

## ESTUDO GEOQUÍMICO DE SEDIMENTOS DE CORRENTE DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DESCOBERTO (BHRD), BRASÍLIA/DF

Marciléia Silva do Carmo<sup>1</sup>  
Geraldo Resende Boaventura<sup>2</sup>  
Rômulo Simões Angélica<sup>3</sup>

<sup>1</sup>marcileia@ufpa.br

<sup>2</sup>grbunb@unb.br

<sup>3</sup>angelica@ufpa.br

<sup>1,3</sup>Centro de Geociências- Universidade Federal do Pará, Rua Augusto Corrêa n° 1, CEP 66075-950, Belém-PA

<sup>2</sup>Instituto de Geociências- Depto. Geoquímica e Recursos Minerais- Universidade de Brasília, Campus Universitário Asa Norte, CEP 70910-900, Brasília-DF

### RESUMO

A Bacia Hidrográfica do Rio Descoberto é de grande importância para o DF em função de abrigar o reservatório do Descoberto que abastece cerca de 60% da população do DF. As alterações geoquímicas nos sedimentos foram estudadas neste trabalho procurando identificar as possíveis ocorrências de concentrações elevadas de elementos químicos e suas possíveis origens. Foram selecionados 9 pontos ao longo da bacia, onde coletou-se na estação seca e chuvosa, totalizando 18 amostras, para a determinação dos elementos Ba, Cr, Cu, Mn, Ni, P, V, La, Co, Zn, Sr, Y, Si, Ti, Al, Fe, Ca e Mg, usando Espectrometria de Emissão Atômica com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP/AES). O Na e o K foram determinados por Espectrometria de Absorção Atômica (AAS). Também foram realizadas a análise granulométrica e a determinação do Material Volátil. Os resultados de Al, Ca, Mg, e Na não ultrapassaram a média crustal. Os elementos Ba, P e Mn estão em concentrações significativas e P e Mn possuem associação com a ocupação urbana. O Sr, Y, Ni, Cu e Co estão como elementos-traço não mostrando evidências de alterações. Foi possível caracterizar grupos de elementos associados à geologia da área ou de fonte antrópica. As concentrações elevadas dos elementos P, Mn, K, Ca, Mg e Ba, nos pontos localizados em áreas urbanas e/ou agrícolas, demonstra os efeitos da atividade antrópica na região e a contribuição do DF no processo de alteração geoquímica na BHRD.

### ABSTRACT

The Descoberto River Hydrographic Basin (DRHB is of great importance for the Distrito Federal in function to shelter the reservoir of the Descoberto it supplies about 60% of the DF population. The geochemistry alterations in the sediments had been studied in this paper to identify the possible occurrences of high concentrations of chemical elements and its possible origins. Nine points had been selected to the long of the basin, during the dry season and the rainy season, totalizing 18 samples, for to determination of elements Ba, Cr, Cu, Mn, Ni, P, V, La, Co, Zn, Sr, Y, Si, Ti, Al, Fe, Ca and Mg using ICP/AES. The Na and K were analyzed by AAS. Also were determined granulometric analyses and the volatile material by loss on ignition. The results of Al, Ca, Mg and Na not exceeded the crustal average. The elements Ba, P and Mn are in significant concentrations and P and Mn are association with the urban occupation. The Sr, Y, Ni, Cu and Co are as trace-elements not showing evidences of alterations. The statistical treatment was possible to characterize elements groups associated to the geology of the area or influence anthropic. The results shown elevated of the elements P, Mn, K, Ca, Mg e Ba for some specific sampling stations, mainly those located in urban and/or crop areas, demonstrating the effect of the anthropic activities in region and contribution of Distrito Federal in the process of alteration geochemistry in DRHB.

## INTRODUÇÃO

A área da Bacia Hidrográfica do Rio Descoberto (BHRD) engloba o Rio Descoberto (RD) e o Lago Descoberto, além de outros afluentes que desembocam neles. Esses corpos hídricos recebem atualmente efluentes, que são oriundos de atividades domésticas e agrícolas e com potencial para degradação destes mananciais. O RD é um dos grandes reservatórios de água que o Distrito Federal (DF) dispõe, acumula junto com os reservatórios Paranoá e Santa Maria cerca de 900 milhões de m<sup>3</sup> de água. Atualmente, esse rio contribui no abastecimento de 60% da população do Distrito Federal (CAESB, 1999).

O Rio Melchior, principal afluente do RD, nasce à oeste das cidades satélites de Taguatinga, Ceilândia, Samambaia e Águas Claras no DF e destas recebe, sem tratamento, as descargas domésticas (Ribeiro *et al.*, 2000). Parte desta descarga atinge o RD na porção sul, próximo à cidade de Santo Antônio do Descoberto, divisa de Goiás.

Várias pesquisas já foram realizadas em mananciais dentro do DF como: Boaventura (1997a; 1997b), Carvalho Júnior *et al.* (1998a; 1998b) e Boaventura *et al.* (1998; 1999), mostrando respectivamente a evolução geoquímica das águas nas Bacias Hidrográficas do Gama, Taquara, São Bartolomeu e Bananal, constatando a influência antrópica relacionada a atividades agrícolas e urbanas principalmente nas bacias do Gama e Bananal. Entretanto, poucas são as pesquisas que envolvem sedimentos de corrente.

Nas pesquisas realizadas por Leoni *et al.* (1991b), Trindade *et al.* (1992), Leoni & Sartori (1996), observa-se a correlação entre os elementos com o Al, considerando assim uma das formas de avaliar as possíveis fontes na área estudada, devido à capacidade do Al de não sofrer alterações nas suas concentrações naturais mesmo com ação antrópica.

Este trabalho objetivou caracterizar a BHRD, através da avaliação das condições geoquímicas dos sedimentos de corrente, avaliar

a possível contaminação proveniente das ações e atividades existentes nas redondezas da bacia, bem como as conseqüências a médio e longo prazo. Além disso, analisar a porção norte (entrada no DF) e a porção sul (saída do DF) do RD, visto que esse rio é afluente do Rio Corumbá, onde existe um projeto de construção de uma barragem para futuro abastecimento do DF e entorno.

## LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A BHRD está inserida na grande Bacia Nacional do Paraná, ocupando uma área de 896 Km<sup>2</sup>, sendo que 84% da área está situada no DF e 16% no Estado de Goiás, entre as coordenadas UTM norte 8.271.000 / 8.225.000 e UTM leste 791.000 / 81.000 (figura 1). Possui como limite à leste o Lago de Santa Maria, que está localizado no Parque Nacional de Brasília; a oeste a Bacia do Rio Verde, onde estão os municípios goianos de Santo Antônio do Descoberto e Padre Bernardo; ao norte a Bacia do Rio Maranhão e ao sul a sub-bacia do Rio Melchior.

Geologicamente a bacia formou-se sobre os Grupos Paranoá (Idade Meso/Neoproterozóico) e Araxá (Idade Neoproterozóico) como mostra a figura 2. A maior parte da bacia pertence ao Grupo Paranoá que corresponde a uma seqüência psamo-pelito-carbonatada.

Segundo Rego (1997) o grupo Paranoá é composto por seis unidades, mas apenas três restringe a BHRD, que são: R3 (metarrilito arenoso), Q3 (áreas de chapada mais elevadas do DF com contato brusco e concordante com a unidade sotoposta) e R4 (metassiltitos argilosos, metapelitos e quartizitos finos).

O Grupo Araxá está limitado ao setor sudoeste do DF. A predominância é muscovitaxistos com ocorrência restrita de clorita-xistos, quartzo-muscovita xistos e granada-xistos.

De acordo com Fuck & Marini *apud* Pinelli (1999), podem ocorrer ainda no grupo Araxá a cianita e/ou estauroлита, gnaisses, xistos carbonosos, calcixistos e mármores.

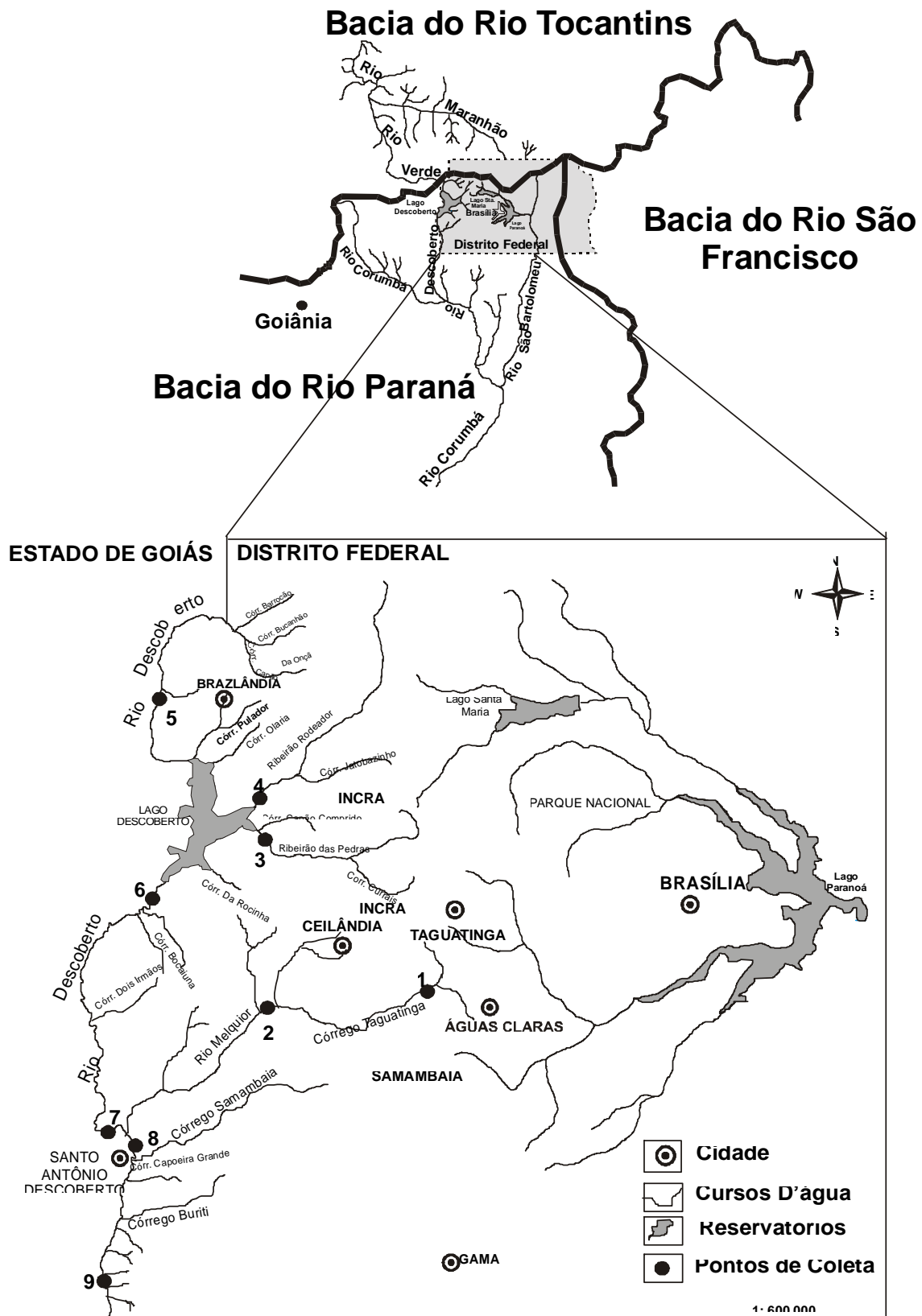
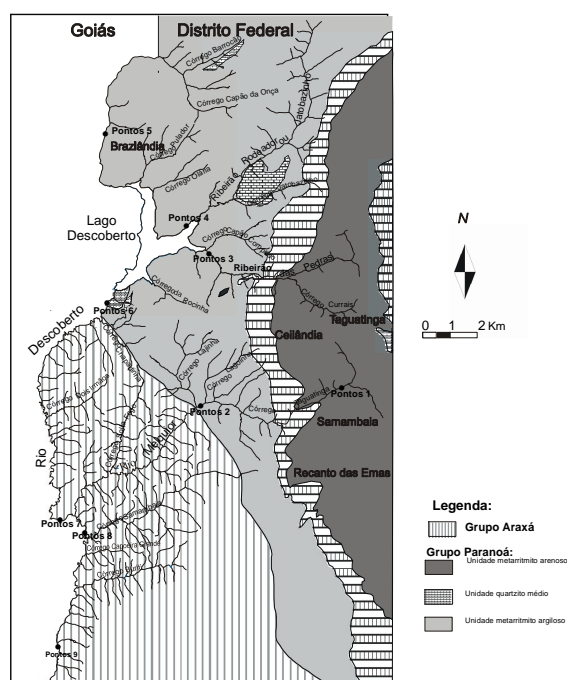


Figura 1 - Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Descoberto e os pontos de coleta.



**Figura 2** - Mapa geológico da área de estudo. (Compilado e modificado do Mapa de Hidrografia do DF-CODEPLAN-1994, e Mapa Geológico Simplificado do Distrito Federal - Campos & Freitas, 1998)

Os solos são do tipo latossolos vermelho-escuro, cambissolos e latossolos vermelho-amarelo, sendo os latossolos os que ocupam mais da metade da BHRD (EMBRAPA, 1978; CAESB, 1985). E a cobertura vegetal na Bacia é do tipo campo limpo de cerrado (33%), cerrado (20,5%), vegetação herbácea (13,6%), mata ciliar (5%) e reflorestamento (1,5%) (CAESB, 1985; Rêgo, 1997).

Segundo Brito (1999), o RD tem suas nascentes a 1.300 m de altitude na região noroeste do DF, desenvolvendo-se inicialmente nos contrafortes da Chapada da Veredinha no Planalto Central e segue na direção NW, após a confluência de seus formadores: os córregos Capão da Onça e Bucanhão. Posteriormente o RD corre na direção sul, entrando na região de influência do remanso provocado pelo barramento do Lago Descoberto. No Lago contribuem os córregos Pulador e Olaria que estão próximos a cidade de Brazlândia (cidade basicamente agrícola), o Ribeirão Rodeador, o Córrego Capão Comprido e o Ribeirão das Pedras. Entre Rodeador e Capão Comprido localiza-se a Colônia Alexandre Gusmão (INCRA), que segundo Falcomer (1994), é responsável pela produção de 40% dos produtos hortifrutigranjeiros consumidos no DF.

Continuando o percurso na direção sul, o RD recebe contribuição do Córrego Chapadinha, Bocaina e Dois Irmãos. Nesta área há muitas chácaras com plantio de hortaliças. Logo adiante, o RD encontra com seu principal afluente, o Rio Melchior, que possui no seu mesmo braço formador o Córrego Taguatinga. Esse córrego recebe esgoto sem tratamento das cidades satélites: Taguatinga, Ceilândia, Samambaia e Águas Claras.

O clima no Distrito Federal, de acordo com a classificação de Köppen (1948), enquadra-se entre os tipos “tropical de savana” e “temperado chuvoso de inverno seco” e é caracterizado, segundo Pinto & Neves (1985), pela existência bem nítida de duas épocas:

A chuvosa - que se prolonga de outubro a março, coincidindo com a época quente e com temperatura máxima de 32°C. A maior concentração de chuva é no mês de dezembro e a precipitação média varia de 1.500 a 1.750 mm.

A seca - correspondendo também a época fria com temperatura variando entre as médias 16°C e 18°C nos meses de abril a setembro e acentuadamente em junho e julho. O índice de precipitação pode ser nulo.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Foram realizados levantamentos da área de estudo, identificando através de mapas as vias de acesso. Realizou-se pesquisas de metodologias para serem empregadas tanto na coleta de amostras quanto nas análises. Com base nas informações foram selecionados 9 pontos com possível ação antrópica (figura 1). Para a identificação dos pontos utilizou-se um GPS modelo Garmin 45XL.

### *Amostragem*

Após a seleção dos 9 pontos, foram realizadas amostragem em duas épocas do ano: na época seca (outubro/1999) que corresponde aos pontos 1s a 9s (s= seca), e na época chuvosa (março/2000) nos mesmos pontos (1c a 9c; c= chuvosa), totalizando 18 amostras.

Os sedimentos de corrente foram coletados no leito do rio. Em cada ponto de amostragem foram coletados aproximadamente 1kg de sedimentos, mediante o uso de uma pá de plástico. Esses sedimentos foram armazenados em sacos plásticos, identificados e transportados para o laboratório.

Os pontos de coleta foram os seguintes:

**Ponto 1:** localizado no Córrego Taguatinga que passa pela cidade de Taguatinga e próximo às cidades de Ceilândia, Samambaia e Águas Claras. O Córrego Taguatinga é do mesmo braço formador do Rio Melchior. Nas proximidades deste ponto existem chácaras com culturas temporárias (hortigranjeiros), anuais (soja, milho) e permanentes (frutíferas, café). O Córrego Taguatinga possui matas ciliares em quase em toda a sua extensão. Na área ocorrem rochas do Grupo Paranoá (R3) e solo tipo Latossolo vermelho-escuro.

**Ponto 2:** localizado no Rio Melchior, entre os córregos Lajinha e Lagoinha. É uma área com mata ciliar e cerrado, possui chácaras com plantações, semelhante ao ponto 1. Pertence ao Grupo Paranoá (R4). Neste ponto foi observada a extração de areia, no qual foi feito o desmatamento das matas ciliares. Esta situação vem aumentando nos últimos anos, contribuindo para o processo erosivo do solo e o escoamento através da água de resíduos de adubos e defensivos agrícolas para o rio (Falcomer, 1994).

**Ponto 3:** localizado no Córrego Ribeirão das Pedras, que conflui com o Lago Descoberto, recebe contribuição do Córrego Currais, que passa pela área urbana de Taguatinga e Ceilândia. É uma Área de Proteção ambiental (APA) do RD e do INCRA, com chácaras de plantações de hortaliças, milho, feijão, café e etc. Pertence ao Grupo Paranoá (R4).

**Ponto 4:** situado no Ribeirão Rodeador, possui mata ciliar em quase todo o seu percurso. É uma área próxima a Colônia Alexandre de Gusmão do INCRA com plantações de hortifrutigranjeiros. Pertence ao Grupo Paranoá (R4).

**Ponto 5:** localizado no alto curso do RD antes da confluência com o Lago Descoberto. Pela margem direita está o Estado de Goiás, tornando assim o próprio rio a divisa oeste do DF. Próximo a cidade de Brazlândia e aos Loteamentos Parque das Nações e Parque Colonial, que fazem parte do Estado de Goiás e contribuem para ocorrência de alterações na área. Pertence ao Grupo Paranoá (R4).

**Ponto 6:** localizado no RD na divisa do DF e Goiás, próximo à barragem do Lago Descoberto em área de Lazer Ecológico com presença de corredeiras e quedas d'água. Pertence ao Grupo Paranoá (Q3 e R4).

**Ponto 7:** localizado no RD antes da foz do Rio Melchior e não possui matas ciliares. Está assentado sobre rocha do Grupo Araxá.

**Ponto 8:** localizado no RD após a foz do Rio Melchior. A área divide o DF/GO- entrada da Cidade de Santo Antônio do Descoberto. Possui rochas do Grupo Araxá.

**Ponto 9:** localizado no RD com muita mata ciliar. Ponto na saída do DF. Possui rochas do Grupo Araxá

### *Laboratório*

A parte experimental foi realizada no Laboratório de Geoquímica do Instituto de Geociências/ UnB / Brasília-DF, onde as amostras de sedimentos de corrente foram secas à temperatura ambiente. Após a secagem, foram submetidas ao fracionamento granulométrico e depois peneiradas em malha de 80 mesh (abertura de 0,18mm). Esta fração <0,18 mm foi usada para determinação do Material Volátil (MV) por perda ao fogo, e para os elementos-traço (Ba, Cr, Cu, Mn, Ni, P, V, La, Co, Zn, Sr e Y) e maiores (Si, Ti, Al, Fe, Ca, Mg, Na e K), utilizando respectivamente decomposição ácida com HF/HNO<sub>3</sub>/HClO<sub>4</sub>/HCl e fusão com LiBO<sub>2</sub> (metaborato de lítio), segundo Boaventura (1991).

Os elementos foram quantificados por ICP/AES de marca *Spectro Analytical*

*Instrumental GmbH*, modelo *Spectroflame FVM03*, equipado com monocromador com rede holográfica de 2400 estrias/mm e policromadores no vácuo e no ar. Para Na e K foi utilizado Espectrômetro de Absorção Atômica (EAA), marca Perkin Elmer, modelo 603. Foram utilizados como materiais de referência as amostras *Estuarine Sediments (NIST-1646a)* e *San Joaquin Soil*, e os valores certificados e obtidos estão apresentados na tabela 1, e os elementos marcados foram os que obtiveram melhores resultados, ou seja, próximo ao valor recomendado. Dessa forma, apenas estes foram considerados para efeito de estudo nas amostras de sedimento da BHRD.

**Tabela 1** - Valores certificados e obtidos para *San Joaquin Soil (NIST 2709)* e *Estuarine Sediments (NIST-1646a)*

	Elemento	Valor certificado	Valor obtido
NIST 2709 ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	Sr*	231	237
	La	23	34,17
	Y*	18	15,85
	V*	112	96,3
	Ni	88	103,6
	Cu*	34,6	32,56
	Cr*	130	121,4
	Mn*	538	527
	Ba*	968	955
	Co*	13,4	19,59
NIST-1646a (%)	Zn*	106	117,7
	Al	2.30 $\pm$ 0.02	2.35 $\pm$ 0.34
	Fe	2.01 $\pm$ 0.04	2.00 $\pm$ 0.20
	Ca	0.52 $\pm$ 0.02	0.43 $\pm$ 0.08
	Mg	0.39 $\pm$ 0.01	0.40 $\pm$ 0.05
	Ti	0.46 $\pm$ 0.02	0.38 $\pm$ 0.07
*obtiveram melhores resultados			

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### *Fracionamento Granulométrico*

As amostras possuem predominância da fração granulométrica de 140 a 630  $\mu\text{m}$ , que corresponde a areia média a fina. Na época seca a porcentagem de silte é maior, principalmente para os pontos 6s e 7s comparados com os demais.

Na época chuvosa, a porcentagem de silte é menor devido às condições do fluxo da corrente do rio e a erosão que nesta época

aumenta. Tal situação é observada principalmente no ponto 6, o qual possui corredeiras e quedas d'água que dificultam a deposição do material argiloso nos sedimentos de corrente.

### *Material Volátil (MV)*

O material volátil é constituído principalmente de matéria orgânica e materiais carbonatados, nitratos, sais amoniacais e etc., sendo que grande parte é matéria orgânica. A média de MV nos sedimentos de corrente foi de 7,31% na época seca e 4,89% na época chuvosa. Os teores de MV  $>10\% \pm 1$  são nos pontos 1s, 5s, 6s, 7s e 4c. Esses pontos estão localizados em área urbana e/ou agrícola, indicando maior porcentagem de matéria orgânica. Nota-se que a maioria dos pontos diminui sua porcentagem na época chuvosa, com exceção do ponto 4, isso é provavelmente devido à maior lixiviação da área agrícola Alexandre Gusmão (INCRA).

Os pontos localizados em áreas agrícolas e/ou urbanas (1, 5, 6 e 7 na época seca e 4 e 5 na época chuvosa) apresentaram maior porcentagem de MV, mostrando possivelmente maior conteúdo de matéria orgânica e outros materiais voláteis.

### *Elementos-traço e maiores*

A tabela 2 mostra os resultados dos elementos-traço e maiores nos sedimentos de corrente da BHRD, destacando os valores *outliers* (valores acima da média + 2dp; dp = desvio padrão), ou seja, valores discrepantes com relação à faixa de concentração das outras amostras. A concentração da maioria dos elementos tende a diminuir na época chuvosa, devido a maior porcentagem de areia e aos efeitos de poluição.

O Al é o segundo elemento mais enriquecido, possui média de 7% na seca e 4% na chuvosa, se aproximando dos valores da média local, principalmente da Região Mestre D'Armas, BHRD-WWF e Região de Sobradinho (tabela 3). Os pontos que apresentaram maior concentração desse elemento foram 1s, 6s, 7s, 4c e 5c, localizados em área urbana e com

**Tabela 2** - Concentrações médias, desvio padrão, valores mínimos e máximos dos elementos-traço e maiores nos sedimentos de corrente na BHRD.

Pontos de Coleta	Elementos-traço $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$												Elementos maiores %								pH
	Sr	La	V	Y	Ni	Cu	Cr	Mn	Ba	Co	Zn	P	Ca	Mg	Fe	Al	Ti	Si	Na	K	
<b>Época seca</b>																					
<b>Média</b>	27	53	79	12	21	21	61	246	386	17	60	754	0,2	0,3	3	7	0,5	25	0,3	0,9	5,9
<b>dp</b>	11	75	32	6	11	11	27	341	180	9	30	813	0,1	0,2	2	5	0,2	4	0,2	0,9	-
<b>Mínimo</b>	12	13	28	6	5	7	20	14	177	5	24	139	0,1	0,1	1	2	0,1	20	0,1	0,2	4,5
<b>Máximo</b>	46	249	136	24	41	43	113	1100	694	32	120	2806	0,5	0,6	8	15	0,8	32	0,7	2,7	6,8
<b>Época chuvosa</b>																					
<b>Média</b>	19	20	57	10	14	14	42	112	305	13	32	497	0,3	0,2	2	4	0,4	33	0,3	0,5	6,0
<b>dp</b>	7	8	29	4	5	5	18	110	159	5	9	629	0,5	0,2	1	3	0,2	4	0,1	0,3	-
<b>Mínimo</b>	7	9	14	5	4	5	11	24	120	3	10	70	0,1	0,1	1	1	0,1	27	0,2	0,1	4,2
<b>Máximo</b>	28	33	120	17	20	21	75	340	598	18	42	1705	1,6	0,6	5	11	0,7	38	0,6	0,9	7
<b>#Média total</b>	316	32	53	21	19	14	35	527	668	12	52	665	2,9	1,4	3	8	0,3	30	2,6	2,9	-

dp= desvio padrão; # Média Crustal (Wedepohl, 1995).

presença de corredeiras e quedas d'água que proporcionam o decapeamento da área aceleram os processos erosivos. Mostrando a origem geológica do alumínio.

Os valores *outliers* de Ca, Mg e Na não ultrapassam a média crustal porém estão acima da média local com exceção do Na que iguala a BHRD-WWF. E esses valores foram detectados nos pontos 1, 3 e 5, que são basicamente agrícolas.

Diferente da maioria dos elementos analisados, o Si tem valores de concentração mais elevados na época chuvosa. Este comportamento indica que pode estar ocorrendo uma intensificação do intemperismo (físico e/ou químico) durante este período. O qual pode ser visto principalmente no ponto 5, onde a maioria dos elementos aumenta as concentrações no período chuvoso, devido a própria geologia da área (Grupo Paranoá- R4) que representa os metassiltitos e quartizitos, mostrando a associação geológica.

Quanto aos elementos-traço Ba, P e Mn (tabela 2) estão em concentrações significativas nas duas épocas. Na época seca e chuvosa, respectivamente, as médias foram: 386 e 305  $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$  de Ba; 754 e 497  $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$  de P; 246 e 112  $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$  de Mn. O P e o Mn possuem valores *outliers* nos pontos 5s, 7s e 9c, mostrando a influência urbana e agrícola nesses pontos. A urbana indicada pelos pontos 7 e 9 e agrícola no

ponto 5 (cidade de Brazlândia).

O La possui concentração média de 53  $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$  e 20  $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ , respectivamente na época seca e chuvosa. Estas concentrações são equivalentes aos resultados obtidos por Boaventura (1997a; 1997b), Pinelli (1999),

**Tabela 3** - Composição média dos elementos-traço e maiores nos sedimentos em diferentes Regiões Hidrográficas dentro do DF.

		Regiões no DF					Neste trabalho	
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	Seca	Chuva
%	Ti	0,3	0,1	0,3	0,004	0,5	0,5	0,4
	Ca	0,1	0,04	0,1	0,001	0,1	0,2	0,3
	Mg	0,1	0,04	0,1	0,001	0,2	0,3	0,2
	Fe	3,1	2,0	2,7	0,03	3,7	3	2
	Al	6,3	2,1	4,5	0,1	5,3	7	4
	Na	1,5	1,5	1,4	0,001	0,6	0,3	0,3
	K	0,1	0,1	0,1	0,5	0,9	0,9	0,5
$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	P	400	100	200	2	3265	754	497
	Sr	11,1	8,9	13,9	0,2	18	27	19
	La	21,5	9,4	17,8	0,2	19	53	20
	V	67,8	43,3	70,4	1,2	68	79	55
	Ni	16,9	8,5	13,6	0,2	22	21	14
	Cu	18,3	9,0	16,4	0,3	16	21	14
	Cr	49,0	36,6	46,4	0,7	56	61	42
	Mn	92,8	29,7	57,1	0,3	216	246	112
	Ba	81,6	57,5	83,2	1,4	159	386	305
	Co	10,6	5,0	8,1	0,2	18	17	13
Zn	50,0	19,9	36,6	0,4	47	60	32	

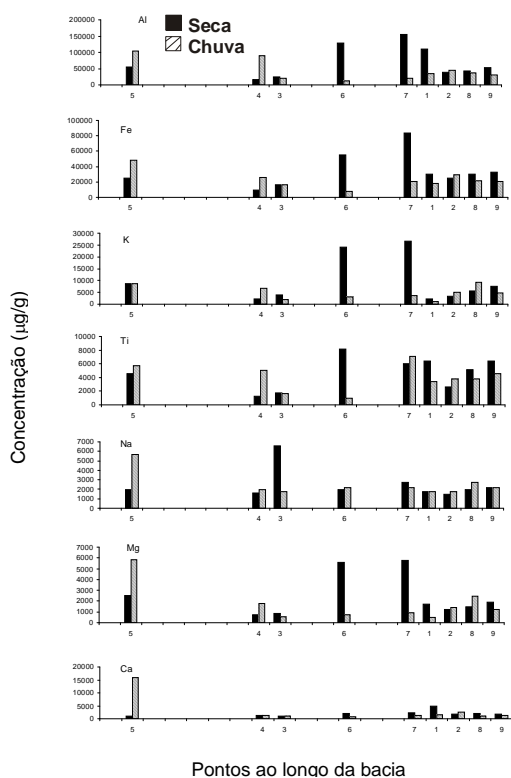
(1) Região Hidrográfica Mestre D' Armas (Pinelli, 1999);  
 (2) Região Hidrográfica Pípiripau (Pinelli, 1999);  
 (3) Região Hidrográfica Sobradinho (Pinelli, 1999);  
 (4) Região Hidrográfica Bacia do Paranoá (Boaventura, 1997a);  
 (5) Região Hidrográfica Bacia do Descoberto-WWF (Boaventura, 1997b).

Carvalho Junior *et al.* (1998a; 1998b) para áreas no DF.

Abdel-Haleem *et al.* (2001), descreveram que a origem dos metais Fe, Zn, Co, Cr e La nos solos agrícolas é das impurezas da rocha calcária utilizada na produção dos fertilizantes, principalmente os superfosfatados. Esta situação é uma explicação para alta concentração de La no ponto 3s, considerando que o mesmo está em área do INCRA, onde são cultivados hortaliças, milho, feijão, café e etc.

Os elementos considerados em pequenas concentrações nos sedimentos de corrente, comparando com os demais, são: Sr, Y, Ni, Cu e Co. Estes elementos podem ser considerados como elementos-traço na área em função da associação da geologia do local, justificando as baixas concentrações encontradas

Os elementos Ni e Cu obtiveram médias parecidas de 21 mg.g<sup>-1</sup> na seca e 14 mg.g<sup>-1</sup> na chuvosa. Esses elementos possuem uma forte influência do Mn e Fe. Verifica-se que o ponto 7s, com maior concentração de Ni e Cu, possui também maior concentração de Mn e Fe, que



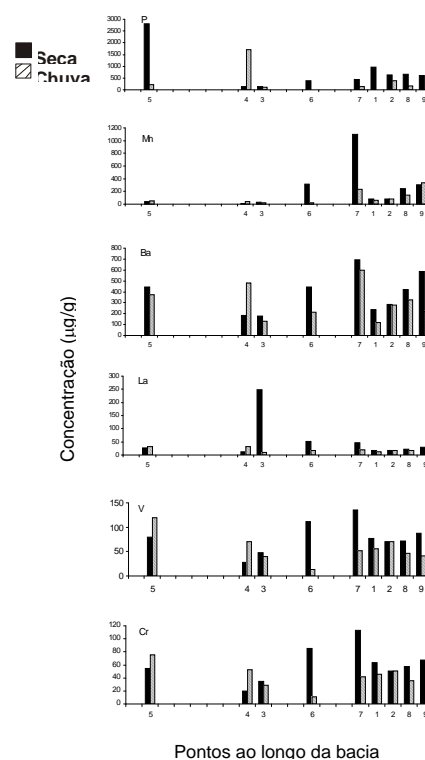
**Figura 3** - Variação da concentração (mg/g) dos elementos maiores (Al, Fe, K, Ti, Na, Mg e Ca) na época seca e chuvosa ao longo da BHRD.

podem estar na forma de óxidos/hidróxidos.

Entre os elementos-traço o Ba é o único que apresenta média bastante acima da média local (tabela 3). Os outros elementos estão dentro da média encontrada na região Mestre D'Armas e da própria bacia (BHRD-WWF), visto que a aproximação dos resultados com a região de Mestre D'Armas se deve ao fato dessa região possuir como fonte antrópica os efluentes domésticos de área urbana e os resíduos de defensivos agrícolas, observado por Pinelli (1999).

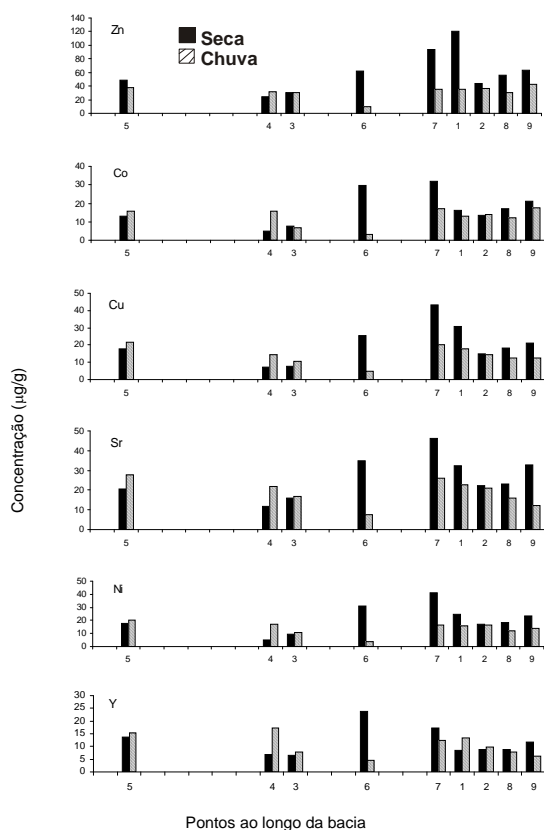
### **Variação dos elementos nos sedimentos de corrente ao longo da BHRD**

Para visualizar melhor as concentrações dos elementos nos sedimentos de corrente na BHRD, na montante do Rio Descoberto no DF (ponto 5), no Lago Descoberto (pontos 4 e 3), depois do Lago e posteriormente à jusante (pontos 6, 7, 1, 2, 8 e 9) foram construídos gráficos mostrando os elementos maiores Al, Fe, K, Ti, Na, Mg e Ca (figura 3) e os elementos-traço P, Mn, Ba, La, V, Cr, Zn, Co, Cu, Sr, Ni e Y (figuras 4 e 5).



**Figura 4** - Variação da concentração (mg/g) dos elementos-traço (P, Mn, Ba, La, V e Cr) na época seca e chuvosa ao longo da BHRD.





**Figura 5** - Variação da concentração (mg/g) dos elementos traço (Zn, Co, Cu, Sr, Ni e Y) na época seca e chuvosa ao longo da BHRD

Na entrada do RD no DF nota-se que a maioria dos elementos possuem concentrações baixas, tendendo a aumentar em áreas urbanas e agrícolas, diminui nos dois últimos pontos (8 e 9), na saída do DF.

O K na época seca possui alta concentrações nos pontos 6 e 7, onde estes pontos possuem maior porcentagem de frações finas. Na época chuvosa, o K é mais enriquecido nos pontos 5 e 8 devido à influência urbana.

Os elementos-traço P, Mn, Ba, La, V e Cr (figura 4) apresentaram concentrações razoavelmente altas, principalmente comparadas a nível local (dentro do DF) nos pontos próximos de área urbana e/ou agrícola (3, 4, 5, 7 e 8). O Lago Descoberto recebe influência de resíduos de origem agrícola, onde se nota que os pontos localizados nas confluências do lago (3 e 4) possuem altas concentrações desses elementos.

Verifica-se que os elementos Zn, Co, Cu, Sr, Ni e Y (figura 5) possuem um comportamento

muito semelhante ao longo da bacia.

Analisando a porção norte (entrada no DF) e a porção sul (saída do DF) percebe-se que na época seca a concentração dos elementos é maior, porém a própria diluição do RD ao longo da Bacia contribui para reduzir e estabilizar as concentrações nos níveis médios observados para a área, ou seja não ocorre uma alteração sistemática que proporcione a ocorrência de um processo de mudança nas características geoquímicas de grande importância. Esta situação foi observada tanto no período seco quanto no chuvoso.

### Correlações

Foi realizado o tratamento estatístico não paramétrico através da correlação de Spearman (R) entre os elementos Fe e Mn, com o diâmetro dos grãos e com o Al, na época seca e chuvosa.

### Correlação com Fe e Mn

Esta correlação é para avaliar uma possível associação dos elementos com óxidos e hidróxidos de Fe e Mn, já que o elemento Fe precipita-se como óxido/ hidróxido em  $\text{pH} > 3$  e Mn, segundo Gibbs (1973), na faixa de  $\text{pH}=5-7$ . Esses valores de pH estão dentro da média encontrada na BHRD ( $\text{pH}= 5,9$  na época seca e  $6,0$  na época chuvosa).

A tabela 4 mostra a correlação dos elementos com o Fe e Mn, e os que apresentam forte correlação são o Sr, Cr, Ni, Co, Cu, V, Ti, Al, Zn, Mg, Ba, Y, Ca e K. Podendo então sugerir a adsorção deles na forma de precipitado de óxidos/hidróxidos de Fe e Mn, principalmente na época seca onde a quantidade da fração silte-argiloso é maior. Verifica-se que as concentrações mais baixas de Fe e Mn são nos pontos 4s e 6c, para os quais correspondem também às menores concentrações dos elementos: Sr, V, Ni, Cu, Cr, Co, Zn, Mg, Al e Ti. Assim, a possível relação desses elementos com os óxidos/hidróxidos de Fe e Mn são evidenciados.

Os elementos La e P apresentaram apenas uma boa correlação com o Fe na época chuvosa. A similaridade entre La e Fe na época

**Tabela 4** - Coeficiente de Correlação de Spearman (R) entre o Fe e Mn com os elementos nos sedimentos de corrente. ( $p < 0,05$ ;  $N = 9$ ).

	Seca		Chuva	
	Fe	Mn	Fe	Mn
<b>Sr</b>	1,00	0,97	-	-
<b>Cr</b>	0,98	0,97	0,83	-
<b>Ni</b>	0,98	0,95	0,76	-
<b>Co</b>	0,95	0,98	-	0,68
<b>Cu</b>	0,92	0,86	-	-
<b>V</b>	0,90	0,88	0,83	-
<b>Ti</b>	0,88	0,85	-	-
<b>Al</b>	0,87	0,82	0,90	-
<b>Zn</b>	0,87	0,80	-	-
<b>Mg</b>	0,83	0,82	0,87	-
<b>Ba</b>	0,78	0,81	-	-
<b>Y</b>	0,74	0,77	-	-
<b>Ca</b>	0,72	0,68	0,70	-
<b>K</b>	-	0,70	0,82	-
<b>La</b>	-	-	0,75	-
<b>P</b>	-	-	0,73	-

- abaixo do nível de significância

chuvosa supõe-se devido às concentrações elevadas dos dois elementos no ponto 5c, que está localizado em área agrícola (cidade de Brazlândia).

**Tabela 5** - Coeficiente de Correlação de Spearman (R) entre os elementos com os diâmetros dos grãos ( $\mu\text{m}$ ) de acordo com cada época ( $N = 9$ ;  $p < 0,05$ ).

	Época seca (Diâmetro dos grãos - $\mu\text{m}$ )							Época chuvosa (Diâmetro dos grãos - $\mu\text{m}$ )						
	Areia muito fina	Silte grosso	Silte médio	Silte fino	Silte muito fino	Argila		Areia muito fina	Silte grosso	Silte médio	Silte fino	Silte muito fino	Argila	
	104-65	60-30	26-17	15-7	6-3	2-0,7	0,6-0,2	104-65	60-30	26-17	15-7	6-3	2-0,7	0,6-0,2
<b>K</b>	0,78	0,82	0,85	0,85	0,85	0,79	0,77	-	0,68	0,68	0,73	0,73	0,69	0,79
<b>Y</b>	0,74	0,85	0,86	0,86	0,86	0,83	0,85	-	-	-	-	-	0,74	0,71
<b>0,87</b>	0,72	0,69	0,74	0,74	0,74	0,67	0,69	0,88	0,93	0,96	0,98	0,9	-	0,83
<b>0,76</b>	-	0,82	0,85	0,85	0,85	0,79	0,82	-	0,7	0,7	0,74	0,79	-	0,84
<b>V</b>	-	0,78	0,83	0,83	0,83	0,76	0,79	-	0,67	-	-	0,7	0,82	0,82
<b>Al</b>	-	0,68	0,73	0,73	0,73	-	0,72	-	-	-	-	-	0,67	0,75
<b>Cr</b>	-	-	0,68	0,68	0,68	-	-	-	0,67	-	-	0,7	0,82	0,82
<b>La</b>	-	-	0,67	0,67	0,67	-	-	-	0,8	0,79	0,86	0,86	0,81	0,79
<b>Fe</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	0,7	-	-	0,74	0,79	0,84
<b>Ti</b>	-	-	-	-	-	-	-	0,73	0,88	0,74	0,85	0,74	0,78	0,73
<b>Na</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Sr</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,7	-
<b>Ca</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Ni</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	0,7	-	-	0,7	0,81	0,77
<b>Cu</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,72	-

- abaixo do nível de significância

### Correlação com o diâmetro dos grãos

As correlações entre os elementos com os diâmetros dos grãos dos sedimentos de corrente estão apresentadas na tabela 5.

Na época seca os elementos K, Y, Ba, Mg, V, Al, Cr e La são os que possuem boa correlação com os grãos, principalmente na faixa de 26 a 3 mm ( $R = 0,67$  a  $0,86$ ), que corresponde ao silte médio ao silte muito fino.

Na época chuvosa os elementos Ba, Ti, La, Mg, K, Fe, Ni, V, Cr, Y, Al, Cu e Sr mostraram boa correlação ( $R = 0,67-0,9$ ) com os diâmetros dos grãos principalmente na faixa de 6 a 0,2 mm (silte-argiloso). Isso indica alto intemperismo na bacia devido ao aumento da ocupação solo.

### Correlação com alumínio (Al)

A escolha do Al está associada ao fato deste elemento estar associado com os constituintes dos alumossilicatos e sua capacidade de não sofrer alterações nas suas concentrações naturais mesmo com ação antrópica. Apesar disso exibe neste trabalho uma

correlação positiva com o decréscimo do tamanho dos grãos.

Os pontos que obtiveram concentrações altas (média + 2dp; dp = desvio padrão), foram considerados valores discrepantes e com isso foram excluídos. A diferença de valores antes e depois da exclusão dos pontos discrepantes, pode indicar a existência de erro analítico ou anomalia na área.

### Época seca

Os valores de correlação obtidos antes e depois a exclusão dos pontos discrepantes assim como os pontos excluídos estão na tabela 6. Este procedimento permitiu separar 4 grupos de acordo com o coeficiente de correlação (R).

O **grupo I** consiste dos elementos Mg, Cu, V, Ni e Cr que apresentaram  $R > 0,92$ . Neste grupo não houve pontos excluídos.

O Mg e o Cu são os elementos que possuem maior correlação com o Al. Portanto, sem ação antrópica relevante.

Os elementos apresentaram boas correlações entre si ( $R = 0,78$  a  $0,99$ ), principalmente o V, Cr e Ni.

Foi realizado o cálculo do Índice de Impacto geológico, de acordo com Pinelli (1999), o qual demonstra os possíveis processos naturais atuantes na área. Utilizaram-se os valores normalizados dos elementos Cu, V, Ni e Cr porque ocorrem como elementos-traço. A fórmula representada é:  $I_{\text{geológico}} = [\text{Cu}/\text{Al}] + [\text{V}/\text{Al}] + [\text{Ni}/\text{Al}] + [\text{Cr}/\text{Al}]$ .

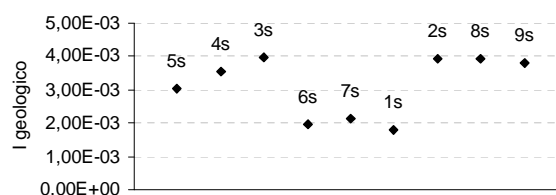


Figura 6 - Distribuição do Índice de Impacto geológico para cada ponto ao longo da BHRD, na época seca.

A figura 6 mostra a variação do índice nos pontos na época seca (1s a 9s). Os pontos 3s, 2s e 8s apresentam os índices mais elevados, seguidos dos pontos 9s, 4s e 5s. O ponto 8 possui solo do tipo cambissolo (com minerais de fácil intemperização), aumentando os processos intempéricos e o transporte de elementos. Os

Tabela 6 - Coeficiente de Correlação de Spearman (R) entre os elementos com Al, nas épocas seca e chuvosa.

Época seca					Época chuvosa				
	R (antes)	Pontos excluídos	R (depois)	Grupo		R (antes)	Pontos excluídos	R (depois)	Grupo
Mg	0,95	-	0,95	I	Fe	0,90	-	0,90	I
Cu	0,95	-	0,95		Cr	0,87	-	0,87	
V	0,93	-	0,93		V	0,87	5c	0,81	
Ni	0,93	-	0,93		Ni	0,76	-	0,76	II
Cr	0,92	-	0,92		P	0,73	-	0,73	
Sr	0,89	-	0,89	II	Y	0,69	-	0,69	II
Fe	0,87	-	0,87		K	0,68	-	0,68	
Zn	0,85	-	0,85		Mg	0,73	5c	0,62	III
Co	0,83	-	0,83		Ca	0,72	5c	0,60	
Ti	0,80	-	0,80		La	0,56	-	0,56	
Mn	0,82	7s	0,74	III	Cu	0,54	-	0,54	IV
Ba	0,74	-	0,74		Sr	0,48	-	0,48	
Y	0,79	6s	0,73		Zn	0,44	-	0,44	
La	0,33	3s	0,71		Ti	0,42	-	0,42	
K	0,69	-	0,69		Ba	0,35	-	0,35	
Na	0,27	3s	0,66	Co	0,29	-	0,29	V	
Ca	0,63	1s	0,57	Mn	0,02	9c	0,07		
P	0,35	5s	0,36	Na	0,14	5c	-0,25		

pontos 3 e 4 estão próximos do Setor de Chácara do INCRA, e o ponto 5 está localizado em área urbana de Brazlândia, cidade agrícola. Portanto, para o plantio de hortifrutigranjeiros é necessária a retirada da cobertura vegetal. O ponto 4 ainda possui grande predominância de erosão. Demonstra-se assim como fonte principal o substrato geológico, sendo bons indicadores dos processos naturais na área, onde pode ser observada claramente as influências dos processos geológicos observados.

No ponto 2, apesar da alta influência da área urbana de Taguatinga, existe exploração de areia, que aumenta o intemperismo e a contribuição geológica na concentração dos elementos associados à geologia da área.

O **grupo II** constitui os elementos Sr, Fe, Zn, Co e Ti que apresentam R de 0,89 a 0,80. Neste também não houve pontos excluídos. Os elementos possuem uma boa correlação com o Al e existe boa correlação entre eles (R=0,7 a 0,92), com exceção do Co com o Ti (R=0,60) e com o Zn (R= 0,44), e este com o Fe (R= 0,58).

O **grupo III** possui os elementos Mn, Ba, Y, La, K e Na e apresentam correlação com Al na faixa de 0,74 a 0,66, sendo que os elementos Mn, Y, La e Na apresentaram pontos excluídos (7s, 6s e 3s).

A correlação dos elementos com o Al antes e depois da exclusão dos pontos apresentou uma diferença significativa apenas para os elementos La e Na, aumentando (após exclusão do ponto 3s) de 0,33 para 0,71 e 0,27 para 0,66, respectivamente. Sugere que o enriquecimento de La e Na no ponto 3s, não é decorrente do substrato geológico, caracterizando a influência agrícola.

Quanto ao Mn e Y que possuem os pontos excluídos 7s e 6s, respectivamente, diminuindo seus valores de 0,82 para 0,74 e 0,79 para 0,73, demonstrando que o enriquecimento desses elementos é devido ao substrato geológico. Isto também é notado na correlação entre o Na e La; Ba e K; Ba e Y, que apresentaram boa correlação tanto antes como depois dos pontos excluídos. Mostrando que

esses elementos podem estar associados a mesma fonte antrópica.

O **grupo IV** é constituído apenas dos elementos Ca e P que possuem baixa correlação com o Al, indicando sua influência antrópica, e ambos apresentam pontos excluídos (1s e 5s).

A correlação entre os dois elementos diminuiu após a exclusão dos pontos, de -0,003 para -0,077. Logo esses elementos não estão associados à mesma fonte urbana e/ou agrícola, considerando a presença das cidades de Taguatinga e Brazlândia e de atividades agrícolas associadas a cidade de Brazlândia.

### *Época chuvosa*

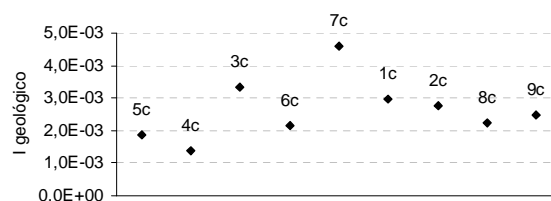
A tabela 6 mostra os coeficientes de correlação dos elementos com o Al, separando em 5 grupos. Percebe-se que nesta época houve mudanças nos grupos. Alguns elementos que na época seca estavam com baixa correlação com o Al, como o P, passam a ter maior correlação.

Nota-se que na época chuvosa ocorreu um decréscimo de R após a exclusão dos pontos, com exceção do Mn.

O **grupo I** constitui os elementos Fe, Cr e V, que apresentam maior correlação com Al (R= 0,90 a 0,81). O V é o único que possui um ponto excluído (5c), após a exclusão do ponto somente o Fe com o Cr possuem boa correlação (R= 0,94), isso pode mostrar que o V é proveniente de atividade agrícola.

O cálculo de Impacto Geológico foi realizado com os elementos-traço V e Cr. Utilizando a fórmula:  $I_{\text{geológico}} = [V/Al] + [Cr/Al]$ .

A distribuição dos índices, na figura 7,



**Figura 7** - Distribuição do Índice de Impacto geológico para cada ponto ao longo da BHRD, na época chuvosa.

mostra que o ponto 7c possui o maior índice. Isto é devido à ausência de matas ciliares na cabeceira do rio, ao tipo de solo (cambissolo) e a influência da área urbana da cidade de Santo Antônio do Descoberto/GO. Esses fatores aceleram o intemperismo da área e aumenta a contribuição geológica. Seguindo do ponto 7c vem o ponto 3c, que também foi destacado na época seca.

O **grupo II** possui os elementos P, Y, K e Ni com coeficiente de 0,76 a 0,68. Neste grupo não houve nenhum ponto excluído.

Correlacionando os elementos entre si verificou-se boa correlação somente entre o Ni e Y ( $R=0,80$ ), indicando uma mesma fonte para os elementos, provavelmente geológica, porque não ocorre outros processos na área que possa justificar a ocorrência da situação observada.

O **grupo III** constitui os elementos Mg, Ca, La e Cu com coeficiente R na faixa de 0,62 a 0,54, com o Al. O Mg e o Ca são os elementos que apresentaram pontos excluídos (5c), demonstrando a influência agrícola, em função da cidade Brazlândia tipicamente agrícola.

A correlação entre esses elementos mostrou um decréscimo do coeficiente de correlação após a exclusão dos pontos.

O **grupo IV** representa os elementos de coeficiente de 0,48 a 0,29. A correlação entre os elementos é boa principalmente entre o Co com Ti ( $R=0,90$ ) e Ti com Ba ( $R=0,81$ ).

O **grupo V** é constituído apenas do Mn e Na, que apresentaram coeficiente de correlação muito baixo e até negativo com o Al. Ambos tiveram pontos excluídos. Para o Mn e o Na foram excluídos os pontos 9c e 5c, respectivamente. Mostrando a contribuição agrícola e urbana.

A correlação entre eles mostra aumento do coeficiente de  $-0,10$  para  $0,27$  após a exclusão dos pontos.

Nesta relação com o Al nas duas épocas climáticas, foram constatados valores

discrepantes nos pontos : 1s (Ca); 3s (Na e La); 5s (P); 6s (Y); 7s (Mn); 5c (V, Mg, Ca e Na) e no ponto 9c (Mn). Esses valores altos estão relacionados com a localização dos pontos na bacia, visto que alguns são em áreas urbanas e/ou agrícolas.

Os pontos 3 e 5 que possuem alto teor dos elementos Na, Mg e Ca mostram que a fonte desses elementos é a atividade agrícola. A qual é bastante intensa nesses pontos.

## CONCLUSÕES

Este estudo, desenvolvido na extensão da BHRD em época seca (10/1999) e época chuvosa (03/2000), mostrou as seguintes situações:

a) Na época seca, as concentrações dos elementos e as presenças de frações finas são maiores do que na época chuvosa, pois com a redução do volume de água os elementos se concentram e a mobilidade de alguns é reduzida. As altas concentrações dos elementos P, Mn, Ca, Mg, K e Ba localizaram-se principalmente em áreas com atividades agrícolas (adjacência do Lago) e urbanas (Rio Melchior) e diminuí nos últimos pontos ( 8 e 9) na saída do DF;

b) A concentração do material volátil se apresentou acima ou próximo de 10% indicando maior porcentagem de matéria orgânica, visto que os pontos com esses teores estão localizados em área urbana e agrícola (1, 5, 6 e 7);

c) Os elementos Sr, Cr, Ni, Co, Cu, V, Ti, Al, Zn, Mg, Ba, Y, Ca e K são fortemente correlacionados com o Fe e o Mn. Assim, as formas oxi-hidróxido de Fe/Mn podem ser um dos mecanismos de adsorção desses elementos nas frações 60 a 0,2 mm dos sedimentos de corrente;

d) A boa correlação entre os elementos Y, V, Cr e La nas duas épocas climáticas, com as frações < 26mm dos sedimentos de corrente e o elemento Al comprova o fato de que eles estão associados à geologia da área. Os elementos P, Ca, Na e Mn são possivelmente oriundos de ações antrópicas;

e) A ausência da mata ciliar é um fator importante no enriquecimento dos elementos em rios e mananciais da área, principalmente nos pontos 2 e 7, já que atua como uma barreira no escoamento superficial da água que arrasta elementos oriundos de áreas agrícolas e urbanas.

Os sedimentos de corrente constituem um importante veículo de poluentes para o corpo aquoso, visto que a maior proporção dos elementos está nas frações pelíticas, levando a disponibilidade deles na interação água-sedimento.

As condições atuais dos processos atuantes na área não evidenciam a ocorrência de

alteração sistemática na BHRD ocasionada pela ocupação no DF. As alterações são pontuais podendo ser corrigidas em função de ações das autoridades sobre os processos antrópicos, principalmente aos relacionados com a ocupação urbana que podem melhorar as condições sanitárias na área.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES (Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível superior), pela concessão de bolsa de mestrado no período de 09/1999 à 09/2001. E ao CNPq- Proc. 300295/96-0 “Estudo de Aspectos Geoquímicos das Bacias Hidrográficas do Distrito Federal”.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDEL-HALEEM, A. S.; SROOR, A.; EL-BAHI, S. M.; ZOHNY, E. (2001) Heavy metals and rare earth elements in phosphate fertilizer components using instrumental neutron activation analysis. *Applied Radiation and Isotopes*, **55**: 569-573.
- BOAVENTURA, G. R.; SOUZA, R. S.; PONTES, C. H. C.; PINELLI, M. P. (1999) Estudo Geoquímico em Águas da Bacia do Bananal – Brasília-DF. *In: VII Congr. Bras. Geoq. e V Congr. Geoq. Dos Países de Língua Portuguesa, Porto Seguro- BA. SBGq., Resumo Expandido*, 41-43.
- BOAVENTURA, G. R.; BRITO, V. E. B.; BISPO, R. S. (1998) Caracterização Geoquímica de águas da Bacia do Rio São Bartolomeu-DF. *REM: Rev. Esc. Minas*, **51** (3): 57-61.
- BOAVENTURA, G. R. (1997a) Caracterização Geoquímica de Águas e Sedimentos de Corrente do Distrito Federal. Relatório Final, FAPDF/FINATEC, 455p.
- BOAVENTURA, G. R. (1997b) Caracterização dos Aspectos Geoquímica das Bacias Hidrográficas do Distrito Federal. Relatório Final, WWF/FINATEC, 129p.
- BOAVENTURA, G. R. (1991) Performance do Espectrômetro de Emissão com Plasma (ICP), Spectrofame FVMO3, para determinação de 20 elementos químicos nas amostras de referência geoquímica DNC-1, W-2, UNB-B1 e UNB-G2. *In: III Congr. Bras. Geoq., São Paulo, Resumos. SBGq., São Paulo, V.2, p.423-426.*
- BRITO, F. A. (1999) Gestão Ambiental por resultados para a APA Bacia do Rio Descoberto. Dissertação de Mestrado. Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, 110 p.
- CAESB- Companhia de Água e Esgoto de Brasília (1985). Plano de Proteção do Lago Descoberto. Relatório interno. Brasília.
- CAESB- Companhia de Água e Esgoto de Brasília (1999) Siagua- Sinopse do Sistema de Abastecimento de Água. Relatório Interno, Brasília.
- CARVALHO JÚNIOR, O.A. C.; BOAVENTURA, G.R.; MARTINS, E. S.; PEREIRA, F.J.; BRITO, V.E.B.; BISPO, R. S. (1998a) Caracterização por Análise de Grupos de Assinaturas Geoquímicas Naturais de Águas Superficiais da Bacia do Taquara, DF. *Rev. Escola Minas*, **51**(4):47-50.
- CARVALHO JÚNIOR, O.A.; BOAVENTURA, G. R.; MARTINS, E. S.; PEREIRA, F.J.; BRITO, V.E.B.; BISPO, R. S. (1998b) 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. *Rev. Escola Minas*, **51**(3):76-79.
- EMBRAPA. (1978). Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Distrito Federal. Boletim técnico, n° 53. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Rio de Janeiro. 455 p.

- FALCOMER, J. (1994) Alterações do uso da Terra na Bacia do Ribeirão Rodeador- Área de Proteção Ambiental (APA) da Bacia do Rio Descoberto- DF/GO. Dissertação de Mestrado. Departamento de Ecologia, Universidade de Brasília, 39p.
- GIBBS, R. J. (1973) Mechanisms of Trace Metal transport in Rivers. *Science*, **180**: 71-73.
- KÖPPEN, W. (1948) *Climatologia*. Fundo de Cultura Econômica. Pânico 63, México (DF), 298p.
- LEONI, L. & SARTORI, F. (1996) Heavy metal and arsenic in sediments from the Continental Shelf of the Northern Tyrrhenian/ Eastern Ligurian Seas. *Marine Environ. Research*, **41** (1): 73-98.
- LEONI, L.; SARTORI, F.; SAIITA, M.; DAMIANI, V.; FERRETTI, O.; VIEL, M. (1991b) Mineralogy, chemistry, and grain size composition of Recent Sediments in the Northern Tyrrhenian Sea: Contribution to the study of Sediment Transport and Distribution. *Environ. Geol. Water Sci.*, **17** (12): 23-46.
- PINELLI, M. P. (1999) Geoquímica de águas e Sedimentos da Bacia do São Bartolomeu, Brasília-DF. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, 86p.
- PINTO, M. N. & NEVES, R. R. (1985) Geomorfologia da Bacia do Rio Alagado- Distrito Federal- Goiás. *Geociências*, **4**: 127- 138.
- RÊGO, M. C. A. M. (1997). Mapeamento Geotécnico da Porção Sul da Área de Proteção Ambiental da Bacia do Rio Descoberto. Dissertação de Mestrado em Geotecnia. Universidade de Brasília. 118p.
- RIBEIRO, M. O.; KOIDE, S.; SOUZA, M. A. A. (2000) Estudo do quadro atual da Qualidade da Água Superficial na Bacia do Rio Descoberto, no Distrito Federal. I Simpósio de Recursos Hídricos do Centro – Oeste, Brasília - DF.
- TRINDADE, M.; TOLEDO, A. P. P.; LORANDI, R. (1992) Correlações entre alguns parâmetros físicos e químicos em sedimentos da Represa Rio Grande (Complexo Billings, SP). *Geociências*, São Paulo, **11** (2): 147-161 .
- WEDEPOHL, K. H. (1995) The Composition of the Continental Crust. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **59** (7): 1217-1232.