	98,45	138,03	69,64
Desvio (σ)	12,68	12,85	17,83	18,98	4,68	2,92	3,41	3,15	0,43	0,46	0,57	0,44	0,56	0,54	0,40	1,14	25,67	24,24	38,99	17,96

- n.d. = não determinado

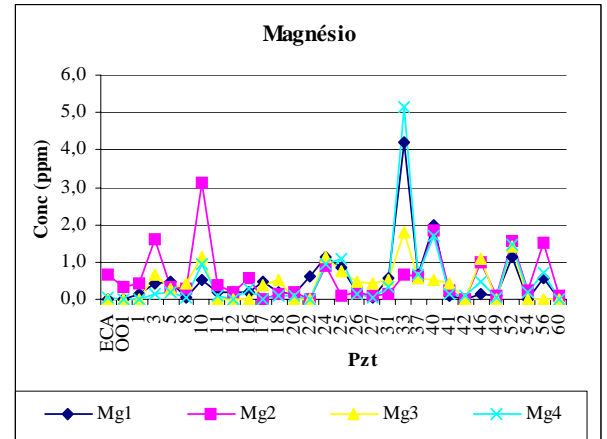
- Os valores anômalos encontram-se em **negrito**.

- Índices: 1 (out/04); 2 (mar/05); 3 (jul/05); 4 (out/05)

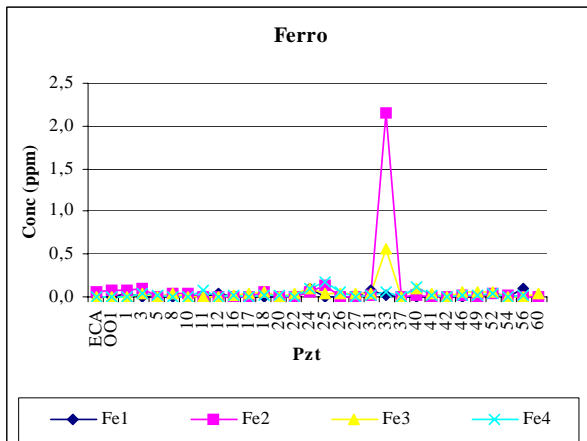
Anexo IV: Gráficos de todos os parâmetros analisados nas quatro coletas: out/04; mar/05; jul/05 e out/05.



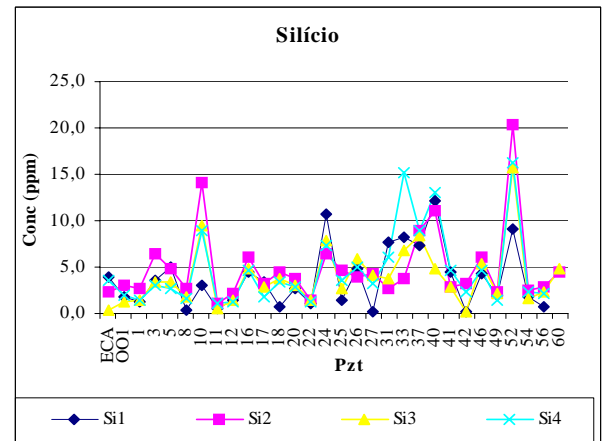
-Ca 1 (out/04); Ca 2 (mar/05); Ca 3 (jul/05); Ca 4 (out/05)



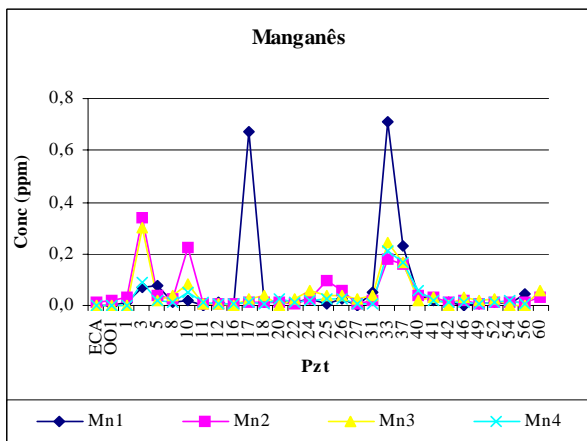
-Mg 1 (out/04); Mg 2 (mar/05); Mg 3 (jul/05); Mg 4 (out/05)



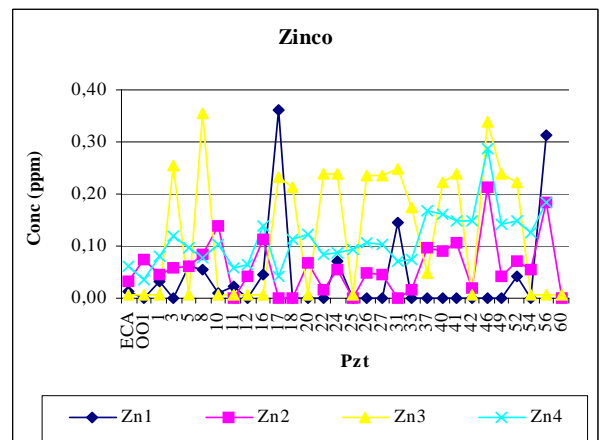
-Fe 1 (out/04); Fe 2 (mar/05); Fe 3 (jul/05); Fe 4 (out/05)



-Si 1 (out/04); Si 2 (mar/05); Si 3 (jul/05); Si 4 (out/05)

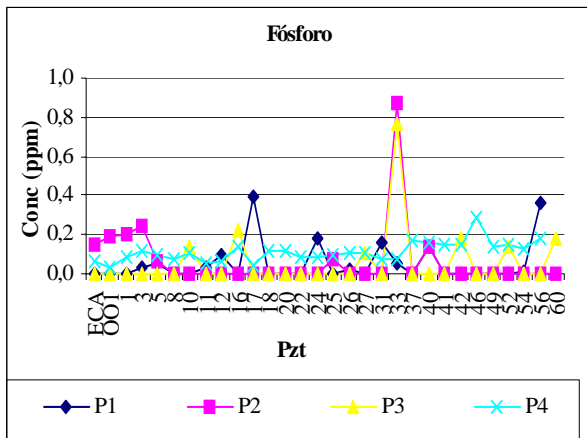


-Mn 1 (out/04); Mn 2 (mar/05); Mn 3 (jul/05); Mn 4 (out/05)

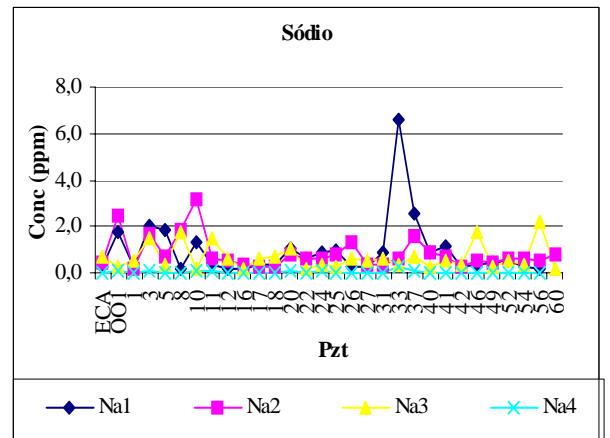


-Zn 1 (out/04); Zn 2 (mar/05); Zn 3 (jul/05); Zn 4 (out/05)

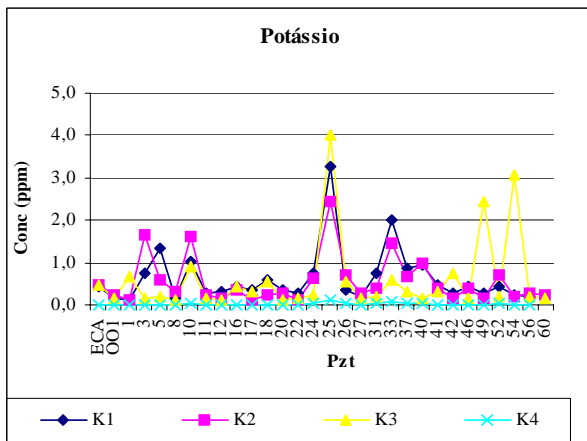
Anexo IV: Gráficos de todos os parâmetros analisados nas quatro coletas: out/04; mar/05; jul/05 e out/05.



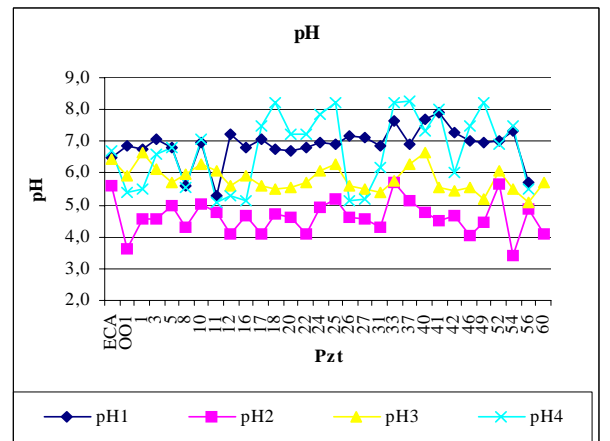
-P 1 (out/04); P 2 (mar/05); P 3 (jul/05); P 4 (out/05)



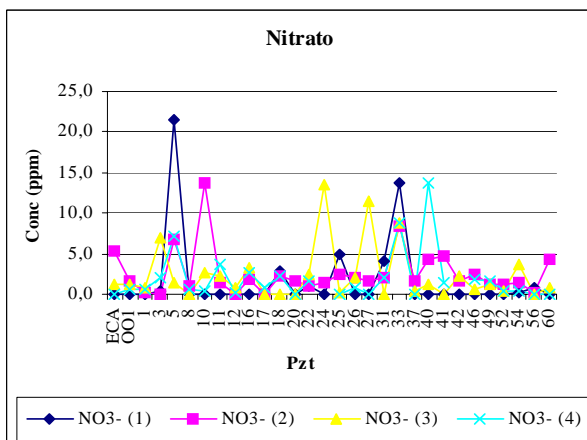
-Na 1 (out/04); Na 2 (mar/05); Na 3 (jul/05); Na 4 (out/05)



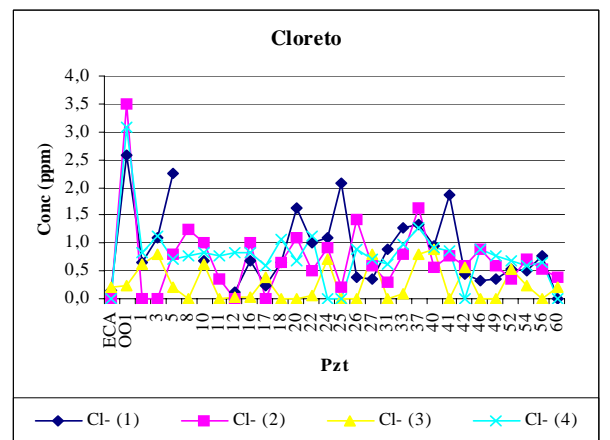
-K 1 (out/04); K 2 (mar/05); K 3 (jul/05); K 4 (out/05)



-pH 1 (out/04); pH 2 (mar/05); pH 3 (jul/05); pH 4 (out/05)

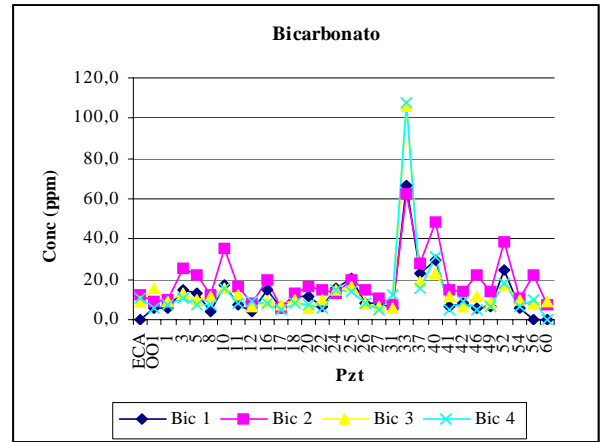
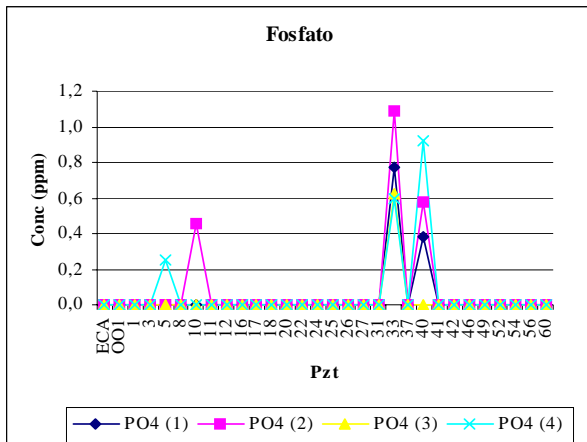


- NO₃⁻ 1 (out/04); NO₃⁻ 2 (mar/05); NO₃⁻ 3 (jul/05); NO₃⁻ 4 (out/05)



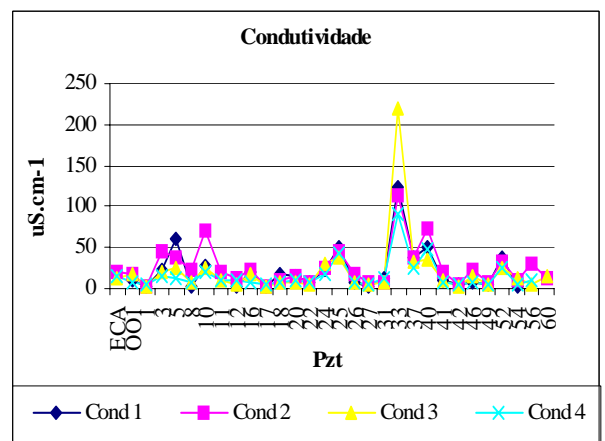
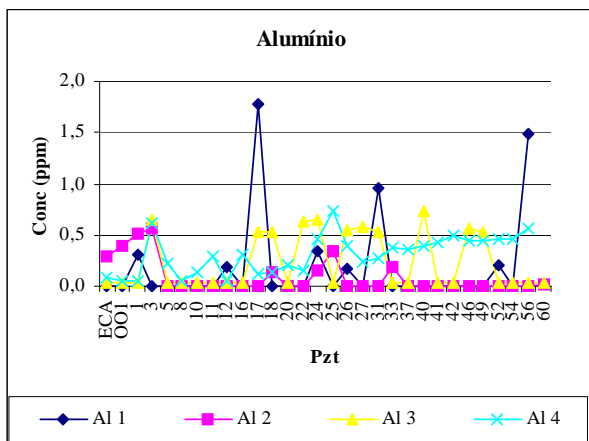
- Cl⁻ 1 (out/04); Cl⁻ 2 (mar/05); Cl⁻ 3 (jul/05); Cl⁻ 4 (out/05)

Anexo IV: Gráficos de todos os parâmetros analisados nas quatro coletas: out/04; mar/05; jul/05 e out/05.



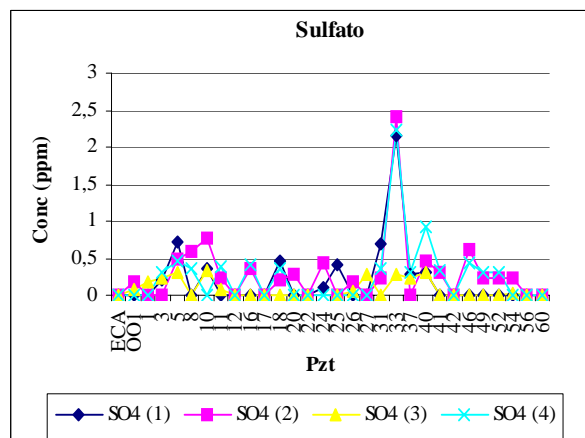
-PO₄³⁻ 1 (out/04); PO₄³⁻ 2 (mar/05); PO₄³⁻ 3 (jul/05); PO₄³⁻ 4 (out/05)

-HCO₃⁻ 1 (out/04); HCO₃⁻ 2 (mar/05); HCO₃⁻ 3 (jul/05); HCO₃⁻ 4 (out/05)



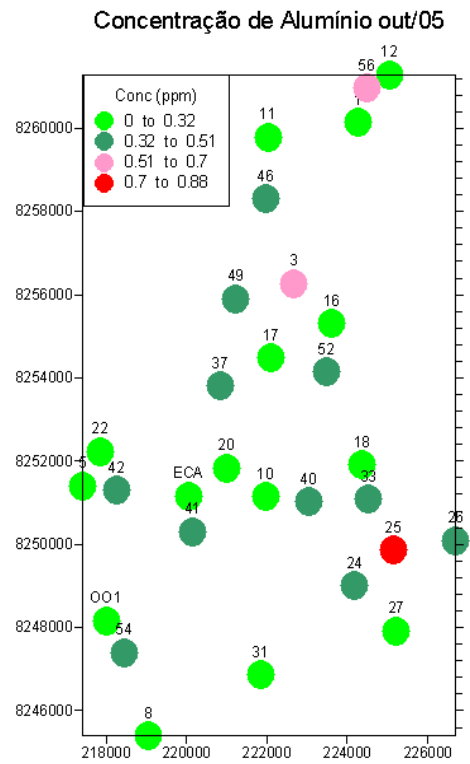
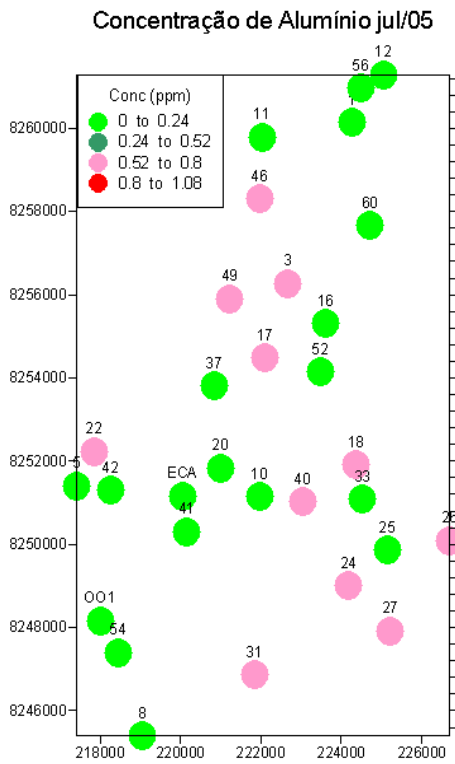
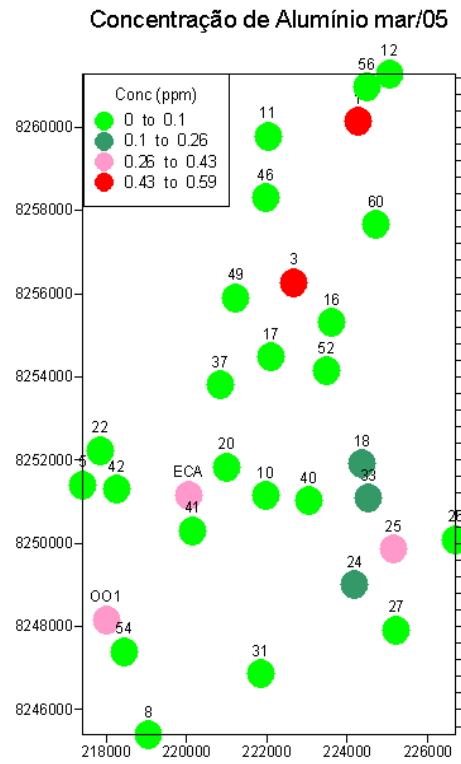
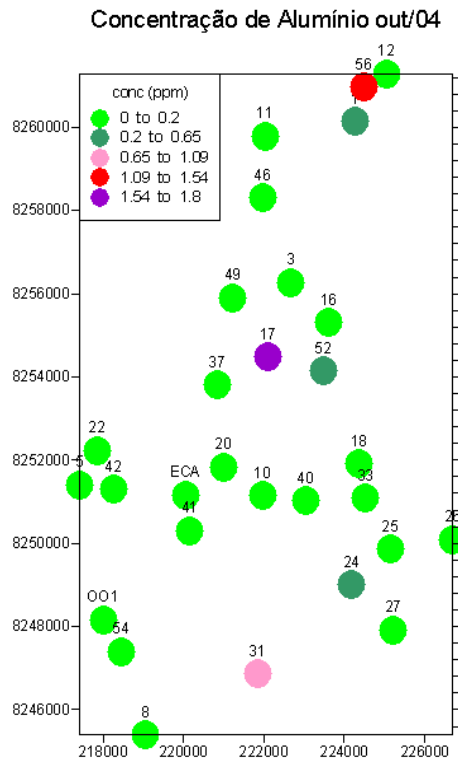
-Al 1 (out/04); Al 2 (mar/05); Al 3 (jul/05); Al 4 (out/05)

-Cond. 1 (out/04); Cond. 2 (mar/05); Cond. 3 (jul/05); Cond. 4 (out/05)

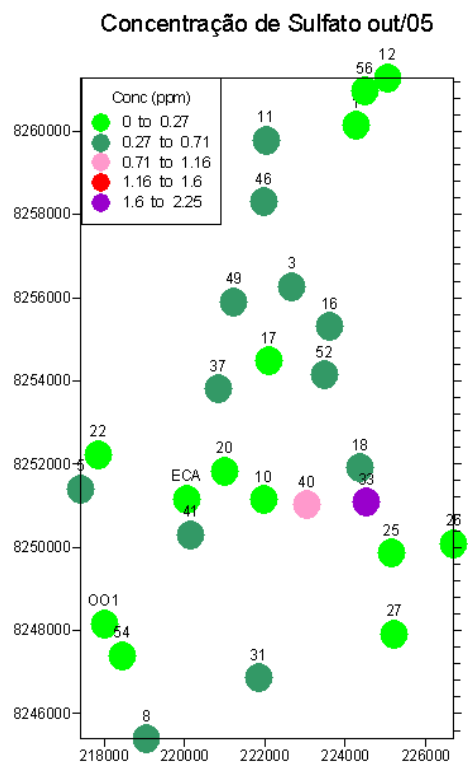
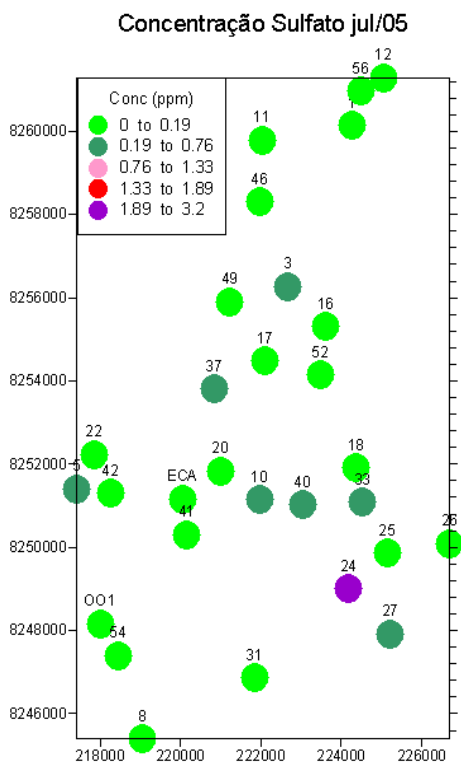
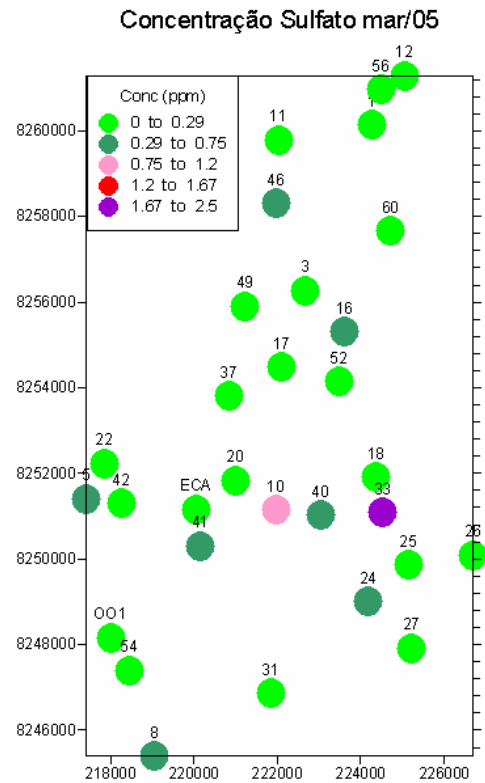
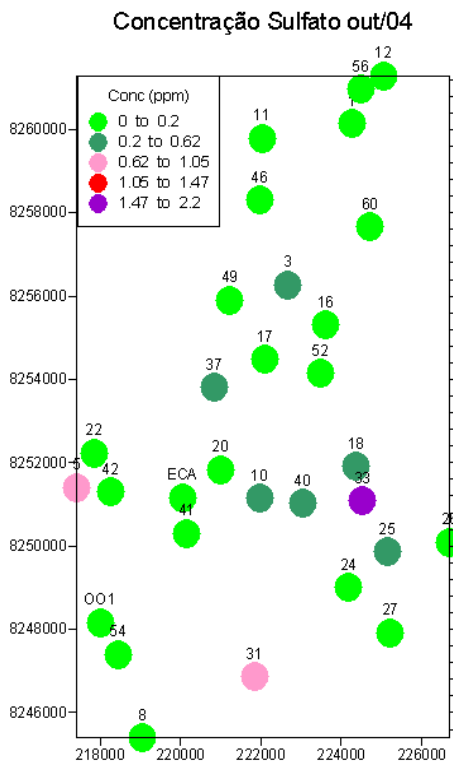


-SO₄²⁻ 1 (out/04); SO₄²⁻ 2 (mar/05); SO₄²⁻ 3 (jul/05); SO₄²⁻ 4 (out/05)

Distribuição espacial para o Al em todas as coletas.

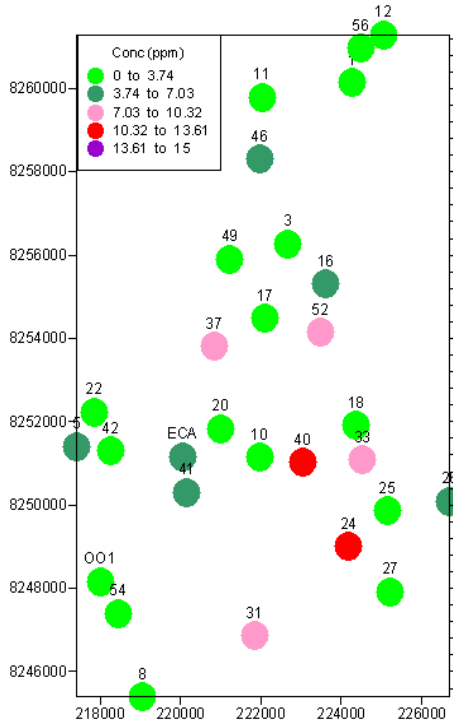


Distribuição espacial para o SO_4^{2-} em todas as coletas

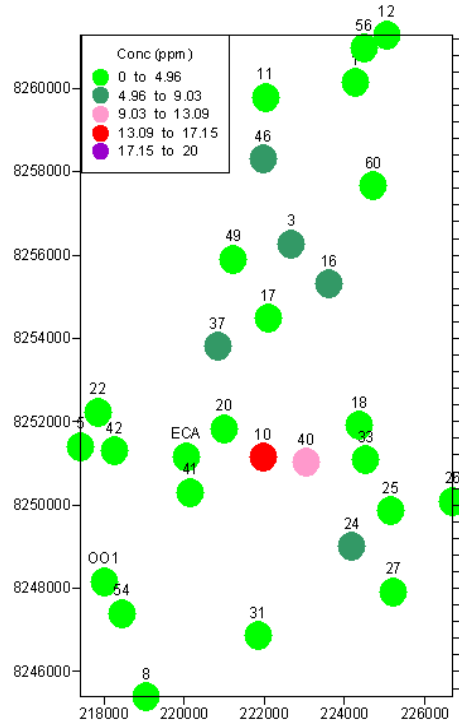


Distribuição espacial para o Si em todas as coletas.

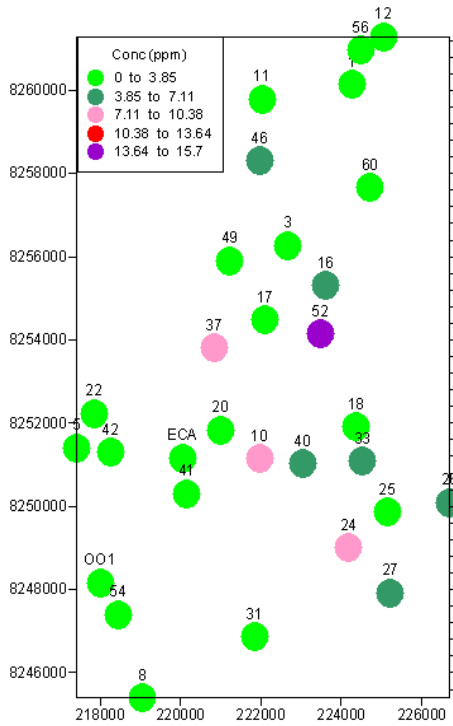
Concentração de Silício out/04



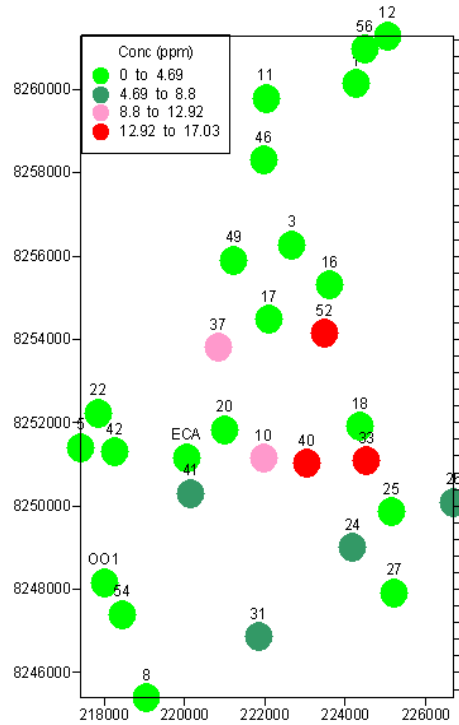
Concentração de Silício mar/05



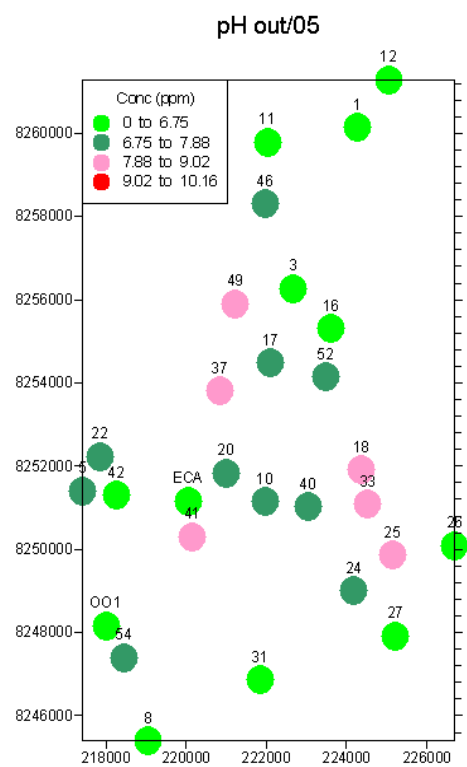
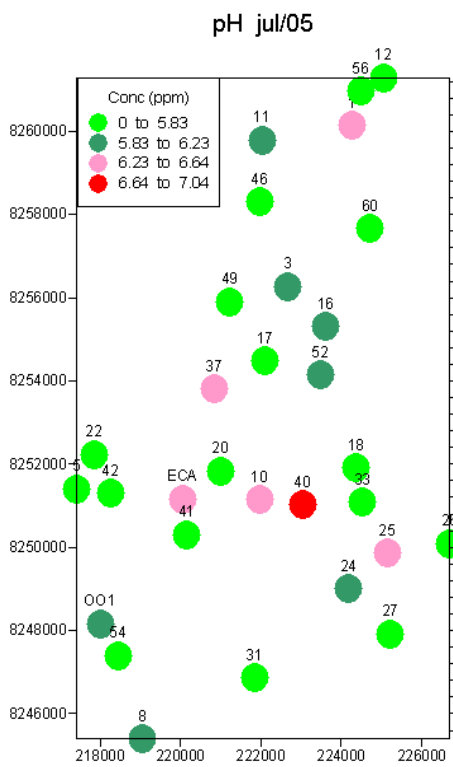
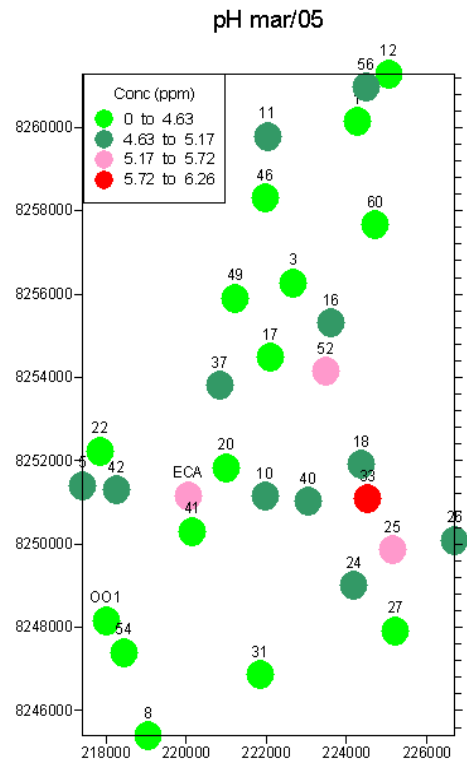
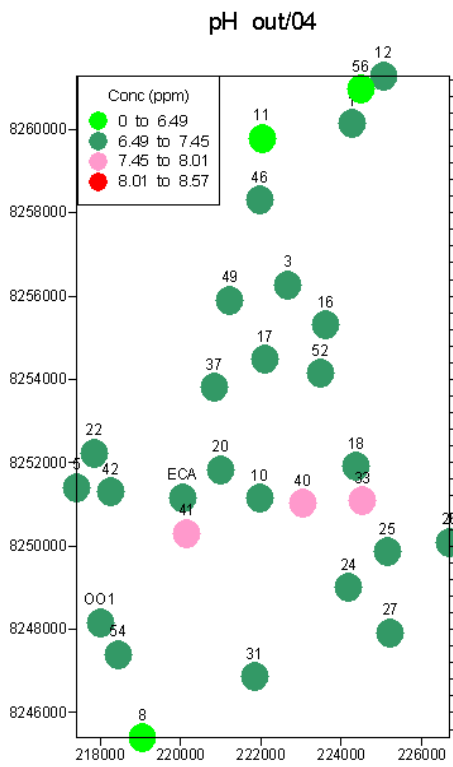
Concentração de Silício jul/05



Concentração de Silício out/05

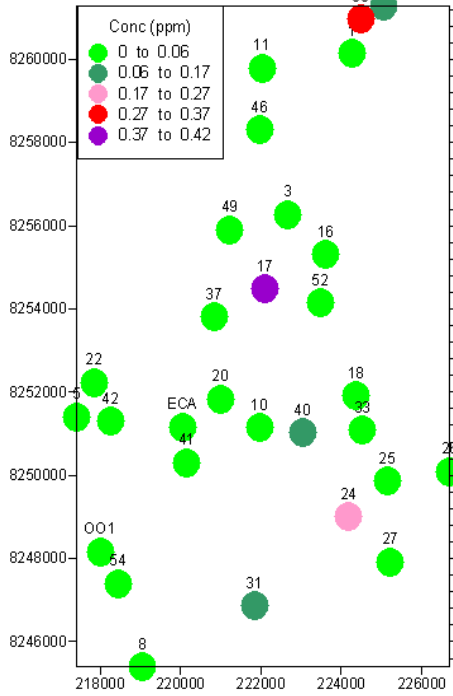


Distribuição espacial para o pH em todas as coletas.

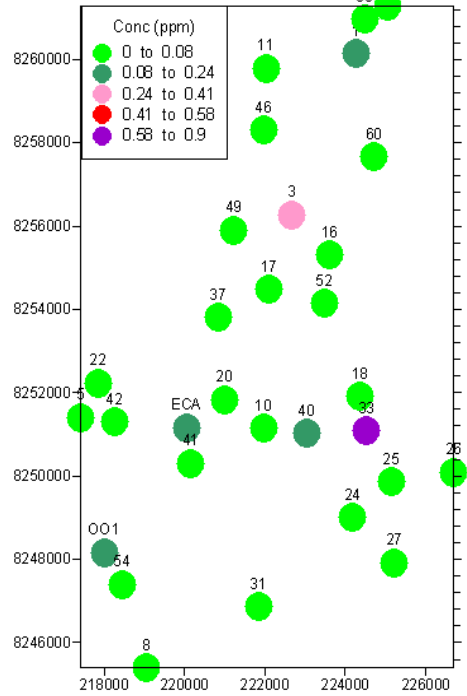


Distribuição espacial para o P em todas as coletas.

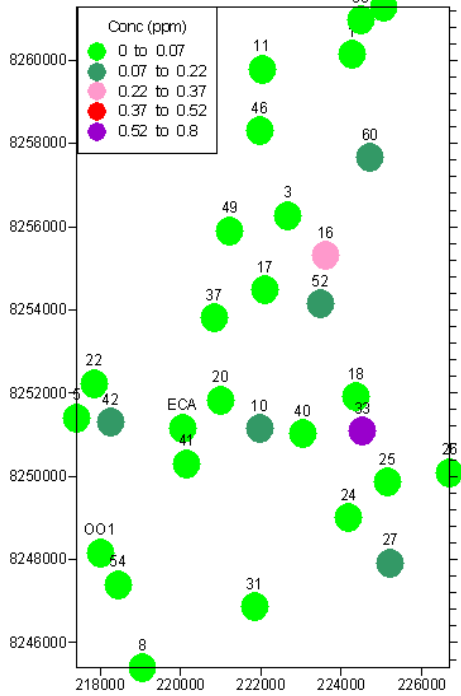
Concentração de Fósforo out/04



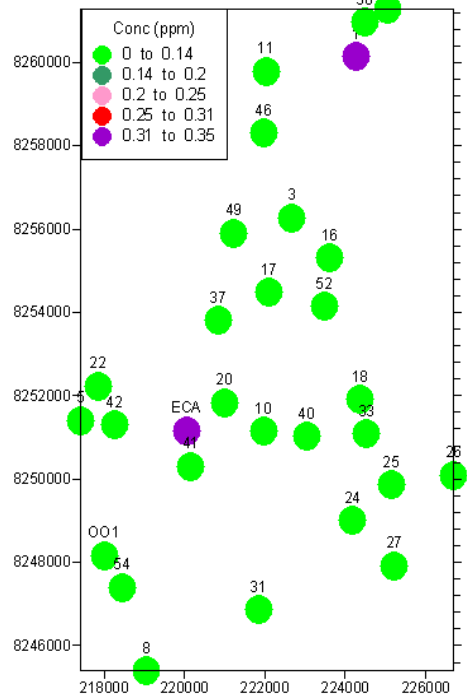
Concentração de Fósforo mar/05



Concentração de Fósforo jul/05

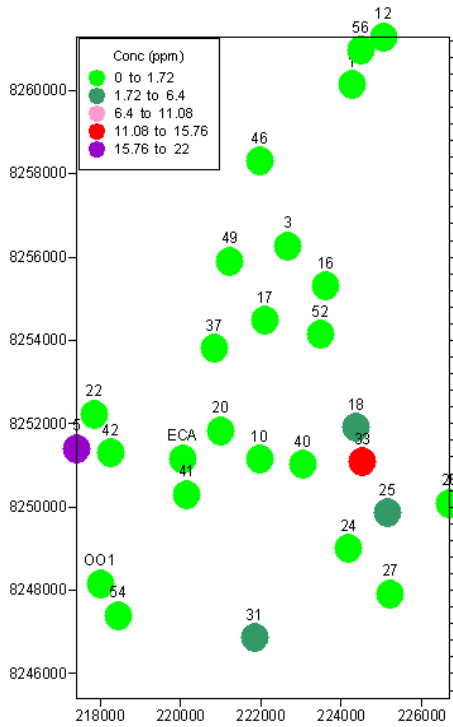


Concentração de Fósforo out/05

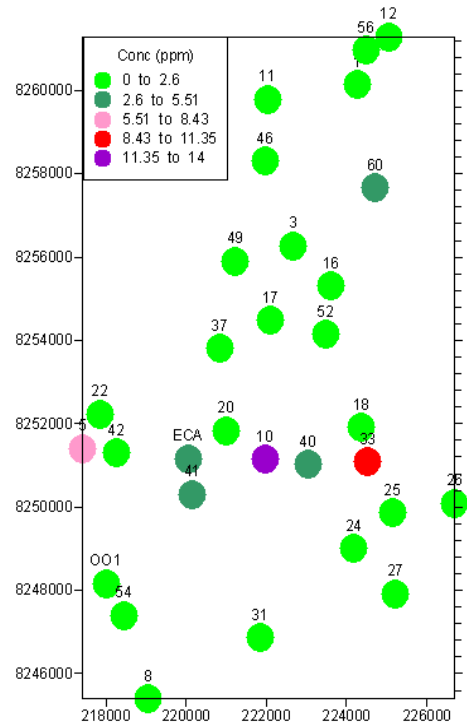


Distribuição espacial para o NO_3^- em todas as coletas.

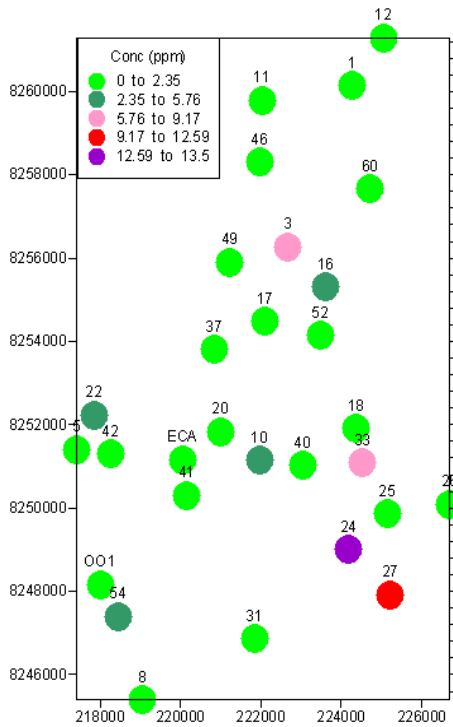
Concentração de Nitrato out/04



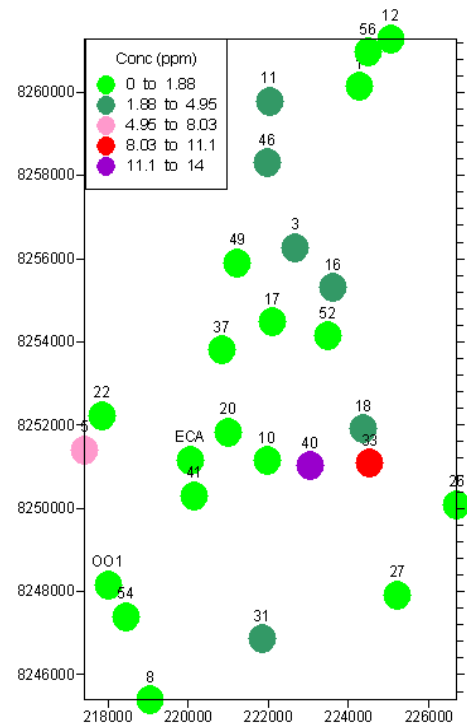
Concentração de Nitrato mar/05



Concentração de Nitrato jul/05

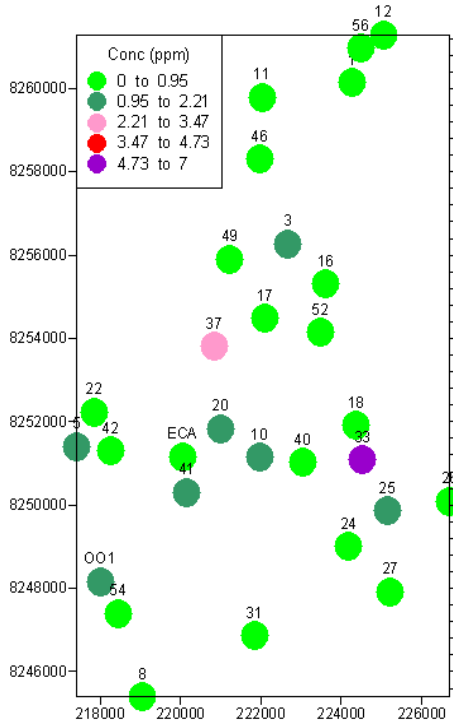


Concentração de Nitrato out/05

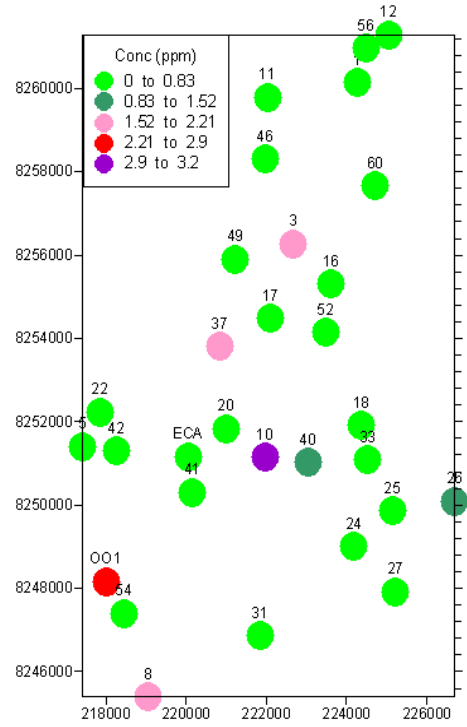


Distribuição espacial para o Na em todas as coletas.

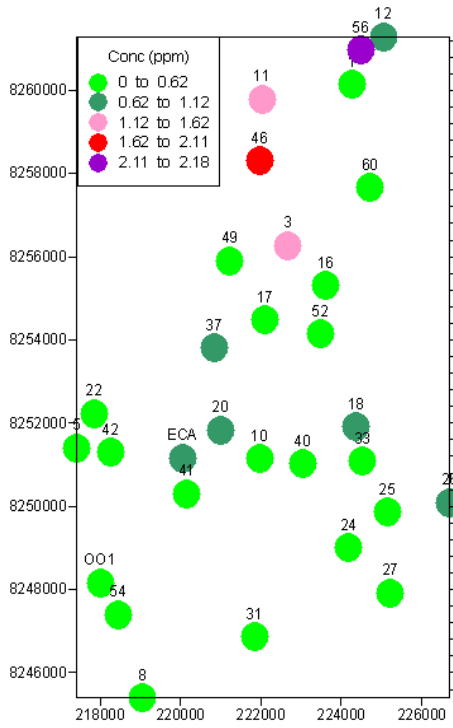
Concentração de Sódio out/04



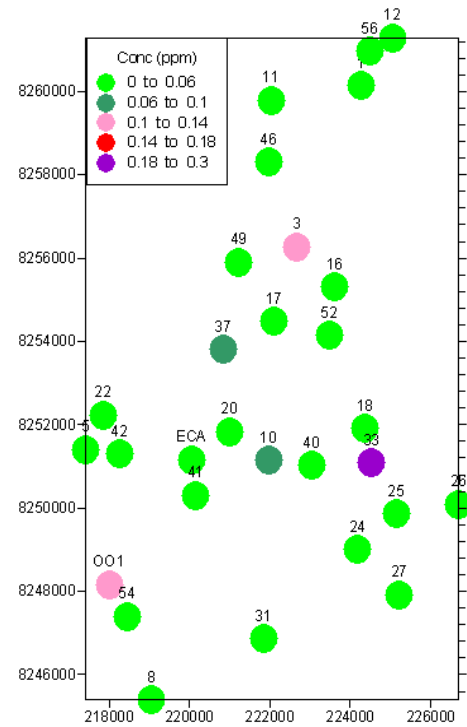
Concentração de Sódio mar/05



Concentração de Sódio jul/05

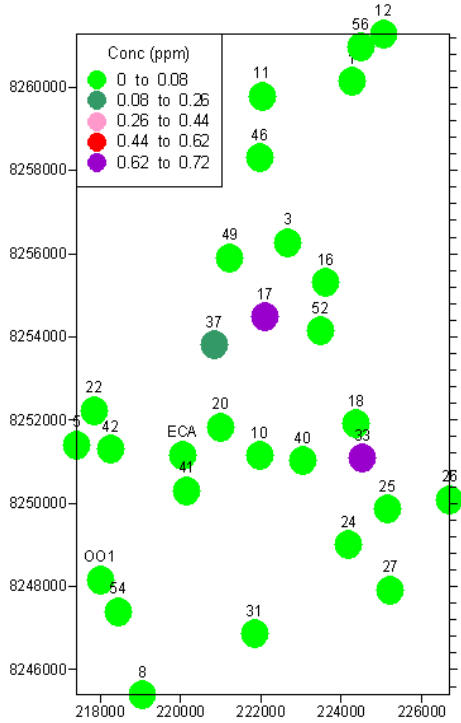


Concentração de Sódio out/05

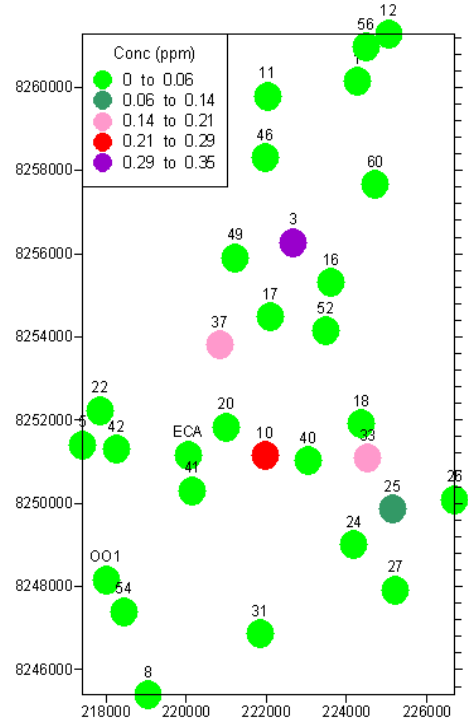


Distribuição espacial para o Mn em todas as coletas.

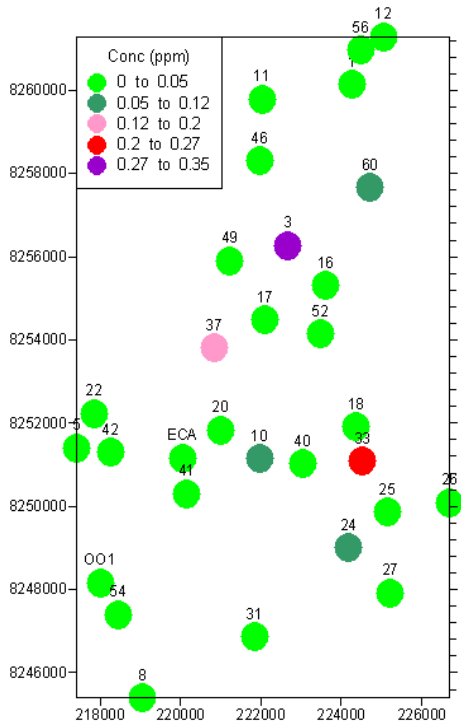
Concentração de Manganês out/04



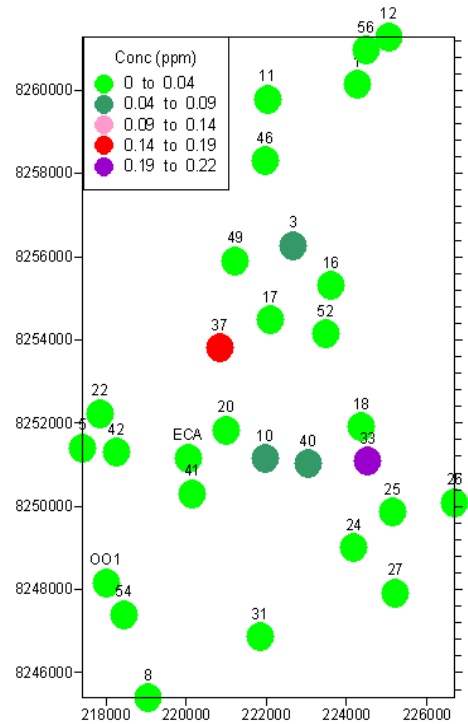
Concentração de Manganês mar/05



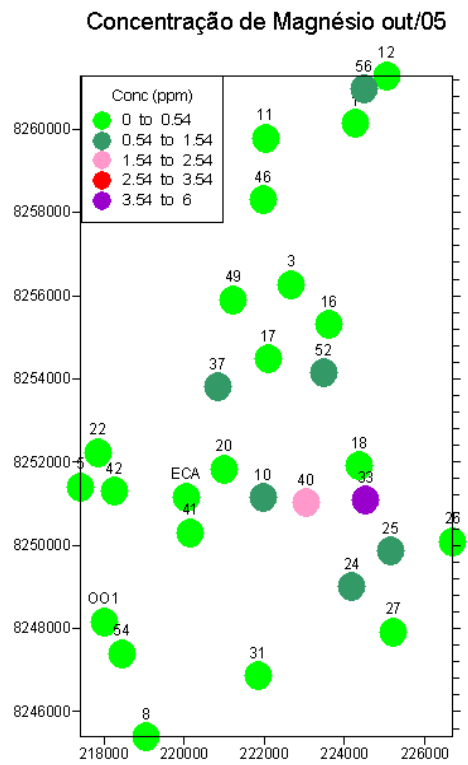
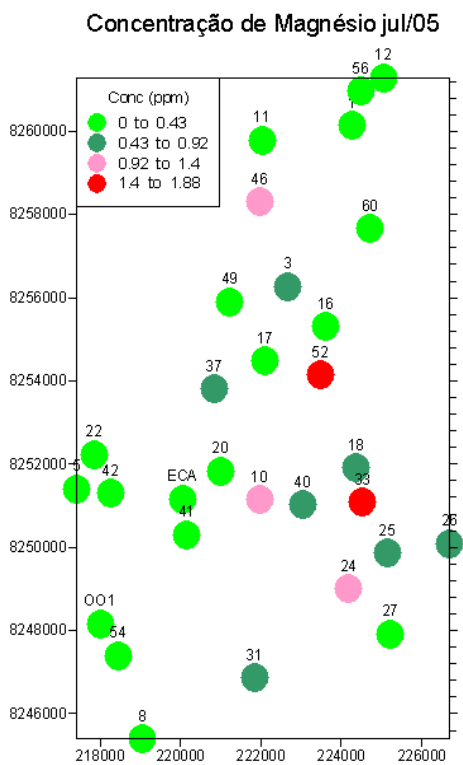
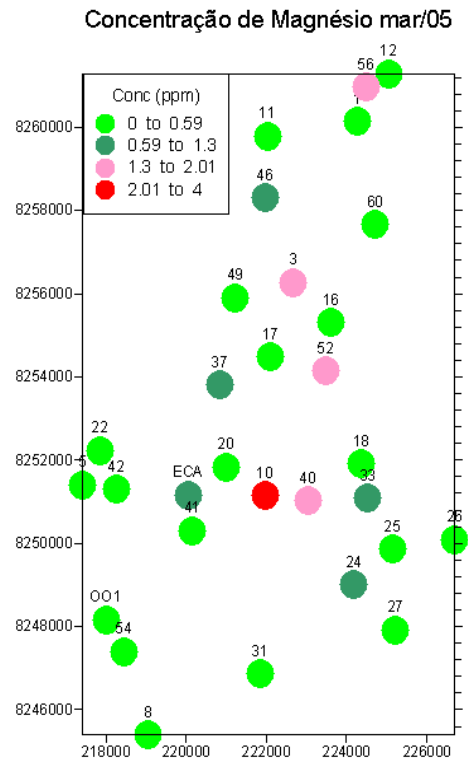
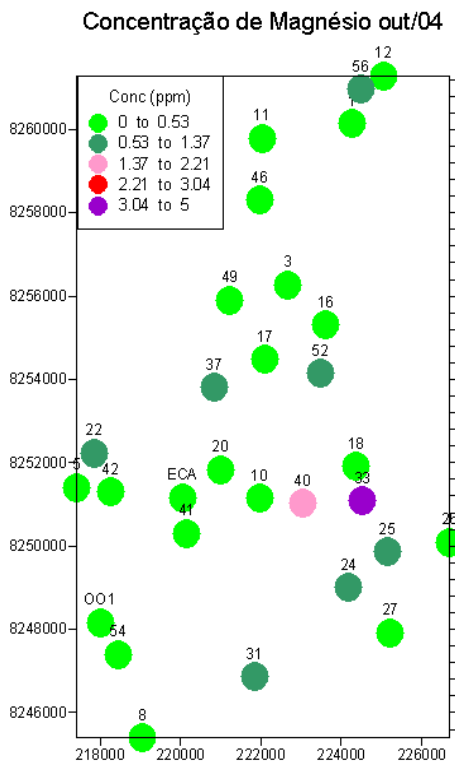
Concentração de Manganês jul/05



Concentração de Manganês out/05

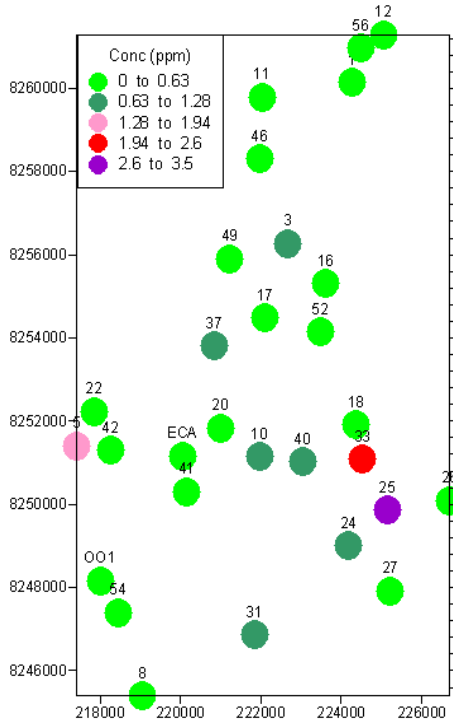


Distribuição espacial para o Mg em todas as coletas.

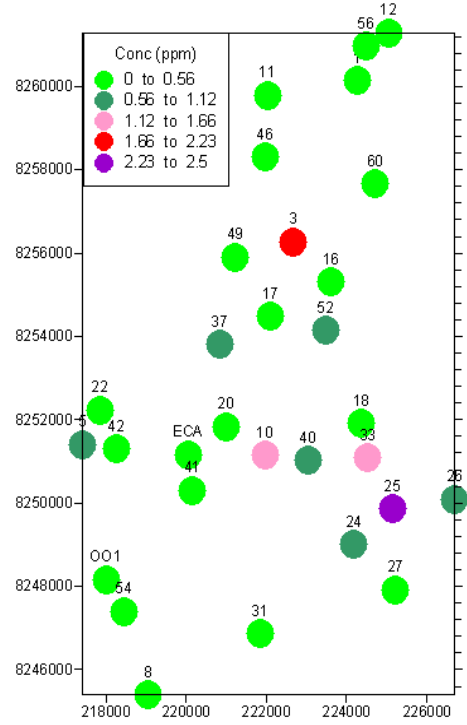


Distribuição espacial para o K em todas as coletas.

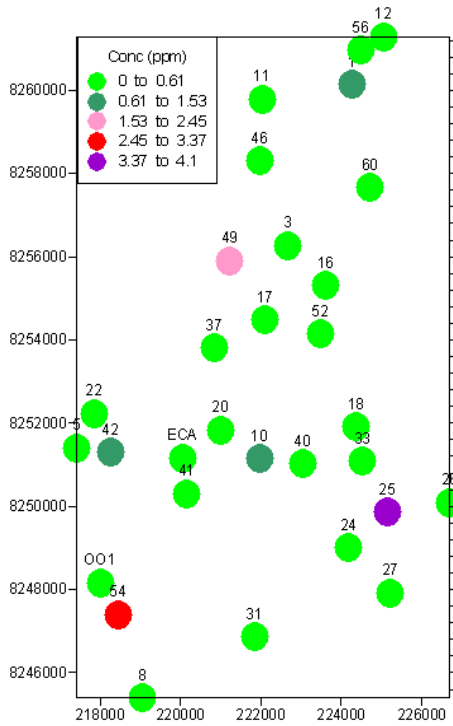
Concentração de Potássio out/04



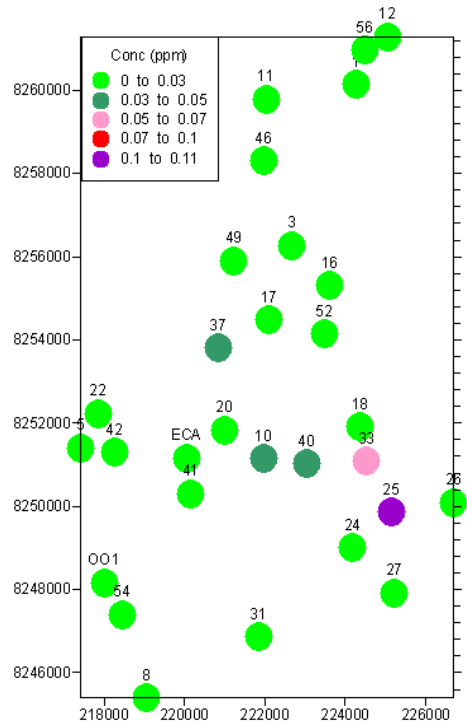
Concentração de Potássio mar/05



Concentração de Potássio jul/05

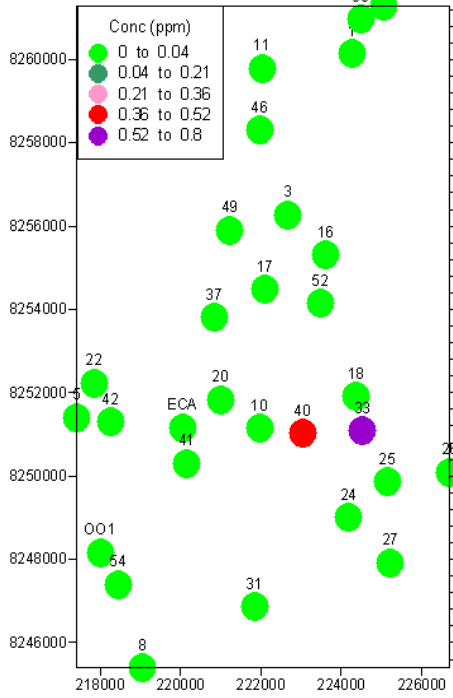


Concentração de Potássio out/05

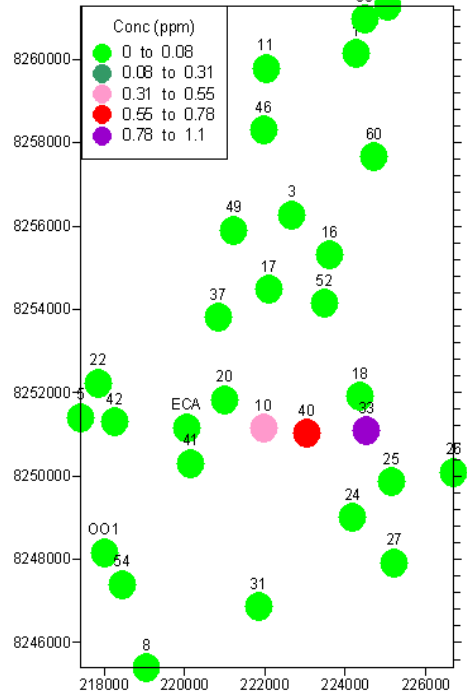


Distribuição espacial para o PO_4^{3-} em todas as coletas.

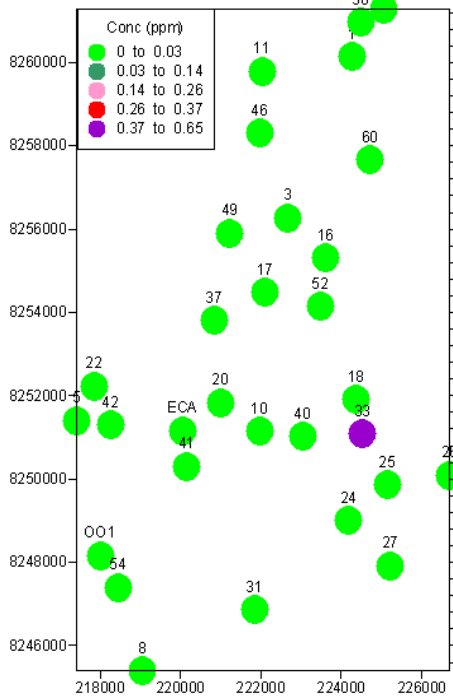
Concentração Fosfato out/04



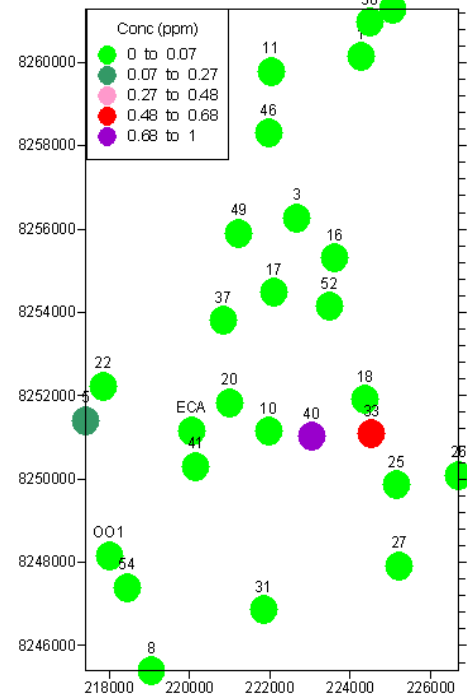
Concentração de Fosfato mar/05



Concentração de Fosfato jul/05

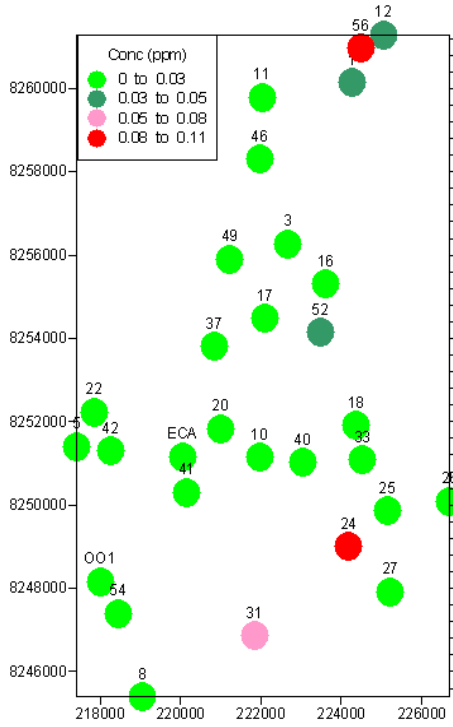


Concentração de Fosfato out/05

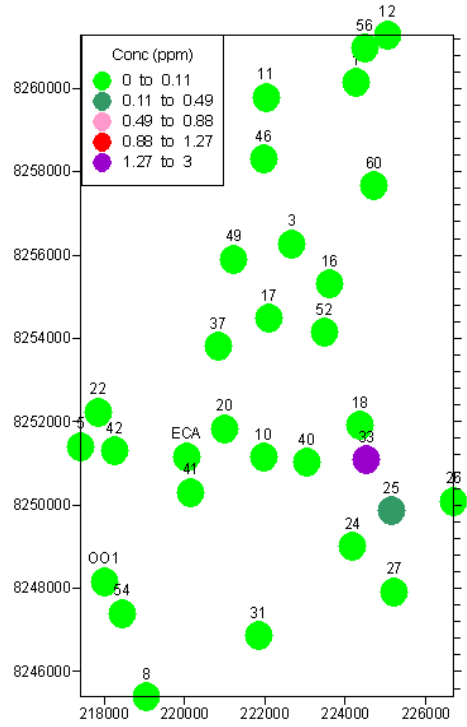


Distribuição espacial para o Fe em todas as coletas.

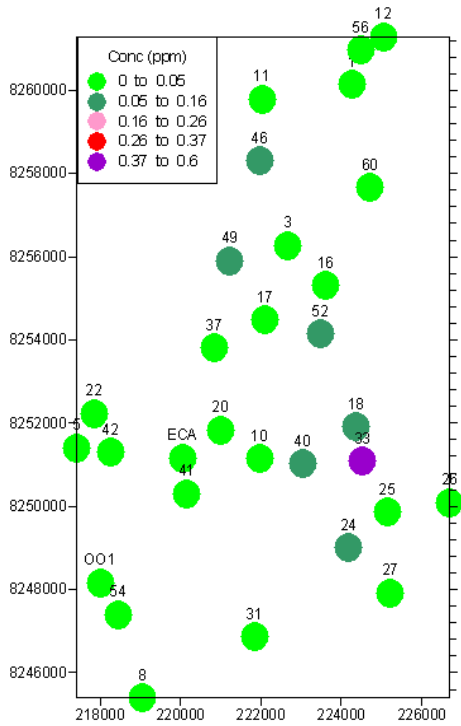
Concentração de Ferro out/04



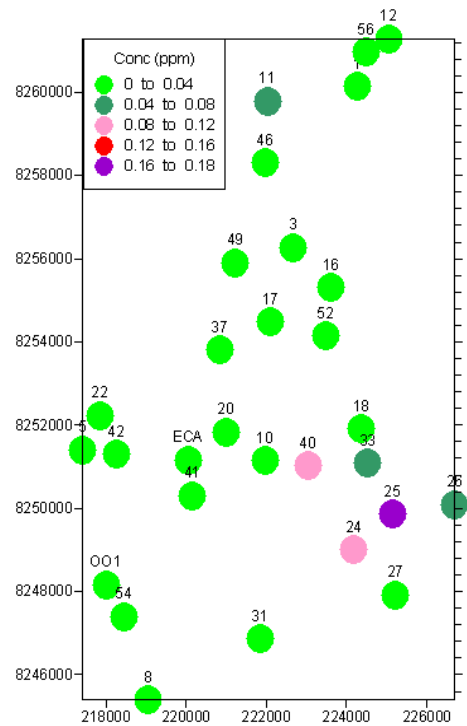
Concentração de Ferro mar/05



Concentração de Ferro jul/05

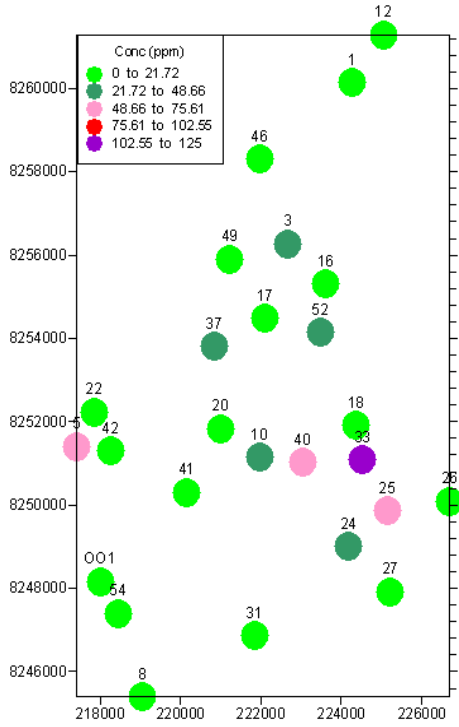


Concentração de Ferro out/05

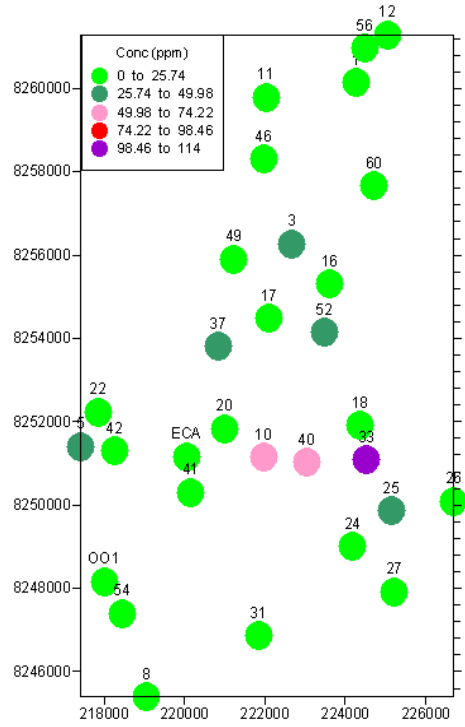


Distribuição espacial para a Condutividade em todas as coletas.

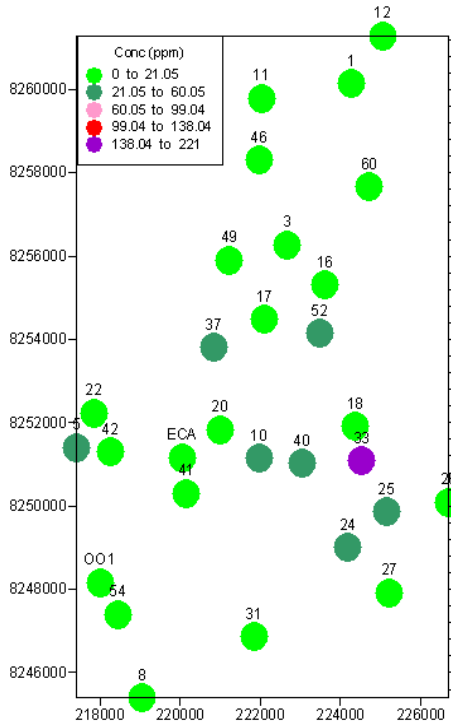
Condutividade coleta out/04



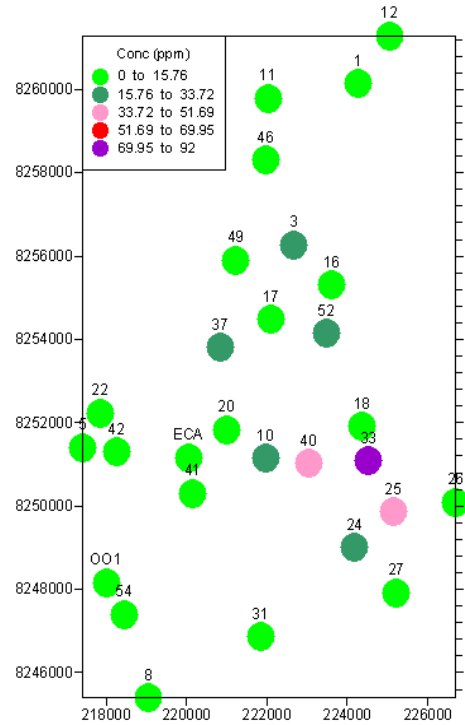
Condutividade mar/05



Condutividade jul/05

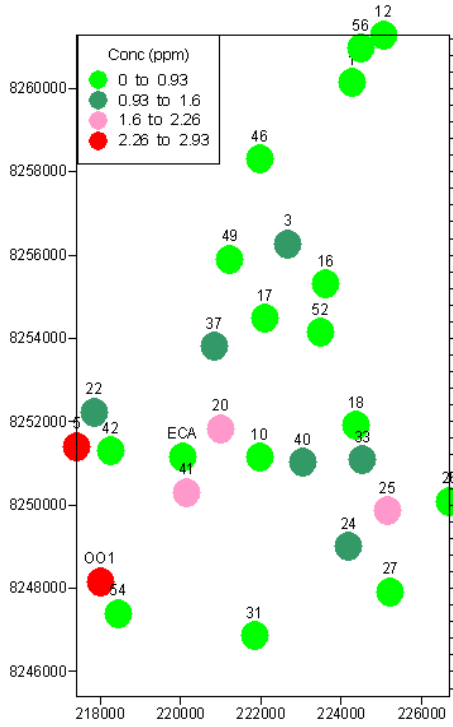


Condutividade out/05

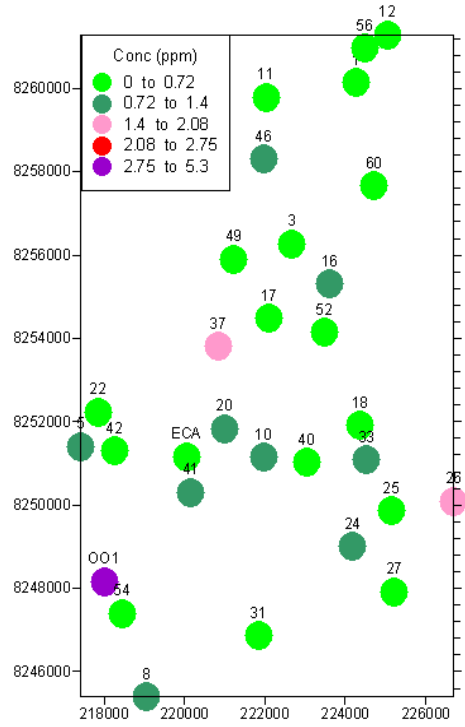


Distribuição espacial para o Cl⁻ em todas as coletas.

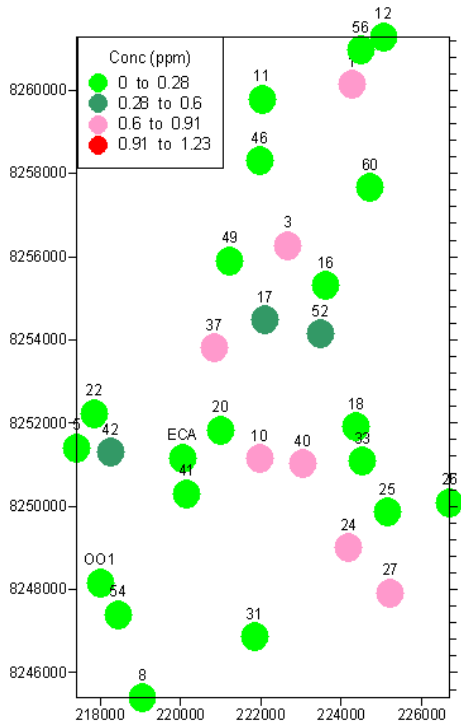
Concentração de Cloreto out/04



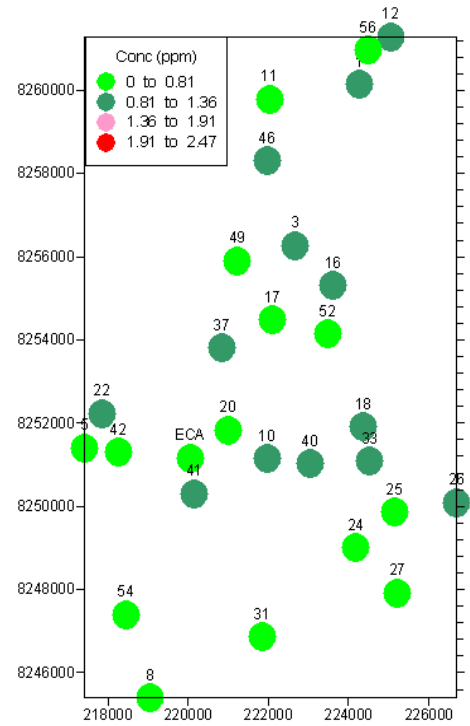
Concentração de Cloreto mar/05



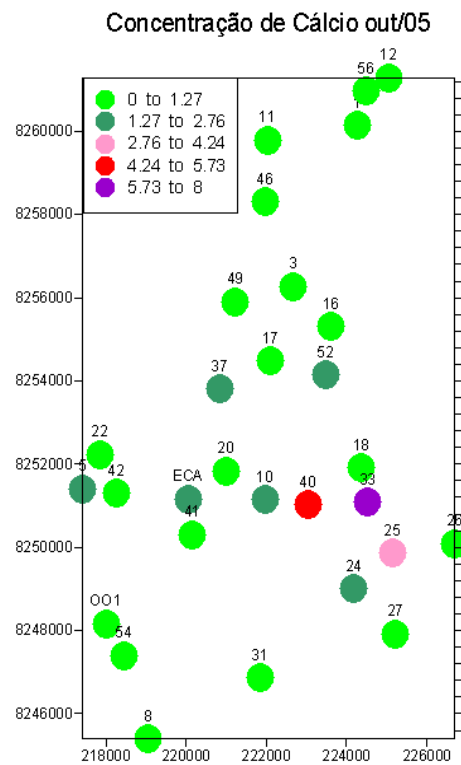
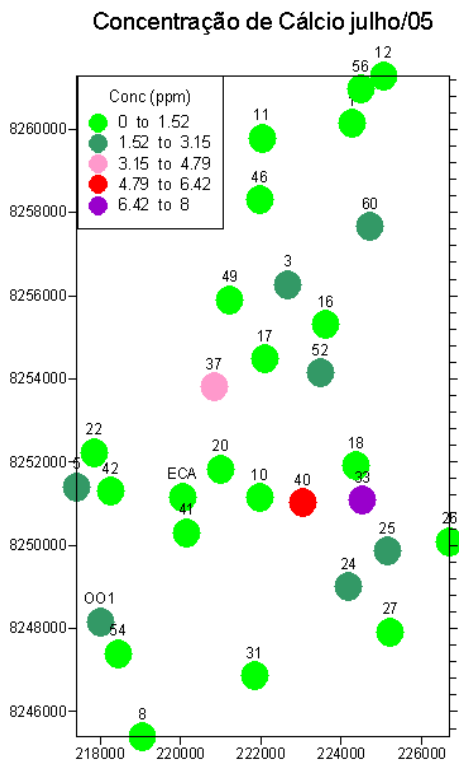
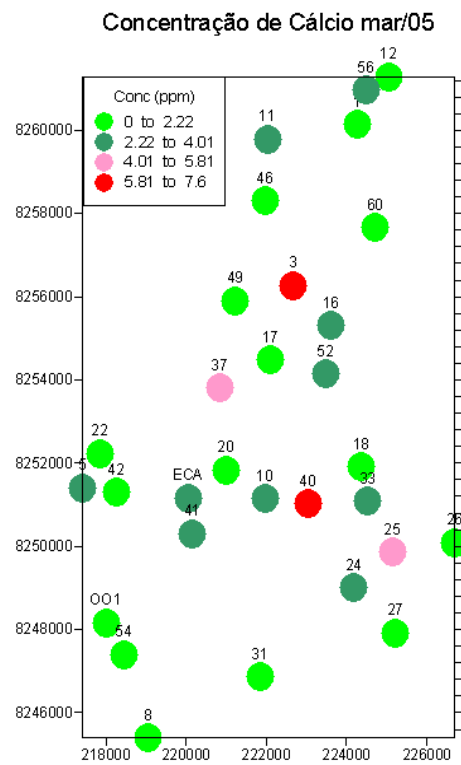
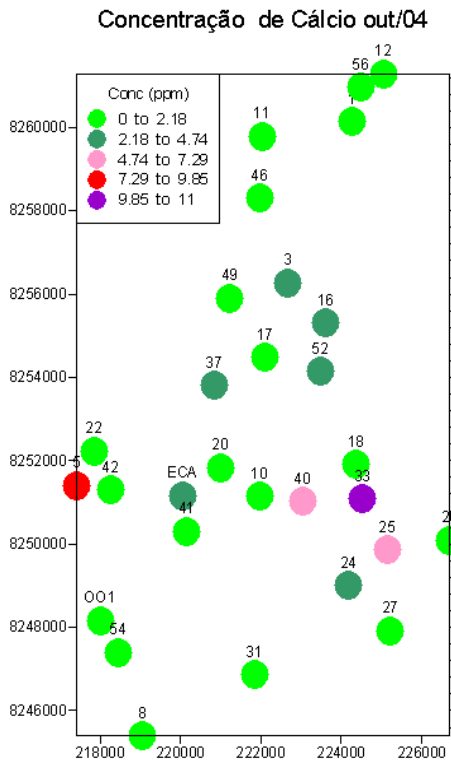
Concentração de Cloreto jul/05



Concentração de Cloreto out/05

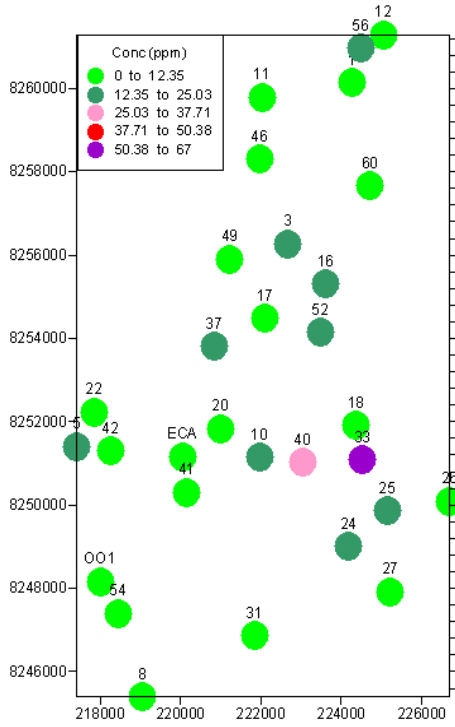


Distribuição espacial para o Ca em todas as coletas.

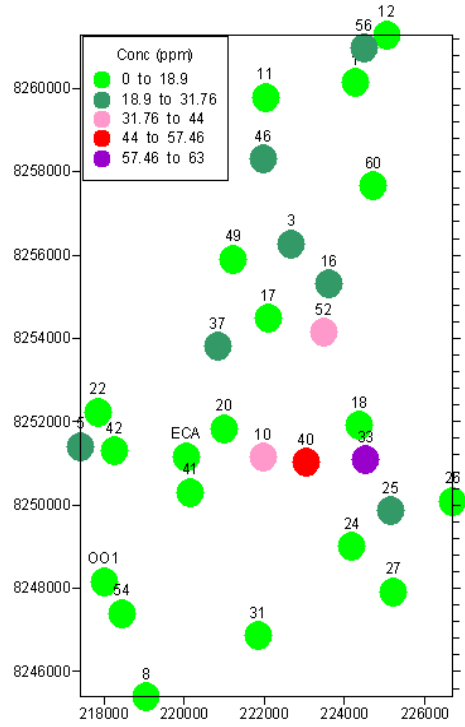


Distribuição espacial para o HCO_3^- em todas as coletas.

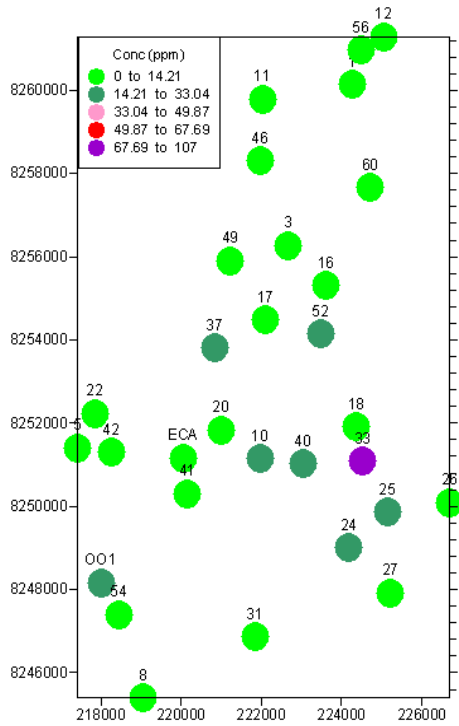
Concentração de Bicarbonato out/04



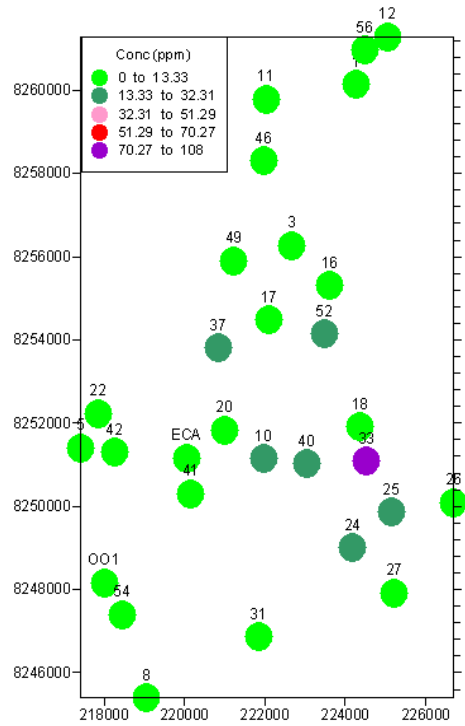
Concentração de Bicarbonato mar/05



Concentração de Bicarbonato jul/05

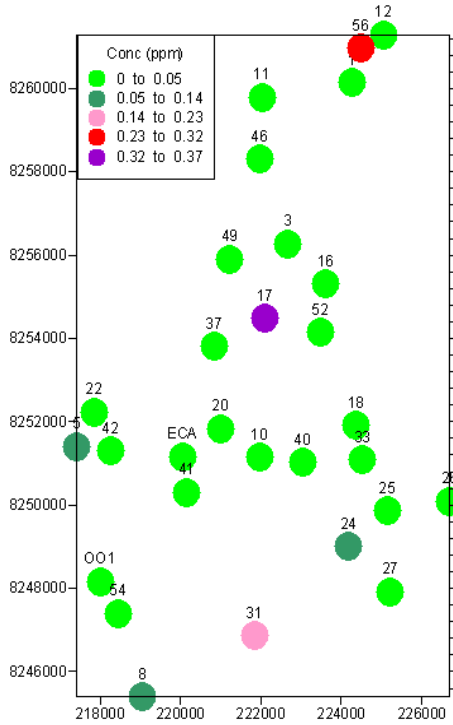


Concentração de Bicarbonato out/05

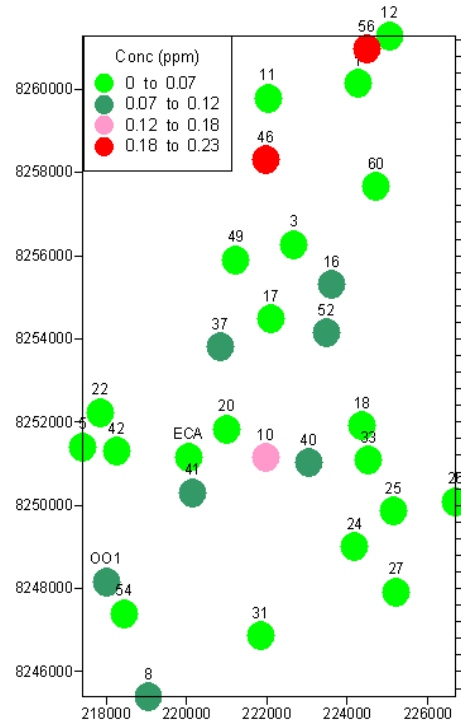


Distribuição espacial para o Zn em todas as coletas.

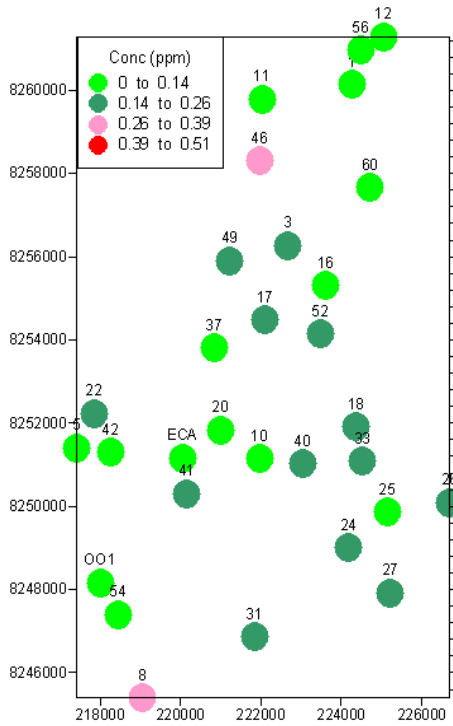
Concentração de Zinco out/04



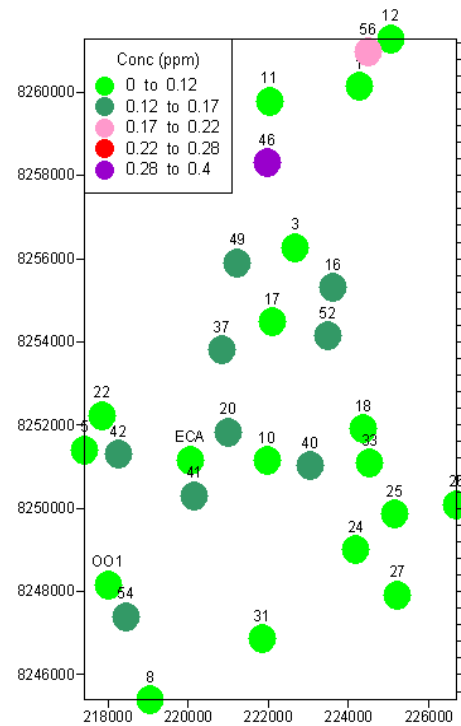
Concentração de Zinco mar/05



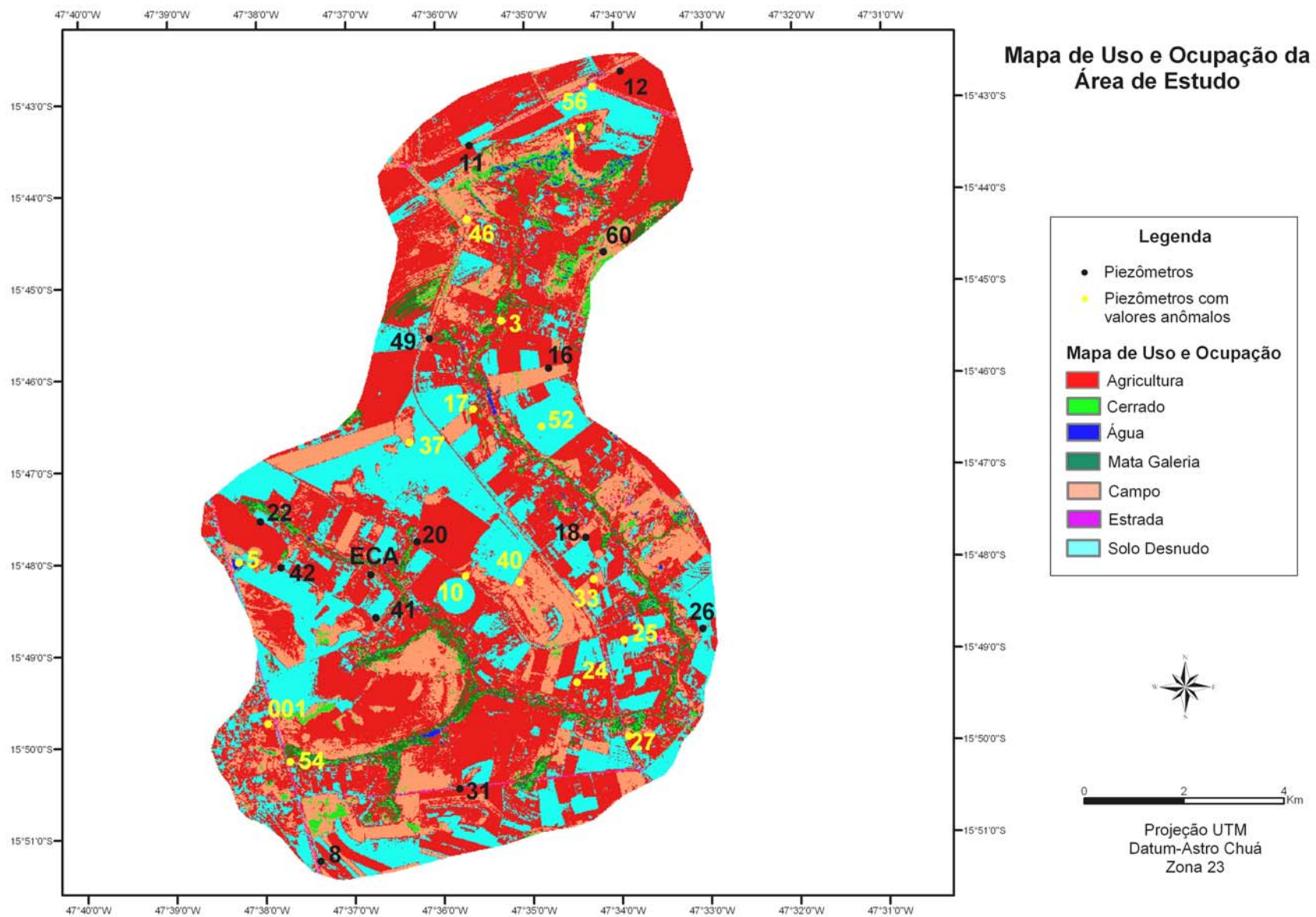
Concentração de Zinco jul/05



Concentração de Zinco out/05



Anexo VI: Mapa de uso e ocupação da bacia do Alto Jardim com a localização dos poços amostrados.



- Em amarelo estão os poços onde foram encontrados valores anômalos.