

QUÍMICA DAS ÁGUAS DE SUPERFÍCIE DOS RIOS DA BACIA AMAZÔNICA: uma contribuição para classificação de acordo com seus usos preponderantes.

Maria do Socorro Rocha da Silva¹; Hillândia Brandão da Cunha²; Sebastião Átila Fonseca Miranda³; Genilson Pereira Santana⁴ & Domitila Pascoaloto⁵

RESUMO: Na bacia Amazônica, se destacam inúmeros rios que possuem características químicas distintas das águas de outras regiões do país devido à geologia, a geomorfologia, os diferentes tipos de vegetação e o clima. Também os processos e mecanismos existentes e sua inter-relação com processos biogeoquímicos, provocados pelo intemperismo, além do fato de as concentrações das águas do rio Amazonas serem progressivamente diluída da Região Andina para o Oceano Atlântico. A Resolução 357/ 2005 do CONAMA, estabelece classificação dos corpos de água e diretrizes, que visa estabelecer metas de qualidade para os corpos de água. No seu artigo 42, diz: “Enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas classe 2. Visando apresentar características das águas naturais da Amazônia/Brasil, foram coletadas amostras em 64 pontos de coletas, sendo 18 pontos ao longo do rio Amazonas, e 27 no período de coletas de 2009 a 2010. Comparando as condições encontradas nos rios da bacia amazônica com esta resolução, águas ácidas com pH menor que 6 e as elevadas turbidez, e baixos valores de oxigênio dissolvido (inferior a 2,0 mg/L) torna-se difícil enquadrá-los seguindo legislação vigente.

ABSTRAT: In the Amazon basin there are numerous rivers that have water chemical characteristics different than the water in other regions of the country due to the geology, geomorphology, different types of vegetation and climate. In the same way, the processes and mechanisms and their interrelationship with biogeochemical processes, caused by weathering contribute to the characterization of water bodies in the region. The Resolution 357/2005 from CONAMA establishes a classification of water bodies and its guidelines, which aims to set quality goals for these bodies of water. In its Article 42, it says: "While their frameworks are not approved, fresh waters will be considered as Class 2. In order to present the characteristics of natural waters in the Brazilian Amazon, some samples were collected in 64 points, 18 of them along the Amazon River, and 27 of them in the period from 2009 to 2010. Comparing the conditions found in rivers of the Amazon basin with this resolution, the acidic water with pH under 6 and the high turbidity and low dissolved oxygen values (less than 2.0 mg / L) it becomes difficult to fit them following the current legislation.

Palavras - chaves: Bacia Amazônica, rios da Amazônia, hidroquímica.

-
- 1) Doutoranda da UFAM, PPGQ, Av. André Araújo, 2936, Petrópolis, Manaus-AM, 69083-000, ssilva@inpa.gov.br;
 - 2) Pesquisadora, INPA, Av. André Araújo, 2936, Petrópolis, Manaus-AM, 69083-000, hilandia@inpa.gov.br;
 - 3) Pesquisador, INPA, Av. André Araújo, 2936, Petrópolis, Manaus-AM, 69083-000, atila@inpa.gov.br;
 - 4) Professor, UFAM, PPGQ, Av. Rodrigo Otávio, 3000-Coroado I, Manaus-AM, 69077-000, genilson@edu.gov.br
 - 5) Pesquisadora, INPA, Av. André Araújo, 2936, Petrópolis, Manaus-AM, 69083-000, domitila@inpa.gov.br

1. INTRODUÇÃO

A bacia Amazônica é caracterizada pelo rio Amazonas, seus tributários e lagos de várzea que interagem com os rios (Rebouça, 1999). No Brasil, o rio Amazonas desce de 65m de altitude, em Benjamin Constant AM, ao oceano, após um percurso de mais de 3.000 Km. Tem, portanto, um gradiente médio de 20 mm/Km (Ahimoc, 2002; Cunha & Pascoaloto, 2006).

As águas possuem características químicas distintas das outras regiões do país devido principalmente à geologia da região, os diferentes tipos de vegetação presentes no entorno dos rios e igarapés, a presença de organismos decompositores e, ao clima da região (Sioli, 1950; Fittkau *et al.*, 1964; Junk, 1983).

A bacia como um todo apresenta três grandes paisagens amazônicas: a Cordilheira dos Andes, a Oeste; os Escudos Cristalinos, da Guiana ao Norte e do Brasil ao Sul e a Planície Sedimentar, na porção central (IBGE, 1977). As características geológicas dos terrenos onde estão localizadas essas paisagens são fundamentais para a composição química das águas dos diferentes rios que compõem a bacia amazônica (Stallard & Edmond, 1983; Rosales, 2002). Não apenas as características químicas são diferenciadas, mas também verifica-se uma diferença visual, o que levou Sioli (1950) a classificá-las em: a) “**águas-brancas**”, turvas, rica em material particulado em suspensão, com elevada concentração de nutrientes e eletrólitos, pH variando de 6,2 a 7,2, e tem sua origem Andina e Sub-Andina. Exemplos os rios são o Solimões-Amazonas, Purus, Juruá e o Madeira; b) “**águas-claras**”, transparentes, pouca quantidade de material em suspensão, pH de 4,5 a >7, 0, tem sua origem em terrenos pré-cambrianos; drenam rochas cristalinas dos escudos das Guianas e do Brasil Central. Os rios Tapajós, Trombetas e Xingu; c) “**águas-pretas**” de cor marron-oliva devido a substâncias húmicas e fúlvicas dissolvidas, águas ácidas (pH 3,8 a 4,9) e bastante empobrecidos em eletrólitos. Os rios Negro e Urubu.

Stallard & Edmond, (1983) classificaram as águas da bacia amazônica de acordo com a carga total de cátions (TZ+) e, segundo estes autores, o substrato litológico e o regime de erosão controlam a composição química das águas. Sua classificação está também relacionada a Geologia: (1) **Rios com TZ+ entre 0 e 200 µeq/L**, que drenam terrenos bastante intemperizados (sedimentos Terciários da bacia central, solos da bacia do rio Negro e regiões similares intemperizados). Estes rios mostram altos níveis de Fe, Al, H⁺ e coloração, sendo o Si enriquecido em relação a outras espécies principais. (2) **Rios com TZ+ entre 200 e 450 µeq/L**, drenando terrenos silicosos, sendo também ricos em sílica em relação a outras espécies. (3) **Rios com TZ+ entre 440 e 3.000 µeq/L**, com altas concentrações de cátions e (4) **Rios com TZ+ > 3000 µeq/L** drenam evaporitos massivos.

Segundo esta classificação, no primeiro grupo (TZ+ entre 0 e 200 µeq/L) enquadram-se os

rios das bacias dos rios Negro, Tapajós e Trombetas, que são formados no escudo cristalino Brasileiro. O rio Negro, na classificação de Sioli, é considerado águas-pretas; rio Branco e Içá são considerados de águas-brancas e os rios Tapajós e Trombetas, rios de águas claras.

Por outro lado, segundo divisão ecológica de Fittkau (1964), o rio Negro, antes de sua junção com o rio Branco, faz parte da região Periférica Norte (escudo cristalino). Após a confluência com o rio branco, ambos passam a integrar a região Amazônica Central (formação Barreiras). O rio Içá faz parte da região Periférica Oeste (Andes e Várzeas Holocênicas) e os rios Trombetas e Tapajós originam-se na região Periférica Sul (escudo cristalino). Ainda fazem parte deste grupo os rios Jutáí, Tefé e Coari, considerados rios de águas-pretas e pertencentes à região Amazônica Central, segundo a classificação de Fittkau (1964).

Ao segundo grupo ($200 < T_{Z^+} < 450 \mu\text{eq/L}$) pertencem os rios Madeira, próximo a sua foz, Napo, Branco, Trombetas e Purus. Os rios Madeira e Napo têm suas cabeceiras nas regiões sub-Andinas e Andina, respectivamente, o rio Branco e Trombetas nos escudos cristalinos, Norte e Sul, respectivamente e o rio Purus tem também origem sub-Andina.

Para atender regiões onde as características físicas e químicas são bastante heterogêneas, e que hoje não se enquadram na legislação vigente, é necessário avaliar as características químicas regionais que possam ser adaptado a legislação, ou seja, permitindo o enquadramento na distribuição e no uso das águas para a região Amazônica.

Este estudo teve por objetivo conhecer as características físicas e químicas das águas de diferentes tipos de rios da Bacia Amazônica.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada nos rios da bacia Amazônica, em território brasileiro, abrangendo os estados do Amazonas, Pará e Roraima. Foram investigadas as variáveis ambientais de trechos do rio Amazonas e de seus principais afluentes.

No rio Amazonas e tributários foram selecionados 64 locais para coletas de amostras, sendo 18 pontos ao longo do rio Amazonas, e 27 afluentes (Arapiuns, Ariau, Aneba, Branco, Javari, Içá, Tacutu, Curua-una, Içana, Jutáí, Juruá, Japurá, Javari, Purus, Negro, Madeira, Uatumã, Nhamundá, Manacapuru, Jauapery, Preto do Eva, Urubu, Sarabandy, Viramundo, Trombetas, Tapajós, Xingu e Uaupés) no período de coletas teve seu início em novembro de 2008 e se estendeu até julho de 2010 (Figura 1).

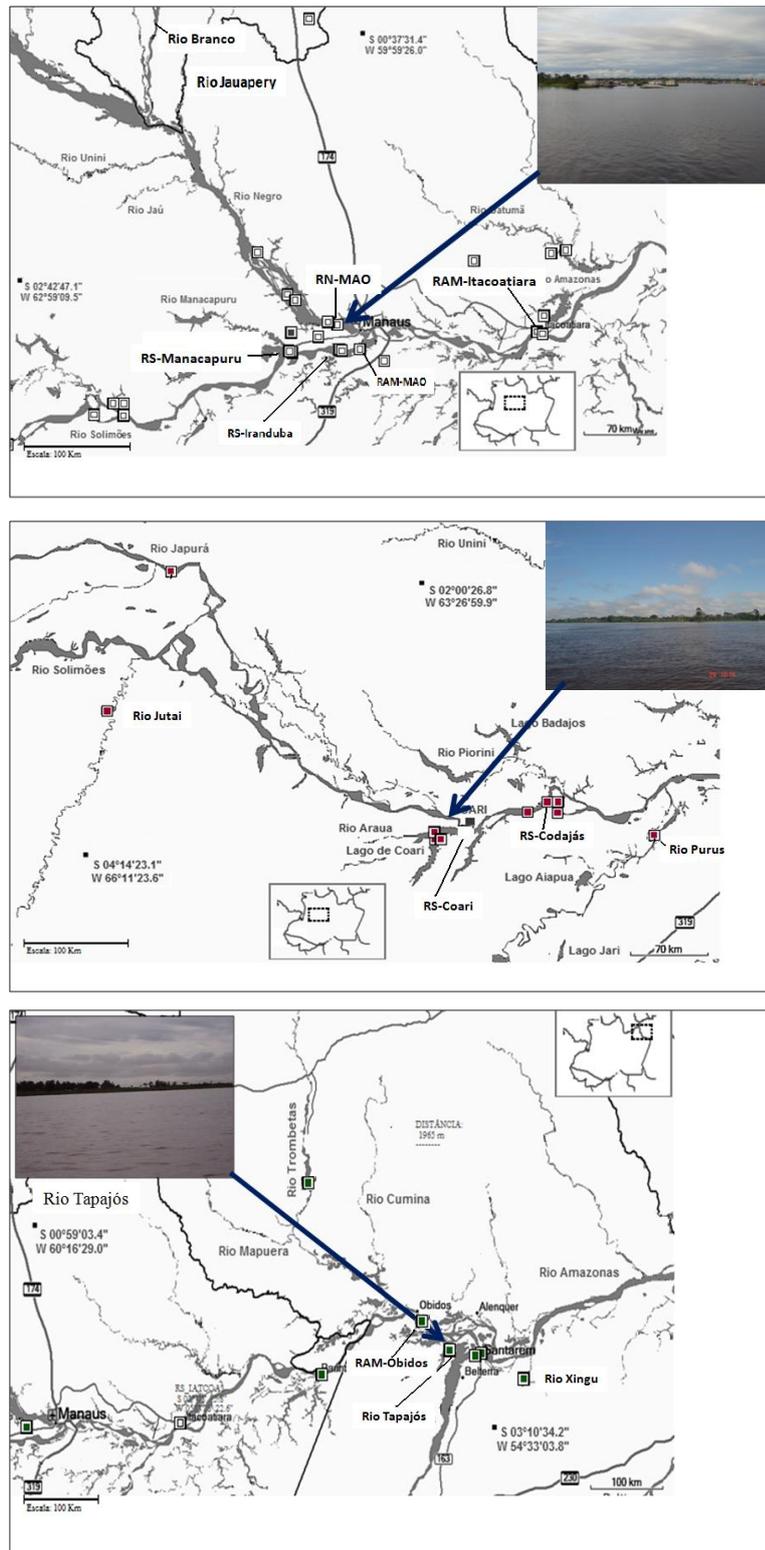


Figura 1. Localização dos Pontos de coletas na calha principal do rio Amazonas e seus principais afluentes. [Rio Amazonas – Itacoatiara (RAM 1); Rio Amazonas- Anamá (R.AM2); Rio Solimões- Coari(R.S.1); Rio Solimões Codajás(R. S.2); Rio Solimões –Iranduba(R.S.3); Rio Solimões –Manacapuru(R.S. 4); Rio Solimões –MAO (R.S.5) ; Rio Solimões –Marchantaria(R.S.6); Rio Solimões – Tabatinga (R. S.7); Rio Amazonas- Santarém (R.AM.8); Rio Amazonas –Fonte Boa(R.AM. 9); Rio Amazonas –Amaturá (R.AM.10); Rio Amazonas- Santarém (R.AM.11); Rio Amazonas, Mont. Óbidos(R.AM.12); Rio Amazonas- Peru(R.AM.13); Rio Amazonas -Sto Antônio do Iça (R.AM. 14); Rio Amazonas –Tonantins (R.AM. 15)].

Algumas medidas como pH e condutividade elétrica foram realizadas em campo com auxílio de instrumentos da marca DIGIMED. As amostras foram coletadas na superfície, com auxílio de uma garrafa Van Dorn com capacidade de 2,5 litros. O oxigênio dissolvido determinado com auxílio de oxímetro marca DIGIMED e pelo método de Winkler modificado, as amostras coletadas em garrafa Van Dorn, acondicionada em frasco de Winkler, no momento da coleta fixada com azida e sulfato manganoso e titulada com tiosulfato. A sílica e ferro, as amostras foram determinadas por espectrofotometria.

Os íons: Cloreto (Cl^-), cálcio(Ca^{++}), magnésio(Mg^{++}), sódio (Na^+) e potássio (K^+), sulfato (SO_4^{-2}) as amostras foram filtradas e fixadas com timol e determinadas em cromatográfico de íons, já o bicarbonato (HCO_3^-) foi determinado por titulação potenciométrica em amostras não filtradas. As técnicas de análises encontram-se descritas em APHA (1985) e Golterman & Clymo (1971).

3. RESULTADOS

Os resultados das variáveis físicas e químicas analisadas, mostraram variação entre as águas dos diferentes rios da Bacia Amazônica.

O potencial hidrogeniônico (pH), variou de ácido (4,42) no rio Içana, seguido de uma acidez um pouco mais moderada (4,84) no rio Negro – Manaus, até uma condição pouco acima da neutralidade 6,92 no rio Xingu e chegando a 7,44 nos rio Solimões- Santo Antonio do Iça (Tabelas 1 e 2).

Estes resultados são muito semelhantes aos encontrados por Sioli (1956), para águas desta região, que também observou valores entre 4,0 e 7,8, indo de ácida para alcalina. A variação do potencial hidrogeniônico nas águas está ligada a um conjunto de fatores, como a contribuição da geomorfologia e geologia da região e, no caso das águas pretas Walker (1995) atribui os baixos valores pH às substâncias húmicas. No entanto a Figura 2 mostra também uma aparente correlação entre os valores de pH e silicatos, que pode, na verdade, estar relacionada, não ao silicato, e sim ao alumínio associado ao silicato.

Uma outra variável importante é a condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$). Por este parâmetro podemos avaliar a quantidade de íons presentes na água, quanto maior sua condutividade mais enriquecida de cátions, ânions ou nutrientes (Figura 3).

Tabela 01. Resultados dos valores médios de C.E.($\mu\text{S}/\text{cm}$), pH, O_2 , HCO_3^- , $\text{SI}(\text{OH})_4$, Fe^{3+} , K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} e Cl em mg/L nos rios da Bacia Amazônica.

	<i>N</i>	<i>C.E.</i>	<i>pH</i>	HCO_3^-	O_2	Fe^{3+}	$\text{SI}(\text{OH})_4$	K^+	Na^+	Mg^{+2}	Ca^{+2}	SO_4^{-2}	<i>Cl</i>
RAM 1	2	44,55	6,29	21,05	2,97	1,28	3,6	0,85	2,72	0,82	6,06	1,6	1,81
R.AM2	1	68,9	7,01	36,6	1,96	0,96	6,9	1,28	3,85	1,2	9,18	1,99	2,63
R.S.1	2	90,6	6,91	42,7	3,79	3,08	5,38	1,16	3,65	1,36	11,88	2,67	2,29
R. S.2	2	82,4	7,21	39,04	3,16	0,75	5,6	1,19	3,08	1,31	10,45	2,01	1,56
R.S.3	2	71,8	7,09	31,42	2,4	0,92	5,3	0,88	3,85	1,18	9,19	2,35	2,57
R.S. 4	2	70,8	6,45	32,03	2,79	0,8	4,27	0,85	3,39	1,19	10,11	2,45	2,38
R.S.5	2	72,9	6,47	35,08	2,84	0,64	4,99	1,14	3,21	1,24	9,5	1,88	2,04
R.S.6	1	80,7	6,85	35,99	3,73	0,53	4,83	1,1	2,34	1,26	10,21	2,92	1,5
R. S.7	1	174,6	7,26	93,94	3,19	2,38	4,05	1,39	7,18	2,42	27,7	0,61	7,7
R.AM 8	2	51,13	6,86	29,28	4,84	3,01	5,67	1,03	2,35	1,11	6,47	3,54	1,78
R.AM. 9	2	85,6	6,53	45,75	2,34	2,47	3,65	1,02	3,66	1,32	11,85	3,31	2,42
R.AM.10	1	70	6,32	37,82	2,63	0,72	3,99	0,85	2,87	1,06	10,65	2,62	2,14
R.AM.11	1	58,23	6,75	27,45	5,6	1,91	4,77	0,78	3,1	1,01	5,62	3,47	2,38
R.AM.12	1	30,8	7,22	63,44	4,04	2,1	5,21	0,84	1,71	0,77	4,56	1,29	1,14
R.AM. 13	1	174	7,44	94,55	2,94	4,86	4,05	0,65	2,36	0,89	6,42	1,74	1,48
R.AM. 14	1	71,2	6,25	35,99	3,86	0,97	3,52	0,89	3,25	1,28	11,57	2,95	2,35

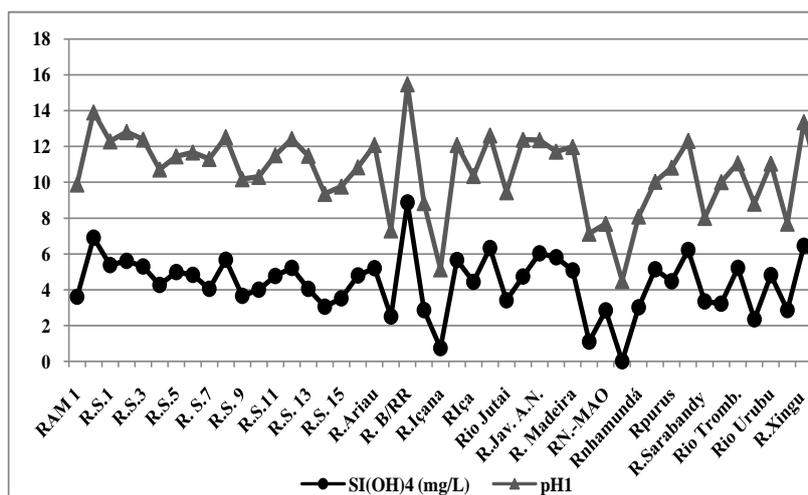


Figura 02. Comportamento do silicato (mg/L) e pH nas águas de rios da Bacia Amazônica.

Tabela 2. Resultados dos valores médios de C.E.($\mu\text{S}/\text{cm}$), pH, O_2 , HCO_3^- , $\text{SI}(\text{OH})_4$, Fe^{3+} , K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} e Cl em mg/L nos rios da Bacia Amazônica.

	N	C.E.	pH	HCO_3^-	O_2	Fe^{3+}	$\text{SI}(\text{OH})_4$	K^+	Na^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl
R Arapi	2	7,59	6,06	6,1	<0,1	0,1	4,79	0,37	1,18	0,15	0,34	1,77	1,29
R.Ariau	2	83,95	6,89	28,06	1,29	1,14	5,2	0,96	4,89	1,37	8,77	3,07	9,69
R.Aneba	1	9,89	4,82	3,66	3,28	0,15	2,5	0,29	1,38	0,09	0,24	0,11	1,57
R. B/RR	3	23,55	6,61	14,95	5,81	0,54	8,87	1,3	3,66	0,71	1,43	2,23	2,3
RCuru	1	17,73	5,99	9,76	6,89	0,63	2,86	0,52	1,44	0,34	1,04	0,7	2,16
R.Içan	1	19,6	4,42	1,83	5,67	0,61	0,73	0,15	0,12	0,05	0,14	0,05	0,31
R.tacut	1	24,1	6,43	12,2	2,7	1,06	5,66	1,86	2,45	1,18	2,18	0,25	0,81
RIça	1	19,51	5,93	11,59	2,18	0,72	4,43	0,47	1,28	0,45	2,31	0,61	0,6
R.Jauap.	2	19,53	6,3	10,07	5,62	0,51	6,33	2,31	3,68	0,38	1,07	1,39	1,49
RJutai	2	15,8	6,04	9,76	1,26	0,46	3,41	0,78	1,02	0,25	1,34	2,18	0,99
RJapur	1	84,6	7,65	48,8	3,7	1,32	4,74	1,1	3,06	1,5	12,62	3,78	2
RJav_AN.	1	16,42	6,33	10,98	3,38	6,87	6,03	0,69	0,85	0,44	1,83	0,48	0,22
RJav_BC.	1	13,33	5,91	9,76	5,7	0,82	5,81	0,97	0,79	0,35	1,56	0,55	0,52
R Madei.	2	51,75	6,9	24,1	5,66	0,73	5,07	1,32	2,47	1,73	4,5	4,64	0,51
RManac.	1	10,9	6,05	4,27	8,8	0,99	1,09	0,36	2,35	2,63	0,51	0,23	0,69
RN_MAO	2	12,25	4,84	3,97	3,25	0,59	2,85	0,71	1,26	0,14	0,84	0,07	1,93
RN_SGC	1	14,17	4,49	1,22	4,77	0,21	1,88	0,25	0,21	0,08	0,38	0,04	0,08
Rnham	1	17,52	5,09	63,44	4,04	2,1	3,01	0,84	1,71	0,77	4,56	1,29	1,14
R. P.E.	2	8,53	4,9	3,66	6,04	0,37	5,14	0,27	0,66	0,1	0,72	1,37	0,64
Rpur	2	19,05	6,37	14,34	1,96	2,38	4,46	0,98	1,54	0,5	2,15	0,67	1
R.Sarab	1	8,89	4,68	3,05	4,47	0,12	3,34	0,17	1,32	0,07	0,34	0,1	1,42
R.Tapajós	2	15	6,8	22,57	8,56	0,19	3,22	0,78	0,82	0,5	0,98	2,07	0,36
RTromb.	1	11,48	5,86	20,13	7,57	0,74	5,21	0,7	0,95	0,19	0,48	0,35	0,59
RUatumã	2	9,38	6,47	21,96	6,98	0,56	2,34	0,56	0,78	0,11	0,28	0,04	0,39
RUrubu	2	9,84	6,24	7,32	7,5	0,48	4,81	0,23	0,44	0,13	0,31	0,1	0,69
RViram	1	12,42	4,84	4,27	5,34	0,15	2,86	0,11	1,53	0,07	0,18	0,06	1,63
R.Xing	2	20	6,92	41,48	8,58	0,47	6,44	1,8	1,61	0,62	1,31	0,2	1,37

Variando de 8,53 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no rio Preto da Eva, seguida de 8,89 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no rio Sarabandy, os valores máximo observados de condutividades foram de 174,60 $\mu\text{S}/\text{cm}$, na cidade de Tabatinga, e 174,00 $\mu\text{S}/\text{cm}$, no Peru, na calha principal do rio Amazonas. Os resultados mostraram composição diferenciada, que vai de pouco mineralizada, nos rios de águas pretas, a valores mais enriquecidos ao longo do rio Amazonas, águas brancas (Tabela 1).

Na pesquisa atual foi observada uma variação de pH entre 4,42 e 7,42, e de oxigênio dissolvido entre 1,26 e 8,58 mg/L, com as águas variando de ácidas a neutras e de bem oxigenadas a pouco aerada. O art. 15 do CONAMA 357, estabelece uma faixa para pH de 6 a 9 e oxigênio com

concentrações não inferior 5 mg/L. Torna-se, assim, difícil as águas dos rios da bacia Amazônica seguindo legislação vigente, devido as características físicas e químicas serem bastante diferenciadas.

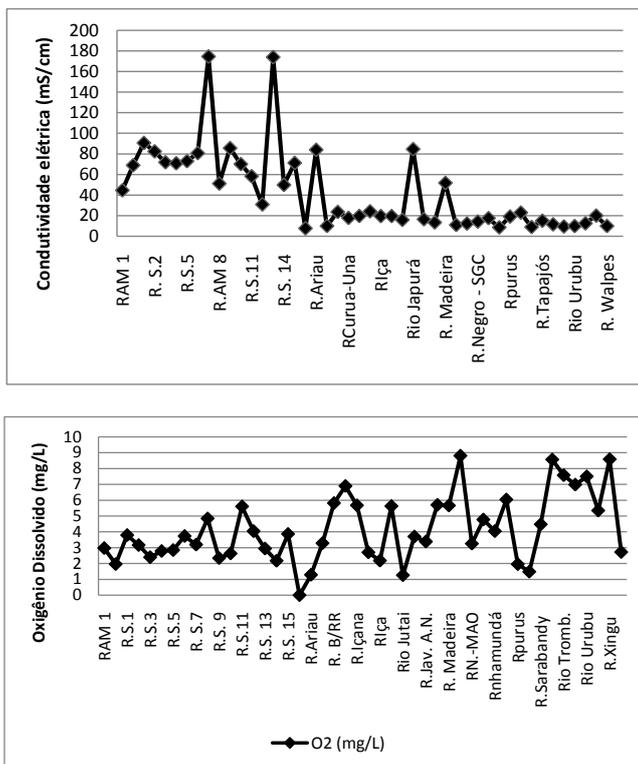


Figura 03. Comportamento da condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) e oxigênio dissolvido (mg/L) nas águas de rio da Bacia Amazônica.

Vale também registrar o que talvez possa ser considerada uma anomalia, o fato de o rio Ariaú, de águas pretas e afluente do rio negro, apresentar características de rio de água branca, conforme dados mostrados na sequência. Embora possa-se especular sobre o motivo deste comportamento, estudos mais aprofundados deverão ser feitos para que algumas hipóteses sejam testadas.

As concentrações (em meq/L) das amostras de águas coletadas na calha principal do rio Amazonas e alguns afluentes foram plotados no diagrama de Schoeller, o enriquecimento do cálcio na calha do rio Amazonas e aumento de bicarbonatos nos demais rios, diferenciam as águas dos rios da bacia amazônica (Figura 4).

Avaliando a carga total (TZ^+) segundo a proposta de Stallard & Edmond (1983), os rios apresentaram (TZ^+) entre 0 a $450 \mu\text{eq}/\text{L}$, envolvendo classe 1 (rios que drenam terrenos bastante intemperizados) e classe 2 (drenando terrenos silicosos, rico em sílica em relação a outras espécies) (Figura 5).

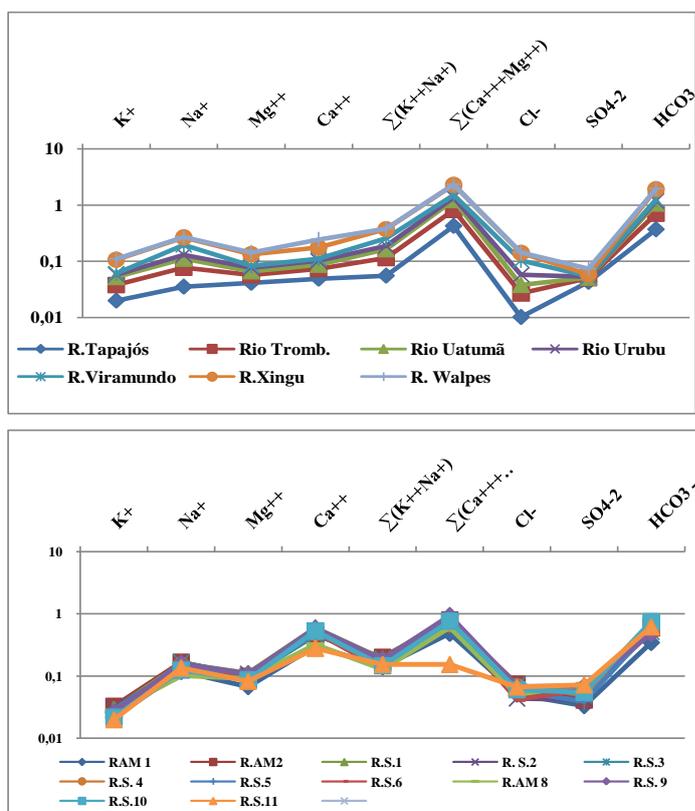


Figura 04. Comportamento das águas nas águas de superfícies dos rios da Bacia Amazônica segundo Diagrama de Schoeller.

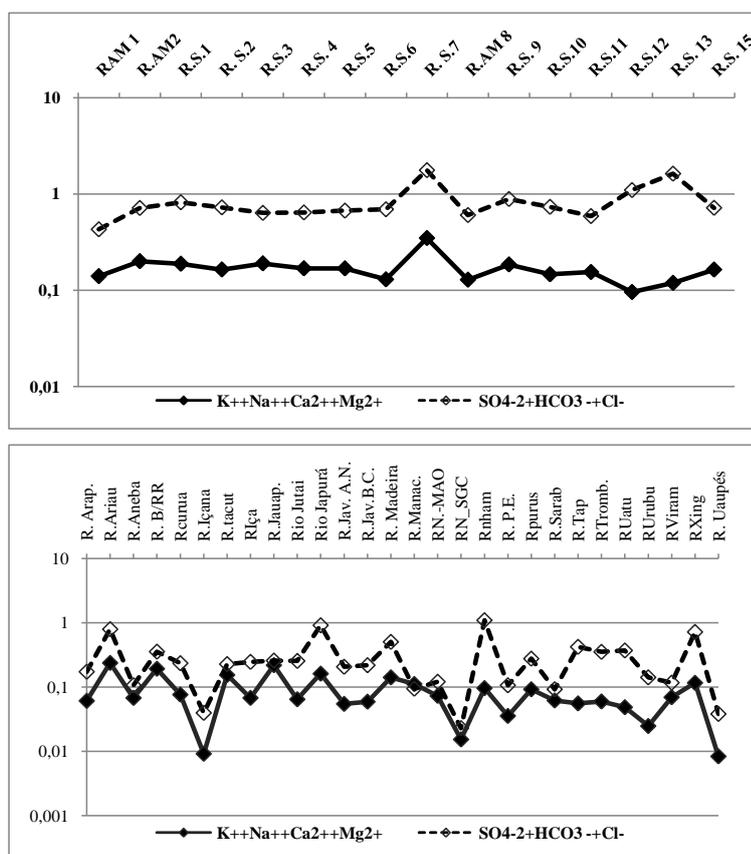


Figura 05. Comportamento da somatória dos cátions e ânions em meq/L nas águas de rios da Bacia Amazônica.

4. CONCLUSÃO

Neste trabalho foi possível verificar que aquelas divisões clássicas dos tipos de águas da Amazônia ainda mantêm uma certa coerência e podem ser utilizadas, com algumas ressalvas, para orientar iniciativas de gestão dos nossos recursos hídricos. As ressalvas devem-se ao fato de não termos encontrado rios com TZ+ superior a 2000 µeq/l, portanto estando muito aquém da quarta categoria de rios mencionada por Stallard & Edmond (1983), na qual o TZ+ é superior a 3000 µeq/l. Uma outra ressalva é o fato de encontrarmos rios de água preta com características de água branca.

Os rios da bacia Amazônica mostraram características físicas e químicas são bastante heterogêneas, com águas variando de pH de ácidas (4,42) a neutras (7,42), o oxigênio dissolvido de pouco aerada (1,26) a bem oxigenadas (8,58 mg/L), fora dos padrões estabelecido pela legislação vigente. Para atender os rios da Amazônia, que hoje não se enquadram na legislação vigente, é necessário avaliar com critérios padrões regionais que possam ser adaptado a legislação, ou seja, permitindo o enquadramento na distribuição e no uso das águas para a região Amazônica.

AGRADECIMENTO

Para a realização do estudo contamos com o financiamento aprovado no edital MCT/CNPq/CT-AM N° 055/2008, Processo 575548/2008-8.

BIBLIOGRAFIA

- APHA. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. (1985). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 16 ed. APHA, Washington, 1269p.
- AHIMOC - Administração da Hidrovia da Amazônia Ocidental (2002). *Rios da Amazônia Ocidental*. Disponível em: <<http://www.ahimoc.com.br>>. Acesso em: 02 ago. 2005.
- CUNHA, H. B.; PASCOALOTO, D. (2006). *Hidroquímica dos rios da Amazônia*. Manaus: Governo do Estado do Amazonas; Secretaria de Estado da Cultura; CCPA Manaus, 127 p.
- CONAMA. (2005). *Resolução N° 357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), 17 de março de 2005*. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 18 de março de 2005.
- GOLTERMAN, H.; CLYMO, R.S.; OHMSTAD, M.A.M. (1978). *Methods for physical & chemical analysis of freshwater*. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 213p.
- JUNK, W.J. (1983). “*Recursos hídricos da região amazônica: utilização e preservação*”. Acta Amaz. 9, pp. 37-51.

- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. (1977). *Geografia do Brasil: região norte*. IBGE, Rio de Janeiro, 463p.
- FITTKAU, E.J. (1964). “Remarks on limnology of Central-Amazon rain-forest streams”. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 15, pp. 1092-1096.
- MACKERETH, F.J.H.; HERON, J.; TALLING, J.F. (1978). *Water Analysis: Some revised methods for Limnologists*. Freshwater Biological Association, Cumbria, 126p.
- REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (1999). “Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação”. Escrituras São Paulo, 717 p.
- ROSALES, J.; VARGAS, O.; RODRIGUES, M. (2002). “Hydrography and ecohydrology of the Guiana Shield Ecoregion” in *Anais do Guayana Shield Conservation Priority Setting Workshop*, Paramaribo, Abr 2002. Disponível em <http://www.guianashield.org>, acesso em 10 jun 2011.
- STRICKLAND, J.D.H.; PARSONS, T.R. (1968). “A manual of sea water analysis”. *Bull. Fish Res. Bd. Can.* 125, pp. 1-185.
- SIOLI, H. (1950). “Das Wasser in Amazonasgebiet”. *Fosch. Fortschr.* 26 (21/22), pp. 274-280.
- SIOLI, H. (1956). As águas do Alto Rio Negro. *Boletim Técnico Instituto Agrônômico do Norte* 32, pp. 117-155.
- STALLARD, R.F., EDMOND, J.M. 1983. *Geochemistry of the Amazon basin: 2. The influence of the geology and weathering environment on the dissolved load*. *J. Geophys. Res.*, Washington 88, 9671– 9688.
- WALKER, I. (1995). “Amazonian streams and small rivers” in *Limnology in Brazil*. Org. por Tundisi, J. G., Bicudo, C. E. M., Matsumura-Tundisi, T., ABC/SBL Rio de Janeiro, pp. 167-193.