



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

**INFLUÊNCIA SAZONAL E ESPACIAL NA HIDROQUÍMICA DE ECOSISTEMAS
AQUÁTICOS NA AMAZÔNIA ORIENTAL.**

ROBERTA DA SILVA PINHEIRO

**BELÉM
2008**

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

**INFLUÊNCIA SAZONAL E ESPACIAL NA HIDROQUÍMICA DE ECOSISTEMAS
AQUÁTICOS NA AMAZÔNIA ORIENTAL.**

ROBERTA DA SILVA PINHEIRO

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de **Mestre**.

Orientador:

Engenheiro Florestal Prof. Dr. Francisco de Assis Oliveira

Co-orientador:

Engenheiro Agrônomo Dr. Ricardo de Oliveira Figueiredo

BELÉM
2008



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

**INFLUÊNCIA SAZONAL E ESPACIAL NA HIDROQUÍMICA DE ECOSISTEMAS
AQUÁTICOS NA AMAZÔNIA ORIENTAL.**

ROBERTA DA SILVA PINHEIRO

Dissertação, apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de **Mestre**.

Aprovada em 29 de setembro de 2008.

BANCA EXAMINADORA

Engenheiro Florestal Prof. Dr. Francisco de Assis Oliveira
Orientador
(Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA)

Engenheiro Florestal Pesq. Dr. Steel Silva Vasconcelos
Embrapa Amazônia Oriental

Engenheira Agrônoma, Prof. Dra. Ana Regina Araújo Martins
Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA

Engenheiro Florestal, Prof. Dr. José Henrique Cattanio
Universidade Federal do Pará – UFPA

DEDICO

Aos **meus pais e irmão**, Natária, Benedito e Ronaldo Pinheiro, pelo apoio e carinho durante essa caminhada para mais um objetivo a ser alcançado.

Aos **meus amores**, Gustavo e Wellington Conceição, pelo companheirismo, carinho e compreensão dedicados durante mais esta jornada de nossas vidas.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que sempre me estendeu a mão durante toda a vida, me guiando e dando força em mais essa vitória.

A meus pais Benedito e Natária Pinheiro e irmão Ronaldo Pinheiro pelo apoio e compreensão em mais esta etapa da minha vida.

A Wellington Mota da Conceição pelo amor, paciência e compreensão fundamentais nas horas difíceis e por compartilhar o maior presente da minha vida Gustavo Conceição.

A toda minha família, em especial as minhas primas, Hellen Lorena e Sarah Rêgo, e tias Viviana Silva, Raimunda e Joana Pinheiro, que estiveram presentes me apoiando ao final desta jornada.

À Universidade Federal Rural da Amazônia e ao seu corpo docente, pela oportunidade de realizar este curso.

Ao CAPES, pela bolsa de estudos concedida.

Ao Prof. Dr. Francisco de Assis Oliveira pela orientação, sugestões, compreensão e confiança durante o curso, que foram primordiais para a conclusão deste trabalho.

Ao Dr. Ricardo de Oliveira Figueiredo, pesquisador da EMBRAPA-CPATU, pelas orientações, compreensão e a oportunidade de participar do projeto Agrobacias Amazônicas sob sua coordenação.

Aos amigos e funcionários dos Laboratórios de Ecofisiologia e de Climatologia da Embrapa Amazônia Oriental, em especial a equipe do projeto Agrobacias, Marília Mesquita, Beatriz e Gustavo Rosa, Fabíola Costa e Reginaldo pela colaboração e apoio durante a realização das coletas de campo e análises laboratoriais.

A amiga/irmã Eng^a. Agrônoma Brenda Rocha Guimarães por todo empenho, cumplicidade, amizade e apoio durante todo curso.

As amigas Eng^a. Agrônomas Adna Suany e Rosigrêde Lima e aos Eng. Florestais Alisson Reis, Eliane Almeida, Marcela Caldas e Iran Pires, por toda a amizade, companheirismo e apoio em todos os momentos de mais esta jornada.

Aos amigos do curso de Mestrado: Paulo Lobato, Richarth Vieira, Márcio Guedes, Danielle Pegado, Sandra Ferreira, Márcio Guedes, Eliane e Milena Fonseca pela amizade e companhia durante os dois anos de curso.

A todos que direta e indiretamente contribuíram para a construção desta dissertação e que aqui não estão citados, mas que nunca serão esquecidos.

OBRIGADA A TODOS.

*“O rio sempre alcança seus objetivos porque
sabe contornar seus obstáculos”.*

SUMÁRIO

	p.
LISTA DE TABELAS.....	09
LISTA DE FIGURAS.....	10
RESUMO.....	12
ABSTRACT.....	13
1. INTRODUÇÃO.....	14
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	15
2.1 INFLUÊNCIA ESPAÇO-TEMPORAL NA QUALIDADE DA ÁGUA.....	15
3. ÁREA DE ESTUDO.....	21
4. MÉTODOS.....	31
4.1 DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS.....	31
4.2 COLETA DE AMOSTRAS DE ÁGUA.....	32
4.3 PROCEDIMENTOS LABORATORIAIS.....	32
4.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	32
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
5.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS.....	33
5.2 PARÂMETROS HIDROQUÍMICOS.....	38
5.3 INFLUÊNCIA DA SAZONALIDADE.....	38
5.3.1 Mg^{2+}	38
5.3.2 Na^{+}	40
5.3.3 K^{+}	41
5.3.4 NH_4^{+}	42
5.3.5 Ca^{2+}	43
5.3.6 Cl^{-}	43
5.3.7 NO_3^{-}	44
5.3.8 PO_4^{3-}	45
5.3.9 SO_4^{2-}	45
5.4 ANÁLISE ESPACIAL.....	46
5.4.1 Intra-específica.....	46
5.4.2 Inter-específica.....	49
6. CONCLUSÕES.....	53
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54

ANEXOS..... 62

LISTA DE TABELA

Tabela 1	Estações de coleta, com respectivas localizações e áreas das sub-bacias.	25
Tabela 2	Descrição dos solos predominantes nas Microbacias Cumaru e São João.	31
Tabela 3	Concentrações médias de pH, Temp. (°C), C. E. ($\mu S.cm^{-1}$) e O. D ($mg.L^{-1}$) nas microbacias do Cumaru e São João.	34
Tabela 4	Valores mínimos e máximos de pH, Temp. (°C), C. E. ($\mu S.cm^{-1}$) e O. D ($mg.L^{-1}$) observados nas microbacias Cumaru e São João no período de Janeiro a Dezembro de 2006.	34
Tabela 5	Concentrações médias em $mg.L^{-1}$ de Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Mg^{+2} e Ca^{+2} nas microbacias do Cumarú e São João, Igarapé-Açu, Pará.	39
Tabela 6	Concentrações médias em $mg.L^{-1}$ de Cl^- , NO_3^- , PO_4^{-3} e SO_4^{-2} nas microbacias do Cumarú e São João, Igarapé-Açu, Pará.	39

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Microbacias Cumaru e São João no município Igarapé-açu, Pará, Brasil.	23
Figura 2	Precipitação (mm) mensal do período de janeiro a dezembro de 2006.	22
Figura 3	Precipitação diária (mm) durante o período da coleta (janeiro a dezembro de 2006) em Igarapé-Açu, Pará.	24
Figura 4	Uso e cobertura do solo em 2004, destacando estações de coletas na microbacia Cumaru, município de Igarapé-Açu, PA. Coordenadas UTM, datum SAD69, zona 23S. (EMBRAPA: Laboratório de Sensoriamento Remoto)	27
Figura 5	Solos das sub-bacias amostradas na bacia do Cumaru, município de Igarapé-Açu, PA. Coordenadas UTM, datum SAD69, zona 23S. (EMBRAPA: Laboratório de Sensoriamento Remoto)	28
Figura 6	Mapa de uso e cobertura do solo em 2004, destacando pontos e sub-bacias amostrados na microbacia São João, município de Igarapé-Açu, PA. Coordenadas UTM, datum SAD69, zona 23S. (EMBRAPA: Laboratório de Sensoriamento Remoto)	29
Figura 7	Mapa de solos das sub-bacias amostradas na bacia do Igarapé São João, município de Igarapé-Açu, PA. Coordenadas UTM, datum SAD69, zona 23S. (EMBRAPA: Laboratório de Sensoriamento Remoto)	30
Figura 8	Variação da concentração de oxigênio dissolvido (OD) em mg L ⁻¹ nas microbacias do (a) Cumaru e (b) São João.	35
Figura 9	Parâmetros físico-químicos nas nascentes “A” (IGCU_A) e “B” (IGCU-B) e canais principais “A” (IGCU-C) e “B” (IGCU-D) na microbacia Cumaru.	37
Figura 10	Parâmetros físico-químicos nas nascentes e canais principais na microbacia do São João.	38
Figura 11	Variação da concentração (mg.L ⁻¹) de Mg ²⁺ em função da sazonalidade nas microbacias do (a) Cumaru, e (b) São João.	40
Figura 12	Variação da concentração (mg.L ⁻¹) de Na ⁺ em função da sazonalidade nas microbacias do (a) Cumaru e (b) São João.	41
Figura 13	Variação da concentração (mg.L ⁻¹) de K ⁺ em função da sazonalidade nas microbacias do (a) Cumaru e (b) São João.	41
Figura 14	Variação da concentração (mg.L ⁻¹) de NH ₄ ⁺ em função da sazonalidade nas microbacias do (a) Cumaru e (b) São João.	42
Figura 15	Variação da concentração (mg.L ⁻¹) de Ca ²⁺ em função da sazonalidade nas microbacias do (a) Cumaru e (b) São João.	43
Figura 16	Variação da concentração (mg.L ⁻¹) de Cl ⁻ em função da sazonalidade nas microbacias do (a) Cumaru, (b) São João.	44
Figura 17	Variação da concentração (mg.L ⁻¹) de NO ₃ ⁻ em função da sazonalidade nas microbacias do (a) Cumaru e (b) São João.	44
Figura 18	Variação da concentração (mg.L ⁻¹) de PO ₄ ³⁻ em função da sazonalidade nas microbacias do (a) Cumaru e (b) São João.	45
Figura 19	Variação da concentração (mg.L ⁻¹) de SO ₄ ²⁻ em função da sazonalidade nas microbacias do (a) Cumaru e (b) São João.	46
Figura 20	Variação da concentração de Ca ²⁺ nas nascentes (NCu e NSJ) e canal principal (Cu e SJ) das microbacias do (a) Cumaru (Cu) e (b) São	47

	João (SJ).	
Figura 21	Varição da concentração de Na^+ , NH_4^+ , K^+ , e Mg^{2+} nas nascentes (NCu e NSJ) e canal principal (Cu e SJ) das microbacias do (a,c,e,g) Cumaru (Cu) e (b,d,f,h) São João (SJ).	48
Figura 22	Varição da concentração Cl^- , NO_3^- e PO_4^{3-} e SO_4^{2-} nas nascentes (NCu e NSJ) e canal principal (Cu e SJ) das microbacias do (a,c,e,g) Cumaru (Cu) e (b,d,f,h) São João (SJ).	49
Figura 23	Varição da concentração de Ca^{2+} , K^+ , Mg^{2+} e Cl^- nas nascentes (NCu e NSJ) e canal principal (Cu e SJ) das microbacias do Cumaru (Cu) e São João (SJ) respectivamente.	51
Figura 24	Varição da concentração de Na^+ , NH_4^+ , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} e NO_3^- nas nascentes (NCu e NSJ) e canal principal (Cu e SJ) das microbacias do Cumaru (Cu) e São João (SJ) respectivamente.	52

INFLUÊNCIA SAZONAL E ESPACIAL NA HIDROQUÍMICA DE ECOSISTEMAS AQUÁTICOS NA AMAZÔNIA ORIENTAL

RESUMO

A qualidade da água do deflúvio é função de uma série de interações com o solo, rocha e biota da bacia hidrográfica, sendo necessário considerá-las no espaço e no tempo para a sua completa compreensão. Com isso, objetivou-se avaliar a dinâmica de cátions e ânions e de parâmetros físico-químicos em duas microbacias da Amazônia Oriental em função da sazonalidade e de diferentes ecossistemas. O estudo foi desenvolvido na microbacia do Cumarú e São João que se localizam no município de Igarapé-Açu, Pará. O uso da terra predominante trata-se de agroecossistemas que utilizam o sistema corte-queima. Coletou-se mensalmente, de janeiro a dezembro de 2006, amostras de água do deflúvio e determinou-se em campo parâmetros físico-químicos (pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido e temperatura). Através da Cromatografia iônica determinou-se Na^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+ , NH_4^+ , NO_3^- , Cl^- , SO_4^{-2} e PO_4^{-3} . O período chuvoso compreendeu os meses de janeiro a junho e o seco de julho a dezembro do corrente ano. A análise estatística aplicada seguiu a natureza dos dados, para isto aplicou-se testes paramétricos e não-paramétricos. Os parâmetros físico-químicos apresentaram diferenças que retratam a influência da sazonalidade, a presença de vegetação ripária exercendo o poder tampão e o processo de mineralização da matéria orgânica no ambiente aquático. A sazonalidade influenciou nas concentrações, dos cursos principais, de cálcio na microbacia do Cumarú. Nas nascentes, a variação do período seco e chuvoso, influenciou nas concentrações de sódio nas microbacias do Cumarú e São João, de magnésio na microbacia São João. A produção diferencial das concentrações de cátions, nas nascentes e cursos principais das microbacias estudadas, sugerem que a origem de alterações nos ecossistemas à montante das estações de coletas provocaram diferenças em tais concentrações.

Palavra-chave: Hidroquímica, sazonalidade, uso da terra.

SEASONAL AND INFLUENCE IN SPACE HYDROCHEMISTRY OF AQUATIC ECOSYSTEMS IN EASTERN AMAZONIA

SUMMARY

The water quality of the deflúvio is a function of a series of interactions with soil, rock and biota of the river basin, being necessary to consider them in space and time for their full understanding. With that aimed to assess the dynamics of anions and cations and physical-chemical parameters in two microbasins the eastern Amazon depending on the seasonality and different ecosystems. The study was conducted in the micro-Cumaru and St. John which are located in the municipality of Igarapé-Açu, Pará The predominant use of the land it is agroecosystems that use cutting-burning system. It is collected monthly from January to December 2006, water samples from the deflúvio and it was determined in camp physical and chemical parameters (pH, electrical conductivity, dissolved oxygen and temperature). Through ion chromatography it was determined Na^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+ , NH_4^+ , NO_3 , Cl^- , SO_4^{-2} e PO_4^{-3} . The rainy season comprised the period from January to June and dry from July to December this year. Statistical analysis applied followed the nature of the data, it was used for parametric tests and non-parametric. The physical and chemical parameters showed differences that reflect the influence of seasonality, the presence of riparian vegetation exercising the power buffer and the process of mineralization of organic matter in the aquatic environment. The seasonally influenced concentrations, the main courses of calcium in the micro-Cumaru. In the spring, the change in the dry season and rainy, influence the concentration of sodium in microbasins of Cumaru and St. John, magnesium in Saint John microbasin Production differential concentrations of ions, the fountains and main courses of microbasins studied, suggest that the origin of changes in the amount of stations ecosystems from collections caused differences in such concentrations.

Key word: Hidroquímica, seasonality, use of land.

1. INTRODUÇÃO

A água é de vital para a sobrevivência de todos os seres vivos uma vez que está presente na maioria dos processos metabólicos dos organismos vivos. Além dessa atuação vital, levando-se em conta o ciclo hidrológico, ela interage com todo o ambiente e com o ecossistema, acumulando todas as informações dessas interações e, assim, funcionando como indicador ambiental de grande eficiência, por exemplo, a alteração do uso do solo pelas atividades agrícolas e florestais, assim como a retirada e a mudança do tipo de cobertura vegetal, influenciam de maneira significativa a hidrologia de superfície (OKI, 2002).

A bacia hidrográfica é uma unidade geográfica formada por uma área da superfície terrestre, que contribui na formação e no armazenamento de um determinado curso d'água. Uma bacia hidrográfica, geralmente é formada por inúmeras microbacias que por sua vez possuem inúmeros pequenos riachos, que formam a malha de drenagem dessa bacia (ALVES, 2000).

Embora os grandes rios sejam característicos da bacia Amazônica, seu fluxo e características químicas dependem da densa trama de rios menores e são esses normalmente que recebem as primeiras influências das atividades humanas (PIEDEDE & SANTOS, 2007).

Por sua vez, os rios dependem, para sua existência, da água que precipita nas áreas de captação de suas bacias. Esta água transporta o que possa ser mobilizado pela sua ação física e/ou química, resultando nos produtos solúveis transportados pelos rios, ou mesmo, armazenados temporariamente no sub-solo. A composição química fluvial é, portanto, um reflexo das interações água, rocha, solo e vegetação (FORTESCUE, 1980).

O canal fluvial pode funcionar, desta maneira, como integrador dos fluxos das bacias tributáveis e seus respectivos cenários ambientais. A variação hidroquímica do canal amostrado representa, portanto, a área drenada a montante do ponto de amostragem e reflete as características biogeoquímicas do cenário ambiental em questão (DREVER, 1982; BROWN & BIDONE, 1988). Por conseguinte, as variações temporal e espacial no transporte de solutos é regulada tanto pela composição química e volume das águas das chuvas, quanto pelas características da bacia - litologia, solo, relevo e vegetação. Além disso, a dinâmica hidrológica do sistema, com suas velocidades associadas, tempos de residência, e magnitude dos estoques interfere decisivamente nestas variações (WALLING & WEBB, 1986).

Tucci & Clarke (1997), abordam que o desenvolvimento econômico e a expansão das fronteiras agrícolas produziram alterações significativas na superfície e no uso do solo em países em desenvolvimento como o Brasil.

O uso e a cobertura do solo têm papel fundamental no delineamento do ambiente em escala global, regional e local (KRUSCHE et al., 2005). A qualidade da água é influenciada por atividades antropogênicas na bacia hidrográfica, e as mudanças que nelas ocorrem dependem do tipo e da dimensão dessas atividades, bem como das características específicas de cada região (KISHI, 2006).

As mudanças no uso e na cobertura do solo estão provocando significativas alterações no balanço de água, com reflexo nas camadas superficiais e subsuperficiais, causando modificações no sistema ecológico e na qualidade da água. Parâmetros físico-químicos, como pH, condutividade elétrica e oxigênio dissolvido, são igualmente afetados pelo uso e cobertura do solo e assim também influenciam os ciclos biogeoquímicos e o funcionamento da bacia (ROSA, 2007).

Tais observações favorecem a elaboração do seguinte problema: Qual a influência do(s) fatores antropogênicos e da variação sazonal nas propriedades químicas e físico-químicas da matriz hidroquímica?

Diante disto, podemos propor a seguinte hipótese: *“Se o fator antropogênico for evidenciado pelo uso da terra, aliado aos insumos pode ser eficaz na produção de efeitos de alterações da composição média de ânions e cátions na matriz hidroquímica nas estações de secções à jusante; logo assume-se como força controladora predominante sobre ecossistemas aquáticos o fator antropogênico (uso de diferentes ecossistemas)”*.

Para testar esta hipótese, avaliou-se a dinâmica de cátions e ânions e de parâmetros físico-químicos em duas microbacias da Amazônia Oriental em função da sazonalidade e de diferentes ecossistemas.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 INFLUÊNCIA ESPAÇO-TEMPORAL NA QUALIDADE DA ÁGUA

A Bacia Amazônica é privilegiada quanto à disponibilidade de água. Com uma área de 7 milhões de quilômetros quadrados (58% em território brasileiro), esta região detém e contribui com 20% da água que os rios lançam nos oceanos. A energia de condensação liberada pela precipitação influencia os padrões climáticos globais. A cobertura vegetal é responsável pela ciclagem de cerca de 50% da água de precipitação. Este oceano de águas doces é um ecossistema complexo, com uma alta diversidade de plantas e animais que se distribuem em uma densa trama de rios, lagos e área alagáveis, de diferentes ordens de grandeza, que cobrem toda bacia hidrográfica. (PIEIDADE & SANTOS, 2007)

O estudo de microbacias hidrográficas permite verificar a relação sistêmica entre os elementos envolvidos, sendo desta forma considerado um instrumento de grande importância, uma vez que a microbacia possui contornos bem definidos e funciona como um sistema aberto e sensível a qualquer alteração no ambiente, que por sua vez pode ser mensurado através da qualidade da água. (OKI, 2002).

Margalef (1994) ressalta que os vários processos que controlam a qualidade de água de um rio, fazem parte de um complexo equilíbrio, motivo pelo qual qualquer alteração na bacia hidrográfica pode acarretar alterações significativas, sendo as características físicas e químicas da água de um rio indicadores da “saúde” do ecossistema terrestre, que podem ser utilizadas para o controle e o monitoramento das atividades desenvolvidas em uma bacia hidrográfica.

A qualidade da água do deflúvio é função de uma série de interações com o solo, rocha e biota da bacia hidrográfica, sendo necessário considerá-las no espaço e no tempo para a sua completa compreensão (WALLING, 1980).

Dentre as variáveis de qualidade da água, podem-se destacar a temperatura (T), pH, oxigênio dissolvido (OD) e conteúdo matéria orgânica (MO). A temperatura da água influencia na concentração de outras variáveis, como OD e MO (PORTO et al., 1991), sendo a radiação solar, segundo ARCOVA et al. (1993), a principal variável que controla a temperatura da água de pequenos rios. O pH fornece indícios sobre a qualidade hídrica (água superficial valor entre 4 e 9), o tipo de solo por onde a água percorreu e indica a acidez ou a alcalinidade da solução (MATHEUS et al., 1995). O teor de OD expressa a quantidade de oxigênio dissolvido presente no meio, sendo que a sua concentração está sujeita às variações diária e sazonal em função da temperatura, da atividade fotossintética, da turbulência da água e da vazão do rio (PALMA-SILVA, 1999), podendo reduzir-se na presença de sólidos em suspensão e de substâncias orgânicas biodegradáveis, como esgoto doméstico, vinhoto e certos resíduos industriais (MATHEUS et al., 1995). A decomposição da MO nos cursos d'água pode diminuir o teor de OD, bem como o pH da água, pela liberação de gás carbônico e formação de ácido carbônico a partir deste (PALHARES et al., 2000).

A qualidade da água é reflexo do efeito combinado de muitos processos que ocorrem ao longo do curso d'água (PETERS & MEYBECK, 2000). De acordo com Lima (2001), a qualidade da água não se traduz apenas pelas suas características físicas e químicas, mas pela qualidade de todo o funcionamento do ecossistema.

As características inerentes de cada espécie e as variações climáticas, assim como a colheita e o preparo do solo alteram o regime de vazão e a concentração de nutrientes na água

em uma microbacia. Logo, atividades como corte da floresta ou desbastes, assim como a substituição de espécies de raízes profundas por espécies de raízes superficiais, promovem o aumento na produção de água, pela alteração na taxa de evapotranspiração (BROOKS et al, 1991).

Donadio, Galbiatti & Paula (2005) objetivando verificar a influencia da ação antrópica e de remanescentes vegetais, estudaram quatro nascentes da bacia Córrego Rico, SP, duas com a presença de remanescentes natural e duas com predominância de atividades agrícolas, em dois períodos, chuvoso e seco. Concluiu-se que os períodos de amostragem, assim como as características e diferentes uso dos solos influenciam na qualidade da água. As comparações entre os períodos seco e chuvoso, de maneira geral, as médias obtidas para o período seco foram inferiores às obtidas para o chuvoso, para fósforo e nitrogênio.

A Amazônia, com suas características ecossistêmicas específicas e o predomínio da forma de produção familiar rural, embora seja uma região abundante em recursos hídricos, carece de estudos que contemplem a interferência das mudanças de uso da terra na qualidade deste recurso natural em suas áreas de influência. As unidades de produção familiar rural da Amazônia, que têm enfrentado ao longo de décadas o dilema da falta de apoio social, de infraestrutura, de incentivos econômicos, de assistência técnica, de extensão rural e de programas e mecanismos efetivos para comercialização de seus produtos, adotam manejos agrícolas, em especial a prática do preparo de área para cultivo com uso do fogo, extremamente degradadores dos recursos naturais. Se não bastasse o impacto ambiental oriundo da agricultura familiar, nas várias regiões amazônicas de velhas fronteiras, onde ocorreu o mais recente processo brasileiro de ocupação humana sem planejamento de uso da terra, observa-se que atividades como a exploração madeireira sem manejo florestal, a pecuária extensiva, a agricultura mecanizada em grande escala e a própria sucessão familiar, têm configurado um quadro não só de concentração fundiária e a conseqüente escassez e elevação do preço da terra, mas também de degradação ambiental, com elevado impacto sobre os recursos hídricos.

Os modelos de estudos baseados apenas nas características físicas e químicas comuns, que procuram identificar os principais fatores ambientais controladores da química destas águas, (GIBBS, 1970; SIOLI, 1975; STALLARD, 1983 citados por LEITE, 2004), não levam em conta as alterações promovidas pelo homem, que passou a ser um importante agente na atual estrutura da paisagem destes ecossistemas, principalmente através de práticas arcaicas de manejo da terra para fins agropecuárias (WALKER & HOMMA, 1996). Dentro deste contexto, a Bacia Amazônica deixou de ser um sistema intocado e composto majoritariamente

por florestas tropicais úmidas, para se tornar uma região modificada pelo desmatamento (RICHEY, 1997).

A ocupação e uso do solo pelas atividades agropecuárias alteram sensivelmente os processos biológicos, físicos e químicos dos sistemas naturais. Estas alterações ocorridas em uma bacia hidrográfica podem ser avaliadas através do monitoramento da qualidade da água. Por meio do ciclo hidrológico, as chuvas precipitadas sobre as vertentes irão formar o deflúvio (escoamento) superficial que irá carrear sedimentos e poluentes para a rede de drenagem. Desta forma, o rio é um integralizador dos fenômenos ocorrentes nas vertentes da bacia, que pode ser avaliado pelos parâmetros de qualidade da água (MERTEN & MINELLA 2002).

Outra fonte importante de contaminação das águas refere-se à poluição causada pelas atividades de pecuária em sistemas de confinamento, como a suinocultura, a pecuária de leite e a avicultura. Os problemas causados por essas atividades tendem a crescer no Brasil, devido, principalmente, ao crescimento do consumo interno e da exportação de carne de aves e suínos. Entre as atividades de pecuária, a que representa maior risco à contaminação das águas é a suinocultura, devido à grande produção de efluentes altamente poluentes produzidos e lançados ao solo e nos cursos de água sem tratamento prévio (EMBRAPA, 1998).

Entretanto, tais conseqüências para ambientes aquáticos tropicais são ainda baseados em resultados de estudos muitas vezes realizados em ambientes com climas e condições ambientais totalmente diferentes dos encontrados na região Amazônica (LIKENS & BORMANN, 1995; COLLINS & JENKINS, 1996; PEKAROVA & PEKAR, 1996; RHODES et al., 2001). Estudos para avaliar os efeitos das alterações do uso e cobertura da terra na biogeoquímica de rios localizados em bacias de drenagem dos trópicos são restritos a poucos exemplos (WILLIAMS, 1997; BIGGS, 2002; BALLESTER et al., 2003; KRUSCHE et al., 2005).

Alguns estudos efetuados em pequenos rios de 1º ordem apontam que tais mudanças na dinâmica de nutrientes do solo podem alterar as características químicas do ecossistema aquático (LEITE, 2004).

Melo, Silva & Miranda (2005) estudaram a influência antrópica e sazonal em microbacias da cidade de Manaus-Am. Dentre as bacias estudadas, a do Tarumã-Açu situada na área rural, apresentou águas ácidas, com baixa condutividade elétrica, altos teores de oxigênio dissolvido e baixas concentrações de cátions e ânions, com ligeira diminuição de sódio e potássio no período chuvoso. Os autores não observaram variações significativas entre

as estações seca e chuvosa nos canais da bacia do Tarumã, o que é indicativo de ambiente natural da região, com exceção dos íons cálcio e magnésio, que no período chuvoso apresentam valores altos, o que sugere-se que esses elementos estão sendo introduzidos ao meio hídrico por águas pluvias que lavam os solos da região.

O conceito tradicional, em relação aos fatores que determinam as variações temporais da composição iônica das águas em sistemas fluviais é baseado em processos geoquímicos que ocorrem entre as rochas das respectivas bacias de drenagem (DREVER, 1982). Segundo este modelo, nos períodos de estiagem, o fluxo de base permite um contato mais longo da solução com as rochas, favorecendo o intemperismo químico e o “enriquecimento” da mesma em íons. Nos períodos de maiores precipitações, a água da chuva, menos “rica” em sais, provoca uma diluição destas águas, e as concentrações dos íons diminuem (BOLSON, 2006).

Por outro lado, Markewitz et al. (2001), ao analisar as variações temporais das concentrações de íons maiores nas águas de um igarapé no leste da Amazônia, observou um padrão oposto, com as maiores concentrações no período mais chuvoso e as menores no período de estiagem. Este autor atribui este comportamento ao grau elevado de intemperização das rochas da região, postulando que o estoque de cátions neste tipo de bacia de drenagem encontra-se nos solos. Desta forma, a lixiviação do solo pelas águas da chuva tende a carrear uma solução mais rica em sais do que aquela presente durante o fluxo de base, pois mesmo que o tempo de contato com as rochas sejam maior, estas não possuem quantidade significativa de sais intemperizáveis.

Com isso, a qualidade da água é influenciada por atividades antropogênicas na bacia hidrográfica. As mudanças que ocorrem dependem do tipo e da dimensão dessas atividades, bem como das características específicas de cada região. Influências em particular da geologia, pedologia (WADE et al., 1999) e topografia (WOLOCK et al., 1990) na química da água tem sido pesquisadas. Além disso, a localização de fontes de alto potencial de poluição, bem como de cobertura do solo, que amenizam a degradação tem mostrado ser um fator relevante na análise da qualidade das águas superficiais. No estudo de Cressie & Majure (1997), a localização da pecuária intensiva concentrada mostra influências significativas no nível de nitrato nos cursos de água. No caso da presença de vegetação, cuja localização próxima a áreas agrícolas (NIKOLAIDIS et al., 1998) e ao longo das margens dos rios (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL, 1998), pode diminuir a concentração de nitrato na água.

Os elementos dissolvidos nos cursos d'água não são originários apenas de fontes naturais - as fontes antrópicas são também de grande importância. Neste contexto, o uso da

terra pode promover modificações nos processos geoquímicos supergênicos, elevando o conteúdo dos constituintes inorgânicos das águas fluviais – cátions e ânions. (Coombes, 1986).

Primavesi et al. (2002), avaliando a qualidade da água em áreas com diferentes usos do solo, verificaram que, na nascente com vegetação ripária, a qualidade da água se mostrou melhor que nas nascentes com uso agrícola, sendo a condutividade elétrica, pH, e oxigênio dissolvido (OD) dentre as variáveis que mais explicaram essas diferenças.

Outro fator que interfere na composição química das microbacias é a retirada da vegetação; um em estudo realizado no lago Calado próximo da cidade de Manaus foi encontrado uma forte correlação entre o desmatamento e o balanço hidroquímico dos rios, expresso através da redução na evapotranspiração com subsequente aumento na descarga e transporte de solutos (WILLIAMS & MELACK, 1997).

Sob este aspecto, a importância de estudar-se os fluxos hidrogeoquímicos em pequenas bacias na região amazônica é também evidenciada pelo fato de que a soma do comprimento dos canais dos rios de primeira ordem é de cerca de 65% do comprimento total dos afluentes do rio Amazonas. Além disso, os ciclos biogeoquímicos nos pequenos rios estão intrinsecamente associados aos processos que ocorrem na zona ripariana e nos ecossistemas junto às cabeceiras destes (McClain e Elsenbeer, 2001), e assim funcionam como corredores que conectam os ecossistemas terrestres aos grandes rios. Soma-se a isto o fato de que, a escassez de recursos hídricos é hoje notadamente uma das maiores preocupações de cunho ambiental em grande parte das nações do planeta. A qualidade deste recurso natural, assim como seu volume disponível, surgem como pontos estratégicos ao desenvolvimento e qualidade de vida dos diversos povos. Por conseguinte, cresce a demanda por pesquisas científicas que abalitem a utilização destes recursos e a ocupação de áreas que compreendam bacias hidrográficas importantes local, regional e globalmente.

Pereira & Silva (2001) ao estudarem a qualidade da água na microbacia do arroio Capivara, RS, sob influencia de atividade agropastoril, encontraram pouca variação da temperatura e o pH neutro no inverno e com tendência a ácido no verão. Com relação ao oxigênio dissolvido detectou concentrações elevadas, com a menor saturação detectada no verão.

Horbe et al. (2005) em investigações para a contribuição da hidroquímica determinaram parâmetros físico-químicos e químicos de duas microbacias no município de Manaus, Am, levando em consideração a variação sazonal. As bacias do Puraquequara e Águas brancas, alvo deste estudo, têm nos sítios de suas cabeceiras florestas nativas quase

totalmente preservadas. As águas ácidas apresentaram pH entre 3,8 e 4,1 passando a menos ácidas no período de estiagem. A condutividade elétrica por outro lado, são mais elevadas no período chuvoso. A temperatura da água apresentou poucas variações ao longo dos dois períodos analisados.

No que se refere aos parâmetros químicos o Cl^- foi o ânion mais abundante e predominam, no geral no período mais seco. O NH_4^+ tende a aumentar sua concentração no período úmido e as concentrações são indícios de contaminação. Os teores de K^+ são mais elevados que os de Mg^{2+} e estes que os de Ca^{2+} e todos superados por Na^+ . Estes cátions nestas microbacias são provenientes do intemperismo das rochas sedimentares da formação Alter do Chão, fato que explica a predominância destes no período seco, enquanto que o Na^+ além dessa proveniência também tem origem nas águas pluviais.

Carvalho, Schlittler & Tornisielo, (2000) conduziram experimento em duas microbacias, Ribeirão da Onça e do Feijão, a oeste de São Paulo, margeadas por florestas secundárias, ripárias e áreas de pasto. Concluíram que a temperatura da água é o parâmetro mais influenciado pela sazonalidade; o pH das águas estavam próximo da neutralidade em virtude da pluviosidade no verão ocasionar em maior lavagem do solo.

As águas da bacia do Cumaru, Igarapé-Açu, também foram amostradas por Wikel (2004) buscando contemplar a dinâmica de nutrientes em sub-bacias que drenavam áreas queimadas, trituradas e área controle. Observou-se que as entradas anuais de nutrientes são aproximadamente iguais às saídas e que após períodos secos ocorreu a saída de cálcio, sulfato e nitrogênio; este efeito diminuiu com o progresso da estação chuvosa. No canal principal, elevadas saídas de cálcio e nitrogênio foram observadas mais comumente devido a fontes como extensas áreas de plantações de primenta-do-reino. O transporte rápido da água e de nutrientes dos campos na forma de fluxo superficial foram ausentes.

3. ÁREA DE ESTUDO

As coletas de água foram realizadas em duas microbacias de primeira e segunda ordem, localizadas no município de Igarapé-Açu, a cerca de 100 km de Belém (Pa), situado na mesorregião do Nordeste do Pará, na microrregião Bragantina. O acesso às estações de coleta parte de Belém, capital do estado do Pará, através da Rodovia Federal BR 316 e estadual PA-127. Tais áreas apresentam similaridade quanto suas características climáticas, geológicas, pedológicas e sócio-econômicas.

As microbacias Cumaru (IGCU) e São João (IGSJ) são afluentes do Rio Maracanã. A figura 01 ilustra a localização das microbacias e das estações de coleta nas microbacias estudadas.

A área de estudo tem sua geologia atribuída por unidades cenozóicas. Estratigraficamente a região é composta por sedimentos terciários do Oligo-Mioceno (Formação Pirabas), do Mio-Plioceno (Grupo Barreiras) e sedimentos quaternários do Pleistoceno (Formação Pós-Barreiras). A topografia trata-se de uma área que apresenta relevo plano e ligeiramente ondulado, com elevação de 30 a 70m (SOMMER, 2004).

O clima local é classificado como sendo tipo Am de Koppen. Este clima possui características intermediárias entre Af e Aw, cujo regime pluviométrico define uma curta estação seca, com total pluviométrico superior a 2000 mm e pelo menos um registro pluviométrico mensal inferior a 60 mm. As médias mensais das temperaturas variam entre 24,9°C e 27,8°C e a umidade relativa varia entre 80% a 89%. O total anual de chuvas em Igarapé-Açu varia entre 2.300 mm e 2.800 mm (Bastos & Pacheco, 2000). No entanto, as chuvas não se distribuem homogeneamente durante o ano, ocorrendo com maior frequência entre março e maio, e menor entre outubro e dezembro.

A figura 2 ilustra os dados mensais de precipitação do município de Igarapé-Açu, os quais foram disponibilizados pelo Laboratório de Climatologia da Embrapa Amazônia Oriental, a partir de dados da estação meteorológica está localizada nas coordenadas geográficas 01°12'S e 47°36'W.

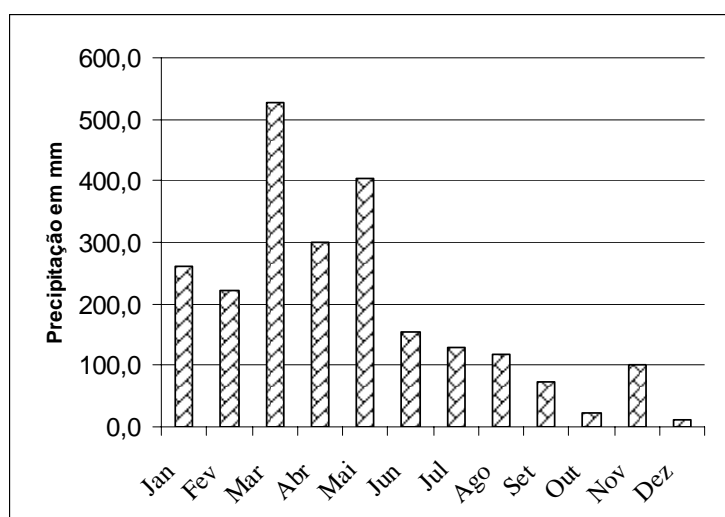
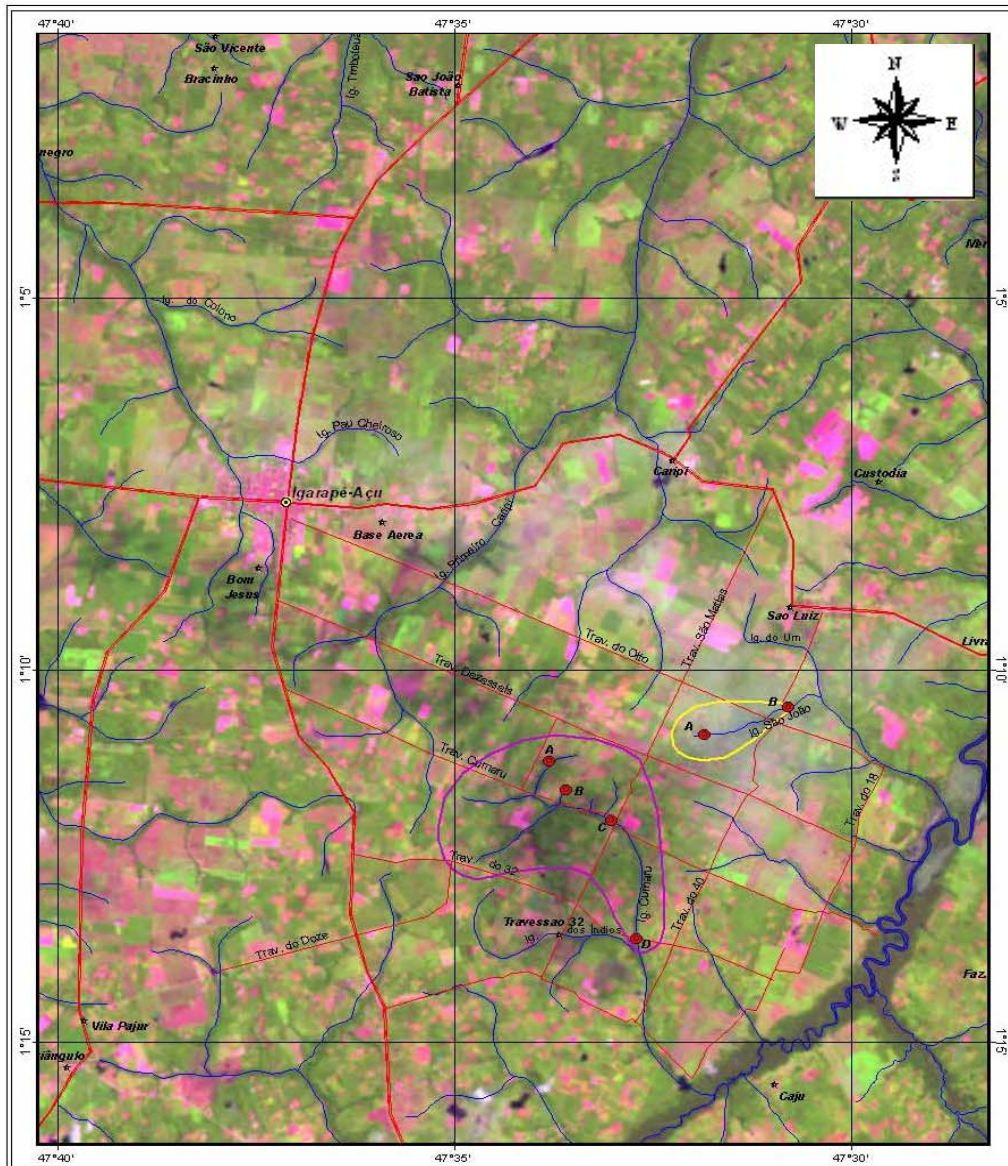
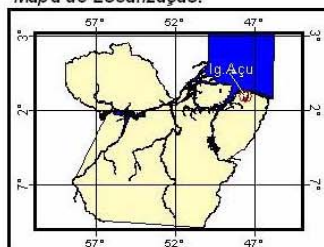


Figura 2. Precipitação (mm) mensal do período de janeiro a dezembro de 2006.



Fonte: Imagem de satélite landsat 7ETM, composição colorida 5R4G3B de 15/05/2004.

Mapa de Localização:



Escala: 1:100.000
1 0 1 2 3 Km

Legenda:

- Pontos de Coleta
- Sede de Igarapé-Açu
- ★ Localidades
- Estradas
- Rodovias
- Drenagem
- Ig. São João
- Ig. Cumaru

Figura 1- Microbacias Cumaru e São João no município Igarapé-açu, Pará, Brasil.

Pode-se verificar que a precipitação se distribui de maneira heterogênea no decorrer do período de coleta. Podendo-se dividir basicamente em duas estações do ano, para fins de comparação das concentrações dos elementos químicos e dos parâmetros físico-químicos com a sazonalidade.

Os meses de março, abril e maio são os que abrangeram a maior abundância de chuvas com 527 mm, 300 mm e 402 mm de chuva, respectivamente, já o período de setembro a dezembro foram os que registraram-se os menores valores de precipitação de 23,8 mm, 100,6 mm e 12,2 mm. Para isto, classificou-se como estação chuvosa o período que compreende os meses de janeiro a junho e de estação seca o período que inicia no mês de julho e se estende até dezembro do ano de 2006.

A figura 3 ilustra os dados de precipitação diária que também foram disponibilizados pelo Laboratório de Climatologia da Embrapa Amazônia Oriental a partir da mesma estação meteorológica supracitada.

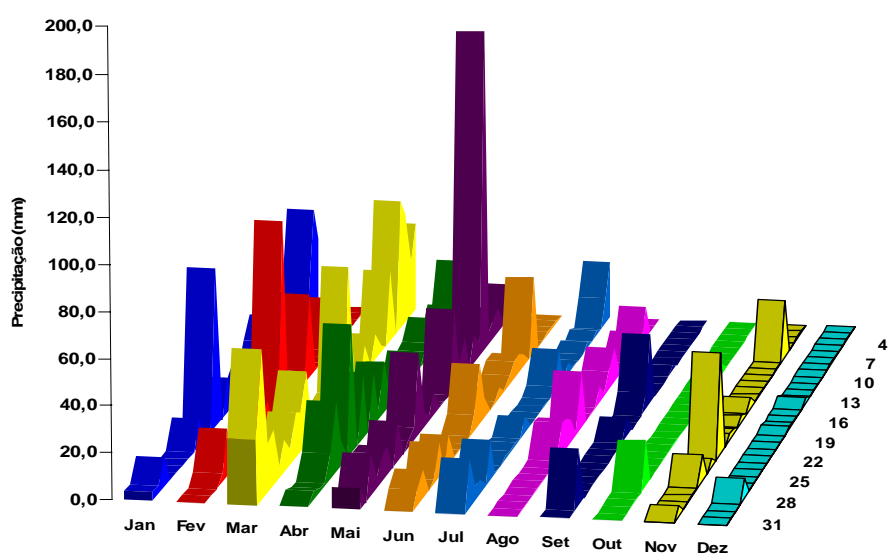


Figura 3- Precipitação diária (mm) durante o período da coleta (janeiro a dezembro de 2006) em Igarapé-Açu, Pará.

O total de chuvas no ano amostrado foi de 2320,7 mm, sendo considerado um valor abaixo da somatória mensal dos cinco anos precedentes a estudo (2002 a 2006) a qual foi de 2.509mm, segundos dados do Laboratório de Climatologia da Embrapa.

As coletas foram realizadas de janeiro a dezembro do ano de 2006 em estações de coleta localizados em nascentes e ao longo dos canais principais, contemplando situações a montante e a jusante das áreas drenadas pelas atividades agrícolas abordadas, predominantemente agricultura familiar na região.

As microbacias estudadas foram selecionadas de acordo com critérios pedogeoquímicos e de uso da terra, assim como as estações de coleta foram distribuídas buscando contemplar a dinâmica de cátions e ânions em situações de nascentes situadas nas cabeceiras e de fluxos de corrente nos canais principais destas microbacias, em áreas sob diferentes graus de impacto antrópico, e também considerando a facilidade de acesso da equipe de pesquisa. As coordenadas geográficas dos pontos de amostragem encontram-se listadas na tabela 1.

Tabela 1- Estações de coleta, com respectivas localizações e áreas das sub-bacias.

Código	Microbacias	Estações de Coleta	Coordenadas	Área (ha)
IGCU-A	Cumaru	Nascente	01° 11' 25.0'' S e 47° 34' 00.9'' W	11,20
IGCU-B	Cumaru	Nascente	01° 11' 36.2'' S e 47° 33' 39.8'' W	8,62
IGCU-C	Cumaru	Canal	01° 12' 00.8'' S e 47° 33' 04.3'' W	1.180,28
IGCU-D	Cumaru	Canal	01° 13' 31.0'' S e 47° 32' 46.3'' W	1.849,68
IGSJ-A	São João	Nascente	01° 10' 47.7'' S e 47° 32' 35.5'' W	181,73
IGSJ-B	São João	Canal	01° 10' 30.0'' S e 47° 30' 56.1'' W	570,51

É expressiva a utilização de agroecossistemas na região de Igarapé-Açu, dentre as principais culturas destacam-se o milho, o feijão caupi e a mandioca, além de cultivos industriais, como o maracujá e a pimenta-do-reino (SILVA *et al.*, 1999).

O preparo do solo para implantação destes cultivos ocasiona, via de regra, a degradação dos solos, envolvendo o uso de elevadas quantidades de agrotóxicos, principalmente utilizados na cultura do maracujá. Também encontram-se grandes áreas de florestas secundárias em diferentes estágios sucessionais, ocupando as margens dos cursos de água, servindo como vegetação ripária.

Por outro lado, as vegetações ripárias vêm sofrendo impactos, através de sua retirada para atender a expansão de áreas de cultivo agrícolas, assim também para suprir a escassez de madeira para as pequenas propriedades rurais da região. A paisagem predominante trata-se de florestas secundárias de diferentes estágios sucessionais, seguidas por pastagens e

agroecossistemas. Os percentuais de área ocupada pelas diferentes classes de uso da terra nas bacias estudadas foram calculados a partir da imagem Landsat, e encontram-se na Tabela 1A.

O uso da terra na microbacia do Cumarú é composto predominantemente por ecossistemas de floresta densa, capoeira alta, capoeira baixa, pasto sujo, pasto limpo e cultura agrícola (Figura 4).

As estações de coleta, IGCU-A e IGCU-B, foram localizadas em nascentes na microbacia do Cumarú, possuem sua zona ripária protegida por capoeira alta, drenam áreas que se constituem em sub-bacias com predominância de capoeira baixa e com pequenas ocorrências de cultivos agrícolas (Figura 04). Essas sub-bacias ficam isentas da ocorrência de classes de pasto sujo ou limpo e de floresta densa.

As estações de coleta que contemplam o canal principal da bacia Cumarú (Figura 4), estão localizadas em áreas de capoeira alta e de floresta densa (IGCU-C e IGCU-D, respectivamente) e drenam sub-bacias também com predominância de capoeira baixa. Embora ocorram pastagens, essas em geral situam-se em áreas mais distantes do microbacia. Imagens dos pontos de coleta localizados no curso principal do Igarapé Cumarú podem ser observadas nos Figura 1A.

Os tipos de solos predominante na bacia Cumarú é o Argissolo Amarelo de textura arenosa média (PAd2 e PAd3) com ocorrência de Latossolo Amarelo distrófico típico com textura média e Neossolo Quartzarenico hidromórfico típico (Figura 5).

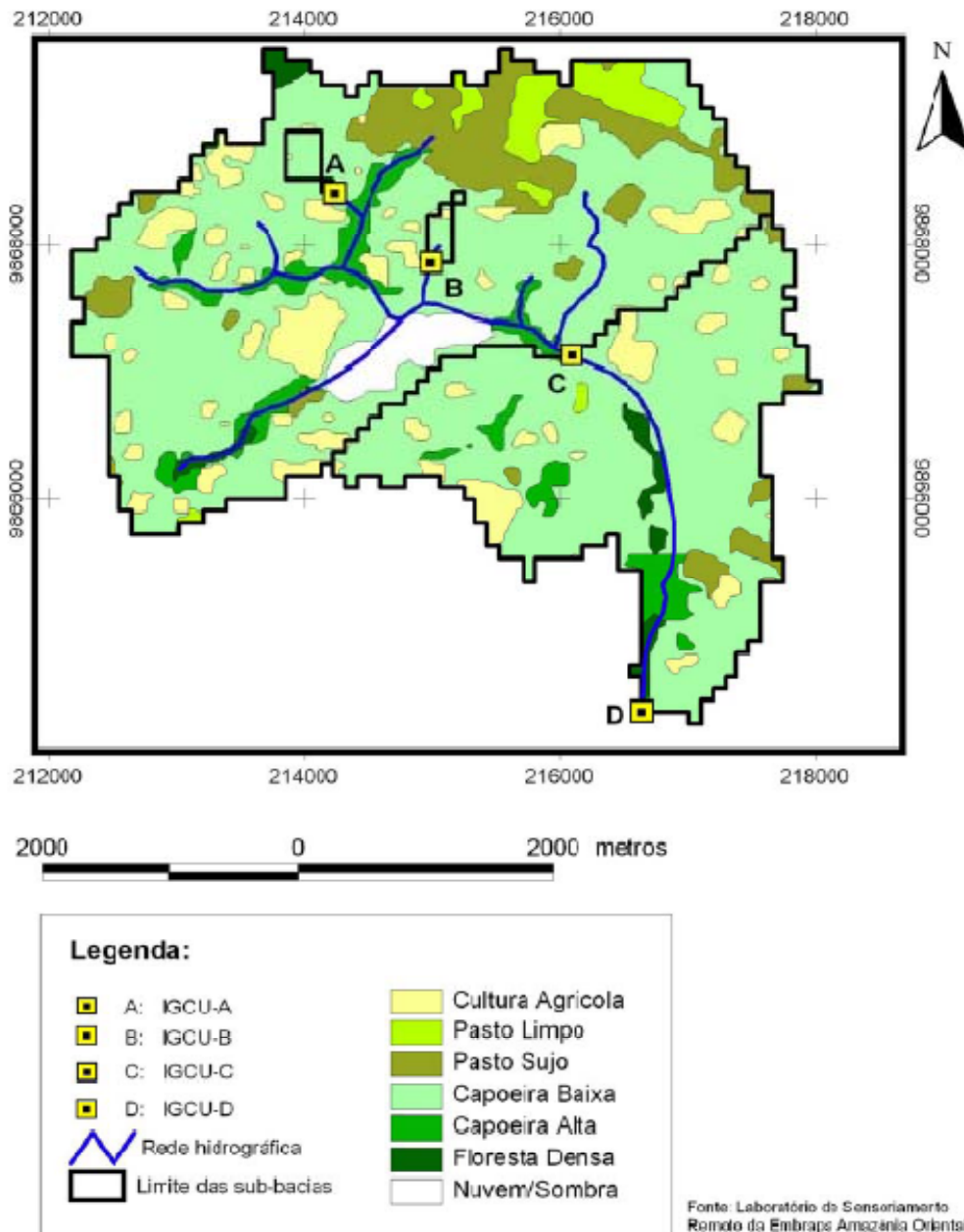


Figura 4 – Uso e cobertura do solo em 2004, destacando estações de coletas na microbacia Cumaru, município de Igarapé-Açu, PA. Coordenadas UTM, datum SAD69, zona 23S. (EMBRAPA: Laboratório de Sensoriamento Remoto)

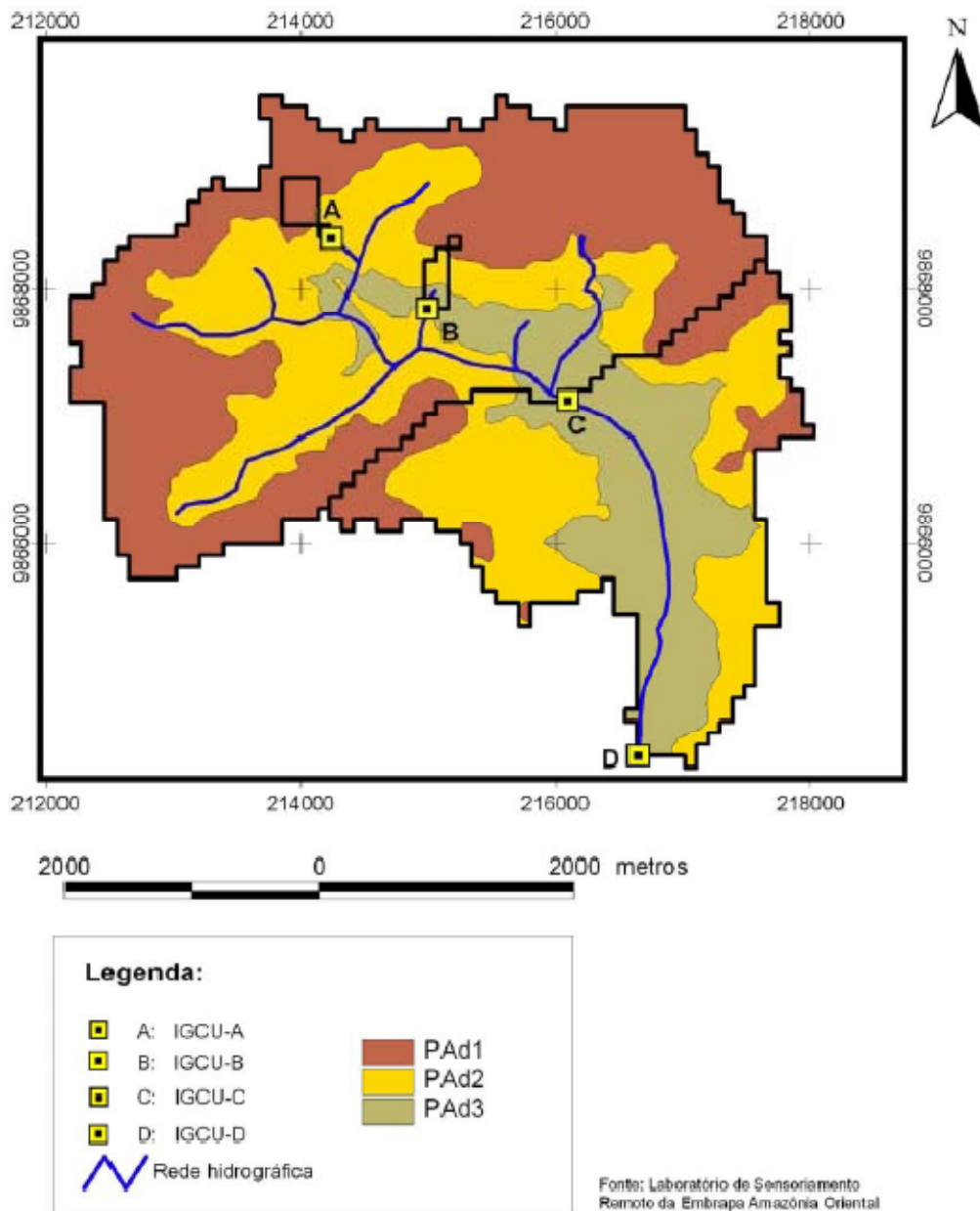


Figura 5 – Solos das sub-bacias amostradas na bacia do Cumaru, município de Igarapé-Açu, PA. Coordenadas UTM, datum SAD69, zona 23S. (EMBRAPA: Laboratório de Sensoriamento Remoto)

O mapa de uso e cobertura do solo está ilustrado na figura 6. A estação de coleta localizada na nascente (IGSJ-A), na microbacia São João, é margeada por vegetação ripária do tipo capoeira alta. Drena uma área com predominância de capoeira baixa e com presença de culturas agrícolas. O curso principal desta microbacia (IGSJ-B) possui sua margem protegida por capoeira alta e floresta densa, drena uma área com predominância de capoeira baixa e com ocorrência de pasto limpo e pasto sujo. Imagens das estações de coleta do Igarapé São João podem ser observadas nos Figura 1A.

No Igarapé São João, assim como no Igarapé Cumaru, observa-se a predominância de Argissolo Amarelo. A margem do igarapé cercada por solos de textura arenosa/média (PAd3), os quais são cercados por solos também de textura arenosa/média (PAd2), com ocorrências de solos do tipo Latossolo Amarelo distrófico típico com textura média e Neossolo Quartzarenico hidromórfico típico, respectivamente (Figura 7).

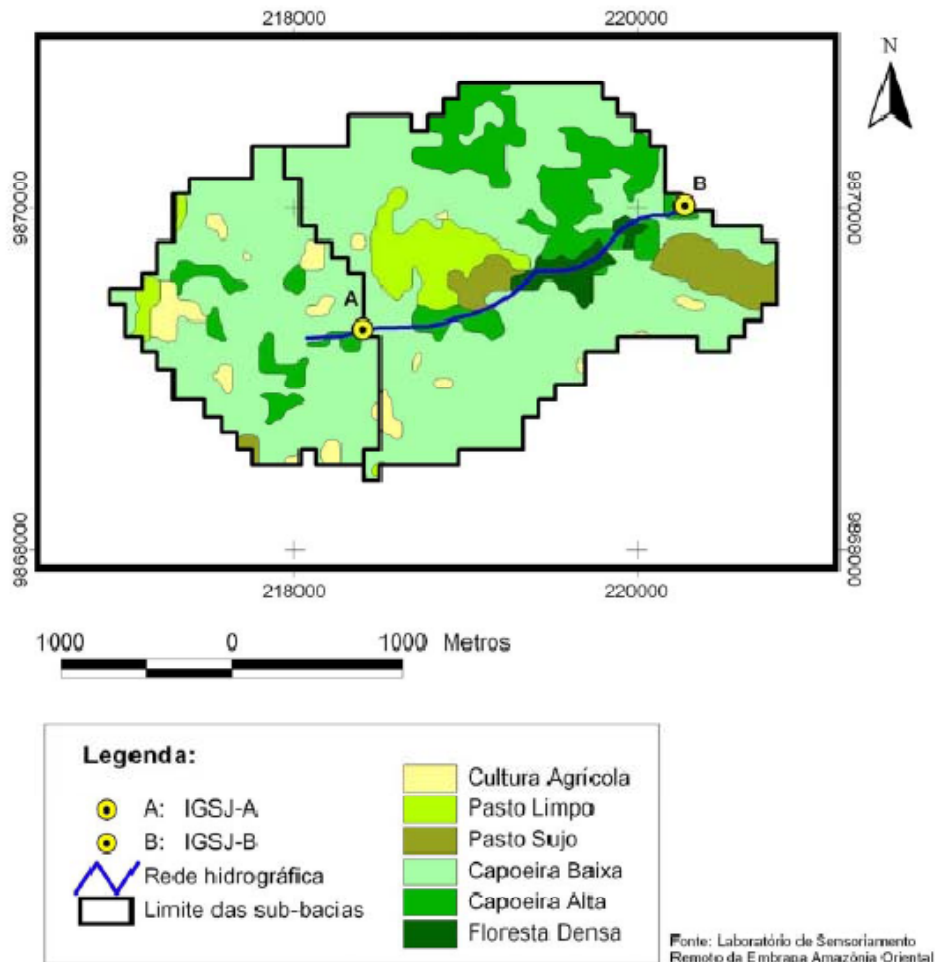


Figura 6 – Mapa de uso e cobertura do solo em 2004, destacando pontos e sub-bacias amostrados na microbacia São João, município de Igarapé-Açu, PA. Coordenadas UTM, datum SAD69, zona 23S. (EMBRAPA: Laboratório de Sensoriamento Remoto)

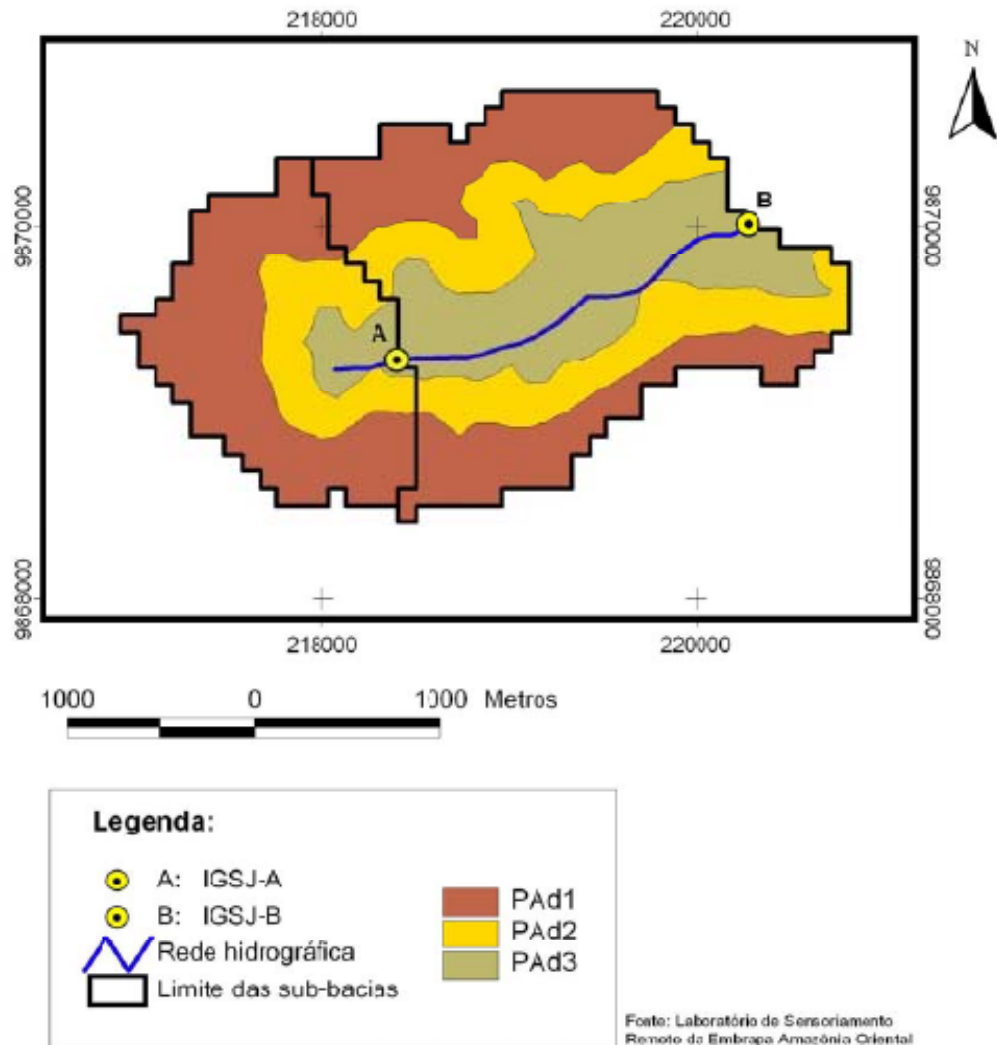


Figura 7 – Mapa de solos das sub-bacias amostradas na bacia do Igarapé São João, município de Igarapé-Açu, PA. Coordenadas UTM, *datum* SAD69, zona 23S. (EMBRAPA: Laboratório de Sensoriamento Remoto)

Tabela 2- Descrição dos solos predominantes nas Microbacias Cumaru e São João.

Classe – ARGISSOLO AMARELO	
PA d1	ARGISSOLO AMARELO Tb Distrófico típico, textura arenosa/média + ARGISSOLO AMARELO Distrófico concrecionário, textura média argilosa. A moderado, fase floresta equatorial subperenifólia, relevo suave ondulado.
PA d2	ARGISSOLO AMARELO Tb Distrófico típico, A moderado, textura arenosa/média, fase floresta equatorial subperenifólia, relevo plano + LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico, textura média. A moderado, relevo plano a suave ondulado.
PA d3	ARGISSOLO AMARELO Tb Distrófico típico, A moderado, textura arenosa/média, fase floresta equatorial subperenifólia, relevo ligeiramente plano + NEOSSOLO QUARTIZARÊNICO Hidromórfico típico. A moderado, floresta equatorial higrófila de várzea, relevo plano.

Fonte: Laboratório de Sensoriamento Remoto da Embrapa Amazônia Oriental.

4. MÉTODOS

4.1 DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Os parâmetros pH, temperatura, condutividade elétrica e oxigênio dissolvido foram determinados *in situ* através de equipamentos portáteis de campo, seguindo as metodologias recomendadas pela American Public Health Association APHA, American Water Works Association - AWWA, Water Pollution Control Federation - WPCF (1995) e pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB (1978).

O pH e a temperatura da água foram determinados utilizando-se o método potenciométrico, por meio de um aparelho digital, com eletrodo combinado de vidro e calomelano, correção de temperatura para 25°C, da marca ORION, modelo 290A plus. A calibração foi realizada através da imersão do eletrodo de vidro em soluções-tampão de pH 4,00, 5,00 e 7,00 (CETESB, 1978). Em cada ponto de coleta, foram realizadas dez medições de pH e, em seguida, calculado os valores médios.

A condutividade elétrica foi determinada utilizando o método condutimétrico (CETESB, 1978), através de um aparelho VWR *international*TM modelo 2052, calibrado para fornecer a condutividade e a temperatura diretamente.

Utilizou-se o aparelho digital YSI® 55 para determinação da concentração de oxigênio dissolvido, o qual possui uma sonda com sensor polarográfico com compensação automática de temperatura, permitindo uma medição de oxigênio dissolvido de alta precisão.

4.2 COLETA DE AMOSTRAS DE ÁGUA

As coletas de amostras de águas foram realizadas mensalmente, de janeiro a dezembro de 2006, sendo utilizados para coleta das amostras frascos plásticos (polipropileno), previamente lavados com água deionizada, com capacidade de 250 ml e boca larga. Esses frascos foram cheios até a boca para minimizar a presença de ar dentro deles e acondicionados sob refrigeração.

As amostras de água foram filtradas através de membranas de polycarbonato (0,4µm) encaminhadas para o Laboratório de Ecofisiologia da Embrapa Amazônia Oriental, onde foram estocadas sob refrigeração até o momento da realização as análises dos cátions e ânions (APHA, 1985).

4.3 PROCEDIMENTOS LABORATORIAIS

A concentração de cátions e ânions foi determinada por meio de análises de cromatografia iônica, utilizando um cromatógrafo de íons Dionex modelo DX-120 e um amostrador automático, determinando-se as concentrações de cálcio, magnésio, potássio, sódio, amônio, nitrato, fosfato, cloreto e sulfato.

4.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram analisados quanto a natureza da distribuição, paramétricas (gaussianas) ou não paramétricas (não gaussianos), a partir de teste de normalidade utilizando-se programa o SigmaStat 2.0 (SPSS 1997).

Os resultados foram analisados utilizando-se o procedimento de comparação múltipla com uso de testes paramétricos, e não-paramétricos para identificar diferenças significativas nas variáveis a serem analisadas nos ecossistemas das microbacias estudadas, com uso de testes comparativos de médias ou medianas.

Também foi realizada estatística descritiva com a determinação dos valores médios, desvio padrão, valores mínimos e máximos, para as nascentes e canais principais nos períodos chuvoso e seco, nas microbacias do Cumaru e São João.

A análise estatística foi determinada pela natureza dos dados efetuando testes paramétricos para dados com distribuição normal (ANAVA e teste Tukey para comparação das médias) e teste não paramétrico para dados que não apresentaram distribuição normal (Kruskal-Wallis).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS

Os parâmetros físico-químicos da água mostraram-se similares nas microbacias estudadas, e encontram-se listadas nas tabelas 03 e 04 onde estão expressos os valores médios, máximos e mínimos obtidos para pH, Oxigênio dissolvido (OD, mg L⁻¹), condutividade elétrica (CE, $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$) e temperatura (°C) nas estações de coletas situadas nas microbacias do Cumaru e São João.

A temperatura média da água variou de 25,4°C a 26,8°C. Os menores valores médios, nos períodos chuvoso e seco, ocorreram principalmente nos canais principais das microbacias estudadas.

As variações bruscas de temperatura, quanto aos períodos sazonais, indicam não haver diferenças marcantes quanto ao fechamento do dossel do ecossistema ripário das nascentes, mesmo as medições terem sido realizadas em horários variáveis para cada estação de coleta. Igualmente, com os parâmetros físico-químicos, Horbe et al. (2005), também constataram pequenas variações de temperatura ao longo dos igarapés Água Branca e Puraquaquera nos períodos chuvoso e seco.

Porém, tal comportamento difere dos valores encontrados por Rosa (2007), que ao estudar os parâmetros físico-químicos, nas mesmas unidades experimentais em igarapé-Açu, no período de junho de 2006 a maio de 2007, constatou no período seco, os valores médios de temperatura maiores nas nascentes, enquanto que no período chuvoso, as maiores médias foram registradas no curso principal dos igarapés.

Tabela 3- Concentrações médias de pH, Temp. (°C), C. E. ($\mu S.cm^{-1}$) e O. D ($mg.L^{-1}$) nas microbacias do Cumaru e São João.

MICROBACIAS	Estações de Coleta	Período Chuvoso (Jan-Jun)				Período Seco (Jul-Dez)			
		pH	Temp. °C	C. E. $\mu S.cm^{-1}$	O. D. $mg.L^{-1}$	pH	Temp. °C	C. E. $\mu S.cm^{-1}$	O. D. $mg.L^{-1}$
CUMARU	Nascente	4,40 (±0,19)	26,31 (±0,34)	26,31 (±2,22)	3,09 (±0,62)	4,01 (±0,19)	26,52 (±0,37)	25,84 (±1,13)	2,99 (±0,44)
	Canal	5,12 (±0,30)	25,59 (±0,48)	20,53 (±1,56)	6,33 (±0,37)	4,69 (±0,26)	25,82 (±0,40)	21,08 (±2,60)	6,56 (±0,20)
SÃO JOÃO	Nascente	4,61 (±0,58)	26,47 (±0,14)	29,45 (±1,00)	4,09 (±0,63)	4,02 (±0,15)	26,45 (±0,12)	28,98 (±1,16)	4,11 (±0,73)
	Canal	5,11 (±0,53)	25,40 (±0,30)	18,95 (±0,88)	4,95 (±0,29)	4,19 (±0,18)	26,27 (±0,35)	19,25 (±0,58)	5,36 (±0,29)

Tabela 4- Valores mínimos e máximos de pH, Temp. (°C), C. E. ($\mu S.cm^{-1}$) e O. D ($mg.L^{-1}$) observados nas microbacias Cumaru e São João no período de Janeiro a Dezembro de 2006.

MICROBACIAS	Estações de Coleta	Período Chuvoso (Jan-Jun)				Período Seco (Jul-Dez)			
		pH	Temp. °C	C. E. $\mu S.cm^{-1}$	O. D. $mg.L^{-1}$	pH	Temp. °C	C. E. $\mu S.cm^{-1}$	O. D. $mg.L^{-1}$
CUMARU	Nascente	4,13-4,55	25,85-26,65	24,90-27,50	2,58-3,60	3,83-4,24	26,45-26,65	24,80-26,80	2,73-3,36
	Canal	4,64-5,54	25,05-26,15	18,70-22,10	5,63-6,63	4,39-4,96	25,50-26,45	18,60-26,10	6,40-6,70
SÃO JOÃO	Nascente	3,82-5,45	26,30-26,70	27,50-30,00	3,30-5,04	3,75-4,19	26,30-26,60	27,70-30,90	2,75-4,88
	Canal	4,27-5,75	25,00-25,80	17,70-20,20	4,52-5,35	3,95-4,40	25,80-26,60	18,50-19,90	5,13-5,88

Donadio, Galbiatti & Paula (2005), avaliando a qualidade da água em nascentes do Córrego rico em São Paulo, verificou que a vegetação natural das nascentes refletia na temperatura, onde a qual aumentou sucessivamente à medida que os pontos de coleta se distanciavam das nascentes, concluindo que a vegetação ripária é a maneira mais efetiva de prevenir o aumento da temperatura.

Segundo Matheus et al. (1995), a maioria das espécies animais e vegetais têm exigências definidas quanto à temperatura máximas e mínimas toleradas, sendo as variações de temperatura da água parte do regime climático natural, influenciando no metabolismo de comunidades aquáticas, como produtividade primária, respiração dos organismos e decomposição da matéria orgânica.

Os valores médios de OD (média/desvio padrão) variaram $2,65 \text{ mg L}^{-1} \pm 0,42$ a $6,67 \text{ mg L}^{-1} \pm 0,19$ e de maneira geral, são considerados baixos, segundo Resolução 357/2005 do CONAMA. Sabe-se que o metabolismo aquático depende de taxa de oxigênio dissolvido não inferiores a 6 mg/L , os quais foram encontrados na maioria das estações de coleta, e que podem comprometer a integridade do ecossistema aquático.

Os menores valores médios de oxigênio dissolvido ocorreram nas nascentes das microbacias estudadas tanto no período chuvoso quanto no período seco. A microbacia do Cumaru foi a que apresentou maior expressividade quanto à variação nascente/canal, compreendendo valores de $3,09 \text{ mg L}^{-1} \pm 0,6$ na nascente a $6,3 \text{ mg L}^{-1} \pm 0,4$ no período seco e de $2,99 \text{ mg L}^{-1} \pm 0,4$ na nascente para $6,6 \text{ mg L}^{-1} \pm 0,2$ nos cursos principais (Figura 8).

Tais valores de oxigênio podem ser explicados pela baixa vazão, registrada por Rosa (2007), e a conseqüente menor turbulência nos igarapés, assim como o seu consumo pela decomposição da matéria orgânica presente nas nascentes desses, as quais apresentaram os menores valores para oxigênio dissolvido.

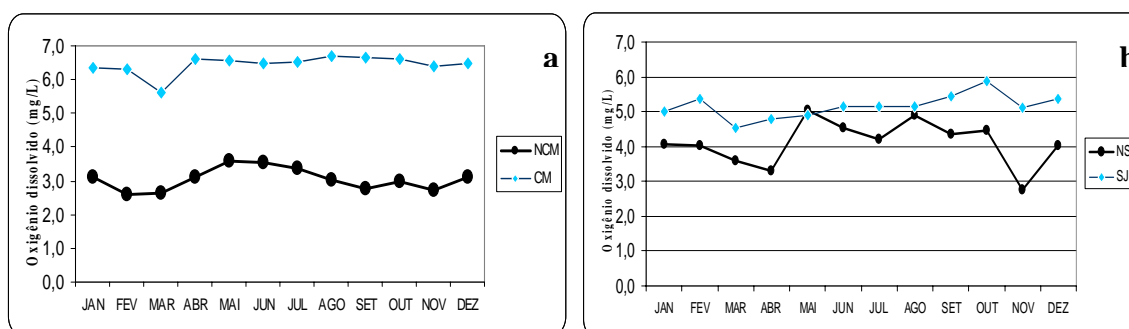


Figura 8. Variação da concentração de oxigênio dissolvido (OD) em mg L^{-1} nas microbacias do (a) Cumaru e (b) São João.

A magnitude de variação dos valores médios de pH compreendeu menores valores de $4,00 \pm 0,19$ e maiores valores de $5,1 \pm 0,30$, caracterizando as águas das microbacias estudadas como ácidas. Tal comportamento deve-se ao fato das microbacias estarem sob influência de solos ácidos e de fontes de ácidos orgânicos das áreas de vegetação ripária e das nascentes.

A variabilidade do pH nas microbacias estudadas pode ser observada nas Figuras 9 e 10. Observou-se, de maneira geral, um decréscimo nos valores mensais de pH no período de menor precipitação (julho a dezembro de 2006) localizados nas nascentes das microbacias estudadas.

As águas menos ácidas foram registradas no período chuvoso nas nascentes das microbacias amostradas. Com tudo, no período seco os menores valores médios de pH foram registrados no curso do canal principal da microbacias do São João ($4,02 \pm 0,07$), comportamento contrário foi observado na microbacia do Cumaru com os menores valores médios de pH ocorridos nas nascentes, para o mesmo período (IGCU-A de $4,03 \pm 0,13$ e IGCU-B de $3,98 \pm 0,2$).

Os maiores valores de pH na estação chuvosa, nas nascentes, sugerem ralação com a decomposição da matéria orgânica depositada nos leitos das nascentes estudadas, a qual libera o íon H^+ , contribuindo para o aumento da concentração do pH nas águas. Tal processo de decomposição, provavelmente é influenciado pela maior quantidade de chuvas e conseqüente maior velocidade da corrente, que transporta o material orgânico depositado nos leitos das nascentes .

Comportamento diferenciado foi constatado por Rosa (2007), também na região de Igarapé-açu, que detectou as águas mais ácidas na estação chuvosa (fevereiro a maio de 2007) e atribui o fato a uma possibilidade de maior lixiviação dos solos florestais nessa época, carreando ácidos orgânicos para os leitos dos rios. Assim como estudos de Rasera (2005), para bacia do rio Ji-Paraná, que detectou maiores valores de pH na época chuvosa em função da elevada acidez da água da chuva naquela região.

A CE variou de $18,9 \mu S \text{ cm}^{-1} \pm 0,88$ a $29,4 \mu S \text{ cm}^{-1} \pm 1,00$. É considerada, de maneira geral, baixa representando valores que confirmam a baixa carga de nutrientes nas microbacias estudadas, apesar dos solos agrícolas serem potenciais para o aumento do transporte de nutrientes.

Diante disto é possível inferir que a vegetação ripária esteja funcionando como barreira a passagem de nutrientes, tamponando tal entrada, a qual conseqüentemente

umentaria os valores de condutividade elétrica. Aliado ao fato de que a baixa disponibilidade de nutrientes nesses solos pobres também diminui a carga que lixívia nesses ambientes.

A condutividade média variou entre $25,5 \mu\text{S cm}^{-1} \pm 1,28$ a $29,45 \mu\text{S cm}^{-1} \pm 1,00$ nas nascentes e entre $18,95 \mu\text{S cm}^{-1} \pm 0,87$ a $21,28 \mu\text{S cm}^{-1} \pm 2,22$ nos cursos principais das microbacias estudadas. As nascentes apresentam maiores valores médios de CE nas microbacias do Cumaru e São João (Figuras 9 e 10). A explicação para tal concentração está relacionada provavelmente com a mineralização da matéria orgânica, a qual se concentra nas nascentes. Com isso, o pH exerceu influência na CE, sendo que o principal responsável por estes valores é o íon H^+ , oriundo de compostos orgânicos abundantes em águas ácidas (Esteves, 1998).

Avaliando a sazonalidade sob influência na CE observa-se uma ligeira diminuição dos valores nos meses de menor distribuição de chuvas, principalmente para os cursos principais.

No trabalho de Rosa (2007), a autora sugere que este comportamento está relacionado com o fato da menor vazão característica porção mais a montante e, por outro lado, o aumento da mesma nos cursos principais no inverno, leva a condutividade elétrica diminuir com o aumento da vazão, em virtude do efeito de diluição dos solutos.

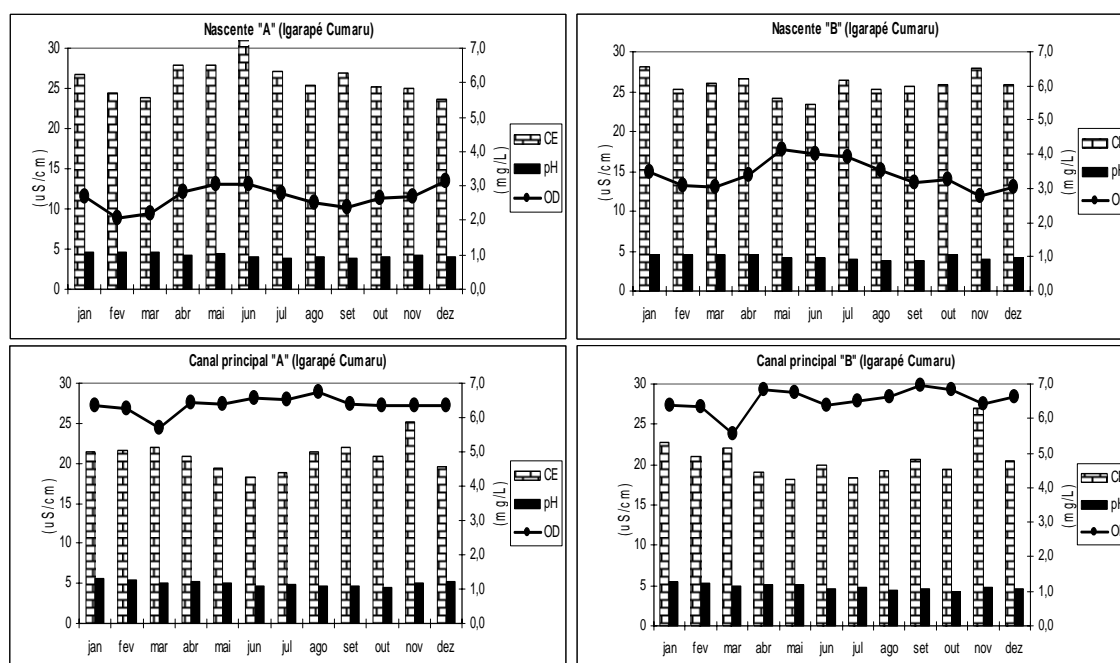


Figura 9. Parâmetros físico-químicos nas nascentes “A” (IGCU_A) e “B” (IGCU-B) e canais principais “A” (IGCU-C) e “B” (IGCU-D) na microbacia Cumaru.

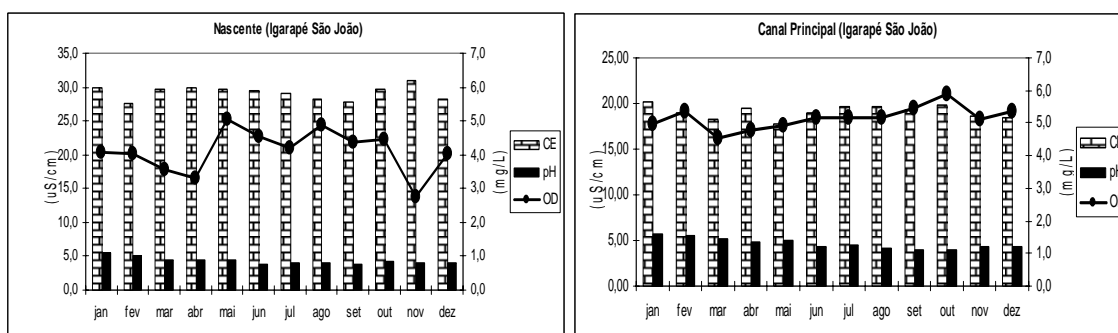


Figura 10. Parâmetros físico-químicos nas nascentes e canais principais na microbacia do São João.

5.2 PARÂMETROS HIDROQUÍMICOS

As concentrações médias e desvio padrão dos cátions e ânions estão expressos nas tabelas 5 e 6. De maneira geral, as concentrações dos íons se comportaram de maneira similar quanto às estações de coleta, nascentes e canal principal. A exceção de potássio, magnésio e cálcio que suas concentrações foram superiores nos canais principais enquanto que, as menores concentrações nas estações correspondentes as nascentes (Tabelas 2A e 3A).

Quanto às observações de sazonalidade, as concentrações dos cátions apresentaram-se de maneira variável, com padrões variando entre maiores e menores concentrações nos períodos chuvoso e seco. Para os ânions, com exceção do sulfato, as menores concentrações foram registradas no período seco (julho a dezembro).

5.3. INFLUÊNCIA DA SAZONALIDADE

5.3.1 Mg^{2+}

O estudo da influência da sazonalidade nas concentrações de cátions (média/desvio padrão) revela redução na concentração de Mg^{2+} nas nascentes, no período chuvoso para o de estiagem, (de $0,43 \text{ mg L}^{-1} \pm 0,13$ a $0,24 \text{ mg L}^{-1} \pm 0,03$ no Cumaru e de $0,44 \text{ mg L}^{-1} \pm 0,14$ a $0,26 \text{ mg L}^{-1} \pm 0,02$ no São João).

Também foi observada uma pequena redução para as concentrações nos canais principais; na microbacia do Cumaru a redução variou de $0,80 \text{ mg L}^{-1} \pm 0,30$ a $0,53 \text{ mg L}^{-1} \pm 0,037$ e no São João de $0,56 \text{ mg L}^{-1} \pm 0,18$ a $0,33 \text{ mg L}^{-1} \pm 0,02$ (Figura 11).

Tabela 5- Concentrações médias em mg.L⁻¹ de Na⁺, NH₄⁺, K⁺, Mg⁺² e Ca⁺² nas microbacias do Cumarú e São João, Igarapé-Açu, Pará.

MICROBACIAS	ESTAÇÕES DE COLETA	Período Chuvoso (Jan-Jun)					Período Seco (Jul-Dez)				
		Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ⁺²	Ca ⁺²	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ⁺²	Ca ⁺²
CUMARU	Nascente	1,97 (±0,19)	0,03 (±0,02)	0,17 (±0,06)	0,43 (±0,13)	0,16 (±0,08)	1,81 (±0,16)	0,04 (±0,03)	0,30 (±0,12)	0,25 (±0,03)	0,16 (±0,09)
	Canal	1,91 (±0,16)	0,03 (±0,01)	0,42 (±0,10)	0,80 (±0,30)	0,62 (±0,11)	1,83 (±0,14)	0,04 (±0,02)	0,61 (±0,29)	0,53 (±0,08)	0,80 (±0,07)
SÃO JOÃO	Nascente	1,87 (±0,14)	0,04 (±0,01)	0,32 (±0,24)	0,44 (±0,14)	0,09 (±0,01)	1,66 (±0,03)	0,05 (±0,03)	0,43 (±0,07)	0,26 (±0,02)	0,11 (±0,01)
	Canal	1,95 (±0,07)	0,03 (±0,02)	0,27 (±0,16)	0,56 (±0,19)	0,23 (±0,05)	1,71 (±0,05)	0,04 (±0,02)	0,52 (±0,12)	0,33 (±0,02)	0,26 (±0,02)

Tabela 6- Concentrações médias em mg.L⁻¹ de Cl⁻, NO₃⁻, PO₄⁻³ e SO₄⁻² nas microbacias do Cumarú e São João, Igarapé-Açu, Pará.

MICROBACIAS	ESTAÇÕES DE COLETA	Período Chuvoso (Jan-Jun)				Período Seco (Jul-Dez)			
		Cl ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ⁻³	SO ₄ ⁻²	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ⁻³	SO ₄ ⁻²
CUMARU	Nascente	3,14 (±0,20)	0,38 (±0,16)	0,01 (±0,02)	1,20 (±0,08)	3,02 (±0,17)	0,37 (±0,14)	0,04 (±0,09)	1,26 (±0,15)
	Canal	3,13 (±0,34)	0,33 (±0,08)	0,01 (±0,03)	0,96 (±0,16)	3,19 (±0,35)	0,33 (±0,42)	0,07 (±0,12)	1,32 (±0,32)
SÃO JOÃO	Nascente	3,19 (±0,21)	0,56 (±0,42)	0,03 (±0,06)	1,29 (±0,38)	2,98 (±0,12)	0,37 (±0,18)	0,01 (±0,03)	1,24 (±0,15)
	Canal	2,85 (±0,17)	0,26 (±0,05)	0,00 (±0,00)	1,08 (±0,10)	2,81 (±0,10)	0,29 (±0,06)	0,02 (±0,04)	1,17 (±0,22)

Estatisticamente, as concentrações de magnésio nas nascentes das microbacias estudadas, foram diferentes para o período seco e chuvoso ($p < 0,05$); por outro lado as concentrações deste elemento não apresentaram diferença estatística quanto à sazonalidade ($p > 0,05$) no canal da microbacia do Cumaru; Comportamento diferenciado foi observado para as concentrações medianas de magnésio, para os mesmos períodos, a qual apresentou diferença estatística ($p = 0,002$) na microbacia do São João.

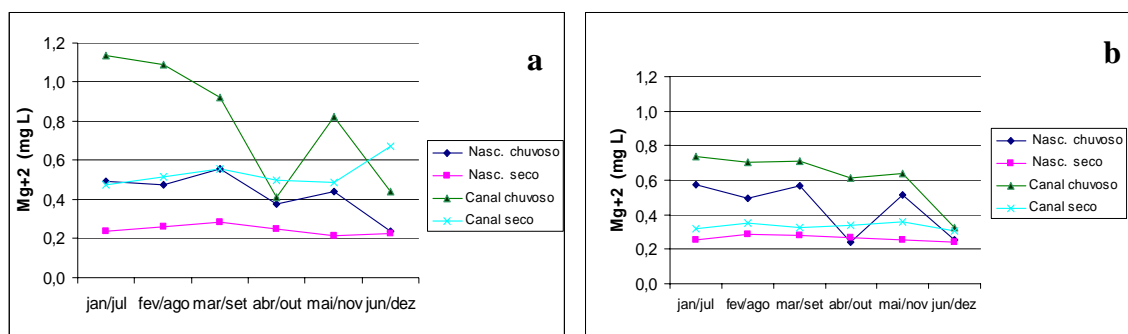


Figura 11. Variação da concentração (mg.L^{-1}) de Mg^{2+} em função da sazonalidade nas microbacias do (a) Cumaru, e (b) São João.

5.3.2 Na^+

Quanto ao Na^+ , também houve redução na concentração nas nascentes das microbacias estudadas (de $1,96 \text{ mg L}^{-1} \pm 0,19$ para $1,81 \text{ mg L}^{-1} \pm 0,16$ para a microbacia do Cumaru e de $1,87 \text{ mg L}^{-1} \pm 0,14$ para $1,66 \text{ mg L}^{-1} \pm 0,03$ para São João do período chuvoso para o período seco) (Figura 12). A análise estatística confirma a significância de tal redução ($p > 0,05$) para as microbacias estudadas.

Para os cursos principais também foi observada uma sutil redução, do período chuvoso para o seco, na concentração de Na^+ nas microbacias do Cumaru e no São João, de $1,91 \text{ mg L}^{-1} \pm 0,16$ para $1,82 \text{ mg L}^{-1} \pm 0,14$ e de $1,94 \text{ mg L}^{-1} \pm 0,07$ para $1,70 \text{ mg L}^{-1} \pm 0,04$ respectivamente. Porém, estatisticamente, somente o canal principal da microbacia do São João apresentou diferença estatística ($p = 0,028$).

Nas águas dos rios Puraquequara e Águas brancas, em Manaus, o Na^+ destacou-se como o cátion que mais se destacou na contribuição catiônica das bacias. Sua origem é proveniente de águas pluviais ricas neste íon, o que justifica seus teores mais elevados em relação aos demais cátions. Outro fator que contribui para a concentração mais elevada de Na^+ é sua alta solubilidade e mobilidade por não entrar na formação da maioria dos minerais intempéricos (HORBE et al., 2005).

Melo, Silva & Miranda (2005) observaram comportamento diferenciado para a concentração de sódio, onde houve uma redução na concentração no período chuvoso; e a explicação está baseada no fato de que este elemento é diluído pelas águas pluviais.

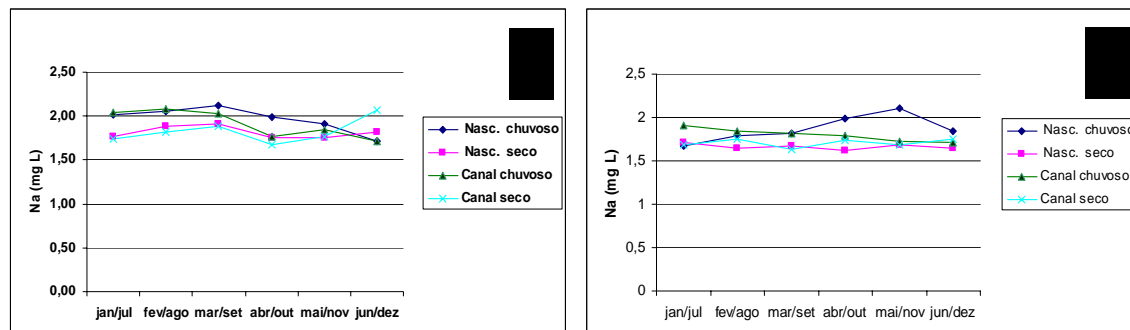


Figura 12. Variação da concentração (mg.L^{-1}) de Na^+ em função da sazonalidade nas microbacias do (a) Cumaru e (b) São João.

5.3.3 K^+

Verificou-se um aumento na concentração (média/desvio padrão) de K^+ para o período de menor distribuição de chuvas, nas nascentes de $0,17 \text{ mg L}^{-1} \pm 0,06$ a $0,30 \text{ mg L}^{-1} \pm 0,11$ e canais principais de $0,42 \text{ mg L}^{-1} \pm 0,10$ a $0,61 \text{ mg L}^{-1} \pm 0,29$, na microbacia do Cumaru.

Para a microbacia do São João também foi observado aumento quanto à concentração deste elemento no período seco, variando para nascentes, de $0,32 \text{ mg L}^{-1} \pm 0,23 \text{ mg L}^{-1}$ para $0,42 \text{ mg L}^{-1} \pm 0,07$; quanto que para o curso de canais essa variação compreendeu a variação de $0,27 \text{ mg L}^{-1} \pm 0,16$ para $0,51 \text{ mg L}^{-1} \pm 0,11$ (Figura 13).

Com exceção da nascente da microbacia do Cumaru que apresentou diferença estatística ao nível de probabilidade a 5%, ($p=0,009$), não houve diferença estatística para as concentrações de potássio, sob influencia da sazonalidade, tanto para nascente, na microbacia de São João, quanto canal principal nas microbacias do Cumaru e São João.

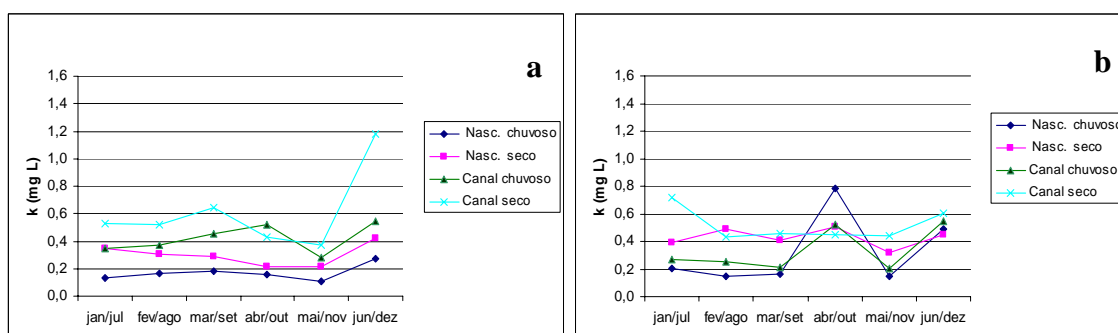


Figura 13. Variação da concentração (mg.L^{-1}) de K^+ em função da sazonalidade nas microbacias do (a) Cumaru e (b) São João.

Melo, Silva & Miranda (2005) também encontraram aumento na concentração de K^+ no período seco em nascentes de microbacias em Manaus. Silva (1999) ressalta que ainda não são muito bem conhecidos os mecanismos que controlam o comportamento do potássio em ecossistemas aquáticos.

5.3.4 NH_4^+

A figura 14 ilustra o comportamento que ocorreu com a concentração de NH_4^+ (média/desvio padrão), que também apresentaram um ligeiro aumento no período de estiagem nas microbacias amostradas.

Para NH_4^+ , nas nascentes, os teores aumentaram de $0,02 \text{ mg L}^{-1} \pm 0,01$ no período chuvoso para $0,04 \text{ mg L}^{-1} \pm 0,03$ no período de estiagem no Cumaru e para São João de $0,037 \text{ mg L}^{-1} \pm 0,015$ para $0,042 \text{ mg L}^{-1} \pm 0,03$. Nos canais principais estes valores ficaram compreendidos entre $0,03 \text{ mg L}^{-1} \pm 0,007$ a $0,04 \text{ mg L}^{-1} \pm 0,02$ na microbacia do Cumaru com poucas variações para o canal de São João. Estatisticamente, tais variações não assumiram grande magnitude, pois não foi encontrada diferença estatística entre as concentrações deste elemento, quando comparado o período chuvoso com o seco.

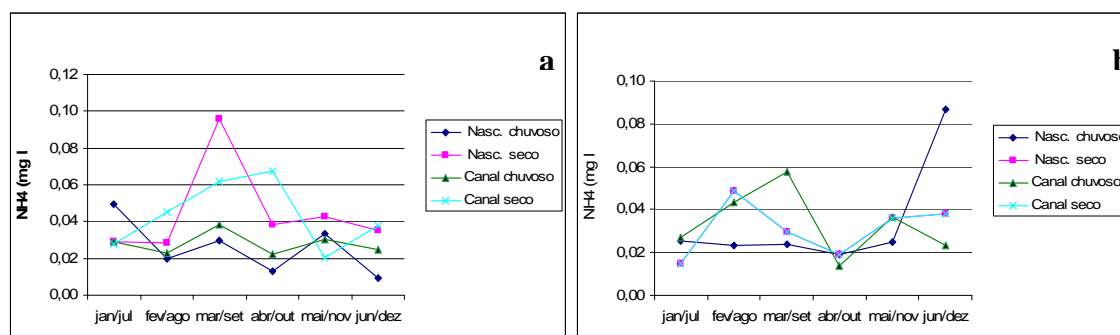


Figura 14. Variação da concentração (mg.L^{-1}) de NH_4^+ em função da sazonalidade nas microbacias do (a) Cumaru e (b) São João.

Comportamento diferenciado foi encontrado Horbe et al. (2005) em microbacias da Amazônia, que descrevendo a hidroquímica de drenagens no município de Manaus, Am, nos rios Puraquequara e Água branca, detectou teores de amônio acima de $0,2 \text{ mg L}^{-1}$ no igarapé Águas brancas, tratando-se de indícios de ação antrópica. Trata-se do único cátion que tende a aumentar de concentração para a jusante no período chuvoso e dentre os compostos nitrogenados o que apresenta concentrações mais elevadas nessas águas.

5.3.5 Ca^{2+}

Com relação ao Ca^{2+} o aumento registrado de concentração ocorreu somente nos canais principais da microbacia do Cumaru, de $0,62 \text{ mg L}^{-1} \pm 0,11$ para $0,82 \text{ mg L}^{-1} \pm 0,07$. Tal comportamento é confirmado pela análise de variância que denota diferença estatística ao nível de 5% de probabilidade para as concentrações medianas deste íon para a variação sazonal ($p = 0,007$). Por outro lado na microbacia do São João a concentração deste elemento apresentou um ligeiro aumento tanto nas nascentes quanto nos canais, confirmados pela não diferença estatística nestes sítios (Figura 15).

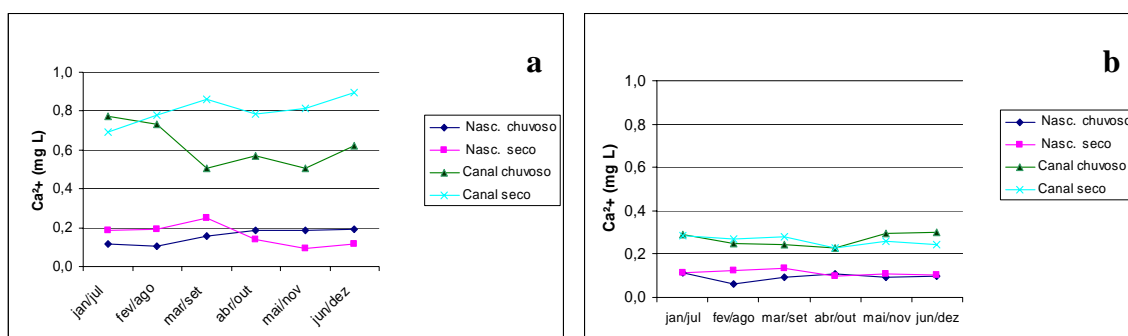


Figura 15. Variação da concentração (mg.L^{-1}) de Ca^{2+} em função da sazonalidade nas microbacias do (a) Cumaru e (b) São João.

Este comportamento sugere que esse elemento pode estar sendo introduzido ao meio hídrico por águas pluviais que escoam dos campos agrícolas, e que interagindo com as cinzas das queimadas, carregam cátions presentes em abundância nesse material.

Os baixos valores de pH nas águas fluviais indicam que a entrada de cátions não chega a elevar o pH como esperado, provavelmente em função da presença de compostos orgânicos nessas águas, que drenam solos ácidos sob vegetação secundária.

Os estudos de Melo, Silva & Miranda (2005) confirmam o comportamento destes íons neste estudo, pois encontraram elevações substanciais nos teores de cálcio e magnésio no período chuvoso, sendo que os menores valores foram registrados nas nascentes da bacia Tarumã, na cidade de Manaus-Am, indicando a evidência da influência antrópica.

5.3.6 Cl^-

Avaliando estatisticamente o comportamento das concentrações de Cl^- frente à sazonalidade, observa-se que as mesmas não diferem estatisticamente ($p > 0,05$), confirmando a baixa variabilidade dos valores das concentrações nas diferentes épocas do ano, encontrando pouca variação em tais concentrações. Os valores variaram de $1,90 \text{ mg L}^{-1}$ a $2,88 \text{ mg L}^{-1}$ nas nascentes e de $2,65 \text{ mg L}^{-1}$ a $2,89 \text{ mg L}^{-1}$ nos canais principais (Figura 16).

Nas nascentes, observa-se um sutil decréscimo nas concentrações de cloreto do período seco para o período chuvoso, enquanto que para os canais, tal comportamento é diferenciado, com o ligeiro aumento da concentração deste elemento.

Horbe et al. (2005) também não detectaram variações significativas entre os períodos seco e o chuvoso para as concentrações de Cl^- , em microbacias amazônicas. Os autores atribuem às fontes de cloro aos aerossóis marinhos dissolvidos na água da chuva.

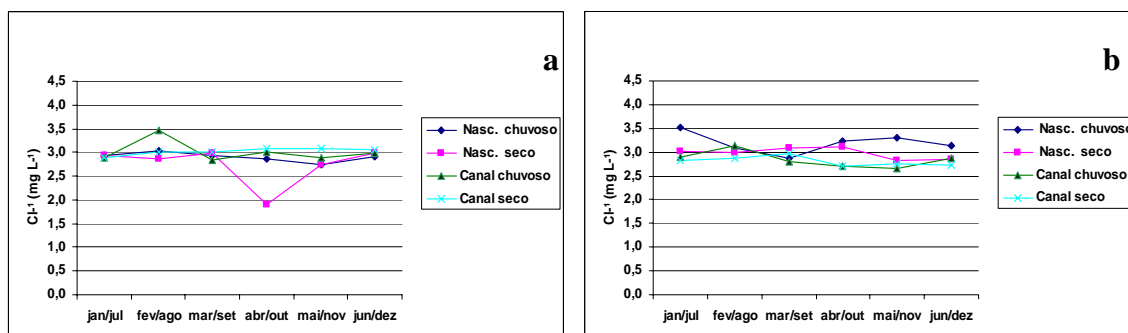


Figura 16. Variação da concentração (mg.L^{-1}) de Cl^- em função da sazonalidade nas microbacias do (a) Cumaru, (b) São João.

5.3.7 NO_3^-

A influência da sazonalidade, não provocou alterações estatisticamente significativas nas concentrações de nitrato nas microbacias estudadas, tanto para as nascentes quanto para os canais principais. O que se observa é uma similaridade nas concentrações deste elemento ao longo do ano nas microbacias (Figura 17).

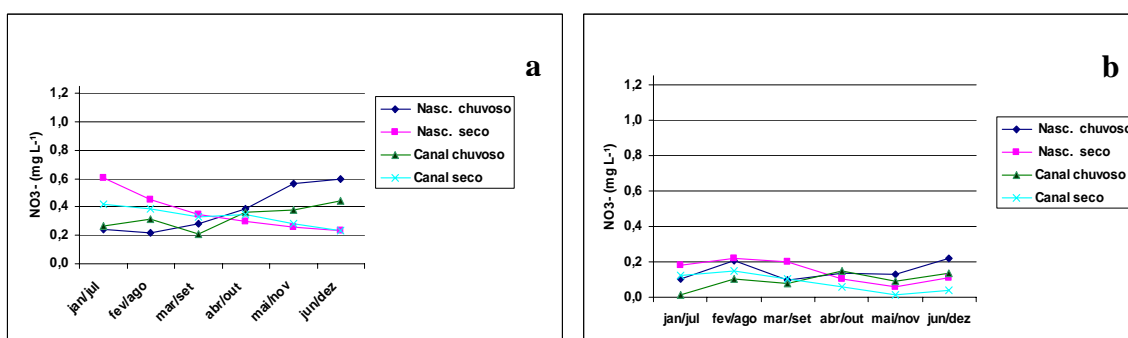


Figura 17. Variação da concentração (mg.L^{-1}) de NO_3^- em função da sazonalidade nas microbacias do (a) Cumaru e (b) São João.

Trabalhos como o de Pereira & Silva (2001) também detectaram concentração reduzida de nitrato. Os valores máximos de nitrato, na microbacia do arroio Capivara, ocorreram no inverno e podem estar relacionados ao transporte deste íon de solos fertilizados para águas superficiais, através das chuvas que lavam os solos.

5.3.8 PO₄³⁻

A concentração de fosfato nas microbacias estudadas é muito baixa, o que é explicitado pela distribuição não-gaussiana e não significância estatística ($p > 0,05$) para o teste não-paramétrico. A maioria das observações analíticas aponta para valores que não foram detectados pela cromatografia líquida, assumindo valores zero de concentração, com poucas variações, com valor máximo determinados de $0,3 \text{ mg L}^{-1}$ no canal principal da microbacia do Cumaru, no período seco (Figura 18).

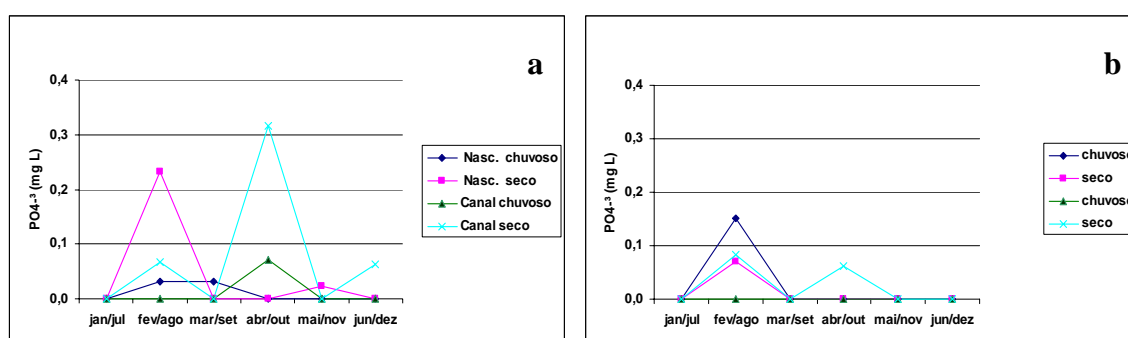


Figura 18. Variação da concentração (mg.L^{-1}) de PO_4^{3-} em função da sazonalidade nas microbacias do (a) Cumaru e (b) São João.

Os estudos de qualidade da água de Pereira & Silva (2001), em microbacias que drenam áreas de pastagens e irrigação de arroz, se assemelham as concentrações de fosfato encontradas neste trabalho. Os autores detectaram concentrações baixas e com maior valor no verão, podendo ser provenientes através da decomposição de macrófitas aquáticas, já que trata-se da principal forma assimilada por esses vegetais.

5.3.9 SO₄²⁻

Apenas nas concentrações do sulfato registradas no canal principal na microbacia do Cumaru que foi observado diferenças estatísticas significativas ($p=0,03$), assumindo que as médias das observações são diferentes. As concentrações, nesta microbacia variaram do período chuvoso de $0,96 \text{ mg L}^{-1} \pm 0,15$ para $1,32 \text{ mg L}^{-1} \pm 0,29$ no período seco. As concentrações deste elemento foram semelhantes tanto nas nascentes quanto nos canais estudados, apresentando baixa alteração nas concentrações quando analisadas sob influência da sazonalidade (Figura 19).

No município de Manaus, Horbe et al. (2005) verificou que o nitrato influencia com menos de 5% na composição das águas das microbacias estudadas, apresentando maior concentração no período chuvoso, conforme as concentrações mais elevadas detectados no período chuvoso, nas nascentes, da microbacia do Cumaru. Os mesmos autores também

confirmam as baixas concentrações de PO_4^{3-} e SO_4^{2-} , atribuindo esse comportamento à pobreza de íons nas rochas que constituem a formação Alter do Chão e a baixa mobilidade de seus compostos, especialmente o fosfato que tende a combinar com o alumínio precipitando.

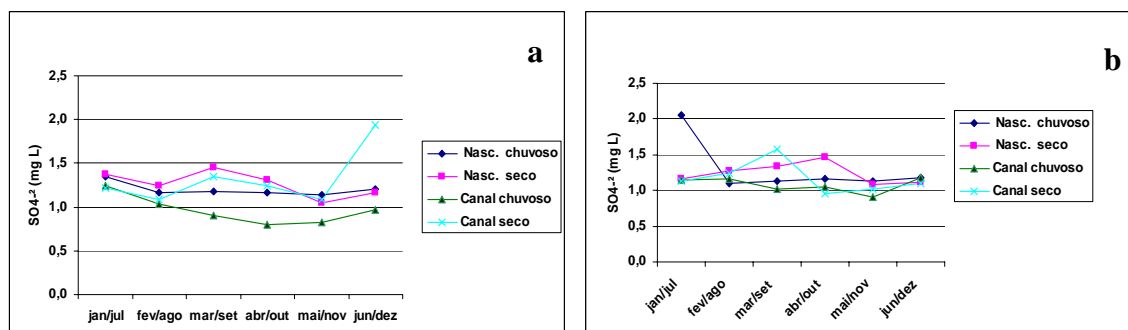


Figura 19. Variação da concentração (mg.L^{-1}) de SO_4^{2-} em função da sazonalidade nas microbacias do (a) Cumaru e (b) São João.

5.4 ANÁLISE ESPACIAL

5.4.1 Intra-específica

Ao avaliar as diferenças estatísticas entre nascentes e cursos principais, verificou-se diferenças significativas ($p < 0,001$) para Ca^{2+} nas microbacias amostradas, tanto no período chuvoso quanto no período seco, onde tais concentrações foram superiores nos cursos principais das microbacias estudadas (Figura 20). Vale ressaltar que essa variação merece destaque na microbacia do Cumaru, onde as concentrações deste elemento, nas nascentes, ficaram em média $0,16 \text{ mg L}^{-1}$ e nos cursos principais, no período seco, chega a atingir $0,80 \text{ mg L}^{-1}$.

O magnésio apresenta 95% de probabilidade das médias entre as nascentes e cursos principais serem diferentes, nos períodos chuvoso e seco na microbacia do Cumaru ($p < 0,05$). Porém na microbacia do São João apresenta diferença estatística, entre nascentes e cursos principais, somente no período seco (Figura 21).

As concentrações médias de potássio também foram diferentes estatisticamente na microbacia do Cumaru, no período seco, a variação ficou compreendida entre $0,30 \text{ mg L}^{-1}$ nas nascentes a $0,61 \text{ mg L}^{-1}$ nos canais principais (Figura 21).

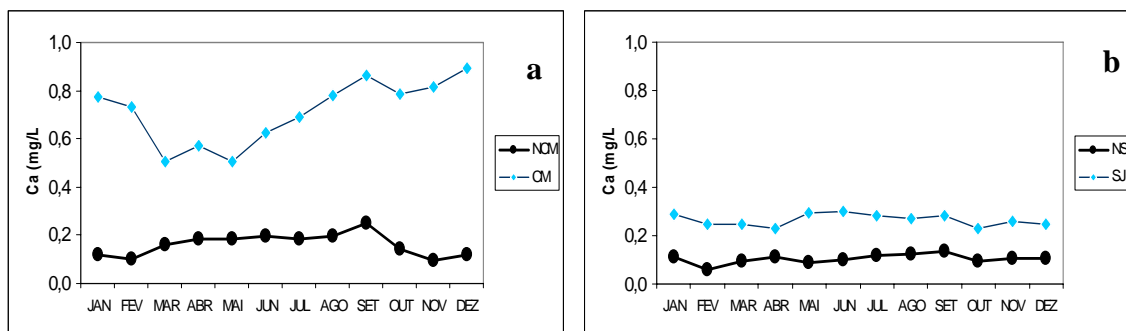


Figura 20. Variação da concentração de Ca^{2+} nas nascentes (NCu e NSJ) e canal principal (Cu e SJ) das microbacias do (a) Cumaru (Cu) e (b) São João (SJ).

Pode-se supor que as águas que escoam superficialmente e sub-superficialmente das áreas de à montante com predomínio de agroecossistemas, que utilizam o sistema corte-e-queima, contribuem com entradas de cátions para as microbacias estudadas, a destaque cálcio, potássio e magnésio, que provavelmente estão presentes nas cinzas oriundas das queimadas realizadas nas áreas das microbacias.

Sódio e amônio não apresentaram diferença estatística entre as estações de coleta; assim como o fosfato. Por outro lado, as concentrações médias do cloreto apresentaram diferenças estatísticas, entre nascente e canal, nos períodos chuvoso e seco, na microbacia do São João; Já o sulfato apresentou diferenças estatísticas ($p < 0,05$) nas concentrações médias, no período chuvoso, na microbacia do Cumaru (Figura 22).

As estações de coleta, nascente e canal, da microbacia do Cumaru apresentaram diferença estatística para a maioria dos cátions e ânions estudados. Pode-se inferir que tal comportamento está relacionado com o uso da terra, o qual apresenta o maior percentual de áreas relativas de culturas agrícolas, quando comparado com microbacia do São João; fato que contribui decisivamente no comportamento diferencial na hidroquímica fluvial.

Diferentemente Carvalho, Schlittler & Tornisielo, (2000) ao estudarem a relação da atividade agropecuária com as características físicas e químicas da água, verificaram que existe a probabilidade que a água na porção final não seja um somatório de características e alterações ao longo do canal e sim uma água de qualidade final tamponada por regiões de vegetação ripária ou diluída pelo volume de água e pela distância percorrida. Assim os sedimentos liberados podem ser tamponados na área de vegetação ripária que antecede os pontos de coletas das microbacias estudadas no estado de São Paulo.

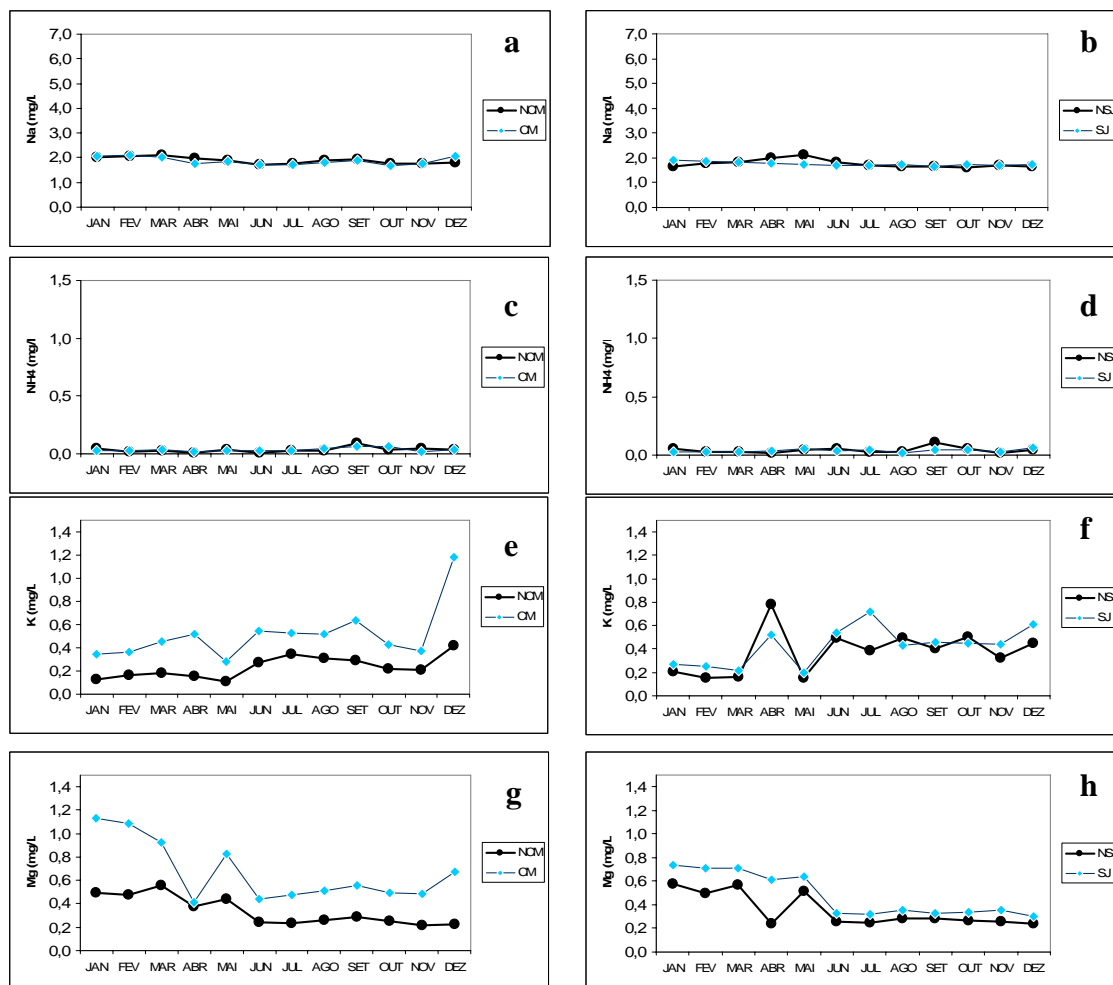


Figura 21. Variação da concentração de Na⁺, NH₄⁺, K⁺, e Mg²⁺ nas nascentes (NCu e NSJ) e canal principal (Cu e SJ) das microbacias do (a,c,e,g) Cumaru (Cu) e (b,d,f,h) São João (SJ).

Quanto aos ânions, ao comparar nascente e canal principal, detectou-se diferença estatística para Cl⁻, na microbacia do São João ($p=0,012$ e $0,025$ respectivamente), onde as concentrações médias variaram de $3,19 \pm 0,21$ para $2,85 \pm 0,17$ no período chuvoso e de $2,98 \pm 0,12$ para $2,81 \pm 0,09$ nas nascentes e cursos principais respectivamente. SO₄²⁻ também apresentou diferença estatística ($p= 0,010$) na microbacia do Cumaru, no período chuvoso, compreendendo os valores de $1,20 \pm 0,08$ para $0,96 \pm 0,16$ (Figura 22).

Diferentemente dos cátions, que também apresentaram diferenças estatísticas, observa-se, para os ânions, concentrações médias mais baixas nos cursos principais das microbacias estudadas quando comparadas com as nascentes. O que leva a inferir que os ânions encontram-se mais diluídos nos cursos principais devido ao maior aporte de água.

Para os demais ânions estudados (NO_3^- e PO_4^{3-}) não foi observadas diferenças significativas estatisticamente, nas concentrações das microbacias estudadas (Figura 22), indicando a baixa contribuição das atividades antropogênicas, principalmente para nitrato, que é um dos principais poluentes oriundos de atividades agrícolas.

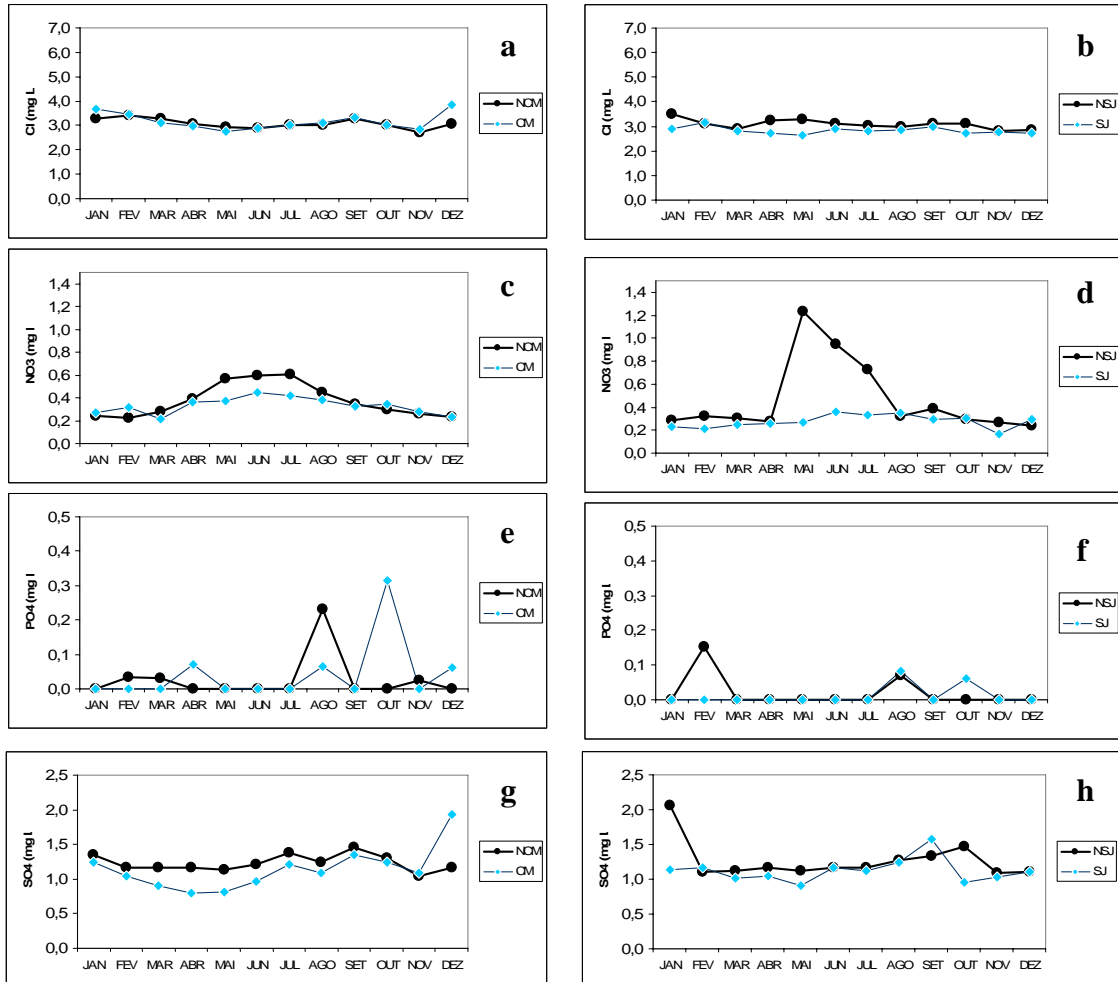


Figura 22. Variação da concentração Cl^- , NO_3^- e PO_4^{3-} e SO_4^{2-} nas nascentes (NCu e NSJ) e canal principal (Cu e SJ) das microbacias do (a,c,e,g) Cumaru (Cu) e (b,d,f,h) São João (SJ).

5.4.2 Inter-específica

As concentrações de cálcio, nas microbacias do Cumaru e São João, apresentaram diferença estatística significativa ($p < 0,05$). Exceto para as nascentes no período seco, que não foi detectado diferença marcante confirmado pela não diferença estatística.

Nos cursos principais a diferença demonstra magnitude, pois enquanto que o canal da microbacia do Cumaru apresenta uma concentração média de cálcio de $0,62 \pm 0,11$ a do São João é de $0,22 \pm 0,04$, no período chuvoso. No período seco a diferença varia de $0,80 \pm 0,07$ no Cumaru para apenas $0,26 \pm 0,02$ (Figura 23).

Esta diferença pode ser explicada pelo maior percentual de uso em agroecossistemas na microbacia do Cumaru, que utilizam o sistema corte-e-queima, e o menor para o percentual para o ecossistema de capoeira alta e de floresta densa quando comparado com a microbacia do São João (Tabela 1A). Com isso, este cátion pode estar sendo transportados nas cinzas provenientes das queimadas oriundas do sistema de preparo do solo.

Neto et al. (2003) encontraram diferenças mineralógicas em rios tributários da bacia Manso-Cuiabá devido às diferenças geológicas e ao tipo de solos das microbacias hidrográficas.

Souza & Tundisi (2000), estudando variáveis hidrogeoquímicas das bacias hidrográficas dos rios Jaú e Jacaré-Guaçu - SP, concluíram que essas variáveis sofrem influência da ação antrópica, do substrato geológico e do tipo de solo.

Para magnésio foi detectada diferença estatística ($p < 0,001$) entre os canais no período seco, das microbacias alvo do estudo; já potássio diferiu significativamente ($p = 0,01$) entre as nascentes das microbacias estudadas (Figura 23).

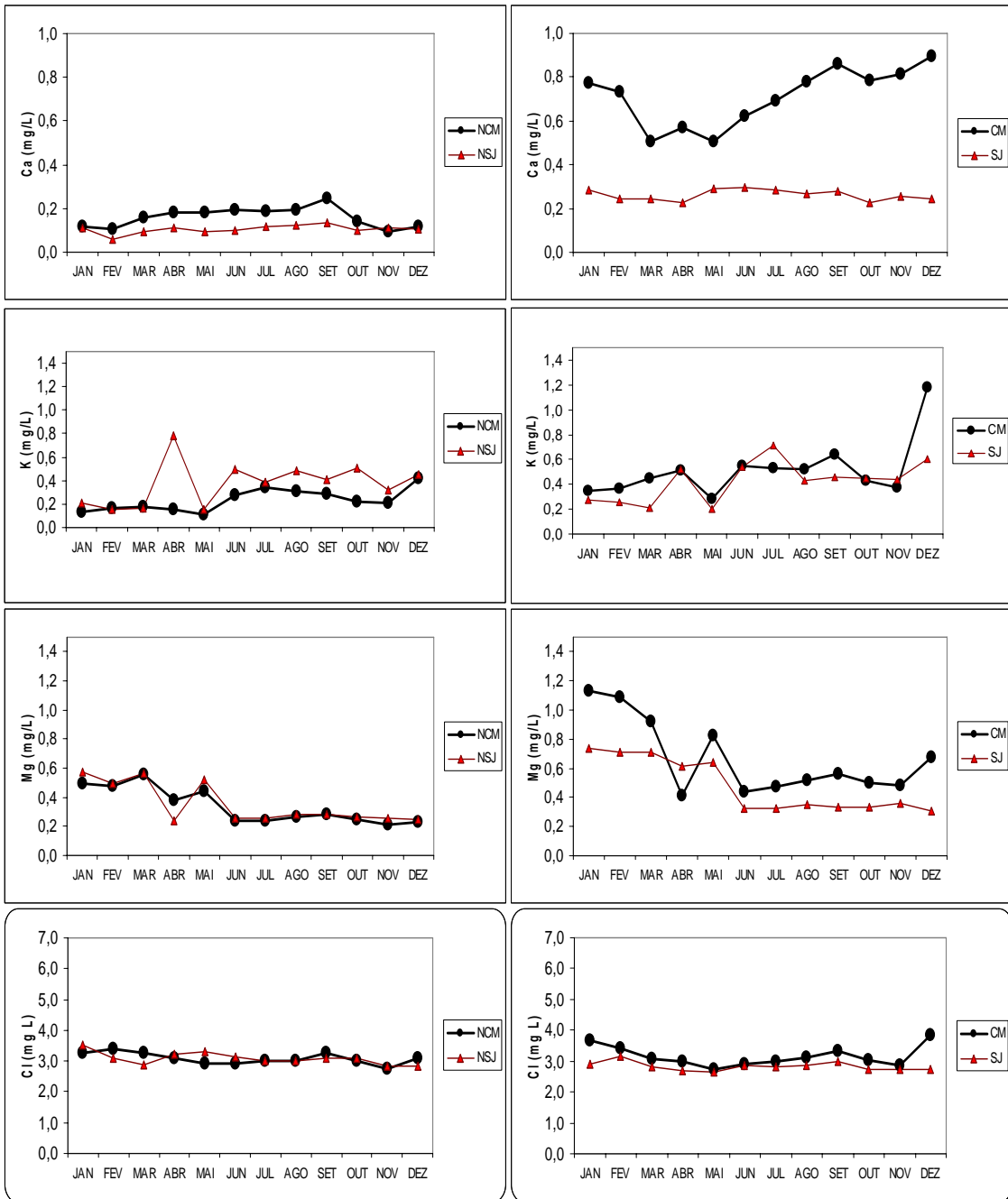


Figura 23. Variação da concentração de Ca^{2+} , K^+ , Mg^{2+} e Cl^- nas nascentes (NCu e NSJ) e canal principal (Cu e SJ) das microbacias do Cumarú (Cu) e São João (SJ) respectivamente.

Ao analisar as diferenças estatísticas entre as microbacias estudadas, pode-se observar que os cátions, Na^+ e NH_4^+ não apresentaram diferenças marcantes nas concentrações, tanto nas nascentes quanto nos cursos principais, assim como para os diferentes períodos sazonais. Comportamento semelhante foi detectado para os ânions PO_4^{3-} , SO_4^{2-} e NO_3^- que suas concentrações foram também semelhantes, confirmadas pela não diferença significativa entre as microbacias estudadas (Figura 24).

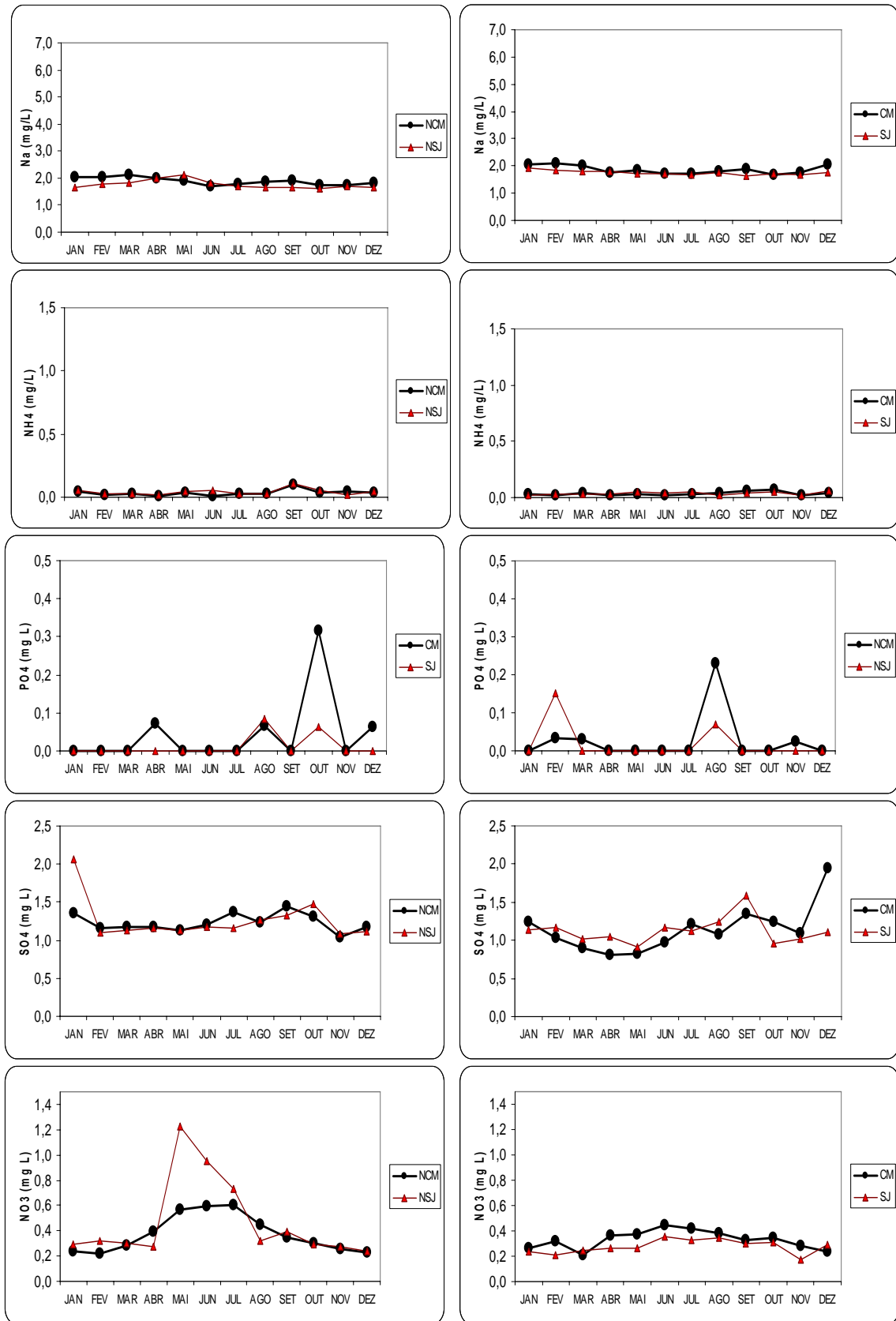


Figura 24. Variação da concentração de Na^+ , NH_4^+ , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} e NO_3^- nas nascentes (NCu e NSJ) e canal principal (Cu e SJ) das microbacias do Cumaru (Cu) e São João (SJ) respectivamente.

6. CONCLUSÕES

- As características físico-químicas das águas fluviais das microbacias estudadas apresentaram diferenças que refletem a influência da sazonalidade e de aspectos relacionados com a presença de vegetação ripária com dossel fechado, exercendo o poder tampão, e o processo de mineralização da matéria orgânica no leito das microbacias;
- A sazonalidade influenciou nas concentrações de cálcio, do curso principal, na microbacias Cumaru. Nas nascentes, a variação do período seco e chuvoso, influenciou nas concentrações de sódio nas microbacias do Cumaru e São João e de magnésio na microbacia São João;
- A produção diferencial das concentrações de cátions, nas nascentes e cursos principais das microbacias estudadas, sugere que as origens de alterações nos ecossistemas à montante das estações de coletas provocaram diferenças em tais concentrações;
- O maior percentual relativo de áreas agrícolas na microbacia do Cumaru pode explicar a maior concentração de cálcio, magnésio e potássio, provenientes principalmente das cinzas das queimadas realizadas para a implantação de culturas agrícolas existentes na região.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA **Standard Methodos for the examination of water and wastewater**. Washington, 6th ed. American Public Health Association, 1985.

ALVES, S. C. A água como elemento fundamental da paisagem em microbacias. **Informe Agropecuário**. Minas Gerais. v. 21, n. 207, p. 9 – 14, nov/dez. 2000.

ARCOVA, F.C.S.; CESAR, S.F.; CICCIO, V. Qualidade da água e dinâmica de nutrientes em bacia hidrográfica recoberta por floresta de mata atlântica. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v.5, n.1, p.1-20, 1993.

BALLESTER, M. V. R.; VICTORIA, D. D. C.; KRUCHE, A. V.; COBURN, R.; VICTORIA, R. L.; RICHEY, J. E.; LOGSDON, M. G.; MAYORGA, E.; MATRICARDI, E. A remote sensing/GIS – based physical template to understand the biogeochemistry of the Ji-Paraná river basin (Western Amazonia). **Remote Sensing of Environment**, v. 87, n. 1, p. 429 – 445, 2003.

BASTOS, T.X.; PACHECO, N.A. Rainfall distribution and water balance for day periods in Igarapé-Açu, Eastern Amazonia, Brazil. IN: German-Brazilian Workshop on Neotropical Ecosystems- Achievements and Prospects of Cooperative Research, **Abstracts...** Hamburg, 2000. p. 213.

BIGGS, T. W.; DUNNE, T.; DOMINGUES, T. F.; MARTINELLE, L. A. Relative influence of natural watershed properties and human disturbance on stream solute concentrations in the south western Brazilian Amazon basin. **Water Resources Research**, v. 38, n. 8, 2002.

BIO2000. Qualidade da água. Disponível em [http://bio2000.com.br/qualidade da água/nitrato/nitrito](http://bio2000.com.br/qualidade_da_água/nitrato/nitrito). Consultado em 18 ago 2008.

BOLSON, M. A. **A biogeoquímica do Rio Urupá**. Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Ciências. Área de concentração: Química na Agricultura e no Ambiente) –

Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo – Piracicaba, 2006.
60 f. : fig.

BRANCO, S. M. **Hidrologia aplicada à engenharia sanitária**, São Paulo, 3 ed., CETESB/ASCETESB, 1986, 616p.

BROOKS, K. N.; FOLIOT, P. F.; GREGERSEN, H. M.; THAMES, J. L. **Hydrology and Management of Watersheds**. Ames: Iowa State University Press, 1991. 392 p.

BROWN, I.F., BIDONE E.D. River Composition as a Mean of Reconnaissance Mapping in Tropical Humid Hydrographic Basins: an example of the Caranguejo River, Maricá, RJ. **Revista Escola de Minas**, v.41, n.1-4, p.135-147, 1988.

CARMOUZE, J. P. **O metabolismo dos ecossistemas aquáticos: fundamentos teóricos, métodos de estudo e análises químicas**. São Paulo – Editora Edgard Blücher – FAPESP. 1994. 253 p.

COLLINS, R.; JENKINS, A. The impact of agricultural land use on stream chemistry in the middle hills of the Himalayas, Nepal. **Journal of Hydrology**, v. 185, n. 1/4, p. 71 – 86. Nov 1, 1996.

COOMBES, C. Current Practices in Controlling the Effects on Fresh Waters of Urbanization in Milton Keynes Area. In: SOLBÉ, J.L.F.G. (editor) **Effects of Land Use on Fresh Waters**. Chichester: Ellis Horwood Publishers Ltd., 1986. p.26-40.

CRESSIE, N. & MAJURE, J. J. Non-point-source Pollution of Surface Waters over a Watershed. In: BARNETT, V. & K. F. Tukman. **Statistics for the Environment 3: Pollution Assessment and Control**. Chichester: John Wiley. P. 201-224.

DONADIO, N. M. M.; GALBIATTI, J. A.; DE PAULA, R.C. Qualidade da água de nascentes com diferentes usos dos solos na bacia hidrográfica do córrego rico, São Paulo, Brasil. **Engenharia Agrícola**. v. 25, n. 1, jan/abr.. 2005. 115-125.

DREVER, J.I. **The Geochemistry of Natural Waters**. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, Inc., 1982. p. 388.

EDUCAR. Estudos de qualidade da água. USP – SP. Disponível em: [http://educar.sc.usp.br/Estudos de qualidade da água/pH](http://educar.sc.usp.br/Estudos_de_qualidade_da_água/pH). Consultado em 18 ago 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa em Aves e Suínos. **Manejo de dejetos de suínos**. Concórdia, 1998. 31p. (Boletim Informativo de Pesquisa, 11)

ESTEVES, F. de A. 1998. **Fundamentos de limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência/FINEP. 575p. il.

FORTESCUE, J.A.C. **Environmental Geochemistry: a holistic approach**. New York: Springer-Verlag, 1980. 347p. (Ecological Studies, v.35)

INTERMEGA. Qualidade da Água/ Temperatura e Turbidez. Disponível em: [http://www.intermega.com.Br/Qualidade da água/ Temperatura /Turbidez](http://www.intermega.com.Br/Qualidade_da_água/Temperatura/Turbidez). Consultado em 15 ago 2008.

KISHI, R. T. Estudo das relações entre a qualidade das águas superficiais e o uso do solo. Disponível em http://geodesia.ufsc.br/Geodesia-online/arquivo/GeoColoq_2001/cbcg2099.pdf. Consultado em 05 jun 2006.

KRUSCHE, A. V.; et al. As mudanças no uso da terra e a biogeoquímica dos corpos d'água na Amazônia. **Acta Amazônica**. (No prelo).

KRUSCHE, A. V. Efeitos das mudanças do uso da terra na biogeoquímica dos corpos d'água na bacia do Rio Ji-Paraná, Rondônia. **Acta Amazônica**, v.35, 2005. p. 197-205.

LEITE, N. K. **A biogeoquímica do Rio Ji-Paraná, Rondônia. Dissertação** (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Agroecossistema. Escola superior de Agricultura Luiz de Queiroz – Piracicaba, 2004. 74 p.

LIKENS, G. E.; BORMANN, F. H. **Biogeochemistry of a forested ecosystem**. 2. Ed. New York: Springer – Verlag, 1995, 159 p.

LIMA, E.B.N.R. **Modelagem integrada para gestão da qualidade da água na Bacia do Rio Cuiabá**. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001. 184 p.

MARGALEF, R. The place of epicontinental waters in global ecology. In: MARGALEF, R. **Limnology now: a paradigm of planetary problems**. Amsterdam: Elsevier Science, 1994. p.1-8.

MARKEWITZ, D.; DAVIDSON, E. A.; FIGUEIREDO, R. D. O.; VICTORIA, R. L.; KRUSCHE, A. V. Control of cations concentrations in stream waters by surface soil processes in an Amazonia watershed. **Nature**, v. 410, n. 6830, p. 802 – 805, Apr 12, 2001.

MATHEUS, C.E; MORAES, A. J. de; TUNDISI, T. M.; TUNDISI, J. G. **Manual de análises limnológicas**. São Carlos: Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada, USP, 1995, 62p.

McCLAIN, M.E., ELSENBEER, H., Terrestrial inputs to Amazon streams and internal biogeochemical processing. In: MCCLAIN, M.E., VICTORIA, R.L., RICHEY, J. (editores) **The Biogeochemistry of the Amazon Basin**. Oxford University Press. 2001. p.185-208.

MERTEN, G. H. & MINELLA, J. P. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura **Agroecol. e Desenvol. Rur. Sustent.** Porto Alegre, v.3, n.4, out/dez 2002.

MELO, E.G.F.; SILVA, M. do S.R.; MIRANDA, S.A.F. Influência antrópica sobre as águas dos igarapés na cidade de Manaus/Amazonas. **Revista Caminhos da Geografia**, v. 5. n. 16. p. 40-47. 2005.

NETO, M.S.S.; ALVEZ, R.; FIGUEIREDO, A.C.; HINO, K. Caracterização hidrogeoquímica da bacia do rio Manso-Cuiabá, Mato Grosso. **Acta Limnológica Brasiliensia**, São Carlos, v.6, p.230-44,1993.

NIKOLAIDIS, N. P.; HENG, H.; SEMAGIN, R. & CLAUSEN, J. C. Non-linear response of mixed land use watershed to nitrogen loading. **Agriculture, Ecosystems and Environment** **67**, 1998, p. 251-265.

OKI, V. K. **Impactos da colheita de Pinus taeda sobre o balanço hídrico, a qualidade da água e a ciclagem de nutrientes em microbacias**. Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Ciências. Área de concentração Ciências Florestais) – Escola superior de Agricultura Luiz de Queiroz – Piracicaba, 2002. 71 p.

PALHARES, J.C.P.; SCANDOLERA, A.J.; LUCAS JÚNIOR, J.; COSTA, A.J. da. Monitoramento da qualidade da água do Córrego Jaboticabal através de parâmetros químicos. In: WOR KSHOP DE INTEGRAÇÃO DE INFORMAÇÕES DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MOGI GUAÇU, 3., 2000, Porto Ferreira. **Anais...** Porto Ferreira: Prefeitura Municipal de Porto Ferreira, 2000. p.43-4.

PALMA SILVA GM. **Diagnóstico ambiental, qualidade da água e índice de depuração do Rio Corumbataí - SP**. 1999. 165f. Dissertação (Mestrado em Manejo Integrado de Recursos) - Centro de Estudos Ambientais, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1999.

PALMA-SILVA, G.M. **Diagnóstico ambiental, qualidade da água e índice de depuração do Rio Corumbataí - SP**. 1999. 155 f. Dissertação (Mestrado em Manejo Integrado de Recursos) - Centro de Estudos Ambientais, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1999.

PEKAROVA, P.; PEKAR, J. The impact of land use on stream water quality in Slovakia. **Journal of Hydrology**, v. 180, n. 1/4, p. 330 – 350, 1996.

PETERS, N.E; MEYBECK, M. Water quality degradation effects on freshwater availability: impacts to human activities. **Water International**, Urbana, v.25, n.2, p.214-21, 2000.

PIEIDADE, Maria Teresa Fernandez & SANTOS, G. M. dos. **Água e Ambiente na Amazônia e sua importância no contexto global**. Seminário Água e Meio Ambiente na Amazônia. 2007. Belém – Pa. Resumos MPEG – CD-ROM.

PLANETA ÁGUA. Disponível em: <http://www.aplanetaagua.com.br/novo/parametrosanaliticos.asp>. Consultado em 21 out 2005.

PORTO, F. A.; BRANCO, S; M.; LUCA, S. J. Caracterização da qualidade da água. In: PORTO, R. L. (Org). **Hidrologia Ambiental**, São Paulo: EDUSP, 1991. p. 375-390.

PRIMAVESI, O.; FREITAS, A.R. de; PRIMAVESI, A.C.; OLIVEIRA, H.T. de. Water quality of Canchim's creek watershed in São Paulo, SP, Brazil, occupied by beef and dairy cattle activities. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v.45, n.2, p.209-17, 2002.

RHODES, A. L.; NEWTON, R. M.; PUFALL, A. Influences of land use on water quality of a diverse new England watershed. **Environmental Science & Technology**, v. 35, n. 18, p. 36 – 45, Sep 15, 2001.

RASERA, M. F. F. L. **O papel das emissões de CO₂ para a atmosfera, em rios da bacia do Ji-Paraná (RO), no ciclo regional do carbono**. Piracicaba, 2005. 69 p. Dissertação (Mestrado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo.

RICHEY, J. E.; WILHELM, S. R.; MCCLAIN, M. E.; VICTORIA, R. L.; MELACK, J. M.; LIMA, C. A. Organic matter and nutrient dynamics in river corridors of the Amazon basin and their response to anthropogenic change. **Ciência e Cultura – Journal of the Brazilian Association for the Advancement of Science**, v. 49, n.1/2, p. 98-110, 1997.

ROSA, M. B. S. da. **Dinâmica do carbono em pequenas bacias de drenagem sob uso de agricultura familiar na Amazônia Oriental**. 2007. 99f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2007.

SCHERFFER, F. & SCHACHTSCHABEL, P. 1998. **Lehrbuch der Bodenkunde**. Stuttgart: Enke. p. 1-25, 240-312, 464-475.

SILVA, A. A. da et al.. A historical dynamics of reproduction of agriculture in Igarapé-Açu (Northeast of the State of Pará): A study focusing on agrarian systems. In:**THIRD SHIFT-WORKSHOP: Proceedings**. Manaus, p.67-82. 1999.

SOUZA, A.D.G. de; TUNDISI, J.G. Hidrogeochemical comparative study of the Jaú and Jacaré-Guaçu river watersheds, São Paulo, Brazil. **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v.60, n.4, p.563-70, 2000.

SPERLING, E. V.; JARDIM, F. A.; GRANDCHAMP, C. Water quality during the filling of deep mining lakes: case study of Aguas Claras pit lake – MG. **Eng. Sanit. Ambient.** v. 9, n.3. Rio de Janeiro, jul/set 2004.

TUCCI, C. E. M.; CLARKE, R. T. Impactos das mudanças da cobertura vegetal no escoamento: Revisão. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos.** v. 2, n. 1, jan/jun. 1997. 135-152.

WADE, A. J.; NEAL, C.; SOULSBY, C.; SMART, R. P. LANGAN, S. J. & CRESSER, M. S. Modelling streamwater quality under varying hydrological conditions at different spatial scales. **Journal of Hydrology.** 217, 1999, p. 266-283.

WALKER, R.; HOMMA, A. K. O.; Land use and land cover dynamics in the Brazilian Amazon: An overview. **Ecological Economics**, v 18, n. 1, p. 67-80, jul, 1996.

WALLING, D.E., WEBB, B.W. Solutes in Rivers Systems. In: TRUDGILL, S.T. (editor). **Solute Processes.** Chichester: John Willey & Sons Ltd., 1986. Cap. 7, p. 251-327. (Landscape Systems)

WALLING, D.E., 1980. **Water in the Catchment Ecosystems.** In: Water Quality in Catchment Ecosystems. Chichester, John Wiley:1-47.

WICKEL, B. Water and nutrient dynamics of a humid tropical agricultural watershed in Eastern Amazônia. **Ecological and development. Series.** n.21, 135p. 2005.

WILLIAMS, M. R.; MELACK, J. M. Solute export from forested and partially deforested catchments in the central Amazon. **Biogeochemistry.** V. 38, n. 1, p. 67 – 102, Jul, 1997.

WOLOCK, D. M.; HORNBERGER, G. M. & MUSGROVE, T. J. Topographic effects on flow path and surface water chemistry of the Llyn Brianne catchments in Wales. **Journal of Hydrology**. 115, 1990, p. 243-259.

ANEXOS

TABELA 1A. Percentual das áreas relativas às diferentes classes de uso da terra nas bacias do Cumaru e São João, município de Igarapé-Açu, com base em imagens de Landsat, coordenadas UTM, *datum* SAD69, zona 23S.

	Cumaru	São João
Cultura agrícola	9,01	5,03
Pasto Limpo	5,16	10,78
Pasto Sujo	13,71	13,63
Capoeira baixa	60,74	49,83
Capoeira alta	5,64	13,38
Floresta Densa	4,20	4,96







Fonte: Laboratório de Sensoriamento Remoto da Embrapa Amazônia Oriental.

TABELA 2A - Valores mínimos e máximos de Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Mg^{+2} e Ca^{+2} em mg.L^{-1} observados nas microbacias Cumaru e São João no período de Janeiro a Dezembro de 2006.

Estações de Coleta	Período Chuvoso (Jan-Jun)					Período Seco (Jul-Dez)				
	Na^+	NH_4^+	K^+	Mg^{+2}	Ca^{+2}	Na^+	NH_4^+	K^+	Mg^{+2}	Ca^{+2}
	----- mg.L^{-1} -----									
IGCU A/B	1,71-2,12	0,01-0,05	0,11-0,27	0,24-0,56	0,10-0,19	1,75-1,91	0,03-0,10	0,21-0,42	0,21-0,29	0,10-0,25
IGCU B/C	1,72-2,08	0,02-0,04	0,28-0,55	0,41-1,13	0,51-0,78	1,68-2,07	0,02-0,07	0,38-1,18	0,47-0,67	0,69-0,89
IGSJ A	1,67-2,11	0,02-0,06	0,15-0,78	0,24-0,57	0,06-0,11	1,61-1,71	0,01-0,11	0,32-0,50	0,24-0,28	0,10-0,13
IGSJ B	1,70-1,91	0,02-0,05	0,20-0,54	0,33-0,74	0,23-0,30	1,63-1,75	0,02-0,06	0,43-0,72	0,30-0,36	0,23-0,28

TABELA 3A - Valores mínimos e máximos de Cl^- , NO_3^- , PO_4^{-3} e SO_4^{-2} em mg.L^{-1} observados nas microbacias Cumaru e São João no período de Janeiro a Dezembro de 2006.

Estações de Coleta	Período Chuvoso (Jan-Jun)				Período Seco (Jul-Dez)			
	Cl^-	NO_3^-	PO_4^{-3}	SO_4^{-2}	Cl^-	NO_3^-	PO_4^{-3}	SO_4^{-2}
	----- g.L^{-1} -----							
IGCU A/B	2,90-3,41	0,22-0,60	0,00-0,03	1,14-1,35	2,73-3,27	0,23-0,61	0,00-0,23	1,05-1,45
IGCU B/C	2,75-3,65	0,21-0,45	0,00-0,07	0,80-1,24	2,86-3,84	0,23-0,42	0,00-0,32	1,08-1,94
IGSJ A	2,88-3,51	0,28-1,23	0,00-0,15	1,10-2,06	2,82-3,11	0,24-0,73	0,00-0,07	1,09-1,47
IGSJ B	2,65-3,14	0,21-0,35	0,00-0,00	0,91-1,17	2,71-2,97	0,17-0,35	0,00-0,08	0,96-1,58

PONTOS DE AMOSTRAGEM	NASCENTES	CANAL PRINCIPAL
<p style="text-align: center;">IGARAPÉ SÃO JOÃO</p>	 <p>A photograph of a spring water source in a lush, green forest. The water is clear and flows into a small pool. A red timestamp '15 3 2006' is visible in the bottom right corner.</p>	 <p>A photograph of the main channel of Igarapé São João, showing a calm, reflective pool of water surrounded by dense tropical forest. A red timestamp '15 3 2006' is visible in the bottom right corner.</p>
<p style="text-align: center;">IGARAPÉ CUMARU</p>	 <p>A photograph of a spring water source for Igarapé Cumaru, showing a concrete structure with water flowing into a pool. A red timestamp '14 3 2006' is visible in the bottom right corner.</p>  <p>A photograph of a spring water source for Igarapé Cumaru, showing water flowing over a concrete structure into a pool. A red timestamp '14 3 2006' is visible in the bottom right corner.</p>	 <p>A photograph of the main channel of Igarapé Cumaru, showing turbulent, white-water rapids flowing over rocks. A red timestamp '14 3 2006' is visible in the bottom right corner.</p>  <p>A photograph of the main channel of Igarapé Cumaru, showing a calm, brownish pool of water surrounded by dense tropical forest. A red timestamp '14 3 2006' is visible in the bottom right corner.</p>

Fonte: Silva, M.M.

Figura 1A – Estações de coleta nas nascentes e canal principal nas microbacias do Cumaru e São João.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)