

## ÍNDICE

6 - Conclusões.....	1/8
---------------------	-----



## 6 - CONCLUSÕES

Em síntese, as seguintes considerações podem ser feitas acerca das condições limnológicas do rio Madeira, dos tributários e dos lagos e canais, a partir dos resultados obtidos na campanha de monitoramento realizada no período de vazante de 2011:

### Variáveis abióticas

- Coluna d'água

O rio Madeira apresentou pequena transparência da água, indicando que há pouca entrada de luz na coluna d'água. Essa pequena transparência está relacionada as altas concentrações de sólidos em suspensão que este rio carrega, que conferem também elevada turbidez. Como o rio Madeira tem suas cabeceiras na cordilheira dos Andes, região geologicamente jovem, há intenso transporte de material terrestre para o rio. Os tributários e igarapés amostrados no presente monitoramento são rios e igarapés cujas cabeceiras estão situadas em locais diferentes das do rio Madeira, com menor aporte de material terrestre. Por esta razão, a transparência da água foi maior e a turbidez e o teor de sólidos em suspensão nos tributários foram menores. Já os lagos e canais compreendem ambientes lênticos, que possibilitam a sedimentação do material particulado e, por consequência, são encontradas maiores valores de transparência da água e menores turbidez e concentração de sólidos.

O pH do rio Madeira foi mais básico do que o encontrado nos tributários e nos lagos e canais. Já em relação ao oxigênio dissolvido, o rio Madeira e os tributários apresentaram águas bem oxigenadas. A dinâmica turbulenta desses ambientes, que são lóticos, favorece a entrada de oxigênio na coluna d'água. Nos lagos e canais, por outro lado, as concentrações de oxigênio foram menores. As concentrações mais baixas encontradas nos lagos e canais são corroboradas pelos maiores valores de DBO encontrados nesses ambientes. Além de maiores DBO, os lagos e canais também apresentaram maiores concentrações de carbono orgânico dissolvido. Desta forma, como esses ambientes são, por condições naturais, mais enriquecidos em matéria orgânica, há maior atividade de degradação microbiana. As atividades de degradação microbiana consomem oxigênio, explicando as menores concentrações de oxigênio nos lagos e canais.

No rio Madeira, o cálcio foi o cátion mais abundante, diferentemente dos tributários e dos lagos e canais, onde o potássio foi mais comum. Em relação aos ânions, o bicarbonato foi o mais comum em todos os compartimentos. Isso mostra como a composição química desses ambientes é distinta, o que é reflexo da litologia dos terrenos que esses ambientes drenam. O rio Madeira, por exemplo, tem origem na região andina, drenando regiões montanhosas e altamente erosíveis, ricas em apatita. A apatita é um mineral formado por fosfato de cálcio, o que explica a predominância desse cátion no rio Madeira.

O nitrato foi a fração de nitrogênio inorgânico mais comum em todos os compartimentos. Essa fração é geralmente mais comum em ambientes com altas concentrações de oxigênio, como foi o caso. O nitrogênio total foi em média maior nos lagos e canais, seguidos pelo rio Madeira e pelos tributários.

O ortofosfato representou somente uma pequena parcela do fósforo total nas estações amostradas. No rio Madeira e nos tributários, a fração dissolvida foi a mais comum, ao passo que nos lagos e canais a fração particulada foi mais abundante. Foram encontradas, em geral, altas concentrações de fósforo total. Esses valores são explicados pelo tipo de terreno que esses ambientes drenam. O rio Madeira drena a região andina, que possui rochas ígneas em abundância. Rochas ígneas são ricas em apatita, mineral composto por fosfato de cálcio. Por esta razão, o rio Madeira possui altas concentrações de fósforo total, o que é corroborado pelas altas ocorrência de cálcio.

Embora as concentrações de nitrogênio e fósforo tenham sido altas, só os lagos e canais apresentaram altas concentrações de clorofila *a*. A dinâmica fluvial e, no caso do rio Madeira, a baixa transparência da água, podem ter atuado como agentes limitantes à produção primária. A dinâmica lacustre dos lagos e canais favorece a reprodução dos produtores primários e, com isso, os valores foram mais elevados.

Em relação aos coliformes, foram observados altos índices de coliformes totais em todos os compartimentos. No entanto, a *E. coli* foi somente uma pequena parcela dos coliformes totais, indicando que os microorganismos de vida livre são mais comuns que os habitantes de do trato intestinal de organismos de sangue quente.

Os limites preconizados pela Resolução CONAMA 357/2005 para águas de Classe 2 foram respeitados na maior parte das situações. Sempre que os limites foram violados, as causas foram apontadas como naturais. Não há indicativos de impactos causados pelas atividades de construção da UHE Santo Antônio nas variáveis bióticas e abióticas da coluna d'água aqui analisadas.

- Sedimento

No período de vazante (agosto de 2011), assim como nos períodos monitorados a partir de abril de 2009, há grande semelhança entre as valores das variáveis analisadas nos sedimentos do rio Madeira e dos tributários TEO e JAT.I. De maneira geral, este padrão evidencia a maior influência do rio Madeira nestes tributários.

Em relação aos tributários CAR, JAC.01 e CRC, o rio Madeira apresentou maiores concentrações de nutrientes, elementos-traço e frações de menor granulometria, fatores que refletem a influência da bacia de drenagem do rio Beni e do rio Mamoré, formadores do rio Madeira.

É possível concluir, portanto, que a semelhança entre as médias das variáveis analisadas nos sedimentos do rio Madeira e nos tributários não reflete a real condição uma vez que estes últimos apresentam uma ampla variação.

De forma geral, no entanto, todas as variáveis analisadas no sedimento, em todas as estações de amostragem neste período, estiveram dentro do espectro de variação detectada no monitoramento do sedimento nos 2 anos anteriores e abaixo do limite preconizado pela Resolução CONAMA 344/04 para sedimentos Nível 2.

### Variáveis bióticas

- Fitoplâncton

Considerando o conjunto de amostras qualitativas e quantitativas na vazante de 2011, foram registrados 223 táxons distribuídos em 10 classes taxonômicas (24 cianobactérias, 08 criptofíceas, 04 dinoflagelados, 16 crisofíceas, 03 xantofíceas, 40 diatomáceas, 30 euglenóides, 01 rafdofíceas, 32 zignematofíceas e 65 clorofíceas). Clorofíceas, seguidas de diatomáceas, zignematofíceas, euglenóides e cianobactérias foram, portanto, as classes mais importantes em número de espécies. Uma menor riqueza taxonômica foi observada no rio Madeira, gradualmente aumentando nos Tributários e nos Lagos e canais.

As densidades das populações de algas, na vazante de 2011, flutuaram desde ausência de algas (JUS.03 e JAT II) a 31.188 ind/mL (LC.02). Menores densidades médias foram observadas no rio Madeira (100 ind/mL), gradualmente aumentando nos Tributários (2322 ind/mL) e nos Lagos e Canais (8463 ind/mL). O biovolume das populações variou de zero a 2,931 mm<sup>3</sup>/L nos Lagos e canais e também aumentou do rio para os Tributários e lagos e canais.

A riqueza de espécies variou de zero em JUS.03 no rio Madeira e JAT II nos tributários, a 36 táxons/amostra em CC.02 nos lagos e tributários na vazante de 2011. Já a diversidade flutuou de zero nas mesmas estações a 4.04 bits/ind. em CUJ. O intervalo da equitabilidade foi de 5% em JAC.01 nos tributários a 100% em todas as estações do rio Madeira. A riqueza e diversidade de espécies média aumentaram do rio Madeira (3 táxons/amostra e 1,32 bits/ind, respectivamente), para os tributários (9 táxons/amostra e 1,94 bits/ind, respectivamente) e para os Lagos e canais (19 táxons/amostra e 3,94 bits/ind, respectivamente). Através da curva de rarefação foi possível demonstrar que os resultados de riqueza de espécies (táxons por amostra) não são afetados pela densidade das populações. De fato, a riqueza de espécies é maior nos lagos e canais, seguida da riqueza registrada nos tributários e por fim do rio Madeira. A riqueza esperada pela curva de rarefação padronizada mostra claramente diferenças significativas entre a riqueza de espécies nos diferentes compartimentos, para uma mesma densidade (não há sobreposição dos intervalos de confiança das três curvas).

Considerando apenas as amostras quantitativas no conjunto total dos dados, a **gama diversidade** da comunidade fitoplanctônica foi de 109 táxons na vazante de 2011. A gama diversidade aumentou gradualmente do rio Madeira (17 espécies), para os Tributários (43 espécies) e Lagos e canais (83 espécies). O intercâmbio de espécies (**beta diversidade**) levando-se em conta os três sistemas na vazante de 2011 ocorreu em níveis intermediários (43%). Considerando cada sistema em separado, as estações do rio Madeira tiveram uma composição bastante heterogênea (76%) e intermediária nos Tributários e Lagos e canais (50 e 55%, respectivamente).

Do total de 109 táxons registrados em todos os compartimentos na vazante de 2011, considerando apenas as amostras quantitativas, 66 espécies ocorreram pelo menos em uma amostra com contribuições maiores que 5% para o biovolume e/ou densidade totais. No entanto, dentre essas 66 espécies apenas 15 e 8 espécies, respectivamente, ocorreram em contribuições maiores que 5% para o biovolume e densidade totais em no mínimo duas amostras. As espécies que contribuíram com biovolume ou densidades maiores que 50% foram somente 8 em biovolume e 4 em densidade.

São as seguintes as espécies descritoras na vazante de 2011 na área de influência da UHE Santo Antônio - *Microcystis wesenbergii* (cianobactéria), *Cryptomonas brasiliensis*, *C. curvata*, *C. marsonii*, e *Rhodomonas* sp. (criptofíceas), *Aulacoseira granulata* var. *angustissima*, *A. granulata* var. *granulata*, *A. italica*, Centrales 2 e *Synedra* sp.1 (diatomáceas), *Chlorella vulgaris*, *C. minutissima*, *Choricystis minor*, *Dictyosphaerium pulchellum*, *Franceia echidna* e *Ulothrix* sp.2 (clorofíceas), e *Mesotaenium* sp. (zignematofíceas).

As densidades de cianobactérias foram expressivamente maiores nos lagos e canais, se comparadas ao rio Madeira e aos tributários. Considerando os três compartimentos a densidade de cianobactérias variou entre zero (46% do total de amostras) e 499.209 céls/ mL em CUJ. Nossos resultados mostraram que, durante a vazante de 2011, apenas em CUJ esses valores superaram o limite de 50.000 céls/mL com dominância de *Aphanocapsa delicatissima*, *Aphanocapsa incerta*, *Cyanoduction imperfectum*, *Microcystis wesenbergii* e *Planktolyngbya circumcreta*. Em LC.02, o limite de 20 mil céls./mL, foi ultrapassado com dominância de *Gloeocapsa* sp. 2 e *Planktolyngbya limnetica*. Dentre essas espécies de cianobactérias, *Aphanocapsa incerta*, *Microcystis wesenbergii* e *Planktolyngbya limnetica* são consideradas potencialmente tóxicas (Sant'Anna e Azevedo 2000). Os resultados das análises de cianotoxinas em CUJ estiveram abaixo do limite de detecção. Os lagos que atingiram densidades de cianobactérias superiores ao estabelecido pela legislação, além de estarem localizados a jusante da UHE Santo Antônio e não estarem sob influência do empreendimento, devido a sua localização águas abaixo, não conferem risco de contaminar o ponto da captação da água, por dispersão de células de cianobactérias.

#### ▪ Zooplâncton

O inventário taxonômico dos invertebrados zooplanctônicos no rio Madeira na área de influência da UHE Santo Antonio realizado recentemente no período de vazante, em agosto de 2011, evidencia a ocorrência de comunidades de elevada riqueza de táxons, sendo esta mais elevada nos lagos e canais e menor nos tributários e no rio Madeira, corroborando os padrões já anteriormente reportados.

A comunidade zooplanctônica deste trecho da sub-bacia do rio Madeira (área de influência da UHE Santo Antônio do Madeira) foi constituída principalmente por grupos de organismos verdadeiramente planctônicos, com destaque para os grupos Protozoa, Rotifera, Cladocera e Copepoda .

As densidades totais e a biomassa do zooplâncton foram notadamente mais baixas no rio Madeira e nos tributários do que nos lagos e canais, refletindo o fato de que populações zooplanctônicas atingem melhor desenvolvimento nos sistemas lênticos, isto é nos lagos e canais.

Nos sistemas lóticos (rio Madeira e tributários) os principais grupos taxonômicos, na comunidade zooplanctônica, em relação ao componente riqueza da diversidade foram em ordem decrescente de importância Protozoa > Copepoda > Rotifera > Cladocera, enquanto nos sistemas lênticos (lagos e canais) a ordem de importância é alterada para: Rotifera > Cladocera > Protozoa > Copepoda.

Houve neste período de vazante de 2011, elevada equitatividade das populações, baixa dominância e maior diversidade de espécies nos lagos e canais, e em sequência pelos tributários e rio Madeira.

Os níveis de biomassa da comunidade zooplanctônica são similares entre o rio Madeira e seus tributários, sendo, no entanto, uma ordem de magnitude mais elevada nos lagos e canais.

O grupo dos Protozoa contribuiu com maiores biomassa nos sistemas de rios (rio Madeira e seus tributários) enquanto que os Cladocera foram mais relevantes nos sistemas dos lagos e canais.

A diversidade alfa é elevada, mas difere entre os sistemas, obedecendo a seguinte ordem de grandeza: lagos e canais > tributários > rio Madeira.

A diversidade beta registrada é semelhante quando se comparam os sistemas rio Madeira com tributários e rio Madeira com lagos e Canais, sendo que entre eles a heterogeneidade na composição corresponde a um pouco mais de 50%. Por outro lado, a comparação entre tributários e lagos e canais, o valor é mais baixo (40%), revelando que existe menor heterogeneidade entre esses dois sistemas.

Apesar do distúrbio da vazante a diversidade gama foi relativamente elevada, característica dos sistemas tropicais amazônicos.

#### ▪ Invertebrados Bentônicos

- ▶ A riqueza de espécies e a diversidade dos organismos bentônicos foram maiores nos sedimentos dos tributários do que no sedimento do rio Madeira;
- ▶ JAC.01 nos tributários e MON.01 e MON.03 no rio Madeira registraram os maiores valores de riqueza taxonômica;
- ▶ Os Oligochaeta estiveram presentes em quase todos os pontos do rio Madeira e dos tributários;
- ▶ JUS.02 e JAC.01 registraram os maiores valores de densidade de organismos;
- ▶ Os Chironomidae foram os mais representativos numericamente da fauna bentônica nos tributários, enquanto Oligochaeta foram os mais dominantes no rio Madeira.
- ▶ O maior valor do Índice de Diversidade de Shannon-Wiener foi registrado na estação JAC.01 (tributários);
- ▶ A maioria dos táxons coletados foi classificada como "coletor", resistentes e tolerantes;
- ▶ A análise de Cluster revelou que MON.03 e JUS.02 e JAT I e JAC.01 nos tributários, tiveram a composição taxonômica semelhantes;
- ▶ A análise de CCA revelou que os Oligochaeta associaram-se positivamente com as concentrações da maioria dos metais sedimento notadamente na estação MON.03 e JUS.02.

#### ▪ Macrófitas Aquáticas

O monitoramento da composição da comunidade de macrófitas na área de influência da UHE Santo Antônio no rio Madeira para o período de vazante (agosto de 2011) indicou a ocorrência de uma comunidade de baixa riqueza de espécies, a qual foi maior nos lagos e canais do que no rio Madeira. O lago São Miguel (MIG), a jusante da estação MON.04 e a montante da estação LC.02 é o sistema com maior riqueza dentre os ambientes monitorados, embora as riquezas sejam ainda baixas, de acordo com os critérios propostos no plano de trabalho deste monitoramento. Os estimadores de riqueza de espécies empregados revelam com base na tendência observada que a riqueza esperada para o sistema é mais elevada.

A elevada dominância numérica de poucas espécies nos lagos e canais contribuiu para a diminuição da diversidade de espécies na comunidade. A biomassa da comunidade de macrófitas nas diversas estações monitoradas em toda a extensão do sistema é baixa, quando comparada àquela registrada para outros rios brasileiros. Há indícios de forte impacto do regime pluviométrico, com déficit de chuvas na bacia, neste período de vazante do ano 2011.

Quanto à composição química, as proporções de matéria orgânica, carbono orgânico, sólidos e cinzas assim como as concentrações de nutrientes e elementos-traços nas macrófitas aquáticas estiveram dentro do espectro de variação registrado nos 2 anos de monitoramento anteriores.

### Monitoramento em tempo real

Os resultados obtidos nos 605 dias de monitoramento em tempo real da qualidade da água indicam condições relativamente preservadas no rio Madeira e evidenciaram a forte influência do pulso hidrológico na qualidade da água.

A água do rio Madeira apresentou altas temperaturas e altos valores de pH e oxigênio dissolvido, com pequena variação no período amostrado, indicando a forte capacidade de tamponamento do rio Madeira e as intensas trocas gasosas promovidas pela alta turbulência. Menores valores de pH foram registrados nas águas altas de 2011, o que é um fenômeno natural na região amazônica. Este fato foi reforçado por menores valores de oxigênio dissolvido registrados nesse período.

Oscilações naturais bruscas na cota do rio Madeira exercem forte influência sobre a condutividade elétrica, turbidez e sólidos dissolvidos, que apresentaram picos de variação relacionados aos períodos hidrológicos nas mesmas ocasiões dos pulsos de inundação do rio Madeira.

As variáveis analisadas no período de vazante (agosto de 2011), nas estações de amostragem do rio Madeira não apresentaram diferenças significativas entre as estações a montante e a jusante das obras da UHE Santo Antônio, o que indica que não houve impactos expressivos na qualidade da água decorrentes da implantação do empreendimento.

### Conclusão Geral

As variáveis analisadas no período de vazante de 2011, nas estações de amostragem do rio Madeira não apresentaram diferenças significativas entre as estações a montante e a jusante das obras da UHE Santo Antônio, o que indica que não houve impactos expressivos na qualidade da água decorrentes da implantação do empreendimento.