

VARIAÇÃO DAS QUANTIDADES DAS ESPÉCIES QUÍMICAS NAS ÁGUAS DE UMA BACIA HIDROGRÁFICA NO NORDESTE DA AMAZÔNIA BRASILEIRA

A. Carvalho¹, M. C. Forti² & A. H. Fostier³

¹Instituto de Geociências e NUPEGEL, USP, BRASIL, acarvalh@usp.br

²Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais e NUPEGEL-USP, BRASIL, forti@mel.inpe.br

³Instituto de Química, UNICAMP, BRASIL, fostier@iqm.unicamp.br

ABSTRACT

The present paper presents the chemicals for the rainfall, throughfall and stream waters in a small catchment (164 ha) in NE Amazon. The results cover three year from May/1995 until September/1997. In the water samples the following species were analysed: Na⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺, NH⁴⁺, Cl⁻, NO₃⁻ e SO₄²⁻, Al³⁺, Fe³⁺, Mn²⁺, Cu²⁺ e Zn²⁺. The budgets were calculated for two periods of contrasting precipitation (wet and dry), comparing the natural area with the altered one. The results show that the amount of chemical species, in the different analysed compartments, present a seasonal variation. The amounts of species moving through the different interfaces are higher during the wet period with seasonality in the throughfall and in the altered area. Considering the throughfall as the input to the soil system, it is observed retention of all the species, in the natural area, except for Na⁺, Mg²⁺ e Fe³⁺, that present a slight lost during the dry period. The output of the catchment, that includes the altered area, the lost are significant, except for K⁺, Al³⁺ e Zn²⁺, that are retained and for NH⁴⁺, Cl⁻ e NO₃⁻ that are in equilibrium. In the natural part of the catchment the input-output relationship shows equilibrium. However, the input-output relationship for the catchment as a whole does not present such behaviour, because its lower part had undergone partial removal of the vegetation and therefore, solubilization and weathering processes were enhanced bringing a larger amount of chemicals into solution.

RESUMO

Neste trabalho é apresentado o inventário das espécies químicas presentes nas águas da chuva, da transprecipitação e da drenagem em uma microbacia hidrográfica (164 ha) constituída de uma área natural e de uma área degradada por atividade de mineração e localizada no NE da Região Amazônica. Os resultados aqui apresentados compreendem o período de maio/1995 até setembro/1997. Nessas águas foram dosados os seguintes íons: Na⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺, NH₄⁺, Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻, Al³⁺, Fe³⁺, Mn²⁺, Cu²⁺ e Zn²⁺. Os inventários foram calculados para os dois períodos de precipitação contrastantes (chuvoso e seco) comparando-se a parte natural com a parte alterada da bacia. Os resultados desse inventários mostram que as quantidades de espécies químicas nos diferentes compartimentos analisados apresentam variação sazonal. As quantidades de espécies químicas que circulam nas interfaces são maiores durante o período chuvoso com sazonalidade na transprecipitação e na área alterada. Considerando a transprecipitação como a entrada para o sistema solo, observa-se uma retenção de todas as espécies na área natural exceto o Na⁺, Mg²⁺ e Fe³⁺ que apresentam ligeira perda durante o período seco. Na saída da bacia as perdas são significativas exceto para o K⁺, Al³⁺ e Zn²⁺, que são retidos e para o NH₄⁺, Cl⁻ e NO₃⁻ que estão em equilíbrio. A porção natural da bacia encontra-se em equilíbrio entretanto, na parte jusante da bacia, devido a remoção de grande parte da vegetação, os processos de solubilização e intemperismo são acelerados colocando em solução uma grande quantidade de espécies químicas.

INTRODUÇÃO

O presente trabalho foi realizado entre maio/1995 e setembro/1997, em uma pequena bacia hidrográfica situada na porção NE da Amazônia, onde ocorria na época, intensa atividade de mineração (manganes). Trata-se da continuação de uma pesquisa aí realizada, no período de julho de 1993 a junho de 1994 e cujos resultados preliminares foram apresentados por FORTI *et al.* (1997). Nesse estudo foi analisada a variação mensal, ao longo do período de amostragem, da composição química das águas bem como do balanço de cargas nas soluções da chuva, da transprecipitação e das águas de drenagem na bacia. A bacia hidrográfica do Igarapé da Pedra Preta é uma sub-bacia do Rio Amapari, situada na região central do Estado do Amapá (00° 55'29,2" N e 51° 59'32,6" W). A área da bacia (164 ha) é caracterizada pela presença da floresta tropical úmida do tipo terra firme, preservada numa pequena parte (34 ha) à montante. No restante da área a floresta apresenta-se parcialmente degradada. O clima é tropical úmido, com estação chuvosa entre março e abril e os meses mais secos agosto e setembro.

METODOLOGIA

As amostras de chuva, de transprecipitação e do igarapé foram coletadas semanalmente, durante o período de maio/1995 a setembro de 1997. Para a coleta das precipitações foram utilizados coletores de funil, instalados respectivamente em clareiras (3) e sob a floresta (20). As amostras de água do igarapé foram amostradas na saída da floresta (área natural - PN) e na foz (área degradada - PF). Após a coleta, as amostras foram filtradas (filtro de 0,22 µm de diâmetro), preservadas e armazenadas sob refrigeração até o momento das análises (APPELO & POSTMA, 1994). Todas as espécies químicas aqui estudadas foram analisadas por cromatografia líquida de íons (Dionex-DX500). Os detalhes dos procedimentos de amostragem e dosagens das espécies químicas estão descritos detalhadamente em FORTI *et al.* (1997).

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Na Tabela 1 são mostrados os resultados relativos ao inventário em kg.ha⁻¹ de entradas e saídas de espécies químicas nos diferentes compartimentos considerados para a bacia do igarapé Pedra Preta. Esses valores são as quantidades médias dessas espécies durante os períodos chuvosos e secos. Cada um dos períodos representam seis meses médios de maior (úmido) ou menor (seco) precipitação. O valor total anual portanto, é a soma dos dois períodos. Durante a discussão a água de chuva será abreviada como CH, a da transprecipitação como TR, a do rio na área natural como PN e na foz, que engloba a porção degradada PF. Os cálculos das quantidades de cada espécie química considerada para cada um dos compartimentos foram efetuados para os diferentes períodos de maior (primeiro semestre) e de menor (segundo semestre) precipitação, para o período total de amostragem. Pode-se observar que, em todos os compartimentos as entradas e saídas das espécies químicas são sensivelmente superiores durante o período mais chuvoso. Isso porque as diferenças básicas nos fluxos das espécies químicas, para esses sistemas de florestas, são impostas pela quantidade de água que circula através do mesmo.

Tabela 1 - Inventário das entradas e saídas de espécies químicas nos diferentes compartimentos da bacia do igarapé Pedra Preta nos períodos úmido e seco, em kg.ha⁻¹ e anual em kg.ha⁻¹.ano⁻¹. (CH - chuva, TR - transprecipitação, PN - igarapé área natural, PF - foz do igarapé).

	ENTRADAS kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹						SAIDAS kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹					
	CH			TR			PN			PF		
	Úmido	Seco	Total	Úmido	Seco	Total	Úmido	Seco	Total	Úmido	Seco	Total
H ⁺ x 10 ³	58,10	15,10	73,20	5,50	0,99	6,49	2,90	0,99	3,89	9,48	12,6	22,10
Na ⁺	4,60	2,15	6,75	8,55	3,24	11,80	10,20	4,50	14,70	11,60	7,71	19,30
K ⁺	0,98	1,30	2,28	22,3	8,12	30,50	1,58	1,23	2,81	5,21	3,17	8,38
Mg ²⁺	0,61	0,31	0,92	3,47	1,22	4,69	3,62	1,70	5,32	38,70	4,51	43,20
Ca ²⁺	2,71	1,34	4,05	9,76	2,80	12,6	3,63	1,61	5,24	21,70	7,34	29,00
NH ₄ ⁺	2,26	2,18	4,44	5,99	2,81	8,80	0,34	0,20	0,54	10,20	0,66	10,90
Cl ⁻	8,41	3,30	11,70	24,10	7,52	31,60	12,9	4,84	17,70	24,00	10,1	34,10
NO ₃ ⁻	4,82	2,70	7,52	12,10	2,61	14,70	2,73	0,64	3,37	9,38	2,51	11,90
SO ₄ ²⁻	2,36	1,23	3,59	11,30	3,62	14,90	2,94	1,19	4,13	136	42,8	179
										0		
Al ³⁺	0,26	0,05	0,31	0,21	0,06	0,27	0,06	0,02	0,08	0,04	0,03	0,07
Fe ³⁺	0,05	0,01	0,06	0,23	0,03	0,26	0,11	0,05	0,16	0,66	0,17	0,83
Mn ²⁺	0,69	0,54	1,23	0,15	0,12	0,27	0,08	0,03	0,11	26,7	8,72	35,40
Cu ²⁺	0,05	0,04	0,09	0,09	0,02	0,11	0,02	0,01	0,03	0,27	0,16	0,43
Zn ²⁺	0,82	0,38	1,20	1,27	0,25	1,52	0,20	0,07	0,27	0,04	0,01	0,05

Para facilitar a visualização dos resultados apresenta-se na tabela 2 as razões das quantidades das espécies químicas nas interfaces de cada compartimento aqui considerado.

Como observado em outras regiões tropicais (FORTI & MOREIRA-NORDEMANN, 1991; LESACK & MELACK, 1996), a maioria das espécies químicas estão enriquecidas em TR em relação a CH. As exceções são o H⁺ que é neutralizado pelos cátions básicos e os metais que sofrem enriquecimento modesto ou quase nulos, devido aos baixos teores encontrados nessas águas. Em geral, no período chuvoso o enriquecimento é maior devido à maior quantidade de água circulando no sistema (FORTI *et al.*, 1997). O enriquecimento ocorre devido aos processos de exsudação, solubilização e lixiviação dessas espécies da vegetação (PARKER, 1983). A incorporação dos cátions básicos toma o pH menos ácido e com isso, espécies químicas que

estavam em solução nas águas de chuva são precipitadas passando à fase insolúvel na transprecipitação (ex. o Mn).

Tabela 2 – Razões nas interfaces de cada um dos compartimentos considerados (CH: água de chuva; TR: água de transprecipitação; PN: água do riacho, área natural e PF: água de riacho área alterada), para os períodos Úmido, Seco e Total. Valores em negrito representam enriquecimento relativo e grifados valores equivalentes.

	TR/CH			PN/TR			PF/TR			PF/PN		
	Úmido	Seco	Total	Úmido	Seco	Total	Úmido	Seco	Total	Úmido	Seco	Total
H ⁺ x 10 ⁻³	0,1	0,1	0,1	0,5	<u>1,0</u>	0,6	1,7	12,7	3,4	3,3	12,7	5,7
Na ⁺	1,9	1,5	1,7	<u>1,2</u>	1,4	<u>1,2</u>	1,4	2,4	1,6	<u>1,1</u>	1,7	1,3
K ⁺	22,8	6,2	13,4	0,1	0,2	0,1	0,2	0,4	0,3	3,3	2,6	3,0
Mg ²⁺	5,7	3,9	5,1	<u>1,0</u>	1,4	<u>1,1</u>	11,2	3,7	9,2	10,7	2,7	8,1
Ca ²⁺	3,6	2,1	3,1	0,4	0,6	0,4	2,2	2,6	2,3	6,0	4,6	5,5
NH ₄ ⁺	2,7	1,3	2,0	0,1	0,1	0,1	1,7	0,2	<u>1,2</u>	30,0	3,3	20,2
Cl ⁻	2,9	2,3	2,7	0,5	0,6	0,6	<u>1,0</u>	1,3	<u>1,1</u>	1,9	2,1	1,9
NO ₃ ⁻	2,5	<u>1,0</u>	2,0	0,2	0,2	0,2	<u>0,8</u>	<u>1,0</u>	<u>0,8</u>	3,4	3,9	3,5
SO ₄ ²⁻	4,8	2,9	4,2	0,3	0,3	0,3	12,0	11,8	12,0	46,3	36,0	43,3
Al ³⁺	<u>0,8</u>	<u>1,2</u>	<u>0,9</u>	0,3	0,3	0,3	0,2	0,5	0,3	0,7	1,5	<u>0,9</u>
Fe ³⁺	4,6	3,0	4,3	0,5	1,7	0,6	2,9	5,7	3,2	6,0	3,4	5,2
Mn ²⁺	0,2	0,2	0,2	0,5	0,3	0,4	178,0	72,7	131,1	333,8	290,7	321,8
Cu ²⁺	1,8	0,5	<u>1,2</u>	0,2	0,5	0,3	3,0	8,0	3,9	13,5	16,0	14,3
Zn ²⁺	1,5	0,7	1,3	0,2	0,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	0,2

Considerando-se a transprecipitação como a entrada para o sistema solo, verifica-se que a porção natural da bacia não apresenta perdas de espécies químicas exceto o Na⁺, Mg²⁺ e Fe³⁺ que apresentam perdas pouco significativas durante o período seco. Pode-se considerar então que tanto a degradação ocorrida na porção jusante da bacia como a atividade de extração de minério de Mn, durante o período considerado, não exerceram influência significativa no equilíbrio dessas espécies na parte natural da floresta. Entretanto, quando a porção degradada da bacia é incorporada aos resultados (PF/TR) são observadas perdas significativas durante todo o ano. Observa-se que todas as espécies químicas em solução estão enriquecidas na foz (PF) em relação à área natural (PN). Isso evidencia a aceleração do processo de intemperismo sobre os materiais depositados no curso d'água, provenientes da erosão das áreas degradadas. Essas águas mostram evidente enriquecimento em metais, em particular o manganês e uma tendência à acidificação. Essa tendência foi observada em outras áreas, através de algumas dosagens realizadas durante a realização deste trabalho, quando observaram-se valores de pH de até 3,75 (FORTI *et al.*, 2000).

CONCLUSÕES

A sazonalidade nas quantidade de espécies químicas transferidas entre as interfaces consideradas é devida às diferentes quantidades de água circulando pelo sistema e ao aumento de poeira em suspensão na atmosfera durante o período seco. A vegetação retém essa poeira, levando ao enriquecimento maior da transprecipitação durante o período seco que é sobreposto aos processos de lixiviação e lavagem de material exudado do dossel. Verifica-se que a parte natural da bacia encontra-se em equilíbrio, considerando a transprecipitação como entrada para o sistema solo. A porção jusante da bacia que incorpora a contribuição da área degradada mostra uma perda significativa das espécies químicas consideradas evidenciando o forte intemperismo e solubilização dos materiais presentes tanto na superfície da bacia como nas águas do igarapé. Durante o período coberto por este estudo não foi verificada influência da degradação na parte jusante da bacia nem tampouco das atividades no entorno da mesma, no equilíbrio das espécies químicas na parte natural de floresta.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi desenvolvido com financiamentos da FAPESP (Proc. 92/0209-9), CNPq/PADCTII/CIAMB (Proc. 62.0375/92-2) e IRDA/Amapá.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APPELO, C.A.J. & POSTMA, D. (1994) - Geochemistry, Groundwater and Pollution. A. A. Balkema, Brookfield, Vt., 536 pp.

- FORTI, M.C.; MELFI, A.J. & AMORIM, P.R.N. (1997) – Hidrogeoquímica das águas de drenagem de uma pequena bacia hidrográfica no Nordeste da Amazônia (Estado do Amapá, Brasil): Efeitos da sazonalidade. *Geochimica Brasiliensis*, 3: 309-324.
- FORTI, M.C. & MOREIRA-NORDEMANN, L.M. (1991) – Rain water and throughfall chemistry in a “terra firme” rain forest: Central Amazon, *J. Geophysic Res.*, 96(D4): 7415-7421.
- FORTI, M.C.; BOULET, R.; MELFI, A.J. & NEAL, C. (2000) – Hydrogeochemistry of a small catchment in Northeastern Amazonia: a comparison between natural with deforested parts of the catchment (Serra do Navio, Amapá State, Brazil). *Water, Air and Soil Pollution*, 118: 263-279.
- LESACK, L.F.W. & MELACK, J.M. (1996) - Mass balance of major solutes in a rainforest catchment in the central Amazon: Implications for nutrient budgets in tropical rainforest. *Biogeochemistry*, 32: 115-142.
- PARKER, G.G. (1983) - Throughfall and stemflow in the forest nutrient cycle. *Advances Ecology Research*, 13: 57-133.