

# QUALIDADE DOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS EM ÁREAS COM ROCHAS CALCÁRIAS NA BACIA DO RIO PRETO, MG

*Lucilia Maria Parron<sup>1</sup>; Jorge Enoch Furquim Werneck Lima<sup>1,2</sup>, Carlos José Domingos da Cruz<sup>3</sup> & Eduardo Cyrino Oliveira-Filho<sup>1</sup>*

**Resumo** -- A qualidade da água de mananciais apresenta estreita relação com os tipos de rochas que atravessam e com os produtos das atividades humanas, adquiridos ao longo de seu trajeto. O objetivo do presente trabalho foi a de avaliar a qualidade da água de mananciais afluentes do Rio Preto (Córregos Caxingó e Areia), em áreas com rochas calcárias. A análise dos principais íons em distintas estações do ano, apresentou concentrações médias de até 1,8 mg K<sup>+</sup> L<sup>-1</sup>, 9,8 mg Na<sup>+</sup> L<sup>-1</sup>, 39,8 mg Ca<sup>+2</sup> L<sup>-1</sup> e 14,6 mg Mg<sup>+2</sup> L<sup>-1</sup> e 4,2 mg SO<sub>4</sub><sup>-</sup> L<sup>-1</sup> e 1367,5 mg HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> L<sup>-1</sup> e valores médios de pH e CE de até 7,7 e 417 mS cm<sup>-1</sup>, respectivamente, mostrando interação da água com rochas carbonáticas associadas ao córrego Caxingó e à segunda metade do córrego Areia. Concentrações de até 4,1 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup> L<sup>-1</sup> e 1,5 mg Cl<sup>-</sup> L<sup>-1</sup>, nutrientes antropogênicos, em alguns pontos de coleta, mostraram uma conexão com o manejo do solo. Correlações (p<0,05) entre as variáveis foram testadas. Conclui-se, que a composição química da água dos mananciais estudados depende da interação entre parâmetros naturais e antropogênicos.

**Abstract** -- The physical-chemical characteristics of the water of streams keep narrow relationship with the types of rocks that cross and with the products of the human activities, acquired along its itinerary. The objective of the work was to evaluate the influence of the geology and of the soil use in the quality of the water of Caxingó and Areia streams of Preto River basin in areas with calcareous rocks. The analysis of the main ions in four seasons, presented medium concentrations of until 1,8 mg K<sup>+</sup> L<sup>-1</sup>, 9,8 mg Na<sup>+</sup> L<sup>-1</sup>, 39,8 mg Ca<sup>+2</sup> L<sup>-1</sup>, 14,6 mg Mg<sup>+2</sup> L<sup>-1</sup>, 4,2 mg SO<sub>4</sub><sup>-</sup> L<sup>-1</sup> and 1367,5 mg HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> L<sup>-1</sup>, and medium values of pH and CE of 7,7 and 417 mS cm<sup>-1</sup>, respectively, showing interaction of the water with carbonatic rocks associated to the stream Caxingó and to the second half of the Areia stream. Concentrations of until 4,1 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup> L<sup>-1</sup> e 1,5 mg Cl<sup>-</sup> L<sup>-1</sup>, anthropogenic nutrients, indicated a connection with the use of the soil. Correlations (p<0,05) among the variables were tested. Was concluded that the chemical composition of the water of the studied streams depends of the interaction between natural and anthropogenic parameters.

**Palavras chave**-- bioma Cerrado, cromatografia iônica, qualidade de água, parâmetros físico-químicos.

<sup>1</sup>) Pesquisador da Embrapa Cerrados; BR 020, km 18, Planaltina, DF, CEP 73301-970; [lucilia@cpac.embrapa.br](mailto:lucilia@cpac.embrapa.br); [jorge@cpac.embrapa.br](mailto:jorge@cpac.embrapa.br); [cyrino@cpac.embrapa.br](mailto:cyrino@cpac.embrapa.br).

<sup>2</sup>) Doutorando em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos – PTARH, Departamento de Eng. Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, UnB.

<sup>3</sup>) Bolsista do CNPq-Embrapa Cerrados

## 1. INTRODUÇÃO

A qualidade dos recursos hídricos superficiais é influenciada por diversos fatores, como o clima, a cobertura vegetal da bacia hidrográfica, a topografia do terreno, a geologia, o tipo de solo (fatores geogênicos) e atividades antropogênicas (uso e o manejo do solo) (PEREIRA, 1997). As águas refletem os meios por onde atravessam, guardando estreita relação com os tipos de rochas drenadas e com os produtos das atividades humanas, adquiridos ao longo de seu trajeto. Estudos de caracterização de qualidade de água são importantes para subsidiar o gerenciamento e o manejo sustentável de uma bacia hidrográfica. A qualidade de água pode ser expressa através de parâmetros, que traduzem as suas principais características físico-químicas e biológicas. Os parâmetros físico-químicos são avaliados por medidas diretas como pH, condutividade elétrica, turbidez, oxigênio dissolvido, alcalinidade e principais cátions.

O intemperismo é a fonte predominante de constituintes químicos principais de águas naturais como  $\text{CO}_3^{-2}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$ . A lixiviação desses constituintes químicos através do perfil do solo tem forte influência da geologia e do tipo de solo nas águas dos mananciais a eles associados (CAMPOS et al., 2006). Geralmente,  $\text{SO}_4^-$  e  $\text{Cl}^-$  são resultantes da dissolução de minerais e rochas, mas  $\text{Cl}^-$  é também um ânion abundante em águas residuais (KEGLEY e ANDREWS, 1997), sendo, portanto, um indicador de fontes de poluição, assim como  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^-$  e  $\text{PO}_4^-$ .

Grande parte dos insumos agrícolas adicionados ao solo é perdida por lixiviação e escoamento superficial (ROBERTSON, 1997). Estima-se que 25% do nitrogênio mineral aplicado às culturas sejam anualmente introduzidos aos ecossistemas naturais. Além disso, resíduos animais também podem ser fontes de nitrogênio na água de escoamento superficial (UNIFA, 1997).

Projetos de pesquisa e extensão vêm sendo implantados na bacia do Rio Preto, que está inserida em uma importante região agrícola do bioma Cerrado. Os trabalhos desenvolvidos têm a finalidade de gerir os recursos hídricos, avaliar a ocupação do solo, e planejar o desenvolvimento sustentável da região. O objetivo do presente trabalho foi apresentar uma avaliação da qualidade da água de mananciais afluentes do Rio Preto, em áreas com rochas calcárias.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Área de estudo

O trabalho foi realizado nos córregos Caxingó e Areia, localizados em Unaí-MG. Ambos são mananciais de primeira ordem da bacia hidrográfica do Rio Preto ( $15^{\circ}30'$  e  $17^{\circ}00'$  W e  $46^{\circ}00'$  e  $47^{\circ}35'$  S), um dos afluentes da margem esquerda do Rio São Francisco (Figuras 1 e 2). Como se observa nas figuras foram selecionados quatro pontos de monitoramento ao longo dos córregos, localizados, respectivamente, no sentido da nascente para a foz da bacia.

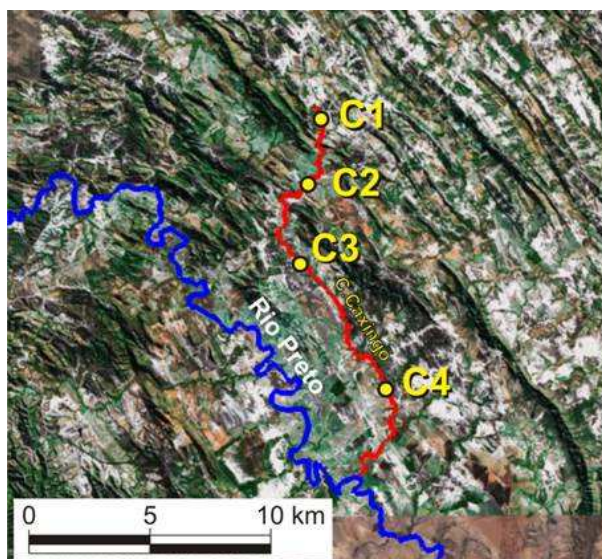


Figura 1. Localização dos pontos de amostragem no Córrego Caxingó (Adaptado do GoogleEarth, 2009).

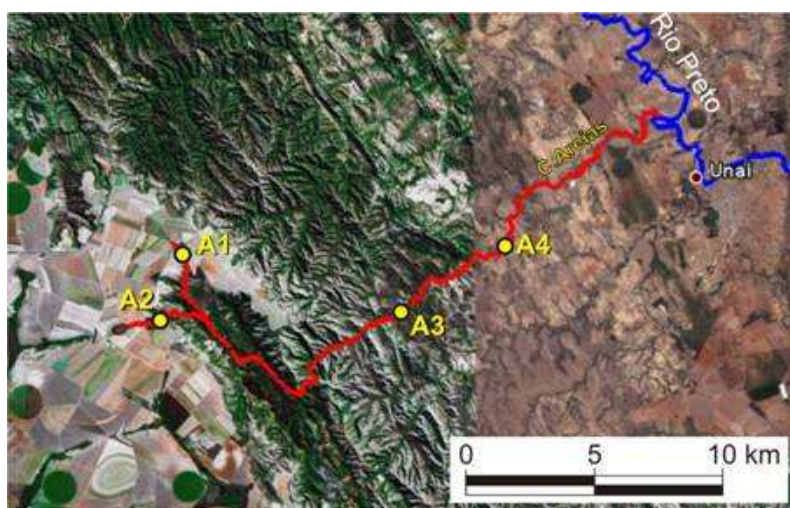


Figura 2. Localização dos pontos de amostragem no Córrego Areia (Adaptado do GoogleEarth, 2009).

A área de estudo se localiza no bioma Cerrado e a precipitação anual média de 1470 mm apresenta forte estacionalidade (Figura 3).

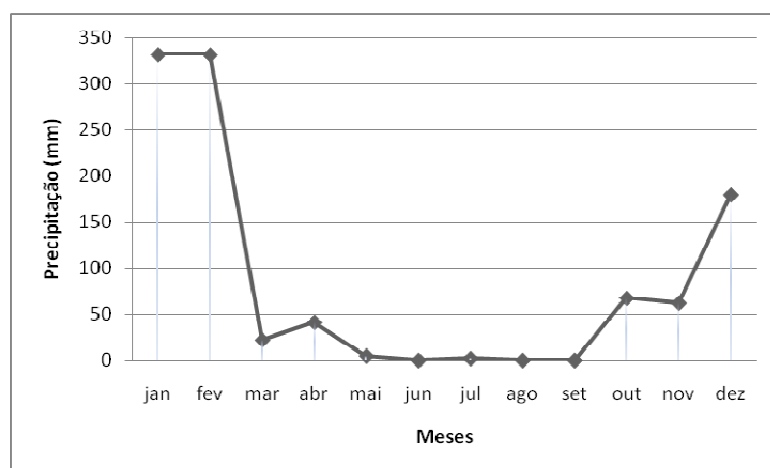


Figura 3. Dados pluviométricos (mm) da Estação Climatológica de Unaí (01646001, 46°53'24" O), janeiro a dezembro de 2007. Fonte: Agência Nacional de Águas.

O C. Caxingó ocorre no compartimento de serras e cristas alinhadas, e o seu leito corre em área de origem sedimentar calcária, em relevo ondulado. A atividade econômica predominante nas propriedades rurais da sua sub-bacia é a pecuária extensiva. Nos terrenos de relevo plano, onde se localizam as nascentes do C. Areia, a atividade predominante é a agricultura. A segunda metade do C. Areia é localizada em área de origem calcária e apresenta relevo suave-ondulado a ondulado, e atividade predominante é a pecuária extensiva.

A água dos mananciais foi coletada nas nascentes e em pontos ao longo do percurso e na foz. O acesso a eles era feito por estradas vicinais presentes nas propriedades particulares. A pastagem é fisionomia dominante na sub-bacia do C. Caxingó e na segunda metade da sub-bacia do C. Areia, com faixa de mata ciliar variando entre 5-10 metros. A vegetação do entorno da nascente do C. Caxingó é preservada, assim como a nascente A1 do C. Areia. Na propriedade em que se localiza a nascente A2 deste córrego há cultivo irrigado de feijão, cuja fertilização consiste de superfosfato simples ( $\text{CaH}(\text{PO}_4) \cdot 2\text{H}_2\text{O} \cdot \text{P}_2\text{O}_5$ ), cloreto de potássio (KCl) e uréia ( $\text{NH}_2\text{CO}_2\text{NH}_4$ ).

## ***2.2. Amostragem e análises físico-químicas da água***

As coletas de água foram realizadas em janeiro (período chuvoso), maio (transição períodos chuvoso-seco), agosto (período seco) e novembro (transição períodos seco-chuvoso) de 2007. Para cada coleta foram determinados em campo, em amostras não filtradas, pH, condutividade elétrica (CE), e oxigênio dissolvido (OD), utilizando medidor multiparâmetros (Hach, sension 156). A alcalinidade (que denota as quantidades de  $\text{CO}_3^{2-}$  e  $\text{HCO}_3^-$ , da água) foi determinada por titulação com ácido sulfúrico 0,02 N. As concentrações de  $\text{HCO}_3^-$  (peso molar = 61 g eq<sup>-1</sup>) foram calculadas a partir da alcalinidade (mg  $\text{CaCO}_3^{-1}$  \* 0,61). Os procedimentos de preservação da amostra e metodologias analíticas adotados obedeceram aos critérios adotados pela APHA (1995). Em amostras filtradas em membrana de 0,45 µm foi determinada a concentração de ânions e cátions por

cromatografia iônica (Metrohm IC 761). Para ânions ( $\text{SO}_4^-$  e  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^-$  e  $\text{PO}_4^-$ ) foi utilizada coluna Metrosep A Supp5-100, tendo como eluente uma solução preparada com carbonato de sódio e bicarbonato de sódio e como regenerante de supressor, ácido sulfúrico (SCHAFER et al. 2003, KARIM et al. 2008). Para cátions ( $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$ ) foi utilizada coluna Metrosep C2, tendo como eluente solução preparada com ácido dipicolínico e ácido tartárico (SCHAFER et al. 2003). Os limites de detecção (LOD) foram estimados de acordo com UPAC (2008) variando entre 1 e  $2 \times 10^{-4}$  meq  $\text{L}^{-1}$  para ânions e entre 1 e  $4 \times 10^{-3}$  meq  $\text{L}^{-1}$  para cátions.

### 2.3. Tratamento dos dados

Para investigar as possíveis correlações entre variáveis físico-químicas em cada córrego, foram aplicados métodos de análise estatística multivariada ao conjunto de dados, Todos os cálculos estatísticos foram efetuados utilizando-se o software R (2009).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1. Caracterização físico-química da água: comparação entre locais de coleta

A alcalinidade foi o parâmetro que caracterizou mais fortemente as águas do C. Caxingó. As maiores correlações estatísticas foram obtidas entre  $\text{HCO}_3^-$  versus  $\text{SO}_4^-$  ( $R=0,83$ ) e  $\text{Mg}^{+2}$  ( $R=0,84$ ). Correlações  $\geq 0,50$  entre  $\text{HCO}_3^-$  e demais parâmetros foram obtidas também para CE, pH,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$  e  $\text{Cl}^-$  (Tabela 1). Correlações  $\geq 0,50$  também foram obtidas entre CE e os íons  $\text{SO}_4^-$ ,  $\text{Ca}^{+2}$  e  $\text{Mg}^{+2}$ . O pH apresentou correlação  $\geq 0,50$  somente com  $\text{HCO}_3^-$  e  $\text{Cl}^-$ . No C. Areia vários parâmetros apresentam alta correlação entre si, principalmente entre  $\text{HCO}_3^-$ , CE, pH,  $\text{SO}_4^-$ ,  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$  e  $\text{Na}^+$ .

Tabela 1. Correlações (R) entre variáveis para os Córregos Caxingó e Areia n=16,  $p < 0,05$ .

Córregos	Caxingó			Areia		
	$\text{HCO}_3^-$ (mg $\text{L}^{-1}$ ) 1)	CE (mS $\text{cm}^{-1}$ )	pH	$\text{HCO}_3^-$ (mg $\text{L}^{-1}$ ) 1)	CE (mS $\text{cm}^{-1}$ )	pH
$\text{HCO}_3^-$ (mg $\text{L}^{-1}$ )	--	0,70	0,53	--	1,00	0,78
CE (mS $\text{cm}^{-1}$ )	0,70	--	0,39	1,00	--	0,79
pH	0,53	0,39	--	0,78	0,79	--
$\text{NO}_3^-$ (mg $\text{L}^{-1}$ )	0,62	0,41	-0,19	0,21	0,24	-0,22
$\text{SO}_4^-$ (mg $\text{L}^{-1}$ )	0,83	0,52	0,16	1,00	1,00	0,92
$\text{K}^+$ (mg $\text{L}^{-1}$ )	0,54	0,29	0,01	0,11	0,13	0,27
$\text{Ca}^{++}$ (mg $\text{L}^{-1}$ )	0,66	0,72	0,25	0,96	0,96	0,79
$\text{Mg}^{++}$ (mg $\text{L}^{-1}$ )	0,84	0,65	0,21	1,00	1,00	0,79
$\text{Na}^+$ (mg $\text{L}^{-1}$ )	-0,14	-0,36	0,26	0,87	0,87	0,79
$\text{Cl}^-$ (mg $\text{L}^{-1}$ )	0,78	0,38	0,57	-0,16	-0,15	-0,23
$\text{NH}_4^+$ (mg $\text{L}^{-1}$ )	0,24	0,36	-0,05	-0,05	-0,03	0,42
OD (mg $\text{L}^{-1}$ )	-0,10	-0,20	0,31	0,26	0,26	0,12

No C. Caxingó, localizado em região de solos calcários, o pH manteve-se entre 7,4-7,7, a CE média variou entre 233-485 mS cm<sup>-1</sup> e a alcalinidade entre 138-291 mg CaCO<sub>3</sub><sup>-1</sup>L<sup>-1</sup>). As concentrações médias de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na nascente foram 0,07 mg L<sup>-1</sup> cm e máxima de 3,4 mg L<sup>-1</sup> no ponto C2. Neste local há indicativo de contaminação de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> por atividades domésticas (despejos alcalinos, resíduos de animais), contudo, ocorreu redução na concentração desse nutriente à jusante, no ponto C3 (0,8 mg L<sup>-1</sup>). Os valores médios dos demais ânions foram 4-11 mg SO<sub>4</sub><sup>-</sup> L<sup>-1</sup> e 0,7-1,1 mg Cl<sup>-</sup> L<sup>-1</sup>. Os maiores valores desses íons também foram obtidos no ponto C2 onde havia fonte de contaminação antropogênica. Sendo o Cl<sup>-</sup> um íon conservativo, a redução da concentração nos pontos de coleta seguintes pode ser atribuída aos processos de dispersão hidráulica. Os valores médios dos cátions variaram entre 1,3-2,4 mg K<sup>+</sup> L<sup>-1</sup>, 7,5-20,2 mg Na<sup>+</sup> L<sup>-1</sup>, 0,02-0,1 mg NH<sub>4</sub><sup>+</sup> L<sup>-1</sup>, 11,4-36,0 mg Ca<sup>+2</sup> L<sup>-1</sup> e 8,6-21,3 mg Mg<sup>+2</sup> L<sup>-1</sup>. Os maiores valores desses íons foram obtidos no ponto C2, exceto para Na<sup>+</sup>, cujos valores máximos foram obtidos na nascente. Valores médios de OD variaram, de 5,2-6,3 mg L<sup>-1</sup> e foram maiores onde ocorreram as menores concentrações de formas nitrogenadas (NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e NH<sub>4</sub><sup>+</sup>). Os valores de NH<sub>4</sub><sup>-</sup> e PO<sub>4</sub><sup>-2</sup> são próximos de zero (dados não mostrados).

No C. Areia, as amostras de água das nascentes, localizadas em terrenos de origem clástica, apresentaram pH ácido (médias de 5,4 no ponto de coleta A1 e 4,8 no A2). Nos pontos de coleta no meio e foz do córrego, localizados em terreno de origem calcária, o pH foi básico (entre 7,2-7,5). A CE média da água foi baixa nas nascentes (2,5 mS cm<sup>-1</sup> no A1) e aumentou a jusante (234 mS cm<sup>-1</sup> no A3). A alcalinidade foi baixa nas nascentes (1 mg CaCO<sub>3</sub><sup>-1</sup> no A2), mas a jusante (122 mg CaCO<sub>3</sub><sup>-1</sup> no A3) os valores foram parecidos aos obtidos no C. Caxingó. As concentrações de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> foram maiores na nascente A2 (0,5 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup> L<sup>-1</sup>), quando comparadas à nascente A1 (0,07 mg L<sup>-1</sup>). A semelhança do que ocorreu no C. Caxingó, aqui também ocorreu redução na concentração de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> a jusante (0,3 mg L<sup>-1</sup>). As concentrações de Cl<sup>-</sup> também foram maiores na nascente A2 (0,7 mg Cl<sup>-</sup> L<sup>-1</sup>), comparadas a nascente A1 (0,1 mg Cl<sup>-</sup> L<sup>-1</sup>), e demais pontos de coleta (0,2 mg Cl<sup>-</sup> L<sup>-1</sup>). As concentrações de SO<sub>4</sub><sup>-</sup> variaram de zero, nas nascentes a 1,5 mg SO<sub>4</sub><sup>-</sup> L<sup>-1</sup> nos pontos seguintes. Os valores médios dos cátions variaram entre 0,01-0,30 mg K<sup>+</sup> L<sup>-1</sup>, 0,2-0,6 mg Na<sup>+</sup> L<sup>-1</sup>, 0,0-0,05 mg NH<sub>4</sub><sup>+</sup> L<sup>-1</sup>, 0,1-16,1 mg Ca<sup>+2</sup> L<sup>-1</sup> e 0,07-14,9 mg Mg<sup>+2</sup> L<sup>-1</sup>. Valores médios de DO variaram entre 5,9-6,3 mg L<sup>-1</sup>. Para a maioria dos parâmetros, os valores obtidos foram inferiores aos do C. Caxingó, exceto para OD (nos pontos A1, A2 e A4) e Mg<sup>+2</sup> (nos pontos A3 e A4).

Solos de origem calcária como os da sub-bacia do C. Caxingó têm como características, maiores valores de pH, alta concentração de Ca<sup>+2</sup> e baixa concentração de Al<sup>+3</sup>. Ao contrário, nas nascentes do C. Areia os solos são ácidos devido ao material de origem ou a processos de formação que favorecem a remoção de bases como Ca<sup>+2</sup>, Mg<sup>+2</sup> e K<sup>+</sup>. O cultivo e o uso de adubações,

principalmente fertilizantes amoniacais e a uréia, também podem contribuir para a acidificação desses solos.

### ***3.2. Caracterização físico-química da água: efeito da sazonalidade***

Nesta seção são apresentados os valores médios, obtidos para cada córrego em cada uma das estações (chuvosa e seca) e nas transições entre as estações. (Tabela 2). De maneira geral, a sazonalidade não influencia os valores obtidos para a maioria dos parâmetros estudados. O OD foi menor na estação seca e na transição seca-chuvosa. Por outro lado, íons associados a atividades antropogênicas aparecem em maiores concentrações na estação chuvosa, como é o caso do  $\text{NO}_3^-$  no C. Caxingó e do  $\text{Cl}^-$  no C. Areia.

### ***3.3. Aspectos da química da água, geologia e uso do solo***

As variáveis estudadas ilustraram bem o relacionamento complexo entre a química da água de mananciais e as formações geológicas. Essa relação é caracterizada pela CE e pelos principais cátions ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ) e ânions ( $\text{SO}_4^-$ ) dissolvidos na água. Como a CE é proporcional à quantidade total de íons dissolvidos, este fator representa os íons principais dissolvidos. A água do C. Caxingó apresentou maior CE devida a maiores concentrações de íons derivados da interação com as rochas carbonáticas (por exemplo,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$  e  $\text{SO}_4^-$ ) (CAMPOS et al., 2006), como indicado também pelos valores elevados de pH e de alcalinidade. Estas características hidroquímicas são associadas com as variáveis geológicas, que refletem a natureza estratigráfico-litológica do subsolo do 'compartimento geomorfológico de serras e cristas alinhadas'. Estas unidades estratigráficas são compostas essencialmente de carbonato e das litologias ricas em cálcio, magnésio, e em minerais com sulfato (calcita, dolomita, gesso). Em contraste, as águas do C. Areia apresentaram valores menores de pH, CE, alcalinidade e nutrientes, indicando que as unidades lito-estratigráficas principais dos 'compartimentos de chapada intermediária' apresentam características hidroquímicas diferentes.

Tabela 2. Estatística descritiva para as análises químicas das amostras de água dos córregos Córregos Caxingó e Areia, em Unaí-MG (n=4), coletadas nos meses janeiro, maio, agosto e novembro de 2007. SD= desvio padrão.

córrego	mes/estação	estatística	pH	CE (mScm-1)	DO(mg L-1)	T(°C)	Cl (mg L-1)	NO3 (mg L-1)	SO4 (mg L-1)	Na (mg L-1)	NH4 (mg L-1)	K (mg L-1)	Ca(Mg L-1)	Mg (mg L-1)	P (mg L-1)	HCO3(mg L-1)
Caxingó	01-2007 estação chuvosa	média	7,0	173,0	6,1	21,5	0,6	0,4	1,6	6,2	0,0	1,8	14,0	4,3	0,0	50,0
		máxima	7,4	400,0	6,7	22,3	0,8	2,5	6,9	11,7	0,1	2,0	14,4	13,9	0,0	126,0
		mínima	6,9	109,6	5,3	20,7	0,3	0,3	1,2	3,0	0,0	1,3	6,2	2,6	0,0	29,3
		SD	0,2	135,3	0,7	0,8	0,2	1,0	2,7	3,8	0,1	0,4	4,0	5,2	0,0	44,3
	05-2007 transição chuvosa- seca	média	7,7	405,0	6,0	23,7	0,6	0,8	3,9	9,4	0,0	1,1	21,4	10,0	0,0	131,8
		máxima	8,0	587,0	6,5	24,5	1,0	4,1	12,5	20,7	1,7	2,5	35,5	22,0	0,0	185,1
		mínima	7,6	193,9	5,4	22,9	0,2	0,0	3,1	8,2	0,0	0,9	7,3	8,6	0,0	58,4
		SD	0,2	139,4	0,5	0,7	0,3	1,6	3,9	5,2	0,8	0,7	10,1	5,6	0,0	45,1
	08-2007 estação seca	média	7,5	417,0	6,6	22,3	0,8	0,0	4,2	9,8	0,0	1,2	39,8	10,6	0,0	135,3
		máxima	7,9	621,0	7,2	23,3	1,5	4,0	13,0	22,8	0,0	2,7	42,8	24,4	0,0	198,7
		mínima	7,0	226,0	5,0	21,4	0,2	0,0	3,3	7,7	0,0	0,8	16,8	8,6	0,0	70,3
		SD	0,4	139,8	1,0	0,8	0,4	1,8	4,1	6,2	0,0	0,7	10,9	6,4	0,0	45,6
11-2007 transição seca- chuvosa	média	7,6	417,0	4,8	25,8	0,8	0,1	3,5	8,6	0,4	1,5	38,3	10,0	0,1	136,5	
	máxima	8,6	623,0	7,0	27,8	2,1	2,9	11,2	25,8	2,6	2,5	53,6	24,8	0,1	200,5	
	mínima	7,1	259,0	4,5	24,6	0,4	0,0	1,6	6,4	0,0	0,9	15,3	7,8	0,0	86,4	
	SD	0,5	129,5	0,9	1,2	0,6	1,2	3,7	8,6	1,0	0,7	14,9	6,3	0,0	39,9	
Areia	01-2007 estação chuvosa	média	6,2	56,0	6,2	21,7	0,3	0,4	0,3	0,3	0,0	0,3	5,7	3,7	0,0	15,5
		máxima	7,3	116,6	6,7	21,8	2,6	0,5	0,7	0,7	0,2	0,5	11,6	7,6	0,0	33,7
		mínima	4,7	4,2	5,0	20,5	0,2	0,2	0,0	0,2	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,1
		SD	1,4	60,0	0,8	0,6	1,2	0,1	0,4	0,2	0,1	0,2	6,5	4,3	0,0	18,2
	05-2007 transição chuvosa- seca	média	6,3	236,0	6,3	23,1	0,2	0,4	1,5	0,5	0,0	0,1	8,4	14,6	0,0	74,9
		máxima	7,9	241,0	7,1	23,6	0,2	0,7	1,5	0,6	0,0	0,2	12,5	15,3	0,0	75,3
		mínima	4,4	2,3	6,1	22,7	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
		SD	1,5	127,8	0,4	0,4	0,1	0,2	0,8	0,2	0,0	0,1	6,2	8,1	0,0	40,8
	08-2007 estação seca	média	5,9	145,4	6,2	21,8	0,1	0,3	1,0	0,4	0,0	0,0	9,6	9,1	0,0	47,6
		máxima	6,8	299,0	6,7	23,7	0,2	0,4	2,1	0,7	0,0	0,1	19,6	20,1	0,1	97,2
		mínima	4,4	2,1	5,4	16,2	0,1	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	1,5
		SD	1,2	165,3	0,6	3,2	0,1	0,2	1,2	0,2	0,0	0,1	11,1	11,0	0,1	52,7
11-2007 transição seca- chuvosa	média	6,9	132,2	5,7	25,7	0,1	0,3	0,8	0,4	0,0	0,0	9,3	8,3	0,1	40,9	
	máxima	8,0	302,0	6,3	26,9	0,3	0,6	1,9	0,7	0,0	0,7	21,8	19,6	0,1	96,7	
	mínima	4,9	1,4	5,5	24,6	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	
	SD	1,3	159,9	0,4	1,0	0,1	0,2	1,0	0,3	0,0	0,4	11,7	10,5	0,0	51,1	



Maiores concentrações de  $\text{NO}_3^-$ , como as obtidas nos pontos C2 e A2, geralmente são relacionados com a eutrofização de águas superficiais associados ao uso do solo (KELLMAN e HILLAIRE-MARCEL, 1998). Além disso, a alteração no balanço de nitrogênio dentro do ecossistema pode ter implicações relacionadas à acidificação do solo nos locais onde maiores concentrações estão associadas a atividades antropogênicas. Por outro lado, as reduções de concentração de  $\text{NO}_3^-$  na água, no percurso sequencial dos córregos podem inferir a ocorrência de denitrificação durante o transporte de íons. É conhecido que as bacias hidrográficas têm a capacidade absorver parte do estoque de  $\text{NO}_3^-$  através da acumulação da biomassa e da redução do  $\text{NO}_3^-$  em lençóis freáticos e em zonas ripárias (JORDAN et al. 1993), todavia, essas perdas resultantes da denitrificação durante o transporte são freqüentemente negligenciadas nos estudos de ciclagem de  $\text{NO}_3^-$ . Se quantidades significativas de  $\text{NO}_3^-$  são denitrificadas durante o transporte da água, as concentrações de  $\text{NO}_3^-$  em muitos córregos de ambientes contaminados podem ser subestimadas. Monitoramentos de contaminação por  $\text{NO}_3^-$  de águas superficiais devem considerar isto.

Os períodos de amostragem, assim como as características do solo e seus usos, influenciaram nos resultados das análises físico-químicas da água das sub-bacias hidrográficas. As informações obtidas nesse diagnóstico são coerentes com a literatura disponível, que associa geologia e manejo do solo com as características físico-químicas da água. Nas nascentes com vegetação natural remanescente (C1 e A1), a qualidade da água apresenta características físico-químicas melhores que na nascente com uso agrícola (A2). Por isso, o entendimento da qualidade da água em bacias hidrográficas é essencial para compreender como o seu manejo altera as suas características físico-químicas.

#### **4. CONCLUSÕES**

A associação da química da água, manejo do solo e geologia do terreno mostraram que os fatores mais importantes que controlam a composição química da água dos córregos são a interação entre a água, as rochas e a poluição difusa relacionada às atividades agrícolas. A análise dos principais íons indicaram altas concentrações de  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$  e  $\text{SO}_4^-$  e maiores valores de pH, resultantes da interação da água com rochas carbonáticas associadas ao córrego Caxingó e à segunda metade do córrego Areia. Maiores concentrações de nutrientes antropogênicos  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{Cl}^-$ , nos pontos C2 e A2, mostraram uma conexão com o manejo do solo. Ao contrário, na nascente A1 do C.

Areia o pH da água é ácido devido ao material de origem ou a processos que favorecem a remoção de bases como  $\text{Ca}^{+2}$  e  $\text{Mg}^{+2}$ . Conclui-se, que a qualidade da água dos mananciais estudados depende da interação entre parâmetros naturais e antropogênicos.

## 5. AGRADECIMENTOS

Ao CT-Agro/CT-Hidro/CNPq pelo financiamento do projeto “Monitoramento da disponibilidade e qualidade de água em sub-bacias na Bacia Hidrográfica do Rio Preto, médio Rio São Francisco”.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. (1995). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 19a ed. Washington DC, American Water Works Association and Water Environment Federation. 1268p.
- CAMPOS, J.E.G.; MONTEIRO, C.F; RODRIGUES, L.N. (2006). *Geologia e zoneamento hidrogeológico da bacia do Rio Preto*. Série Documentos. Planaltina-DF, Embrapa Cerrados.52p.
- JORDAN, T.E., CORRELL, D.L. ;WELLER D.E. (1993). Nutrient interception by a riparian forest receiving inputs from adjacent cropland. *Journal of Environmental Quality* 22, pp. 467–473.
- KARIM, Z., MUMTAZ, M., SIDDIQUE, A., KARIM, A. (2008). Simultaneous determination of common inorganic anions in water samples by ion chromatography. *Journal of Basic and Applied Sciences* v.4, n. 2, pp.63-66,
- KEGLEY,S.E.; ANDREWS, J. (1998). *The chemistry of water*. University Science Books Sausalito, California. 167pp.
- KELLMAN, L.; HILLAIRE-MARCEL, C. (1998). Nitrate cycling in streams: using natural abundances of  $\text{NO}_3^-$  -  $\sigma^{15}\text{N}$  to measure *in-situ* denitrification. *Biogeochemistry* 43, pp.273-292.
- PEREIRA, V.P. (1997). *Solo: manejo e controle de erosão hídrica*. Jaboticabal: FCAV. 56 p.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. R. (2009). *A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. Disponível em <<http://www.r-project.org>>. Acesso em: 15 abr. 2009.
- ROBERTSON, G.P. (1997). Nitrogen use efficiency in row-crop agriculture: crop nitrogen use and soil nitrogen loss. In: JACKSON, L.E. (Ed.) *Ecology in agriculture*. Academic Press.p.347-365. <http://www.sciencedirect.com/science/book/9780123782601>
- SCHAFFER, H., LAUBLI, M., DORIG, R. (2003). *Ion Chromatography: theory columns and eluents*. Metrohm Monograph 8.732.2003. Herisau, Switzerland: Metrohm AG. 54p.
- UNIFA - Associação Internacional da Indústria de Fertilizantes. (1997). *O Uso de Fertilizantes Minerais e o Meio Ambiente*. 7ª.ed. traduzida.Paris. 63p.
- UPAC - Union of Pure and Applied Chemistry. (1995). Analytical division. *Pure Application Chemistry*. v.67, pp. 1699–1723.