

XII ENCONTRO NACIONAL DE ÁGUAS URBANAS

QUALIDADE DA ÁGUA NO BAIXO RIO NEGRO, MUNICÍPIOS DE MANAUS E IRANDUBA, ESTADO DO AMAZONAS

Domitila Pascoaloto¹; Climéia Corrêa Soares² & Núbia Abrantes Gomes³

RESUMO – O estudo foi desenvolvido em período de águas altas (enchente/cheia). Foram visitados doze sítios amostrais pareados, sendo seis em cada margem (esquerda: Manaus, direita: Iranduba). As águas na margem esquerda foram menos ácidas e tiveram mais sólidos em suspensão, além de valores maiores de condutividade elétrica, alcalinidade, turbidez, silicato, oxigênio dissolvido, cloreto, potássio e nitrato. Nas águas da margem direita foram registrados valores maiores de cor, DQO, DBO, sódio e íon amônio. Houve variação significativa ($p \leq 0,05$) entre as margens para as variáveis pH, condutividade elétrica, alcalinidade e nitrato. A análise de agrupamento revelou dois grupos, um deles com os quatro sítios amostrais da margem esquerda que apresentaram menor acidez. Os resultados indicam a interferência do rio Solimões sobre a qualidade da água na margem direita do baixo rio Negro em período de águas altas, principalmente em relação ao pH e condutividade, de forma que esse fator deve ser considerado quando se afirma que as mudanças próximo ao encontro das águas se devem (apenas) ao aporte de esgotos de Manaus. Novos estudos devem ser realizados para verificar se essa influência sobre a água do rio Negro permanece em alguns locais no período de nível baixo do rio Solimões.

ABSTRACT– The study was developed in high water period (flood / flood). Twelve paired sample sites were visited, six in each margin (left: Manaus, right: Iranduba). The waters on the left bank were less acidic and had more solids in suspension, besides higher values of electrical conductivity, alkalinity, turbidity, silicate, dissolved oxygen, chloride, potassium and nitrate. In the waters of the right margin, higher values of color, COD, BOD, sodium and ammonium ion were recorded. There was significant variation ($p \leq 0.05$) between the margins for pH, electrical conductivity, alkalinity and nitrate variables. The cluster analysis revealed two groups, one of them with the four sample sites of the left margin that presented lower acidity. The results indicate the interference of the Solimões river on the water quality in the right bank of the lower Rio Negro during high water period, mainly in relation to pH and conductivity, so that this factor must be considered when the next changes (only) to the supply of sewage from Manaus. New studies should be carried out to verify if this influence on the water of the Negro River remains in some places in the period of low level of the Solimões river.

Palavras-Chave – qualidade da água; rio de água preta; Amazônia Central

1) Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia – INPA/CODAM. Av. André Araújo, 2936 – Petropolis – Manaus (AM) 69067-375 . (92) 3643-3168, domitila.pascoaloto@gmail.com

2) Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia – INPA/COBIO. Av. André Araújo, 2936 – Petropolis – Manaus (AM) 69067-375 (92) 36433296, climeia@inpa.gov.br

32) Universidade Federal de Roraima – UFRR. Av. Cap. Ene Garcês, 2413 - Aeroporto, Boa Vista - RR, 69310-000, (95) 3621-3100, nubiagomes@hotmail.com

1 - INTRODUÇÃO

O rio Negro é o maior rio de água preta do mundo, além de ocupar a quinta posição na lista dos rios com maior vazão no globo [Meade et al. (1991)]. Sua descarga é de cerca de 4240-64380 m³/s [Guyot et al. (1994, 1996)], representando até 30% do total da contribuição da Amazônia para o oceano [Mounier et al. (1999)], o que faz com que algumas vezes ele seja o principal tributário do rio Solimões/Amazonas, superando o rio Madeira. Com área de 754.925 Km², a bacia hidrográfica do rio Negro abrange três países (Brasil, Colômbia e Venezuela), tendo como seus maiores tributários, no Brasil, os rios Branco, com 235.073 Km² (com a sub-bacia Uraricoera de 52,523 Km²), Uaupés (68.972 Km²) e, na Colômbia, o Guainía (58,554 Km²). Possui cerca de 1.700 km de extensão, dos quais, aproximadamente 1.200 Km, corre em território brasileiro; seu leito drena cinco municípios no estado do Amazonas (São Gabriel da Cachoeira, Santa Isabel do Rio Negro, Barcelos, Novo Airão e Manaus), além do município de Iranduba, que apresenta uma pequena parte à margem direita do rio Negro (porém a maior parte desse município, inclusive a sede da cidade, encontra-se na bacia do rio Solimões).

Dos cinco municípios que têm o rio Negro como principal recurso hídrico, apenas Manaus está restrito a uma de suas margens, pois o rio serve de divisa natural com o município de Iranduba (e até 2011 era a única “via” de acesso entre os dois municípios, bem como de ligação de Manaus com os demais municípios do estado localizados na bacia do rio Solimões).

A água do rio Negro é considerada de boa qualidade [ANA (2007); Pascoaloto e Bringel (2010); Cunha et al. (2014)]. A acidez e coloração de suas águas são características naturais, e, portanto, não devem ser vistas como em desacordo não com os limites estabelecidos pela resolução CONAMA 357/2005 para Classe 2. No alto rio Negro (município de São Gabriel da Cachoeira), estudos têm demonstrado, inclusive, que apesar do aporte do igarapé mais poluído da cidade ocorrer a poucos quilômetros a montante da orla, o local apresenta condições satisfatórias para balneabilidade [Pascoaloto et al. (2012)]. Quanto à potabilidade, a água deve ser submetida a tratamento convencional para eliminação dos microrganismos (ainda que em alguns desses municípios a distribuição seja feita sem tratamento algum, em total desrespeito à legislação vigente).

Manaus, com população superior a 2.000.000 hab [IBGE (2017)], é a maior cidade do norte do Brasil, com saneamento básico precário, sendo que menos de 20% do esgoto é tratado, processo dificultado, segundo o Governo do Estado, pelo fato da legislação não permitir emissários em rios. Além da carência do tratamento dos esgotos (as residências mais antigas em geral ainda apresentam fossas sépticas), ainda existem muitas comunidades onde as famílias vivem em palafitas (“hábito”

que vem diminuindo com as instalações de conjuntos habitacionais construídos pela prefeitura em alguns desses locais), as quais muitas vezes interferem na drenagem dos igarapés e provocam acúmulo de “lixo”, que muitas vezes, principalmente no período da vazante, acabam indo para o rio.

Vários estudos têm demonstrado a interferência dos dois igarapés totalmente urbanos (São Raimundo e Educandos) sobre a qualidade do rio Negro (margem esquerda) [Fonseca et al. (1982); Pinto et al. (2009); Pinheiro e Borges (2013)], razão pela qual existe um certo alarde sobre a alteração da qualidade da água do rio Negro na região de sua foz, em frente à cidade de Manaus, onde, junto com o Solimões, forma o “Encontro das Águas”, um dos principais atrativos da cidade. A partir do encontro das águas negras e transparentes do rio Negro com as águas turvas e cor de “café com leite” do rio Solimões, no Brasil o rio passa a ser denominado “Amazonas”.

No entanto não existem registros sobre a qualidade da água do rio Negro sob a interferência do município de Iranduba, ainda que coletas eventuais no “rio Ariáú” indiquem que algumas vezes suas águas apresentem baixa acidez e alta turbidez (Silva et al., 2013), além da proximidade do rio Negro com o rio Solimões na região de Iranduba, de forma que seria prematuro afirmar que a redução da acidez das águas do rio Negro próximo ao encontro das águas seja (unicamente) consequência do aporte de esgoto e poluição difusa que nele adentra através dos igarapés urbanos da cidade de Manaus.

Neste estudo foram comparadas as duas margens do rio Negro, a fim de verificar se existem diferenças significativas entre as mesmas.

2– MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido em maio de 2015, no período de águas altas (enchente/cheia). Foram visitados doze sítios amostrais pareados, sendo seis em cada margem (seis no município de Manaus e seis em Iranduba) (Figura 1).

As variáveis ambientais investigadas, as técnicas analíticas e suas referências encontram-se nas Tabelas 1-2. A coleta e preservação das amostras seguiram os procedimentos prescritos no Standard Methods (Rice, 2012). Por questões logísticas do setor de bacteriologia do Laboratório Química Ambiental (CODAM/INPA), a determinação da presença de coliformes totais e fecais ficou restrita aos sítios amostrais MD1, MD2, MD3 e MD4.



Figura 1: Localização dos sítios amostrais.

Tabela 1 - Variáveis físicas, físico-químicas e químicas e técnicas analíticas utilizadas.

VARIÁVEL AMBIENTAL	TÉCNICA ANALÍTICA	UNIDADE
pH	Direto, Potenciométrico	----
Condutividade Elétrica (CE)	Direto, Potenciométrico	μS/cm
Oxigênio Dissolvido (OD)	<i>Standard Methods</i> , Titulometria	mg/L
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	<i>Standard Methods</i> , Titulometria	mg/L
Alcalinidade	<i>Standard Methods</i> , Potenciometria	mg H ₂ CO ₃ /L
Turbidez	<i>Standard Methods</i> , Nefelometria	NTU
Cor verdadeira	<i>Standard Methods</i> , Espectrofotometria	mg Pt/L
Sólidos totais em suspensão (SST)	<i>Standard Methods</i> , Gravimetria	mg/L
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	<i>Standard Methods</i> , Refluxo Aberto	mg/L
Íons dissolvidos (Na ⁺ K ⁺ NH ₄ ⁺ , HCO ₃ ⁻ CO ₃ ⁻ NO ₃ ⁻ Cl ⁻ PO ₄ ⁻)	<i>Standard Methods</i> , Espectrofotometria	mg/L
Si(OH) ₄	<i>Standard Methods</i> , Titulometria	mg/L
N-Total	Valderrama (1980), Espectrofotometria	mg/L
P-Total	Valderrama (1980), Espectrofotometria	mg/L

Tabela 2. Variáveis hidrobiológicas e técnicas analíticas utilizadas

VARIÁVEL AMBIENTAL	TÉCNICA ANALÍTICA	UNIDADE
Coliformes (Totais e Fecais)	<i>Standard Methods</i> , Tubos Múltiplos	NMP
Ferrobactérias	<i>Standard Methods</i> , microscopia, coloração das células com solução de ferricianeto de potássio	Número de indivíduos

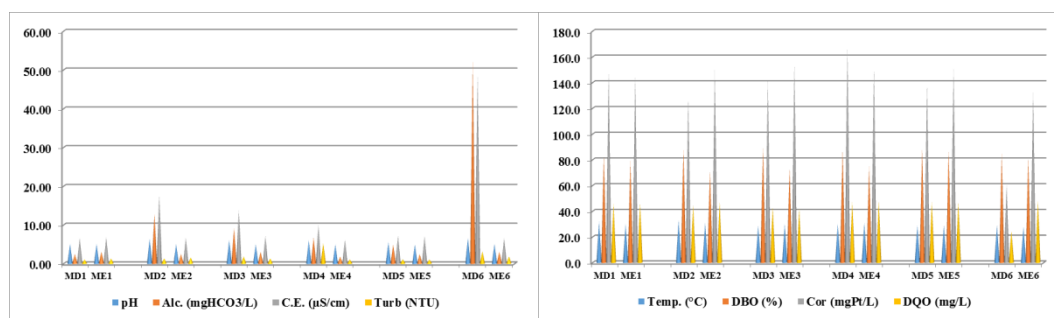
Para as análises hidrobiológicas, as amostras para determinação de coliformes totais e fecais foram acondicionadas em frascos de vidro, esterilizados, com capacidade de volume de 100 ml, e foram mantidas em conservadora com gelo em gel até serem entregues aos responsáveis pela análise no setor de Bacteriologia do LQA (CODAM/INPA). As amostras para determinação de ferrobactérias foram coletadas diretamente do rio e mantidas sob refrigeração, em frasco de polietileno (quimicamente limpo e lavado três vezes com a água do próprio rio). As amostras foram mantidas sob refrigeração e abrigadas da luz até sua análise, no Laboratório de Limnologia (CODAM/INPA).

Os resultados foram submetidos ao teste de Mann-Whitney (Wilcoxon Rank – Sum Test) e ao teste de agrupamento (método Ward e distância euclidiana). Os teste foram realizados utilizando o programa BioStat 5.3, software livre (a análise de agrupamento apresentou o mesmo resultado utilizando o programa Action Excell 3.4, cuja licença foi adquirida em maio/2018, porém no Action não foram mostrados os valores das distâncias).

3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos para cada sítio amostral podem ser observados nas figuras 2-4. Não foram observadas ferrobactérias nas amostras.

O valor médio do pH do rio Negro em geral encontra-se abaixo de 5,5 (abaixo de 5,0, no alto rio Negro), enquanto os do rio Solimões apresentam-se acima de 6,0 [Cunha e Pascoaloto (2006); Pascoaloto e Bringel (2010)]. Valores mais elevados de pH no rio Negro podem ser observados em alguns períodos do ano, próximo ao aporte do rio Branco (6,58), no município de Barcelos (trabalho inédito), ou em alguns trechos próximos ao aporte dos maiores tributários totalmente urbanos de Manaus, São Raimundo e Educandos (6,02), segundo Pinheiro & Borges (2013). Desta forma, encontram-se atípicos para as águas naturais do rio Negro os valores obtidos na margem direita para os sítios amostrais MD2, MD3, MD4 e MD6.



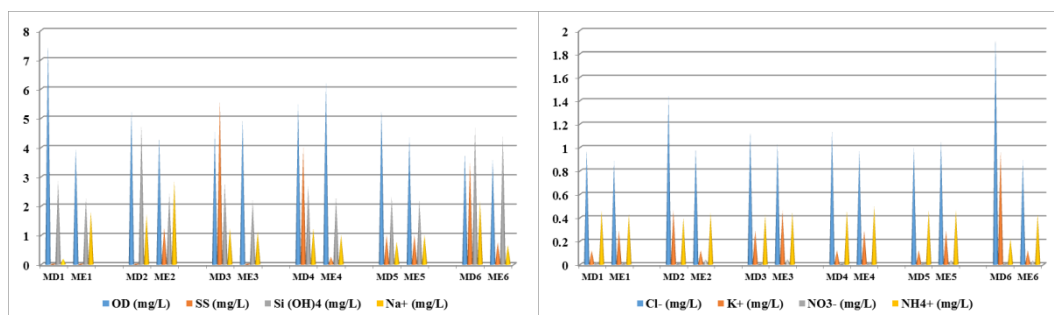


Figura 2: Resultados das análises físicas, físico-químicas e químicas da água nos sítios amostrais.

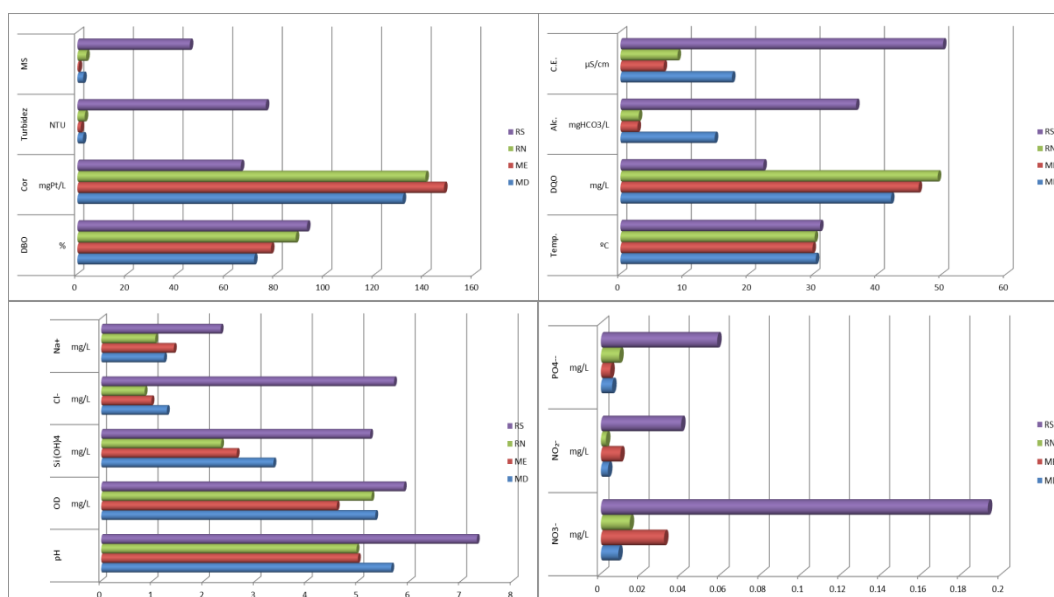


Figura 3: Comparação dos valores médios dos sítios amostrais na margens direita e na esquerda com os registrados para o rio Negro no município de Novo Airão e para o rio Solimões em Iranduba,

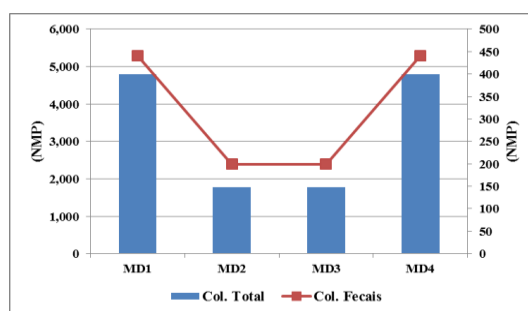


Figura 4: Número mais provável de coliformes totais e fecais e teor do íon amônio nos locais.

Na Figura 4, além do pH, encontram-se outras variáveis que se destacam em relação ao rio Negro, no município de Novo Airão (bacia do baixo Rio Negro), a montante do porto da cidade (Pascoaloto, 2016) e no rio Solimões, no município de Iranduba (bacia do baixo Solimões), comunidade Jandira (trabalho inédito).

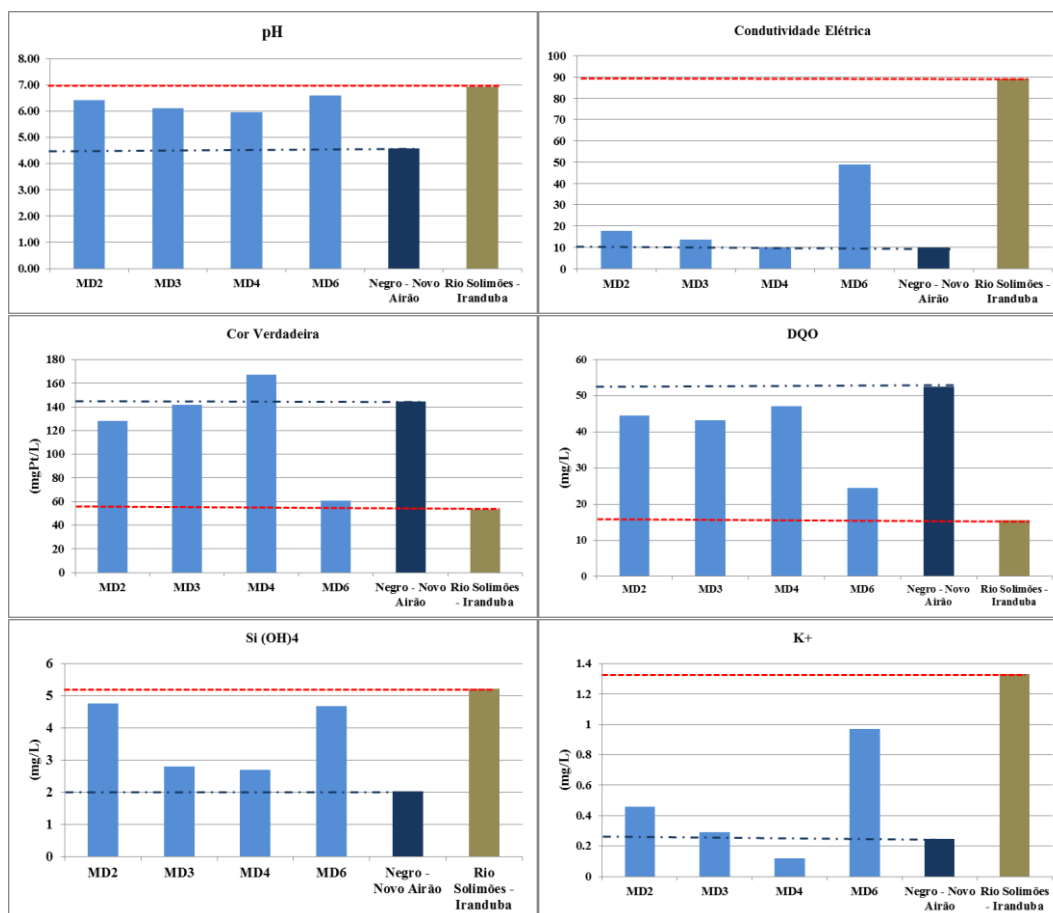


Figura 5: Comparação dos resultados obtidos para as variáveis ambientais pH, Condutividade Elétrica, Cor Verdadeira, Demanda Química de Oxigênio (DQO), silicato e potássio nos sítios amostrais ME2, ME3 e ME6 com os rios Negro (- - -) e Solimões (—).

Os resultados obtidos no sítio amostral MD6 indicam, assim, forte influência do rio Solimões, o que está relacionado à proximidade entre esses dois rios e, possivelmente, ao período hidrológico em que o estudo foi realizado, quando as águas do Solimões invadem as áreas mais baixas (várzeas). Os resultados também sugerem a interferência do rio Solimões no sítio amostral MD2, ainda que em menor intensidade (uma vez que a cor praticamente não foi alterada). De fato, segundo Silva et al. (2007) o vale do Paraná do rio Ariáú, região entre Iranduba e Manacapuru, compreende o antigo leito do rio Negro. No período em que foi realizado o presente estudo, o rio Solimões se encontrava em nível mais elevado do que o Negro, de forma que a maior massa de água no paraná vinha do rio Solimões. No entanto não existem indícios de influência do rio Solimões sobre o sítio amostral ME3; da mesma forma, não foram observados indícios de contaminação por esgoto, seja em relação ao teor do íon amônio, seja em relação aos coliformes (o NMP de coliformes fecais esteve dentro do limite permitido para balneabilidade).

Os resultados obtidos para a margem esquerda encontram-se dentro daqueles registrados para o rio Negro [Cunha & Pascoaloto (2006); Cunha et al. (2014)]. Comparando-se os dados obtidos entre os sítios amostrais nessa margem, destaca-se o teor de silicato no sítio amostral MD6.

A comparação entre as duas margens mostrou que elas diferem significativamente ($p \leq 0,05$ unilateral e bilateral) quanto a pH, condutividade elétrica, alcalinidade e nitrato (Figura 6).

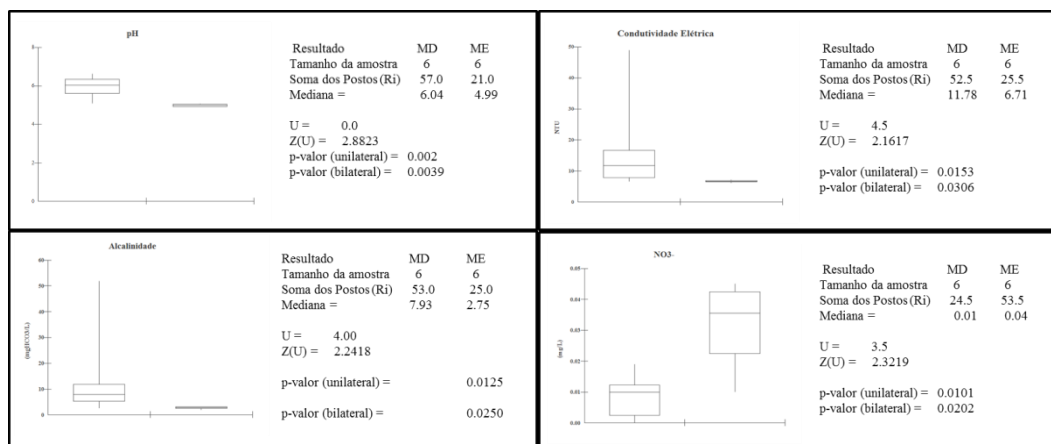


Figura 6: Variáveis que apresentaram resultado significativo ($p \leq 0,05$ unilateral e bilateral) no teste de Mann-Whitney.

Considerando as variáveis que apresentaram resultado significativo unilateral e bilateral, pode ser observada a formação de dois grupos (*clusters*) (Figura 7). O grupo I é formado pelos seis sítios amostrais da margem esquerda do rio Negro e pelos sítios amostrais MD1 e MD5, sendo que ambos apresentam canais que ligam lagos (sem conexão com o rio Solimões) ao rio Negro. O grupo II é constituído pelos dois sítios amostrais que apresentam conexão (ao menos no período de nível alto das águas) com o rio Solimões e pelas duas praias do rio Negro no município de Iranduba. Ressalta-se que o sítio amostral ME5 apresentou nível mais elevado de silicato do que os demais, o que aproxima esse local daqueles do grupo II se essa variável for incluída na análise. No entanto como essa foi a primeira vez em que esse local foi investigado, não é possível saber se esse silicato era ocasional, devido a aporte de areia de construções nas imediações (uma vez que em outros períodos hidrológicos ali se forma uma praia), além do fato dessa variável ter sido significativa ($p < 0,05$) apenas na análise unilateral.

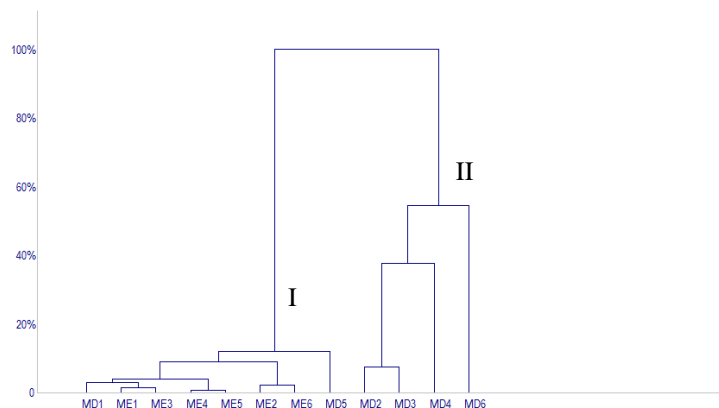


Figura 7: Análise de agrupamento dos sítios amostrais com base nas variáveis significativamente ($p < 0,05$) entre as duas margens.

4- CONCLUSÕES

Os resultados mostraram que a margem direita do baixo rio Negro apresenta águas menos ácidas, e esse fato deve ser levado em consideração quando se analisa a água do rio Negro próximo ao encontro das águas.

Não foi possível inferir sobre a baixa acidez da água nas praias na margem direita do rio Negro, novos estudos, sistemáticos, devem ser realizados no local para investigar se foi ocasional (devido a obras na praia a montante, visto que ambas são próximas – hipótese que não pode ser confirmada devido à impossibilidade na ocasião de se determinar cálcio/magnésio/dureza no LQA).

Não foi possível inferir sobre o alto teor de silicato no último sítio amostral da margem direita, novos estudos devem ser realizados para verificar a origem desse mineral.

REFERÊNCIAS

- Agência Nacional das Águas – ANA (2007). “Panorama do Enquadramento dos Corpos d’Água do Brasil e Panorama da Qualidade das Águas Subterrâneas no Brasil”. Caderno de Recursos Hídricos 5/ João Gilberto Lotufo Conejo, José Luiz Gomes Zoby, Coord. ANA, Brasília, MMA, 127 p.
- CUNHA, H.B.; PASCOALOTO, D.; SILVA, M.S.R. (2014). “Qualidade da água do rio Negro em áreas urbanas, estado do Amazonas” in: Anais do XII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, Natal, Nov. 2014, 1, p. 1-10 (CD - PAP018482).
- CUNHA, H.B.; PASCOALOTO, D. (2006). “Hidroquímica dos rios da Amazônia”. Manaus: Governo do Estado do Amazonas/ Secretaria de Estado da Cultura/Centro Cultural dos Povos da Amazônia - Série Pesquisas, Manaus. 127pp.
- FONSECA, O.P.M.; SALEM, J.L. e GUARIM, V.L. (1982). “Poluição e autopurificação do rio Negro nas cercanias de Manaus”. Acta Amazônica 12 (2), pp. 271-278.

GUYOT, J.L., FILIZOLA N., GUIMARÃES, V.S. (1996). “*Quinta campanha de medições de vazão e amostragem de água e sedimentos na bacia do rio Negro e no rio Amazonas*”. HiBAm, Brasília, 59p.

GUYOT, J.L.; GUIMARÃES, V.S.; SANTOS, J.B.R.; LONGUINHOS, R.S.; CONCEIÇÃO, S. (1994). “*Primeira campanha de medições de vazão com ADCP (correntômetro com efeito Doppler) no Rio Amazonas*”. HiBAm, Brasília, 29p.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2017). “*Conheça cidades e estados do Brasil*”. Rio de Janeiro, IBGE. Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/>>, acessado em 17 mai 2018.

MEADE, R.H.; RAIOL, J.M.; CONCEIÇÃO, S.C.; NATIVIDADE, J.R.G. (1991). “*Back water effects in the Amazon River Basin*”. Environ. Geol. Water Sci18 (2), pp. 105–114.

MOUNIER, S.; BRAUCHER, M, R.; BENAÏM, J. Y. (1999). “*Differentiation do organic matter’s properties of the rio Negro basin by cross-flow ultra-filtration and UV-spectrofluorescence*”. Wat. Res. 33 (10), pp. 2363-2373.

PASCOALOTO, D.; BRINGEL, S.B. (2010). “*Macroalgas e qualidade da água na bacia do rio Negro, município de São Gabriel da Cachoeira (AM)*”. Caminhos de Geografia 11 (36), pp. 318-333.

PASCOALOTO, D.; SILVA, M. L. ; BRINGEL, S.R.B. (2012). “*Qualidade da água dos recursos hídricos na sede do município de São Gabriel da Cachoeira, AM*”, in *Desvendando as fronteiras do conhecimento na região amazônica do alto rio Negro*. Org. por Souza, L.A.G. e Castellón, E.G., ed. INPA, Manaus, pp. 37-49.

PINHEIRO, L.A.; BORGES, J.T. (2013). “*Avaliação hidroquímica qualitativa das águas do baixo rio Negro*”. RunPetro 1 (2), pp. 23-31.

PINTO, AGN.; HORBE, A.M.C.; SILVA, M.S.R.; MIRANDA, S.A.F.; PASCOALOTO, D.; SANTOS, H.M.C. (2009). “*Efeitos da ação antrópica sobre a hidrogeoquímica do Rio Negro na orla de Manaus/AM*”. Acta Amazonica 39 (3), pp. 627–638.

AGRADECIMENTOS

À FAPEAM, pelo financiamento do projeto. Aos técnicos do LQA (CODAM/INPA), pela ajuda em campo e análises das amostras.