



Universidade de Brasília
Instituto de Geociências

Avaliação de Impactos Ambientais nos Tributários do Lago Paranoá, Brasília DF.



Rosângela Martines Echeverria

Dissertação de Mestrado

Orientador

Prof. Dr. Geraldo Resende Boaventura

Brasília, DF
2007



Universidade de Brasília
Instituto de Geociências

AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS NOS TRIBUTÁRIOS DO LAGO PARANOÁ, BRASÍLIA – DF.

ROSÂNGELA MARTINES ECHEVERRIA

Dissertação de Mestrado nº 233

Orientador

Prof. Dr. Geraldo Resende Boaventura

Examinadores

Prof. Dr. Patrick T. Seyler - Examinador Interno

Prof. Dr. Éder de Souza Martins - Examinador Externo

Brasília-DF
2007

“O inefável prazer de viver não se experimenta enquanto não começamos a encarar nossa vida como o principal dos trabalhos que devemos empreender”.
(do livro O Senhor de Sândara)

O segredo da felicidade está dentro de cada um, pois ela é o combustível para o sucesso.

Dedico este trabalho à minha família
aos meus amigos e colegas da UnB

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela sabedoria me concedida.

A minha família pela força, apoio e incentivo constante.

Ao meu orientador Professor Dr. Geraldo Resende Boaventura, pela orientação, confiança e estímulo em todo o período que trabalhamos juntos.

Ao Programa de Pós-Graduação do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília pela oportunidade de ampliar os conhecimentos e descobrir novos caminhos.

A Capes pelo auxílio financeiro.

Aos laboratórios de Geoquímica e Raios X da UnB, e em especial ao pessoal técnico, Renato, Fortes e Fernando, pelo auxílio prestado durante as análises.

A todos os demais colegas de laboratório que de várias formas procuraram viabilizar esse trabalho.

Aos meus amigos do lateq e minhas amigas Aninha e Gisela pelo incentivo.

A minha amiga Rubia pela revisão e Inara pela elaboração dos mapas.

A todos os colegas da Pós, em especial ao Luis Henrique (BH), Ricardo e Lisie por todas as dicas e pela possibilidade de uma agradável convivência e troca de experiências. Aos bolsistas Daniel e Júlia pelo trabalho em conjunto em muitas etapas.

A todos os Professores do Instituto de Geociências pelo aprendizado que me possibilitou a conclusão de mais uma etapa de minha vida acadêmica, especialmente Dr. Eloi, Dr. Augusto Pires e Dr^a Edi.

A todos vocês, muito obrigado!

Resumo

O alto grau de urbanização no Distrito Federal contribuiu para modificações no meio ambiente o que atingiu direta e indiretamente os recursos hídricos. O histórico de agressões ambientais na bacia do Lago Paranoá através da expansão urbana, uso e ocupação do solo e o lançamento de esgotos tratados e *in natura* serviram de parâmetros para estudar as alterações no meio ambiente. Neste trabalho foram estudadas as condições físico-químicas e geoquímicas das águas e dos sedimentos dos tributários do Lago Paranoá, procurando entender o comportamento dos elementos químicos e suas interações, bem como verificar as prováveis fontes de poluição. A área deste estudo é formada pela Bacia do Lago Paranoá, cujas unidades hidrográficas são: Santa Maria/Torto, Bananal, Riacho Fundo, Ribeirão do Gama e Lago Paranoá. A geologia pertence ao Grupo Paranoá e é composta principalmente por ardósia. As determinações físico-químicas da água foram realizadas usando o espectrofotômetro UV-Visível. O Espectrômetro de Emissão Atômica com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP/AES) foi utilizado para determinação de: Sr, La, Pb, Cd, Y, Ti, Ca, V, Mg, Fe, Si, Ni, Cu, Al, Cr, Ba, Zn, P e Mo, na fração 0,063 mm, nos sedimentos e também foi realizado a identificação mineralógica por difratometria raio-X. Os resultados de água que apresentaram altas concentrações estão no Ribeirão do Riacho Fundo, pontos R2 (chuva) para amônia (0,73 mg/L), R3 (seca) para fosfato (1,76 mg/L), RG1 (chuva) e RG2 (seca) para alcalinidade (50,4 mg/L), (48,0 mg/L), associados ao descarte de esgotos domésticos, lixos, escoamento de fertilizantes e insumos agrícolas, sendo estes componentes transportados pelas chuvas ou descartados no Córrego Guará e o Vicente Pires, afluente do Ribeirão do Riacho Fundo. Dessa forma, este tributário é atingido diretamente pelos efeitos antrópicos e está sofrendo assoreamento. Os resultados das análises de sedimentos para elementos traço (Zn, Cr, V, Ba e Sr), adsorvidos nos argilominerais, estão associados com rejeitos de materiais de construção, como cimento e areia trazidos por seus afluentes. O Ribeirão do Gama teve também variação nos resultados comparativos com outros trabalhos, o nitrato variou de 0,12 para 1,85 mg/L e totais de sólidos dissolvidos (TDS) de 4,2 mg/L para 7,3 mg/L, ficando evidenciado o aumento de sólidos em suspensão e de dejetos orgânicos (esgoto e efluentes), enviados ao Lago por este tributário. O Ribeirão do Torto apresentou alguns valores anômalos relacionados à construção de ponte e aos resíduos de ligas metálicas. O Ribeirão do Bananal teve resultado diferenciado em

relação aos outros tributários, no sedimento de fundo, associados à mineralogia, já que a maior concentração de Al_2O_3 está associada à gibbsita e caulinita, e de Fe_2O_3 a goethita e hematita. Os valores obtidos para elementos traço estão relacionados a materiais geológicos com influência de material de origem antrópica, no qual a argila facilita a adsorção destes elementos (Sr, Cu, Y, Zn, V e Cr) pelo Al e Fe na forma amorfa. O material sólido em suspensão tem a seguinte composição média de Al com 55%, Fe com 31%, Ca com 9%, Mg e Ti com 2% e elementos traço com 1%. Os dados obtidos demonstraram que todos os tributários sofreram influência da ação antrópica, contudo a região de maior impacto urbano é o tributário Riacho Fundo, no qual se verificou a presença de contaminação por lixo, esgoto e atividades agrícolas. O Ribeirão do Bananal é o menos poluído por estar em região de conservação, no Parque Nacional. Dessa forma, recomenda-se um monitoramento constante nos tributários para evitar contaminação do Lago Paranoá por materiais transportados e, também, a recuperação de áreas já degradadas. A indicação para essa proposta de recuperação e avaliação contínua é o uso de discriminadores ambientais (o nitrato, fosfato e amônia) para análise de água e Zn, K_2O e CaO no análise de sedimentos.

Abstract

The high level of urbanization in “Distrito Federal” in Brazil is contributing to modify the environment particularly the quality of surface water resources. The historical of environment aggression to the Paranoá Lake through urban expansion, land use and land occupation, is studied as environmental changes. In this work, physical-chemistry conditions and geochemistry of water and sediments of the Paranoá Lake contributories is studied, trying to understand the behavior of the chemical elements and their interactions, as well to verify the possible inputs of anthropogenic contamination. The study area is formed by the Paranoa Lake Basin, subdivided in six hydrographic units: Torto, Bananal, Riacho Fundo, Gama and Paranoá Lake. Concerning the geology of the studied area, the Ardósia Unit (shales) of the Paranoá Group is the main bedrock unit. The physical – chemistry parameters in water was measured using espectrofotometer UV- visible. The Inducted Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometer (ICP/AES) was utilized to determine Sr, La, Pb, Cd, Y, Ti, Ca, V, Mg, Fe, Si, Ni, Cu, Al, Cr, Ba, Zn, P and Mo (sediment 0,063 mm fraction), X-ray diffraction was used to identify the mineralogical composition of suspended and bedload sediments . The results of analysis of water samples show high concentrations during the rainy season, in Riacho Fundo (R2), for ammonia (0,73mg/L), and RG1 for alkalinity (50,4 mg/L and during dry season at R3 for phosphate (1,76 mg/L),and RG2 for alkalinity 48mg/l) . These high concentrations are associated to the domestic wastewater, garbage discharges, fertilizers and agricultural inputs, transported by the drainage waters or discarded in Guará and Vicente Pires streams, Riacho Fundo stream tributaries. Therefore, this last tributary is directly influenced by antropogenic actions with a high sediments discharge. The results of the chemical analysis of trace elements (Zn, Cr, V, Ba and Sr) in sediment, samples show that high concentrations are associated with inputs from building sites (cement and sand inputs) carried by these tributaries. Comparing with previous works, we show that the Gama Stream has higher concentrations for nitrate (from 0,12 to 1,85mg/L) and TDS (from 4,2 to 7,3 mg/L), resulting for the increase of suspended solids and organic sludges (wastewaters) inputs, transported to the lake. The Torto tributary demonstrated some anomalous values associated to the bridge construction and metallic wastes. The Bananal tributary shows higher concentrations for bedload

sediments, comparing with other affluents, and this could be due to minerals transport, as gibbsite and kaolinite. Iron oxides (Fe_2O_3) could be derive from goethite and hematite minerals. The values obtained for trace elements were referenced to geologic materials with the influence of antropogenic material, whose clay minerals can adsorbed these elements (Sr, Cu, Y, Zn, V and Cu) by Al and Fe in amorphous form. The suspended solid material has an average composition: Al 55%, Fe 31%, Ca 9%, Mg and Ti 2% and trace elements 1%. The obtained data shows that all tributaries are influenced by antropogenic inputs, but the region with highest urban impact is the Riacho Fundo tributary, where we found discharge of wastewater, garbage and agricultural inputs. The less polluted is the Bananal tributary, because it belongs to a conservation area inside the Parque Nacional. As conclusion, we recommended a constant monitoring for every tributary, in order to avoid contaminations in Paranoa Lake due to transported material, using chemical indicators ass nitrate, phosphate and ammonia for water and Zn, CaO and K_2O for sediments . We recommend also the recovery of damaged areas.

ÍNDICE

	Páginas
Resumo	i
Abstract	ii
Capítulo 1	
Introdução.....	1
Objetivo.....	3
Capítulo 2	
Área de Estudos.....	12
Capítulo 3	
Aspectos fisiográficos e caracterização ambiental.....	25
3.1 Geologia	25
3.2 Hidrologia.....	27
3.3 Geomorfologia	28
3.4 Pedologia.....	32
3.5 Clima.....	33
3.6 Vegetação.....	34
3.7 Impactos.....	35
Capítulo 4	
Metodologia	38
4.1 Escolha de pontos.....	38
4.2 Coleta das amostras	41
4.3 Procedimentos Analíticos.....	44
4.4 Métodos Analíticos	44
4.5 Determinação de Sólidos Voláteis	49
4.6 Difractometria de Raio-X	49
4.7 Detecção Biológica.....	49
4.8 Métodos Analíticos.....	50
Capítulo 5	
Resultados e Discussão.....	53
5.1 Água.....	53
5.2 Mineralogia	67
5.3 Sedimentos de Fundo - Tributários.....	71
5.4 Material Sólido em Suspensão	81
5.5 Material Sólido Depositado – Lago Paranoá.....	86
5.6 Abordagem Geral da discussão dos Tributários.....	95
Capítulo 6	
Conclusão.....	96
Capítulo 7	
Bibliografia.....	98

ÍNDICE DE FIGURAS

	Páginas
Figura 2.1 - Mapa dos tributários formadores do Lago Paranoá.....	13
Figura 2.2 - Mapa da Bacia do Lago Paranoá com representação dos pontos de coletas nos tributários.....	19
Figura 2.3 - Foto do Ribeirão Riacho Fundo (R1) perto do zoológico e próximo ao Lago Paranoá.....	20
Figura 2.4 - Foto do Córrego Guará (RG2), sob a ponte próxima ao Park Shopping.....	20
Figura 2.5 - Foto do Ribeirão do Gama (G1), Lago Sul.....	21
Figura 2.6 - Foto do Córrego cabeça de Veado no ponto (C3) Jardim Botânico.....	23
Figura 2.7 - Foto do Ribeirão do Torto (T2), próximo ao Varjão.....	23
Figura 2.8 - Foto do Ribeirão do Bananal (B1), próximo ao Parque Nacional.....	24
Figura 3.1 - Mapa Geológico da Bacia do Lago Paranoá, PF.....	26
Figura 3.2 - Mapa Geomorfológico da Bacia do Lago Paranoá.....	31
Figura 3.3 - Mapa de Solos da Bacia do Lago Paranoá.....	33
Figura 3.4 - Evolução do crescimento populacional.....	36
Figura 3.5 - Mapa de uso e ocupação do solo na Bacia do Lago Paranoá.....	37
Figura 4.1 - Mapa da Bacia do Lago Paranoá com representação dos pontos de coletas nos Tributários.....	41
Figura 5.1 - Representação de nitrato no período de chuva e seca nos tributários.....	55
Figura 5.2 - Representação de amônia no período de chuva e seca nos tributários.....	55
Figura 5.3 - Representação de cloreto no período de chuva e seca nos tributários.....	56
Figura 5.4 - Resultado de elementos traço nos tributários do Lago Paranoá.....	72
Figura 5.5 - Resultado de elementos traço nos tributários do Lago Paranoá (Zr e Ba).....	73
Figura 5.6 - Resultado de elementos traço nos tributários do Lago Paranoá (Cr e V).....	73
Figura 5.7 - Média do índice pluviométrico de 2006 (IBGE).....	81
Figura 5.8- Sedimento enviado dos Tributários ao Lago Paranoá.....	82
Figura 5.9 - Contribuição de material sólido enviado ao Lago Paranoá de cada tributário.....	83
Figura 5.10 - Percentual de elementos químicos enviados dos tributários ao Lago Paranoá.....	84
Figura 5.11 - Percentual de elementos traço enviados dos tributários ao Lago Paranoá.....	85
Figura 5.12 - Foto representativa do início da amostragem (L1).....	88
Figura 5.13 - Fotos da amostra coletada em pontos intermediários (L6, L12, L13).....	88
Figura 5.14 - Foto representativa do termino da amostra no cano (L16).....	89
Figura 5.15 - Resultado da análise estratigráfica de material sólido depositado no braço do Ribeirão do Riacho Fundo, Lago Paranoá.....	91

ÍNDICE DE TABELAS

	Páginas
Tabela 2.1 - Características gerais do Lago Paranoá.....	16
Tabela 4.1 - Descrição de pontos dos tributários formadores do Lago Paranoá	39
Tabela 4.2 - Amostras da análise de material sólido depositado no Braço do Riacho Fundo, Lago Paranoá	43
Tabela 4.3 - Parâmetros operacionais do ICP/AES	45
Tabela 5.1 - Resultados dos parâmetros físico-químicos nos períodos de chuva e seca dos tributários do Lago Paranoá.....	54
Tabela 5.2 - Resultado de metais nos períodos de chuva e seca dos tributários do Lago Paranoá.....	56
Tabela 5.3 - Valores médios e desvios padrões de parâmetros físico-químicos e metais em água dos Tributários do Lago Paranoá, pertencentes à geologia do grupo Paranoá.....	57
Tabela 5.4 - Parâmetros médios de elementos químicos em água indicados em outros trabalhos.....	58
Tabela 5.5 - Resultados dos testes de coliformes totais utilizando o COLItest.....	66
Tabela 5.6 - Resumo das análises por DRX da amostra total, fração argila e do filtrado dos pontos de coleta dos Tributários do Lago Paranoá.....	68
Tabela 5.7 - Tabela de resultado de elementos maiores dos tributários do Lago Paranoá.....	71
Tabela 5.8 - Tabela de resultado de elementos traço nos sedimentos dos tributários do Lago Paranoá.....	72
Tabela 5.9 - Valores médios e desvios padrões de análise de metais em sedimentos dos tributários do Lago Paranoá.....	74
Tabela 5.10 - Comparação de resultados regionais de sedimentos com outras publicações.....	75
Tabela 5.11 - Classificação dos parâmetros do índice de geoacumulação, de acordo com o grau de poluição.....	79
Tabela 5.12- Índice de geoacumulação.....	80
Tabela 5.13 - Resultado de elementos químicos maiores no material sólido depositado.....	89
Tabela 5.14 – Resultado de elementos traço no material sólido depositado.....	90
Tabela 5.15 - Índice de Geoacumulação estratigráfico.....	94

CAPÍTULO 1

Introdução

A água é um dos componentes fundamentais para a existência do ser humano, sendo importante na qualidade adequada e quantidade suficiente para a manutenção da saúde e o do desenvolvimento econômico. Diversos fatores têm afetado os recursos hídricos no país, principalmente no que diz respeito à demanda demográfica e à consequente poluição dos corpos d'água.

Os conceitos atuais de gerenciamento de recursos hídricos estabelecem que a água é um bem escasso, dotado de valor econômico, e que a gestão dos recursos hídricos deve proporcionar o uso múltiplo das águas. No Brasil, os fundamentos e princípios para a gestão de recursos hídricos estão definidos na Lei 9.433/97, que estabelece que os diferentes setores usuários possuam igualdade de direito a seu acesso, com exceção do uso para abastecimento humano e dessedentação animal, fatores que possuem prioridade sobre os demais usos. É verificado que a gestão dos recursos hídricos – em conformidade com a legislação vigente – necessita de recursos humanos, financeiros, bem como de acúmulo de conhecimento, dos fundamentos e de instrumentos de gestão indicados em lei. Tudo isto em conjunto é essencial para a implementação de uma política apropriada ao uso dos recursos hídricos no Brasil (PEREIRA, 2006).

O crescimento populacional no Brasil nas últimas décadas, aliado ao crescente processo de desenvolvimento urbano e industrial, tem exercido impactos sobre os recursos naturais, principalmente sobre a água e o solo, acentuando o processo erosivo, o assoreamento e a poluição dos mananciais, afetando, dessa maneira, a qualidade e a quantidade da água destinada a populações.

As substâncias poluentes que atuam no sistema é resultado da ação do homem. Tais substâncias podem atingir os ecossistemas aquáticos por meio de fontes difusas, como águas subterrâneas contaminadas, o escoamento superficial de áreas agrícolas e urbanas, fontes pontuais como descargas de efluentes industriais e urbanos e remoção a partir do sedimento (RODRIGUES, 1997).

Dessa forma, torna-se necessária a aplicação de medidas que reduzam efeitos indesejáveis, assegurando, assim, o desenvolvimento econômico, levando-se em conta a conservação, a proteção e o uso apropriado dos recursos naturais.

O Distrito Federal (DF) tem como característica o alto grau de urbanização. Em 1991, as áreas urbanas do DF concentravam um total de 94,68% da população total e a rural, 5,1%. O aumento da urbanização contribuiu para modificações no meio ambiente, fato que atingiu direta e indiretamente os recursos hídricos da região (CODEPLAN, 1996).

ASSEL & CLDF (1999) constataram em suas pesquisas que a conservação dos mananciais hídricos do DF está comprometida pelo mau uso do solo. Isso é decorrente do parcelamento do solo urbano, das invasões, da agropecuária, do extrativismo mineral (terra, areia, brita) e da deposição de lixo e de entulho em locais inadequados.

A problemática da Bacia do Paranoá existe em decorrência do crescimento populacional no DF e nas cidades do entorno, decorrente da ocupação do solo por meio do surgimento de assentamentos, de loteamentos e de condomínios que chegam a ocupar até áreas de conservação e áreas rurais. Assim, surgem as fontes antrópicas da bacia, vinculadas à ocupação desordenada das áreas, resultado de nenhum planejamento prévio (ASSEL & CLDF 1999).

As fontes possuem características próprias quanto aos poluentes que carregam. Os esgotos domésticos apresentam compostos orgânicos biodegradáveis, nutrientes e bactérias. Já a grande diversidade de áreas utilizadas para a agricultura no DF contribui com variabilidade mais intensa nos contaminantes arrastados pela irrigação e pela chuva aos corpos d'água.

Os esforços dos órgãos fiscalizadores não têm sido suficiente para conter o processo de degradação ambiental e a ocupação desordenada que afetam sobremaneira os recursos hídricos da região (PEREIRA, 2006).

Um levantamento de informações realizado por meio de estudos geoquímicos permite definir medidas de prevenção, de correção e de monitoramento conveniente à condução dos processos de gestão ambiental, além de melhorar a manutenção da qualidade ambiental pela avaliação dos constituintes químicos – sejam eles naturais ou provenientes da atividade humana.

Os efeitos das atividades humanas na qualidade da água são normalmente complexos e específicos para cada região, dependendo de uma série de fatores biogeoquímicos. O conhecimento das variáveis biológicas, físicas e químicas das águas de um rio, lago ou reservatório é de fundamental importância para a caracterização do sistema hídrico, suas variações e comportamentos, já que existem diversas formas de

utilização desse sistema, tais como o abastecimento público, a irrigação, o lazer, a manutenção da vida aquática, entre outros (PEREIRA, 2006).

OBJETIVOS

Neste trabalho, foram executadas análises físico-químicas nas amostras de água; determinados os elementos químicos para água, sedimento e materiais sólidos em suspensão provenientes dos Tributários do Lago Paranoá; além de ter sido realizado um teste de coleta de amostra de profundidade no braço do Ribeirão do Riacho Fundo.

O objetivo deste trabalho é estudar as condições físico-químicas e geoquímicas das águas e os sedimentos dos tributários do Lago Paranoá, e identificar os materiais em suspensão transportados para o lago. Entender o comportamento dos elementos químicos e suas interações, bem como verificar as prováveis fontes de poluição. Por fim, avaliar qual dos tributários tem maior contribuição antrópica ao desaguar no Lago Paranoá.

GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

Os conflitos existentes entre os diversos usos da água e os riscos de comprometimento de algum ou de vários usos é devido à escassez da água e a problemas de poluição. Nesse contexto de conflitos, surge o interesse em desenvolver abordagens que permitam priorizar e compatibilizar os diferentes usos da água, fundamentadas por critérios objetivos, com a finalidade de subsidiar decisões para o gerenciamento dos recursos hídricos (PEREIRA, 2006).

Apesar da grande quantidade de água, estima-se que quase 3% constituem água adequada para o consumo humano, menos de 1% (ou seja, 0,03% do total) esteja disponível em mananciais superficiais. Além da disponibilidade restrita para o uso humano, concorre para a mencionada escassez o crescimento populacional e as demandas de uso. Calcula-se que, durante o século XX, a população mundial triplicou, enquanto a demanda por água em atividades humanas foi multiplicada por seis (PIRES, 2004 *apud* PEREIRA, 2006).

Os recursos hídricos têm papel crucial no desenvolvimento econômico e social de uma região, pois, além de insumo básico à vida humana e animal, são componentes fundamentais à produção de alimentos e a grande parte das atividades produtivas, que são geradoras de renda e de qualidade de vida para a sociedade. O crescimento urbano intenso, desordenado e concentrado provocou impactos ambientais que modificaram paisagens e a qualidade ambiental urbana, causada pela poluição dos mananciais por despejos domésticos e industriais, o que criou condições sanitárias e ambientais extremamente desfavoráveis, resultando em perdas econômicas para a sociedade. As principais preocupações centram-se na qualidade dos rios e reservatórios, no desmatamento, na biopirataria e, no final do século, nos impactos associados às mudanças climáticas (PEREIRA, 2006).

A gestão de recursos hídricos é caracterizada por problemas e desafios em virtude da quantidade de variáveis envolvidas, A complexidade aumenta quando o objetivo do gerenciamento é associar os benefícios econômicos proporcionados pela operação dos sistemas hídricos que completam ou conflitam entre si à redução de riscos e à proteção ambiental (PIRES, 2004 *apud* PEREIRA, 2006).

No cenário atual, os recursos hídricos devem ser gerenciados por estratégias que reflitam objetivos sociais, econômicos e ambientais, baseado em análise de dados estatísticos reais – utilizando-se da multidisciplinariedade – associada a instrumentos técnicos e legais no planejamento e na gestão.

PRINCÍPIOS GEOQUÍMICOS E INTEMPERISMO

Os efeitos das atividades humanas na qualidade da água são normalmente complexos e específicos para cada região (ou microrregião), dependendo de uma série de fatores biogeoquímicos. O conhecimento das variáveis biológicas, físicas e químicas das águas de um rio ou reservatório – águas que têm sido utilizadas de múltiplas formas (abastecimento público, irrigação, balneabilidade, dessedentação de animais, manutenção da vida aquática, dentre outros) – é de fundamental importância para a caracterização do sistema hídrico, bem como suas variações e seus comportamentos (PEREIRA, 2006).

A distribuição e disponibilidade de elementos químicos dependem não só das suas concentrações, mas de suas associações químicas e físicas nos sistemas naturais, influenciados pelas condições ambientais, intemperismo natural e/ou ações antrópicas.

Surge, assim, a necessidade de compreender alguns princípios geoquímicos e a atuação do intemperismo para, em seguidas, correlacioná-los com a ação do homem.

Sob o ponto de vista geológico e geoquímico, a Terra é um sistema dinâmico, onde os materiais são movimentados de um local para o outro, mudando de forma e de composição. O processo nos quais íons e partículas se movimentam para novos locais e ambientes geoquímicos é chamado de dispersão geoquímica. Toda a dispersão ocorre em um sistema aberto e dinâmico, no qual os materiais geológicos são submetidos a mudanças e a quimismo do ambiente, da temperatura, de pressões, de tensões mecânicas, dentre outras condições físicas. As rochas ou minerais e os grãos ou íons neles contidos, estáveis em um determinado ambiente, são dispersos e liberados, tanto pela ação de processos físicos quanto químicos (LICHT 1998).

O termo intemperismo inclui todos os processos de destruição e reconstrução que ocorrem nas proximidades da superfície da Terra. Sob ação desses processos, os padrões de dispersão primária são totalmente modificados e novos modelos de dispersão se formam pela atuação dos processos supergênicos. Podem ser distinguidos três tipos principais de intemperismo: o físico, o químico e o biológico.

Processos físicos são todos aqueles que causam apenas a fragmentação, que ocorrem modificações químicas e mineralógicas no material original. Essa desintegração aumenta a superfície reativa e, por isso, facilita a decomposição das rochas, por meio de reações químicas com a água, com o oxigênio livre e com o dióxido de carbono. A atividade biológica contribui direta ou indiretamente no intemperismo químico e físico. Comparando com os processos físicos, os agentes químicos são capazes de ataques muito mais poderosos sobre as rochas e seus constituintes minerais.

Uma atuação nos processos de intemperismo em meio tropical e subtropical úmido produz uma completa lixiviação dos metais alcalinos, alcalinos terrosos e sílica, enquanto o Fe e o Al concentram-se in situ como óxidos e hidróxidos. A presença de K, Na, Ca e Mg indicaram um processo ainda incompleto (DELVIGNE, 1965, em ZEEGERS, 1979 *apud* LICHT 1998).

No meio ambiental o intemperismo químico depende da presença de água, de sólidos e de gases dissolvidos. A presença de oxigênio, dióxido de carbono e complexos húmicos dissolvidos amplia bastante o poder corrosivo das soluções naturais. A chuva contém quantidades significantes de oxigênio e de dióxido de

carbono dissolvidos, bem como cloretos e sulfatos derivados dos oceanos e das atividades humanas, domésticas e industriais.

Os principais tipos de reações químicas associadas ao intemperismo são: hidratação, hidrólise, oxidação e dissolução.

A hidratação e a hidrólise são consideradas como as mais importantes reações químicas envolvidas na decomposição da rocha. A hidratação implica na absorção das moléculas de água na estrutura cristalina de um mineral. É comum que ela ocorra em conjunto com outros processos do intemperismo químico, tais como a conversão de aluminossilicatos ou de minerais de Fe^{2+} em hidróxidos Fe^{3+} . Na hidrólise, um silicato de Al ou Fe é convertido em argilomineral ou hidróxido de ferro, acompanhado pela perda de cátions e pela incorporação de H^+ . As reações de hidrólise são exotérmicas e podem produzir aumento de volume. A tensão resultante é um dos fatores principais para a desintegração das rochas (LICHT 1998).

As reações de oxidação são características do ambiente aerado da zona de intemperismo. Pela ação dos agentes de oxidação, os minerais formados em ambientes deficientes em oxigênio são convertidos em compostos de valência mais elevada. Os elementos mais comumente afetados são o Fe, Mn, S e C, que ocorrem na maioria das rochas profundas e sedimentares na forma de Fe^{2+} , Mn^{2+} , e S^{2-} e compostos orgânicos, podendo ser oxidados a Fe^{3+} , Mn^{4+} e S^{6+} e CO_3^{2-} no ambiente superficial. As reações de oxidação tendem a ser lentas. A água catalisa as reações que envolvem o oxigênio gasoso, os produtos da oxidação são novos minerais e constituintes dissolvidos. A dissolução de muitos minerais na água do meio superficial pode ser um fator extremamente importante sob certas condições. O exemplo é a formação de cavernas calcárias, que ocorre pela dissolução de calcita em água que contém CO_2 , produzindo bicarbonato solúvel, que também acontece quando há reação lenta de liberação da sílica e dos cátions como K, Mg, Na, Ca (ROSE, HAWKES E WEBB, 1979 *apud* LICHT, 1996).

Os processos orgânicos, além de constituírem o fator genético na formação do solo, desempenham, ainda, papel significativo na decomposição e no intemperismo. A respiração das plantas é um fator importante no ciclo biológico do oxigênio e do dióxido de carbono, que são os reagentes mais importantes do intemperismo. A água produzida pela transpiração se enriquece em solutos e soluções remanescentes nos poros dos vegetais. A oxidação do Fe e do S é catalisada por bactérias, da mesma maneira que a fixação do nitrogênio. Os ácidos orgânicos e os agentes complexantes –

gerados pela decomposição das plantas nos horizontes superiores do solo – podem contribuir para as reações nas zonas profundas do intemperismo e no aumento do poder de solubilização das águas naturais (LICHT 1998).

Os fatores principais que condicionam os processos de intemperismo são:

- a resistência dos minerais primários, formadores de rocha, aos processos do intemperismo;
- a granulação e a textura da rocha;
- clima, especialmente a temperatura e a precipitação pluviométrica;
- topografia e condições de drenagem.

FONTES DOS METAIS

Os sedimentos fluviais são os principais transportadores de metais no sistema hidrológico. Os metais Fe, Ni, Cr, Cu, Co, Mn, Zn apresentam grande tendência de serem incorporados nas frações mais finas (argila/ silte) dos sedimentos na forma precipitado ou co-precipitado nas camadas cristalinas ou amorfas (GIBBS, 1973; SALOMONS & FÖRSTNER, 1980).

Os elementos químicos podem ocorrer nas rochas e minerais como constituintes principais e em concentrações elevadas, considerados como elementos maiores. Já os elementos menores e traços são aqueles presentes em concentrações mais baixas.

A ameaça particular que os metais oferecem ao meio ambiente está no fato de que eles, ao contrário de muitos poluentes orgânicos, não são decompostos por atividade microbiológica. Isso porque é enriquecido por organismos, além da possibilidade de formação de complexos organometálicos tóxicos, como observado na transformação do mercúrio elementar e iônico divalente em metilmercúrio (FÖRSTNER & MULLER, 1973).

O lantânio (La) é um dos metais mais reativos entre os chamados “terra raras”. Os elementos terras raras (ETR) são divididos em dois grupos: os leves (ETRL), com números atômicos abaixo do európio (Eu, Z=63) e os com números atômicos acima, chamados de pesados (ETRP) (FIGUEIREDO, 1985 *apud* CARMO, 2001). Alguns trabalhos ambientais foram realizados no Distrito Federal a fim de estudar os elementos terras raras, entre eles, destacam-se: Boaventura (1997a), que caracteriza as águas e sedimentos de corrente do DF identificando os elementos ETRP; PINELLI

(1999) que estudou a contribuição dos ETR nas bacias hidrográficas de Mestre D'Armas, Pipiripau e Sobradinho que monitorou os elementos terras raras na bacia do Lago Paranoá em diferentes frações granulométricas.

O cromo (Cr) tem como principais fontes emissoras no ambiente a galvanoplastia, a metalurgia e o refino, a produção de pigmentos e tintas, as ligas metálicas, os curtumes e os rejeitos urbanos, industriais e agrícolas. A maior parte do Cr presente nos solos ocorre na forma de Cr^{3+} dentro da estrutura do mineral, sendo estável em solos. O cromo pode ser encontrado na forma de íon cromato, principalmente em ambiente oxidante, tornando-se bastante móvel e tendendo a ser adsorvido por óxidos e hidróxidos de ferro em frações pelíticas. O comportamento do Cr no solo pode ser modificado pela presença de matéria orgânica, a qual o efeito de estimular a redução do Cr^{6+} para Cr^{3+} . Devido à sua maior solubilidade, o Cr^{6+} apresenta maior toxicidade do que o Cr^{3+} . A presença de algumas dessas formas em quantidades prejudiciais para as plantas pode resultar em danos como clorose, redução de crescimento foliar e radicular e morte. Os efeitos tóxicos do Cr^{6+} nas plantas são causados por alterações no conteúdo de nutrientes essenciais e decréscimo da taxa de fotossíntese como consequência do fechamento de estômatos, alteração de cloroplastos e redução do espaço intercelular (GROVE & ELIS, 1980; SANTOS, 1987 *apud* PINELLI, 1999).

O vanádio (V) em temperaturas elevadas se combina com a maioria dos não metais, o que ocorre em rochas máficas, xistos, rochas ácidas. Nos sedimentos, o conteúdo depende da textura, ou seja, em sedimentos arenoso (10 a 60ppm) e em sedimentos argilosos (80 a 130ppm). Esse elemento não forma minerais separadamente, mas pode substituir outros metais (Fe, Ti e Al) em diversas estruturas, além de ser adsorvido por óxidos e hidróxidos (PENDIAS 1986).

As fontes contaminantes com cobre (Cu) são fertilizantes, defensivos agrícolas, *sprays*, esgotos industriais e urbanos. O Cu ocorre associado a sulfetos, arsenatos, cloretos e carbonatos ou livre na natureza, no estado de oxidação Cu^{2+} . Este elemento é facilmente absorvido em sedimentos, dependendo da presença de fração pelítica nos sedimentos, óxidos de Fe/Mn e do pH. Vários autores registraram a tendência de adsorção do Cu na presença de matéria orgânica (RIBEIRO, 1992).

O zinco (Zn) tem uma concentração que varia com o pH e a textura dos solos, estando presente em maior quantidade nos solos argilosos do que nos solos arenosos, assemelha-se aos metais de transição na sua capacidade de formar complexos,

particularmente com amônia, com amina, com íons haletos e com cianetos. O íon Zn^{2+} é facilmente adsorvido pela matéria orgânica e o ferro e o manganês possuem características químicas muito semelhantes. Em solução com baixo potencial de oxidação e de pH, eles tendem a ser instáveis sob forma de íons bivalentes. Esses elementos formam carbonatos, sulfetos e silicatos que nas condições de superfície são facilmente oxidados, formando, assim, óxidos muito insolúveis. As principais fontes antrópicas do Zn são as práticas agrícolas e industriais em metalurgias (PENDIAS, 1986).

O cobalto (Co) ocorre em rochas sedimentares em concentrações que variam de 0,1 a 20 ppm e sua ocorrência está relacionada a presença de argilominerais e de matéria orgânica. Em processos de alteração em ambiente oxidante o Co é relativamente móvel, devido a sua adsorção por óxidos de Fe e Mn. A adsorção por óxido de Mn depende, porém, das condições de pH. Algumas fontes de origem antrópica estão relacionadas à mineração e a metalurgia, outras são derivadas de combustíveis fósseis, no qual, análise de poeiras em regiões próximas a rodovias demonstrou teores deste elemento (PENDIAS, 1986).

O níquel (Ni) é encontrado em sulfetos e arsenetos como anicolita (NiS) e a milerita (NiAs). O Ni é facilmente mobilizado e precipita associado a óxidos de ferro e manganês, por ser estável em soluções aquosas faz migrações a longas distâncias. Os altos teores de Ni em águas superficiais indicam despejos de esgotos industriais e queima de combustível. Na agricultura, o Ni está presente em fertilizantes e corretivos superfosfatados (ROCHA & HIRCHE, 1994).

O ferro (Fe) é encontrado em baixas concentrações (<0,3mg/L) em quase todas as águas e ocorre sob diversas formas químicas, freqüentemente associadas ao manganês. Quando a água que contém ferro é exposta ao oxigênio do ar, os íons ferrosos oxidam-se e se tornam férricos. Nos arenitos os nos folhetos, os óxidos, os carbonatados e os hidróxidos de ferro constituem o material de sedimentação. No corpo humano, o ferro atua na formação de hemoglobina. Substância que, em carência, pode causar anemia e, em excesso, pode aumentar incidência de problemas cardíacos e diabetes. A presença demasiada do Fe na água pode causar problemas de abastecimento doméstico e industrial. Óxidos e hidróxidos de Fe e Mn têm alta capacidade de adsorção de metais, principalmente em pH alto. Essa característica mostra a deficiência de muitos solos alcalinos para a disponibilidade desses metais para as plantas (PENDIAS, 1986).

O sódio (Na) é um dos metais alcalinos mais importantes e abundantes, com predominância em decorrência da solubilidade elevada, da distribuição ampla nos minerais fontes, da baixa estabilidade química dos minerais que contém e da difícil precipitação da maioria dos seus compostos químicos em solução. O Na é o principal responsável pelo aumento constante da salinidade do ponto de vista catiônico. (FEITOSA, 1997)

O potássio (K) ocorre principalmente nos feldspatos potássicos, micas e leucitas, em rochas ígneas e metamórficas. As altas concentrações de potássio podem ser encontradas nos minerais carnalita e silvinita, em evaporitos. A carência pode provocar fadiga, baixa de açúcar no sangue e insônia, enquanto seu excesso pode causar câimbra, fadiga, paralisia muscular e diarreia. No corpo humano, o potássio além de regular os batimentos cardíacos, controla os impulsos nervosos e as contrações musculares. É importante para o desenvolvimento de vegetais, sendo adicionado ao solo com fertilizante.

O cálcio (Ca) está na maioria das rochas e águas do planeta Terra. Os sais de cálcio possuem de moderada a elevada solubilidade, sendo muito comum precipitar como carbonato de cálcio. É um dos principais constituintes da água e principal responsável pela dureza. Na agricultura é essencial para o crescimento dos vegetais, além de que sua abundância em águas para irrigação tende a favorecer a redução dos perigos da alta concentração de sódio no solo. No corpo humano o Ca tem a função de manter os ossos saudáveis, além de atuar no mecanismo de coagulação do sangue, controlar os impulsos nervosos e as contrações musculares. Sua carência provoca osteoporose e raquitismo, seu excesso provoca dores musculares, fraqueza, sede, desidratação, enjôo e pedras nos rins (FEITOSA, 1997).

O magnésio (Mg) apresenta propriedades similares ao cálcio, porém, é mais difícil de precipitar e mais solúvel. Os minerais fontes de magnésio são: magnesita, biotita, granada, hornblenda, clorita, alanita e olivina. No corpo humano, o Mg tem a função de converter açúcar em energia, além de ser necessário para o bom funcionamento dos nervos e músculos. A deficiência causa nervosismo e tremores e seu excesso é maléfico para a saúde provocando distúrbios intestinais. É benéfico na agricultura, pois é um dos principais componentes da clorofila, porém, em teores mais elevados, torna-se maléfico (FEITOSA, 1997).

O bário (Ba) é utilizado na forma de sais de bário (cloreto, sulfeto, carbonato, nitrato, etc) aplicado nas indústrias de pintura, pirotecnia e em raticidas. A grande

toxicidade deste sais decorre do fato de serem solúveis em água e facilmente absorvidos nos intestinos.

O estrôncio (Sr) é utilizado na fabricação de cerâmicas, produtos de vidros, pigmentos para tinturas (cromato), lâmpadas fluorescentes e em medicamentos (cloretos e peróxidos). A principal aplicação é em cristais para tubos catódicos de TV coloridos. Pesquisas recentes indicaram que o Sr tem sido o causador de doenças ósseas. (COELHO, 2007)

O ítrio (Y) pertence ao grupo dos elementos terras raras, e geralmente está associado aos lantanídeos. É usado na composição de cerâmicas e vidros ópticos, que devido ao seu óxido apresenta elevado ponto de fusão. Também é utilizado em filtros de microondas. O óxido de Y é usado na produção de Y_2O_3 utilizado em fósforos de eutrópios para dar coloração vermelha em cinescópios de TV. A toxicidade está associada como a alta capacidade do íon Y^{3+} substituir os íons Ca^{2+} nos seres vivos, que são responsáveis por muitas funções metabólicas, uma consequência biológica é formar colóides com as proteínas. Os sais de Y são cancerígenos. (WIKIPEDIA, 2007)

CAPÍTULO 2

ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo neste trabalho é a Bacia do Rio Paranoá, onde se localiza o Lago Paranoá e seus tributários, alvo da pesquisa. O lago é um exemplo clássico de reservatório destinado a usos múltiplo, e seus tributários participam, também, desse processo, principalmente, no que diz respeito ao consumo de água.

O lago em questão é um represamento artificial urbano, formado pelo barramento do rio Paranoá, em 1959. Suas funções principais na atualidade incluem geração de energia, diluição de águas servidas, destino de águas pluviais e a pesca, com destaque para a prática de esportes aquáticos, lazer, recreação e turismo. Os tributários também auxiliam nesses usos, sobretudo, no abastecimento (PEREIRA, 2006).

O Lago Paranoá foi alvo de intenso processo de degradação no final da década de 70, chegando a limitar os diversos usos para o qual foi destinado. Diversos investimentos foram realizados ao longo das décadas de 80 e 90 para a despoluição do lago. Hoje, entretanto, ele apresenta qualidade de água recuperada em quase toda sua extensão. É conspícuo, contudo, que o ecossistema precisa de maiores cuidados, pois, apesar da melhoria da qualidade de água, existe a ameaça de loteamentos urbanos irregulares que têm emitido diversos resíduos, principalmente nos tributários do lago. Esses novos loteamentos abrigam cerca de 70 mil habitantes, onde há carência de saneamento ambiental, em cujos impactos refletem diretamente na qualidade da água. Ao mesmo tempo, surgem preocupações com a manutenção da água do Lago e dos tributários, já que várias atividades dependem dessa qualidade. No contexto, urge a adoção de medidas para a sustentabilidade do corpo hídrico a fim de garantir seu uso (PEREIRA, 2006).

A área de estudo está localizada na bacia do Lago Paranoá na região central do Distrito Federal (DF), entre as latitudes 15°35' e 15°59' Sul e longitudes 47°47' e 48°05' Oeste, numa área de 1.034,07 Km², correspondendo à cerca de 18% do DF (FERRANTE *et al.*, 2001).

O Lago Paranoá pertence à bacia hidrográfica do Rio São Bartolomeu, que por sua vez pertence à região hidrográfica do Rio Paraná. A bacia do Lago Paranoá é formada pelas

O Lago constitui uma importante referência cultural para a população devido ao seu valor paisagístico no DF, além de a relação ambiental de amenizar a baixa umidade no período seca.

Fruto do planejamento de Brasília, a Bacia do Paranoá tornou-se a área mais densamente ocupada dentro do Distrito Federal, desta forma a situação dos tributários e o próprio Lago se prestam como excelentes indicadores da qualidade ambiental deste sítio urbano. Os problemas de ligações clandestinas de esgoto e de drenagem pluvial têm provocado à redução da qualidade das águas de modo significativo em algumas partes do lago e dos tributários.

Lago Paranoá

A sub-bacia do Lago Paranoá ocupa uma área de 288,69 km², funcionando como bacia de captação dos principais cursos d'água que drenam o sítio urbano da cidade de Brasília. A unidade lacustre resulta de uma antiga depressão inundada, que foi reorganizada pelo planejamento para instalação da cidade.

O Lago Paranoá foi formado no ano de 1959, a partir do fechamento da barragem do Rio Paranoá, represando águas do Riacho Fundo, do Ribeirão do Gama e do Córrego Cabeça de Veado, ao Sul, e do Ribeirão Torto e do Córrego Bananal, ao Norte, além de outros pequenos tributários que alimentavam as belas cachoeiras que desciam rumo ao Rio São Bartolomeu.

Foram necessárias duas temporadas de chuvas para que as águas do lago atingissem a cota prevista de 1.000 m acima do nível do mar. Desde então, o lago passou a cumprir suas funções de paisagem e recreação, transformando-se no mais belo monumento da cidade. Passando assim, a apresentar também, outras funções de expressão econômica e cultural, como: corpo receptor de águas servidas e da drenagem pluvial urbana, produção de energia elétrica, pesca de subsistência, manancial para abastecimento de água e transporte intermodal (CORDEIRO NETTO, 1981).

Os usos do Lago para diluição de águas servidas e para retenção e amortecimento da drenagem pluvial urbana não estavam previstos na época de sua formação. Hoje, porém, são essas as importantes funções desempenhadas pelo Lago. Esses usos, no entanto, trouxeram graves problemas na qualidade de água, em especial, no processo de eutrofização iniciado na década de 70, devido ao aporte excessivo de nutrientes ao Lago. Mortandade de peixes e odores desagradáveis ocorreu, o que demandou medidas permanentes de controle. Consideráveis investimentos foram realizados para a

despoluição do Lago, como a implantação do sistema de coleta de esgotos para cerca de 90% da população da bacia, assim como a ampliação da capacidade das duas Estações de Tratamento de Esgoto (ETE's) - Sul e Norte para sistema terciário, em 1993 e 1994. Ocorreu, então, a subsequente interligação gradativa dos sistemas de esgotamento que antes lançavam resíduos sem tratamento ou com tratamento insuficiente nos corpos d'água (notadamente na bacia do Riacho Fundo). Notoriamente, os níveis de fósforo total das águas do Lago vêm diminuindo gradativamente ao longo dos últimos anos, devido às medidas então adotadas (PEREIRA, 2006).

Outro fator de significativo para a melhoria da qualidade do Lago é o deplecionamento realizado a partir de 1998. A prática se assemelha a uma descarga do reservatório, com a meta de manter o nível d'água do Lago o menor possível ao fim do período seco, formando-se um volume de espera para o recebimento das águas de chuvas e o maior possível, no fim do período chuvoso, garantindo uma defluência mínima na estiagem subsequente. Dessa forma, aumentam-se a renovação e circulação da água do Lago, melhorando a qualidade de suas águas.

No entanto, existem algumas ocupações urbanas irregulares na bacia do Lago que tem causado problemas na qualidade da água do Lago Paranoá próximas a Vicente Pires e Estrutural, devido à ausência de infra-estrutura, gestão de urbanização e esgoto sanitário.

ESTUDOS REGIONAIS - DISTRITO FEDERAL

Pesquisas realizadas em mananciais da região do DF mostraram a presença de metais na água, segundo constatam BOAVENTURA et al (1998-2006); Carvalho Júnior et al (1998a); CARVALHO JÚNIOR et al (1998b) e RIBEIRO et al (2000). Esses autores verificaram que a continuidade da ocupação humana desordenada e as atividades agrícolas mal planejadas na região do DF podem levar a uma possível deteriorização da qualidade da água.

Segundo FARAH (2001) *apud* PEREIRA (2006), o resultado do uso indiscriminado do solo da bacia dos reservatórios pode reduzir a sua vida útil, uma vez que os processos de sedimentação e colmatção atuantes diminuem a área e o volume do reservatório em questão. O autor relata que em Brasília, o Lago Paranoá, originalmente com 40Km² encontrava-se, 31 anos depois de sua formação, com 38Km². As regiões de influência dos principais tributários desse reservatório se encontram altamente assoreadas. Existem

registros de que regiões que originalmente possuíam profundidade de quase dois metros, hoje, não ultrapassam 60 cm nesse reservatório.

Alguns resultados de pesquisas anteriores contribuíram de forma comparativa, tais como Carvalho Júnior et al (1998), que estudaram os elementos Ca, Mg, Fe, Al, P, Sr, Ni, Cu, Cr, Mn, Ba, Co, Zn, Cd, Si em águas superficiais do Ribeirão do Gama, e também observaram, em amostras coletadas próximas a nascente, anomalias de Fe (0,284 mg/L) e Mn (0,009mg/L), provenientes da presença da represa.

Rodrigues (2001) afirma que na ausência de poluição, entendendo-se poluição como contribuição antrópica ou resultante de fontes naturais anômalas (atividades vulcânicas e fontes termais), os níveis de base, *background*, da maior parte dos elementos são determinados pela litologia original e pelo efeito e magnitude do intemperismo. Desta forma, foram escolhidas como *background* para o estudo, as áreas protegidas das bacias do Ribeirão Bananal (área de drenagem de 127,74 km²), por meio do ponto B1, e do Córrego Cabeça do Veado (área de drenagem de 32 km²), pelos pontos C1, C2 e C3, que estão localizadas nas porções Noroeste e Sul de Brasília/DF, respectivamente.

O balanço hídrico foi estimado a partir de séries históricas no período de 1979 a 2002, no qual se verificou a vazão média no enxutório do Lago de 17,90 m³.s⁻¹. As entradas de vazão no Lago são de quatro principais cursos de água formados pelo Ribeirão do Riacho Fundo, Ribeirão do Gama/ Córrego Cabeça-de-Veado, Ribeirão do Torto e Bananal, além de precipitações diretas, das drenagem urbanas, efluentes das Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) e infiltrações de efluentes. Quanto às saídas de vazão, a elas se refere à defluência da barragem e à evaporação direta (PIRES, 2004 *apud* PEREIRA, 2006).

Tabela 2.1 Características gerais do Lago Paranoá (FONSECA, 2001e PIRES, 2004, *apud* PEREIRA 2006)

Características	Valor
Bacia de drenagem	1.034,07 km ²
Área superficial	37,50 km ²
Volume total	498 x 10 ⁶ m ³
Profundidade média	12,42 m
Profundidade máxima	38 m
Perímetro	118,87 km
Largura Máxima	40 km

Comprimento	5 Km
Vazão média afluente dos principais cursos de água (Ribeirões do Riacho Fundo, Gama, Bananal e Torto)	12,48 m ³ /s
Vazão média de outras afluições (Córrego Cabeça-de-Veado e outros, precipitações direta, drenagem urbana, águas subterrâneas e efluentes ETEs)	7,27m ³ /s
Vazão média efluente (incluindo evaporação direta do Lago)	19,75m ³ /s
Tempo médio de retenção	299 dias

As diversas atividades humanas afetam a concentração dos metais nos efluentes doméstico e comercial. Não é fácil, portanto, fazer a correlação matemática desses metais com tais atividades, já que existe uma grande complexidade do ambiente urbano. Os efluentes residenciais são ricos em matéria orgânica, material em suspensão, baterias, detergentes, sintéticos orgânicos e metais provenientes da corrosão de canos (Cu, Pb e Zn), pasta de dente (Sn) e detergentes (As). Em relação aos efluentes comerciais, existem pequenas oficinas que contribuem com grande variabilidade de metais. Outras fontes de efluentes que causam impactos são os hidrocarbonetos de petróleo. As águas provenientes de ruas com tráfego intenso de veículos contribuem com Pb vindo de derivados de petróleo (gasolina, baterias e óleo), bem como, a decomposição de pneus contribui para o enriquecimento de Zn (ALOUPI *apud* MAIA, 2003).

Moreira (2003) verificou áreas ambientais livres de interferência antrópica (*background*) na interpretação das concentrações de elemento químicos em sedimentos da Bacia do Lago Paranoá. Com esta finalidade, estudaram as sub-bacias do Lago Santa Maria e Córrego Cabeça-de-Veado. Também apresentou o braço do Riacho Fundo como uma área enriquecida por elementos Zn, Ni, Cr, Be, Cu, Ba, V, Sr, P, Ti, Na, K, Al e Ca, além de constatar que o Lago Paranoá se encontra moderadamente poluído por P na parte central, com índice geoquímico de acumulação igual a 2. No caso específico dos reservatórios tropicais, no Lago Paranoá, ocorre um acréscimo substancial na velocidade dos processos e reações inerentes à dinâmica do sistema, quando comparados àqueles de regiões temperadas, justamente por estarem inseridos em local onde a temperatura é elevada durante quase todo o ano. Nos trópicos, algumas características como a estratificação dos reservatórios, e a circulação dessas águas são aspectos muito mais dinâmicos do que àquelas regiões temperadas. Sendo assim, faz-se necessário conhecer e avaliar como as diversas variáveis geoquímicas dos sedimentos estão correlacionadas entre si e como essa abordagem pode ajudar no processo de recuperação do Lago Paranoá.

À medida que uma aglomeração urbana se expande, com maiores mudanças nos usos do solo e da água, ocorrem novos efeitos hidrológicos. Diante de tais quadros, presume-se que os efeitos apontados devam ser objetos de preocupação por parte dos planejadores, mediante ações preventivas, relativas ao controle da água e da erosão do solo, permitindo direcionar melhor os recursos para o bem-estar da população em vez de gastá-los em obras de recuperação ambiental.

O Ribeirão do Bananal e o Córrego Cabeça-de-Veado foram escolhidos por se encontrarem em regiões protegidas, não sujeitas às ações antrópicas que possibilitem poluição por metais, justificando-se o interesse de comparação do padrão de referência regional citado em MOREIRA (2002).

As áreas que serão avaliadas de acordo com os níveis de *background* encontrados nas áreas de controle são as do Riacho Fundo, Ribeirão do Torto e Gama, que por sua vez, localizam-se nas porções Centro-Oeste do Distrito Federal. A comparação entre os valores obtidos nas áreas de *background* e os obtidos dos demais pontos, aliada a um bom conhecimento da área de estudo, poderá detectar locais mais ou menos impactados e propiciar o estabelecimento de associações com fontes antrópicas.

Com o intuito de qualificar dados químicos e geológicos, relacionados aos possíveis impactos ambientais oriundos dos tributários pela ação antrópica, iniciou-se esta pesquisa tendo em vista a melhoria da qualidade de água do Lago Paranoá.

Apresentam-se, abaixo, os tributários do Lago Paranoá e suas principais características, bem como o mapa representativo (FIGURA 2.2) dos pontos de campo.

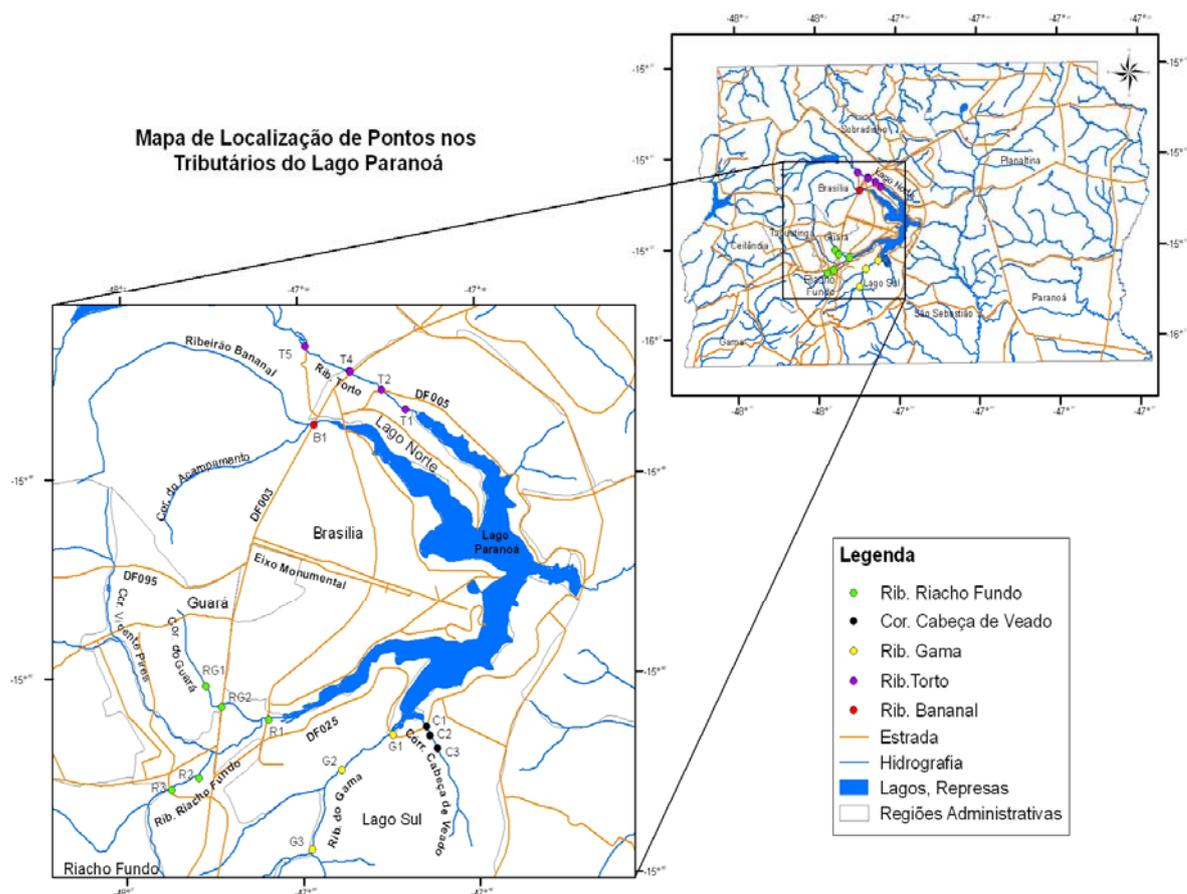


Figura 2.2- Mapa da Bacia do Lago Paranoá com representação dos pontos de coletas nos Tributários. (Confecção: INARA BARBOSA, 2007)

Ribeirão do Riacho Fundo

A sub-bacia do Ribeirão Riacho Fundo (FIGURA 2.3), possui uma área de 225,48 km² e a extensão de seu curso principal é de 13 km. Seus principais afluentes são os córregos Vicente Pires e Guará, à margem esquerda, e o Córrego Ipê, à margem direita. A sua vazão média é de 4,04 m³.s⁻¹. Nessa sub-bacia, está concentrada a maior densidade e diversidade de ocupação, compreendendo as Regiões Administrativas do Riacho Fundo, Núcleo Bandeirantes, Guará, Candangolândia, áreas residenciais como Mansões Park Way e Águas Claras, além do Setor de Indústria e o de abastecimento e áreas de atividade agrícola (FERRANTE *et al*, 2001).

O tributário percorre um grande trecho urbano no qual se observa: locais com descarte de esgoto e lixo, regiões com plantações agrícolas, assim como, ruas e avenidas movimentadas. A vegetação é típica de cerrado, com matas de galerias, arbustos e árvores de grande porte.

Esse é o tributário com maior número de ponto de coleta, devido à alta ocupação urbana, a usos inadequados da água e do solo, a descarte de esgoto e lixo, sendo considerado o mais problemático dos afluentes do Lago Paranoá. Como demonstrativo do Ribeirão Riacho Fundo, têm-se as figura 2.3 relativas ao ponto R1 e figura 2.4 relacionada ao ponto G2.



Figura 2.3- Foto do Ribeirão Riacho Fundo no ponto R1 perto do zoológico e o próximo ao Lago Paranoá.



Figura 2.4- Foto do Córrego Guará , ponto RG2, sob a ponte próxima ao Park Shopping.

Ribeirão do Gama/ Córrego Cabeça-de-Veado

O Ribeirão do Gama (FIGURA 2.5) possui uma área de drenagem de 142,40 km² e seu curso principal mede cerca de 14 Km. Nasce na Mata do Catetinho e deságua diretamente no Lago Paranoá, com uma vazão média anual de 1,85 m³/s.

A bacia compreende os seguintes cursos d'água: Córrego do Cedro, Córrego Mato Seco, Córrego Capetinga e Córrego Taquara; seus principais afluentes. Apresentam áreas preservadas como os córregos Roncador, Taquara e Capetinga; área de atividade agrícola como o córrego Mato Seco que corta a região de Vargem Bonita e área residencial como as Mansões do Park Way, que é cortado pelo Córrego Cedro (FERRANTE *et al*, 2001).

O Ribeirão do Gama, também está inserido no programa de recuperação do Lago Paranoá, apresentando áreas destinadas aos setores urbanos, agropecuários e de proteção ambiental. Nessa sub-bacia, foi verificado um nível crescente de poluição ao longo dos anos. A caracterização desse quadro se deve ao crescente uso urbano e agropecuário. No núcleo rural Vargem Bonita, o constante desmatamento das matas ciliares às margens do ribeirão vem comprometendo os mananciais, como também contribuindo para o assoreamento (BOAVENTURA, 1998).

Monitoramentos e estudos têm sido realizados neste córrego para verificar o impacto causado pela reforma do aeroporto, já que o material de construção, bem como o aterramento possa ter sido lixiviado pelas chuvas até o Ribeirão do Gama.



Figura 2.5- Foto do Ribeirão do Gama no ponto de coleta G1, Lago Sul.

Criado por meio do Decreto nº 9.417, de 21 de abril de 1986, a área de proteção ambiental (APA) do Gama e Cabeça-de-Veado reconhece a importância de seus ecossistemas naturais, especialmente os recursos hídricos do Ribeirão do Gama e do Córrego Cabeça de Veado. A paisagem está no domínio das chapadas Contagem e de Brasília, caracterizadas por formas planas a suavemente onduladas, e nas Depressões Paranoá, caracterizada por serem inclinadas a fracamente dissecadas. Os solos variam de cambissolos, latossolos, cambissolos e hidromórficos.

A cobertura vegetal é formada por floresta, savânica e campestre. A cobertura florestal é dividida entre matas de galeria e mata mesofíticas de interflúvio. As mata de galeria ocorrem ao lado Oeste da Unidade de Conservação Jardim Botânico, ao longo do Córrego cabeça-de-Veado e seus afluentes. A mata mesofílica ocorre em pequeno porte no limite do Jardim Botânico. As formações savânicas estão divididas entre cerrado denso, cerrado típico e cerrado ralo; as formações campestres, divididas entre campo sujo e limpo. O Jardim Botânico é uma das unidades de conservação da APA Gama/Cabeça de Veado (AZEVEDO et al, 1990).

As áreas urbanas ocupam cerca de 46,367 km², o que corresponde a 20% da área total da APA (IBGE, 2000).

O Córrego Cabeça do Veado (FIGURA 2.6), parcialmente situado na Estação Ecológica do Jardim Botânico de Brasília, é utilizado pela Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB) como fonte de abastecimento público. A água é captada a partir de quatro barragens e após tratamento por filtração e cloração é distribuída à comunidade das quadras 16 a 29 do Lago Sul e Mansões Urbanas Dom Bosco. A CAESB possui ortoga para captar 0,174 m³/s no Córrego Cabeça-de-Veado, pelo prazo de 30 anos (Portaria nº 567, de 15 de dezembro de 1995). Além de fazer parte de uma estação ecológica, o ecossistema é protegido de forma integral, fato em que a interferência humana deve ser sempre a menor possível, com fins educacionais e de pesquisa científica, de acordo com o que dispuser o Plano de Manejo. Todas as nascentes do Córrego Cabeça do Veado se encontram dentro da área do Jardim Botânico e são protegidas das ações antrópicas intensivas

A vazão média do afluente Córrego Cabeça-de-Veado e Ribeirão do Gama são de aproximadamente 2,73 m³/s (CAESB, 1998).



Figura 2.6- Foto do Córrego Cabeça-de-Veados no ponto de coleta C3, Jardim Botânico.

Ribeirão do Torto

O Ribeirão do Torto possui uma área de drenagem de 249,76 km²; seu curso principal mede cerca de 20 km e apresenta uma declividade média de 7,8 m/km. Não possui mais um regime hídrico natural, pois está alterado pela presença das barragens de Santa Maria/ Torto. Seus principais afluentes são os córregos Tortinho e Três Barras, juntamente com o Ribeirão de Santa Maria. O Ribeirão do Torto deságua diretamente no Lago Paranoá, com uma vazão média de 2,89 m³/s. (FERRANTE *et al*, 2001).



Figura 2.7- Fotos do Ribeirão do Torto no ponto T2, próximo ao Varjão.

A área que percorre o Ribeirão do Torto atravessa a zona rural constituída pelo Lago Oeste e a Granja do Torto, observando-se também áreas urbana como o Varjão e Setor de Mansões Lago Norte.

Ribeirão Bananal

A sub-bacia do Ribeirão Bananal (FIGURA 2.8) ocupa uma área de 127,74 km² e está praticamente situada dentro do Parque Nacional de Brasília, ocupando aproximadamente 1/3 da área do parque. Sua vazão média é de 2,51 m³/s. O Ribeirão Bananal tem uma extensão de 19,1 km, desaguando diretamente no Lago Paranoá. Seus principais afluentes são os córregos do Poço Fundo e do Acampamento.



Figura 2.8- Foto do Ribeirão do Bananal (B1), no período de chuva, próximo ao Parque Nacional.

CAPÍTULO 3

ASPECTOS FISIOGRAFICOS E CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL

3.1 Geologia

O contexto geológico do Distrito Federal está relacionado à Faixa de Dobramento Brasília, no qual se observam quatro grandes unidades litoestratigráficas de idade proterozóica: os grupos Paranoá, Canastra, Araxá e Bambuí.

No Distrito Federal, a geologia da bacia do Lago Paranoá é constituída por rochas pertencentes ao Grupo Paranoá, que é composto por seqüência areno-argilo-carbonatada de idade Meso/Neoproterozóica com rochas atribuídas a quatro unidades litoestratigráficas. Na Bacia Hidrográfica do Lago Paranoá, encontram-se as seguintes unidades: **S** (siltitos), **A** (ardósia), **R3** (metarritmitos arenosos) e **Q3** (quartzitos), além de coberturas de solos e regolitos recentes (CAMPOS & FREITAS-SILVA, 1998).

3.3.1 Grupo Paranoá

O Grupo Paranoá recobre cerca de 60% do Distrito Federal, como citado anteriormente, abrangendo quatro unidades:

Unidade S - Siltitos- com espessura de até 500m, é constituída de metassiltitos argilosos de aspecto maciço e cor cinza esverdeado. É representada por siltitos com níveis de quartzitos em direção ao topo da seqüência.

Unidade A - Ardósia –contém até 70m de espessura, é composta litologicamente por ardósias de coloração cinza esverdeada, passando a tons roxos quando alteradas. Constitui a maior parte da porção central da bacia e das bordas do lago, bem como a área de drenagem dos tributários, em função da baixa resistência intempérica (CAMPOS & FREITAS-SILVA, 1998).

Unidade R₃ - Metarritmito Arenoso - com aproximadamente 90m, dá origem a um relevo mais movimentado com vales encaixados. Correspondem a metarritmito arenosos caracterizados por intercalações centimétricas a métricas de metassiltitos, metalamitos e quartzitos finos de coloração cinza, amarelada, rosada ou avermelhada devido aos diferentes graus de intemperismo. O contato inferior é gradacional com ardósia, passando ao aumento progressivo de intercalações de metassiltitos e delgadas camadas de quartzitos.

Unidade Q₃ - Quartzitos Médios – com aproximadamente 70m, mostra-se com levada resistência aos processos de desgaste, ocupando as áreas de chapadas mais elevadas do Distrito Federal. Os litotipos presentes são quartzitos de cor cinza escuro quando frescos, passando a branco ou cinza claro quando alterados, finos e silicificados com estratificações cruzadas tabulares e o tipo espinha de peixe, além de marcas onduladas assimétricas, o que imprime um aspecto maciço na maioria das ocorrências no DF (CAMPOS & FREITAS-SILVA, 1998).

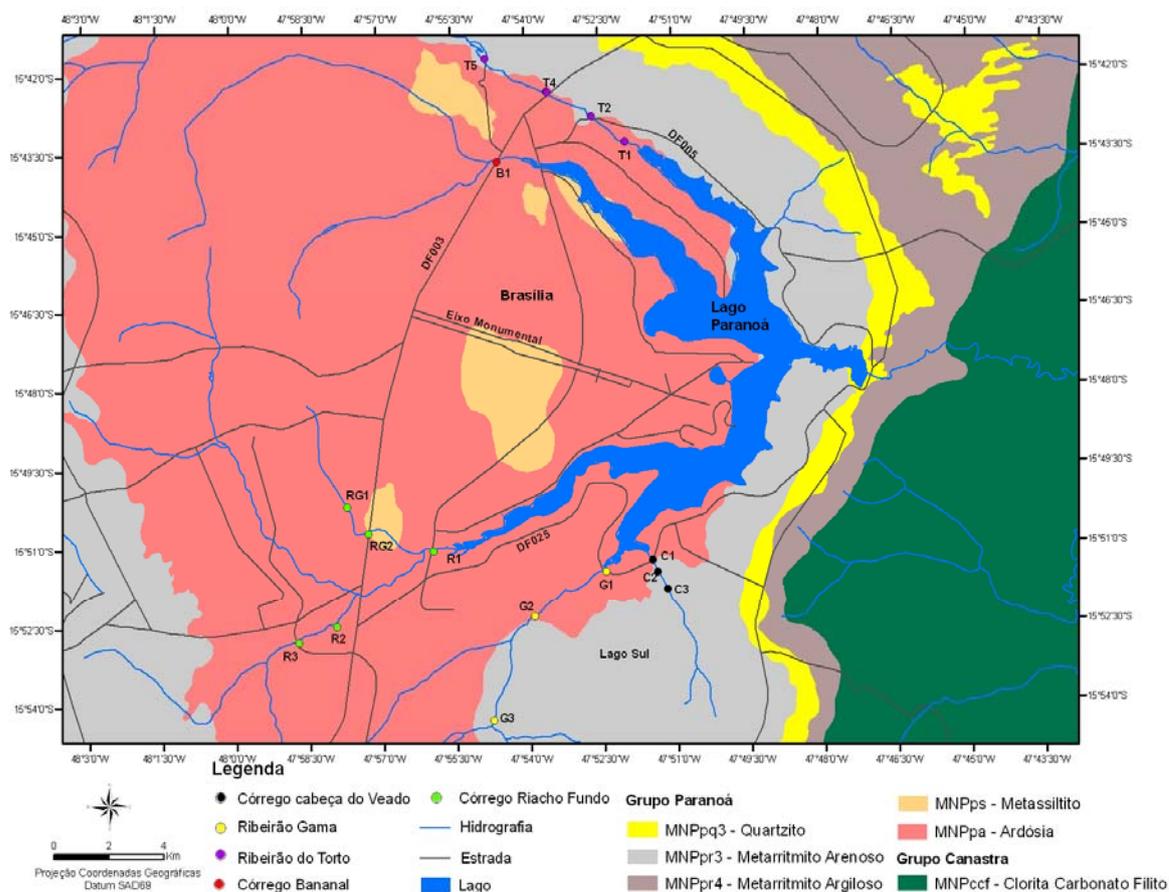


Figura 3.1: Mapa geológico da Bacia do Lago Paranoá, Distrito Federal . (Confecção: INARA BARBOSA, 2007).

3.2 Hidrografia

A região do Distrito Federal, com uma área de 5.789,16 km², é drenada por cursos d'água pertencentes a três das mais importantes bacias hidrográficas brasileiras: São Francisco (Rio Preto), Tocantins/Araguaia (Rio Maranhão) e Paraná (rios São Bartolomeu e Descoberto). Os cursos de água são delimitadores do território do Distrito Federal: a Leste, o Rio Preto; e, a Oeste, o Rio Descoberto.

A Bacia do Paraná tem a maior área de drenagem do DF, cerca de 64%, compreendendo uma área de aproximadamente 3.658 km². É constituída pelas bacias hidrográficas do Rio São Bartolomeu, do Lago Paranoá, do Rio Descoberto, do Rio Corumbá e do Rio São Marcos.

A área, objeto deste estudo é formada pela Bacia do Lago Paranoá. As unidades hidrográficas que compõem são: Santa Maria/Torto, Bananal, Riacho Fundo, Ribeirão do Gama e Lago Paranoá. Os principais cursos d'água que compõem cada unidade hidrográfica são:

3.2.1 Unidade Hidrográfica Santa Maria/Torto

Essa unidade hidrográfica é formada pelos córregos Milho Cozido e Vargem Grande, afluentes do Santa Maria que é afluente do Córrego Três Barras. O último, após sua confluência com o Ribeirão Tortinho, forma o Ribeirão do Torto, que desemboca diretamente no Lago Paranoá. Há duas importantes áreas de captação da Caesb. Uma delas é a denominada sistema Santa Maria/Torto- em que são captados, respectivamente, 1.200 L.s⁻¹ e 500 L.s⁻¹. A água ali captada é destinada ao abastecimento de Brasília. Outro ponto de captação pertence à unidade hidrográfica referida a Barragem de Santa Maria. Tal barragem interrompe a ligação do montante da Bacia do Paranoá como o seu restante (FERRANTE, 2001).

3.2.2 Unidade Hidrográfica do Bananal

A unidade do Ribeirão do Bananal é constituída pelo ribeirão do mesmo nome e pelo Córrego Acampamento, além de outros pequenos córregos. Estes dois córregos estão localizados, em sua quase totalidade, dentro do Parque Nacional de Brasília. Nessa unidade está localizada a área de lazer conhecida pelo nome de *Água Mineral*.

3.2.3 Unidade Hidrográfica do Riacho Fundo

A unidade hidrográfica do Riacho Fundo nasce na região Sudoeste da Bacia. Como principal afluente, à margem direita, o Córrego Coqueiros, além de outros pequenos córregos; e, à margem esquerda, como principais contribuintes, os

córregos Vicente Pires e Guará. Esta unidade hidrográfica é a de maior influência antrópica, já que percorre regiões de intensa urbanização.

3.2.4 Unidade Hidrográfica do Gama

O Ribeirão do Gama, que dá o nome a essa unidade, nasce na área conhecida como Mata do Catetinho, na parte Sul da Bacia do Paranoá, tendo como principais afluentes, à margem esquerda, os córregos Mato Seco e Cedro, e, à margem direita, os córregos Capetinga e Taquara.

3.2.5 Unidade Hidrográfica Lago Paranoá

A unidade hidrográfica do Lago Paranoá é constituída, além do próprio Lago, pelos ribeirões do Bananal, Torto, Riacho Fundo e Gama, pelas áreas de drenagens de pequenos córregos que contribuem diretamente com o Lago, tais como: Cabeça de Veado, Canjerana e Antas, na região do Lago Sul; Taquari, Gerivá e Palha, na região do Lago Norte.

A drenagem típica da Bacia do Paranoá é a anelar, formada pelos tributários já mencionados, apresentando uma característica interessante, que é o sentido principal do escoamento, de Oeste para Leste (CAMPOS & FREITAS-SILVA, 1998).

3.3 Geomorfologia

O Distrito Federal se situa na porção mais elevada do Planalto Central, que segundo KING (1965), corresponde a uma porção remanescente do grande aplainamento resultante do ciclo de erosão sul-americano que se desenvolveu no Terciário Médio e Superior. As características geomorfológicas da paisagem do domínio morfoclimático do cerrado resultam de uma prolongada interação de regime climático tropical semi-úmido com fatores litológicos, edáficos e bióticos (AB'SABER, 1977).

A área do DF é constituída por extensos níveis planos a suavemente ondulados, conhecidos como chapadas, por morros residuais em direção aos vales, os pediplanos e pedimentos. Estas regiões estão modeladas sobre os quartzitos, metarritmitos e filitos e normalmente estão cobertos por latossolo e laterita vesicular, cujos rebordos são

entalhadas e dissecadas pelos principais cursos d'água. Tanto as chapadas como os pediplanos e pedimentos são residuais de aplainamentos Cenozóico. As chapadas foram modeladas em virtude do aplainamento por corrosão e desnudação lenta (etciplanação) causadas pelo intemperismo diferencial químico durante o Terciário. Já os pediplanos e pedimentos foram modelados por processos de pediplanação e pedimentos iniciados no Plioceno e interrompidos durante o Quaternário por fases de dissecção ao longo dos vales (NOVAES PINTO & CARNEIRO, 1984, NOVAES PINTO, 1987 e 1988).

Novaes Pinto (1986) estabelece três macrounidades geomorfológicas para o Distrito Federal: (a) região de chapada, (b) área de dissecção intermediária e, (c) região dissecada de vale.

As principais unidades geomorfológicas são:

- Chapada da Contagem, Chapada de Brasília e Chapada de Piripirau. Todas modeladas sobre litofáceis quartzitos e metarritmitos argilosos da Seqüência Depositional Paranoá.
- Chapada divisora São Bartolomeu- Rio Preto e Descoberto- modeladas sobre litofáceis e micaxistos do grupo Araxá/Canastra.

As chapadas correspondem a residual de etchiplanos desenvolvidos no Terciário, quando a instalação de um clima úmido favoreceu o desenvolvimento de uma vegetação e de um manto de intemperismo. O retrabalhamento dos etchiplanos durante o Plioceno, em clima semi-árido, permitiu a formação das Áreas de Dissecção Intermediária e das Regiões Dissecadas de Vales.

- Área de Dissecção Intermediária do Rio Paranoá: modelada sobre litofáceis ardósia e metarritmitos arenosos da Seqüência Depositional Paranoá e Rio Preto, que fora modelada sobre litofáceis argilo-carbonatada da Seqüência Depositional Paranoá. Nessa unidade, estão localizados lagos e barragem (Paranoá, Santa Maria e Torto) e cidades (Brasília, Guará e Núcleo Bandeirante).
- Região Dissecada de Vales: são condicionados por unidades com pequena capacidade de infiltração e maiores potenciais erosivos, representados por rochas dos Grupos Canastra, Araxá e Unidade Pelito-Carbonatada do Grupo Paranoá.

De forma geral, a geomorfologia da região segue o padrão do substrato geológico. As porções mais elevadas do relevo (regiões de chapada ou chapadas elevadas) se associam, predominantemente, às unidades R3 e Q3 do Grupo Paranoá.

Estas unidades, por serem compostas majoritariamente por rochas psamíticas, apresentam maior resistência à erosão que as outras unidades e tendem a definir relevos mais elevados.

Os rebordos e escarpas são controlados pela região de transição ou contato brusco entre litologias com alto contraste de erodibilidade. “Os autores concluem que a geologia é a principal condicionante das variações de altitude, incisão de vales, densidade, forma da rede de drenagem e, principalmente, da evolução morfodinâmica e da paisagem atual do DF” (FARIA, 1997; CAMPOS & FREITAS-SILVA, 1998).

3.3.1 Chapada de Brasília

Essa Chapada se apresenta como um prolongamento da extremidade Sudeste da Chapada da Contagem, com direção SO-NE e cota média de 1100m. Corresponde a um nível inferior do escalonamento de rochas resistentes do Grupo Paranoá. Possui, como cobertura, lateritas vesiculares e latossolos vermelho-escuro e vermelho-amarelos. Nas encostas retilíneas com menos de 8% de declividade, encontram-se depósitos colúviais de concreções lateríticas associadas a fragmentos de quartzo. A Chapada de Brasília separa as bacias de drenagem do rio Paranoá (Ribeirão do Gama, Córrego Cabeça de Veado) e São Bartolomeu (Ribeirão Taboca, Papuda, Cachoeirinha e Santana) (CAMPOS & FREITAS-SILVA, 1998).

A macrounidade chapada ocupa cerca de 34% da área do DF e é caracterizada por topografia plana a plano-ondulada, acima da cota 1000 m, destacando a Chapada da Contagem, que praticamente contorna a cidade de Brasília.

3.3.2 Dissecação intermediária (depressão do Paranoá)

Essa unidade está situada no Núcleo Semidômico do Paranoá, que é circundada pela Chapada da Contagem a Nordeste, Norte e Oeste, e pela Chapada de Brasília a Sul e Sudeste. Conta com uma área deprimida de cerca de 700 Km² e uma variação topográfica suave acima da cota 1000 m. Apresenta como única saída o vale do Rio

Paranoá. Nessa unidade, estão localizados lagos de barragem (Paranoá, Santa Maria e Torto) e cidades (Brasília, Guará, e Núcleo Bandeirante) (NOVAES PINTO, 1993).

Este tipo de paisagem ocupa cerca de 31% do DF. Corresponde às áreas de ocorrência de chapada retrabalhada por processos de pediplanação, sem, no entanto perder suas características originais.

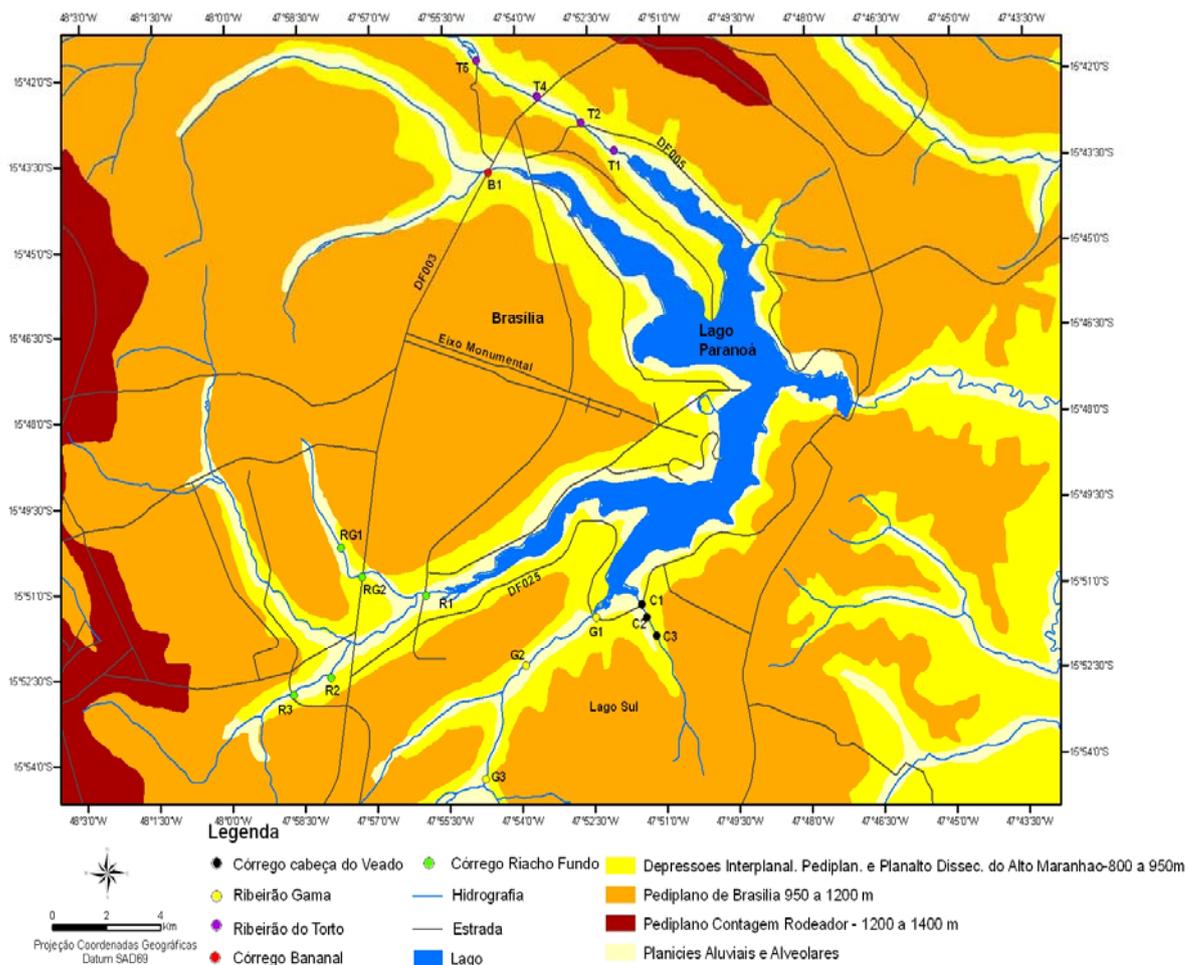


Figura 3.2: Mapa Geomorfológico da Bacia do Lago Paranoá . (Confecção: INARA BARBOSA, 2007)

3.4 Pedologia

A pedologia foi levantada pela EMBRAPA (1978) no DF, cuja erosão está associada às superfícies de altitudes médias de 1.200m e 1.100m, modeladas sobre quartzitos, metarritmitos e filitos. Os solos são produtos do intemperismo das rochas proterozóicas dos grupos Paranoá, Araxá, Canastra e Bambuí.

Segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - SiBCS (EMBRAPA, 1999), as principais classes são latossolo vermelho, latossolo vermelho-amarelo e cambissolo, que ocupam 85,5% do DF. São solos tropicais; vermelhos; ricos em ferro e alumínio; ácidos; e pobres em macro e micro nutrientes.

O Latossolo Vermelho (LV) ocorre nos topos das chapadas e divisores com topos planos. A vegetação associada é geralmente de cerrado e cerrado; e, o relevo, plano a suave, de grande continuidade.

O Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA) ocorre nas bordas das chapadas e em seus divisores, além de superfícies planas abaixo dos topos da Contagem, sempre adjacentes ao LV. A vegetação associada é geralmente a de cerrado, campo limpo e campo sujo. Ocorre no compartimento dos rebodos, apresentando vertentes com declividade entre 5 e 20%, retilíneas e convexas.

Nos Cambissolos (C) existem minerais primários facilmente intemperizáveis. A vegetação associada é a de campo limpo. Ocorrem nos compartimento Escarpas, nos Planos Intermediários e nas vertentes mais movimentadas.

Os argissolos e a terra rocha são argilosos e ricos em cálcio e magnésio. Sua ocorrência está em áreas de domínio da litofácies argilo-carbonatada, presente no vale do rio Maranhão e adjacência.

Como os solos são bem desenvolvidos, constituem-se principalmente por argilas, e são formados por hematita, gibbsita, quartzo e caulinita, podendo ainda conter illita, rutilo e anatásio, tendo pouca contribuição geoquímica aos mananciais hídricos da Bacia, uma vez que os minerais constituintes são insolúveis e pouco reativos nas condições físico-química dos solos tropicais (EMBRAPA, 1978; FERRANTES, 2001).

A figura 3 representa a pedologia da região da Bacia do Lago Paranoá, indicando os tipos de solos e a localização nessa bacia hidrográfica.

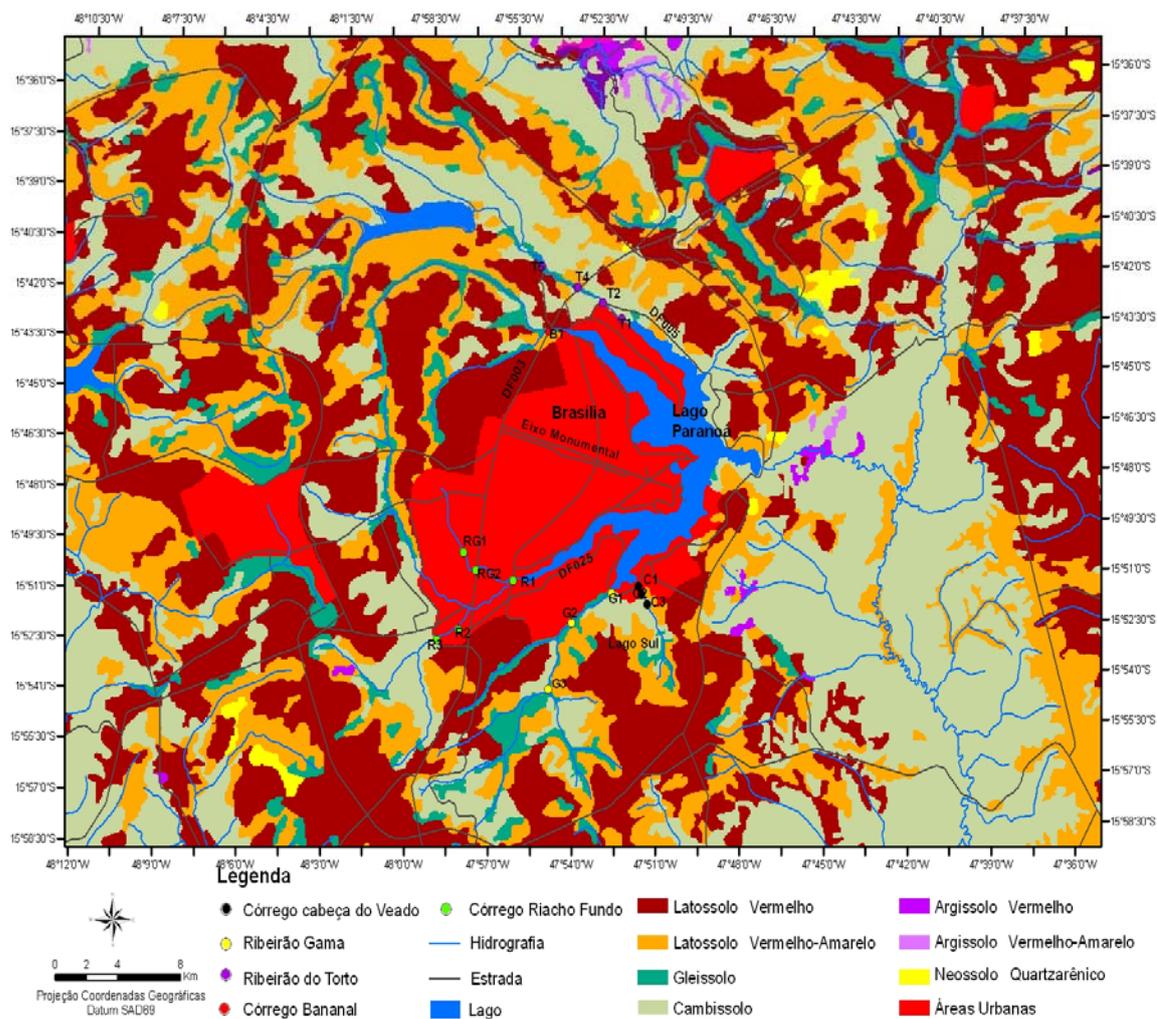


Figura 3.3: Mapa de solos da Bacia do Lago Paranoá. (CONFECCÃO: INARA BARBOSA, 2007).

3.5 Clima

O clima dominante no DF é o tropical de savana, com duas estações bem definidas, conforme a classificação de Köppen. As médias pluviométricas interanuais variam de 1200 mm a 1700 mm, com mais de 84% da precipitação concentrada entre os meses de outubro a abril. As temperaturas médias anuais variam de 18° a 22°C, no período do verão.

No inverno, registram-se temperaturas médias que variam de 16 a 18°C, mas o seu auge ocorre nos meses de junho e julho, quando frequentemente os termômetros baixam, registrando temperaturas mínimas absolutas inferiores a 12°C. O inverno é muito seco, apresentando médias mensais de precipitação pouco significativas situadas

em torno de 22 mm de chuvas. Entretanto, são os meses de junho a agosto os mais atingidos pela reduzida ocorrência de chuvas e pelos baixos índices de umidade do ar que podem chegar a 12% (CODEPLAN, 1984).

O regime sazonal do clima do DF é controlado por massas de ar provenientes da zona tropical, com ventos dominantes da componente Nordeste a Leste, responsáveis pelo tempo seco no inverno. No verão, geralmente, os ventos vêm do quadrante Norte de pequenas altitudes, que propiciam condições de estabilidade.

Na área do DF, não há variações significativas de precipitação pluviométrica. As diferenças altimétricas, no entanto, são responsáveis por variações na temperatura, fato que permitiu observações climáticas conforme Köppen (CODEPLAN, 1984).

Tropical (Aw)-clima de savana: cuja temperatura do mês mais frio é superior a 18°C. Esse tipo climático ocorre nos locais com cotas altimétrica abaixo de 1000 metros, nas bacias hidrográficas do São Bartolomeu, do Preto, do Descoberto e do Maranhão.

Tropical de Altitude (Cwa): o mês mais frio possui temperatura inferior a 18°C com uma média superior a 22°C no mês mais quente, correspondendo à unidade geomorfológica conhecida como Pediplano de Brasília, que abrange aproximadamente as altitudes entre 1000 e 1200 metros.

Tropical de Altitude (Cwb): caracterizado por uma temperatura inferior a 18°C no mês mais frio com média inferior a 22°C no mês mais quente. Abrange as áreas com cotas altimétricas acima de 1.200 metros, que correspondem à unidade geomorfológica Pediplano Contagem/Rodeador.

3.6 Vegetação

O tipo de vegetação característica do DF é o cerrado; típica das chapadas entre os interflúvios, com domínio de latossolos vermelho ou vermelho-amarelado, com mata ciliar que se apresenta ao longo dos cursos d'água.

A vegetação do cerrado é constituída por campestre sobre as ardósias, metaargilitos, filitos e micaxistos; por campo sujo presente nas áreas de metarritimitos arenosos ou na parte mais arenosa dos metarritimitos argilosos e da parte argilosa da litofáceis argilo-carbonatada (FARIA, 1997).

Conforme FERRANTES (2001) o cerrado típico é uma formação de savanas que tem como característica uma camada arbórea descontínua atingindo 8m de altura,

coabrindo de 10 a 60% da superfície do DF e um estrato herbáceo-arbustivo bastante diversificado de até 95%.

O campo cerrado é uma forma intermediária de vegetação entre o campo típico e o campo sujo, sendo de maior ocorrência no DF. Algumas vezes ocorre alta densidade de herbáceas, com destaque para as gramíneas.

O campo sujo é uma cobertura de arbustos e subarbustos com altura inferior a 3 m, em meio à densa camada graminosa de até 1m. Os arbustos e subarbustos têm caules finos e geralmente morrem a cada ano, sendo continuamente renovados.

O campo limpo tem vegetação predominantemente herbácea, com raros arbustos e ausência de árvores, no qual se destacam as gramíneas que medem de 0,3 a 1 m. Esses campos se situam em solos arenosos, rasos e duros, nos quais ocorre deficiência de água durante os meses secos.

Já o campo rupestre - que é constituído de herbáceo-arbustivo e de eventuais ocorrências de árvores de até 2m – se desenvolve nas frestas dos afloramentos rochosos em altitudes mais elevadas. No DF, aparecem manchas espalhadas ao longo de seu território.

A vegetação da Bacia do Lago Paranoá tem influência direta na qualidade do corpo d'água, por desempenhar importante papel na contenção de processos erosivos-fenômenos que contribuem para o assoreamento do Lago. As matas de galerias, em particular, são fundamentais para a manutenção dos sistemas hídricos. Têm importância, ainda, por criarem as condições para o estabelecimento de corredor ecológico que liga o DF aos outros biomas brasileiros, por meio da rede hidrográfica.

O fator decisivo para a preservação da Bacia do Lago Paranoá foi a criação de unidades de conservação (UCs) que, além da conservação da biodiversidade, fornecem água para o abastecimento público e contribuem para melhoria da qualidade de suas águas e da vida dos habitantes do DF (FERRANTES, 2001).

3.7 Impactos da ocupação do solo

A área do Distrito Federal foi ocupada efetivamente pela transferência da capital federal em 1960. Com a concepção de se tornar uma cidade administrativa, Brasília não atraiu grandes indústrias, quadro que se mantém até a atualidade.

Nas últimas décadas, a capital federal e o entorno sofreram, intensamente, com a ocupação irregular de áreas especialmente protegidas, públicas e sem atender aos

critérios urbanísticos, o que provocou um inchaço populacional ao longo das décadas de 80 e 90.

A UNESCO (2002) estudou a evolução multitemporal da ocupação urbana no DF e os dados obtidos da Bacia do Paranoá mostraram que, em 1973, as áreas ocupavam cerca de 7%; em 1984, aproximadamente 9%; e em 1994, uns 13%; chegando a 25% em 2001 em detrimento de áreas de cerrado e agricultura.

Inevitavelmente, com o crescimento populacional, o meio ambiente foi atingido por impactos no solo, na água e na vegetação, causada pela ocupação desordenada, originando preocupações aos órgãos gestores do DF. Este crescimento acelerado pode ser verificado na figura 3.4.

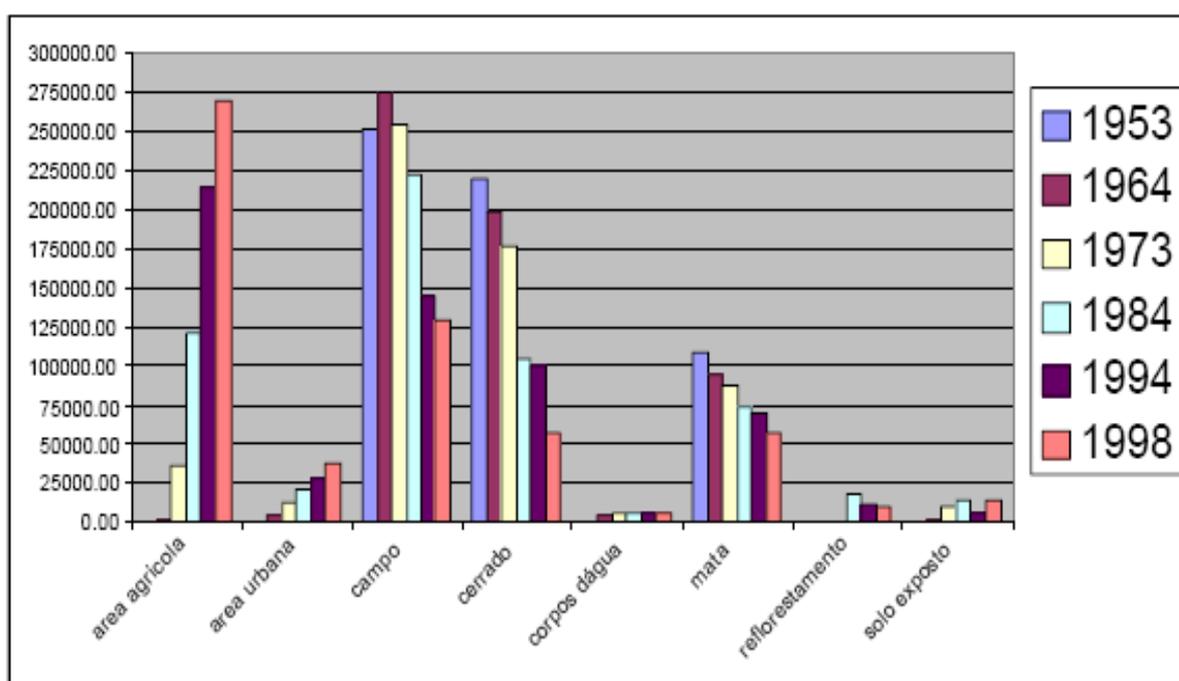


Figura 3.4: Evolução do crescimento populacional relacionado com outros parâmetros.

Observa-se que até 1998 e, também, nos dias atuais há uma expansão urbana, um aumento da área agrícola, e de solos expostos, com diminuição de campo, cerrado, mata e reflorestamento. Todos estes fatores estão relacionados aos impactos ambientais na Bacia do Lago Paranoá. A figura 3.5 colabora com a melhor visualização da expansão urbana.

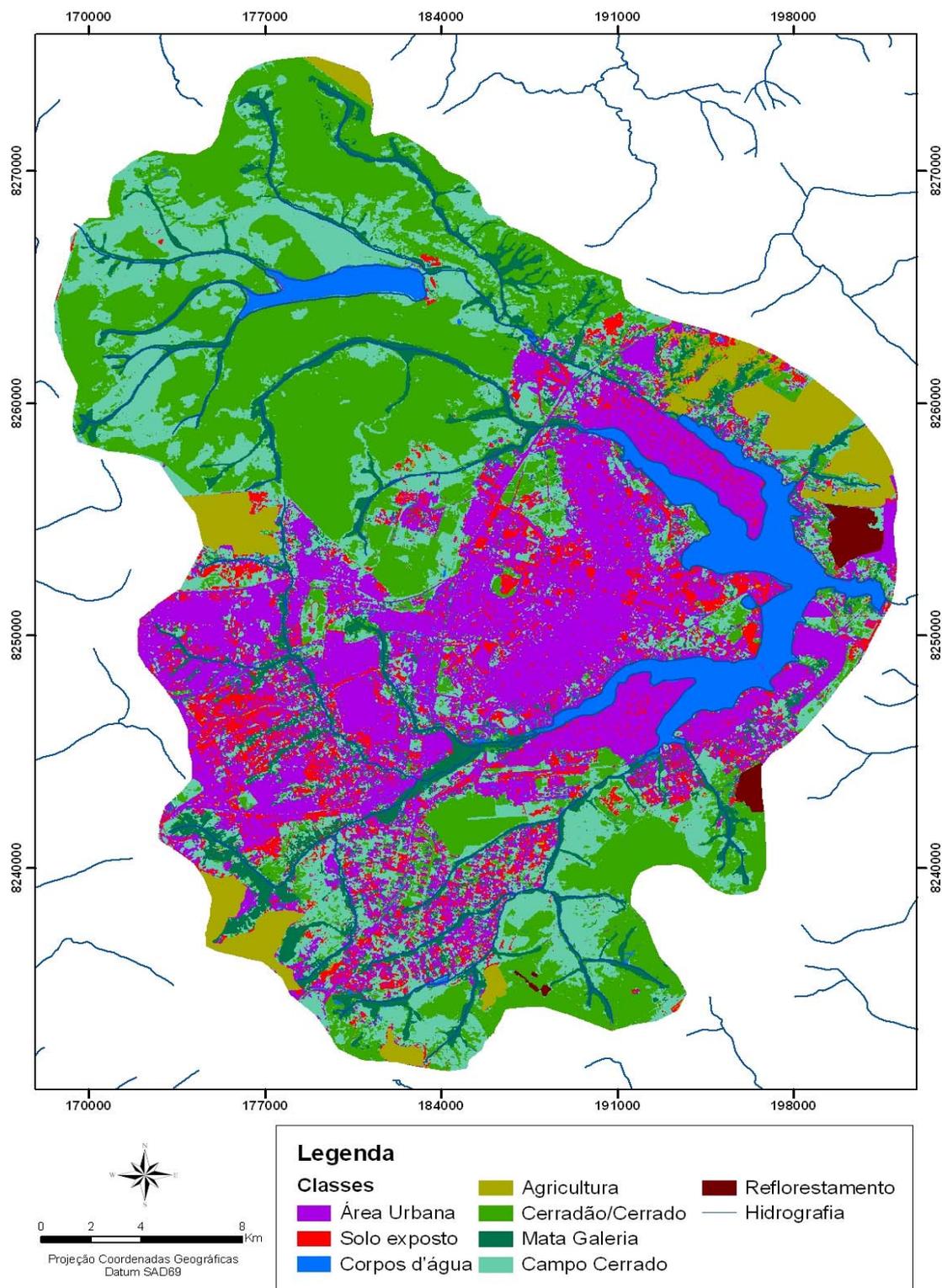


Figura 3.5: Mapa de uso e ocupação do solo na Bacia do Lago Paranoá. (Confecção: INARA BARBOSA, 2007).

CAPÍTULO 4

METODOLOGIA

4.1 ESCOLHA DOS PONTOS.

Para definição da localização dos pontos de amostragem na Bacia do Lago Paranoá foi utilizado mapas hidrogeológicos do DF, o *google earth* e dados do IBGE-DF. A localização dos pontos de campo foi realizada com um aparelho de geoposicionamento - GPS. Foram escolhidas como áreas de controle ambiental os tributários Córrego Bananal e Córrego Cabeça-do-Veado, que supostamente estariam isentos de qualquer contaminação proveniente de atividades antrópicas devido à localização no Parque Nacional de Brasília e Jardim Botânico de Brasília, respectivamente. Para a confirmação dessa hipótese foram elaborados diversos análises da água e do sedimento, além da avaliação de dados históricos de outros trabalhos da área.

Foram coletadas também amostras do Ribeirão do Torto, Ribeirão Riacho Fundo e Ribeirão do Gama, no qual supostamente o Ribeirão do Riacho Fundo é o mais problemático em virtude da ocupação do solo e das intensas atividades antrópicas.

Ao longo de cada tributário, foram selecionados pontos estratégicos diante da localização e ao fácil acesso da coleta. No Córrego Bananal, encontra-se o ponto B1; no Ribeirão do Torto os pontos T1, T2, T3, T4 e T5; no Ribeirão do Riacho Fundo, têm-se os pontos R1, R2 e R3, RG1 e RG2, no Ribeirão do Gama, os pontos G1, G2 e G3; e no Córrego Cabeça-do-Veado os pontos C1, C2 e C3. Na figura 4.1 observa-se o mapa destes pontos.

As campanhas de coleta de água e sedimento nos 15 pontos selecionados foram realizadas nos meses de março de 2006 (período de chuva) e setembro de 2006 (período de seca). Também ocorreram coletas, em outros meses, nos pontos próximos a desembocadura de cada tributário no Lago Paranoá, ou seja, nos pontos B1, T2, R1, G1 e C1, para a avaliação dos impactos ambientais por meio da análise da água, do sedimento e do material sólido em suspensão enviado ao Lago Paranoá por esses ribeirões e córregos. A coleta de amostras contou com o apoio dos laboratórios da Universidade de Brasília (Geoquímica – IG/UnB e de Raios-X – IG/UnB).

Tabela 4 1: Descrição de ponto dos Tributários formadores do Lago Paranoá.

Localização de Pontos	Identificação de Pontos	Pontos em DRX	Localização		Descrição dos Pontos	Descrição da Amostra (sedimento/ água)
			L	UTM (N)		
Filtro do Ribeirão do Bananal	P1x	P1x	0188209	8258951	Sob a ponte na saída do Parque Nacional. Observou-se lixo na beira do tributário e descarte de água de caminhões pipa. Mata ciliar e árvores	-
Ribeirão do Bananal	B1	P8	0188209	8258951		Fração silte de coloração marrom avermelhado/ água de cor clara
Filtro do Ribeirão do Torto	P2x	P2x	0191645	8260570	Perto do Varzão, com população e plantações, onde está sendo construída uma ponte. Observa-se muito lixo na margem e alguns no Ribeirão. Mata ciliar c/ árvores.	-
Ribeirão do Torto	T2	P11	0191645	8260570		Fração silte de coloração marrom avermelhado/ água turva
Ribeirão do Torto	T1	P6	192851	8259678	Perto de moradias, na desembocadura do tributário no Lago, não há presença de lixos. Mata ciliar	Fração silte de coloração marrom avermelhado/ água turva
Ribeirão do Torto	T3	P10	0190032	8261390	Localizado sob a ponte da BR em direção a Sobradinho, não há moradias perto, nem lixo. Mata ciliar	Fração silte de coloração marrom / água límpida
Córrego da Ponte/ Ribeirão do Torto	T4	P7	0190004	8261428	Córrego da Ponte, próximo à ponte do item anterior. Com cascalhos no fundo e na margem do Córrego. Mata ciliar	Fração silte de coloração marrom avermelhado/ água clara.
Rib. do Torto (Caesb)	T5	P3	0187756	8262575	Localizado na Estação da Caesb no Torto. Represa	Fração silte de coloração marrom / água um pouco turva
Córrego Guará (Riacho Fundo)	RG1	P9	0804864	8246987	Perto do Parkshopping, fica num local de preservação, há algumas chácaras perto. Bastante mata ciliar c/ árvores de grande porte	Há muitos cascalhos no córrego e na margem. Análise da fração silte de coloração cinza escura/ água clara.
Córrego Guará (Riacho Fundo)	RG2	P15	183545	8245890	Sob a ponte da BR saída p/ BH, perto da Candangolândia, com tráfego intenso. Observaram-se resíduos de cimento, lixo e odor de esgoto. Pouca mata ciliar	Fração silte de coloração marrom acinzentado/ água turva

Filtro do R. Riacho Fundo	P3x	P3x	0185928	8245309	Perto do zoológico, sob a ponte no sentido aeroporto, com tráfego intenso. Verifica-se lixo e mata ciliar com arvores de médio porte.	-
Ribeirão do Riacho Fundo	R1	P14	0185928	8245309		Fração silte de coloração marrom / água muito turva.
Ribeirão do Riacho Fundo	R2	P13	182412	8242619	Perto de uma ponte no Núcleo Bandeirantes, urbanização. Mata ciliar com árvores de grande porte	Fração silte de coloração marrom acinzentada/ água pouco turva.
Ribeirão do Riacho Fundo	R3	P12	181031	8242050	No Núcleo Bandeirantes, urbanização na beira do Ribeirão, descarte de esgoto e lixo.	Fração silte de coloração marrom avermelhado/ água turva.
Filtro Ribeirão do Gama	P4x	P4x	0192209	8244597	Localizado no Lago Sul., com tráfego intenso. Perto da desembocadura do ribeirão no Lago, sob uma ponte. Mata ciliar	-
Ribeirão do Gama	G1	P4	0192209	8244597		Fração silte de coloração marrom acinzentado/ água escura.
Ribeirão do Gama	G2	-	189620	8242999	-	Análise somente de água, um pouco turva.
Ribeirão do Gama	G3	-	188134	8239333	-	Análise somente de água, um pouco turva.
Filtro Córrego Cabeça-de-Veado	P5x	P5x	0193893	8245001	Localizado no Lago Sul, na desembocadura do Córrego no Lago Paranoá, sob uma ponte com tráfego intenso. Verificou-se muito lixo, fezes e presença de moradores sob a ponte. Mata ciliar.	-
C. Cabeça-de-Veado	C1	P5	0193893	8245001		Fração silte de coloração marrom acinzentado/ água clara.
C. Cabeça-de-Veado	C2	P1	0194089	8244584	Localizado no Lago Sul, perto de mansões afastadas, pouca urbanização. Mata ciliar.	Fração silte de coloração marrom acinzentado/ água clara.
C. Cabeça-de-Veado	C3	P2	0194456	8243991	Localizado no Jardim Botânico, área de preservação. Mata ciliar com muitas árvores.	Fração silte de coloração marrom acinzentado/ água clara.

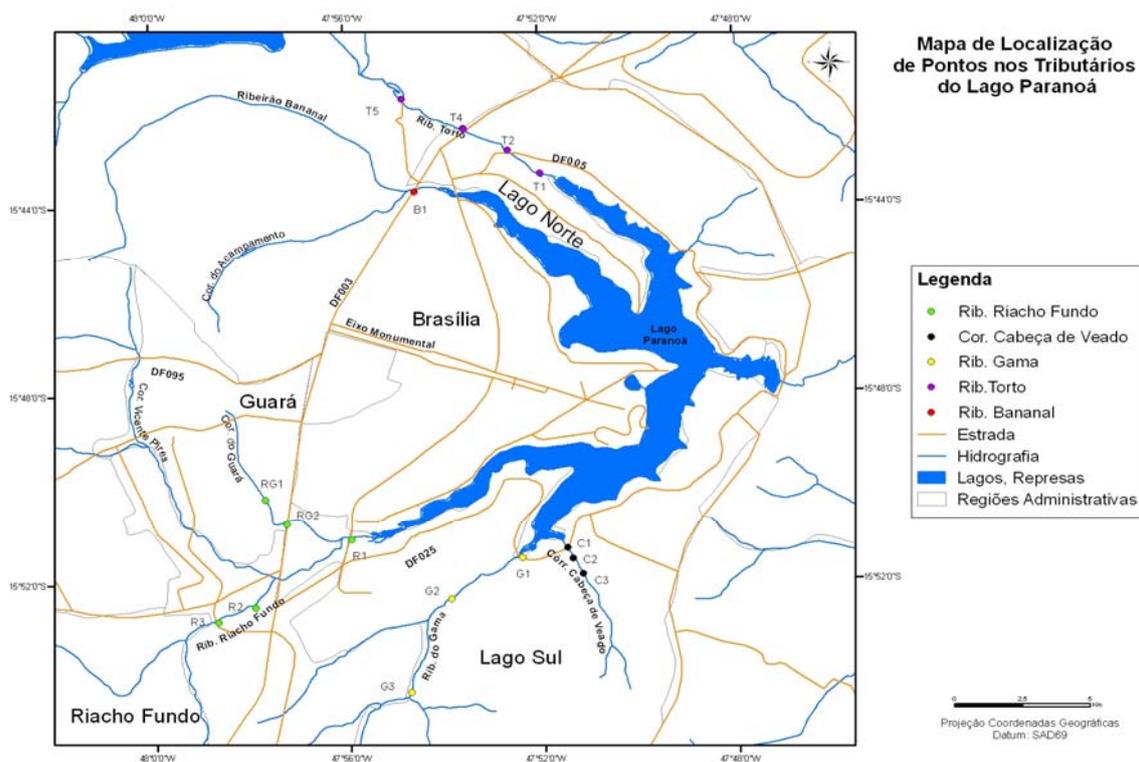


Figura 4.1- Mapa da Bacia do Lago Paranoá com representação dos pontos de coletas nos Tributários. (DESENHADO POR: INARA BARBOSA, 2007).

4.2 COLETA DAS AMOSTRAS

4.2.1 AMOSTRAS DE ÁGUA

Inicialmente, foram selecionados os pontos de coleta e o material que seria utilizado. Os frascos foram preparados conforme o procedimento de coleta do laboratório de geoquímica da UnB, isto é, lavagem com água e depois lavagem com solução de ácido nítrico 10% e, finalmente, enxágüe com água destilada.

As coletas para as análises químicas da água foram realizadas nos meses de março de 2006 (período de chuva) e setembro de 2006 (período de seca). Também ocorreram coletas mensais (de janeiro a dezembro de 2006) nos pontos B1, T2, R1, G1 e C1, pela equipe técnica do laboratório de geoquímica (Lageq).

Os frascos foram ambientados nos locais e 2L de água foram coletados.

A água foi utilizada para três tipos de análise:

- Características físicas: temperatura, cor, turbidez, total de sólidos dissolvidos (TDS) e condutividade;

- Características químicas: alcalinidade, pH, cloretos, sulfatos, fosfato, amônia, material em suspensão e;
- Determinação dos elementos: La, Y, Ti, Ca, V, Mg, Fé, Si, Ni, Zr, Cu, Al, Cr, Mn, Ba, Co, Zn, Pb, Cd, P, Mo por ICP/AES.

No campo, foram determinados a temperatura, o pH, o TDS e a condutividade. No laboratório, determinados turbidez, alcalinidade, oxigênio consumido, gás carbônico livre, cloretos, sulfatos, fosfato e amônia na água sem filtração.

Na água filtrada, determinou-se os elementos químicos La, Y, Ti, Ca, V, Mg, Fe, Si, Ni, Zr, Cu, Al, Cr, Mn, Ba, Co, Zn, Pb, Cd, P, Mo e a cor. O restante da água foi filtrado para a verificação do material em suspensão.

4.2.2 AMOSTRAS DE SEDIMENTOS

Para a coleta das amostras de sedimentos utilizou-se uma pá, no qual, a coleta de cada ponto foi próxima à margem do tributário, com massa de 1 kg.

Após a coleta, o sedimento foi acondicionado em sacos plásticos e transportado para o laboratório. O material foi então reservado em bandeja de polietileno, coberto com papel e submetido à secagem, em temperatura ambiente, até que toda água fosse evaporada (aproximadamente uma semana). Após a secagem, as amostras foram quarteadas, uma parte foi peneirada e o restante foi estocado como contra - provas. A parte peneirada foi utilizada para as análises químicas e avaliação mineralógica. O peneiramento teve a fração de 63µm, retirando-se restos de plantas, pedregulhos entre outros objetos maiores.

4.2.3 AMOSTRAS DE MATERIAL SÓLIDO DEPOSITADO.

Para a coleta de material sólido depositado foi adotado a seguinte metodologia:

- Selecionou-se um ponto no Lago Paranoá próximo ao braço do Ribeirão do Riacho Fundo;
- Com um barco, chegou-se ao local da coleta;
- Com um cano de PVC de 3m de comprimento perfurou-se o solo do Lago a partir da porção mais maciça após a água;
- O cano foi levado para a UnB, com cuidado, onde foi guardado em uma sala e, em seguida esperou-se três meses para o corte do cano,
- O cano foi cortado com uma serrilha e verificou-se que as amostras estavam semi-úmidas e num comprimento de 1,22m;

- O procedimento de amostragem foi realizado por parâmetros de cor e granulometria.

Vale ressaltar que não ocorreu a preservação do material, dentro do cano, em nitrogênio líquido porque a quantidade utilizada seria absurda, devido à evaporação do gás, optou-se, portanto, pelo procedimento já indicado.

Devido a essa coleta, não houve uma escolha do sedimento em escala linear e consecutiva. Dessa forma, obteve-se 16 amostras que foram preparadas para determinação de metais, no qual se fez a secagem na estufa e, posteriormente, a redução de fração do sedimento no almoforiz.

As amostras foram preparadas para análise conforme metodologia utilizada no Lageo, sendo utilizado o ataque químico II e III descritos no item 4.4.3.

Tabela 4.2: Amostras da análise de material sólido depositado no Braço do Riacho Fundo, Lago Paranoá.

Amostras	Varição de comprimento
L1	0,04-0,06 m
L2	0,16-0,18 m
L3	0,23-0,25 m
L4	0,36-0,38 m
L5	0,46-0,48 m
L6	0,54-0,56 m
L7	0,60-0,62 m
L8	0,69-0,71 m
L9	0,76-0,78 m
L10	0,83-0,85 m
L11	0,88-0,90 m
L12	0,93-0,95 m
L13	0,99-1,01m
L14	1,05-1,07 m
L15	1,12-1,14 m
L16	1,17-1,19 m

4.3 Procedimentos Analíticos

A amostra de referência, padrão C (basalto) de rotina do Laboratório de Geoquímica, foi utilizada para estudar as interferências causadas pelos elementos

maiores e para garantir o controle analítico dos resultados (BOAVENTURA *et al.*, 1997).

Com relação às técnicas analíticas disponíveis para a investigação geoquímica das águas e sedimentos, utilizou-se BOAVENTURA *et al.* (1997), no qual destacaram o uso das técnicas de espectrometria de emissão atômica com fonte de plasma (ICP/AES) e a espectrometria de absorção atômica como sendo técnicas promissoras para as determinações de metais e elementos traço. Tanto essas relatadas quanto à espectrometria UV/VIS, à condutivimetria, à turbidimetria, à granulometria, à gravimetria, à difratometria de raios-X, dentre outras, no qual algumas foram utilizadas nesse trabalho.

4.4 MÉTODOS ANALÍTICOS

O projeto foi desenvolvido no laboratório de Geoquímica da Universidade de Brasília, no qual foi utilizado os métodos clássicos *do Standard Methods for Examination of Water and Wastewater* (American Public Health Association, 16^a ed., 1995. 1268p).

Todas as análises foram realizadas com o uso de água ultrapura (resistividade de 18,2 MΩcm) e reagentes *Merck* ou similares de grau analítico.

4.4.1 ÁGUA

Determinação de elementos químicos

Com a utilização do Espectrômetro de Emissão Atômica com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP/AES), foram determinadas as concentrações dos seguintes elementos químicos: Sr, La, Pb, Cd, Y, Ti, Ca, V, Mg, Fe, Si, Ni, Cu, Al, Cr, Ba, Zn, P e Mo. O espectrômetro da marca *SPECTRO ANALITYCAL INSTRUMENTS* (Laboratório de Geoquímica/UnB), modelo *SPECTROFLAME FVM03* é equipado com policromador de vácuo e monocromador com rede holográfica de 2400 estrias/mm. Acoplado a esse equipamento, havia um nebulizador *MEINHARD* com pressão de 38 psi e fluxo de argônio de 1 litro/min, de distância focal de 75 cm e gerador de rádio com frequência de 27,12 Mhz para geração de plasma de argônio. Segue a tabela 4.3, resumo dessa explicação.

A água utilizada foi filtrada e acidificada com HCl 15% para a conservação dos metais e, depois, refrigerada até a análise.

Tabela 4.3 – Parâmetros operacionais do ICP/AES

Nebulizador	meinhard
Pressão	38 psi
Fluxo de argônio	1L/min
Potência	1,1kW
Fluxo de gás argônio para resfriamento	13L/min
Fluxo de gás auxiliar	0,6L/min

Determinação físico-química por titulação e Determinação por Espectrofotômetro – UV

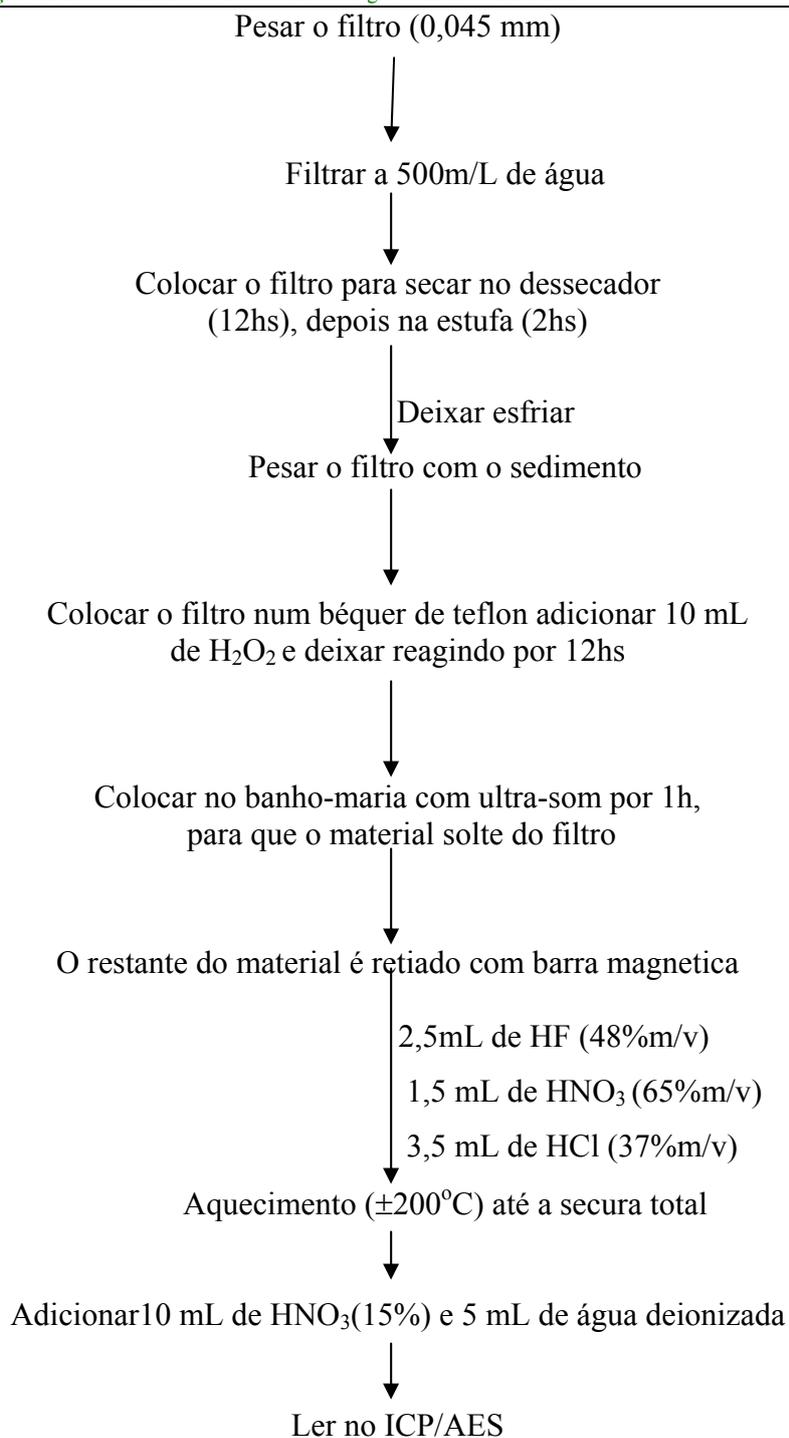
Para estas determinações utilizou-se os métodos clássicos do *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater* (American Public Health Association, 16^a ed., 1995. 1268p). Utilizando o equipamento da marca HACH-2000.

4.4.2 MATERIAL SÓLIDO EM SUSPENSÃO

Este procedimento foi adotado a partir de nova metodologia indicada por Boaventura (2007), pelo qual foram determinados os metais presentes no sedimento filtrado da água.

O material sólido em suspensão indicou a quantidade de material carregado de cada tributário para o Lago Paranoá ao longo de um ano - sua suposta procedência avaliada com a vazão. O método utilizado consistiu na coleta mensal de amostras de água, nos Córrego Bananal (B1); no Ribeirão do Torto (T2); no Ribeirão do Riacho Fundo (R1); no Ribeirão do Gama (G1) e no Córrego Cabeça - do- Veado (C1), no período de janeiro a dezembro de 2006.

Neste contexto adotou-se o seguinte procedimento:



4.4.3 SEDIMENTO

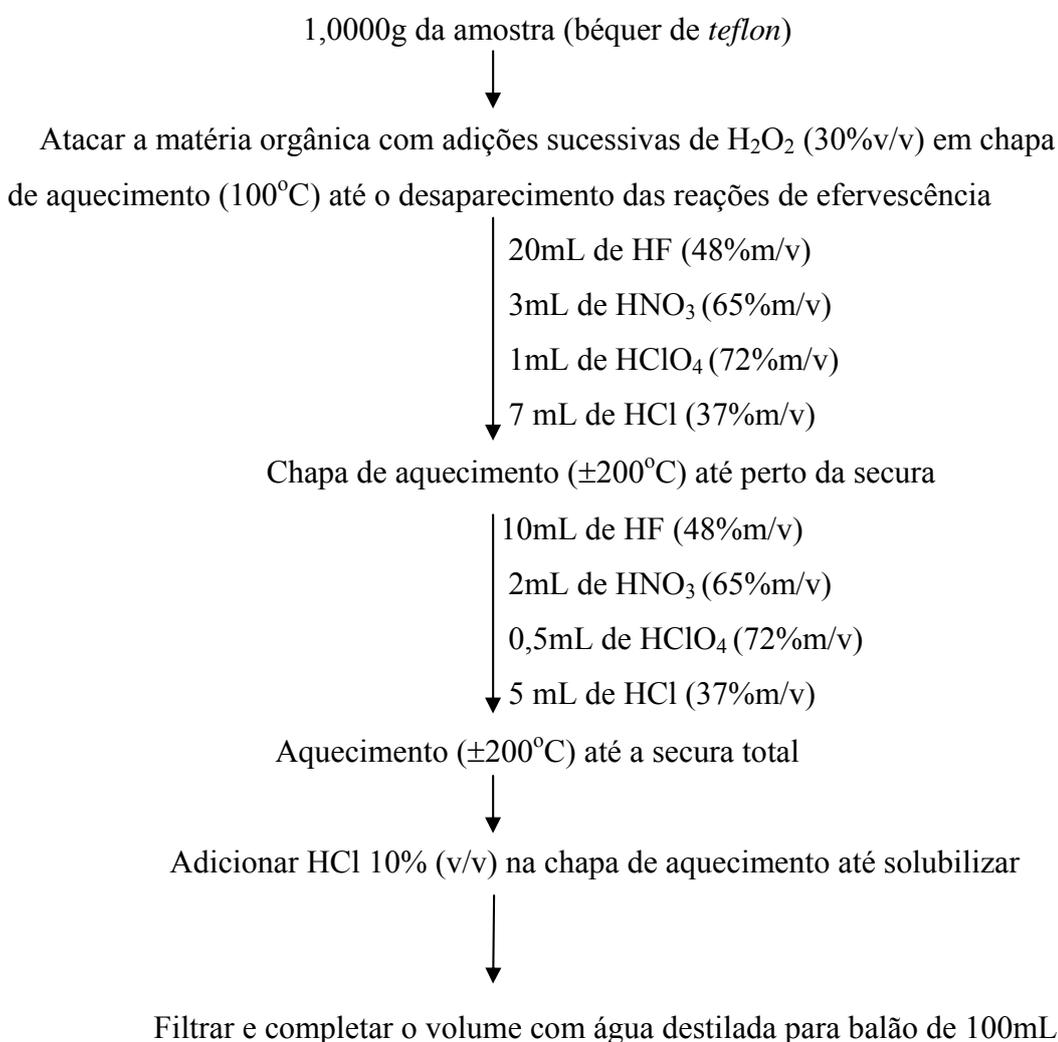
4.4.3.1 PREPARAÇÃO

Após a secagem dos sedimentos, as amostras foram quarteadas e peneiradas (0,063mm), sendo uma parte separada para as determinações químicas e outra parte para as análises mineralógicas.

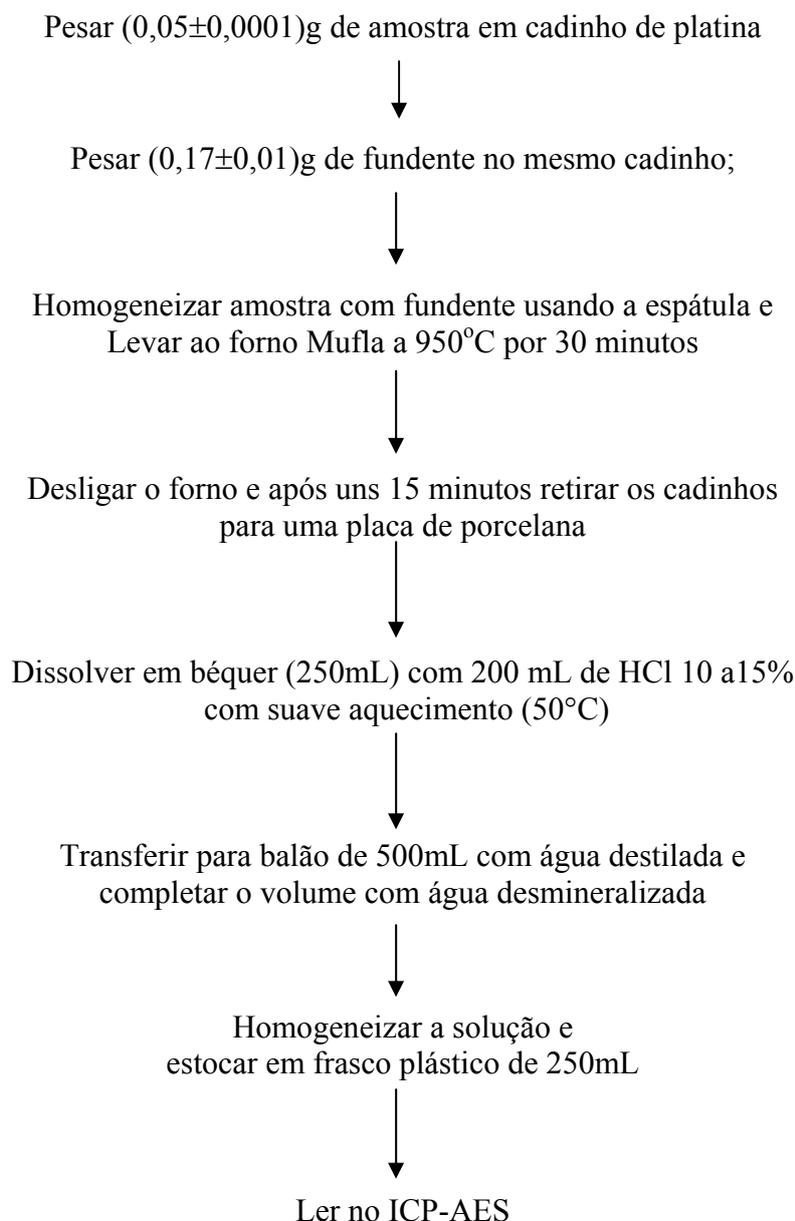
Decomposição do Sedimento para os Metais (III)

Na análise de sedimentos, geralmente é utilizado uma digestão completa com a utilização de HF combinado com HClO_4 , HNO_3 e HCl . Nesse tipo de digestão, manifesta-se a liberação total de metais - tanto os ligados à matriz cristalina característico de contribuição natural quanto aqueles fracamente ligados, com disponibilidade potencial para o meio aquático (FÖRSTNER & SALOMONS, 1980).

A decomposição total das amostras utilizadas neste trabalho seguiu o procedimento proposto por BOAVENTURA (1991), consistindo na abertura ácida com HF/ HNO_3 / HClO_4 / HCl . Para tanto, procedeu-se a execução do fluxograma descrito a seguir:



Decomposição do Sedimento (II-fusão com metaborato de lítio)



4.4.3.2 DETERMINAÇÕES DOS ELEMENTOS QUÍMICOS

A técnica do ICP/AES foi utilizada neste trabalho para a determinação dos metais nas amostras de sedimentos, cuja marca é *Spectroflame*, modelo FVM03. Foram determinados os seguintes elementos: Al, Fe, Ca, Mg, Ti, Sr, V, Ni, Cu, Cr, Zn, Mn e Ba. O comprimento de onda utilizado para cada elemento foi selecionado em função da maior sensibilidade e ausência de interferências significativas. Esta técnica já foi descrita anteriormente.

4.5 DETERMINAÇÃO DE SÓLIDOS VOLÁTEIS

A determinação do teor de sólidos voláteis nas frações granulométricas dos sedimentos foi realizada por gravimetria.

Alíquotas de aproximadamente um grama das amostras tiveram suas massas determinadas em uma balança certificada de acordo com padrões da Rede Brasileira de Calibração (RBC). Para tanto, foram utilizados cadinhos de porcelana com massa conhecida. Após sucessivas calcinações na mufla a 950°C até massa constante, em que os cadinhos foram resfriados em dessecador e pesados, os percentuais de sólidos voláteis foram obtidos em função da perda de massa (RODRIGUES,1997).

O cálculo utilizado foi com a seguinte fórmula:

$$\% = (P_{\text{inicial}} - P_{\text{final}}) * 100.$$

4.6 DIFRATOMETRIA DE RAIOS-X

As análises mineralógicas das frações <0,045mm foram executadas a partir da técnica de Difractometria de Raios-X - DRX.

As determinações de raios-X foram realizadas no laboratório de difratometria em raios-X (UnB) por metodologia de rotina.

As amostras, fração total, foram prensadas na lâmina e encaminhadas à leitura. Essa análise consistiu em duas varreduras distintas: uma da amostra total (AT) e uma da fração argila orientada e seca ao ar (FF). Realizou-se o experimento no Laboratório de Raios X do Instituto de Geociências da UnB utilizando o aparelho Rigaku D-MAXB com radiação de $\text{CuK}\alpha$, com velocidade de varredura de 2°/min e intervalo de medida de 0,05°. O intervalo de varredura foi de 2 a 70° para AT e FF .

As interpretações dos difratogramas e identificações dos minerais ocorreram no mesmo Laboratório e, para isso, utilizou-se o *software* JADE 3.0 para *Windows*, XRD *Pattern Processing for the PC*, 1991-1995 *Materials Data*, Inc.

4.7 DETECÇÃO BIOLÓGICA (COLIFORMES TOTAIS)

O COLitest® é validado frente a APHA/AWWA/WEF, descrito no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, pelo ITAL- Instituto tecnológico de Alimentos. Campinas/SP. Laudo de análise NQ: MB-1836/05.

Esta técnica se trata de teste bacteriológico na água por meio do kit COLitest. A técnica se constitui por cultura, possui substâncias inibidoras do crescimento de bactérias (Gram-Positivas) e alta sensibilidade 1 U.F.C por 100 ml

Procedimento de Análise

Coletou-se assepticamente a água a ser analisada até a marca de 100 ml do frasco COLITest estéril.

Vale destacar que quando a água for clorada, o procedimento pede que se adicione um comprimido de inativador de cloro e aguardar por 20 minutos. Não foi preciso essa etapa do procedimento.

Adicionou-se o meio de cultura Colitest

Fez-se a homogeneização, por inversão até que o meio de cultura se dissolvesse.

Certificou-se que o tubo de Durham estivesse completamente preenchido (sem ar) permanecendo no fundo do frasco.

Incubou-se o frasco em estufa bacteriológica por 24hs a 37°C

Após período de incubação, retirou-se o frasco da estufa e o teste teve a seguinte verificação:

- Positivo quando:

- Turvação do meio de cultura, alteração da cor (púrpura p/amarelo)
- Produção de gás (flutuação tubo de Durham)
- Liberação de fluorescência, na luz U.V. quando positivo para E.Coli.

Depois, adicionou-se, no mesmo tubo, 0,2 ml do revelador de Indol.

Vale esclarecer que houve a formação de um anel vermelho, quando positivo para E.Coli.

4.8 MÉTODOS ESTATÍSTICOS

Primeiramente recorreu-se ao emprego da Estatística Descritiva, a fim de obter valores médios, desvios-padrão, máximos e mínimos para os elementos investigados, e através destas informações, verificar as ferramentas adequadas que permitam gerar dados de avaliação ambiental. Para a realização dos diferentes procedimentos estatísticos foi usado o programa de computador SPSS 10.0 *for Windows*.

1) CORRELAÇÕES

A correlação é a medida da similaridade entre duas variáveis. Os coeficientes de correlação entre duas ou mais variáveis variam de $-1,00$ (correlação perfeita negativa) a $1,00$ (correlação perfeita positiva), passando pelo valor nulo (ausência de correlação). Para construir uma matriz de correlação, geralmente, se emprega o coeficiente de *Pearson* (LICHT, 1998).

O cálculo dos coeficientes de *Pearson* permite medir de forma simples a correlação entre duas variáveis, por meio da determinação do grau de "proporcionalidade" entre os valores de duas variáveis, isto é, o coeficiente é calculado sobre os dados observados (FERREIRA, 2000). No presente estudo considerou-se como correlação significativa os valores $\geq 50\%$.

No trabalho adotou-se a construção da matriz de correlação baseada nos coeficientes de *Pearson*, utilizando-se para isso, o programa de computador SPSS 10.0 For Windows.

2) ANÁLISE DE AGRUPAMENTO ("*CLUSTER ANALYSIS*").

A análise de grupos serve essencialmente para agrupar os dados de acordo com o grau de "proximidade" ou "parentesco" entre objetos, nos diferentes níveis. Dentre os métodos de classificação hierárquica utilizou-se o método da árvore hierárquica ("*Tree Clustering*"). Esse método utiliza as distâncias entre os objetos quando da formação dos grupos, que são baseadas em dimensões simples ou múltiplas. O Programa SPSS for Windows permite optar por várias medidas de distância, como a distância euclidiana utilizada neste trabalho.

O método de Ward (*Ward's method*) parte de uma análise de variância para avaliar as distâncias entre grupos (*cluster*). Este método tenta minimizar a soma dos quadrados de quaisquer dois grupos hipotéticos que poderá se formar em cada etapa. Dessa forma, o método supracitado ajuda a minimizar a perda de informação de cada etapa no processo de agrupamento (FERREIRA, 2000).

3) DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE GEOACUMULAÇÃO (Igeo)

O índice de geoacumulação é utilizado para avaliar a intensidade da contaminação do sedimento, proposto por MÜLLER 1979; *apud* FÖRSTNER, 1989. Este índice estabelece a relação entre os teores de metais encontrados na região em

análise e um valor referencial equivalente à média mundial para metais associados às argilas. O valor obtido permite classificar os níveis de enriquecimento dos metais com intensidades progressivas de contaminantes.

Este índice é calculado através da fórmula:

$$I_{geo} = \log_2 (C_N / 1,5C_B)$$

C_N = concentração do elemento na fração argila (<0,002mm) do sedimento a ser classificado;

C_B = concentração média de background para argilas na crosta terrestre;

1,5 = fator de correção para possíveis variações do *background* causado por diferenças litológicas.

Este índice consiste em sete classes relacionadas com o grau de contaminação, que variam de 0 a 6. O valor mais alto corresponde a um enriquecimento de aproximadamente 100 vezes em relação ao nível de *background*.

Neste trabalho o cálculo está correlacionado como os obtidos em MOREIRA (2002), no qual os resultados são comparados com os níveis de *background*, já que a área de estudo é a mesma, podendo assim, obter índices de geoacumulação mais confiáveis.

CAPÍTULO 5

RESULTADOS e DISCUSSÃO

Os resultados, bem como a discussão, do presente estudo dar-se-ão a partir da divisão que respeitou a análise da água, da mineralogia, dos sedimentos e do material sólido depositado. Tal tomada de decisão – a de separar os resultados por área de estudo – fundamenta-se em razão de ser esta uma maneira facilitadora para a interpretação e compreensão das observações feitas ao longo deste estudo, fato que possibilitará um entendimento mais eficiente para se chegar, posteriormente, às conclusões.

5.1 ÁGUA

Por meio da análise dos resultados dos elementos químicos dissolvidos nas amostras de água, constatou-se que:

- Os elementos La, Ti, Al, Pb, Cd, Y, Mo, V, Zr, Cu, Cr, Co, Ba, Ni, Zn e P ficaram abaixo dos limites de quantificação do método adotado, não sendo possível uma avaliação geoquímica desses parâmetros;
- Os gráficos em anexo 1 fazem referência à distribuição dos valores anômalos de alguns parâmetros físico-químicos e metais nas amostras coletadas nos tributários estudados.
- A tabela 5.1 indica as médias dos resultados de parâmetros físicos - químicos no período de chuva (dezembro de 2005; janeiro – a abril de 2006; outubro a dezembro de 2006) e no período de seca (maio a setembro de 2006), nos pontos próximos à desembocadura no Lago Paranoá.

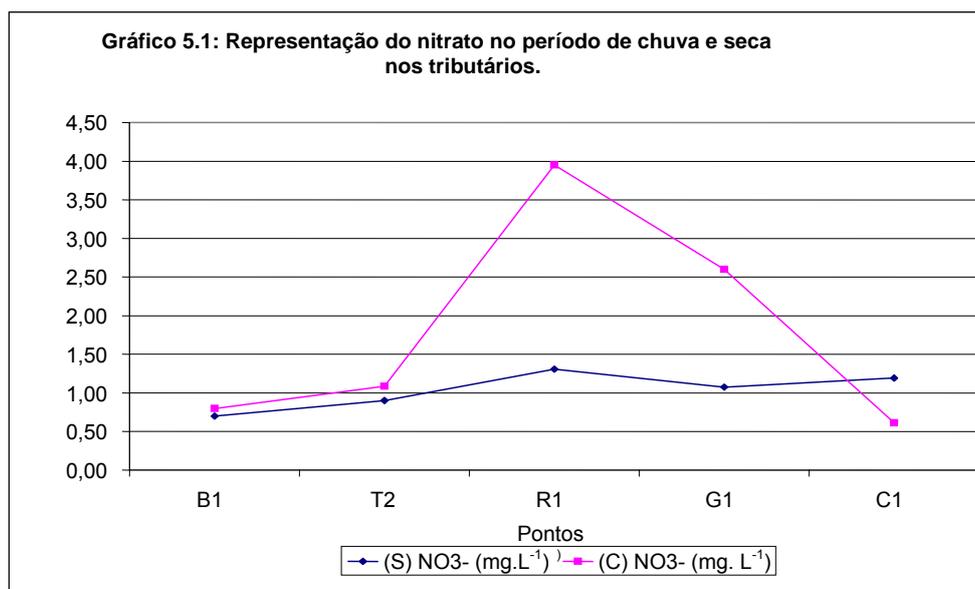
Tabela 5.1: Resultado dos parâmetros físico-químicos nos períodos de chuva e seca dos tributários do Lago Paranoá.

	Parâmetros	Unidades	B1	T2	R1	G1	C1	Média	DV
Período de chuva	NO ₃ ⁻	mg/L	0,8	1,1	4,0	2,6	0,6	1,8	1,3
	NH ₄ ⁺	mg/L	0,1	0,2	0,5	0,3	0,1	0,3	0,2
	PO ₄ ³⁻	mg/L	0,1	0,1	0,2	0,2	0,0	0,1	0,1
	HCO ₃ ⁻	mg/L	14,3	9,9	31,4	10,3	7,6	14,7	8,6
	Cl ⁻	mg/L	2,9	3,2	4,7	3,2	3,1	3,4	0,6
	CO ₂	mg/L	34,5	23,9	31,7	27,9	23,6	28,3	4,3
	O ₂ Cons	mg/L	1,8	1,3	2,3	1,8	1,3	1,7	0,4
	pH	-	6,0	6,3	6,7	6,4	5,9	6,3	0,3
	Condutividade	uS/cm	25,5	12,1	76,1	15,4	9,8	27,8	24,7
	TDS	mg/L	12,6	5,6	38,2	7,3	4,5	13,6	12,6
	Temperatura	°C	20,8	21,2	21,7	21,6	20,9	21,2	0,4
Período de Seca	NO ₃ ⁻	mg/L	0,7	0,9	1,3	1,1	1,2	1,0	0,2
	NH ₄ ⁺	mg/L	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
	PO ₄ ³⁻	mg/L	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0
	HCO ₃ ⁻	mg/L	22,4	10,5	27,8	10,7	19,2	18,1	6,7
	Cl ⁻	mg/L	1,7	3,1	3,7	1,8	2,8	2,6	0,8
	CO ₂	mg/L	35,2	17,5	21,0	15,7	18,4	21,6	7,0
	O ₂ Cons	mg/L	2,2	1,8	2,7	2,4	2,6	2,3	0,3
	pH	-	6,6	6,5	6,8	6,6	6,7	6,6	0,1
	Condutividade	uS/cm	31,1	16,9	65,8	14,8	40,3	33,8	18,6
	TDS	mg/L	16,0	8,5	33,6	7,3	20,5	17,2	9,5
	Temperatura	°C	20,1	20,0	20,9	19,9	20,4	20,3	0,4

Os resultados indicam que os parâmetros físico-químicos nos períodos de chuva e de seca dos tributários do Lago Paranoá, tiveram influência de estação climática, uma vez que no período de chuva os valores são maiores que no período de seca. Analisando cada tributário, observa-se que o Ribeirão do Riacho Fundo os valores foram superiores aos dos outros, principalmente nos parâmetros de nitrato, cloreto, alcalinidade, condutividade e totais de sólidos dissolvidos (TDS).

Os valores mais altos de nitrato, no período de chuva, estão presentes nos pontos R1 (4,0 mg/L) e G1 (2,6 mg/L), associados à influência antrópica, o que pode ser verificado na figura 5.1.

Figura 5.1: Representação de nitrato no período de chuva e seca nos tributários.



Os resultados de amônia ($0,5 \text{ mg.L}^{-1}$) e cloreto ($4,7 \text{ mg L}^{-1}$) também tiveram valores maiores em R1 no período de chuva, podendo ser verificado nos gráficos 5.2 e 5.3, o que demonstra forte atuação antrópica no meio ambiente, fato que se refletem seus valores aumentados.

Figura 5.2: Representação de amônia no período de chuva e seca nos tributários.

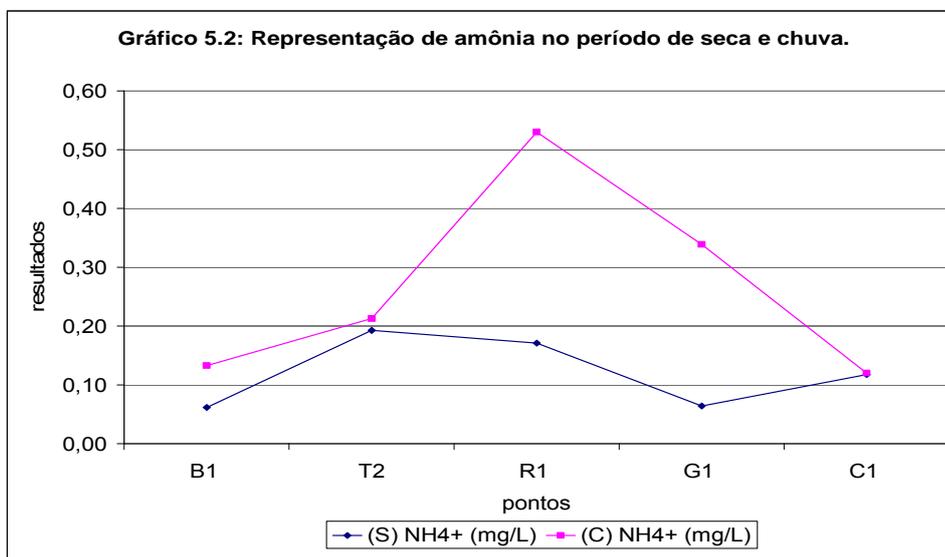
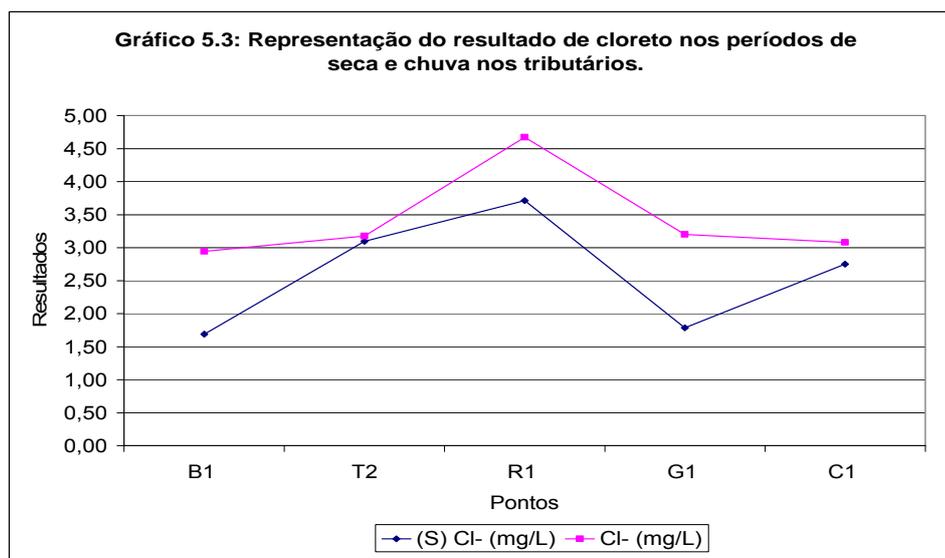


Figura 5.3: Representação de cloreto no período de chuva e seca nos tributários.



A tabela 5.2 indica os resultados das médias dos metais em água no período de chuva (dezembro de 2005; janeiro a abril de 2006; outubro – a dezembro de 2006) e no período de seca (maio a setembro de 2006), nos pontos próximos a sua foz no Lago Paranoá.

Tabela 5.2: Resultado de metais nos períodos de chuva e seca dos tributários do Lago Paranoá.

	Tributários	Resultados (ppm)						
		Sr (ppm)	Ca (ppm)	Mg (ppm)	Fe (ppm)	Si (ppm)	Mn (ppm)	K (ppm)
Período de chuva	B1	0,006	3,84	0,62	0,13	3,94	0,009	<LQ
	T2	0,009	1,39	0,28	0,07	3,56	0,007	<LQ
	R1	0,05	9,13	0,98	0,13	3,82	0,01	1,85
	G1	0,01	1,67	0,29	0,09	2,97	0,01	0,70
	C1	0,01	1,01	0,43	0,12	4,07	0,01	<LQ
Período de seca	B1	0,006	3,55	0,83	0,18	2,09	0,014	<LQ
	T2	0,009	1,08	0,29	0,18	1,44	0,017	<LQ
	R1	0,03	5,57	0,80	0,23	1,78	0,02	0,95
	G1	0,01	1,23	0,31	0,19	1,40	0,01	<LQ
	C1	0,01	0,64	0,42	0,21	2,26	0,02	<LQ
	Média	0,01	3,03	0,55	0,14	2,95	0,01	1,15
	DV	0,01	2,90	0,29	0,07	2,82	0,01	0,46

Os resultados de metais indicam que os elementos Sr e Mg tiveram pouca variação nos períodos; o Ca, o Si e o K tiveram resultados maiores no período de chuva, e o Mg, o Fe e o Mn apresentaram concentrações maiores e próximas dos resultados do período de seca. O Ribeirão do Riacho Fundo (TABELA 5.1.2) teve maior concentração de elementos relacionados a outros tributários, principalmente no período de chuvas (Sr 0,05 ppm; Ca 9,13 ppm; Mg 0,98 ppm).

A tabela 5.3 indica a média geral de todos os tributários nos meses de seca de períodos, março e setembro, ao longo do curso dos ribeirões, períodos de transição das estações.

Tabela 5.3: Valores médios e desvios padrões de parâmetros físico-químicos e metais em água dos Tributários do Lago Paranoá, pertencentes à geologia do grupo Paranoá, situados nas unidades ardósia e metarritmito arenoso.

Parâmetros	Unidades	Mínimo	Máximo	Média Chuva (março)	Média Seca (set)	Média Geral	Desvio Padrão
pH	-	5,5	8,7	6,4	6,9	6,6	0,6
T	° C	19,8	26,2	21,7	22,2	21,9	1,2
Condutividade	µS/cm	4,3	94,2	29,6	36,2	40,9	29,5
TDS	mg/L	1,6	46,3	14,7	17,8	16,2	15,4
Nitrato (NO ₃ ⁻)	mg/L	0,0	11,1	2,6	2,8	2,7	1,9
Amônia (NH ₃)	mg/L	0,0	1,2	0,3	0,1	0,2	0,3
Fosfato (PO ₄ ³⁻)	mg/L	0,0	1,8	0,1	0,4	0,3	0,3
Cor	uH	0,0	29,0	7,3	10,5	9	8
Alcalinidade (HCO ₃ ⁻)	mg/L	6,8	50,4	18,0	19,9	19,0	13,0
Cloreto (Cl ⁻)	mg/L	2,3	4,9	3,1	3,5	3,3	0,7
CO ₂	mg/L	2,3	52,8	25,2	16,3	20,8	13,1
O ₂ consumido	mg/L	0,6	7,8	3,0	1,7	2,4	1,8
Sr	ppm	0,001	0,068	0,015	0,006	0,015	0,019
Ca	ppm	0,1	12,3	3,3	1,7	3,0	3,3
Mg	ppm	0,1	1,2	0,4	0,3	0,5	0,3
Fe	ppm	0,0	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1
Si	ppm	0,4	15,1	11,1	5,8	6,1	5,7
K	ppm	0,6	1,9	0,7	<LQ	0,8	0,3

As médias dos resultados de todos os tributários se apresentam, no período de chuva, com maiores concentrações de amônia, CO₂, O₂ consumido e metais. No período de seca, as médias maiores de concentração estão relacionadas ao pH, condutividade, totais de sólidos dissolvidos, nitrato, fosfato, alcalinidade e cloreto.

A condutividade é proporcional à quantidade de sais dissolvidos na água, condicionada pela presença de substâncias dissolvidas que se dissociam em ânions e cátions, apresentando correlação com os totais de sólidos dissolvidos. O que explica, dessa forma, os valores mais altos desses parâmetros e dos outros associados no período de transição de períodos (seca e chuva).

Estudo de resultados anômalos e correlação de resultados com outros trabalhos.

LICHT (1998) relata que a maioria das anomalias nos sedimentos de drenagem está concentrada na fração mais fina. Os elementos que apresentam médias diferentes entre as áreas e valores elevados relacionados com a fórmula $x > \text{média} + 2s$ são tipicamente anômalos. Com base nessa definição e metodologia estabelecida, é que foi realizada a análise de anômalos para todos os estudos: da água, do sedimento, de materiais em suspensão e de profundidade.

No resultado físico-químico de condutividade, totais de sólidos dissolvidos e cloretos não se identificaram resultados anômalos (ANEXO 1). Observação que os apresenta como valores ideais para os tributários do Lago Paranoá.

Na tabela 5.4, na última coluna, os resultados deste trabalho podem ser comparados com alguns valores regionais e mundiais.

Tabela 5.4: Parâmetros médios de elementos químicos em água indicados em outros trabalhos.

Local	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
pH	6,9	5,6	5,7	6,0	5,9	-	-	6,6
T°C	19,6	23,9	21,8	17,5	22,3	-	--	21,9
CE (µs/cm)	9,1	36,0	12,6	105,7	18,5	-	-	40,9
Alcalinidade (mg/L)	0,8	1,9	1,5	7,9	8,37	68,0	58,4	16,1
NO ₃ ⁻ (mg/L)	0,12	0,06	0,3	1,5	0,2	-	-	2,3
PO ₄ (mg/L)	0,12	0,6	0,13	0,2	0,7	-	-	0,3
NH ₃ (mg/L)	0,2	0,02	0,4	1,3	0,2	-	-	0,1
Cl ⁻ (mg/L)	-	-	-	-	-	8,0	7,8	3,3
TDS (mg/L)	4,2	23,1	6,2	52,9	9,1	-	-	16,2
Sr (µg/L)	10	10	10	10	10	60	70	10
Ca (µg/L)	21800	4880	1070	1810	1550	21000	18000	2400
Mg (µg/L)	120	470	170	780	480	5000	4100	400
Fe (µg/L)	120	340	350	210	1440	300	40	100
Si (µg/L)	1910	3080	3320	1850	3920	4100	6000	6100
K (µg/L)	250	590	560	10	1130	1400	2300	700

(1) Região Hidrográfica Ribeirão do Gama (Carvalho Junior, 1998); (2) Região Hidrográfica Bananal (Boaventura *et al*, 1999); (3) Região Hidrográfica do Lago Descoberto (Boaventura *et al*, 1998); (4) Região Hidrográfica do Sobradinho (Boaventura, 1997); (5) Região Hidrográfica Lago Paranoá (Boaventura, 1997); (6) Média de rios da América do Norte Esteves, 1998); (7) Média de rios do Mundo (Esteves, 1998); (8) Resultados obtidos neste trabalho, Tributários do Lago Paranoá.

Os pontos com valores acima da média – considerados, portanto, anômalos, bem como os resultados obtidos – são evidenciados por comparação com outros trabalhos relacionados à área de estudo.

De acordo com a tabela 5.4, existe a demonstração das médias dos parâmetros obtidos e a informação de que os resultados estão coerentes e condizentes com médias regionais. Para exemplificar, nos resultados físico-químicos de água, comparados neste trabalho com Boaventura (1998), para o Ribeirão do Bananal, é possível observar que as médias de 2006 estão compatíveis para todos os parâmetros.

Como verificado graficamente (ANEXO 1) e comparado com os resultados regionais da Bacia do Lago Paranoá, o Si e o Fe não se apresentaram anômalos, o que demonstra estarem em conformidade com a geologia regional do Grupo Paranoá, condicionados ao ambiente natural de quartzitos e argilominerais.

Na comparação dos elementos Ca (2400 µg/L) e Mg (400 µg/L), é observado que eles têm valores que ficam abaixo da média, quando relacionados aos de outros trabalhos, principalmente se confrontados às médias mundiais – Ca (18000 µg/L) e Mg (4100 µg/L). No Ribeirão do Bananal, a presença desses elementos tem relação com os argilominerais e a trocas catiônicas ocorridas nos minerais. Como demonstra a tabela 5.4, o K (700 µg/L) apresenta-se acima do resultado do Córrego do Bananal, local de preservação, de acordo com estudo realizado por BOAVENTURA (1998), o que é justificado pela maior concentração desse elemento no ponto R1, porém o resultado está abaixo da média regional da Bacia do Lago Paranoá conforme BOAVENTURA (1997). O Sr teve o mesmo resultado comparado ao Ribeirão do Bananal e a Bacia do Lago Paranoá, apresentando valores coerentes com os regionais.

Examinando simultaneamente tais resultados obtidos com os de CARVALHO JUNIOR (1998), no Ribeirão do Gama, o nitrato variou de 0,12 para 1,85 mg/L, a condutividade de 9,1 para 15,1 µs/cm e totais de sólidos dissolvidos (TDS) de 4,2 mg/L para 7,3 mg/L. A partir dessa comparação, fica evidenciado o aumento de sólidos em suspensão e de dejetos orgânicos (esgoto, efluentes) enviados ao Lago de 1998 a 2006.

O nitrato teve um aumento considerável em relação às médias regionais, principalmente se comparados ao Bananal e à Bacia do Lago Paranoá. Esse ânion representa o estágio final da oxidação de matéria orgânica, o que pode ser considerado um indicativo do descarte de esgoto, de lixos e de fossas sépticas em algumas regiões dos tributários, principalmente nas mais urbanizadas. Vale ressaltar que os resíduos de produtos protéicos de esgotos são ricos em nitrogênio e se decompõe em nitratos na

presença de oxigênio, de acordo com o ciclo do nitrogênio (nitrogênio orgânico, amônio, nitrito e nitrato).

Conforme resultados obtidos (tabelas 5.4 e gráficos de valores anômalos, em anexo 1), fica evidente que os valores anômalos estão em regiões com urbanização crescente ou locais próximos que oferecem influência. Exceto, o resultado mais alto de pH (8,7), em local não habitado, ponto T5 no período da seca, apresentando um pH básico relacionado à concentração de carbonatos, por se tratar de uma represa da CAESB. Essa referida exceção pode estar associada a materiais formadores do reservatório.

Os resultados anômalos nos pontos R2 chuva (0,73 mg/L) de amônia, R3 seca de fosfato (1,76 mg/L), RG1 chuva (50,4 mg/L) e RG2 seca (48,0 mg/L) de alcalinidade estão relacionados à ação antrópica, como esgotos domésticos, lixos e fossas já que o Córrego Guará e o Vicente Pires afluente do Ribeirão do Riacho Fundo percorrem áreas urbanas. Os pontos R1, RG1 e RG2 são os responsáveis por valores anômalos e estão localizados no Riacho Fundo, indicando estarem associado à crescente urbanização e conseqüente lançamento de resíduos e esgotos sanitários, tais como escoamento de fertilizantes e insumos agrícolas, uma vez que esse tributário recebe carga de outros afluentes, como Córrego Vicente Pires, percorrendo regiões como chácaras que utilizam esses insumos.

O tributário Riacho Fundo, no ponto R1, próximo ao zoológico, está com problema de assoreamento devido a sedimentos e materiais tais como cimento, areia, materiais de construção, lixos e esgotos trazido por seus afluentes.

5.1.1 Correlação de Pearson

A correlação de Pearson auxiliará na interpretação dos resultados, indicando os parâmetros que proporcionam melhor relação entre si. Na tabela, a seguir, a correlação com 99% de índice de significância é representada por dois asteriscos e de 95% por um asterisco. Os resultados discutidos são os de 99% de significância que estão com alto grau de certeza, considerando os valores acima de 0,75.

	pH	condut (uS/cm)	TDS (mg/L)	T (°C)	Nitrato (mg/L)	Amônia (mg/L)	Fósforo (mg/L)	Cor (uH)	Alcalinidade (mg/L)	Cloreto (mg/L)	CO2 (mg/L)	O2 Cons. (mg/L)	Sr	Ca	Mg	Fe	Si	K	
pH	1																		
Condut uS/cm)	0,30	1																	
TDS (mg/L)	0,29	,99(**)	1																
T (°C)	,47(**)	0,15	0,13	1															
Nitrato (mg/L)	0,25	,34(*)	,345(*)	0,15	1														
Amônia (mg/L)	0,09	,44(**)	,44(**)	0,05	,62(**)	1													
Fósforo (mg/L)	0,31	,44(*)	,44(*)	0,26	0,27	,56(**)	1												
Cor (uH)	0,28	,54(**)	,55(**)	0,15	,62(**)	0,22	0,25	1											
Alcalinidade (mg/L)	0,28	,92(**)	,92(**)	0,13	0,23	0,27	0,24	,56(**)	1										
Cloreto mg/L	0,22	,69(**)	,69(**)	0,06	,47(**)	,47(**)	,50(**)	,51(**)	,47(**)	1									
CO2 mg/L	0,06	0,25	0,26	-0,03	,38(*)	,48(**)	0,04	0,19	0,17	0,35	1								
O2 Cons. (mg/L)	,44(**)	0,02	0,03	-0,50	0,06	0,03	-0,27	0,18	0,07	0,25	,51(**)	1							
Sr	0,30	,88(**)	,87(**)	0,10	0,30	0,26	0,10	,47(**)	,91(**)	,44(*)	0,20	-0,01	1						
Ca	0,18	,88(**)	,89(**)	0,01	0,29	0,28	0,04	,47(**)	,93(**)	,47(**)	0,30	0,16	,95(**)	1					
Mg	0,33	,87(**)	,87(**)	0,08	0,31	0,18	0,29	,54(**)	,88(**)	,47(**)	0,16	0,10	,85(**)	,85(**)	1				
Fe	,56(**)	0,33	0,32	0,29	,34(*)	0,07	,39(*)	0,22	0,18	0,28	-0,15	-0,50	0,30	0,13	,43(*)	1			
Si	-0,35	-0,16	-0,15	-0,13	-0,08	0,31	-	,47(**)	-	,350(*)	-0,14	-0,24	0,33	-0,02	-0,05	0,02	-,364(*)	-,471(**)	1
K	0,21	,79(**)	,79(**)	0,16	,54(**)	,67(**)	,59(**)	,39(*)	,64(**)	,64(**)	0,33	0,01	,60(**)	,61(**)	,58(**)	0,23	-0,05	1	

As correlações que tiveram um percentual de 80% a 90% correspondem a Sr, Ca, Mg e K com condutividade, e Ca com Mg e Sr.

No resultado da correlação de Pearson, é possível observar que a condutividade, a alcalinidade e o total de sólidos dissolvidos têm boa correlação com os metais e isto é perfeitamente coerente, já que a condutividade está em função da concentração dos íons presentes, assim se espera que, em soluções de maior concentração iônica, haja maior condutividade elétrica. Os principais responsáveis pelo valor da condutividade são Ca, Mg, Na, K, HCO_2^- , SO_4^{2-} , e Cl^- (Esteves, 1998). Tal afirmação é confirmada neste trabalho pelos índices de correlação entre os elementos Ca, Mg, K, Cl^- , alcalinidade e a condutividade, estando associados aos constituintes minerais.

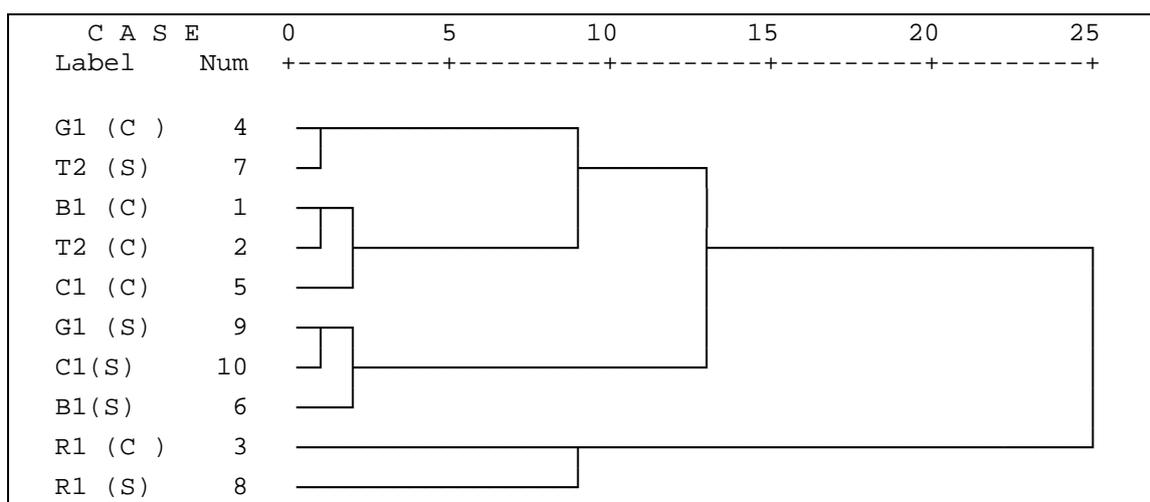
A correlação de maior importância é para o K, representando 80% com TDS, indicando a possível origem de solos recentes por processos erosivos.

5.1.2 Análise de Grupos

A classificação hierárquica agrupa objetos com base no grau de proximidade, em diferentes níveis, utilizando o Método de Ward.

1) Dendograma 1 está relacionado às médias anuais de pontos dos tributários mais próximos ao Lago Paranoá.

Dendograma 1:



(C) período de chuva; (S) período de seca

No dendograma 1 podem ser identificados 3 grupos principais, quando considerada a distância de amalgamação de 10. O primeiro grupo é composto por

pontos de coleta no período de chuva, que tiveram comportamento semelhante devido à diluição de componentes químicos em água, provenientes de ambientes pouco ou moderadamente afetados pela atividade urbana. Destaca-se como ponto diferenciado T2, que tanto em período de chuva como no de seca teve comportamento semelhante nos resultados. Isso ocorreu devido às chuvas torrenciais que ocorreram no dia da coleta e no ponto referente, caracterizando-se atípico, já que baseado em outros anos não houve chuvas nesse período.

O segundo grupo assemelha-se quanto ao período de seca composto por G1, B1 e C1, no qual as proximidades dos resultados o agruparam.

E o terceiro grupo é constituído pelo ponto R1, nos períodos de chuva e seca, uma vez que se destaca por resultados físico-químicos em água mais altos, relacionados a outros tributários. O que indica, desta forma, um comportamento diferencial por influência de elementos originários de fontes antrópicas, já que diz respeito ao Ribeirão do Riacho Fundo, tributário vinculado à crescente urbanização.

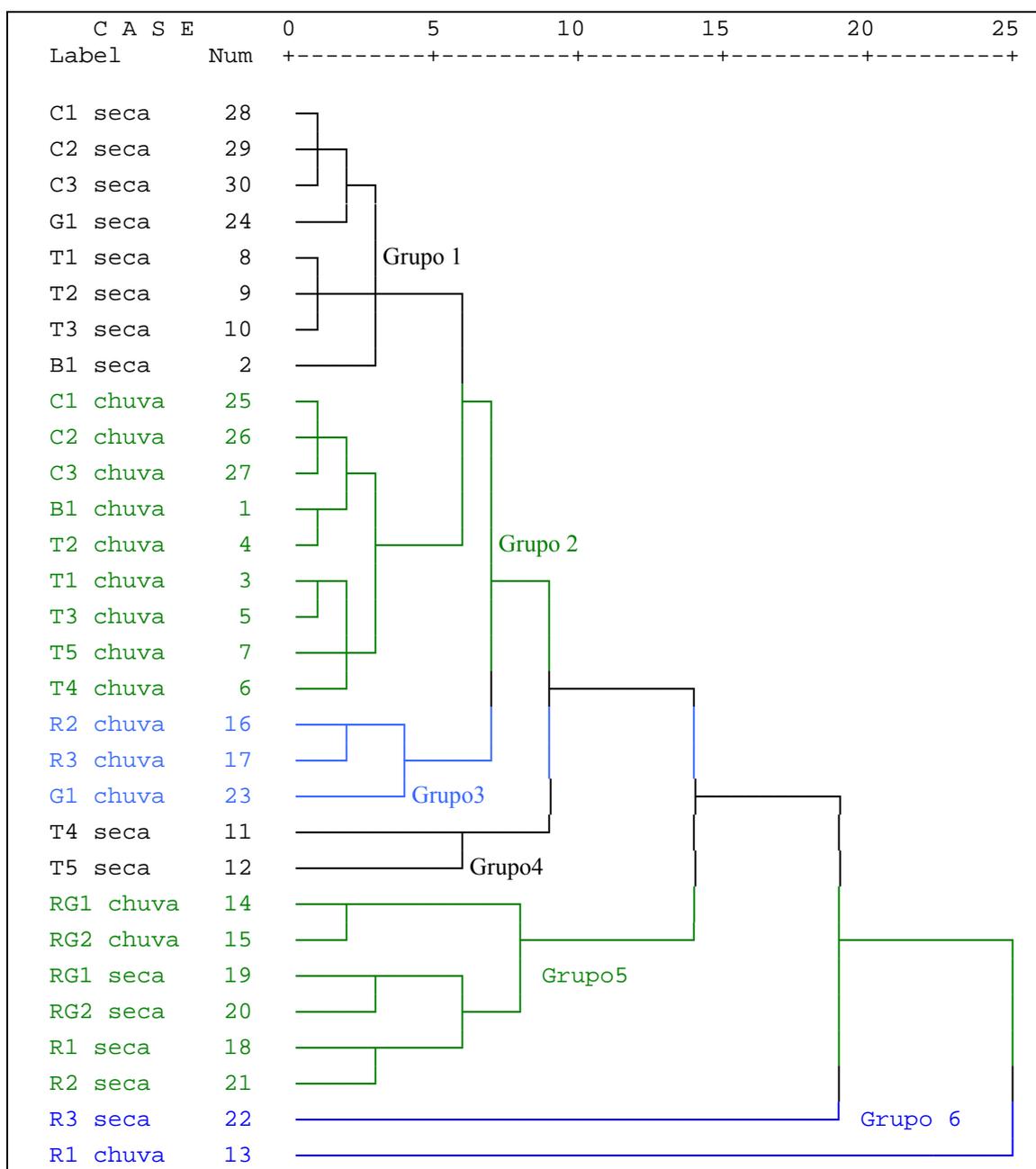
2) Dendograma 2 faz referência à média geral de todos os tributários nos meses de seca de períodos, março e setembro, ao longo do curso dos ribeirões, períodos de transição das estações.

Essa classificação está associada aos resultados da tabela 5.1.3 dos parâmetros físico-químicos e metais em água dos Tributários do Lago Paranoá, pertencentes à geologia do grupo Paranoá, situados nas unidades ardósia e metarritmito arenoso.

No primeiro nível, estão os graus de proximidades maiores entre as amostras, que ao longo do histograma se agrupam conforme a semelhança. Para uma melhor análise consideraram-se seis grupos principais de proximidade.

Em relação às amostras, o Grupo 1 é o da amostra C1 a B1 no período de seca, o Grupo 2 é o de C1 chuva a T4 chuva, o Grupo 3 é o de R2 chuva a G1 chuva, o Grupo 4 é o de T4 e T5 período de seca, o Grupo 5 é aquele formado por RG1 chuva e R2 seca, e, por fim, o Grupo 6 contém as amostras R3 seca e R1 chuva.

Dendograma 2:



No resultado de *clusters* (grupos), ocorre um comportamento conforme a geologia regional e, principalmente, com os das características de elementos associados. O que revela, por exemplo, que os grupos 1, 2 e 4 são formados por amostras com nenhum ou pouco contaminante, isto é, ocorreu pouca influência no meio ambiente de elementos originários da ação antrópica. As associações dos grupos correspondem aos resultados físico-químicos e elementos químicos em água de características geológicas regionais, por estarem em locais com pouca urbanização ou em regiões de preservação ambiental, sendo separadas por períodos de chuva e seca.

Os grupos 3, 5 e 6 são constituídos por amostras de regiões com impacto ambiental devido a ações antrópicas, confirmando o resultado dos valores anômalos, estando presente o tributário Ribeirão do Riacho Fundo. O Grupo 5 é o que apresenta maior problema ambiental em virtude à urbanização crescente.

Os agrupamentos, portanto, estão relacionados ao comportamento de cada tributário, isto é, os pontos livres ou com pouca influência antrópica e preservados, por isso tiveram comportamentos semelhantes, de acordo com o período de coleta chuva ou seca. Já os outros pontos foram agrupados conforme os elementos contaminantes ou por estarem associados aos resultados de metais ou físico-químicos.

5.1.3 Coliformes Totais

A existência de doenças transmitidas pela água está condicionada à presença de agentes patogênicos cuja origem comum é das fezes e da urina de indivíduos portadores de germes infecciosos.

De acordo com SPERLING (1996), existem dois gêneros de bactérias que compõe o Grupo Coliforme;

- o gênero *Escherichia*, que compreende as espécies *E. coli*, *E. freundii* e *E. intermedium*,
- o gênero *Aerobacter*, também chamado de *Enterobacter*, compreende as espécies *A. aerógenes* e *A. cloacae*.

Entre as espécies que formam o grupo coliforme, a mais importante em qualidade da água é a *Escherichia coli*. Isso porque existe em maior quantidade nas fezes do homem e animais de sangue-quente (cerca de 95% do total do grupo) e porque tem procedência das fezes (SPERLING, 1996).

Existem dois exames do grupo coliforme:

- **Coliformes Fecais**, que se referem ao exame da espécie *E. coli*;
- **Coliformes Totais**, que incluem todas as espécies do grupo.

A diferença básica é que os coliformes totais podem provir também do solo e de certos vegetais (SPERLING, 1996), assim como podem existir, segundo registros teóricos, em águas sem contaminação fecal. Os coliformes fecais são melhores indicativos de interpretação da qualidade da água, mas nem todos os laboratórios contêm este método - como foi o caso deste trabalho. No presente projeto, no entanto,

adotou-se como prova presuntiva – assim chamada porque se baseia no fato de que os coliformes fermentam a lactose com a produção de gás – o teste de coliformes totais. Tal teste é para a determinação da presença ou para a ausência de coliformes totais e *Escherichia coli* por meio do meio de cultura. É um teste qualitativo e não, quantitativo. Fato que indica somente a presença das bactérias.

Segue, portanto, a tabela de resultados (Tabela 5.5) dos testes de coliformes totais:

Tabela 5.5: Resultados dos testes de coliformes totais utilizando o COLItest.

AM	1) Alteração da cor púrpura p/ amarelo + flutuação do tubo	2) Leitura da fluorescência do tubo de cultura no leitor COLtest	3) Teste do indol
B1	+	Ecoli +	+
T2	+	Ecoli +	+
R1	+	Ecoli +	+
G1	+	Ecoli -	+
C1	+	Ecoli +	+

Importante ressaltar que, nesse teste, o meio de cultura utilizado inibe o crescimento de bactérias Gram-positivas. Na presença de coliformes totais e *E. coli* ocorreu, no caso, a mudança de coloração da solução de púrpura para amarelo e a flutuação do tubo, explicado pela fermentação da lactose contida no meio de cultura, o que produz CO₂ e altera o pH.

O teste de fluorescência azul visível na luz ultravioleta é devido à presença de um produto químico que, quando hidrolisado, libera fluoróforo, sendo o teste positivo para *Escherichia coli*, no qual somente a amostra do ponto G1 localizado no Ribeirão do Gama não apresentou essa bactéria. A presença, contudo, destes microorganismos foi confirmada com o teste do indol, já que a produção do indol é característica de *E. coli* e pode ser usada na sua identificação presuntiva.

As amostras dos ribeirões B1 (Bananal), T2 (Torto), R1 (Riacho Fundo), G1 (Gama) e C1 (Cabeça-de-Veado) – que representam o ponto mais próximo de cada tributário, ao desaguar no Lago Paranoá – apresentaram coliformes totais e *Escherichia coli*.

Os resultados físico-químicos de água juntamente com os de coliforme fecais apresentam indícios da forte ação antrópica. As análises de todos os tributários (principalmente no ponto R1) indicaram qualitativamente coliformes totais e *Escherichia coli*. Alguns apresentaram valores anômalos em resultados físico-químicos

e metais, principalmente, o Ribeirão do Riacho Fundo, indicando contaminação por nitrato e amônia de poluentes ambientais fonte de esgoto e fossas sépticas.

Nos resultados de água, portanto, após verificação de anômalos e correlações, fica comprovado que o tributário que sofre maior impacto ambiental é o Ribeirão do Riacho Fundo, seguido pelo Gama, Torto e, por último, o Bananal.

5.2 Mineralogia

O estudo mineralógico dos tributários do Lago Paranoá tem o intuito de comparar os resultados obtidos com a análise geoquímica, a fim de distinguir elementos constituintes das rochas e solos e daqueles resultantes das interferências antrópicas. Trata-se, contudo, de um estudo detalhado das transferências de materiais dos tributários para o Lago Paranoá.

Em complemento à análise mineralógica da amostra total, foi realizada a análise da fração argila e do material filtrado, ambos comparados por terem granulagem próxima. Dessa maneira, o material analisado é aquele transportado como sedimento de fundo na fração argila e em suspensão na água, material do filtrado.

Nos sedimentos do Ribeirão do Bananal, observou-se a ilita e a caulinita com maiores concentrações, quartzo como constituinte menor e gibbsita e diásporo como traço. A fração argila B1 foi representada pela ilita e caulinita como maiores; quartzo como menor; gibbsita, goethita e hematita como traços. No último caso, a goethita e a hematita podem estar associadas. E o filtrado teve como resultado de constituinte maior a ilita e caulinita como traço o quartzo.

No Ribeirão do Torto, o quartzo ocorre como único constituinte maior. As amostras T1 e T4 apresentam proporções semelhantes de ilita e a caulinita, aparecendo como constituinte traço, sendo que em T4 também pode ser observado traço de gibbsita. As amostras T2 e T5 apresentaram ilita e caulinita com menor, hematita com traço e gibbsita podendo existir na amostra. E, na amostra T3, a caulinita apresenta-se como traço e a ilita poderá existir. A fração argila, T2, mostra caulinita e gibbsita como maiores, ilita e goethita com traços. A goethita aparece como amorfa, ou seja, mal-cristalizada. E, o filtrado (T2x) é composto por ilita e caulinita como maiores.

No Ribeirão do Riacho Fundo, o afluente Córrego Guará – o ponto RG1 – apresenta ilita e caulinita como maiores, gibbsita e quartzo como menores e diásporo podendo existir. Em RG2, observou ilita como maior, caulinita e quartzo como menor e gibbsita como traço, verificando-se que ao longo desse córrego os constituintes são

os mesmos e as quantidades são diferentes. Nos pontos referentes ao Ribeirão do Riacho Fundo, o quartzo foi o mineral com maior representação. O ponto R1, além do quartzo, os minerais ilita, caulinita e gibbsita podem existir na amostra, conforme estudo. Na fração argila, R1, o quartzo se apresenta como constituinte maior; ilita, caulinita e gibbsita como menores e a goethita como traço. O filtrado é composto por ilita e caulinita como constituintes maiores; quartzo e gibbsita como traço.

No ponto R2, foi obtida a ilita como traço e os minerais caulinita e gibbsita podendo existir. E o ponto R3, observou-se além do quartzo, a ilita e a caulinita como constituintes menores e a gibbsita como traço.

No Ribeirão do Gama, no ponto G1, houve na amostra total, como representação maior o quartzo; a ilita e caulinita como menor e o diásporo como traço. A fração argila é constituída por ilita e caulinita como maiores; quartzo e gibbsita como menores. Em relação à amostra total a gibbsita só forma agregado na porção mais fina, aparecendo somente na fração argila. O filtrado (T4x) é representado por ilita e caulinita como maiores.

No Córrego Cabeça-de-Veado, as amostras de sedimentos dos três pontos tiveram como representante maior o quartzo, sendo que em C1 e C3 a caulinita representa como traço, o mineral ilita e gibbsita podem existir. Já o ponto C2 contém caulinita como menor, ilita como traço e gibbsita podendo existir. A fração argila é constituída de ilita e caulinita como representantes maiores e gibbsita e quartzo como menores. O filtrado é constituído de ilita e caulinita como maiores.

Segue a tabela 5.6 dos resultados e, em anexo 2, os difratogramas.

Tabela 5.6: Resumo das análises por DRX da amostra total, fração argila e do filtrado dos pontos de coleta dos Tributários do Lago Paranoá.

Identificação			<i>Minerais C</i>						
Ribeirão do Bananal	Amostra		Ilita	Caulinita	Gibbsita	Goethita	Quartzo	Diásporo	Hematita
	B1	Total	M	M	T	—	m	T	—
B1	Argila	M	M	T	T	m	—	T	
B1	Filtrado	M	M	—	—	T	—	—	
Ribeirão do Torto	T1	Total	T	T	—	—	M	—	—
	T2	Total	m	m	*	—	M	—	T
	T2	Argila	m	M	M	m	—	—	—
	T2	Filtrado	M	M	—	—	—	—	—
	T3	Total	*	T	—	—	M	—	—
	T4	Total	T	T	T	—	M	—	—
	T5	Total	m	m	*	—	M	—	T
Ribeirão do Riacho Fundo	RG1	Total	M	M	m	—	m	*	—
	RG2	Total	M	m	T	—	m	—	—
	R1	Total	*	*	*	—	M	—	—
	R1	Argila	m	m	m	T	M	—	—
	R1	Filtrado	M	M	T	—	T	—	—
	R2	Total	T	*	*	—	M	—	—
	R3	Total	m	m	T	—	M	—	—
Ribeirão do Gama	G1	Total	m	m	—	—	M	T	—
	G1	Argila	M	M	m	—	m	—	—
	G1	Filtrado	M	M	—	—	—	—	—
Córrego Cabeça de Veado	C1	Total	*	T	*	—	M	—	—
	C1	Argila	M	M	m	—	m	—	—
	C1	Filtrado	M	M	—	—	—	—	—
	C2	Total	T	m	*	—	M	—	—
	C3	Total	*	T	*	—	M	—	—

Legenda: (—)ausência do mineral, (*) minerais sugeridos pelo difratograma, sem confirmação da presença, (T) traço, (m) menor e (M) maior; (AT) amostra total

A partir desses resultados observa-se que as amostras mais finas estão relacionadas aos resultados de água e do filtrado. Na amostra total, estão associados os resultados de sedimentos.

A contribuição dos sedimentos é de solos adjacentes por meio do processo de lixiviação associado à poucas matas ciliares, bem como à falta de proteção das margens.

Os minerais indicados nos resultados constituem o Grupo Paranoá, no qual o tributário Ribeirão do Bananal tem a unidade representada por metarritmitos arenosos e quartzitos equivalentes ao topo da Unidade S, incluindo também quartzitos laminados como os aflorantes no Balão do Torto. Os outros tributários, Ribeirão do Torto, do Riacho Fundo, do Gama e Córrego Cabeça-de-Veadão constituem a unidade ardósia (A), que recobre a maior parte da porção central da bacia.

A illita $[(K,Na,Ca)_{<1} (Si_{>3},Al)_4(Al, Fe, Mg)_2 O_{10} (OH)_2]$ e o quartzo (SiO_2) comportam-se como minerais herdados dos argilominerais de rochas do Grupo Paranoá. A caulinita $[() (Si)_2 (Al)_2O_5(OH)_4]$ aparece como material detrítico e a gibbsita $[Al(OH)_3]$ como mineral resultante da dessilisificação da caulinita provenientes de solos adjacentes. O diásporo $[AlO(OH)]$ e a hematita (Fe_2O_3) aparecem como traço ou podem existir nas amostras, sendo resultado das rochas do Grupo Paranoá ou de material antrópico.

Assim, o diásporo $[AlO(OH)]$ aparece somente na amostra total e a goethita $FeO (OH)$ aparece somente na fração argila; o material filtrado, suspenso em água, seria o de menor granulometria, já que os componentes são os semelhantes ao da fração argila, porém em igual ou menor representação; a hematita só está presente como traço na amostra total e na fração argila, sendo que na amostra total é no Ribeirão do Torto e na fração argila no Ribeirão do Bananal; o quartzo aparece como constituinte maior, sobretudo, na amostra total, indicando que seus grãos são maiores que os dos outros minerais, exceto no Ribeirão do Riacho Fundo onde aparece na fração argila.

O quartzo é constituinte maior em quase todas as amostras totais, exceto RG1 e RG2, sendo originário da geologia. A gibbsita é constituinte maior somente na amostra argila, T2, nos outros pontos aparece como menor e traço, o que indica maior contribuição de solos. A caulinita é constituinte maior nas amostras argila e filtrado, exceto na amostra argila R1, no qual aparece como menor. A constituição maior é na amostra total de B1 e RG1. Na maioria dos tributários, há a ocorrência de granulometria menor, originária das ardósias e do solo.

A illita é constituinte maior em todos os filtrados, o que indica presença desse mineral principalmente nos sedimentos existentes na água. Nas outras amostras;

aparece como menor, traço ou podendo existir. Está presente como constituinte maior na amostra argila de B1, RG1, RG2, G1 e C1, devido aos tributários que correm sobre ardósia, unidade R3.

A illita e a caulinita estão presentes em solos recentes como subproduto da decomposição de rochas, presente no solo e transportados pela água, depositando em camadas de argila, misturando com os quartzos e outros materiais do lago.

5.3 Sedimentos de fundo - Tributários

Antes de se apresentar os resultados, bem como a discussão acerca deles, é importante fazer recordar a metodologia, a fim de tornar melhor o entendimento. Os dados de sedimentos deste trabalho, portanto, foram apresentados por peso seco, já que foram corrigidos pela umidade relativa que o sedimento registrava no momento da análise (105°C). Para o resultado obtido, foi adotado o valor mínimo para interpretação, a partir do limite de detecção (LD), no qual o limite de quantificação (LQ) significa 10 vezes o LD da técnica. Pela análise dos resultados dos elementos químicos nas amostras de sedimentos comprovou-se que:

- Os resultados de La, Mo, Co e Ni ficaram abaixo dos limites de quantificação para esses elementos, não sendo possível uma avaliação geoquímica desses parâmetros, com os métodos e técnicas utilizadas no presente trabalho;
- A tabela 5.7 indica os resultados de elementos maiores e perda ao fogo dos sedimentos coletados dos tributários do Lago Paranoá.

Tabela 5.7: Tabela de resultado de elementos maiores dos tributários do Lago Paranoá.

Tributários	% SiO ₂	% TiO ₂	% Al ₂ O ₃	% Fe ₂ O ₃	% MgO	% CaO	% K ₂ O	PF
Bananal	45,9	1,4	26,6	12,6	0,5	0,4	1,6	0,17
Torto	81,5	0,9	10,5	6,1	0,6	0,5	2,2	0,07
Riacho Fundo	76,6	0,9	13,1	3,8	0,7	0,3	1,7	0,08
Gama	82,6	0,8	10,6	2,7	< LQ	< LQ	1,2	0,09
C. de Veado	78,0	0,9	10,4	5,5	< LQ	< LQ	1,2	0,11

A tabela 5.7 indica que o resultado diferenciado no sedimento de fundo é no Ribeirão do Bananal, no qual estes valores estão associados à mineralogia. A menor concentração de SiO₂ é devido a menor quantidade de quartzo, comparados aos outros tributários, nestes, apresenta-se como constituinte maior na fração total. A maior

concentração de Al_2O_3 está associada à gibbsita e diásporo, e de Fe_2O_3 a goethita e hematita.

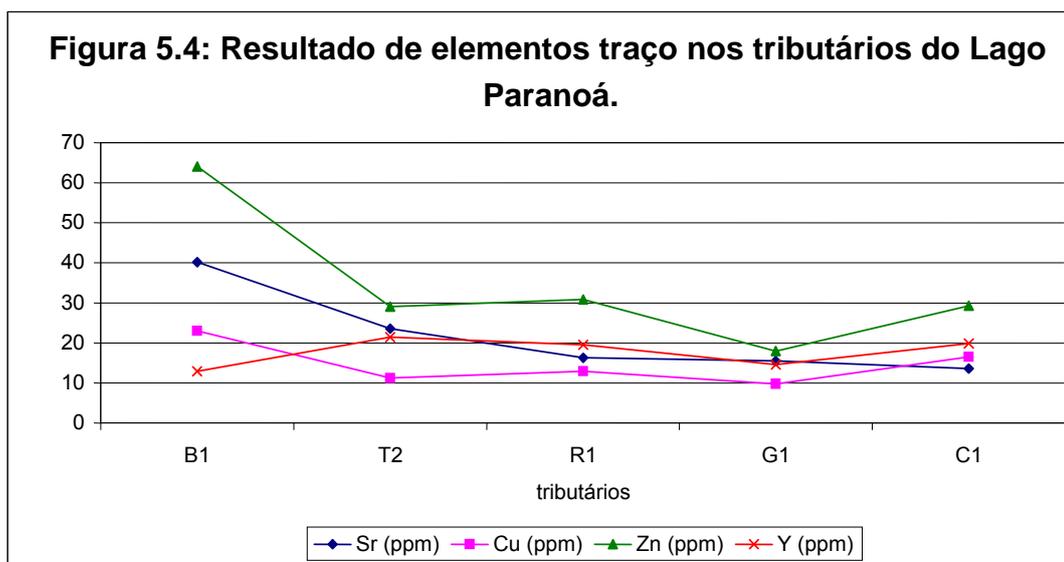
A tabela 5.8 indica os resultados de elementos traço nos sedimentos coletados dos tributários do Lago Paranoá.

Tabela 5.8: Tabela de resultado de elementos traço nos sedimentos dos tributários do Lago Paranoá.

Tributários	Sr (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Y (ppm)	Zr (ppm)	Be (ppm)	Ba (ppm)	Mn (ppm)	V (ppm)	Cr (ppm)
Bananal	40,2	23,0	64,0	12,9	183,4	1,4	225,6	0,056	156,0	78,7
Torto	23,6	11,2	29,1	21,4	269,6	1,1	189,7	0,005	81,4	46,3
Riacho Fundo	16,3	12,9	30,8	19,5	242,7	1,2	140,8	0,008	78,0	43,2
Gama	15,5	9,8	17,9	14,6	221,6	1,1	208,4	0,003	61,6	34,6
C. de Veado	13,6	16,5	29,3	19,8	268,3	0,8	132,4	0,005	98,2	51,5

Os resultados de sedimentos indicam que a concentração de elementos traço em ordem decrescente é a seguinte:

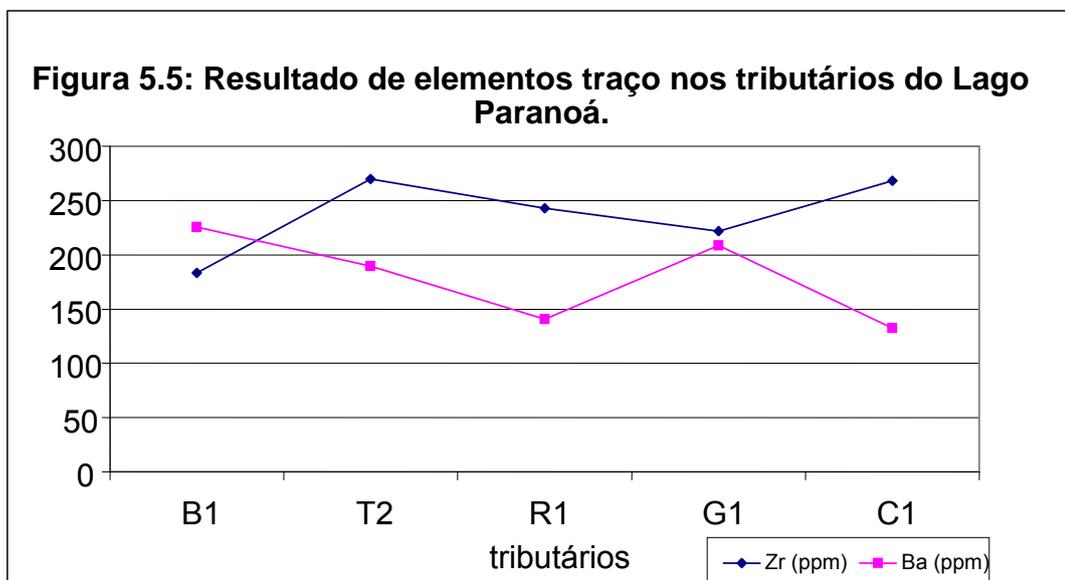
- Ribeirão do Bananal: Ba > Zr > V > Cr > Zn > Sr > Cu > Y > Be > Mn
- Ribeirão do Torto: Zr > Ba > V > Cr > Zn > Sr > Y > Cu > Be > Mn
- Ribeirão do Riacho Fundo: Zr > Ba > V > Cr > Zn > Y > Sr > Cu > Be > Mn
- Ribeirão do Gama: Zr > Ba > V > Cr > Zn > Sr > Y > Cu > Be > Mn
- Córrego Cabeça de Veado: Zr > Ba > V > Cr > Zn > Y > Cu > Sr > Be > Mn



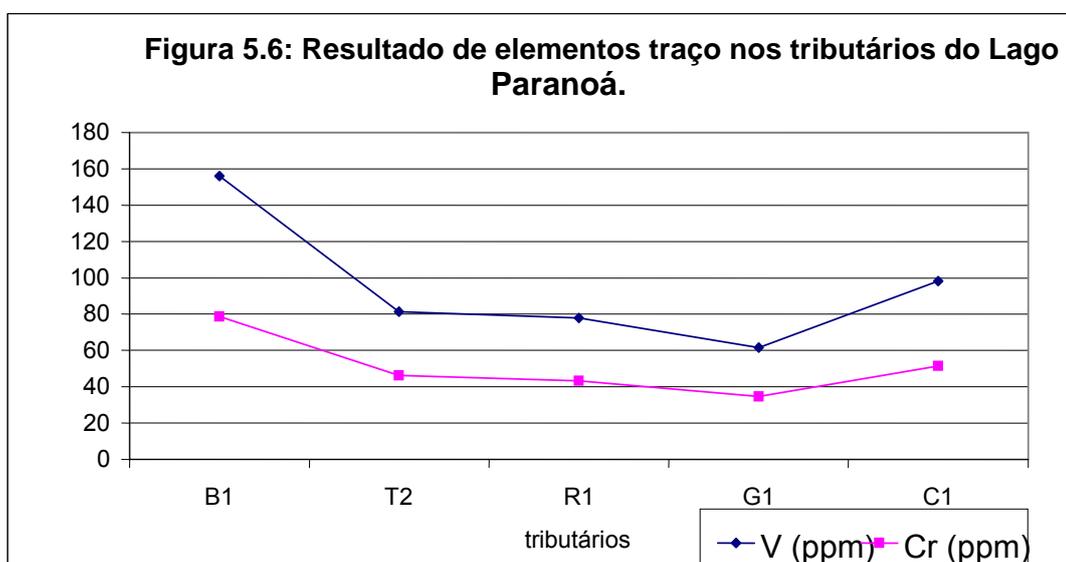
A figura 5.4 indica que Sr, Cu e Zn têm concentrações maiores no Ribeirão do Bananal, podendo estar associado à origem geológica.

Na figura 5.5 o elemento Zr tem maior concentração no Ribeirão do Torto, relacionado à construção de ponte e aos materiais de ligas metálicas. O Ba, como a maioria dos elementos traço, teve maior concentração no Ribeirão do Bananal.

Esses valores obtidos para o Bananal estão relacionados a materiais geológicos com influência de material de origem antrópica, no qual a argila facilita a adsorção dos elementos traço pelo Al e Fe na forma amorfa.



A figura 5.6 demonstra uma correlação entre os elementos V e Cr, apresentando comportamento semelhante em todos os tributários observados neste estudo. No entanto, a presença desses elementos apresenta maior concentração no Ribeirão do Bananal, o que pode ser justificado por haver, no local de coleta em questão, maior ação humana, já que foi perceptível lixo e, ainda, descarte de água de caminhões pipas.



A tabela 5.9 indica a média geral dos resultados dos tributários, verificando a variação mínima e máxima, bem como o desvio padrão.

Tabela 5.9: Valores médios e desvios padrões de análise de metais em sedimentos dos tributários do Lago Paranoá.

	Mínimo	Máximo	Média	Desvio padrão
% SiO ₂	45,9	88,1	75,9	11,7
% TiO ₂	0,7	1,4	0,9	0,2
% Al ₂ O ₃	7,0	21,4	11,5	4,1
% Fe ₂ O ₃	2,7	8,2	4,4	1,6
% MgO	0,4	0,7	0,5	0,1
% CaO	0,2	1,6	0,3	0,4
% K ₂ O	0,6	2,2	1,0	0,6
Sr (ppm)	5,4	40,2	21,8	9,7
Cu (ppm)	8,0	20,6	12,8	3,2
Zn (ppm)	13,0	64,0	31,3	16,2
Y (ppm)	12,9	24,8	18,7	4,0
Zr (ppm)	170,6	330,7	242,7	48,0
Be (ppm)	0,6	1,5	1,1	0,3
Ba (ppm)	110,8	256,4	165,6	45,4
Mn (ppm)	0,003	0,06	0,01	0,014
V (ppm)	57,1	124,3	82,4	19,6
Cr (ppm)	26,2	78,7	44,5	13,8

O resultado da análise de sedimentos indica que o percentual de elementos maiores em ordem decrescente de quantidade é de Si, Al, Fe, K, Ti, Mg e Ca, e a quantidade de elementos traço, em ppm, é Zr, Ba, V, Cr, Zn, Sr, Sr, Y, Cu, Be e Mn.

Os gráficos no anexo 3 indicam os principais valores anômalos para cada elemento químico, podendo assim, identificar além dos anômalos, as possíveis origens, correlacionados com a análise estatística e a mineralogia.

Estudo de resultados anômalos e correlação de resultados com outros trabalhos.

É importante comparar as faixas de concentrações de elementos químicos presentes nos sedimentos dos tributários do Lago Paranoá com diferentes rios. Dessa maneira, a tabela 5.10 se mostra essencial para tal entendimento:

Tabela 5.10: Comparação de resultados regionais de sedimentos com outras publicações.

	Rio Des- coberto DF/GO (1)	Rio Bartolo- meu DF (2)	Bacia do Lago Paranoá, DF (3)	PNB e JBB (4)	Tributário/ Lago Paranoá (5)	Bacia do Lago P. (Margem) (5)	Presente Estudo	Média da crosta (6)
% SiO ₂	–	–	–	–	–	–	45,9-88,1	–
% TiO ₂	0,1-1,9	0,05-0,68	0,62- 0,98	0,35-1,05	–	–	0,7-1,4	0,31
% Al ₂ O ₃	1-15	1,1-12,5	7,8-16,84	3,95-13,5	3,88-12,95	5,28-19,47	7,0-21,4	7,74
% Fe ₂ O ₃	–	–	–	–	1,31-5,55	2,34-10,68	2,7-8,2	3,0
% MgO	–	–	–	–	0,08-0,22	0,07-0,47	0,4-0,7	1,4
% CaO	0,1-1,6	0,01-0,44	0,15-0,29	0,02-0,77	0,03-0,21	0,01-0,17	0,2-1,6	2,95
% K ₂ O	0,1-2,7	0,09-0,15	0,98-1,75	0,15-1,27	–	–	0,6-1,9	2,87
Sr (ppm)	7-46	4,3-31,1	21,1-40,0	7,2-40,0	11,3-27,0	9,3-35,0	5,4-40,2	316
Cu (ppm)	5-43	4,5-53,4	21,7-58,4	16,0-86,4	17,3-209,2	22,8-110,5	8,0-20,6	14,3
Zn (ppm)	10-137	8,1-186,3	28-86	12-112	16,4-88,8	16,4-131,1	13,0-64,0	52
Y (ppm)							12,9-24,8	–
Zr (ppm)							170,6- 330,7	–
							Merian,1991 apud Miller, 1965 taxa de variação no solo 150- 300	
Be (ppm)	–	–	1,5-2,3	1,0-2,0	–	–	0,6-1,5	3,1
Ba (ppm)	120-694	10,6-309	286-464	129-345	130,1- 240,1	92,3-518,7	110,8- 256,4	668
Mn (ppm)	–	–	–	–	22,3- 480,1	160,7-12806	0,003-0,02	527
V (ppm)	14-155	10,8- 181,9	56,6-184	50,3-184	48,8- 154,8	56,6-238,9	57,1-124,3	53
Cr (ppm)	11-114	10,6- 114,1	58-115	45,4-128	34,8- 125,3	46,5-371,5	26,2-78,7	35

(1) do Carmo, 2001;(2) Pinelli, 1999; (3) Moreira, 2002; (4) Moreira, 2002- PNB- Bacia do Lago Santa Maria, JBB- Córrego Cabeça de Veado; (5) Maia, 2003; (6) Média da crosta superior- Wedepohl (1995)

Ao comparar os resultados das análises de sedimentos obtidos nos tributários do Lago Paranoá com outros cursos de água natural se observa:

- Os valores de Ca (1,6 %), Mg (0,7%), K (1,9%), Sr (40,2 ppm), Be (1,5 ppm), e Mn (0,02ppm) estão abaixo dos valores médios da crosta terrestre e os de Al (21,4%), V (124,3 ppm) e Cr (78,7 ppm) acima da média da crosta associada à geologia regional.
- Em relação aos resultados de MOREIRA (2002) na Bacia do Lago Paranoá e na área de controle PNB e JBB, observa-se que os elementos maiores Al, Ti, Ca e K estão acima do limite indicado, ligados também à geologia regional e a influências antrópicas como o Ca (1,6%) e o K (1,9%), movimentação de solos,

resíduos de materiais de construção e fonte de insumos agrícolas. Já os elementos traço estão dentro das médias regionais obtidas.

- Comparando os resultados obtidos para os tributários com os de MAIA (2003), nota-se que Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO e Sr tiveram variações de mínimo e máximo superiores, demonstrando o aumento de sedimento transportado aos tributários de 2003 a 2006, por contribuição de solo e lixiviação, devido à ação antrópica. Os outros constituintes químicos estão dentro das médias obtidas.

Os elementos Si, Ti, Al não apresentaram valores anômalos, estando relacionados à geologia local devido aos argilominerais como gibbsita, caulinita e ilita. O teor de ferro (Fe) é originário da geologia associado à hematita.

O cálcio (Ca) indicou anômalo no ponto T4 (1,6%), o que pode ser proveniente do intemperismo de rocha carbonatada encontrada na forma de agregados utilizados em toda área ocupada das bacias de contribuição. O potássio (K) indicou maior valor no ponto T4 (2,6%) podendo estar associado à geologia, já que os locais não indicam contaminação antrópica.

O estrôncio (Sr) apresentou valor anômalo no ponto B1(40,2ppm), podendo estar associado ao Ca, já que é facilmente mobilizado pelos processos intempéricos, principalmente em condições oxidantes, e neste processo é facilmente adsorvido por argilas (PINELLI, 1999).

O cobre (Cu) está dentro dos valores regionais, fato que não o caracteriza como anômalo. Os valores mais altos estão no ponto B1 (37,9ppm), o que indica anomalia conforme o *background* deste trabalho.

O zinco (Zn) ocorre mais em solos argilosos do que arenosos, conforme gráfico de anômalos (ANEXO 3), o ponto B1 teve o teor de 63,7ppm, dentro dos padrões de médias regionais, estando associado aos argilominerais.

As relações entre ítrio (Y) e o zircônio (Zr) é de origem geológica, no qual o Y pode ocupar o lugar do Zr na estrutura do mineral, competição iônica nos quartzitos. O resultado de Zr alto em T2 (373ppm) está relacionado à construção de uma ponte no qual esse valor dá indícios de ligas metálicas de aço com zircônio.

O vanádio (V) teve as maiores concentrações no ponto B1 (156,0 ppm), sendo originário antrópico. Os valores de cromo (Cr) não estão acima das médias regionais, conforme MOREIRA (2002), mesmo no ponto de maior concentração como observado no ponto T5 (92,8ppm), contudo há influência antrópica para Cr, já que T5 está numa represa.

Nos resultados de sedimentos, os anômalos estão relacionados ao tributário do Bananal, Torto e Riacho Fundo, fatores originários da ação antrópica ou do intemperismo de argilominerais.

5.3.1 Correlação de Pearson

	Si	Ti	Al	Fe	Mg	Ca	K	Sr	Cu	Zn	Y	Zr	Be	Ba	Mn	V	Cr
Si	1																
Ti	-0,9 (**)	1															
Al	-0,7 (**)	0,9 (**)	1														
Fe	-0,4	0,2	-0,1	1													
Mg	-0,6 (*)	0,6 (*)	0,9 (**)	-0,3	1												
Ca	-0,4	0,2	0,1	0,7 (*)	0,1	1											
K	-0,7 (**)	0,7 (**)	0,8 (**)	-0,2	0,9 (**)	0,9 (**)	1										
Sr	-0,7 (**)	0,8 (**)	0,6 (*)	0,1	0,5 (*)	0,3	0,7 (*)	1									
Cu	-0,3	0,4	0,4	0,3	0,3	-0,2	0,2	0,2	1								
Zn	-0,7 (**)	0,7 (**)	0,7 (**)	0,01	0,6 (*)	0,1	0,5	0,5	0,4	1							
Y	0,6 (*)	-0,6 (*)	-0,6 (*)	0,4	-0,6 (*)	0,1	-0,7 (**)	-0,3	-0,1	-0,3	1						
Zr	0,7 (**)	-0,7 (**)	-0,8 (**)	0,2	-0,8 (**)	-0,1	-0,9 (**)	-0,7 (**)	-0,2	-0,5 (*)	0,8 (**)	1					
Be	-0,6 (*)	0,7 (**)	0,8 (**)	-0,4	0,8 (**)	0,2	0,9 (**)	0,8 (**)	-0,1	0,4	-0,6 (*)	-0,8 (**)	1				
Ba	-0,5	0,5 (*)	0,4	-0,2	0,5	0,3	0,7 (**)	0,8 (**)	-0,03	0,3	-0,3	-0,7 (**)	0,7 (**)	1			
Mn	-0,8 (**)	0,8 (**)	0,8 (**)	-0,2	0,3	0,04	0,4	0,7 (**)	0,4	0,7 (**)	-0,5	-0,5	0,5 (*)	0,4	1		
V	-0,5	0,6 (*)	0,5	0,1	0,5	-0,01	0,6 (*)	0,5	0,6 (*)	0,2	-0,3	-0,4	0,4	0,4	0,4	1	
Cr	-0,7 (**)	0,8 (**)	0,5	-0,1	0,4	-0,1	0,5	0,6 (*)	0,7 (**)	0,6 (*)	-0,5	-0,5	0,5	0,3	0,8 (**)	1(**)	1

** Correlação é significância no nível 0,01(2-tailed).

* Correlação é significância no nível 0,051 (2-tailed).

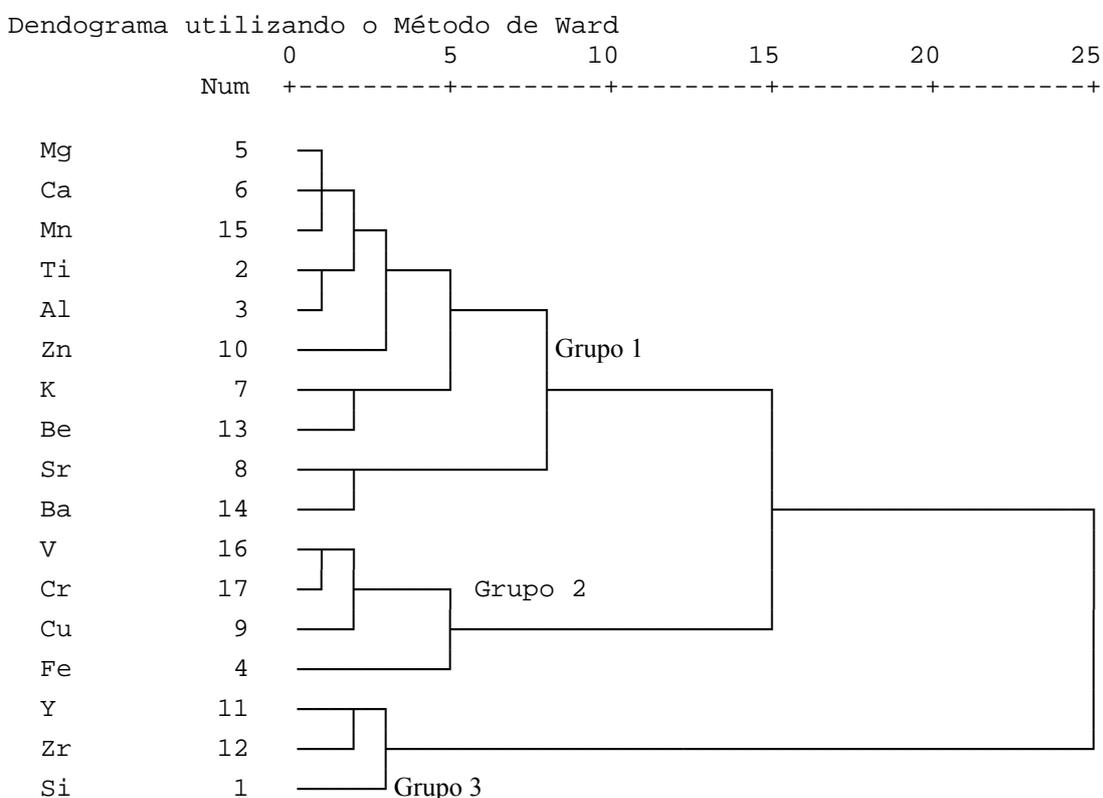
Os resultados de sedimentos discutidos são os de 99% de significância que estão com excelente grau de confiança, considerando os valores acima de 0,7 ou 70% de correlação.

Importante reforçar que os elementos que apresentaram melhor índice de correlação, de 80% a 90% foram Al com Ti, Mg e Be; K com Al, Mg, Be e Ca; Sr com Ti, Ba e Be; Zr com Y, Be com Mg; Mn com Ti e Al; Cr com Ti, Mn e V, relacionados à geologia ou a fatores antrópicos.

Conforme observado na matriz de correlação, os valores de maior significância foram os elementos Cr e V, pois apresentam correlação de 98%. O Al e Ti; Mg e Al; K, Mg, e Ca; Be e K apresentam correlação de 90-95%, estando associados à geologia regional, mineral argilosos (filossilicatos, óxidos, silicatos e hidróxidos etc) do Grupo Paranoá. As outras correlações Sr com Ti, K, Be e Mn ; Zr com Si e Y; Cr com Ti, Cu

e Mn; Zn com Ti e Al; Be com Ti, Al, Mg; Ba com K, Sr e Be; Mn com Ti, Al, Sr e Zn apresentam correlação de 70-85%, provavelmente são provenientes de associações geológicas, do intemperismo das ardósias e derivações de argilominerais.

5.3.2 Análise de Grupos



Conforme observado, na correlação de Pearson, os elementos que apresentaram comportamento semelhante são confirmados no dendograma. Esta análise estatística demonstra a relação entre os elementos químicos, o que permite uma melhor interpretação dos dados obtidos.

O Grupo 1 é composto por Mg, Ca, Mn, Ti, Al, Zn, K, Be, Sr e Ba de origem geológica, assim como o Grupo 3 constituído por Y, Zr e Si associados aos quartzitos. Já o Grupo 2 é composto por V, Cr e Cu, podendo estar associados à origem antrópica.

Em suma, observado na análise de grupos, a maioria dos elementos estão relacionados à geologia regional- argilominerais, ao transporte de solos - latossolo vermelho e cambissolo e ao intemperismo. Podendo também, estarem relacionados à adsorção química de elemento na estrutura do mineral e a ação antrópica, que causa impactos ambientes localmente em cada tributário.

5.3.3 Índice de Geoacumulação (Igeo)

Os índices de geoacumulação foram comparados com os resultados obtidos por MOREIRA (2002). De acordo com os valores obtidos para Igeo, os parâmetros são classificados em sete classes relacionadas ao grau de poluição, conforme tabela 5.11.

Tabela 5.11 - Classificação dos parâmetros do índice de geoacumulação, de acordo com o grau de poluição.

Classificação	Classe do Igeo	Igeo Média <i>Background</i>
Extremamente Poluído	6	> 5
Fortemente à Extremamente Poluído	5	> 4 a 5
Fortemente Poluído	4	> 3 a 4
Moderadamente à Fortemente Poluído	3	> 2 a 3
Moderadamente Poluído	2	> 1 a 2
Não Poluído à Moderadamente Poluído	1	> 0 a 1
Praticamente Não Poluído	0	< 0

Conforme observação na tabela 5.12, os índices mais elevados foram para K₂O (T4 e T5) e CaO (T4).

O Ca e o K obtido no Córrego da Ponte (R. Torto) e no reservatório da Caesb, localizado no tributário do Torto, podem ter origem litológica. Isso porque o tributário percorre região de ardósia em T4 e metarritmito arenoso em T5, associado também à própria hidrodinâmica do reservatório e a processos recentes de erosão.

Tabela 5.12- Índice de geoacumulação.

Classe I geo Amostras	0	1	2	3	4	5	6
B1	Zn, Cr, Be, Cu, Y, Ba, V, TiO ₂	Sr, K ₂ O, CaO					
T1	Zn, Cr, Be, Cu, Y, Ba, V, Sr, TiO ₂ , K ₂ O, Cão						
T2	Zn, Cr, Be, Cu, Y, Ba, V, Sr, TiO ₂ , K ₂ O, Cão						
T3	Zn, Cr, Be, Cu, Y, Ba, V, Sr, TiO ₂ , K ₂ O, CaO						
T4	Zn, Cr, Be, Cu, Y, Ba, V, Sr, TiO ₂		K ₂ O, CaO				
T5	Zn, Cr, Be, Cu, Y, Ba, V, TiO ₂	Sr, CaO	K ₂ O				
RG1	Zn, Cr, Be, Cu, Y, Ba, V, Sr, TiO ₂ , CaO	K ₂ O					
RG2	Zn, Cr, Be, Cu, Y, Ba, V, Sr, TiO ₂	K ₂ O, CaO					
R1	Zn, Cr, Be, Cu, Y, Ba, V, Sr, TiO ₂ , K ₂ O, Cão						
R2	Zn, Cr, Be, Cu, Y, Ba, V, Sr, TiO ₂ , K ₂ O, Cão						
R3	Zn, Cr, Be, Cu, Y, Ba, V, Sr, TiO ₂ , K ₂ O, CaO						
G1	Zn, Cr, Be, Cu, Y, Ba, V, Sr, TiO ₂ , CaO	K ₂ O					
C1	Zn, Cr, Be, Cu, Y, Ba, V, Sr, TiO ₂ , CaO	K ₂ O					
C2	Zn, Cr, Be, Cu, Y, Ba, V, Sr, TiO ₂ , K ₂ O, CaO						
C3	Zn, Cr, Be, Cu, Y, Ba, V, Sr, TiO ₂ , K ₂ O, Cão						

A classificação final dos sedimentos dos tributários formadores do Lago Paranoá pode ser obtida pelas faixas de concentração verificadas por MOREIRA (2002).

Os resultados indicam que a maioria dos componentes químicos são classificados como praticamente não poluído, observando que existe alguns na classe 1, confirmando o índice de não poluído à moderadamente poluído para os pontos B1, T5, RG1, RG2, G1 e C1 associados a Sr, K₂O e CaO.

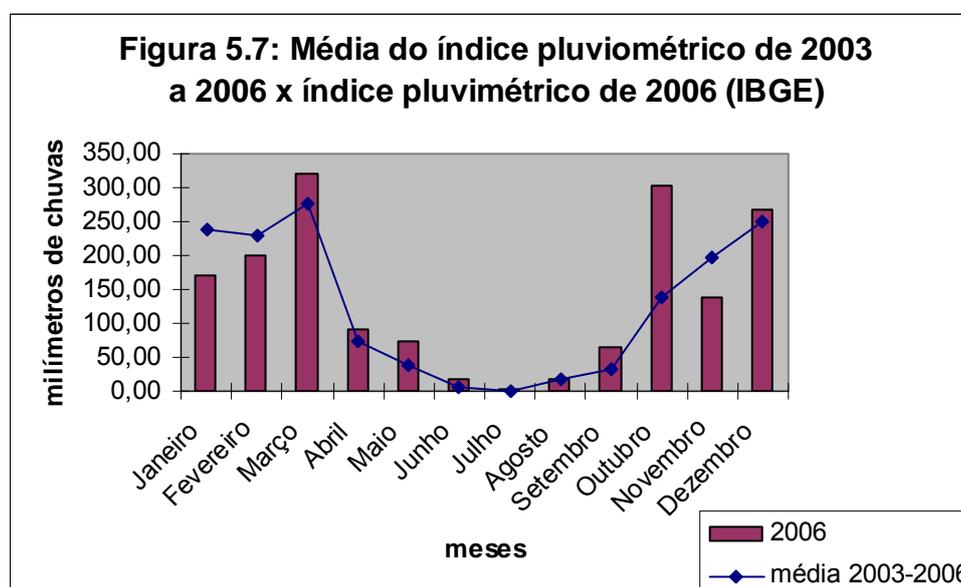
Relacionando o índice de geoacumulação com os obtidos por MOREIRA (2002), verifica-se que esses estão na mesma faixa de concentração, bem como os níveis de classificação foram parecidos, indicando moderadamente poluído para K₂O e CaO.

5.4 Material Sólido em Suspensão

A determinação do material carreado dos tributários para o Lago Paranoá consistiu numa avaliação qualitativa por meio do material de água filtrada durante o período de um ano pela obtenção do material sólido em suspensão seguida do ataque ácido e análise das amostras em ICP-AES e determinação mineralógica.

Com dados de apoio foram utilizados resultados do índice pluviométrico da Estação Brasília INMET e de vazão de cada tributário cedido pela Caesb.

Na figura 5.7, pode ser observado o índice pluviométrico de 2006 relacionado com as médias anuais de 2003-2006.



O gráfico acima é importante no sentido de correlacionar o material enviado ao Lago Paranoá no período de chuvas e de seca, bem como estabelecer relação com a vazão inserida a cada tributário.

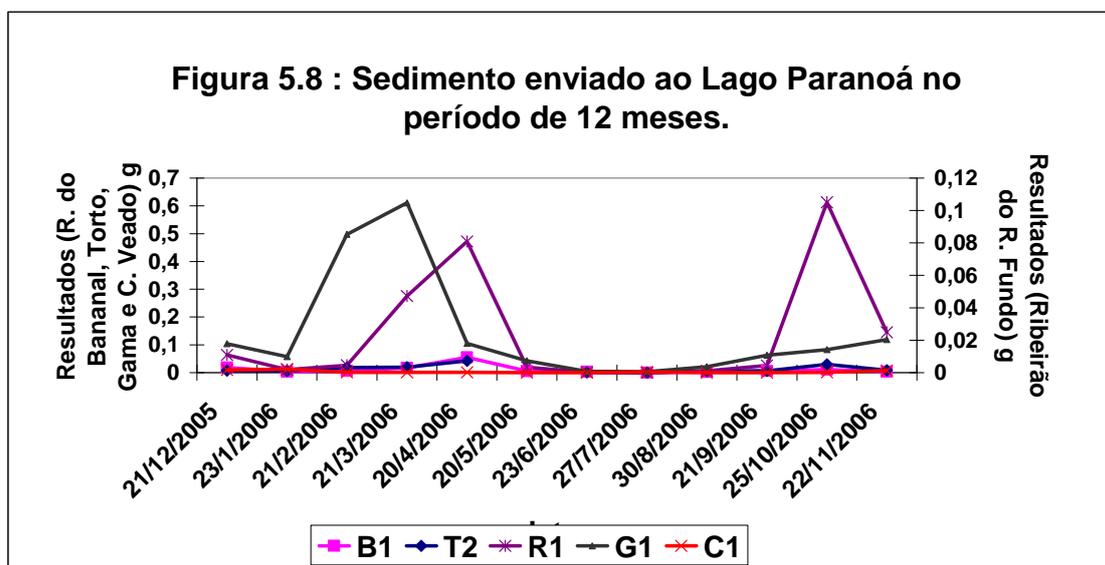
Vale reiterar que o período de chuva é caracterizado de outubro a abril, com algumas ocorrências de chuva em meados de setembro de 2006. E que o período de seca é compreendido entre os meses de maio a setembro, sendo maior em junho e julho.

No anexo 4, podem ser verificados a quantidade e o volume de material obtido do filtrado para a análise de sólido em suspensão.

Para a obtenção do resultado de sólido em suspensão (SS), foi utilizado o cálculo de normalização da massa para 1000mL, e representada em mg/L. Os

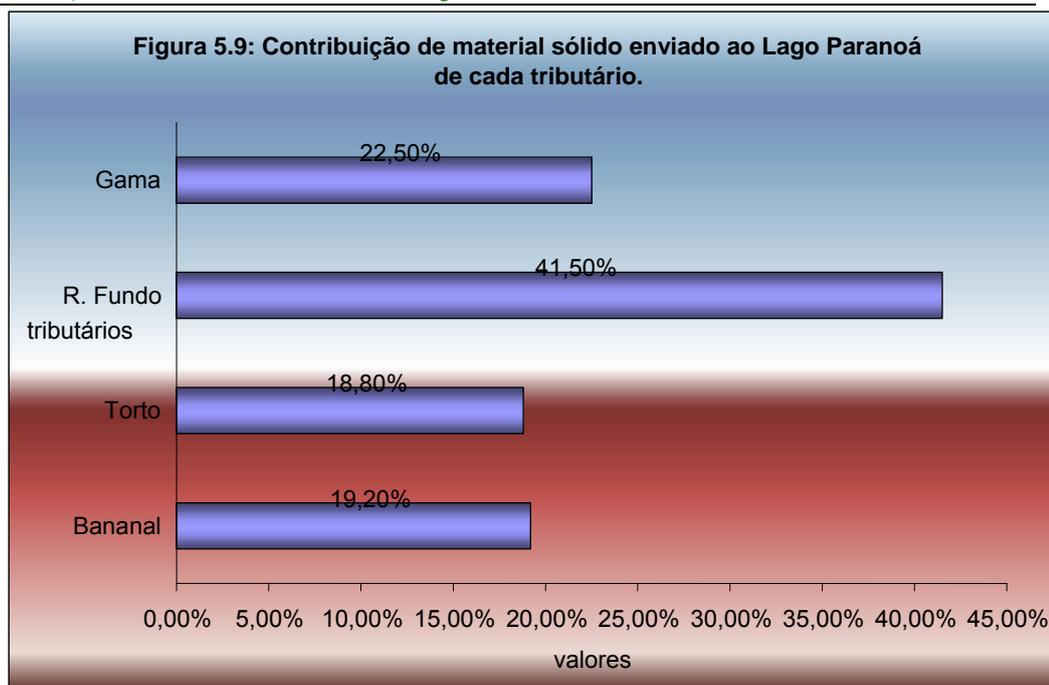
resultados da análise em ICP-AES foram corrigidos com o fator de diluição (volume final/ massa), no qual o volume final foi 15mL.

Na figura 5.8 se observa que o material enviado ao Lago está equiparado ao índice pluviométrico (GRÁFICO 5.7). Ou seja, durante o período de chuva a quantidade de material enviado é maior e no período de seca a quantidade é menor.



O gráfico 5.9 está associado à quantidade de sólido em suspensão enviado ao Lago Paranoá ao decorrer de um ano. Tal figura foi obtida a partir de cálculos da massa pesada do material transportado na água com os dados de vazão cedidos pela Caesb.

Observa-se que o Ribeirão do Riacho Fundo envia praticamente o dobro de sedimentos ao Lago quando comparados aos outros tributários, já que apresenta maior vazão.



Os dados obtidos na análise de ICP-AES foram tratados de forma a identificar semi-quantitativamente o material enviado dos tributários ao Lago Paranoá e os anomalias geoquímicas.

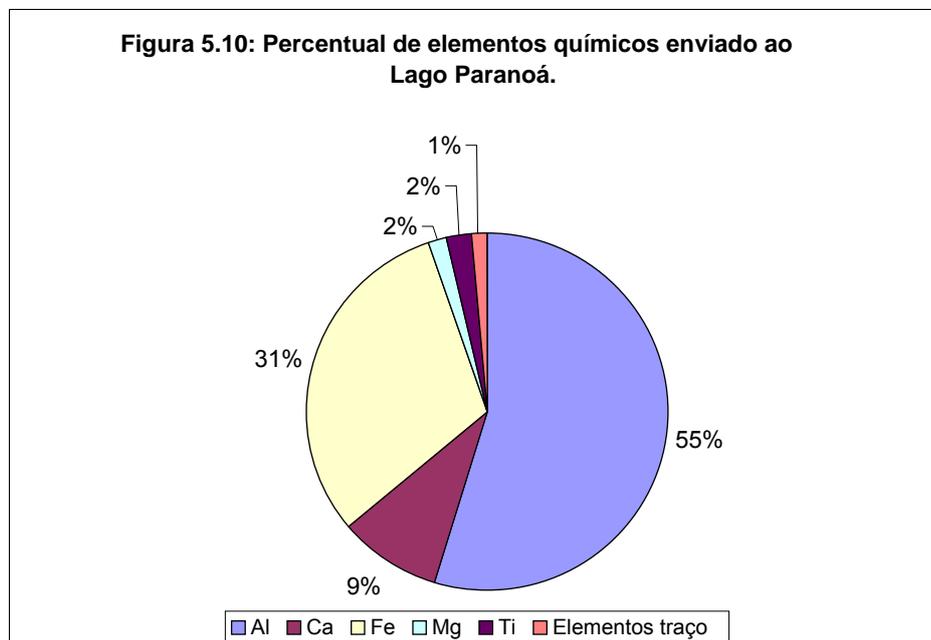
Pela análise dos resultados dos elementos químicos nas amostras de sedimentos, constatou-se que os resultados de Be, Co, Ni, As, Nb, Mo, Cd e Cs ficaram abaixo dos limites de quantificação para esses elementos, não sendo possível uma avaliação geoquímica desses parâmetros com os métodos e técnicas utilizadas neste trabalho.

Também se observou nos cálculos que os valores de materiais sólidos em suspensão $< 3\text{mg/L}$ não apresentam resultados confiáveis de elementos por constituírem valores baixos e poderem estar sofrendo influência de matéria orgânica, o que não foi possível de determinar com a metodologia utilizada (cap. 4). Assim, os resultados do Córrego Cabeça-de-Veados e dos outros tributários nos meses de junho e julho não foram considerados neste trabalho.

Logo, o método não se aplica no período de seca, pois não há material em suspensão suficiente para a análise. Também não foi considerado o resultado de sílica, devido ao ataque com ácido fluorídrico e nem matéria orgânica (fitoplâncton, zooplâncton, etc).

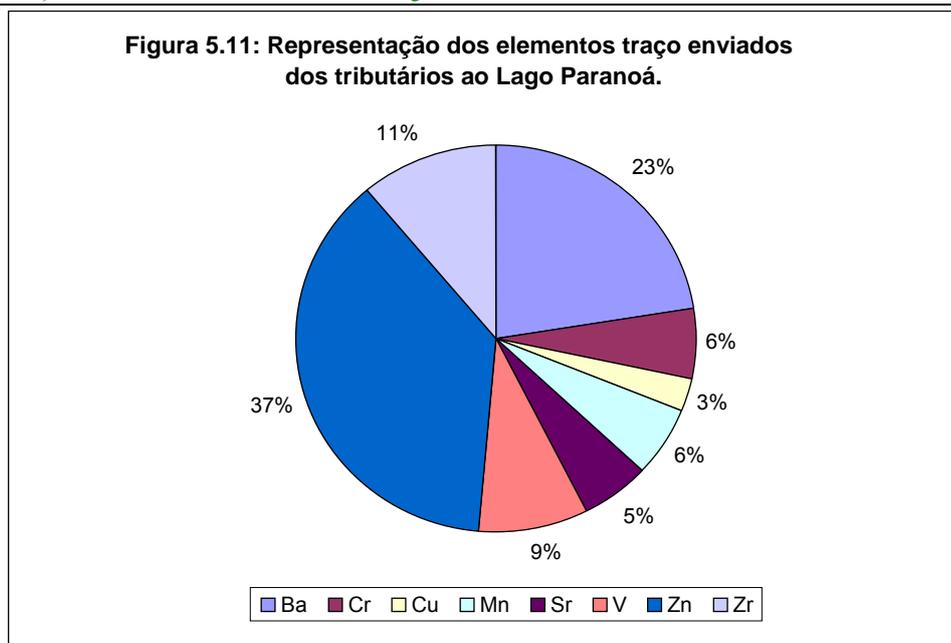
Aporte de elementos para o Lago Paranoá

As figuras 5.10 e 5.11 indicam o total de elementos contidos no material em suspensão transportado ao Lago Paranoá a partir dos seus tributários.



Excetuando o Si, não dosado, o material sólido em suspensão que entra no Lago têm a seguinte composição: Al com 55%, Fe com 31%, Ca com 9%, Mg e Ti com 2% e elementos traço com 1%. Esses resultados são considerados coerentes, pois os solos residuais e rochas erodidas da bacia são compostos por caulinita, illita, gibbsita (fonte de alumínio), hematita e goethita (fontes de ferro), e os agregados utilizados para as obras civis (incluindo a pavimentação asfáltica) são constituídos por brita de calcário e dolomito (fontes de cálcio e magnésio).

Conforme figura 5.10, no qual o percentual de elementos traço é de 1%, ocorreu o desmembrado do gráfico e os resultados semi-quantitativos podem ser verificados na figura 5.11. A média de elementos traço indica que o sedimento é constituído de Zn (37%), Ba (23%), Zr (11%), V (9%), Cr e Mn (6%), Sr (5%) e Cu (3%)



Os resultados de materiais sólidos em suspensão, carregados ao Lago Paranoá, contribuem significativamente para o entendimento do comportamento dos elementos químicos e de suas interações, bem como identifica as prováveis fontes.

No Ribeirão do Bananal e no Ribeirão do Gama, não ocorreram valores anômalos, no qual os elementos estão associados à lixiviação de material do solo de origem geológica podendo ser confirmados pelos resultados de mineralogia, já descritos.

O Ribeirão do Torto teve variação anômala no mês de dezembro de 2005 e outubro de 2006, período que compreende o início da construção de uma ponte, tendo registrado o aumento no cálcio (Ca), possivelmente originário de fonte calcária de materiais de construção ou movimentação de terras. Houve, também, resultado semi-quantitativo relevante os elementos: magnésio (Mg), bário (Ba), cobre (Cu), vanádio (V), zinco (Zn) e zircônio (Zr), podendo estarem associada às influências antrópicas, devido ao uso de ligas e estruturas metálicas.

No Ribeirão do Riacho Fundo, os elementos identificados como anômalo foram Al, Ca, Fe, Mg e Ti, estando relacionados ao transporte de material de construção, movimentação de solos e destruição de mata ciliar (o que facilita a transferência de sedimentos ao rio). Em relação aos elementos traço ocorreu variação de Ba, Cr, Cu, Sr, V, Zn e Zr no mês de março e outubro de 2006, período de chuva, o que confirma o transporte de material sólido em suspensão com contaminante de origem antrópica por meio da água para o Lago Paranoá, no período de alta vazão e de

chuvas. Vale esclarecer que as ações antrópicas referidas se tratam, principalmente, da urbanização crescente, fonte de materiais em construção (cimento, brita, ligas metálicas), resíduos domésticos, de combustíveis fósseis, esgoto e insumos agrícolas (fertilizantes, inseticidas, etc).

5.5 Material Sólido Depositado – Lago Paranoá

Os sedimentos desempenham papel fundamental no metabolismo e na ciclagem de nutrientes dos ecossistemas lacustres. A composição específica dos sedimentos varia de acordo com a evolução do grau de atrofia do lago ou represa, sendo os componentes principais característicos a matéria orgânica em diversos estágios de decomposição, a matéria mineral (de origem geológica ou resultante da decomposição biogênica), as substâncias minerais de origem biológica e as substâncias inorgânicas sedimentares (sulfetos, hidróxidos, fosfatos, sulfatos, silicatos, etc).

Segundo HANSEN (1961) o lodo orgânico pode ser dividido em “gyttja” e “dry”, sendo o “gyttja” de coloração negra e aspecto pastoso, ocorrendo em lagos oligotrófico à eutrófico conforme o percentual de matéria orgânica e mineral e o “dry” de coloração marrom, característicos de lagos distróficos com predominância de macrófitas e matéria orgânica de difícil degradação provocando a formação de ácidos húmicos.

Conforme ENELL (1977 *APUD* ROSA), o sedimento de fundo do Lago Paranoá consiste predominantemente de solo marrom avermelhado (latossolo), típico da região, havendo depósito de sedimento orgânico resultante do lançamento de esgoto nas imediações da Estação de Tratamento de Esgoto Sul (ETE-SUL). Esse depósito de sedimento preto, com aspecto oleoso foi responsável pela liberação de gases e concentração de fósforo 52mg/Kg e nitrogênio de 7,46mg/Kg em matéria seca. Já a área compreendida entre a foz do Riacho Fundo e a ETE-SUL acusava ao acúmulo de sedimento inorgânico com coloração cinza-marrom resultante da grande quantidade de sólidos em suspensão trazidos por este tributário. O fundo do restante do Lago era ocupado por uma mistura de latossolo marrom avermelhado com material em sedimentação, cujos teores de fósforo era 4,1 mg/Kg e nitrogênio 1,92 mg/Kg em matéria seca.

Outro estudo foi realizado por ALVES (1987) com amostragem de 9 pontos, dos quais 4 são próximos a ETE-Sul e Norte, o material de fundo apresentou aspecto

pastoso, coloração negra, elevado teor relativo de matéria orgânica e concentrações de fósforo 2174 mg/Kg e nitrogênio 2,9g/kg, numa área estimada de 5,87 Km². O sedimento proveniente do restante do Lago apresentou-se cinza nos pontos do braço do Gama e região central sul e marrom avermelhado na região central norte e braço do Torto, com concentrações médias de 1043 mg/Kg de fósforo e 2,2 g/Kg de nitrogênio.

Em trabalhos subseqüentes realizados por CAVALCANTI (1993), as análises de sólidos totais fixos e voláteis revelaram que 80% dos sólidos que compõem o sedimento são de origem inorgânica e 20% de origem orgânica. O lodo apresentou aspecto escuro e teor de água da ordem de 40%, o que confere baixa compactação.

Estudos realizados pela Caesb, em 1998, indicaram o lodo preto e pastoso existente em determinados pontos do Lago Paranoá é um sedimento do tipo “gyttja” não orgânico e sim mineral e neutro, tendo por característica uma alta concentração de nutrientes e substâncias que conferem odor desagradável (ácido sulfídrico, metano e precipitado de sulfeto de ferro).

Portanto, a evolução da área ocupada pelo sedimento “orgânico” no Lago Paranoá foi acompanhada por meio de estimativas realizadas nas décadas de 70 e 90. Existem relatos indicando que as áreas de maior acumulação chegavam a alcançar a espessura de 3m de sedimento “orgânico” (ALVES, ET AL, 1987). Conforme ROSA E DHAUSSY (1998), pelas determinações da espessura da camada de sedimento orgânico realizadas por ecosonda, estimaram-se o volume total de lodo dito “orgânico” entre 3,13 e 5,55 milhões de m³.

Nesses experimentos realizados por ROSA E DHAUSSY (1998), recomendaram estudos geofísicos mais específicos com aparelhos hidroacústicos de baixa frequência com coletores “core” capazes de amostrar separadamente diferentes camadas verticais de acumulação de sedimentos.

Diante desses estudos, surgiu a idéia de analisar os sedimentos de fundo em camadas verticais do Lago Paranoá, verificando a possibilidade de adotar uma nova metodologia de amostragem para futuros estudos de estratigrafia histórica do Lago, bem como iniciar a análise de sedimentos a fim de determinar qualitativamente os metais acumulados ao longo do tempo.

A amostragem foi realizada a partir da penetração manual de tubo de PVC em um ponto pioneiro, próximo a ETE Sul. Após ser retirado, o tubo ficou em repouso na vertical por um período de trinta dias, de forma que toda a água de saturação foi lentamente drenada.

Após a abertura do cano, com 1,20m de amostragem (foto 1, 2 e 3), observou-se que as camadas eram bem definidas por coloração e granulometria e por meio delas realizou-se a amostragem. As 16 amostras obtidas sofreram ataque ácido e fusão, ambos descritos no capítulo de metodologia.

Na figura 5.12, encontra-se o ponto L1 (0,04-0,06m), caracterizado como arenoso, ocre e rico em quartzo. A figura 5.13 representa os pontos L6 (0,54-0,56m), que se mostrou argiloso e vermelho escuro; L12 (0,93-0,95m), argiloso, marrom plástico; e L13 (0,99-1,01m), argiloso, vermelho escuro. Na figura 5.14, está o ponto L16(1,17-1,19m): arenoso e marrom avermelhado.

Figura 5.12: Foto representativa do início da amostragem, ponto L1(0,04-0,06m)



Figura 5.13: Fotos de amostras coletadas em pontos intermediários, pontos L6 (0,54-0,56m), L12 (93-0,95m) e L13 (0,99-1,01m).



Figura 5.14: Foto representativa do término das amostras no cano, ponto L16(1,17-1,19m)



Pela análise dos resultados dos elementos químicos nas amostras de sedimentos, constatou-se que os valores de Mg, Be, Co, Ni, Mo e Cd ficaram abaixo dos limites de quantificação para esses elementos, não sendo possível uma avaliação geoquímica desses parâmetros com os métodos e técnicas utilizadas neste trabalho.

Na tabela 5.13, observa-se os resultados dos elementos maiores e na tabela 5.14 os resultado dos elementos traços.

Tabela 5.13: Resultado de elementos maiores no material sólido depositado.

Amostras	Variação de profundidade	% TiO ₂	% Al ₂ O ₃	% Fe ₂ O ₃	% CaO
L1	0,04-0,06 m	<LQ	<LQ	0,11	<LQ
L2	0,16-0,18 m	<LQ	<LQ	0,57	<LQ
L3	0,23-0,25 m	<LQ	<LQ	0,01	<LQ
L4	0,36-0,38 m	<LQ	<LQ	0,34	0,23
L5	0,46-0,48 m	0,35	5,45	2,46	0,44
L6	0,54-0,56 m	0,97	15,63	7,00	0,60
L7	0,60-0,62 m	0,12	2,23	0,73	0,34
L8	0,69-0,71 m	1,12	17,63	7,20	1,05
L9	0,76-0,78 m	0,95	14,58	5,63	0,88
L10	0,83-0,85 m	1,15	17,70	6,72	1,13
L11	0,88-0,90 m	0,87	13,65	5,54	0,90
L12	0,93-0,95 m	1,32	20,77	9,06	1,12
L13	0,99-1,01m	1,13	17,92	7,31	0,86
L14	1,05-1,07 m	1,13	18,31	7,72	1,35
L15	1,12-1,14 m	0,78	12,50	5,30	0,90
L16	1,17-1,19 m	0,59	9,62	4,01	0,80

Tabela 5.14: Resultado de elementos traço no material sólido depositado.

Amostras	Variação de profundidade	Sr ppm	Cu ppm	Zn ppm	Y ppm	Zr ppm	Ba ppm	Mn ppm	V ppm	Cr ppm
L1	0,04-0,06 m	<LQ	10,6	<LQ	2,1	40,1	34,5	0,002	23,5	25,2
L2	0,16-0,18 m	<LQ	10,7	77,1	6,4	80,7	91,2	0,006	54,6	38,7
L3	0,23-0,25 m	<LQ	7,6	19,0	5,4	83,1	79,5	0,005	46,1	33,3
L4	0,36-0,38 m	5,9	10,0	17,2	8,3	107,4	109,9	0,006	63,7	38,9
L5	0,46-0,48 m	15,9	14,4	29,6	11,2	152,4	167,3	0,010	85,7	49,9
L6	0,54-0,56 m	32,9	19,0	38,8	14,2	217,4	315,8	0,013	130,8	74,9
L7	0,60-0,62 m	14,5	14,1	26,9	13,5	199,7	180,7	0,006	87,9	50,6
L8	069-0,71 m	9,9	14,2	25,1	11,7	160,5	169,5	0,009	85,1	47,0
L9	0,76-0,78 m	14,1	15,2	22,5	12,7	174,9	182,4	0,008	90,0	50,1
L10	0,83-0,85 m	10,9	15,0	19,6	12,3	175,2	183,6	0,007	89,7	50,1
L11	0,88-0,90 m	30,1	17,5	32,9	14,1	196,9	214,8	0,009	104,8	63,9
L12	0,93-0,95 m	40,1	21,9	82,8	15,9	233,2	300,2	0,014	134,3	81,6
L13	0,99-1,01m	37,6	20,9	90,5	15,3	215,5	283,2	0,010	126,1	76,9
L14	1,05-1,07 m	36,7	19,4	45,4	13,5	182,9	257,7	0,010	110,3	67,5
L15	1,12-1,14 m	20,4	14,2	32,9	10,4	145,1	184,6	0,008	83,2	52,3
L16	1,17-1,19 m	7,8	10,7	25,1	7,6	107,1	135,2	0,005	61,2	38,9

Conforme fotos e resultados das tabelas é possível observar aumentos de metais conforme a profundidade, porém não em escala linear, já que ocorreram algumas variações alternadas de sedimento e matéria orgânica com sedimento.

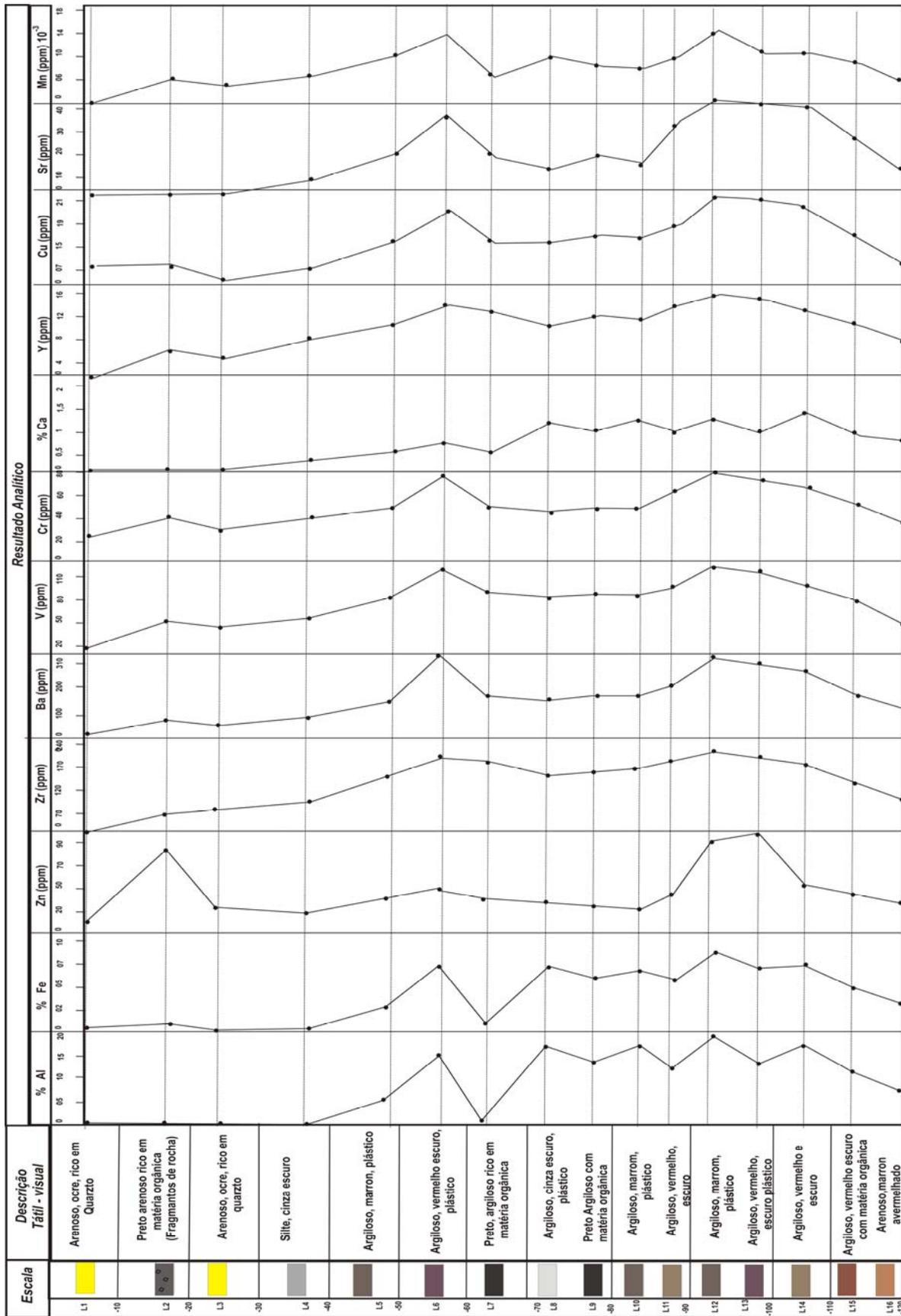
Os pontos L1, L2 e L16 foram classificados como arenosos devido à granulometria e à visualização táctil.

Os pontos L2, L7 e L9 tiveram baixa contribuição de elementos químicos por se tratarem de sedimentos ricos em matéria orgânica, identificados pela coloração preta.

Os pontos mais significativos, em relação à quantidade de elementos químicos, são L6, L8, L10, L12 e L14, representado por sedimentos argilosos, vermelho escuro ou marrom, rico em minerais.

A figura 5.15 descreve visualmente uma perspectiva de acumulação de sedimentos no Lago Paranoá, braço do Riacho Fundo, que resulta na classificação do sedimento de fundo em três categorias:

Figura 5.15: Resultado da análise estratigráfica de sedimento de fundo no braço do Ribeirão do Riacho Fundo, Lago Paranoá.



1) Sedimento com matéria orgânica com poucos metais adsorvidos e coloração preta. Na matéria orgânica, as reações em processos de decomposição, podem ser consideradas como reações de oxi-redução envolvendo mudanças de valência do elemento carbono. O material orgânico nos sedimentos é um produto de ambiente redutor, portanto, um importante agente redutor, também conhecido como “gyttja”. Essa qualidade redutora é um resultado do acúmulo de detritos vegetais e animais parcialmente decompostos. (KRAUSKOFF, 1972).

Os pontos que apresentaram material orgânico foram L2, L7 e L9 no qual se verifica restrita associação de metais, já que esses pontos não ficam adsorvidos permanentemente na camada orgânica e sofrem reações químicas de oxi-redução e termoquímica constantemente. Em L2 o acúmulo de matéria orgânica é tão recente que se observaram fragmentos de folhas com associação de areia, por isso a não presença de metais, principalmente maiores.

2) Sedimento arenoso e siltoso com alto percentual de Si, granulometria maior e coloração cinza/marrom. Os elementos maiores (Al, Fe e Ca) não apresentam resultados devido à presença de areia quartzosa, no qual a estrutura cristalina fechada (SiO₂) não permite a adsorção de outros elementos. Alguns elementos traços são verificados em pequenas quantidades.

Os pontos que pertencem a esse grupo são L1, L2, L3, L4 e L16, verificando que na parte mais rasa e recente do Lago Paranoá a formação é de areia ou silte ou misturas mal-graduadas de areia com matéria orgânica. O ponto mais profundo da coleta (L16) também é arenoso com quantidade mais significativa de metais. Esse testemunho parcial da sedimentação mostra uma estratigrafia intercalada de sedimentos arenosos com materiais mais finos (argilosos e plásticos). Essa feição pode estar associada à história de ocupação da bacia do Riacho Fundo, onde momentos de intensa ocupação humana, com supressão da vegetação e por construções civis, levam ao aumento de material mais grosso (maior erosão e maior transporte). Em momentos de menor taxa de ocupação, e conseqüente consolidação urbana (com instalação de jardins, áreas verdes, redes de águas pluviais) há aporte de materiais finos.

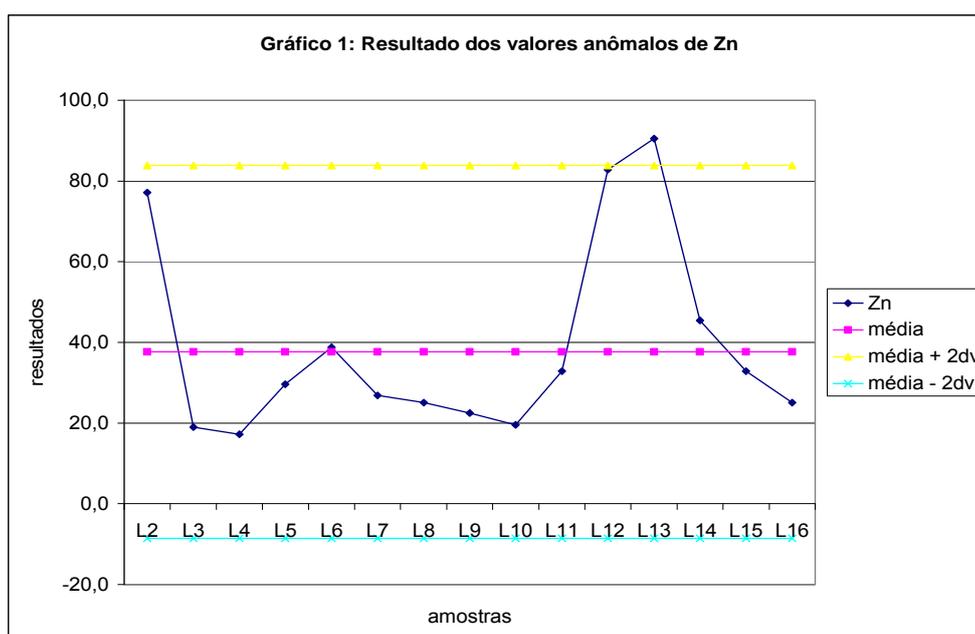
A presença de camadas ricas em material preto pode indicar épocas em que a Estação de Tratamento de Efluentes (ETE Sul) não funciona de forma adequada ou em que o volume de lodo orgânico superava a capacidade de tratamento.

3) Sedimento argiloso: granulometria menor, coloração marrom avermelhado e marrom. Os minerais argilosos são, no geral, fitossilicatos, silicatos que apresentam estrutura laminar contínua e uma estrutura completa, que consiste na combinação de lâminas octaédricas e tetraédrica. Na maioria das amostras de argilas, as partículas têm dimensões, total ou parcialmente, dentro da gama coloidal, o que significa que elas permanecem em suspensão na água por períodos longos, que podem ser floculadas por eletrólitos, que podem adsorvem íons da solução e que podem ser substituídos por outros, quando a concentração da solução se modifica. Também, por causa da pequena dimensão, as partículas argilosas têm a capacidade de adsorver água e material orgânico, tornando-se plástica, isto é, podem ser moldadas quando úmidas. (KRAUSKOFF, 1972).

Os pontos que apresentam minerais argilosos são L5, L6, L7, L8, L9, L10, L11, L12, L13, L14 e L15 indicando que a sedimentação, em sua maioria, é de argilominerais que variam em composição, textura e coloração devido aos componentes químicos adsorvidos, estando na profundidade de 0,46 – 1,14 m.

O Zn foi o único elemento com concentração anômala (figura 5.16), no ponto L13, indicando acúmulo desse elemento devido à atuação de agentes antrópicos, como lançamentos de efluentes de materiais de construção (ligas metálicas) por meio do carreamento dos tributários, principalmente Ribeirão do Riacho Fundo, resíduos de lanças e de efluentes descartados dos clubes.

Figura 5.16: Gráfico de resultado anômalo para o elemento Zn.



5.5.1 Índice de Geoacumulação (Igeo)

Neste capítulo, o Igeo foi abordado, conforme parâmetros adotados na análise de sedimentos, utilizando os índices de geoacumulação comparando-os com os resultados obtidos por MOREIRA (2002). Neste momento, no entanto, pretende-se relacioná-lo ao material sólido depositado. De acordo com os valores obtidos para Igeo, os parâmetros são classificados em sete classes relacionadas ao grau de poluição, conforme tabela 5.11.

Os resultados indicam que em nível moderadamente poluído (2), para CaO, estão as amostras mais profundas de L8 a L16. Isso significa dizer que, a partir de 0,69m de profundidade, existe: 1) sedimento de origem litológica (argilominerais), provavelmente illita e caulinita derivado de material geológico e antrópico; 2) rochas carbonatadas que sofreram intemperismo. Tal existência procede a partir da movimentação de terra e de materiais de construção carreados dos tributários e depositados no sedimento de fundo do Lago Paranoá.

Os elementos traço Zn e o Sr surgem como elementos indicadores de ambientes não poluídos a moderadamente poluídos (classe 1), no qual o Zn, já discutido como anômalo, pode ser um elemento de monitoramento ambiental, por ser de origem antrópica.

Tabela 5.15 - Índice de Geoacumulação estratigráfico.

Classe I geo	0	1	2	3	4	5	6
Amostras							
L1	Cr, Cu, Y, Ba, V						
L2	Zn, Cr, Cu, Y, Ba, V	Zn					
L3	Zn, Cr, Cu, Y, Ba, V						
L4	Zn, Cr, Cu, Y, Ba, V, Sr, CaO						
L5	Zn, Cr, Cu, Y, Ba, V, Sr, TiO ₂	CaO					
L6	Zn, Cr, Cu, Y, Ba, V, TiO ₂	Sr, CaO					
L7	Zn, Cr, Cu, Y, Ba, V, Sr, TiO ₂ , Cão						
L8	Zn, Cr, Cu, Y, Ba, V, Sr, TiO ₂		CaO				
L9	Zn, Cr, Cu, Y, Ba, V, Sr, TiO ₂		CaO				
L10	Zn, Cr, Cu, Y, Ba, V, Sr, TiO ₂		CaO				
L11	Zn, Cr, Cu, Y, Ba, V, TiO ₂	Sr	CaO				
L12	Cr, Cu, Y, Ba, V, TiO ₂	Zn, Sr	CaO				
L13	Cr, Cu, Y, Ba, V, TiO ₂	Zn, Sr	CaO				
L14	Zn, Cr, Cu, Y, Ba, V, TiO ₂	Sr	CaO				
L15	Zn, Cr, Cu, Y, Ba, V, Sr, TiO ₂		CaO				
L16	Zn, Cr, Cu, Y, Ba, V, Sr, TiO ₂		CaO				

5.6 - Abordagem Geral da discussão nos Tributários

O resultado de material sólido depositado está associado à precipitação de elementos insolúveis em água como sedimento de fundo, em sua maioria, transportado dos tributários e das margens da Bacia do Lago Paranoá. A abundância de sedimentos nas áreas impactadas pela atividade antrópica – braço do Riacho Fundo –, aliada ao fato do Lago Paranoá ser um reservatório com características tipicamente deposicionais, pode indicar alguns elementos acumulados nos sedimentos se apresentando de forma enriquecida. Dessa maneira, a metodologia utilizada poderá fornecer trabalhos futuros sobre a decomposição histórica de material sólido na Bacia do Lago Paranoá.

Os resultados de sedimentos dos tributários indicam que os elementos contaminantes nos pontos de coleta referidos a cada ribeirão estão adsorvidos nos argilominerais. Contudo, impacto ambiental só pôde ser detectado melhor por meio da análise de água e do material sólido em suspensão transferido para o Lago Paranoá.

A sub-bacia do Ribeirão Bananal, apesar de nascer no Parque Nacional, em área preservada, apresenta influência antrópica em função da contribuição de ocupações urbanas nas proximidades de seu curso, provenientes do Setor Sudoeste, da área da Rodoferroviária, da Asa Norte, entre outros, e devido ao afluente Córrego Acampamento que percorre área urbana militar. O ponto de coleta (B1) fica após o encontro deste córrego com o Ribeirão do Bananal, local onde se presenciou o descarte de água por caminhões pipas e descarte de lixo nas margens do tributário. Esses conjuntos de fatores contribuíram para resultados anômalos de Sr, CaO e K₂O nos sedimentos.

A sub-bacia do Ribeirão do Torto está inserida em área predominantemente rural, cruzando áreas urbanas, como a Granja do Torto, a vila Varjão e Lago Norte. No Ribeirão do Torto, próximo a desembocadura, foram apresentados elementos contaminantes tanto nos sedimentos, como na água o que está relacionado com a construção da ponte perto do Varjão, duplicação da via e pavimentação, além do descarte de esgoto e lixos que foram observados no local de coleta.

O Ribeirão do Gama/ Cabeça de Veado é influenciado por residências locais (Lago Sul, Setor de Mansões Park Way, Núcleo Rural Vargem Bonita), pela presença de lixo e fezes de animais na margens e vias de transição, contribuindo para transporte de elementos antrópicos para o tributário, o que é confirmado nos resultados de amônia, nitrato e coliformes fecais.

CAPÍTULO 6

Conclusão

Os resultados de elementos químicos confirmaram a associação com a geologia regional e indicaram quais são os elementos contaminantes decorrentes da forte urbanização. Verificando que no Ribeirão do Riacho Fundo ocorre influência antrópica maior do que nos outros tributários (principalmente em R1, RG1 e RG2), já que alguns afluentes como o Vicente Pires apresentam resultados acima da média regional de nitrato, amônia e elementos associados à fonte antrópica, relacionados à atividade agrícola, a descarte de resíduos domésticos, a lixos e esgotos, a resíduos de combustíveis fósseis e às ligas metálicas, que são transferidos ao Riacho Fundo. Estes elementos são transportados ao Lago Paranoá por esse Ribeirão, fato que pode ser confirmado pela determinação de material sólido em suspensão, que não permanecem depositados nos sedimentos dos tributários, uma vez que os tributários apresentaram resultados químicos coerentes com a mineralogia local.

No filtrado, os elementos traço apresentam variação significativa de Ba, Cr, Cu, Sr, V, Zn e Zr, o que confirma o transporte de material sólido em suspensão como contaminante por meio de água e de sedimento para o Lago Paranoá, no período de alta vazão e de chuvas. Tal ocorrência se associa as ações antrópicas provenientes da urbanização crescente, de fonte de materiais em construção (cimento, brita, ligas metálicas), de resíduos domésticos, de combustíveis fósseis, de esgoto e de insumos agrícolas (fertilizantes, inseticidas, etc).

O impacto nos tributários está mais crítico no Ribeirão do Riacho Fundo, o que é pode ser verificado pelos resultados de nitrato, amônia e elementos carreados ao Lago, indicando influência antrópica pela crescente urbanização, uma vez que apresenta a maior densidade e diversidade de ocupação urbana da Bacia do Lago Paranoá (recebe influências do Guará, Núcleo Bandeirantes, Águas Claras, Colônias Agrícolas Vicente Pires, Arniqueiras, parte do Setor de Mansões Park Way, entre outras localidade) ocasionando desmatamento, erosão, destruição de matas ciliares, exploração e degradação dos solos, movimentação de terras, o que resulta o início do assoreamento desse braço.

A atividade antrópica em todos os tributários analisados neste trabalho é identificada pelos elementos traço Sr e Zn, principalmente nos resultados de anômalos.

Esses elementos são indicados como discriminantes ambientais, já que apresentam boa associação, o que é confirmado pela correlação de Pearson e pela análise de grupos. O índice de geoacumulação também confirma alguns componentes passíveis de análise ambiental como Sr, Zn, K₂O e CaO.

Diante desta pesquisa, observa-se que o tributário de menor impacto é o Bananal, Gama/Cabeça de Veado, seguido pelo Torto. O de maior agressão ambiental, entretanto, trata-se do Ribeirão do Riacho Fundo.

A atividade no Ribeirão do Riacho Fundo é preocupante, sendo necessárias algumas sugestões para melhoria ambiental que ajudem na recuperação e na preservação das áreas de estudo:

- recuperação da mata ciliar;
- política pública ambiental aplicada e executada;
- aplicação de multas para quem jogar lixo nos leitos e descartar clandestinamente esgoto sem tratamento;
- fiscalização nos descartes de materiais de construção;
- gestão ambiental urbana regional;
- educação ambiental e conscientização da população dos problemas ambientais locais.

Dessa forma, recomenda-se um monitoramento constante nos tributários para evitar contaminação do Lago Paranoá por materiais transportados e, também, a recuperação de áreas já degradadas. A indicação para essa proposta de recuperação e avaliação contínua é o uso de discriminadores ambientais (o nitrato, fosfato e amônia) para análise de água e Zn, K₂O e CaO no análise de sedimentos.

CAPÍTULO 7

Referência Bibliográfica

- AB'SABER, A. N. Espaços ocupados pela expansão dos climas secos na América do Sul por ocasião dos períodos glaciais quaternários. *Paleoclimas*, São Paulo, 3, p.1-65, 1977.
- ALVES, V. R. E.; Cavalcanti, C. G. B.; Ornelas, R. B. Caracterização Química Preliminar do Sedimento no Lago Paranoá. Relatório Interno Caesb. Brasília, 1988.
- ALVES, V.P. Caracterização Geoquímica de águas e sedimentos da Bacia Amazônica na região entre Manaus e Santarém. Dissertação de mestrado nº 125. IG/ UnB /DF, 1998.
- ALVES, V.R.E.; CAVALCANTI, C. G. B.; ORNELAS, R.B. Caracterização química preliminar do sedimento do Lago Paranoá, Distrito Federal. Relatório interno da Caesb, 7pp, 1987.
- APHA-AWWA-WPCF. Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, 20th edition; USA. 1999.
- ASSEL & CLDF. A força do entorno elaborado pela Assessoria Legislativa (ASSEL) da Câmara Legislativa do Distrito Federal (CLDF), 1999.
- AZEVEDO, L.G. de; Ribeiro, J.F.; Schiavini, I. & Oliveira, P. E. A. M. Levantamento da Vegetação do Jardim Botânico de Brasília. Fundação Zoobotânica do Distrito Federal. Brasília- DF, 1990.
- BELCHER, D.J. & ASSOCIATES. Relatório técnico sobre a nova capital da República. Brasília. CODEPLAN. 4ª ed. (1995). 316p, 1954.
- BOAVENTURA, G.R. Performace do ICP, 20 elementos, Congresso Brasileiro de Geoquímica, SP. Resumo SBGq, V.2, p.423-426, 1991.
- BOAVENTURA, G.R. Caracterização Geoquímica de Águas e Sedimentos de Corrente do Distrito Federal. Relatório Final. FAPDF/FINATEC. 455p, 1997a.
- BOAVENTURA, G.R. Caracterização dos Aspectos Geoquímicos das Bacias Hidrográficas do Distrito Federal. Relatório Final. WWF/FINATEC. 129p, 1997b.
- BOAVENTURA, G.R. Metodologia padrão do Lageq para análise de sedimentos de corrente e solos para estudos ambientais. Relatório interno.

Departamento de Geoquímica e Recursos Minerais/Laboratório de Geoquímica/UnB//DF, 2006.

- BOAVENTURA, G.R.; SOUZA, R.S.; PONTES, C.H.C.; PINELLI, M.P. Estudo Geoquímico em Águas da Bacia do Bananal- Brasília- DF. In: VII Congr. Bras. Geol. e V Cong. Geol. dos Países de Língua Portuguesa. Porto Seguro-BA. Resumo expandido, SBGq, 41-43, 1999.
- CAESB – Companhia de Água e Esgoto de Brasília. Relatório Interno, 1998.
- CAMPOS, J.E.G.; Freitas-Silva, F.H. Inventário Hidrogeológico e dos Recursos Hídricos Superficiais do Distrito Federal. Relatório Técnico, Hidrogeologia do Distrito Federal, In: IEMA/ UnB. Brasília-DF, vol. IV, 1998.
- CARMO, M. S. do. Geoquímica de Águas e Sedimentos do Corrente da Bacia Hidrográfica do Rio Descoberto – dissertação nº 161, 2001.
- CARVALHO JÚNIOR, O.A.C; BOAVENTURA, G.R.; MARTINS, E.S.; PEREIRA, F.J.; BRITO, V.E.B.; BISPO, R.S. Caracterização por Análise de Grupos de Assinaturas Geoquímicas Naturais de Águas Superficiais da Bacia do Taquara, DF, REM: Ver. Escola Minas. 51 (4): 47-50, 1998a.
- CARVALHO JÚNIOR, O.A.C; BOAVENTURA, G.R.; MARTINS, E.S.; PEREIRA, F.J.; BRITO, V.E.B.; BISPO, R.S. Caracterização de Elementos-Traço em águas Superficiais conforme o Uso da Terra por Meio da Análise de Principais Componentes. Estudo de Caso: Ribeirão do Gama, Distrito Federal, REM: Ver. Escola Minas. 51(3): 76-79, 1998b.
- CAVALCANTI, C.G.B. Sedimentos no Lago Paranoá: importância no processo de despoluição. Relatório Interno da Caesb, 8pp, 1993.
- CODEPLAN. Atlas do Distrito Federal, 1984.
- CODEPLAN. Anuário Estatístico do Distrito Federal. Governo do Distrito Federal, 1996.
- COELHO, S. N. Água de Caruaru. Sua revista Virtual de Medicina. Ed nº 3. Méd on line, 22/05/2007.
- CORDEIRO NETTO, O. M. & DUTRA FILHO. D. O aporte de fósforo ao Lago Paranoá/ Brasília. XI Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Fortaleza, CE, 21pp, 1981.
- DAVIS, J. C. Statistics and data analysis in geology. New York: Jonh Willey & Sons, Inc., 550p, 1973.

- DERISSIO, J.C. Introdução ao controle de poluição ambiental. São Paulo: Editora Signus, 164p, 2000.
- DIN, Z. B. Mar. Poll. Bull. 24, 484 p, 1992.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Levantamento e Reconhecimento de Solos do Distrito Federal. Rio de Janeiro, EMBRAPA/Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Boletim Técnico, 53), 1978.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro, Embrapa – CNPS. 412p.1999.
- ESTEVES, F. de A. Fundamentos de Limnologia. Interciência/FINEP, Rio de Janeiro, RJ. Pgs. 216-236 e 276-306, 1988.
- FARIA, A. Estratigrafia e sistemas deposicionais do Grupo Paranoá nas áreas de Cristalina, Distrito Federal e São João D’aliança – Alto Paraíso de Goiás. Tese de Doutorado, IG/UnB, Brasília, 1995.
- FARIA, A. Mapas geológicos do Distrito Federal. Brasília, DNP/ UnB, 1997.
- FEITOSA, F.A.C.; Filho, J.M. Hidrogeologia. Conceitos e Aplicações. CPRM, 1997.
- FERRANTE, J. E. T.; Rancan, L.; Netto, P. B. Em *Olhares sobre o Lago Paranoá*; Fonseca, F. O., coord.; Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos: Brasília., 2001.
- FÖRSTNER, U. & MULLER, G. H. Heavy Metal Accumulation in River Sediments: A Response to Environmental Polutons. *Geoforum*. 14: 53-61, 1973.
- FÖRSTNER, U. Contaminated sediments. In: Bhattacharji, S., Fridman, G. M., Neugebauer, H. J. ... [et al.]. *Lecture notes in earth sciences*. Berlin: Springer-Verlag, V.21, p. 1-157, 1989.
- GIBBS, R. J. (1973). Mechanisms of Trace Metal transport in Rivers. *Science*. 180:71-73
- GUIMARÃES, E.M. Apostila de Difratometria de Raios-X. Minicurso ministrado no XXVII Congresso Brasileiro de Ciências do Solo. Brasília, DF, julho, 1999.
- HANSEN, K. Lakes types and sediments. *Verh. Int. Limnologia*. 14:285-290, 1961.

- KRAUSKOPF, K. B. Introdução à Geoquímica. Editora da Universidade de São Paulo.—Editora Polígono, 1972.
- LEE, J.D. Química Inorgânica não tão Concisa. Tradução da 4ª edição inglesa. Editora Edgard Blücher Ltda, 1996.
- LICHT, Otavio Augusto Boni. Prospecção Geoquímica: Princípios, técnicas e métodos, 1998 .
- MAIA, P. D.; Guimarães, E. M.; Moreira, R. C. A. & Boaventura, G. R. Estudo Mineralógico dos Sedimentos de Fundo do Lago Paranoá – DF, Brasil, 2003.
- MERTZ, W.E. Chromium occurrence and function in biological systems. Physiology Reviews, Baltimore, v.49, p. 163-239, 1969.
- MOREIRA, C.A.M.; BOAVENTURA, G. R. Referência Geoquímica Regional para a interpretação das concentrações de Elementos Químicos nos Sedimentos da Bacia do Lago Paranoá - DF. Revista Química Nova, vol. 26, nº 0, 1-x. 2003.
- MOREIRA, R. C. A., Boaventura, G.R. Referência Geoquímica Regional para a Interpretação das Concentrações de Elementos Químicos nos Sedimentos da Bacia do Lago Paranoá-DF. Revista Química Nova, vol. 26, 2003.
- NOVAES PINTO & CARNEIRO, P. J. R. Análise preliminar das feições geomorfológicas do Distrito Federal. In: Anais do IV Congresso Brasileiro de Geógrafos, São Paulo, livro II, v. 2, p. 190-213, 1984.
- NOVAES PINTO, M. Unidades geomorfológicas do Distrito Federal. Geografia. Marília, SP, 11(21): 97-109, 1986.
- NOVAES PINTO, M. Aplainamento nos trópicos – uma revisão de conceitos. Geografia, Marília, SP, 13(26): 119-129, 1988.
- NOVAES PINTO, M. Caracterização geomorfológica do Distrito Federal. In: M. Novaes Pinto (Org.) Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas. 2a. edição, EdUnB. p. 285-320, 1993.
- PENDIAS, H. Trace Elements in Soils and Plants; CRC Press: Florida, 1986.
- PEREIRA, L.P. Avaliação Econômica do Uso do Lago Paranoá para Atividades Recreacionais. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental/ UnB/ Brasília, 2006.

- PINELLI, M.P. Geoquímica de águas e sedimentos da bacia do São Bartolomeu, Brasília-DF. Dissertação de mestrado. Instituto de Geociências. Universidade de Brasília.86p, 1999.
- RIBEIRO, H.M.C. Avaliação atual da qualidade da águas dos Lagos Bolonha e água preta, situados na área fisiográfica do Utinga (Belém-Pa). Dissertação de Mestrado em Geoquímica. Universidade do Pará. 205p, 1992.
- RIBEIRO, M. O.; Koide, S. M. A. Resumo no 1º Simpósio de Recursos Hídricos do Centro- Oeste, Brasília, DF, 2000.
- ROCHA, J.C. & HIRCHE, R.N. Determinação de metais totais e metais solúveis em água bruta e em água tratada amostradas em represas decaptação e estação de tratamento de águas (ETA) de Araraquara, SP. Parte I, Eclética Química. São Paulo. 19: 105-117, 1994.
- RODRIGUES, M. L. K. Diagnóstico da Poluição por Elementos-Traço em Ambientes Aquáticos através da Caracterização do Sedimento de Fundo *in* MMA - Ministério do Meio Ambiente/PNMA II DI Subcomponente Monitoramento da Qualidade da Água. OFICINA: Definição de Indicadores Mínimos para Qualidade da Água. Brasília, 2001.
- ROSA, J.W.C.; LEBOURGES-DHAUSSY, A.; DHAUSSY, P. Serviço de levantamento hidroacústico (ecossondagem) no Lago Paranoá: Mapeamento do Sedimento Orgânico. Relatório Interno, Caesb. Brasília/DF, 1998.
- SALOMONS, W. & FÖRSTNER, U. Trace Metal Analysis on Polluted Sediments. Part II: Evaluation of Environmental Impact. Environmental Technology Letters. 1: 506-517, 1980.
- SANTOS, S.S.M. Degradação Ambiental e seus efeitos sobre os seres vivos e materiais. Revista Brasileira Geográfica, Rio de Janeiro, 49 (4):31-45, 1987.
- SPERLING, M. V. Introdução à qualidade das águas a ao tratamento de esgotos. Belo Horizonte. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - DESA/UFGM, 1996.
- TARVAINEN, T.; LAHERMO, P.; MANNIO, J. Sources of trace metals in streams and headwater lakes in Finland. Water, Air and Soil Polutions. 94: 1-32, 1997.
- TRN-Tecnologia de Recurso Natural. O uso e ocupação do solo. Disponível site: <http://www.geocities.com/CapeCanaveral/4145/cont.html>.

- UNESCO. Vegetação do Distrito Federal. Tempo e Espaço. Brasília/ DF, 74p, 2000.
- WARD, A.D. & ELLIOT, W. J. Environmental Hydrology. CRC Press, Inc., Boa Raton, FL, 1995.
- WEDEPOHL, K. H. The composition of the Continental Crust. Geochimica et Cosmochimica Acta, 59(7): 1217-1232, 1995.
- WIKIPEDIA. Enciclopédia Virtual. Site: <http://pt.wikipedia.org>. Acesso: agosto, 2007.
- YABE, M. J. S. & OLIVEIRA, E. Metais pesados em águas superficiais como estratégia de caracterização de Bacias Hidrográficas. Química nova. 21 (5): 551-556, 1998.

ANEXOS

Anexo1- Resultados de água

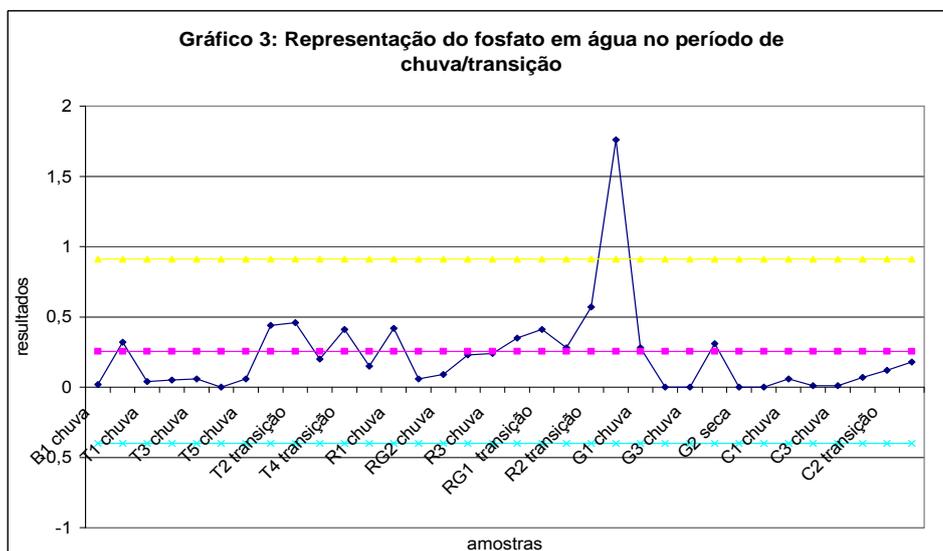
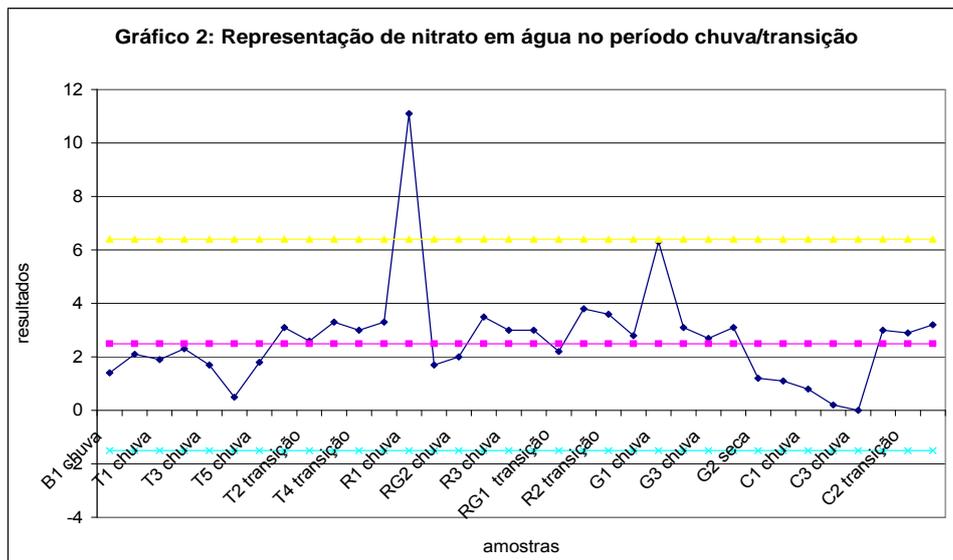
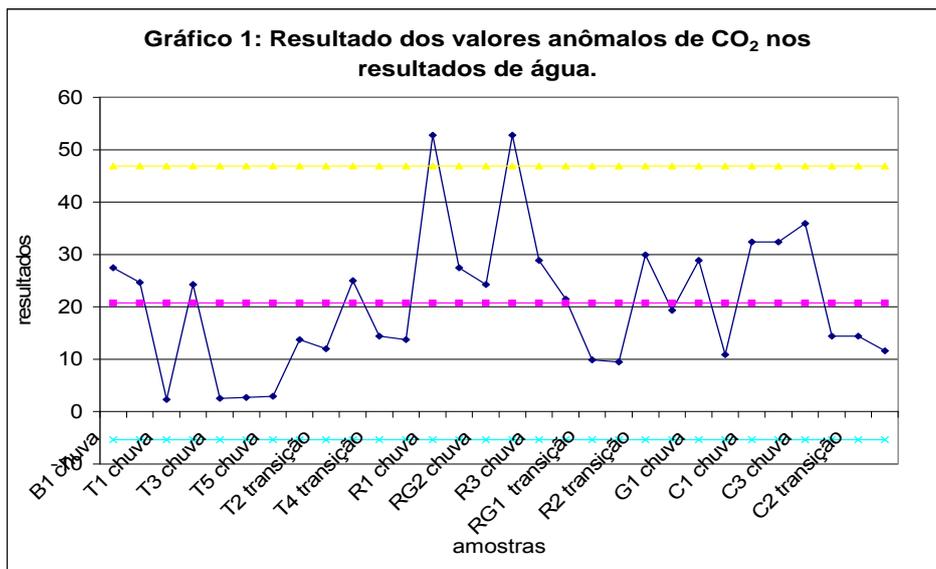
Tabela 5.1: Resultado de análise físico-química em água.

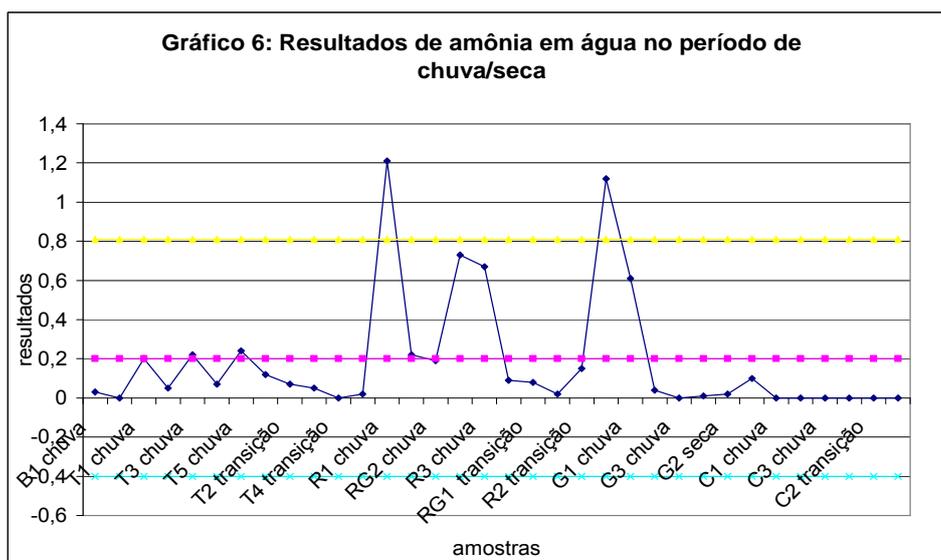
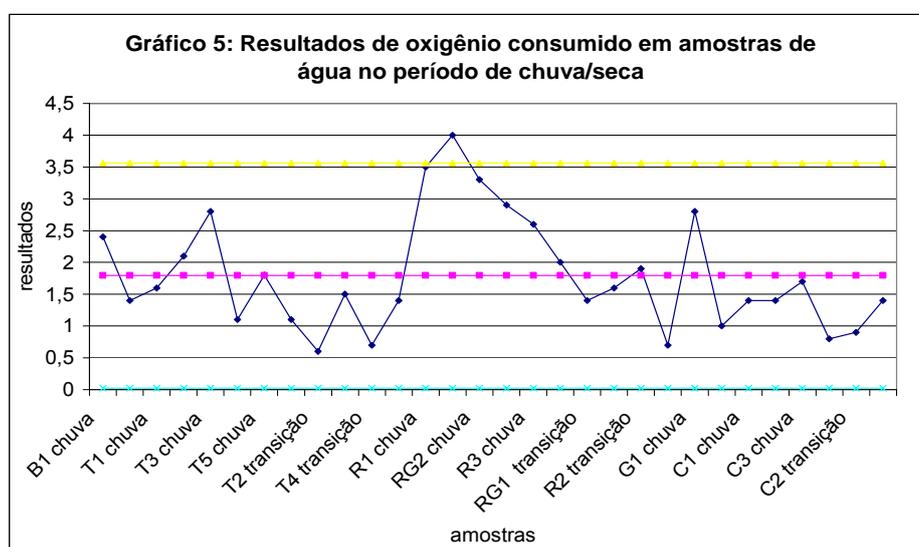
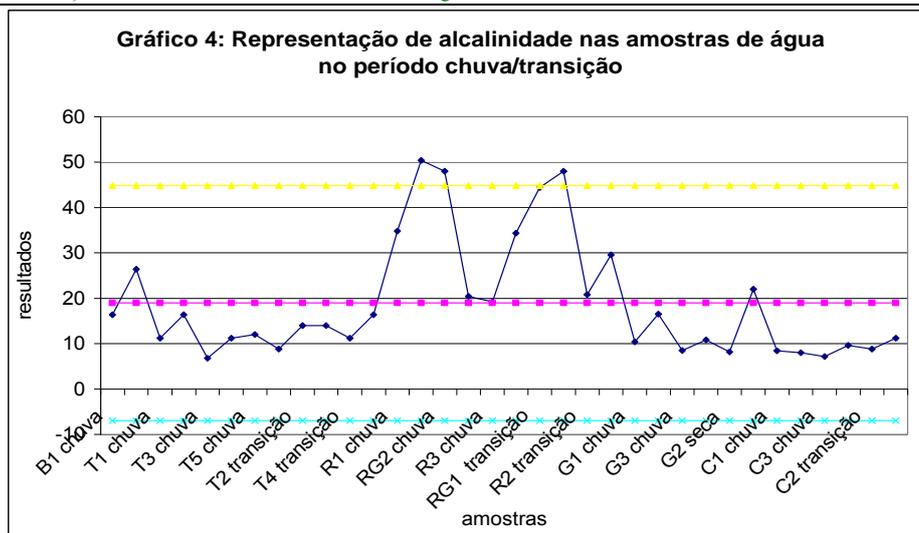
Amostras	pH	condut (uS/cm)	TDS (mg/L)	T (°C)	Nitrato (mg/L)	Amônia (mg/L)	Fosfato (mg/L)	Cor (uH)	Alcalinidade (mg/L)	Cloreto mg/L	CO ₂ mg/L	O ₂ Cons. (mg/L)
B1 chuva	6,5	25,9	12,9	21,2	1,4	0,03	0,02	8	16,4	3,3	27,5	2,4
B1 transição	6,9	28,1	13,6	22,6	2,1	0,00	0,32	11	26,4	2,6	24,6	1,4
T1 chuva	6,2	14,8	7,2	20,9	1,9	0,20	0,04	2	11,2	2,8	2,3	1,6
T2 chuva	6,6	15,6	7,6	21,0	2,3	0,05	0,05	9	16,4	3,1	24,3	2,1
T3 chuva	6,0	7,5	3,3	21,2	1,7	0,22	0,06	1	6,8	3,1	2,5	2,8
T4 chuva	6,2	13,4	6,2	22,3	0,5	0,07	0,00	0	11,2	2,7	2,7	1,1
T5 chuva	5,5	4,4	1,7	22,6	1,8	0,24	0,06	0	12,0	2,7	2,9	1,8
T1 transição	6,9	28,1	13,6	22,6	3,1	0,12	0,44	4	8,8	4,1	13,7	1,1
T2 transição	6,7	25,7	12,3	22,6	2,6	0,07	0,46	10	14,0	3,9	12,0	0,6
T3 transição	6,7	21,3	10,3	21,8	3,3	0,05	0,20	12	14,0	3,8	25,0	1,5
T4 transição	7,0	11,1	4,8	26,2	3,0	0,00	0,41	7	11,2	2,4	14,4	0,7
T5 transição	8,66	4,3	1,6	23,9	3,3	0,02	0,15	19	16,4	2,8	13,7	1,4
R1 chuva	6,7	84,4	42,7	21,8	11,1	1,21	0,42	27	34,8	4,7	52,8	3,5
RG1 chuva	6,4	88,4	44,8	21,6	1,7	0,22	0,06	8	50,4	3,2	27,5	4,0
RG2 chuva	7,5	90,5	45,4	22,2	2,0	0,19	0,09	5	48,0	3,4	24,3	3,3
R2 chuva	7,1	48,0	23,9	22,0	3,5	0,73	0,23	8	20,4	4,1	52,8	2,9
R3 chuva	6,9	35,0	17,4	21,9	3,0	0,67	0,24	8	19,2	3,4	28,9	2,6
R1 transição	7,0	90,9	44,5	23,4	3,0	0,09	0,35	14	34,4	4,9	21,5	2,0
RG1 transição	6,7	83,1	43,0	20,8	2,2	0,08	0,41	28	44,4	3,6	9,9	1,4
RG2 transição	7,0	94,2	46,3	23,5	3,8	0,02	0,28	29	48,0	3,7	9,5	1,6
R2 transição	7,1	52,7	26,0	22,7	3,6	0,15	0,57	15	20,8	4,9	29,9	1,9
R3 transição	7,3	85,8	42,7	22,6	2,8	1,12	1,76	6	29,6	4,2	19,4	0,7
G1 chuva	6,1	17,9	8,5	22,4	6,3	0,61	0,28	17	10,4	2,9	28,9	2,8
G2 chuva	5,7	17,6	8,8	20,9	3,1	0,04		14	16,5			7,8
G3 chuva	6,3	16,2	8,2	20,6	2,7	0,00		18	8,5			7,5
G1 transição	6,8	17,9	8,7	21,3	3,1	0,01	0,31	10	10,8	2,7	10,9	1,0
G2 transição	5,8	19,9	8,6	19,8	1,2	0,02		3	8,2			6,0
G3 transição	5,8	15,4	9,3	20,1	1,1	0,10		7	22,0			5,2
C1 chuva	5,9	9,9	4,5	22,0	0,8	0,00	0,06	0	8,4	2,7	32,4	1,4
C2 chuva	6,2	8,9	4,0	22,2	0,2	0,00	0,01	0	8,0	2,9	32,4	1,4
C3 chuva	6,5	5,0	2,0	22,0	0,0	0,00	0,01	0	7,2	2,3	35,9	1,7
C1 transição	7,1	11,1	5,2	21,2	3	0,00	0,07	2	9,6	2,7	14,4	0,8
C2 transição	6,8	11,2	5,3	20,8	2,9	0,00	0,12	1	8,8	2,8	14,4	0,9
C3 transição	7,4	14,6	7,0	21,3	3,2	0,00	0,18	1	11,2	2,6	11,6	1,4
Média chuva	6,4	29,6	14,6	21,7	2,6	0,3	0,1	7,4	18,0	2,8	22,2	2,9
Média trans.	6,9	36,2	17,8	22,2	2,8	0,1	0,4	10,5	19,9	3,0	14,4	1,4

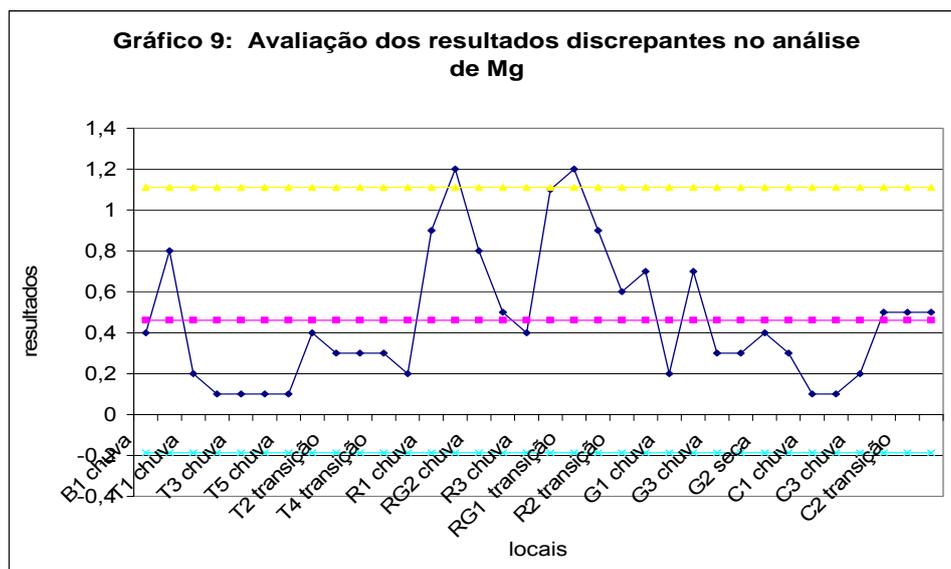
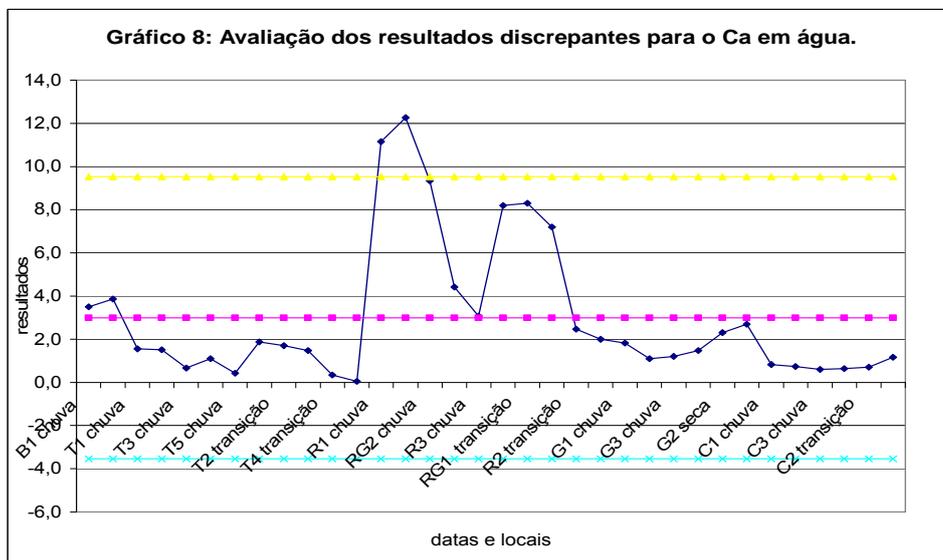
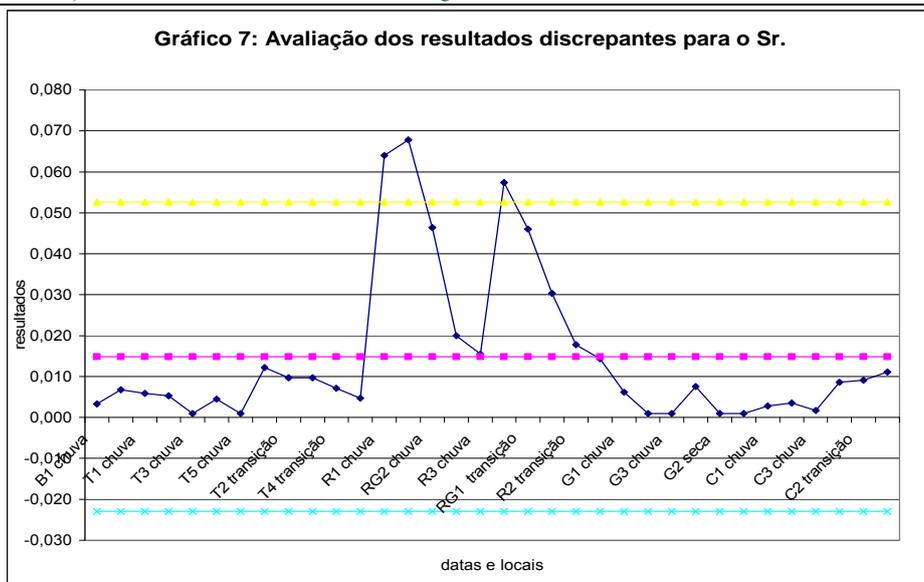
Tabela 5.2: Resultado das análises de metais em água.

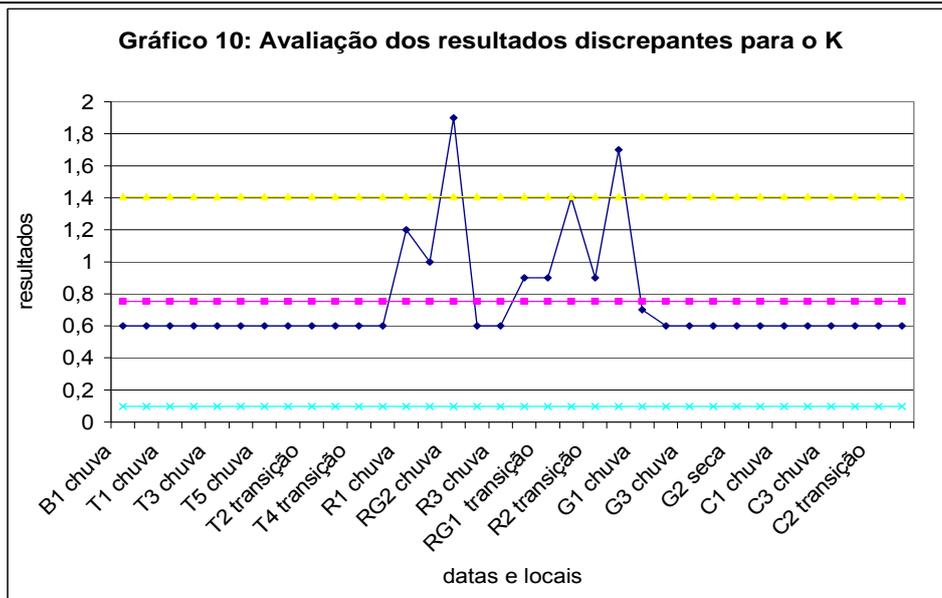
Amostras	Sr ppm	Ca ppm	Mg ppm	Fe ppm	Si ppm	K ppm
B1 chuva	0,003	3,5	0,4	0,10	12,4	<LQ
B1 transição	0,007	3,9	0,8	0,12	1	<LQ
T1 chuva	0,006	1,6	0,2	0,07	13,1	<LQ
T2 chuva	0,005	1,5	0,1	0,05	12,4	<LQ
T3 chuva	0,001	0,7	0,1	0,03	12,7	<LQ
T4 chuva	0,005	1,1	0,1	0,17	15,1	<LQ
T5 chuva	0,001	0,4	0,1	0,02	11,9	<LQ
T1 transição	0,012	1,9	0,4	0,19	1	<LQ
T2 transição	0,010	1,7	0,3	0,17	0,9	<LQ
T3 transição	0,010	1,5	0,3	0,16	0,9	<LQ
T4 transição	0,007	0,3	0,3	0,22	1,2	<LQ
T5 transição	0,005	0,1	0,2	0,09	0,4	<LQ
RG1 chuva	0,064	11,2	0,9	0,15	8,5	1,2
RG2 chuva	0,068	12,3	1,2	0,10	9,2	1
R1 chuva	0,046	9,3	0,8	0,11	13,1	1,9
R2 chuva	0,020	4,4	0,5	0,15	13,5	<LQ
R3 chuva	0,016	3,1	0,4	0,14	13,5	<LQ
RG1 transição	0,057	8,2	1,1	0,20	0,8	0,9
RG2 transição	0,046	8,3	1,2	0,22	0,5	0,9
R1 transição	0,030	7,2	0,9	0,20	0,7	1,4
R2 transição	0,018	2,5	0,6	0,19	0,8	0,9
R3 transição	0,014	2,0	0,7	0,20	0,7	1,7
G1 chuva	0,006	1,8	0,2	0,12	10,8	<LQ
G2 chuva	0,001	1,1	0,7	0,04	1,8	<LQ
G3 chuva	0,001	1,2	0,3	0,10	1,7	<LQ
G1 transição	0,008	1,5	0,3	0,16	0,7	<LQ
G2 transição	0,001	2,3	0,4	0,05	0,5	<LQ
G3 transição	0,001	2,7	0,3	0,00	2,6	<LQ
C1 chuva	0,003	0,8	0,1	0,04	12,4	<LQ
C2 chuva	0,004	0,7	0,1	0,03	13	<LQ
C3 chuva	0,002	0,6	0,2	0,04	13,6	<LQ
C1 transição	0,009	0,6	0,5	0,27	2,2	<LQ
C2 transição	0,009	0,7	0,5	0,27	2,7	<LQ
C3 transição	0,011	1,2	0,5	0,25	2,7	<LQ

Resultados de Anômalos

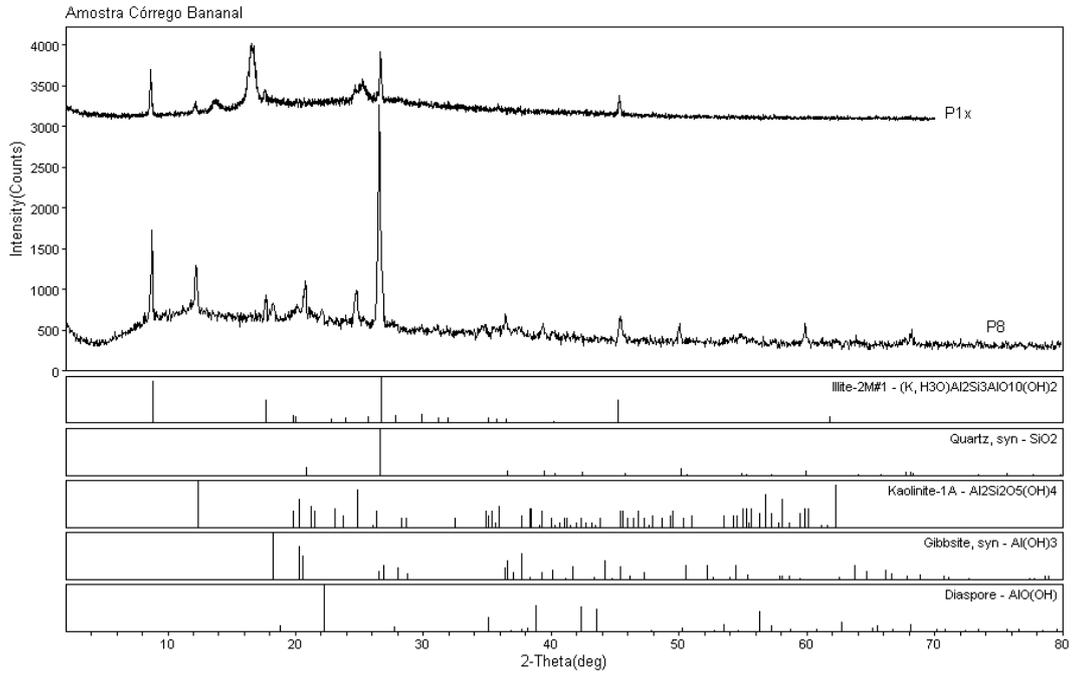






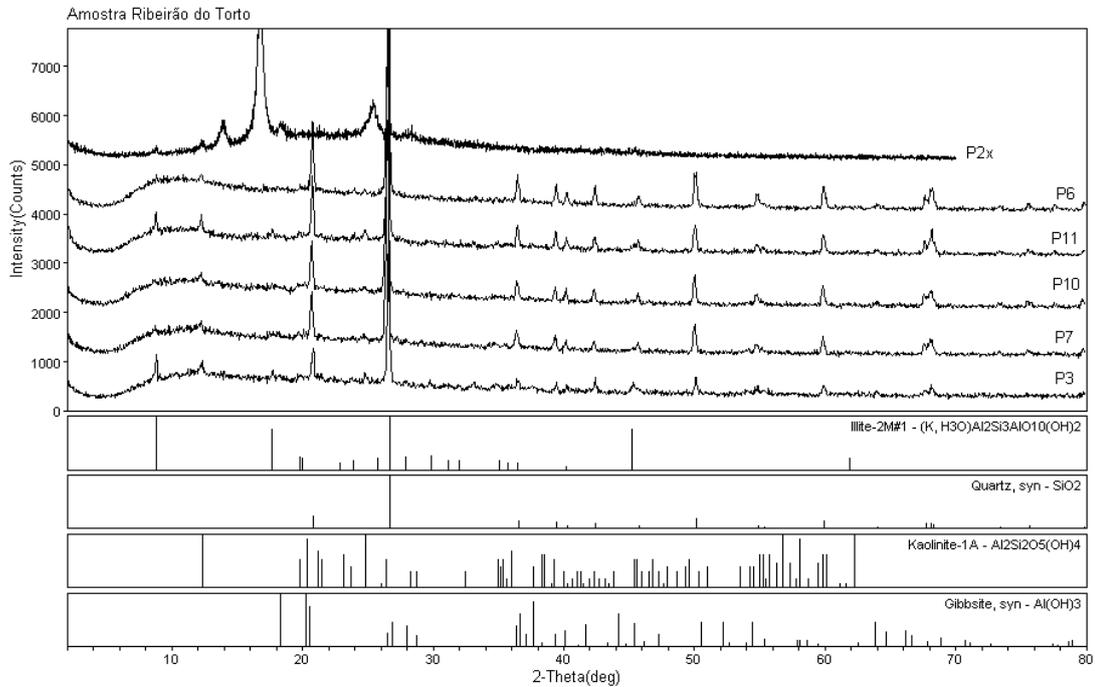


Anexo 2- Resultado de Mineralogia



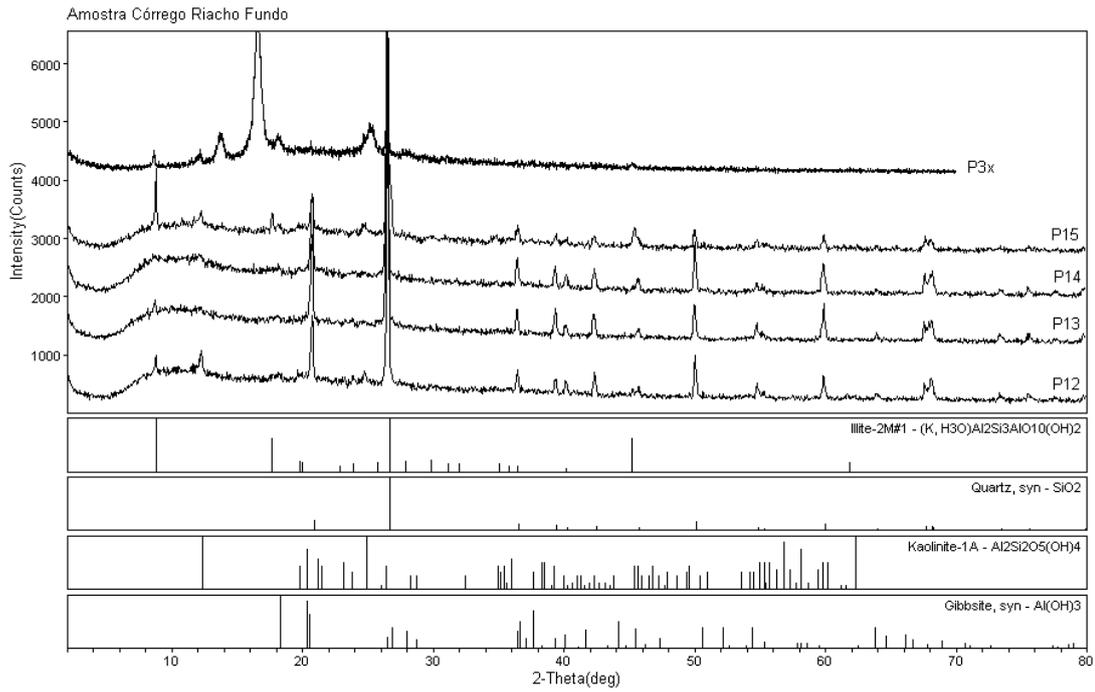
Laboratorio de DRX - IG/UnB

<e:\d\aeoa-101\rosana-5\dezemb-5> Thursdav, Feb 15, 2007 @09:43a



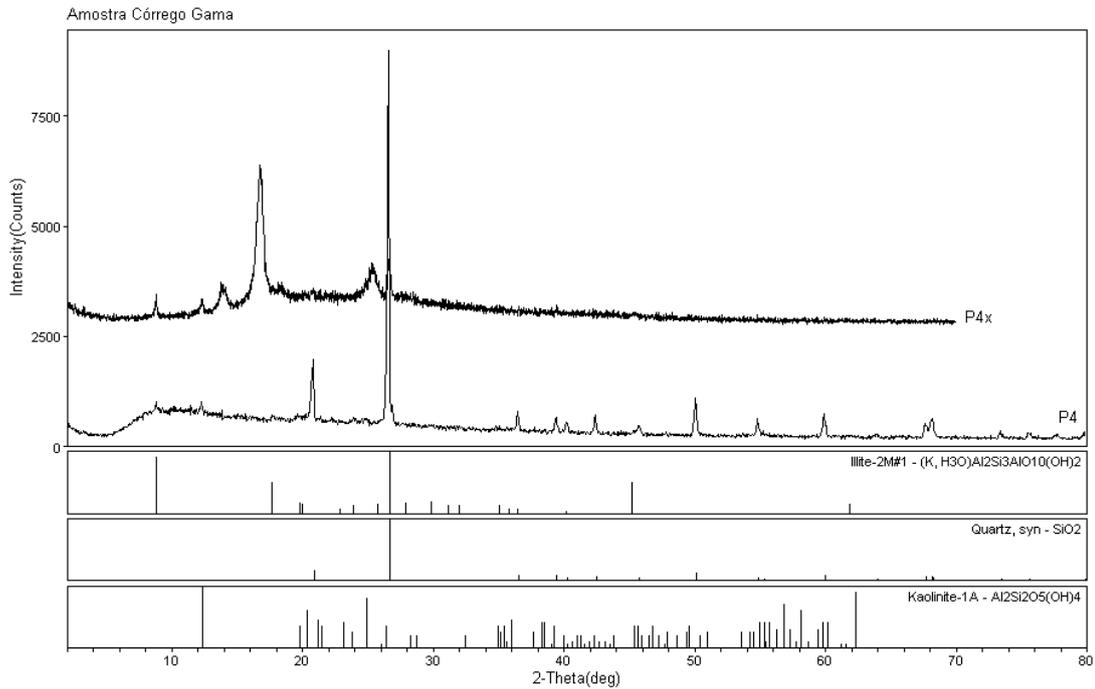
Laboratorio de DRX - IG/UnB

<e:\d\aeoa-101\rosana-5\dezemb-5> Thursdav, Feb 15, 2007 @09:50a



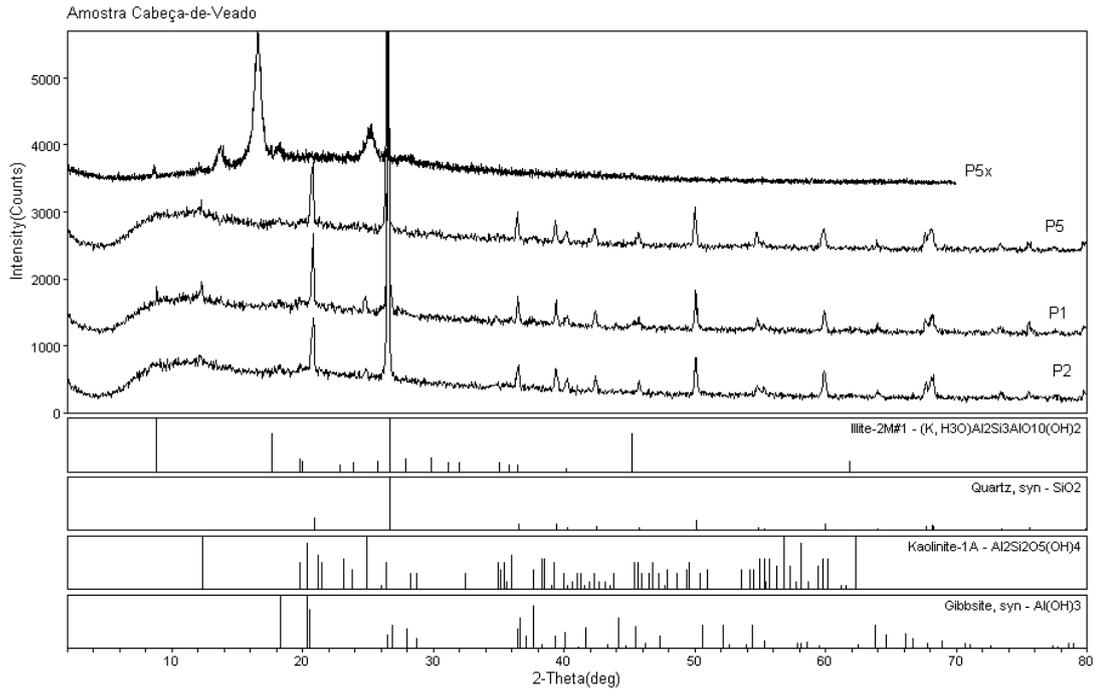
Laboratorio de DRX - IG/UnB

<e:\d\aeoa-101\rosana-5\dezemb-5> Thursdav. Feb 15. 2007 @09:54a



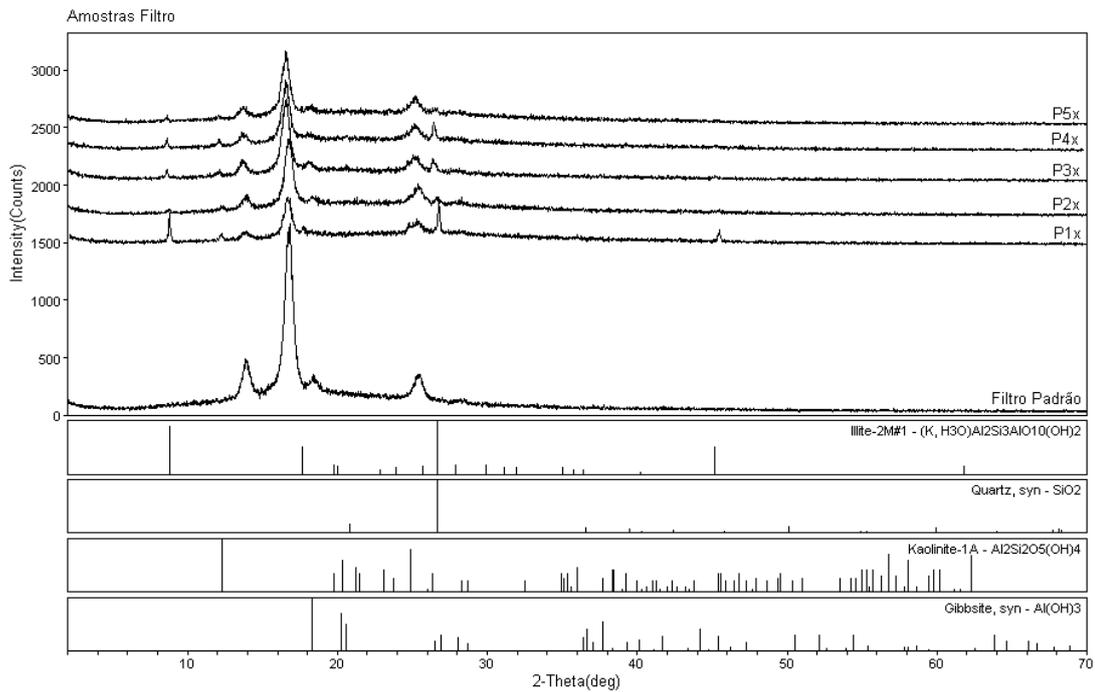
Laboratorio de DRX - IG/UnB

<e:\d\aeoa-101\rosana-5\dezemb-5> Thursdav. Feb 15. 2007 @09:57a



Laboratorio de DRX - IG/UnB

<e:\d\laeoa-101\rosana-5\dezemb-5> Thursdav, Feb 15, 2007 @09:59a



Laboratorio de DRX - IG/UnB

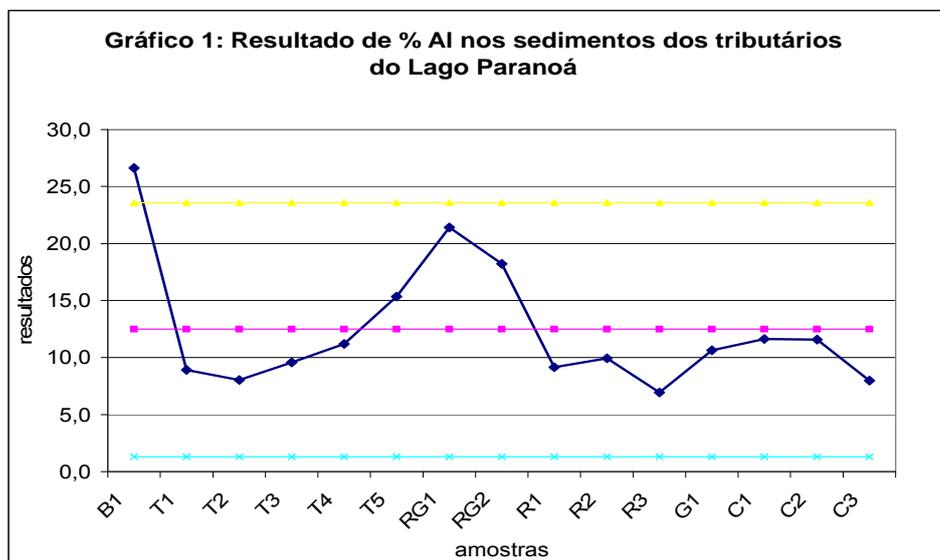
<e:\d\blolao\rosana-5\filtro-5> Thursdav, Feb 15, 2007 @10:03a

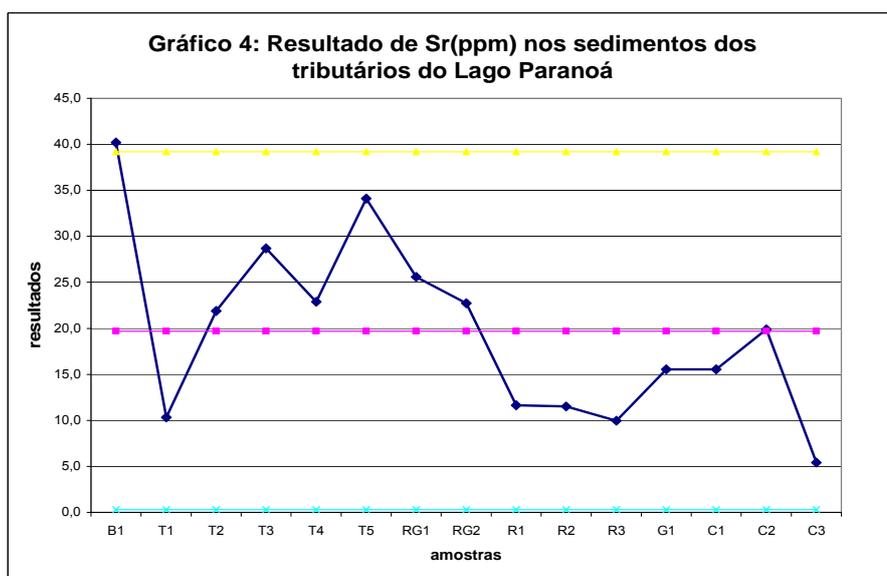
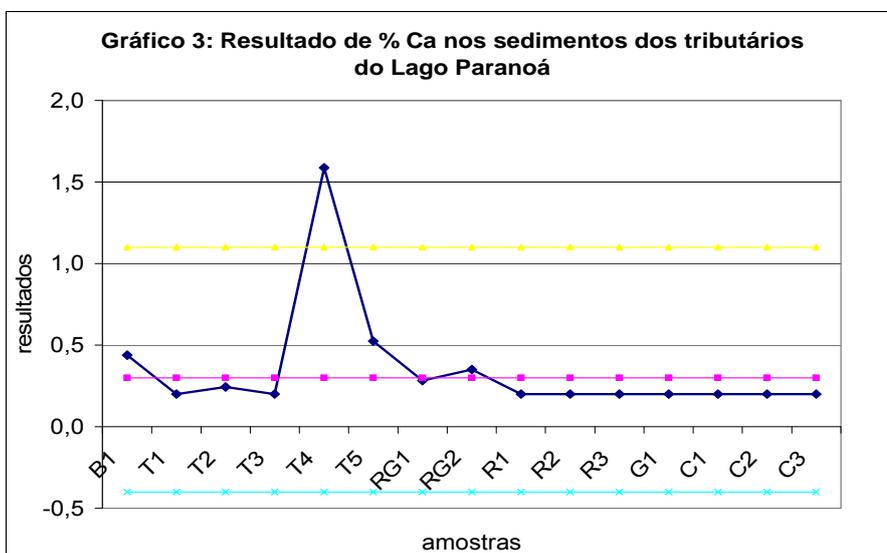
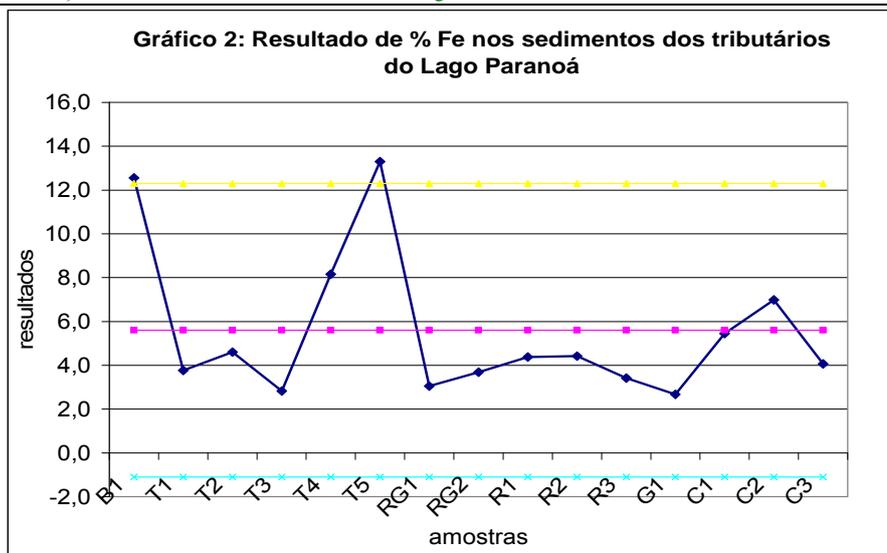
Anexo 3- Resultado de Sedimento

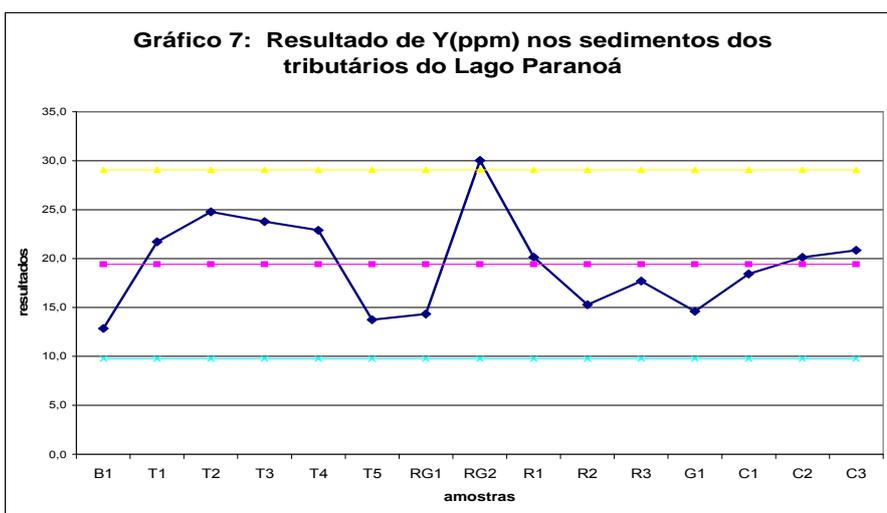
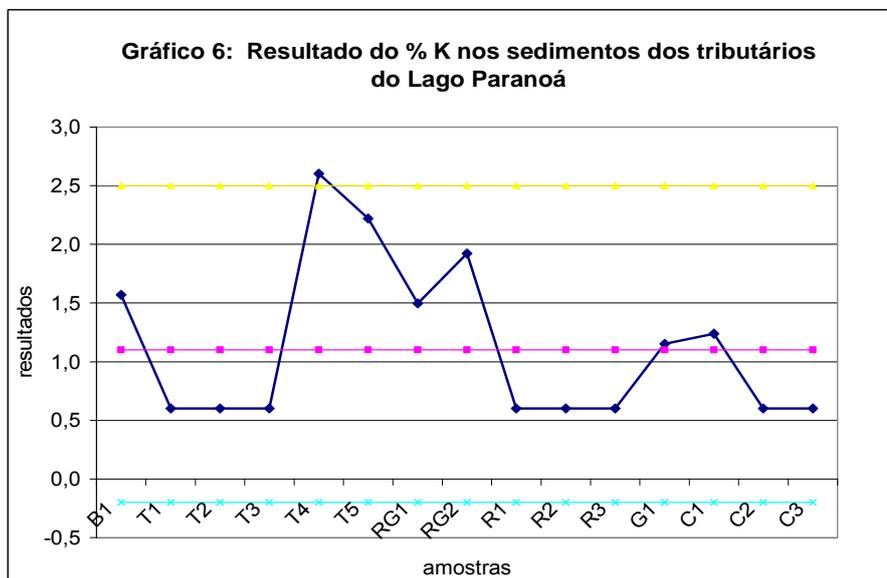
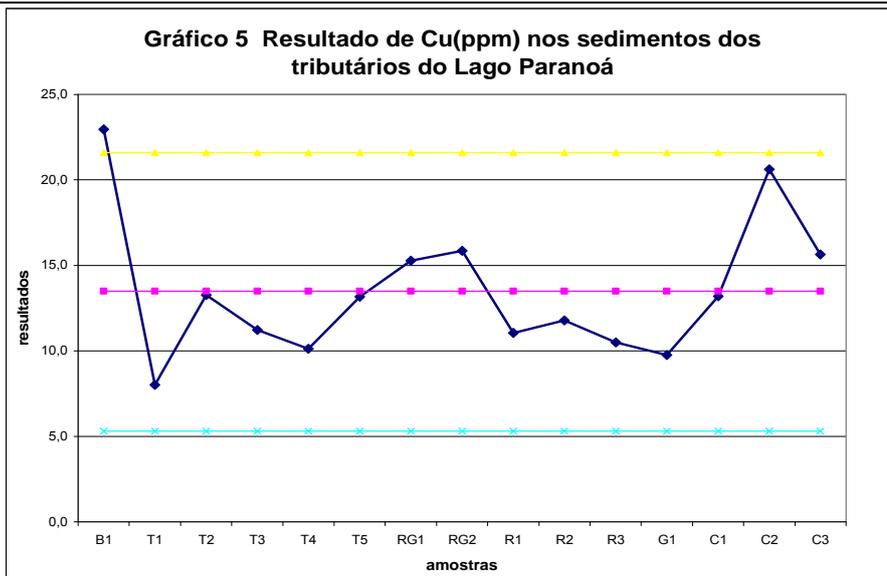
Tabela 5.3: Resultado das análises químicas dos elementos maiores e traços.

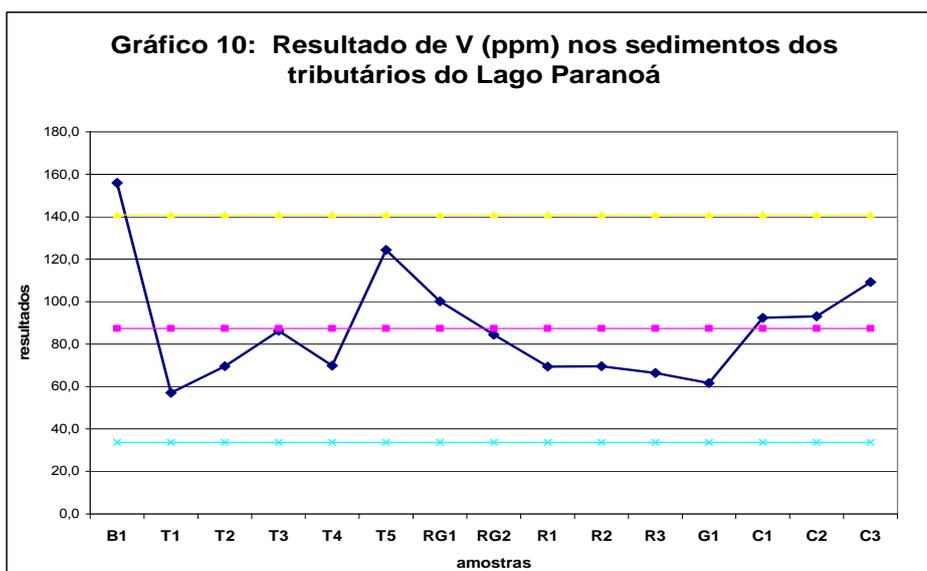
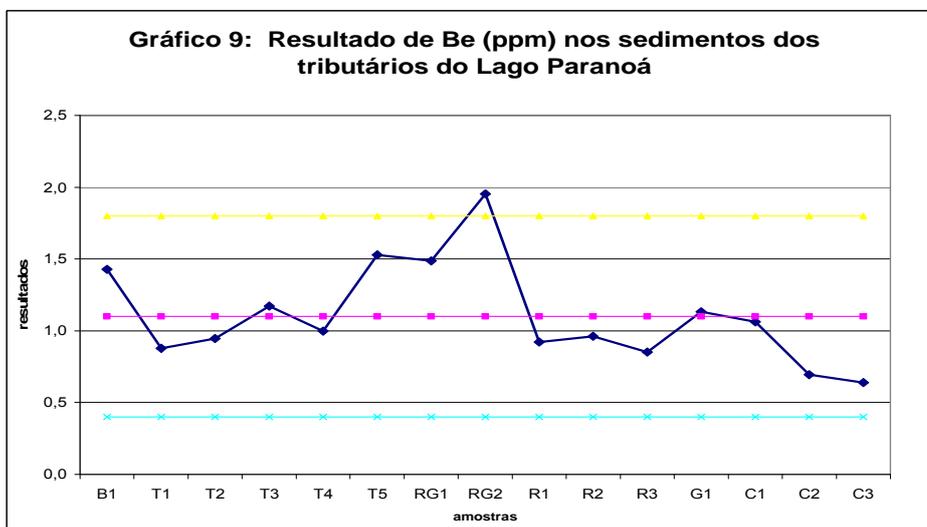
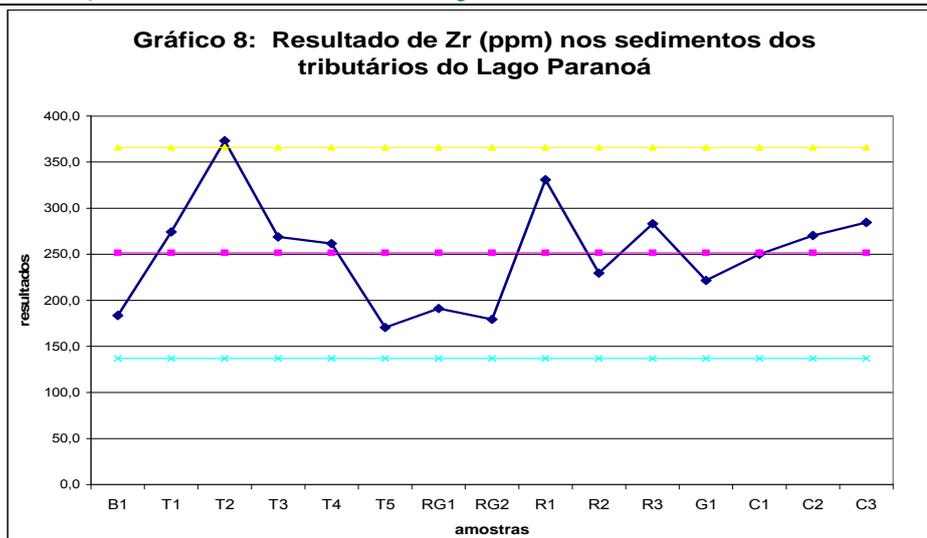
Nome	% Si	% Ti	%Al	% Fe	%Mg	% Ca	% K	Sr	Cu	Zn	Y	Zr	Be	Ba	Mn	V	Cr
B1	45,9	1,4	26,6	12,6	0,5	0,4	1,6	40,2	23,0	64,0	12,9	183,4	1,4	225,6	0,056	156,0	78,7
T1	86,4	0,8	8,9	3,8	0,4	0,2	0,6	10,3	8,0	47,7	21,7	274,2	0,9	137,1	0,005	57,1	26,2
T2	88,1	0,8	8,0	4,6	0,4	0,2	0,6	21,9	13,3	16,5	24,8	373,0	0,9	159,1	0,007	69,6	35,2
T3	87,8	0,7	9,6	2,8	0,4	0,2	0,6	28,7	11,2	22,8	23,8	268,7	1,2	219,8	0,004	86,3	44,3
T4	67,3	0,9	11,2	8,2	0,4	1,6	2,6	22,9	10,1	30,3	22,9	261,4	1,0	176,1	0,003	69,8	33,1
T5	63,7	1,1	15,3	13,3	0,6	0,5	2,2	34,1	13,2	28,2	13,7	170,6	1,5	256,4	0,009	124,3	92,8
RG1	67,5	1,2	21,4	3,0	0,6	0,3	1,5	25,6	15,3	53,4	14,3	191,0	1,5	160,1	0,018	100,2	61,3
RG2	69,8	0,9	18,2	3,7	0,7	0,4	1,9	22,7	15,9	51,0	30,0	179,2	2,0	188,5	0,010	84,5	44,4
R1	86,4	0,9	9,2	4,4	0,4	0,2	0,6	11,7	11,1	13,0	20,2	330,7	0,9	110,8	0,005	69,4	37,3
R2	84,3	0,8	9,9	4,4	0,4	0,2	0,6	11,5	11,8	19,0	15,3	229,6	1,0	133,2	0,004	69,5	37,4
R3	74,8	0,7	7,0	3,4	0,4	0,2	0,6	10,0	10,5	17,6	17,7	283,1	0,9	111,2	0,004	66,3	35,4
G1	82,6	0,8	10,6	2,7	0,4	0,2	1,2	15,5	9,8	17,9	14,6	221,6	1,1	208,4	0,003	61,6	34,6
C1	76,3	0,9	11,6	5,5	0,4	0,2	1,2	15,6	13,2	18,8	18,4	250,1	1,1	129,0	0,004	92,3	48,8
C2	74,6	0,9	11,6	7,0	0,4	0,2	0,6	19,9	20,6	42,8	20,1	270,3	0,7	146,8	0,006	93,0	49,3
C3	83,1	0,8	8,0	4,1	0,4	0,2	0,6	5,4	15,7	26,3	20,8	284,5	0,6	121,3	0,004	109,2	56,3
Média	75,9	0,9	12,5	5,6	0,5	0,3	1,1	19,7	13,5	31,3	19,4	251,4	1,1	165,6	0,01	87,3	47,7
DV	11,7	0,2	5,6	3,4	0,1	0,4	0,7	9,7	4,1	16,2	4,8	57,2	0,4	45,4	0,01	26,8	18,2

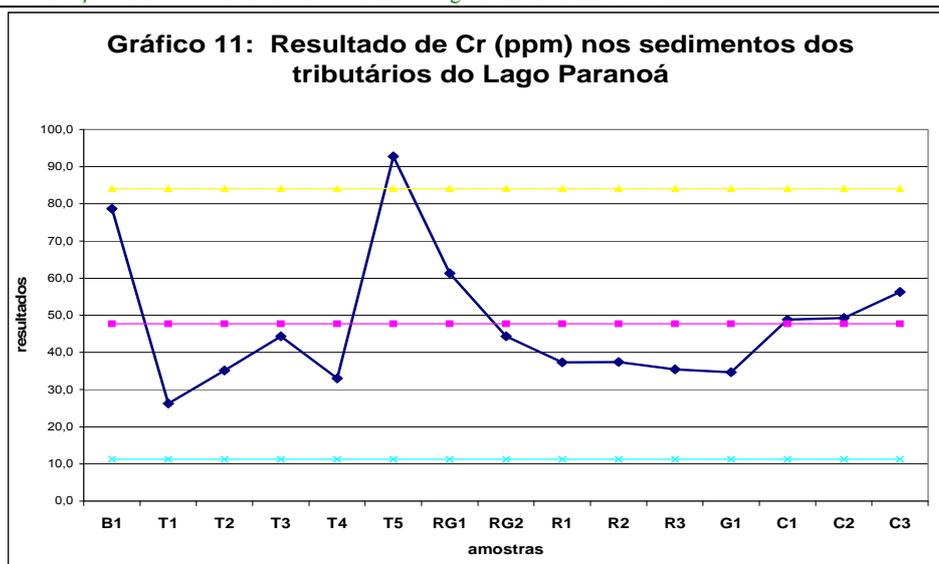
Resultado de Anômalos











Anexo 4-Resultado do Material Sólido em Suspensão

Tabela 5.4: Dados de volume filtrado de água e quantidade de amostra pesada.

21/12/2005	Volume (mL)	Massa (g)	Massa p/ 1L	SS (mg/L)
B1	500	0,0088	0,018	17,6
T2	500	0,0038	0,008	7,6
R1	250	0,0159	0,064	63,7
G1	500	0,0089	0,018	17,9
C1	1000	0,0017	0,0017	1,7
23/1/2006	Volume (mL)	Massa (g)	Massa p/ 1L	SS (mg/L)
B1	750	0,0026	0,003	3,4
T2	750	0,0046	0,006	6,1
R1	500	0,0053	0,011	10,7
G1	500	0,0049	0,009	9,8
C1	750	0,0017	0,002	2,2
21/2/2006	Volume (mL)	Massa (g)	Massa p/ 1L	SS (mg/L)
B1	750	0,0047	0,006	6,3
T2	500	0,0088	0,018	17,6
R1	500	0,0132	0,026	26,4
G1	250	0,0213	0,085	85,2
C1	750	0,0002	0,0003	0,3
21/3/2006	volume(mL)	Massa (g)	Massa p/ 1L	SS (mg/L)
B1	500	0,0087	0,017	17,4
T2	500	0,0093	0,019	18,6
R1	200	0,0550	0,275	275,2
G1	200	0,0210	0,105	104,8
C1	500	0,0001	0,0001	0,1
20/4/2006	volume(mL)	Massa (g)	Massa p/ 1L	SS (mg/L)
B1	250	0,0139	0,056	55,6
T2	200	0,0084	0,042	42,2
R1	100	0,0472	0,472	471,9
G1	200	0,0036	0,018	18,0
C1	250	0,0001	0,0002	0,2

20/5/2006	volume(mL)	Massa (g)	Massa p/ 1L	SS (mg/L)
B1	750	0,0041	0,005	5,5
R1	500	0,0097	0,019	19,5
G1	500	0,0037	0,007	7,3
C1	750	0,0001	0,0001	0,1
23/6/2006	volume(mL)	Massa (g)	Massa p/ 1L	SS (mg/L)
B1	750	0,0026	0,003	3,4
T2	500	0,0003	0,0006	0,6
R1	500	0,0008	0,002	1,5
G1	500	0,0004	0,0008	0,8
C1	750	0,0001	0,0001	0,1
27/7/2006	volume(mL)	Massa (g)	Massa p/ 1L	SS (mg/L)
B1	1000	0,0001	0,0001	0,1
T2	1000	0,0004	0,0004	0,4
R1	1000	0,0004	0,0004	0,4
G1	1000	0,0005	0,0005	0,5
C1	1000	0,0003	0,0003	0,3
30/8/2006	volume(mL)	Massa (g)	Massa p/ 1L	SS (mg/L)
B1	1000	0,0017	0,002	1,7
T2	750	0,0040	0,005	5,3
R1	750	0,0047	0,006	6,3
G1	750	0,0027	0,004	3,6
C1	1000	0,0001	0,0001	0,1
21/9/2006	volume(mL)	Massa (g)	Massa p/ 1L	SS (mg/L)
B1	1000	0,0064	0,006	6,4
T2	750	0,0049	0,006	6,5
R1	750	0,0194	0,026	25,9
G1	750	0,0080	0,012	10,7
C1	1000	0,0001	0,0001	0,1
25/10/2006	volume(mL)	Massa (g)	Massa p/ 1L	SS (mg/L)
B1	500	0,0055	0,011	11,0
T2	500	0,0149	0,029	29,8
R1	200	0,1227	0,614	613,5
G1	500	0,0071	0,0142	14,2
C1	500	0,0001	0,0001	0,1
22/11/2006	volume(mL)	Massa (g)	Massa p/ 1L	SS (mg/L)
B1	500	0,0016	0,003	3,2
T2	500	0,0043	0,009	8,6
R1	250	0,0363	0,145	145,2
G1	500	0,0102	0,020	20,4
C1	750	0,0009	0,001	1,2

Tabela 5.5: Valores de sólido em suspensão obtidos do filtrado, dados de vazão e resultado do cálculo de material sólido enviado ao Lago Paranoá.

Amostras	SS (mg/L)	vazão m ³ /s	vazão L/s	SS x vazão (mg/s)	Mat. Sólido (Kg/dia)
B1 12/05	17,6	6,5	6490	113964,4	9846,5
B1 01/06	3,4	1,6	1570	5358,9	463,0
B1 02/06	6,3	2,3	2330	14601,3	1261,6
B1 03/06	17,4	3,5	3520	61318,4	5297,9
B1 04/06	55,6	3,2	3200	177792,0	15361,2
B1 05/06	5,5	1,7	1740	9488,8	819,8

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA / INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA

Área de Concentração em Processamento de Dados em Geologia e Análise Ambiental

B1 06/06	3,4	1,5	1490	5125,6	442,9
B1 07/06	0,1	1,3	1330	66,5	5,7
B1 08/06	1,7	1,2	1210	2093,3	180,9
B1 09/06	6,4	1,5	1450	9280,0	801,8
B1 10/06	11,0	3,9	3940	43340,0	3744,6
B1 11/06	3,2	2,1	2070	6624,0	572,3
T2 12/05	7,6	6,5	6450	49149,0	4246,5
T2 01/06	6,1	1,4	1410	8591,6	742,3
T2 02/06	17,6	3,5	3520	61952,0	5352,7
T2 03/06	18,6	4,1	4130	76900,6	6644,2
T2 04/06	42,2	6,3	6260	264485,0	22851,5
T2 06/06	0,6	0,8	785	455,3	39,3
T2 07/06	0,4	0,5	539	226,4	19,6
T2 08/06	5,3	0,5	539	2853,1	246,5
T2 09/06	6,5	0,1	108	705,6	61,0
T2 10/06	29,8	4,3	4250	126650,0	10942,6
T2 11/06	8,6	3,2	3150	27090,0	2340,6
R1 12/05	63,7	4,49	4490	285923	24703,8
R1 01/06	10,7	2,31	2310	24717	2135,5
R1 02/06	26,4	3,01	3010	79464	6865,7
R1 03/06	275,2	6,07	6070	1670767	144354,3
R1 04/06	471,9	5,27	5270	2486913	214869,3
R1 05/06	19,5	3,13	3130	60972	5268,0
R1 06/06	1,5	2,31	2310	3465	299,4
R1 07/06	0,4	1,87	1870	785	67,9
R1 08/06	6,3	1,54	1540	9733	840,9
R1 09/06	25,9	1,76	1760	45525	3933,4
R1 10/06	613,5	5,53	5530	3392655	293125,4
R1 11/06	145,2	9,73	9730	1412796	122065,6
G1 12/05	17,9	4,37	4370	78048	6743,4
G1 01/06	9,8	1,96	1960	19247	1663,0
G1 02/06	85,2	2,63	2630	224076	19360,2
G1 03/06	104,8	6,6	6600	691680	59761,2
G1 04/06	18,0	4,89	4890	88020	7604,9
G1 05/06	7,3	2,34	2340	17082	1475,9
G1 06/06	0,8	1,53	1530	1224	105,8
G1 07/06	0,5	1,24	1240	570	49,3
G1 08/06	3,6	0,966	966	3465	299,4
G1 09/06	10,7	0,799	799	8523	736,4
G1 10/06	14,2	2,67	2670	37914	3275,8
G1 11/06	20,4	3,23	3230	65892	5693,1
C1 12/05	1,7	0,571	571	971	83,9
C1 01/06	2,2	0,376	376	842	72,8
C1 02/06	0,3	0,909	909	242	20,9
C1 03/06	0,1	0,709	709	85	7,4
C1 04/06	0,2	0,946	946	227	19,6
C1 05/06	0,1	0,434	434	35	3,0
C1 06/06	0,1	0,161	161	13	1,1
C1 07/06	0,3	0,135	135	45	3,8
C1 08/06	0,1	0,171	171	10	0,9
C1 09/06	0,1	0,251	251	15	1,3
C1 10/06	0,1	0,873	873	105	9,1
C1 11/06	1,2	0,341	341	409	35,4

