

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
PRO REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE APOIO A PESQUISA
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOLSAS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS DO LAGO DO SERPA, ITACOATIARA,
AM

Bolsista: Talison Barreto da Silva, voluntário

ITACOTIARA
2012

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
PRO REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE APOIO A PESQUISA
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOLSAS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

RELATÓRIO PARCIAL

PIB-B/0037/2011

VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS DO LAGO DO SERPA, ITACOATIARA,
AM

Bolsista: Talison Barreto da Silva, voluntário

Orientador: Prof. Dr. Erico Luis Hoshiba Takahashi

ITACOTIARA
2012

Todos os direitos deste relatório são reservados à Universidade Federal do Amazonas, ao Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia e aos seus autores.
Parte deste relatório só poderá ser reproduzida para fins acadêmicos ou científicos.

Esta pesquisa, financiada pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, através do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica da Universidade Federal do Amazonas, foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia – ICET.

Resumo:

A Bacia Amazônica, com aproximadamente 6.100.000 km² é a maior bacia hidrográfica de água doce do planeta. O município de Itacoatiara - AM esta localizado as margens do médio Amazonas, a cerca de 140 km de Manaus, em linha reta, e a jusante do encontro com o rio Madeira. A região é caracterizada pela grande quantidade de lagos marginais que são muito utilizados pelos pescadores locais, porém pouco estudados. O objetivo do presente projeto foi avaliar parâmetros limnológicos em seis diferentes locais do lago de Serpa, Itacoatiara AM, médio Amazonas durante quatro períodos diferentes. Foram coletados em quatro períodos do ano: vazante (agosto), pico da seca (novembro), enchente (fevereiro) e pico da cheia (junho). As amostras de água serão coletadas de forma padronizada e sistemática. Foram coletadas 300 mL de água em garrafa plástica para análises de alcalinidade total, nitrogênio total, nitrato, nitrito, amônia. Foram analisados in situ a temperatura e transparência da água, pH, condutividade elétrica e oxigênio dissolvido, sendo os três últimos medidos com aparelhos digitais. A avaliação da transparência da água será feita através da imersão de um disco de 20 a 30 cm de diâmetro, com quadrantes pintados de branco e preto; com uma corda graduada no centro, denominado disco de Secchi. Os dados das coletas serão comparados trimestralmente e entre os pontos de coleta e entre os períodos de coleta através de análises de variância.

Abstract

The Amazon Basin, with approximately 6.1 million km² is the largest freshwater basin on the planet. Itacoatiara - AM is located margins of the central Amazon basin, about 140 km from Manaus, straight, and downstream of the encounter with the Madeira River. The region is characterized by the large number of marginal lakes that are heavily used by local fishermen, but little studied. The goal of this project was to evaluate limnological parameters in six different locations of the lake Serpa, Itacoatiara AM, Amazonas average for four different periods. Were collected in four periods of the year: drying (August), the peak dry season (November), flood (February) and the flood peak (June). Water samples will be collected in a standardized and systematic. We collected 300 mL of water in a plastic bottle for analysis of total alkalinity, total nitrogen, nitrate, nitrite, ammonia. Were analyzed in situ temperature and water clarity, pH, conductivity and dissolved oxygen, the last three being measured with digital devices. The evaluation of the transparency of the water soaking is made by a disc of 20 to 30 cm in diameter, with quadrants painted white and black; graduated with a string in the center, called Secchi disk. Data will be collected from quarterly and compared between the collection points and between sampling periods using analysis of variance.

Lista de Figuras

Figura 1- Esboço do mapa do Lago do Serpa com os pontos de coleta	16
Figura 2- Obtenção da circunferência menor para o cálculo da seção transversal.....	18
Figura 3- Obtenção da área da seção transversal.....	18
Figura 4- Perfil de oxigênio do tipo clinogrado exceto no ponto 1 no pico da seca.	24
Figura 5- Formação de termoclinas exceto no ponto 1 no pico da seca (complemento da figura 4).....	25
Figura 6- Perfil vertical do oxigênio dissolvido na enchente.	26
Figura 7- Perfil vertical da temperatura na enchente.....	27
Figura 8- Médias e desvios- padrão do pH nos pontos no pico da seca.	28
Figura 9- Médias e desvios-padrão do pH nos pontos na enchente.....	28
Figura 10- Comparação das tendências das médias do pH nos pontos durante dois períodos.	29
Figura 11- Médias e desvios-padrão do ORP nos pontos no pico da seca.	29
Figura 12- Médias e desvios-padrão do ORP nos pontos na enchente.....	30
Figura 13- Comparação das tendências das Médias do ORP nos pontos durante dois períodos.	30
Figura 14- Comparação das tendências das Médias e desvios-padrão da temperatura nos pontos durante dois períodos.	31
Figura 15- Comparação das tendências das Médias e desvios-padrão do oxigênio dissolvido nos pontos durante dois períodos.....	31
Figura 16- Comparação da variação da profundidade do Disco de Secchi em metros no pico da seca(novembro) e enchente(fevereiro).....	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Valores médios e desvios-padrão das variáveis físicas e químicas no pico da seca (novembro).....	
Tabela 2. Valores médios e desvios-padrão das variáveis físicas e químicas da vazante (agosto).....	
Tabela 3. Valores médios e desvios-padrão das variáveis físicas e químicas na vazante e no pico da seca.....	17
Tabela 4. Valores de vazão na vazante e no Pico da seca.....	18

Sumário

INTRODUÇÃO.....	9
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	10
TEMPERATURA.....	10
OXIGÊNIO DISSOLVIDO.....	10
pH.....	11
Potencial redox (ORP).....	11
TRANSPARÊNCIA DA ÁGUA.....	12
VAZÃO.....	12
ALCALINIDADE.....	13
COMPOSTOS NITROGENADOS.....	14
METODOLOGIA.....	15
RESULTADO E DISCUSSÃO.....	19
CONCLUSÃO.....	33
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	33

INTRODUÇÃO

A abundância de água no planeta terra é uma de suas características essenciais. Cerca de 97% de toda água na terra se encontra nos oceanos e 3% constitui-se de água doce, sendo que desse percentual a metade está abaixo de 800 metros de profundidade, portanto são reservas de difícil acesso ao homem (ESTEVES, 1998). A água doce é a menos abundante e o tipo mais diretamente envolvido nas necessidades básicas do homem (Darwich *et al.*, 2005). A Bacia Amazônica, com aproximadamente 6.100.000 km² é a maior bacia hidrográfica de água doce do planeta. De dimensões continentais, essa bacia está localizada na zona intertropical, recebendo precipitações médias anuais de 2460 mm. A descarga líquida média é estimada em 209.000 m³.s⁻¹, seus principais afluentes são os rios Amazonas, Solimões, Negro, Madeira, Xingu, Trombetas e Tapajós (Miranda *et al.*, 2009). Diante disto, o estudo da dinâmica de parâmetros físicos-químicos é importante para compreender e interpretar as relações ecológicas de seus afluentes. Além de envolver a utilização racional e a conservação dos recursos hídricos.

O município de Itacoatiara - AM está localizado as margens do médio Amazonas, a cerca de 140 km de Manaus, em linha reta, e a jusante do encontro com o rio Madeira. A região é caracterizada pela grande quantidade de lagos marginais que são muito utilizados pelos pescadores locais, porém pouco estudados.

Os rios ou igarapés são os principais elementos naturais que formam a realidade sócio-econômica amazônica, com os quais a população criou, ao longo do tempo, uma íntima relação simbólica e funcional, utilizando-os para contemplação, lazer, meio de transporte e atividades econômicas. Em Itacoatiara não é diferente, os igarapés fazem parte da cultura da população itacoatiarense e constituem-se numa alternativa de lazer (os chamados “banhos”) e, principalmente, para atividades econômicas como a pesca (Barthem & Fabré, 2003), especialmente para a população de baixa renda. Portanto, estudo sobre mudanças sazonais e das variáveis físicas e químicas dos afluentes do Rio Amazonas no município de Itacoatiara pode contribuir tanto para o entendimento da dinâmica desses processos na região quanto para a conservação e manejo dos mesmos.

O lago de Serpa foi escolhido, pois apresenta fácil acesso devido à proximidade com a área urbana da cidade e possui tamanho relativamente pequeno comparado a outros lagos da região. Ele é importante para a população local já que é utilizado para o lazer e pesca. Uma

utilização inadequada pela população, além de outros impactos como a existência de uma estrada asfaltada sobre o canal que liga o lago ao rio Amazonas podem estar comprometendo a qualidade de suas águas. Desta forma é importante conhecer as características limnológicas a fim de criar informações que possam ser utilizadas no futuro para um manejo correto do lago.

O objetivo do projeto foi avaliar parâmetros limnológicos em três diferentes locais do lago de Serpa, Itacoatiara – AM, médio Amazonas durante quatro períodos diferentes.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

TEMPERATURA

Segundo CUNHA & PASCOALOTO (2011), a temperatura é uma característica física das águas, sendo uma medida de intensidade de calor ou energia térmica em trânsito, pois indica o grau de agitação das moléculas. É o fator que mais influencia todos os processos que ocorrem na água. A temperatura da água está diretamente relacionada com a temperatura ambiente, ou seja, com o comportamento do clima da região onde se localizam os lagos.

A temperatura exerce influência nas atividades biológicas de organismos aquáticos e em processos químicos da água. O teor de oxigênio dissolvido na água, além de outros fatores, depende da temperatura, ou seja, em águas mais frias a solubilidade de oxigênio é maior que em águas mais quentes (ESTEVEES, 1998).

OXIGÊNIO DISSOLVIDO

O oxigênio dissolvido é de fundamental importância para o meio hídrico. Tem origem no processo de fotossíntese de algas e macrófitas aquáticas e sua presença no meio hídrico depende, como fonte, dessa produção e da difusão do ar atmosférico. O ar contém cerca de 20,95% de oxigênio e praticamente todo o restante é nitrogênio, além de uma pequena quantidade de outros gases. Entretanto, o oxigênio é mais solúvel na água que o nitrogênio e sua concentração no meio aquático pode apresentar considerável variação sazonal, espacial e diária, dependendo do ambiente considerado.

O oxigênio é um importante elemento para o metabolismo de todos os seres aquáticos aeróbicos CUNHA & PASCOALOTO (2011). A maioria dos organismos vivos consome o O₂ dissolvido na água e depende dele para sobreviver. A solubilidade desse gás em meio aquático depende de fatores como aeração, temperatura e pressão. Suas principais fontes de origem são: gás atmosférico e fotossíntese. Por outro lado, seu consumo ocorre pela decomposição de matéria orgânica, oxidação de íons metálicos, perda para a atmosfera e respiração de organismos aquáticos.

pH

O pH é definido como o logaritmo negativo da concentração (em moles/l) dos íons H⁺. Sua medida indica se a água é ácida (pH menor que 7) ou alcalina (pH maior que 7), e a sua escala compreende valores de 0 a 14. O pH 7 indica uma condição neutra da água, onde há um equilíbrio entre os íons H⁺ e OH⁻.

Em corpos d'água continentais, os valores de pH variam muito de um ambiente para outro. Rios ou lagos que recebem grande quantidade de matéria orgânica geralmente apresentam-se ácidos, já os que possuem carbonatos ou bicarbonatos dissolvidos em suas águas são ligeiramente alcalinos. Naturalmente, nesses casos, o pH reflete o tipo de solo pelo qual a água percorre, ou seja, em regiões de solos ácidos, os corpos d'água geralmente têm pH abaixo de 7, para ambientes aquáticos presentes em locais que tenham, por exemplo, boa quantidade de carbonato de cálcio em sua composição, apresentam-se alcalinos ou ligeiramente alcalinos. No entanto, as comunidades aquáticas podem interferir no valor de pH. Geralmente, um pH muito ácido ou muito alcalino está associado à presença de despejos industriais em corpos aquáticos(ESTEVES, 1998).

Potencial redox (ORP)

Potencial redox é uma expressão usada para determinar o grau de processos químicos em que ocorrem reações de redução-oxidação, ou seja, uma molécula (ou átomo) é reduzida enquanto outra é oxidada.

De uma maneira geral, o potencial redox tem grande influência na química e bioquímica da água, pois várias funções dos organismos vivos aquáticos (como respiração) dependem do grau de oxi-redução da água. Se há um alto conteúdo de oxigênio (O₂), os valores redox são altos, enquanto que em caso de concentração baixa de O₂, ou em sua

ausência, processos redutivos são dominantes, como, por exemplo, a respiração anaeróbica de bactérias. Durante esses processos há a produção de uma pequena carga elétrica que é produzida pela transferência de elétrons entre vários átomos e moléculas na água. Essa carga elétrica é medida em mili-Volts e serve para determinar o valor de potencial redox na água.

TRANSPARÊNCIA DA ÁGUA

Do ponto de vista óptico, a transparência da água pode se considerada o oposto da turbidez. A turbidez da água é a medida da capacidade em dispersar a radiação. Ela é causada pelas plantas e animais microscópicos que vivem na água e pelos sólidos suspensos, principalmente argila e silte e ainda por substâncias húmicas (ESTEVES, 1998). Em outras palavras, turbidez é a medida da dificuldade de um feixe de luz atravessar uma certa quantidade de água, conferindo uma aparência turva à mesma. A medida de turbidez é determinada é expressa NTU (“Nephelometric Turbidity Units”) (ESTEVES, 1998). Quanto maior o espalhamento do feixe, maior será a turbidez. O instrumento utilizado para este fim é conhecido como Turbidímetro ou Nefelômetro.

A avaliação da transparência da água é feita através da imersão de um disco de 20 a 30cm de diâmetro, com quadrantes pintados de branco e preto; com uma corda graduada no centro, denominado disco de Secchi. A profundidade de desaparecimento do disco de Secchi é inversamente proporcional à quantidade de compostos orgânicos e inorgânicos no caminho óptico (ESTEVES, 1998).

Segundo ESTEVES (1998), os melhores resultados são obtidos quando mergulha-se o disco de Secchi (entre o período de 10h00 e 14h00). Procede-se da seguinte forma: anota-se a profundidade do seu desaparecimento, deixa-se afundar mais alguns centímetros e levanta-se o disco vagarosamente, até ele ressurgir e anota-se a segunda profundidade. A média das duas medidas corresponde à profundidade do disco de Secchi.

VAZÃO

Vazão é o volume de água que passa numa determinada seção do rio por unidade de tempo, a qual é determinada pelas variáveis de profundidade, largura e velocidade do fluxo, e é expressa comumente no sistema internacional (SI) de medidas em m³/s (CARVALHO, 2008). A medição indireta consiste de uma forma “manual” de estimar a vazão seja em rios ou

córregos. É um método simples em que é exigido um embasamento teórico para se estimar a vazão.

Em certos casos, como neste trabalho, estudos apenas descritivos de uma determinada área não exigem dados precisos. Nestes casos pode ser usado método indireto, não convencional, para estimar a vazão, onde é determinada a largura do canal, em diferentes profundidades ao longo da seção transversal e estimado a velocidade do fluxo.

Com o uso de uma trena, é medido a largura do canal. Após determinada a largura do canal, é determinada sua profundidade média. Em seguida, faz-se medições para estimar a média das profundidades (soma-se todos os pontos amostrados e divide-se pelo número de pontos amostrados). Com a média da profundidade e a distância do canal, resta a última variável, que é a velocidade média do fluxo de água. Para estimar a velocidade média do fluxo, alguns artefatos são usados, desde folhas até flutuadores postos no eixo central do canal. Estes objetos são postos num determinado ponto e solto, a distância pré-fixada em que o objeto flutua (podendo ser 1, 2 ou 10... metros) e o tempo decorrido estima-se a velocidade, isto é, velocidade é igual ao tempo dividido pela distância ($v = t/d$), este passo pode ser repetido três vezes para que se tenha uma melhor media da velocidade da corrente de água.

ALCALINIDADE

É a medida da quantidade de carbonatos e bicarbonatos existentes na água. Segundo ESTEVES (1998), a alcalinidade representa a capacidade que um sistema aquoso tem de neutralizar ácidos. Ela é responsável pela manutenção do equilíbrio do pH da água, não permitindo significativas flutuações diárias em função dos processos fotossintéticos e respiratório do meio aquático.

Existem pelo menos três tipos de alcalinidade. O primeiro refere-se à concentração total de OH^- , CO_3^{2-} e HCO_3^- - alcalinidade total. O segundo, à concentração de OH^- , CO_3^{2-} - alcalinidade de fenolftaleína e o terceiro à concentração de CO_3^{2-} e HCO_3^- - alcalinidade de carbonato (ESTEVES, 1998).

A alcalinidade total esta diretamente ligada à capacidade da água de manter seu equilíbrio ácido-básico (poder tampão da água). Águas com alcalinidade total menor que 20mg de CaCO_3 /l tem seu poder tampão reduzido e apresentam significativas variações diárias nos valores de pH em função dos processos fotossintéticos e respiratórios do meio aquático (KUBITZA, 2003).

COMPOSTOS NITROGENADOS

O nitrogênio está presente nos ambientes aquáticos sob várias formas, por exemplo: nitrato (NO_3^-), nitrito (NO_2^-), amônia (NH_3), íon amônio (NH_4^+), óxido nitroso (N_2O), nitrogênio molecular (N_2), nitrogênio orgânico dissolvido (peptídeos, purinas, aminas, aminoácidos, etc.), nitrogênio orgânico particulado (bactérias, fitoplâncton, zooplâncton e detritos), etc (ESTEVEES, 1998).

A importância do conhecimento da presença e quantificação do nitrogênio nas suas diversas formas na água refere-se ao consumo de oxigênio dissolvido necessário durante o processo de nitrificação, isto é, a conversão de nitrogênio amoniacal a nitrito e este a nitrato e, principalmente, a proliferação de algas que tem no nitrogênio um elemento vital para seu crescimento.

O N. amoniacal, pode ser considerado desde pouco tóxico até muito tóxico, dependendo do pH, temperatura e salinidade.

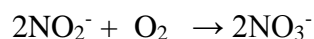
Sua formação ocorre através da amonificação. A amonificação é a formação de amônia durante o processo de decomposição da matéria orgânica dissolvida e particulada. A decomposição da parte nitrogenada se dá tanto em meio aeróbio quanto em anaeróbico por organismos heterotróficos, resultando na formação de amônia. Esse processo ocorre no sedimento, sendo o principal sítio de realização.

Em decorrência da decomposição aeróbia e anaeróbia da matéria orgânica, há a formação de compostos nitrogenados reduzidos como, por exemplo, a amônia (ESTEVEES, 1998). A nitrificação é a oxidação biológica destes compostos a nitrato como segue:

Nitrossomonas – que oxidam amônio a nitrito:



Nitrobacter – que oxidam o nitrito a nitrato:



A nitrificação é um processo predominantemente aeróbio e, como tal, ocorre somente nas regiões onde há oxigênio disponível (geralmente na coluna da água e na superfície do sedimento) (ESTEVEES, 1998).

METODOLOGIA

Considerando que as oscilações do nível dos rios da planície Amazônica apresentam-se em geral como um ciclo unimodal anual, com um período regular de águas altas e outro de águas baixas as amostras de água foram coletados em quatro períodos do ano para amostrar tanto os picos de águas altas e baixas, mas também os períodos de transição:

- 1- vazante (agosto),
- 2- pico da seca (novembro),
- 3- enchente (fevereiro) e
- 4-pico da cheia (junho).

As amostras foram coletadas em quatro diferentes pontos do lago do Serpa, como mostra a figura a seguir.



Figura 1- Esboço do mapa do Lago do Serpa com os pontos de coleta

Ponto 1 (03°08'13,5" Sul; 58°27'46,7" Oeste): No canal que liga o lago do Serpa ao rio Amazonas. No local próximo a desembocadura do lago do Serpa com o rio Amazonas:

Ponto 2 (03°07'23,3" Sul; 58°28'0,10" Oeste): No local onde o canal passa por uma tubulação por baixo da estrada do aeroporto.

Ponto 3 (03°07'14,9" Sul; 58°28'10,0" Oeste): Na região onde termina o canal e começa o lago de Serpa.

Ponto 4 (03°06'24,7" Sul; 58°28'27,2" Oeste): No meio do lago.

Ponto 5 (03°04'53,7" Sul; 58°29'00,5" Oeste). No meio do lago, “próximo a estrada da Comunidade do Lago”

Ponto 6 (03°05'01,1" Sul; 58°29'52,7" Oeste): No final do lago, próximo a um banco de macrófitas aquáticas.

As amostras de água foram coletadas de forma padronizada e sistemática seguindo metodologia de Bicudo e Bicudo (2004). Foram coletadas 300 mL de água em garrafa plástica para análises de alcalinidade total, nitrato, nitrito e amônia (Eaton *et al.*, 1998), com os recipientes lavados por três vezes consecutivas com a água do lago e somente na quarta vez

foi devidamente preenchido e identificado. As amostras foram submetidas à refrigeração (caixa de isopor com gelo) e posteriormente, levada e mantida no laboratório de pesquisa do ICET.

Toda via, as análises de alcalinidade total, nitrato, nitrito e amônia ainda não foram realizadas devido a problemas na escolha do método.

Foram analisados *in situ* a temperatura e transparência da água, pH, ORP e oxigênio dissolvido, sendo os três últimos medidos com aparelhos digitais. A avaliação da transparência da água foi feita através da imersão de um disco de 20 a 30 cm de diâmetro, com quadrantes pintados de branco e preto; com uma corda graduada no centro, denominado disco de Secchi.

Foram feitas medidas de vazão da água no ponto 2 onde existe uma tubulação de metal que auxiliará as mensurações. Foi utilizado o método do flutuador descrita em Bicudo e Bicudo (2004). A medida da descarga foi mensurada de acordo com a equação abaixo:

$$Q = A \cdot v \text{ (Equação I)}$$

Em que:

Q= descarga de água (m³/s);

A= seção transversal (m²);

V= velocidade da corrente (m/s).

A vazão foi mensurada no ponto 2 onde tem uma tubo com aproximadamente 5,10m de diâmetro, 15,5m de comprimento, 20,4m² - área da base circular, 16m de comprimento da circunferência e volume de 316,2m³.

Com o auxílio de um flutuador (garrafa de 300 ml), um cronômetro e um puçá fizeram-se no mínimo três medidas de tempo que o flutuador levava para percorrer os 15,5m do tubo – assim, foi possível calcular a velocidade média da corrente. Com uma régua mediuse o comprimento da coluna d'água no tubo, no ponto de maior profundidade, supondo-se que este seria seu diâmetro.

A partir dos dados do tubo e do comprimento da coluna d'água do tubo, pôde-se construir uma circunferência menor, supondo-se que o tubo seja uma circunferência perfeita. Como esquematizado a seguir:

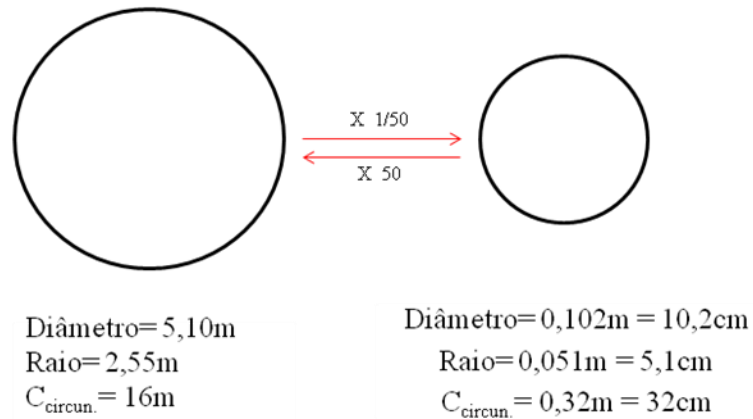


Figura 2- Obtenção da circunferência menor para o cálculo da seção transversal.

Para calcular a área da seção transversal na circunferência C basta subtrair a área da circunferência A pela área da B, como mostra o esquema a seguir.

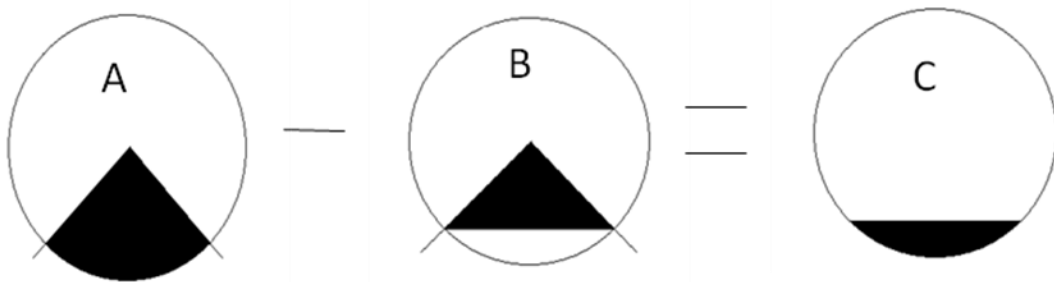


Figura 3- Obtenção da área da seção transversal.

Com a ajuda de um compasso fez-se a circunferência de 32 cm de diâmetro. A área do setor circular é diretamente proporcional a medida do ângulo central, então a área do setor circular A é igual ao produto da razão entre o ângulo do vértice de A e 360° por (πr^2) (LEZZI et al., 2009; GIOVANNI et al., 1998).

Com o cálculo da área do setor A resta área da circunferência B. Como dois dos lados do triângulo correspondem ao raio da circunferência e o terceiro a uma corda, tem-se que o triângulo formado é isósceles; a área do triângulo é calculada pela razão entre o produto da base pela altura por dois (LEZZI et al., 2009; GIOVANNI et al., 1998). Então, a área do setor C é calculada através entre a área A e B.

Portanto, para obter a vazão, basta substituir os valores na equação (I).

Os dados das coletas foram comparados trimestralmente e entre os pontos de coleta e entre os períodos de coleta.

RESULTADO E DISCUSSÃO

Os gráficos e tabelas a seguir representam a síntese dos resultados para as variáveis limnológicas verificadas durante a vazante (agosto) e o pico da seca (novembro). Não foi possível comparar os pontos 3, 4, 5 e 6 devido a falta de dados no período da vazante causada por problemas logísticos. Toda via, o período de pico da seca está completo quanto aos dados analisados *in situ*.

Tabela 1. Valores médios e desvios-padrão das variáveis físicas e químicas no pico da seca (novembro)

Variável limnológica	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	F	p
Temperatura (°C)	29.7±0 ^a	32.6±0.06	32.8±0.58	31.9±1.15	31.5±1.43	33.1±1.73 ^b	3.0294	0.0259
O.D. (mg/l)	5.05 ± 0.07	4.83 ± 0.35	4.8 ± 0.6	5.45 ± 1.13	5.83 ± 1.35	5.14 ± 0.87	0.9294	0.5218
pH	7.96±0.399 ^a	7.43±0.272	7.11±0.27 ^b	7.27±0.304	7.21±0.257	7.52±0.226	3.2054	0.0454
ORP (mV)	-51±10.5 ^a	-13.7±14.6	1.3±15.7 ^b	-2±18.5	-4.3±18.5	-17±11.8	4.7763	0.0125

(F) valor de F da ANOVA; (p) Valor de p da ANOVA.

Valores seguidos de letras diferentes na mesma linha foram significativamente diferentes no teste de Tukey ($\alpha=0,05$).

No período da vazante não houve diferença significativa no pH da água mas houve na temperatura e no Potencial Redox que foram diferentes entres os pontos um e dois – Tabela 2. A temperatura foi um pouco mais alta no ponto dois provavelmente devido aos horários de coleta. Segundo ESTEVES (1998), a variação diária de temperatura é mais acentuada em lagos tropicais que a sazonal. O potencial Redox foi mais alto no ponto dois. Valores elevados de ORP podem ser causados pela maior concentração de oxigênio dissolvido que está mais alta no ponto dois que no um – Tabela 2 e Figura 4: P1 e P2.

A transparência da água foi medida apenas no ponto dois (0.54m), por que no ponto um a correnteza da água é muito forte impedindo a mensuração com disco; pois este não afunda de maneira plana para que se possa visualizá-lo e realizar a medição. Mas a cor da água nestes pontos é comparável – água branca (SIOLI, 1985). Então, é de se esperar que a transparência da água no ponto dois seja semelhante a do ponto um.

No pico da seca não houve diferença significativa entre os pontos quanto ao oxigênio dissolvido, já a temperatura, o pH e o ORP apresentaram diferença – Tabela 1. O pH do ponto um foi mais alto(mais básico) que no ponto três, enquanto que os demais pontos não diferiram entre si. Provavelmente o pH ligeiramente alcalino no ponto um deve-se a maior concentração de carbonatos e bicarbonatos dissolvidos causada, durante o processo fotossintético, pelas macrófitas aquáticas que podem elevar o pH do meio (ESTEVES, 1998). O Potencial de Oxidação-Redução também apresentou diferença significativa entre os pontos um e três sendo mais baixo no ponto um (-51mV). Provavelmente as condições redutoras indicadas pela medida do ORP estão de acordo com as de anoxia, tendo em vista que a contaminação, por efluentes urbanos e excretas de animais age de maneira redutiva.

Tabela 2. Valores médios e desvios-padrão das variáveis físicas e químicas da vazante (agosto)

Variáveis limnológicas	Ponto 1	Ponto 2	F	p
pH	7.00±0.085	6.27±0.474	6.8213	0.0593
Temperatura (°C)	30.1±0.06 ^a	29.9±0.06 ^b	8	0.0476
ORP (mV)	2±9.6 ^a	54±27.5 ^b	9.5811	0.0368

(F) valor de F da ANOVA; (p) Valor de p da ANOVA.

Valores seguidos de letras diferentes foram significativamente diferentes no teste de Tukey ($\alpha=0,05$).

Tabela 3. Valores médios e desvios-padrão das variáveis físicas e químicas na vazante e no pico da seca

Variáveis limnológicas P1 e P2	Vazante	Pico da seca	F	P
pH	7.00±0.085 ^a	7.96±0.399 ^b	16.6154	0.0162
Temperatura (°C)	30.7±0.577 ^a	29.5±0 ^b	12.25	0.0257
ORP (mV)	6±6.03 ^a	-51±10.5 ^b	66.9321	0.0023
pH	6.27±0.474 ^a	7.43±0.272 ^b	13.422	0.0224
Temperatura (°C)	29.9±0.058 ^a	32.6±0.06 ^b	3120.5	0.0002
ORP (mV)	-54±27.46 ^a	-14±14.6 ^b	14.0703	0.0209

(F) valor de F da ANOVA; (p) Valor de p da ANOVA.

Valores seguidos de letras diferentes foram significativamente diferentes no teste de Tukey ($\alpha=0,05$).

A temperatura apresentou diferença significativa entre os pontos um e seis sendo mais elevada neste último. Supõe-se que esta seja pela paisagem as margens do lago, uma vez que o ponto seis é mais largo e a radiação solar bate diretamente na água sem obstáculos; já no ponto um o nível de água encontra-se muito baixo tendo seu percurso mais estreito tornando possível que as árvores nas margens sirvam de obstáculo para radiação solar em determinado período do dia.

Com exceção do ponto um os demais pontos apresentaram um comportamento similar – a descontinuidade da temperatura na coluna d'água – sendo mais alta na superfície (figura 5). Esta descontinuidade de temperatura é denominada de termoclina (ESTEVEES, 1998). Este comportamento já era esperado uma vez que a maioria dos lagos tropicais tem profundidades reduzidas e nestas regiões a variação diária de temperatura é maior em relação a variação diária (ESTEVEES, 1998).

No período de pico da seca o oxigênio dissolvido não apresentou diferença significativa entre os pontos sugerindo que a média entre pontos sejam iguais, e portanto, tenham o mesmo comportamento. Segundo ESTEVEES (1998), lagos temperados rasos, com produtividade primária e que apresentam o hipolímnio com alto déficit de oxigênio são lagos eutróficos e o tipo de perfil vertical de oxigênio é chamado clinogrado. Sendo assim, o tipo de perfil de oxigênio apresentado na Figura 4 não é do tipo clinogrado.

Toda via, podem ocorrer anomalias no perfil clinogrado, sendo clinogrado positivo (máximo de oxigênio no metalímnio) e clinogrado negativo (mínimo de oxigênio no metalímnio) (ESTEVEES, 1998). Este último ocorre quando, no metalímnio, os processos de decomposição e/ou respiração são mais ativos que no epilímnio – por unidade de volume (ESTEVEES, 1998). Assim sendo, a concentração de oxigênio dissolvido aumenta no decorrer da profundidade (Figura 4). Portanto, sugere-se que o tipo clinogrado negativo ocorra no lago de Serpa no período de pico da seca.

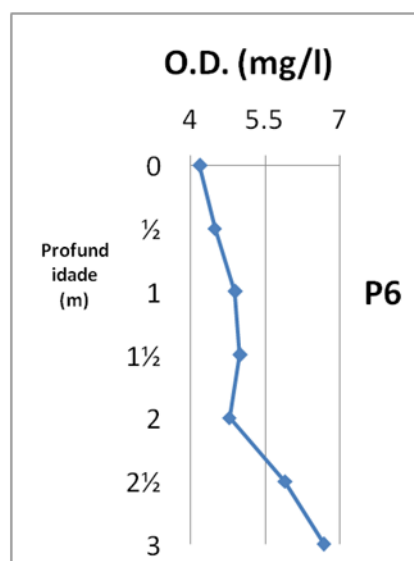
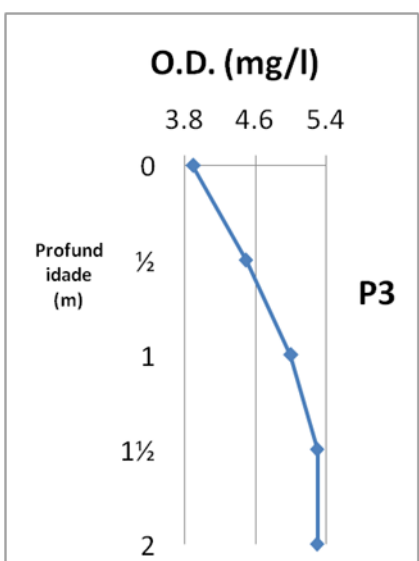
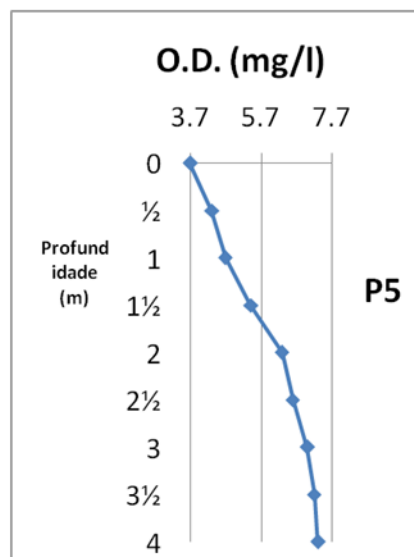
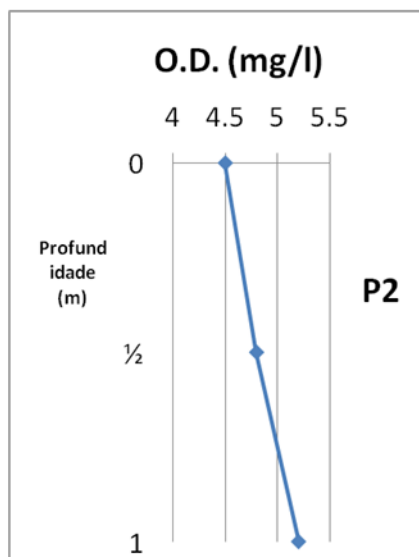
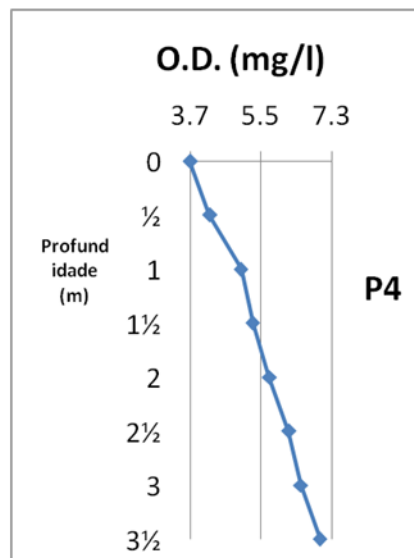
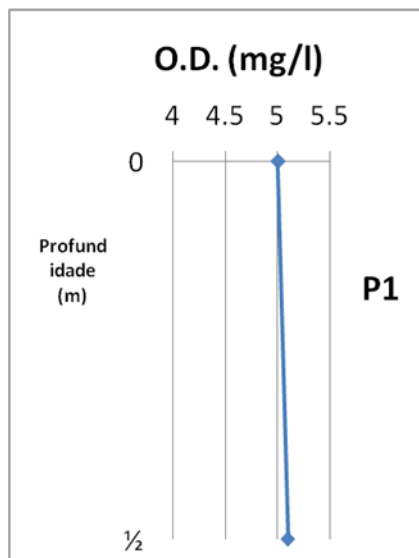
A transparência da água nesse período representada na Figura 6 confirma o que foi visto durante a coleta. Durante seu percurso até jusante em que desemboca no Rio Amazonas o Lago de Serpa muda de cor. Nos pontos um e dois a água é branca e a profundidade do Disco de Secchi foi reduzida (embora não tenha sido feita a medição no ponto um), já a partir do ponto três observa-se uma grande diferença de profundidade do disco e a cor da água passa a ser preta – ambas as classificações segundo Sioli (1985). Sugere-se, portanto, que essa diferença de profundidade do disco seja causada pelo ambiente por onde o lago percola (QUEIROZ et al., 2009).

As variáveis pH, temperatura e ORP foram significativamente diferentes entre os períodos de vazante e pico da seca entre os pontos um e dois. Os pontos um e dois apresentam a mesma tendência entre os períodos – de ligeiramente ácido para levemente básico, respectivamente – Tabela 3. Talvez esta diferença seja causada pela maior concentração de carbonato de cálcio no ponto um, uma vez que o pH reflete em certos casos o tipo de solo pelo qual a água percorre. O ORP entre a vazante e pico da seca foi significativamente diferente entre os pontos um e dois. O ponto um apresentou diminuição (de 6mV para -51mV)

e o dois um aumento (de -54mV para -14mV) entre os períodos de vazante e pico da seca – respectivamente (Tabela 3). Provavelmente a diminuição ou depleção de oxigênio dissolvido possa ter favorecido processos redutivos, como, por exemplo, a respiração anaeróbica de bactérias. Embora no ponto dois tenha ocorrido uma significativa mudança (aumento do ORP) os valores ainda permanecem negativos o implica que esta variável possivelmente ainda esteja sob influência do oxigênio.

A temperatura diminuiu no ponto um e aumentou no ponto dois entre os períodos de vazante e pico da seca. Esta inconcordância de diminuição e aumento nos pontos entre os períodos deve-se, possivelmente, a cobertura vegetal nas margens do ponto um dificultar a passagem de luz até o corpo d'água.

Figura 4- Perfil de oxigênio do tipo clinogrado exceto no ponto 1 no pico da seca.



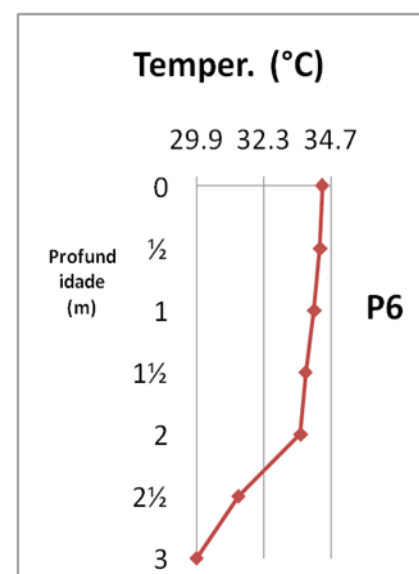
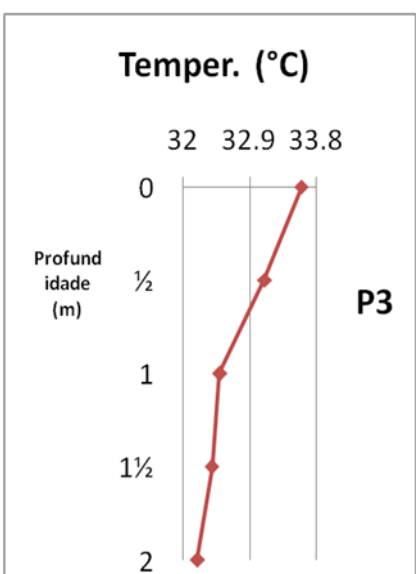
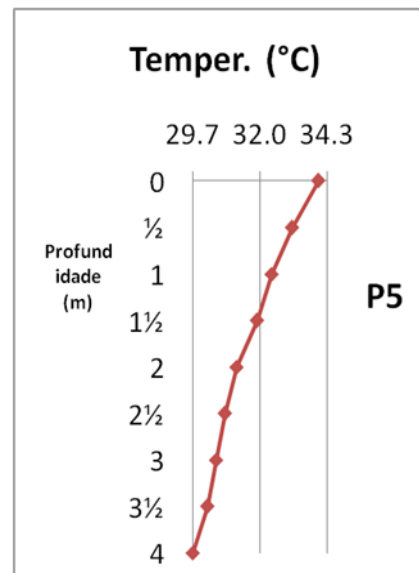
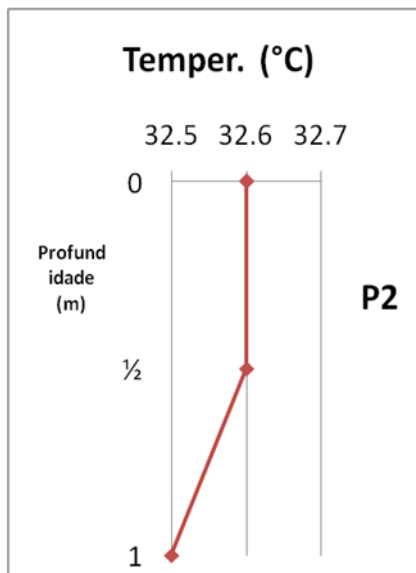
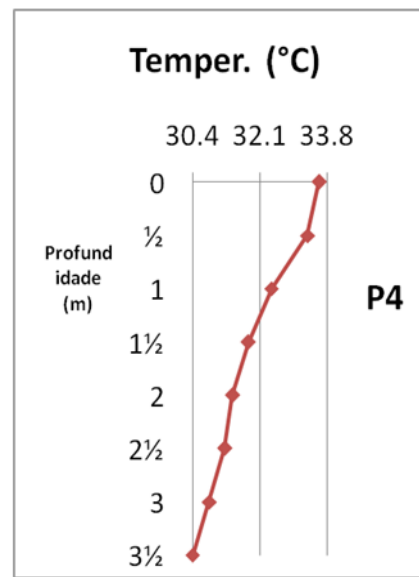
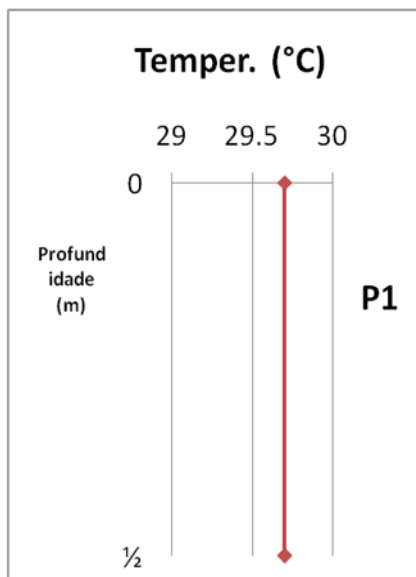


Figura 5- Formação de termoclinas exceto no ponto 1 no pico da seca (complemento da figura 4).

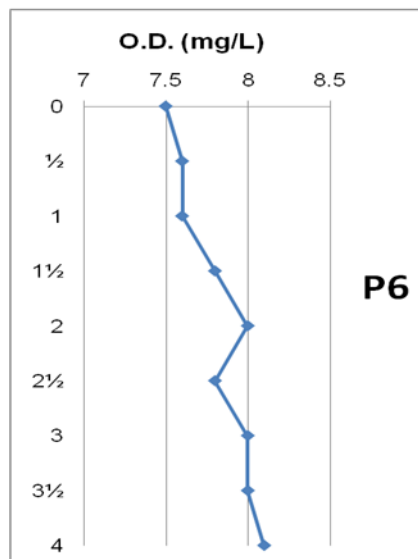
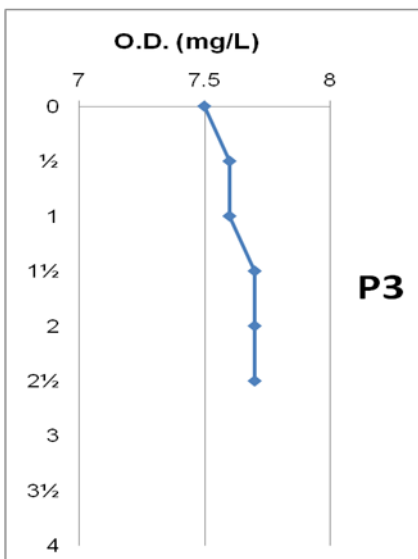
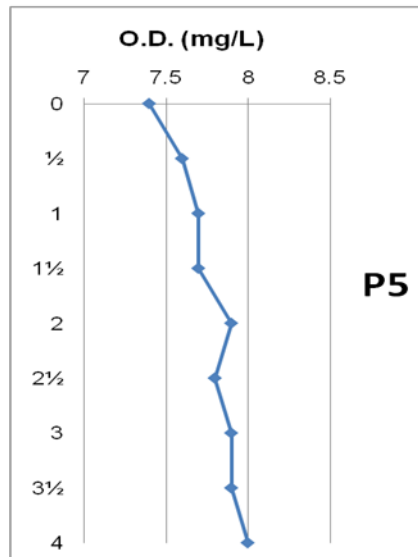
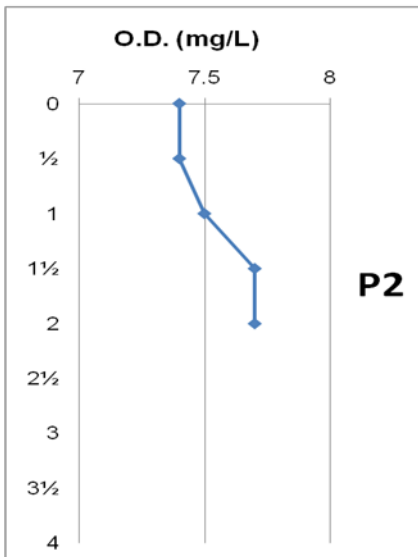
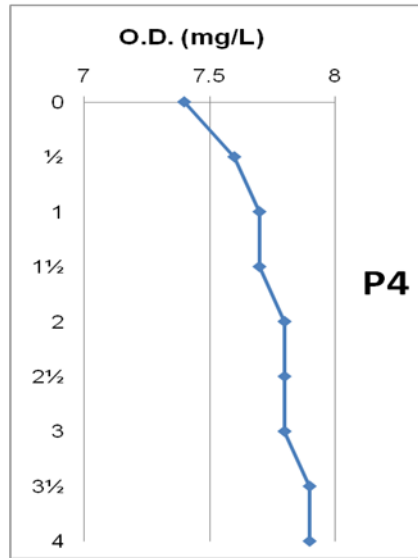
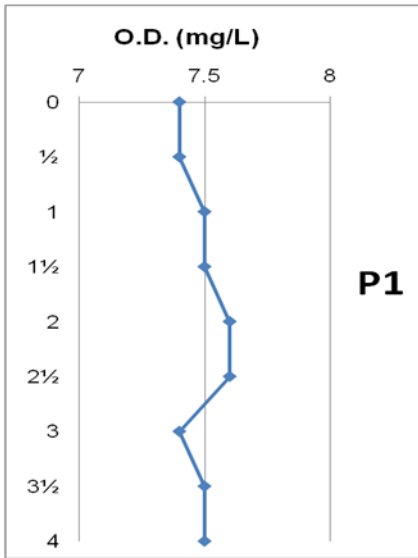


Figura 6- Perfil vertical do oxigênio dissolvido na enchente.

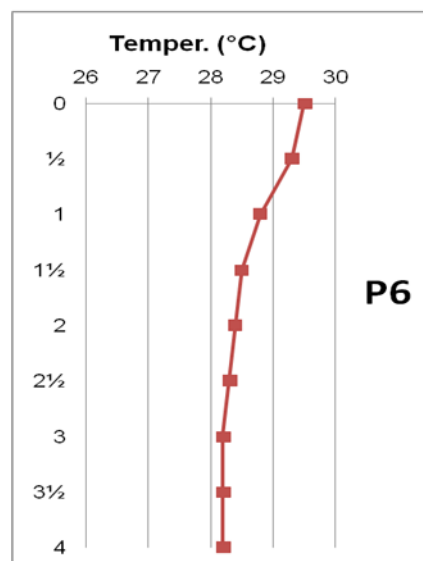
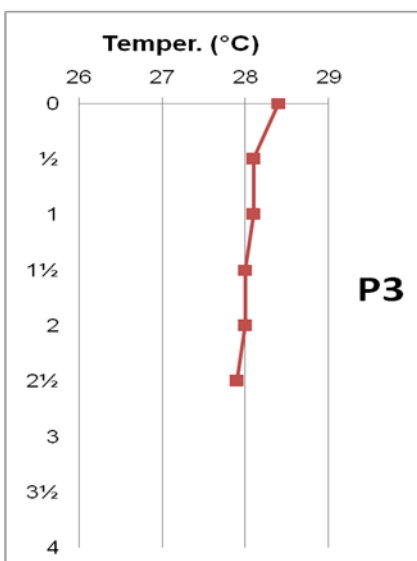
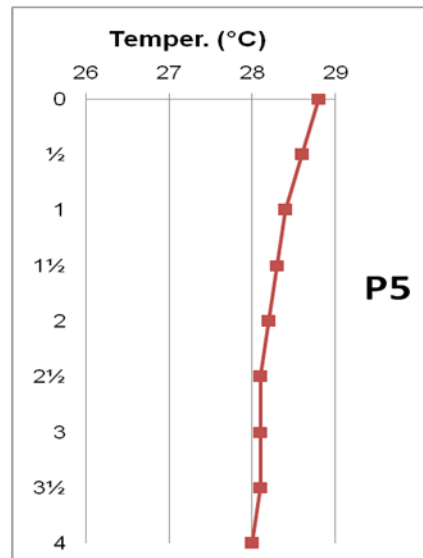
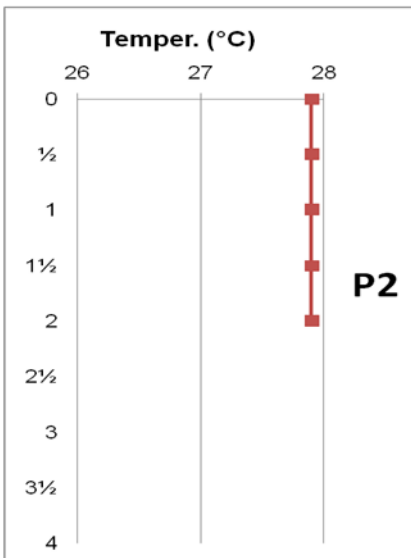
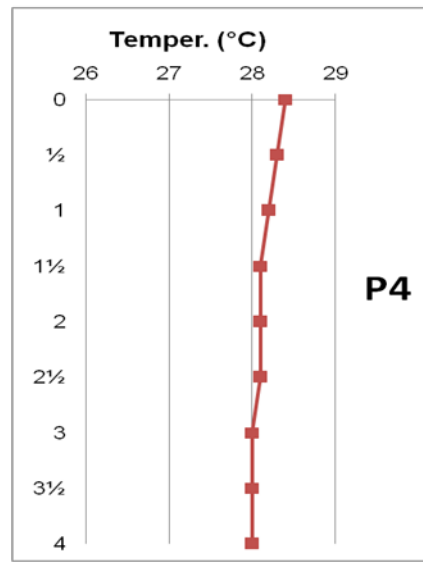
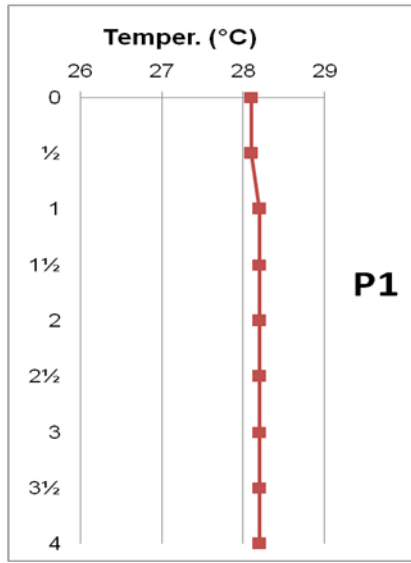


Figura 7- Perfil vertical da temperatura na enchente.

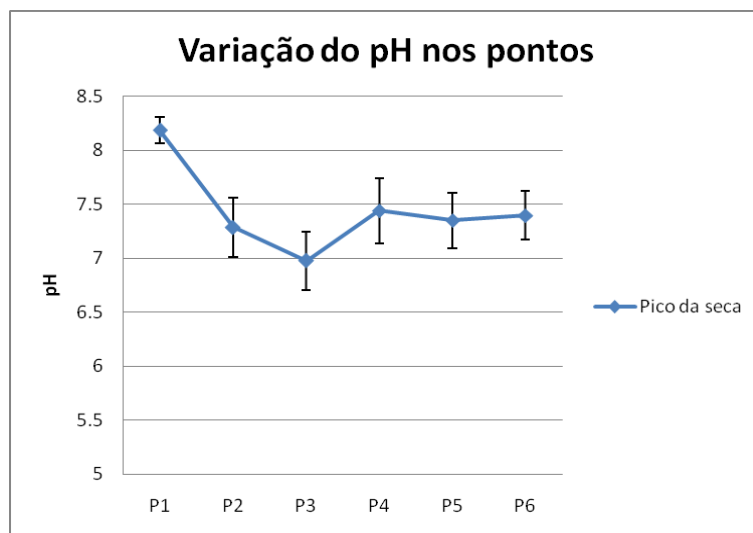


Figura 8- Médias e desvios- padrão do pH nos pontos no pico da seca.

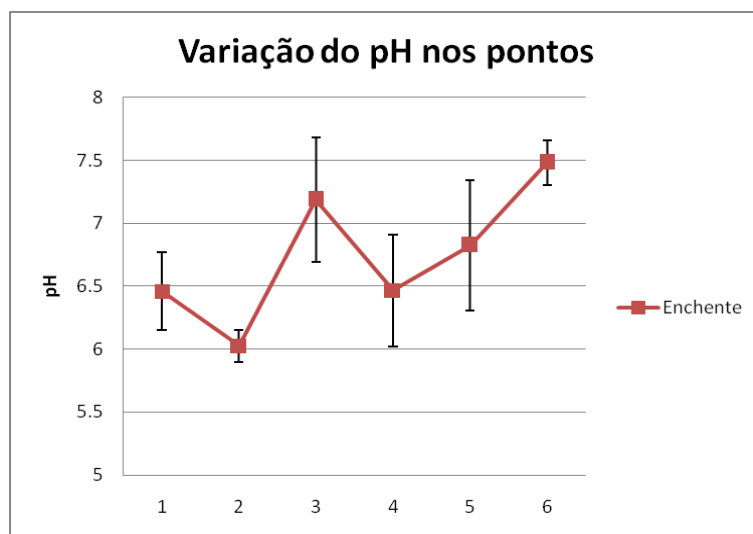


Figura 9- Médias e desvios-padrão do pH nos pontos na enchente.

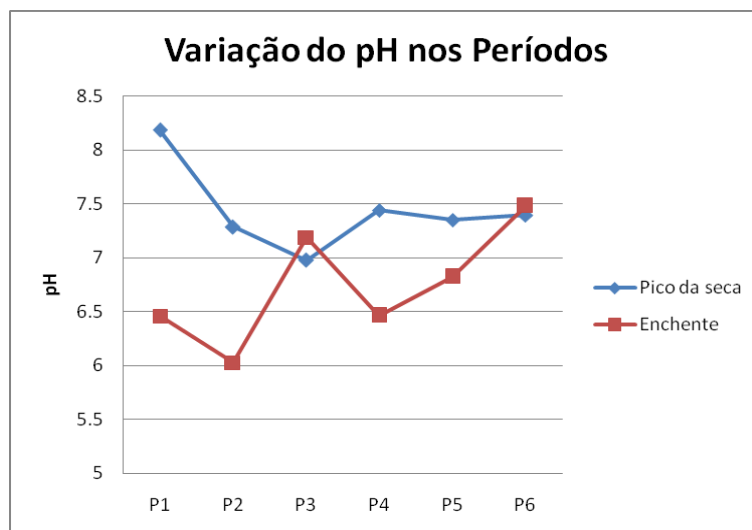


Figura 10- Comparação das tendências das médias do pH nos pontos durante dois períodos.

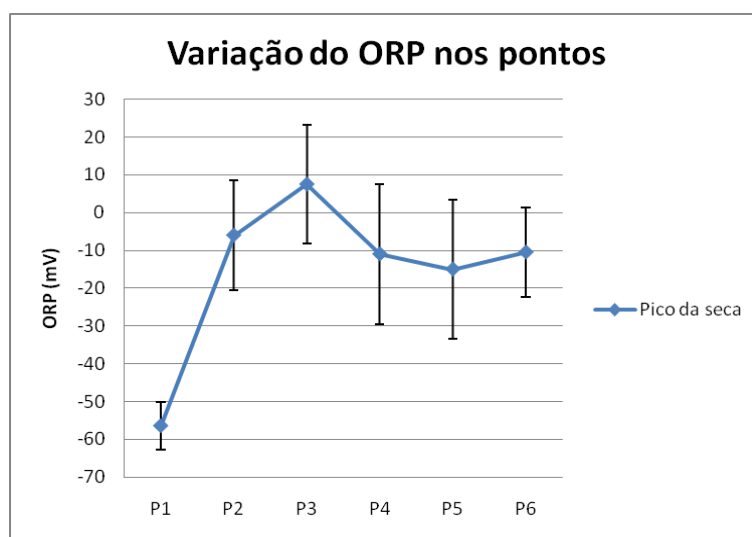


Figura 11- Médias e desvios-padrão do ORP nos pontos no pico da seca.

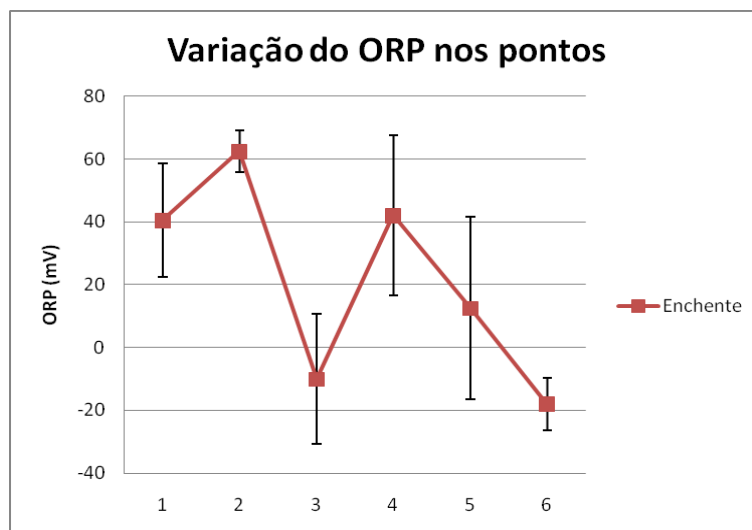


Figura 12- Médias e desvios-padrão do ORP nos pontos na enchente.

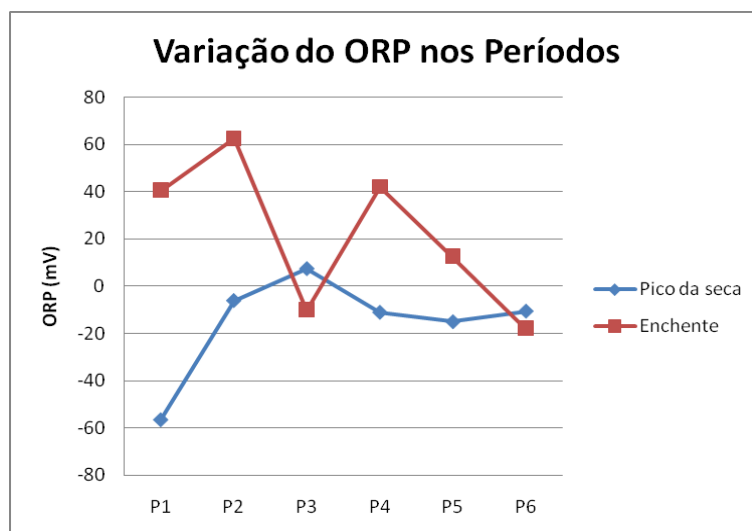


Figura 13- Comparação das tendências das Médias do ORP nos pontos durante dois períodos.

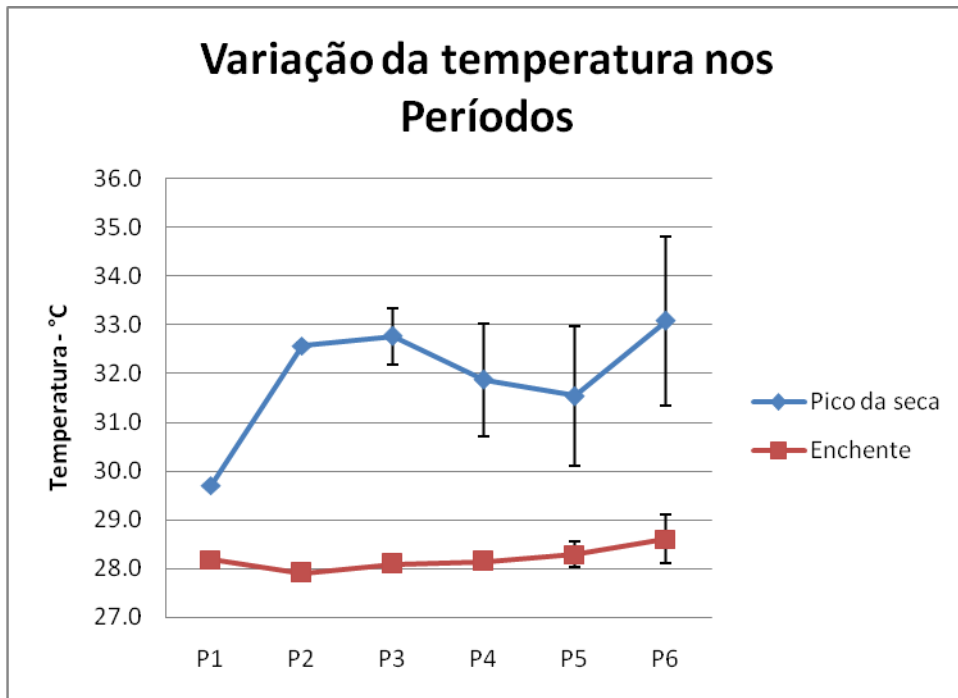


Figura 14- Comparação das tendências das Médias e desvios-padrão da temperatura nos pontos durante dois períodos.

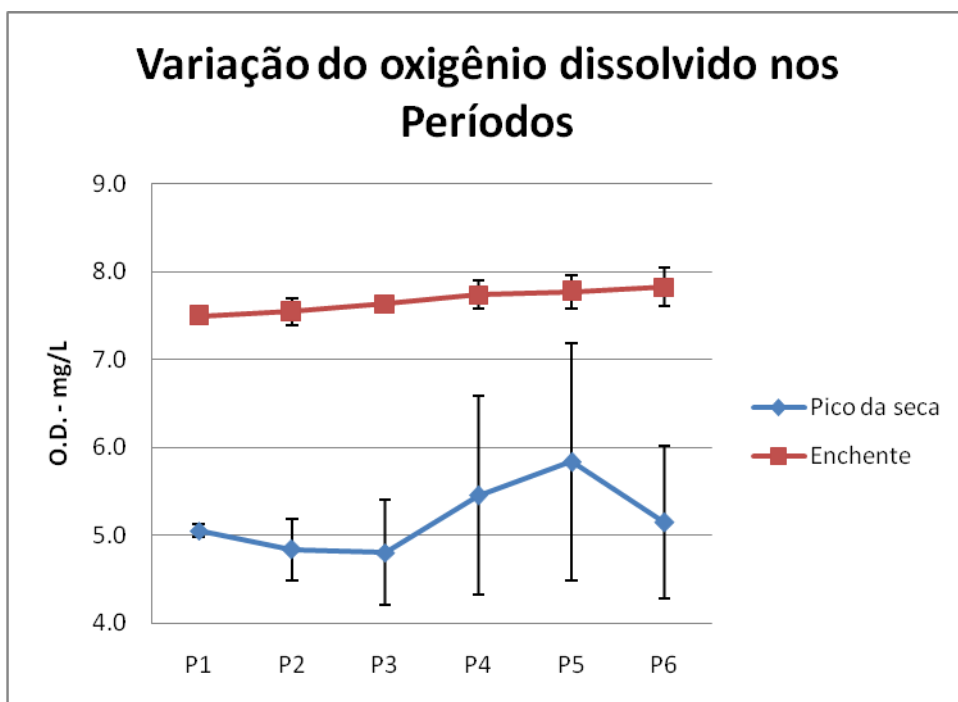


Figura 15- Comparação das tendências das Médias e desvios-padrão do oxigênio dissolvido nos pontos durante dois períodos.

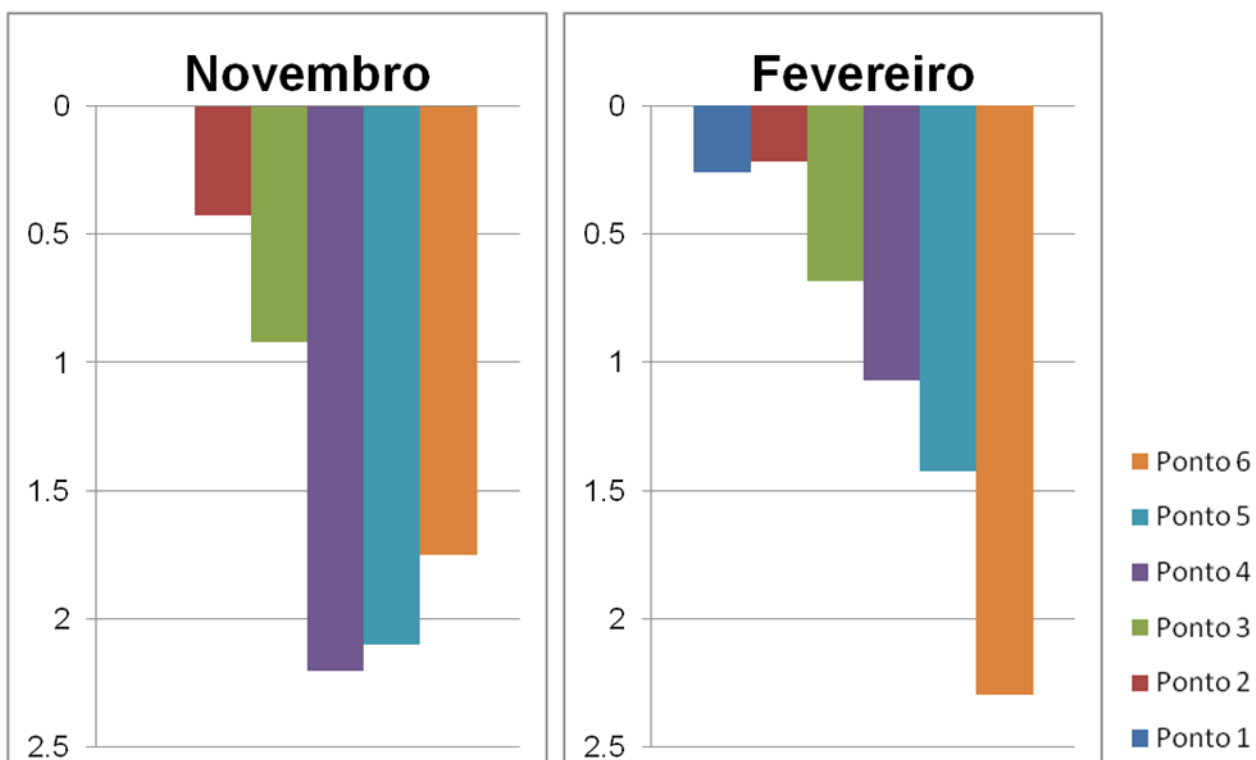


Figura 16- Comparação da variação da profundidade do Disco de Secchi em metros no pico da seca(novembro) e enchente(fevereiro).

Tabela 4. Valores de vazão na vazante e no Pico da seca

Variáveis limnológicas	Vazante	Pico da seca
Vazão (m ³ /s)	1.2126	0.6565

A vazão diminuiu do período da vazante para o pico da seca – tabela 4. Propõe-se que durante a transição entre estes períodos ocorra menor precipitação. Segundo SIOLI (1985), do norte até além do médio e baixo Amazonas, estende-se uma faixa mais pobre em chuvas.

CONCLUSÃO

Portanto, durante o período da vazante não houve diferença no pH da água, já o aumento do ORP do ponto um em relação ao dois pode ser causado pela maior concentração de oxigênio dissolvido neste ponto. A temperatura apresentou diferença (mais) baixa causada pelos horários de coleta.

O período de pico da seca caracteriza-se por pH levemente alcalino, temperaturas mais elevadas, ORP dentro da faixa negativa que indica depleção de oxigênio dissolvido, perfil clinográfico negativo do oxigênio e aparecimento de termoclinas pelo menos a partir das onze horas da manhã. Águas mais transparentes e pretas a partir do ponto dois e mais brancas nos pontos dois e um. E, vazão reduzida entre os períodos indicando diminuição do volume de água da vazante para o pico da seca.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARTHEM, Ronaldo Borges; FABRÉ, Nidia Noemi. *Biologia e diversidade dos recursos pesqueiros da Amazônia. A pesca e os recursos pesqueiros na Amazônia brasileira. ProVárzea* - Manaus – 2003. 44 p.

BICUDO, C. E. M.; BICUDO, D. C. **Amostragem em Limnologia**. São Carlos: Rima, 2004.

CARVALHO, Thiago Morato de. TÉCNICAS DE MEDIÇÃO DE VAZÃO POR MEIOS CONVENCIONAIS E NÃO CONVENCIONAIS. *RBGF – Revista Brasileira de Geografia Física* Recife-PE Vol. 01 n.01 Mai/Ago 2008, 73-85.

CUNHA, Hillândia Brandão da & PASCOALOTO, Domitila. **HIDROQUÍMICA DOS RIOS DA AMAZÔNIA.** Disponível em: http://www.povosdamazonia.am.gov.br/pdf/res_hid_qui.pdf. Acessado em: 26 de Outubro de 2011.

DARWICH, A. J.; APRILE, F. M.; ROBERTSON, B. A. ALVES, L. F. Limnologia do lago Tupé: dinâmica espaço-temporal do oxigênio dissolvido. In: SANTOS-SILVA, E. N.; APRILE, F.; SCUDELLER, V. V.; MELOS, S. (Ed.). **BioTupé: Meio físico, diversidade biológica e sociocultura do Baixo Rio negro Amazônia central.** Manaus: Inpa, 2005. p. 20-33.

EATON, A. D.; CLESCERI, L. S.; GREENBERG, A. E.; FRANSON, M. A. H.; AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION.; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION.; WATER ENVIRONMENT FEDERATION. *Standard methods for the examination of water and wastewater.* 20th. ed. Washington, DC: **American Public Health Association**, 1998.

ESTEVES, Francisco de assis. **Fundamentos de limnologia.** 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

GIOVANNI, José Ruy; CASTRUCCI, Benedito; GOVANNI JR., José Ruy. **A conquista da matemática.** Edição não-consumível. Editora FTD: São Paulo, 1998. (Coleção a conquista da matemática).

LEZZI, Gelson; DOLCE, OSVALDO; MACHADO, Antonio. **Matemática e realidade.** 6ª ed. São Paulo: Editora atual, 2009.

MIRANDA, R.G; PEREIRA, S.F.P; ALVES, D.T.V; OLIVEIRA, G.R.F. Qualidade dos recursos hídricos da Amazônia - Rio Tapajós: avaliação de caso em relação aos elementos químicos e parâmetros físico-químicos. **Revista Ambiente & água**, Tubaté, v. 4, n. 2, p. 75-92, 2009.

QUEIROZ, Maria Mireide Andrade; HORBE, Adriana Maria Coimbra; SEYLER, Patrick; MOURA, Candido Augusto Veloso. Hidroquímica do rio Solimões na região entre Manacapuru e Alvarães – Amazonas – Brasil. **Acta Amazônica**. vol. 39(4) 2009: 941 – 950.

SIOLI, HARALD. **Amazônia Fundamentos da ecologia da maior região de florestas tropicais**. Editora vozes. Petrópolis, 1985.