



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DAS ÁGUAS
CURSO BACHARELADO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**

**AVALIAÇÃO ESPACIAL DAS CARGAS DE SEDIMENTO EM SUSPENSÃO NO
LAGO DO JUÁ – SANTARÉM/PA**

FRANCISCO FRANCK PEREIRA LIMA

**Santarém - Pará
Março de 2018**

FRANCISCO FRANCK PEREIRA LIMA

**AVALIAÇÃO ESPACIAL DAS CARGAS DE SEDIMENTO EM SUSPENSÃO NO
LAGO DO JUÁ – SANTARÉM/PA**

Pré-projeto de Conclusão de Curso apresentado ao Colegiado do Curso de Bacharelado em Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal do Oeste do Pará – Campus de Santarém, para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Área de concentração:

Limnologia

Orientador:

Prof. Dr. José Reinaldo Pacheco Peleja

SANTARÉM - PARÁ

Março de 2018

FICHA CATALOGRÁFICA

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP) Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/UFOPA

L732a Lima, Francisco Franck Pereira
Avaliação espacial das cargas de sedimento em suspensão no lago do Juá - Santarém/PA / Francisco Franck Pereira Lima. – Santarém, Pará, 2018.

37 fls.

Inclui bibliografias.

Orientador José Reinaldo Pacheco Peleja

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do Oeste do Pará, Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas, Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária.

1. Sedimento em suspensão. 2. Parâmetros limnológicos. 3. Precipitação pluvial. 4. Lago. I. Peleja, José Reinaldo Pacheco, *orient.* II. Título.

CDD: 23 ed. 551.304

Bibliotecário - Documentalista: Eliete Sousa – CRB/2 1101

FOLHA DE AVALIAÇÃO

Nome do Autor: PEREIRA LIMA, F.F.

**Título: AVALIAÇÃO ESPACIAL DAS CARGAS DE SEDIMENTO EM
SUSPENSÃO NO LAGO DO JUÁ – SANTARÉM/PA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Engenharia Sanitária e
Ambiental da Universidade Federal do Oeste do Pará, para
obtenção do título de Bacharel em Engenharia Sanitária e
Ambiental.

Data da aprovação: ____/____/____

Banca Examinadora:

_____ Orientador e Presidente

Prof. Dr. José Reinaldo Pacheco Peleja
Curso de Gestão Ambiental/Universidade Federal do Oeste do Pará

_____ Membro Titular

Prof. Dr. Lucinewton Silva de Moura
Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental/ Universidade Federal do Oeste do Pará

_____ Membro Titular

Prof. Me. Manoel Bentes dos Santos Filho
Curso de Bacharelado Interdisciplinar de Ciências e Tecnologia das Águas/ Universidade Federal do
Oeste do Pará

AGRADECIMENTOS

Primeiramente quero agradecer a Deus por me dar força confiança e sabedoria para saber sobrepor os obstáculos e continuar seguindo em frente para conseguir alcançar meus objetivos.

A meu orientador Dr. José Reinaldo Pachêco Peleja pela paciência nas horas difíceis, pelo conhecimento adquirido e pela sua orientação sem suas contribuições não seria possível a realização desse trabalho.

Aos técnicos do Laboratório de Biologia Ambiental da UFOPA: Flávia Lima, Edvaldo Lemos, pela amizade e pelos seus ensinamentos nas análises laboratoriais.

A Dr. Ynglêa Goch e os MSc. Rivolo Bacelar e Zelva Cristina pela parceria ajuda, companheirismo, força e determinação nas coletas de campo e análises laboratoriais, meu muito obrigado a vocês.

Aos meus pais Fernando Lima e Dulcimar Lima, por darem incentivo e todo apoio cedendo os dias nos quais precisei para coletas de campo.

A minha querida esposa Noemi Silva, minhas filhas Fernanda Lima e Nayandra Lima, é por vocês que me deram muito incentivo e não me deixaram desistir sempre me incentivando para seguir em frente, e por vocês que estou busca de mais essa vitória, amo vocês.

Agradecer a banca examinadora Dr. Lucinewton Silva de Moura e Me. Manoel Bentes dos Santos Filho, que vão dar as contribuições e suas criticas construtivas para o aperfeiçoamento desse trabalho

RESUMO

A dinâmica hidrológica dos lagos pode ser afetada se as florestas de suas áreas de drenagem forem alteradas ou suprimidas, o que predispõe ao assoreamento lacustre. O Lago do Juá no município de Santarém-Pará vem sofrendo alterações fisiográficas na sua área de drenagem devido à instalação de empreendimentos por atores que desmataram grandes áreas para fins de loteamento e obras de urbanismo e respectivos crescimento demográficos. Assim, este trabalho visou investigar a distribuição temporal e espacial das concentrações de sedimentos em suspensão (SST) em seis pontos amostrais no lago do Juá, incluindo o local de deságue das águas do igarapé formador do lago. Foram avaliados sete parâmetros limnológicos do lago correlacionando-os com as cargas pluviométricas e as concentrações de sedimentos em suspensão. As coletas foram realizadas de Abril de 2015 a Março de 2016, englobando os meses do período chuvoso e de estiagem da região. As concentrações volumétricas médias de SST não variaram significativamente entre os seis pontos de coleta. A menor ($3,7 \text{ mg.L}^{-1}$) e maior ($18,6 \text{ mg.L}^{-1}$) concentração média ocorreram no centro do lago e na galeria de águas pluviais do aeroporto, respectivamente. Infere-se que as cargas de SST carregadas para o interior do lago via escoamento superficial difuso e via canalizada pelo igarapé se dispersam em uma pluma homogênea horizontalmente na coluna d'água do mesmo, todavia a dispersão do sedimento do leito do lago pode ser diferente. Temporalmente também não se observou diferenças significativas das concentrações médias de SST entre os meses de coleta, mesmo assim, o mês de Setembro se destacou com a maior concentração volumétrica de SST, $27,5 \text{ mg.L}^{-1}$. Valores de SST tenderam a ser mais concentrados na estiagem, com destaque para o ponto do lago referente à galeria pluvial do aeroporto de Santarém, com $43,8 \text{ mg.L}^{-1}$. As concentrações de SST não se correlacionaram com a precipitação acumulada para os últimos 30 dias que antecederam cada coleta, porém se correlacionaram positivamente com condutividade elétrica e turbidez e negativamente com a transparência ao disco de Secchi. As taxas de precipitação se correlacionaram apenas com a temperatura e profundidade do lago e, de forma positiva.

Palavras chave: Sedimento em suspensão. Parâmetros limnológicos. precipitação pluvial. Lago.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01- Mapa com a localização do lago do Juá – página 16;

Figura 2: Lago do Juá, no período de vazante (Julho de 2015) e pontos de coleta predeterminados no estudo - página 17;

Figura 3 - Embarcação com sistema de guincho para imersão e emersão do amostrador de sedimento de saca (AMS-08) utilizado para coleta de sedimentos em suspensão - página 18;

Figura 4 - Equipamentos e etapas da análise de sólidos suspensos totais – página 21;

Figura 5 – Turbidímetro utilizado nas análises de turbidez – página 21;

Figura 6: Valores médios de pH e de sólidos totais dissolvidos nos diferentes pontos de coleta no lago Juá – página 24;

Figura 7: Distribuição espacial das concentrações volumétricas médias de SST (mg.L-1) no lago do Juá – página 27;

Figura 8: Concentrações médias de SST (mg.L-1) por mês de coleta, independente de ponto de amostragem – página 28;

Figura 9: Valores médios de SST (mg.L-1) por ponto de coleta no lago e por período chuvoso e de estiagem – página 30;

Figura 10: Valores médios de SST (mg.L-1) por ponto de coleta no lago e por período chuvoso e de estiagem – página 31.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Pontos de coleta, descrição e coordenadas – página 17;

Tabela 2 - Valores absolutos de SST, variáveis limnológicas, precipitação e respectivas médias – página 25 e 26;

Tabela 3 - Matriz de correlação (Pearson) entre a concentração média de SST, precipitação (mm) e demais variáveis limnológicas do lago Juá. Os valores em destaque significam coeficiente de Pearson significativos a nível de $\alpha < 0,05$ – página 32.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
1.1 Justificativa.....	11
2 OBJETIVOS.....	12
2.1 Objetivo geral	12
2.2 Objetivos específicos	12
3 REVISÃO DA LITERATURA	13
4 MATERIAL E MÉTODOS	16
4.1 Área de estudo.....	16
4.2 Pontos de coleta e frequência de amostragem	17
4.3 Métodos de coleta e procedimentos analíticos.....	18
4.4 Parâmetros Limnológicos.....	20
4.5 Precipitação pluviométrica.....	20
4.6 Métodos de laboratório.....	21
4.6.1 Análise do material particulado em suspensão	21
4.6.2 Análise de turbidez e sólidos totais dissolvidos.....	22
4.7 Análises estatísticas.....	23
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
5.1 Aspectos pluviométricos e limnológicos do Lago do Juá.....	23
5.2 Concentrações espaciais e temporais do SST no Lago do Juá	27
5.3 Relação das concentrações se SST com a precipitação pluviométrica e demais variáveis liminológicas.....	32
6 CONCLUSÃO	34
REFERÊNCIAS	36

1 INTRODUÇÃO

O tema da poluição da água embora extremamente complexo, é talvez um dos mais estudados. A complexidade dos ecossistemas aquáticos, a profunda interação que se processa com seus elementos físicos e bióticos e as distintas formas de comportamento dos poluentes pode tornar a previsão de impacto na água, uma tarefa longa e custosa. Entretanto, as fontes de informação são numerosas e o desenvolvimento técnico dos últimos anos ajuda a resolvê-la SIQUEIRA et al., (2007).

As matas ciliares são consideradas áreas de preservação permanente amparadas pelo Código Florestal Brasileiro, Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012. Respalhada pela Lei no 12.727, de 17 de outubro de 2012 e compreendem a área localizada às margens de corpos d'água que têm por função a preservação dos recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade.

Como forma de ação de impacto aos ambientes aquáticos temos a erosão que é um fenômeno natural, em que a superfície terrestre sofre desgaste e se afeiçoa por ação de processos físicos, químicos e biológicos (Suguio, 2003). Além dos agentes naturais de intemperismo, as atividades humanas podem influenciar nas causas da erosão de forma expressiva, pelo desmatamento, abertura de estradas e modificações do regime de fluxo de água natural, como em barragens, bem como também por grandes projetos de urbanização.

Salomão (1991) classifica os processos erosivos em erosão natural e antrópica. A primeira é a somatória dos resultados da influência dos agentes naturais que atuam na remoção de materiais da crosta, destacando-se a água corrente (incluindo-se escoamento da água da chuva). A segunda é a erosão antrópica, aquela em que a desagregação dos materiais, principalmente do solo, se dá em consequência da intervenção humana no meio físico, como a exemplo por obras localizadas nas proximidades de ambientes aquáticos.

De acordo com Almeida e Junior, (2001) erosão é um processo natural inerente ao meio físico. Devido esse processo ocorrer com frequência, tornou-se um dos problemas mais sérios que a população vem sofrendo atualmente. Verificou-se

um sistema de drenagem ou pela suscetibilidade natural dos solos envolvidos nos procesos erosivos.

1.1 Justificativa

O Lago Juá no município de Santarém, estado do Pará, vem sofrendo diversos problemas de poluição, saneamento básico, habitações efetivamente irregulares nas suas margens, tráfego de pessoas, carros e motos contribuindo indiretamente com o carreamento de partículas para o lago.

Com a ocorrência das chuvas, concomitante em Santarém, o escoamento superficial das águas pluviais são intensificados, ocasionando possíveis impactos no estado natural de um corpo hídrico. É o que vem ocorrendo nas adjacências do Lago do Juá com construção de dois grandes empreendimentos, separados pela rodovia Fernando Guilhon, onde um se encontra abaixo do nível da rodovia, isto causava o acúmulo de água e lama em seu nível mais baixo. Para resolver esta situação, foram instalados dutos por baixo a rodovia, estes permitem que a água da chuva acumulada escoe do terreno, para as margens do lago, causando assoreamento, erosão, acúmulo de material particulado em suspensão e outros, por isso a necessidade de se fazer um estudo limnológico nessa área.

Recentemente o Lago do Juá do município de Santarém no Estado do Pará, vem sofrendo possíveis impactos ambientais, devido a instalação de empreendimentos nas suas proximidades, por atores que desmataram grandes áreas nas suas adjacências, para realização de obras a exemplo de urbanismo, por isso a necessidade de se fazer um estudo para verificar os principais impactos ambientais e verificar a influência da pluviosidade sobre os sedimentos em suspensão com o processo de assoreamento do lago e analisar parâmetros limnológicos como a turbidez, pois devido as grandes chuvas e a retirada da vegetação esta carreando uma grande quantidade de sedimentos para dentro do lago e outros corpos d'água.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Investigar a distribuição espacial das concentrações de sedimentos em suspensão no lago do Juá, relacionando-as com outras variáveis na área de drenagem do mesmo.

2.2 Objetivos específicos

2.2.1 Monitorar a influência da precipitação pluviométrica na área de drenagem do lago sobre as concentrações de sedimentos em suspensão na coluna d'água;

2.2.2 Monitorar as concentrações de sedimentos em suspensão em seis pontos amostrais distribuídos espacialmente no lago, incluindo os locais de entrada pelos igarapés formadores e os locais de saída para o rio Tapajós;

2.2.3 Monitorar os valores de turbidez e total de sólidos dissolvidos correlacionando-os com as cargas pluviométricas e as concentrações de sedimentos em suspensão.

3 REVISÃO DA LITERATURA

Mollinier *et al.*, (1997), Filizola, (1999) descrevem em seus trabalhos que a Bacia Amazônica, com aproximadamente 6,1 milhões Km², é a maior bacia hidrográfica do planeta. Recebendo precipitações médias anuais de 2460 mm e de dimensões continentais, a mesma está situada na zona intertropical. A descarga líquida média do rio Amazonas é estimada em 209.000 m.³s⁻¹. O aporte médio de sólidos em suspensão do Rio Amazonas ao Oceano Atlântico é estimado em cerca de 600 milhões de toneladas por ano. O rio Amazonas é acompanhado ao longo de seu curso, por extensas planícies de inundações chamadas várzeas ou igapós e seus tributários.

De acordo com Abreu, (2015); ANA, (2015), com 9,7 milhões de habitantes na bacia hidrológica amazônica, 73% vive em centros urbanos, com uma densidade populacional cerca de 10 vezes menor que a média nacional (22,4 hab./km²). Somente a partir da década de 70 começou a ocupação humana na região, com criação de gado e exploração madeireira e atividades antrópicas.

Somente na década de 30, através dos trabalhos de Fiock (1934), Grover & Howards (1938); Eakin (1939) começou a aparecer na literatura internacional, estudo referente ao assoreamento em lagos. Somente a partir de 1981, o Brasil deu maior importância a esse problema, devido aos trabalhos elaborados por Ponçano et al. (1981); Gimenez et al. (1981); Carlstron Filho et al. (1981), onde apresentaram um método de análise de assoreamento em reservatórios e lagos realizados em Capivari (PR), Passo Real e Ernestina (RS).

Suguo (2003) caracterizou o ambiente lacustre como águas relativamente tranquilas, em geral doce, embora, existam lagos com águas salgadas até hipersalinas, reafirmando a tese de Odum (2004), quando atribui a característica de águas calmas para ambientes lênticos e do BRASIL (2005), através da Resolução n°. 357 de 17 de março de 2005, que define no seu artigo 2º: “Para efeito desta Resolução são adotadas as seguintes definições: [...] IV ambiente lêntico: ambiente que se refere à água parada, com movimento lento ou estagnado; V - ambiente lótico: ambiente relativo a águas continentais moventes.”

Conforme aponta Odum (2004), os ambientes de água doce podem ser classificados em duas séries: de água parada ou lênticos (lenis, calma), nos quais se enquadram os lagos, lagoas, charcos ou pântanos, e de água corrente ou lóticos (lótus, lavado) como nascentes, ribeiros ou rios. Observando-se que os lagos se dispõem na superfície terrestre como corpos lênticos.

Segundo Obsen & Leôn (1997), a vegetação aquática e os rios emissários além dos afluentes condicionam um gradativo desaparecimento dos lagos: os afluentes tendem a assorear seu fundo com sedimentos, o que, com o tempo, provoca a perda de profundidade; os rios emissários escavam fendas profundas nas margens da bacia, tornando o deságue cada vez mais rápido; e a vegetação aquática em lagos poucos profundos favorece a formação de pântanos nas margens o que eleva à gradual dessecação. Já Esteves (1998), afirma que existem vários fenômenos relacionados ao desaparecimento dos lagos dentre os quais cita o próprio metabolismo, como por exemplo, o acúmulo de matéria orgânica e a deposição de sedimentos transportados por afluentes.

Para Carvalho et al., (2000) a dinâmica hidrológica pode ser afetada se as florestas ao longo do curso d'água sofrerem algum tipo de interferência devido a produção de sedimentos originado do escoamento pluviais e erosão.

O assoreamento é o principal problema que afeta os lagos implicando na diminuição do volume de água, tendo como causa principal a água da chuva que transportam sedimentos em suspensão ou diluição e que são retidos através da sedimentação/decantação e pelo atrito com a superfície de fundo. Esses sedimentos são originados do solo exposto devido à retirada da vegetação e esgotamento do mesmo pelo uso inadequado Cabral, (2005).

Os sedimentos não são somente um dos maiores poluentes da água, mas também servem como carreadores e agentes fixadores para outros agentes poluidores. O sedimento sozinho degrada a qualidade da água para consumo humano, para recreação, para o consumo industrial, infraestruturas hidroelétricas e vida aquática. Adicionalmente, produtos químicos e lixo são assimilados sobre e dentro das partículas de sedimento. Trocas iônicas podem ocorrer entre o soluto e o sedimento.

De acordo com Carvalho (2000) vários fatores influenciam no transporte dos sedimentos:

- quantidade e intensidade das chuvas;
- tipo de solo e formação geológica;
- cobertura e uso do solo;
- topografia;
- erosão das terras;
- escoamento superficial;
- característica dos sedimentos; e
- as condições morfológicas do canal.

Carvalho (2008), afirma que os principais agentes externos dessa dinâmica são: a água, o vento, a gravidade e a ação humana, que podem atuar isoladamente ou em conjunto. A erosão, deslocamento de partículas por enxurradas ou outros meios até os corpos d'água, são os principais processos responsáveis pela sedimentação.

Dessa forma as partículas de sedimento agem como um potencializador dos problemas causados por pesticidas, agentes químicos decorrentes do lixo, resíduos tóxicos, nutrientes, bactérias patogênicas, vírus, etc. Os problemas causados pela deposição de sedimentos são vários. No entanto, o sedimento é vital no que tange à conservação, desenvolvimento e utilização do solo e dos recursos hídricos. Com a rápida expansão da população, com a conseqüente demanda por infraestrutura, alimento e produtos derivados do solo e da água, a simples exploração deve ser repensada. O gerenciamento integrado do sistema solo/água deve ser enfatizado Carvalho et al, (2000).

O poluente mais importante e significativo é o sedimento, devido sua concentração na água, seus transportes de outros poluentes e seus impactos no uso da água, Tucci (1997) ainda comenta que o uso do solo na bacia e o controle das fontes de poluição está relacionada com a qualidade da água de mananciais.

De acordo com Fonseca, (1999) o que mais contribui para a aceleração dos processos erosivos, que ocorre no Brasil e em outros países são oriundo de processos antrópicos como: assoreamento de corpos d'água, retirada da cobertura vegetal e não de eventos geológicos.

Sedimentação é um processo derivado do sedimento, erosão, transporte nos cursos d'água e deposição dos sedimentos, com o objetivo de determinar a vida útil

dos corpos hídricos, pois no estudo do processo de assoreamento tende – se a prever ao longo dos anos a evolução do fenômeno Carvalho (2000).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área de estudo

O Lago do Juá está localizado a margem direita do Rio Tapajós a 9 Km do centro da cidade de Santarém no Estado do Pará, na região do Baixo Amazonas conforme (Figura 1). O lago ainda é um bem natural que existe no município que concentra varias espécies de animais silvestres, peixes, aves e vegetais. É um lugar onde os pescadores da cidade e de comunidades próximas praticam as suas atividades pesqueiras. O lago do Juá por ser um local próximo ao centro da cidade e com uma belíssima paisagem cênica e rica em varias espécies de peixes vem sofrendo muitas ameaças de invasão, desmatamento, queimadas, pesca predatória e outros.



Figura 01- Mapa com a localização do lago do Juá

Fonte: Google Earth

4.2 Pontos de coleta e frequência de amostragem

As coletas foram realizadas considerando um período de 12 meses ou ciclo anual, com início em abril de 2015 e término em março de 2016, englobando os meses do período chuvoso e de estiagem da região. A amostragem abrangeu seis pontos na área do lago (Figura 2), com frequência mensal, totalizando um universo amostral de 72 amostras. Os pontos de amostragem no lago os seguintes: i) igarapé impactado; ii). margem impactada, iii) centro do lago, iv) galeria pluvial do aeroporto, v) margem oposta e vi) canal lago/rio Tapajós.



Figura 2: Lago do Juá, no período de vazante (Julho de 2015) e pontos de coleta predeterminados no estudo (Fonte: google earth).

Tabela 1: Pontos de coleta, descrição e coordenadas.

Pontos	Descrição	Coordenadas
Ponto 1	Igarapé impactado	54W46'36"/ 2S26'12"
Ponto 2	Margem impactada	54W46'23"/ 2S26'06"
Ponto 3	Centro do lago	54W46'34"/ 2S26'01"
Ponto 4	Galeria pluvial do aeroporto	54W46'43"/ 2S25'56"
Ponto 5	Margem oposta	55W46'38"/ 2S25'50"
Ponto 6	Canal lago/rio tapajós	54W46'22"/ 2S25'56"

Todos os dados foram devidamente registrados em diário de campo e posteriormente arquivados em planilha Microsoft Excel para posterior tratamento e análise estatística.

4.3 Métodos de coleta e procedimentos analíticos

As amostras foram coletadas a bordo de uma embarcação com o auxílio de um sistema de guincho para imersão e emersão do amostrador de sedimento de

saca modelo AMS-08 (Figura 3), para amostragem pelo processo de integração vertical, com recipiente de alumínio (cabeça) e aço carbono (corpo), pesando 14,5 kg, recipiente de polipropileno para amostragem integrada na vertical com capacidade de 8 litros, acompanhado de um jogo de bicos em metal cromado com diâmetros de 1/8", 3/16" e 1/4", lastro de 20 kg acoplado ao corpo do amostrador, 04 recipientes de polipropileno extras para amostragem e leme hidrodinâmico, com haste para suspensão do lastro.

O equipamento foi submergido na coluna d'água com velocidade de afundamento constante controlada por um sistema de guincho, recolhendo amostras em todo o perfil da coluna d'água em seguida as amostras foram armazenadas em garrafas de polietileno de um litro de capacidade.



Fonte direta, 2015

Figura 3 – Embarcação com sistema de guincho para imersão e emersão do amostrador de sedimento de saca (AMS-08) utilizado para coleta de sedimentos em suspensão.

4.4 Parâmetros Limnológicos

Sete parâmetros foram analisados: condutividade elétrica ($\mu\text{S/cm}$), pH, , sólidos totais dissolvidos (mg.L), turbidez (UNT), temperatura da água ($^{\circ}\text{C}$), transparência ao disco de Secchi (m) e profundidade (m).

Em todos os pontos de coletas foram tomadas medições *in loco*, a condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos – STD e pH foram medidos com equipamento multiparâmetros, a temperatura foi determinada pelo oxímetro portátil e a turbidez foi utilizado um turbidímetro.

A transparência da água foi determinada através da profundidade de desaparecimento do disco de *Secchi*. Para a coleta de água em todos os pontos foi utilizado a garrafa de Van Dorn, operada por meio de um mensageiro, peça metálica pesada que corre ao longo da corda que sustenta o aparelho para desarmar o mecanismo de trava das tampas.

4.5 Precipitação pluviométrica

Para análise climatológica foram utilizados dados de precipitação acumulada, cedido pelo Instituto Nacional de Meteorologia-INMET, das estações pluviométricas de Monte Alegre e Santarém. A escolha da estação Monte Alegre deu-se pelo fato de sua altitude 145,85 ser a mais próxima da altitude da estação de Santarém 137m conferindo informações mais precisas a cerca dos dados de pluviosidade (a estação Santarém iniciou sua operação somente em setembro de 2015).

4.6 Métodos de laboratório

4.6.1 Análise do material particulado em suspensão

As amostras de água foram filtradas em duplicata no laboratório conforme recomenda STANDARD METHODS (APHA, 2012); PENA Z. C. A.(2016), sendo calculado por gravimetria utilizando o sistema de filtragem com bomba a vácuo, onde as amostras deverão passar por filtros de membrana de fibra de vidro com poro de 0,45 µm, previamente pesados. Após a secagem dos filtros em estufa a 40°C até que estes obtenham o peso constante, utilizando uma fórmula para o cálculo do valor final.

As concentrações do material em suspensão na água foram determinada de acordo com o método gravimétrico descrito por Meade (1985). As amostras de água foram passadas em filtros GFC e pesados em balança analítica. Os filtros foram secos em estufas (Figura 04) a 60 °C por 24 h, obtendo-se o segundo peso. Por diferença de pesagem, obtém-se a concentração de sedimentos em suspensão.

As concentrações de sedimentos em suspensão foram determinadas por intermédio da equação:

Onde:

$$CSS = (P2 - P1) * 1000 / V$$

C.S.S. = Concentração de sedimentos em suspensão (mg.L-1);

P1 = peso inicial do filtro (g);

P2 = peso do filtro com material coletado após secagem em estufa (g);

V = volume de água utilizado para filtração (l);

1000 = fator conversão para miligramas.

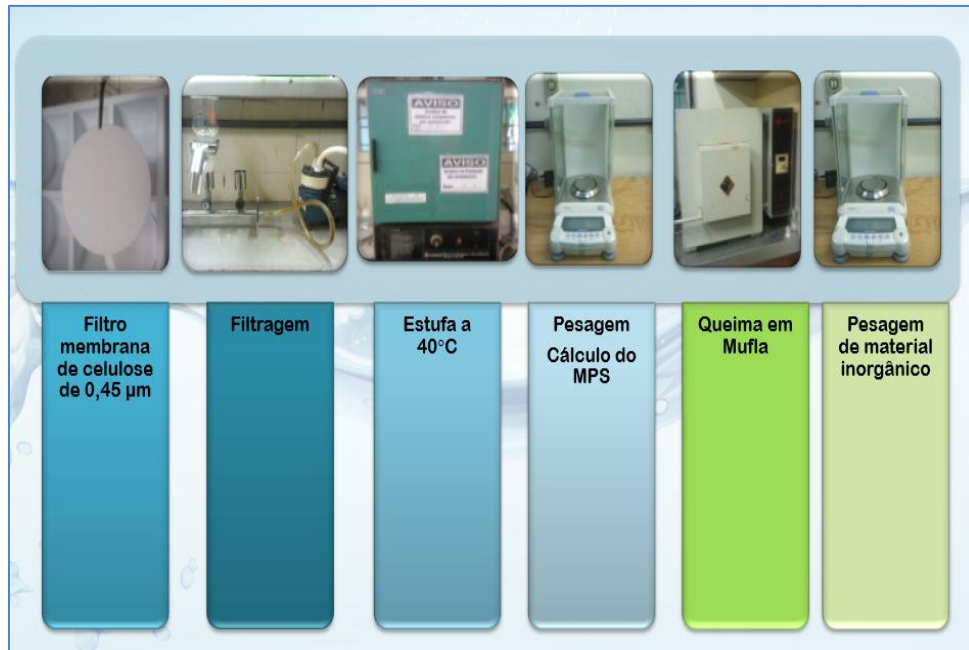


Figura 04 – Equipamentos e etapas da análise de sólidos suspensos totais.

4.6.2 Análise de turbidez e sólidos totais dissolvidos

Para a análise de turbidez as amostras de água são colocadas em cubetas e lidas no equipamento, turbidímetro expressas em unidades nefelométricas de turbidez (UNT).



Figura 5 – Turbidímetro utilizado nas análises de turbidez.

Os sólidos totais dissolvidos (STD) foram determinados pelo método potenciométrico com o auxílio de um condutivímetro, sendo os resultados expressos em mg/L.

4.7 Análises estatísticas

Para análise dos resultados foram utilizadas as seguintes técnicas estatísticas: Estatística descritiva básica a qual proporcionou faixa de variação dos valores mínimos, máximos e médios e desvio padrão das variáveis considerando a distribuição espacial dos pontos no lago e entre os meses estudados; análise de variância (ANOVA) para testar a diferença possíveis variações entre os valores médios de SST e das variáveis limnológicas entre os pontos do lago e meses estudados; análise de regressão linear simples para testar a associação dos valores de precipitação sobre as concentrações de SST e destes com as variáveis limnológicas, com estes resultados gerou-se uma matriz de correlações. Realizou-se todos os testes estatísticos através do programa STATISTICA 7.0

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Aspectos pluviométricos e limnológicos do Lago do Juá

A precipitação acumulada para o período foi de 1.705 mm, com um máximo de precipitação de 428 mm no mês de Abril de 2015 e zero mm no mês de Novembro do mesmo ano, com precipitação mensal média calculada de 142 mm.

O panorama dos resultados para os parâmetros limnológicos e sólidos suspensos totais (SST) com seus valores absolutos por ponto e meses de coleta e respectivas médias estão apresentados Tabela 2.

Os valores de transparência da água ao disco de Secchi do lago do Juá variaram desde relativamente baixos como no mês de Novembro (ponto P5, margem oposta) de 2015, com 0,30cm de visibilidade à até 2,68 m no mês de Agosto do mesmo ano no ponto P6, (canal lago/rio Tapajós), com média, independente de ponto e mês de 1,33 m. Sioli (1985) reportou valores de transparência para águas do rio Tapajós indo de 1,1 a 4,4m.

Do ponto de vista óptico, a transparência da água pode ser considerada o oposto da turbidez (WETZEL, 2001). A turbidez média para o lago do Juá, independente de ponto de coleta e mês foi de 12,6 UNT, com valores mínimo (2,3 UNT) registrados no ponto P5 em Agosto de 2015 e máximo de (56 UNT) no mesmo ponto em Novembro do mesmo ano respectivamente.

O valor médio de turbidez registrado no lago do Juá no presente, esteve levemente superior a aqueles reportados para a calha do rio Tapajós por Abdo *et al.* (1997) e Bacelar (2014), respectivamente 6,5 e 3UNT, tal condição do lago Juá pode está relacionada às atividades antrópicas recentes que suas margens veem sendo submetidas. Os lagos são influenciados pela a ação direta dos ventos que na época de águas baixas é um importante indicador no aumento da turbidez (BARBOSA, 2005).

A condutividade elétrica da água pode fornecer indícios do tipo de influência antrópica ao qual a área de drenagem do ambiente aquático está submetida (Esteves, 2011). Assim, no presente trabalho, a condutividade média do lago do Juá foi de $14,7 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, com mínima de $9,25 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ no mês de Fevereiro de 2016 no ponto 6 e máxima de $34,7 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ no ponto P4 em Setembro de 2015. Este valor máximo supera o nível esperado para regiões destas características geoquímicas da Amazônia Central, o qual é de 5 a $10\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$.

Bacelar (2014) reportou valor médio de condutividade para a calha do rio Tapajós entre os municípios de Jacareacanga e Santarém na ordem de $16,20 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, com valor mínimo de $12,03 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ nas proximidades da vila Penedo e máxima de $29,57 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ na região de São Luis do Tapajós.

O pH das águas do lago Juá apresentou valor médio na faixa ácida de 4,7, com valor mínimo de 3,8 no ponto 2 (margem impactada impactado) no mês de Fevereiro de 2016, a um valor máximo levemente alcalino de 7,49 no ponto 1 (igarapé impactada) no mês de Março de 2015.

Esteves (2011) atribui resultados semelhantes de pH aos tipos de solos em que certos lagos amazônicos estão localizados bem como devido à grande quantidade de matéria orgânica presente no ambiente, que se decompõe e formam ácidos orgânicos. Conforme o referido autor, corpos d'água continentais comumente apresentem valores na faixa de 6 a 8,5.

Ao se testar possíveis variações dos valores dos parâmetros limnológicos espacialmente entre os seis pontos do lago estudados, os parâmetros pH ($F_{5, 54} = 3,5573$, $p = 0,00748$) e sólidos totais dissolvidos ($F_{5, 54} = 2,7697$, $p = 0,02678$) apresentaram diferenças significativas, com valores médios mais elevados nos pontos referentes ao igarapé impactado (P1) e a margem impactada (P2) por onde chega o escoamento superficial associado aos empreendimentos imobiliários de urbanização (Figura 6).

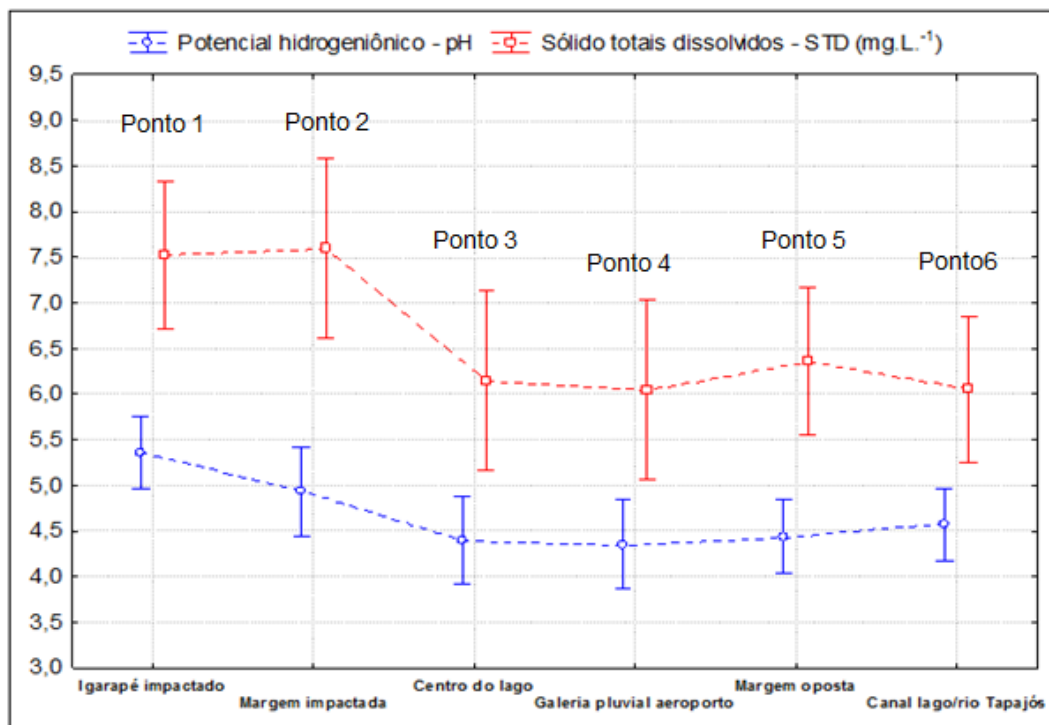


Figura 6: Valores médios de pH e de sólidos totais dissolvidos nos diferentes pontos de coleta no lago Juá.

Tabela 2: Valores absolutos de SST, variáveis liminológicas, precipitação e respectivas médias.

Mês	Ponto	SST (mg.L ⁻¹)	CE. (µS.cm ⁻¹)	pH	T. Secchi (m)	STD (mg.L ⁻¹)	Turb. (UNT)	Temp (°C)	Prof. (m)
Abril	P1	8,67	16,49	6,07	1,03	8,08	11,3	30	5,95
Maio	P1	2,67	13,45	6,17	1,53	6,86	4,9	29	6,55
Junho	P1	2	33,6	5,63	1,67	16,7	4,5	28,7	6,22
Julho	P1	1,8	22,3	5,54	1,99	9,58	4,25	29	6,22
Agosto	P1	1,2	14,54	5,43	2,56	7,11	2,73	29,9	5,5
Setembro	P1	11,2	20,2	4,67	1,18	7,22	14,3	28	3,53
Outubro	P1	13,6	17,68	4,56	0,6	8,88	18,5	26,9	0,6
Novembro	P1	1,6	18,15	4,16	0,56	8,468	9,12	26,2	0,56
Dezembro	P1	7,2	11,96	5,26	0,61	5,997	11,8	26,9	0,61
Janeiro	P1	5,2	14,42	7,13	1,73	7,229	10,6	26	1,4
Fevereiro	P1	5	13,16	4,53	1,05	6,52	12	26,5	1,78
Março	P1	4,6	13,79	7,49	1,19	6,85	13,33	27,4	2,89
Média		5,40	17,48	5,55	1,31	8,29	9,78	27,88	3,48
Abril	P2	7,56	13,28	5,7	0,9	6,45	10,3	30,1	6,25
Maio	P2	2,5	13,38	5,41	1,54	6,72	9,6	29,1	7
Junho	P2	5,2	16,53	4,06	1,5	8,22	14,1	28,8	6,54
Julho	P2	6,2	15,95	4,8	1,95	7,65	13	29,6	6,37
Agosto	P2	1,4	14,3	4,37	2,37	7,34	3,48	29,5	5,74
Setembro	P2	3,6	34,7	5,78	1,08	9,64	14,2	28,5	4,6
Fevereiro	P2	5,2	11,34	3,87	0,93	5,74	20,9	27,8	2,1
Março	P2	10,8	13,66	4,73	0,62	6,68	55	27,8	3,43
Média		5,31	16,64	4,84	1,36	7,31	17,57	28,90	5,25
Junho	P3	6	13,29	4,64	1,54	6,66	12,2	28,5	6,46
Julho	P3	1	16,29	4,59	2,07	7,94	3,9	29,1	5,69
Agosto	P3	1,2	14,25	4,46	2,51	6,7	2,65	29,3	5,48
Setembro	P3	7,6	10,15	4,09	0,99	5,02	13,6	28,4	3,52
Fevereiro	P3	3,8	10,15	4,06	1,34	5,22	6,23	27,9	1,63
Março	P3	2,6	11,55	5,21	1,37	5,53	10,12	27,6	2,93
Média		3,60	12,69	4,49	1,58	6,23	7,51	28,54	4,58
Abril	P4	4,57	15,15	4,4	0,97	7,77	9,63	30,6	5,7
Maio	P4	3	13,43	4,15	1,21	6,7	3,5	29,2	6,49
Junho	P4	3	13,99	4,69	1,5	7,01	3,8	27,8	6,06
Julho	P4	2	14,75	4,95	2,25	7,36	4,17	29,1	5,67
Agosto	P4	1,4	13,66	4,34	2,38	6,8	2,67	29,4	5,21
Setembro	P4	128	34,7	3,97	1,08	5,04	13,5	28,5	3,52
Fevereiro	P4	4,4	10,13	4,15	1,34	5,19	6,85	28,2	1,59
Março	P4	2,4	12,4	4,92	1,24	6,16	13,23	28,2	3
Média		18,60	16,03	4,45	1,50	6,50	7,17	28,88	4,66

... continuação da tabela 2

Mês	Ponto	SST (mg.L ⁻¹)	CE. (µS.cm ⁻¹)	pH	T. Secchi (m)	STD (mg.L ⁻¹)	Turb. (UNT)	Temp (°C)	Prof. (m)
Abril	P5	0,57	13,17	4,41	0,93	6,57	10,3	30,3	6,68
Maio	P5	3,5	13,85	4,24	1,23	6,93	5,5	29,1	7,3
Junho	P5	2,8	14,02	4,12	1,54	6,99	4,7	28,3	6,92
Julho	P5	2	18,22	5,24	2,33	8,54	5,31	29	6,44
Agosto	P5	1,2	13,45	4,39	2,25	6,79	2,33	29,4	6,08
Setembro	P5	6	9,76	4,14	0,95	4,85	14,4	28,5	4,24
Outubro	P5	24	12,38	4,21	0,4	6,2	39,7	29,6	1
Novembro	P5	28,3	9,498	4,18	0,3	4,361	56	28,5	0,88
Dezembro	P5	14,6	20,32	6,07	0,33	10,18	31,3	28,8	0,91
Janeiro	P5	4,6	11,3	4,72	1,99	5,652	11,7	28,3	1,99
Fevereiro	P5	5	9,84	4,18	1,16	4,94	8,98	28,4	2,31
Março	P5	3	12,09	4,07	1,32	5,92	11,7	28,2	3,69
Média		7,96	13,16	4,50	1,23	6,49	16,83	28,87	4,04
Abril	P6	3,2	16,03	5,33	0,89	7,97	16,7	30	6,95
Maio	P6	3,33	13,79	4,62	1,28	6,9	6,2	29,1	6,9
Junho	P6	3,6	14,26	4,86	1,62	7,15	6,7	28,7	6,71
Julho	P6	1,2	15,67	4,59	2,06	7,5	3,54	29,2	3,76
Agosto	P6	1,2	16,31	4,5	2,68	7,91	3,63	29,9	4,83
Setembro	P6	8,4	10,32	4,35	0,98	4,49	20,6	28,4	4,32
Outubro	P6	15,2	13,72	4,38	0,51	6,88	31,5	27,1	0,63
Novembro	P6	9,2	12,13	4,14	0,7	5,638	17,2	26,6	0,7
Dezembro	P6	12	10,36	4,22	0,61	5,216	23,4	27,3	0,88
Janeiro	P6	3,2	11,55	5,91	1,81	5,744	13	27,6	1,81
Fevereiro	P6	5,4	9,25	3,99	0,97	4,7	11	28	2,57
Março	P6	5,2	11,57	4,49	0,78	5,72	23	28,8	3,93
Média		5,93	12,91	4,62	1,24	6,32	14,71	28,39	3,67
Média geral para o lago:		7,80	14,82	4,74	1,37	6,86	12,26	28,58	4,28

5.2 Concentrações espaciais e temporais do SST no Lago do Juá

A concentração média de sólidos suspensos totais, independente de mês de coleta foi 7,54 mg.L⁻¹, registrou-se valor mínimo de 0,57 mg.L⁻¹ no mês de Abril (P5, margem oposta) e máximo de 128 mg.L⁻¹ no mês de Setembro no ponto da galeria

pluvial do aeroporto. Na Figura abaixo podemos observar o Lago do Juá com seus pontos amostrais e suas respectivas médias de SST.

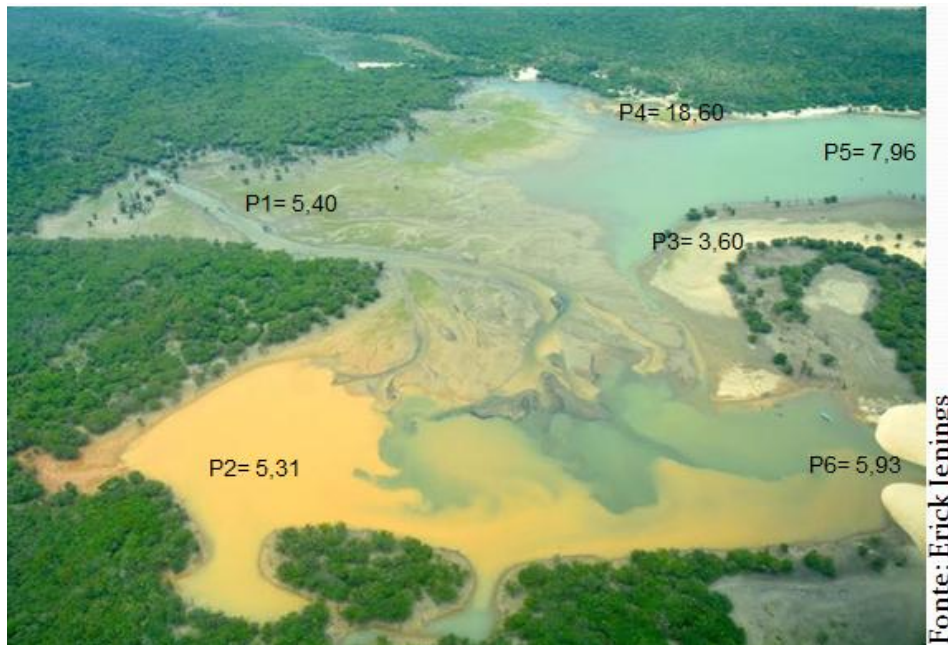


Figura 7: Lago do Juá com seus respectivos pontos amostrais e suas medias de SST.

As concentrações volumétricas médias de SST não variaram significativamente entre os seis pontos de coleta ($F_{5, 54} = 0,87320$, $p = 0,50527$). A menor ($3,7 \text{ mg.L}^{-1}$) e maior ($18,6 \text{ mg.L}^{-1}$) concentração média ocorreram no centro do lago (P3) e na galeria de águas pluviais do aeroporto (P4), respectivamente. A Figura 8 evidencia as concentrações médias de SST entre os pontos de coleta, independente dos meses estudados.

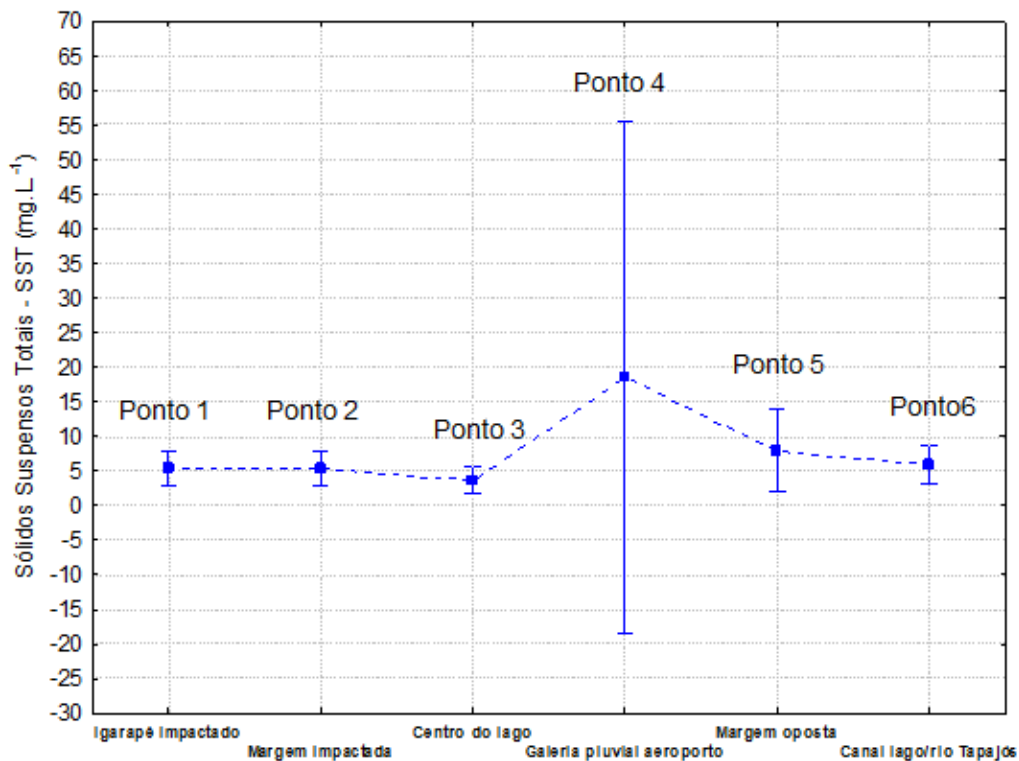


Figura 8: Distribuição espacial das concentrações volumétricas médias de SST (mg.L⁻¹) no lago do Juá.

Como mostra a Figura 8, não se observou diferença significativa das concentrações de sedimentos em suspensão entre os pontos monitorados, o que remete a interpretação de que as cargas de SST carregadas para o interior do lago via escoamento superficial difuso e via canalizada pelo igarapé se dispersam em uma pluma homogênea horizontalmente na coluna d'água do mesmo, todavia a dispersão do sedimento do leito do lago pode ser diferente.

Ressaltamos que por conta da seca extrema os pontos 2, 3 e 4 não foram amostrados durante os meses de Outubro de 2015 a Janeiro de 2016 em Fevereiro e Março as águas começaram a encher, e foi retomado as coletas das amostragens de todos os pontos no lago, onde foi observado que os valores de turbidez voltaram a apresentar valores mais elevados chegando à 56 UNT, especialmente no ponto 5.

As intensas precipitações pluviométricas sobre as áreas degradadas nas proximidades do lago Juá formam voçorocas, conforme já reportado por Abreu (2015). E, segundo Pena (2016) o escoamento superficial gerado pela precipitação

carreia material particulado para o lago, com uma parcela deste material permanecendo depositada no leito do lago. No presente estudo e, conforme evidencia a Figura anterior, infere-se que este sedimento está colmatando significativamente no ponto que desemboca a galeria pluvial do aeroporto, sendo o restante exportado para o rio Tapajós através do canal de ligação do lago com o referido rio.

Coelho (1993) reportou para o lago do reservatório de Cachoeira Dourada em Americana, estado de São Paulo, valores de SST muito superiores ao encontrado no presente estudo, relatando que o processo de deposição de sedimentos estava relacionado com a variação do nível do reservatório e pelo alagamento das áreas adjacentes.

Temporalmente também não se observou diferenças significativas das concentrações médias de SST entre os meses de coleta ($F_{11, 48} = 1,2276$, $p = 0,29538$). A Figura 9 evidencia as concentrações médias de SST ao longo dos meses, independente de ponto de coleta. Apesar das concentrações médias entre os meses não se diferenciarem estatisticamente, o mês de Setembro foi que apresentou a maior concentração volumétrica média de SST, com $27,5 \text{ mg.L}^{-1}$.

As concentrações elevadas no mês de Setembro possivelmente estão relacionadas à progressiva redução da coluna d'água, somando-se à ação do vento sobre o lago, revolvendo material sedimentado.

Costa *et al.* (2013), encontraram na água do canal do rio Tapajós, área próxima à Santarém, valores médios de SST oscilando de $1,6 \text{ mg.L}^{-1}$ (estiagem) à $4,1 \text{ mg.L}^{-1}$ (período chuvoso) atribuindo esse aumento das cargas, aos eventos de chuvas somados a entrada de sedimentos das planícies aluviais nas águas altas.

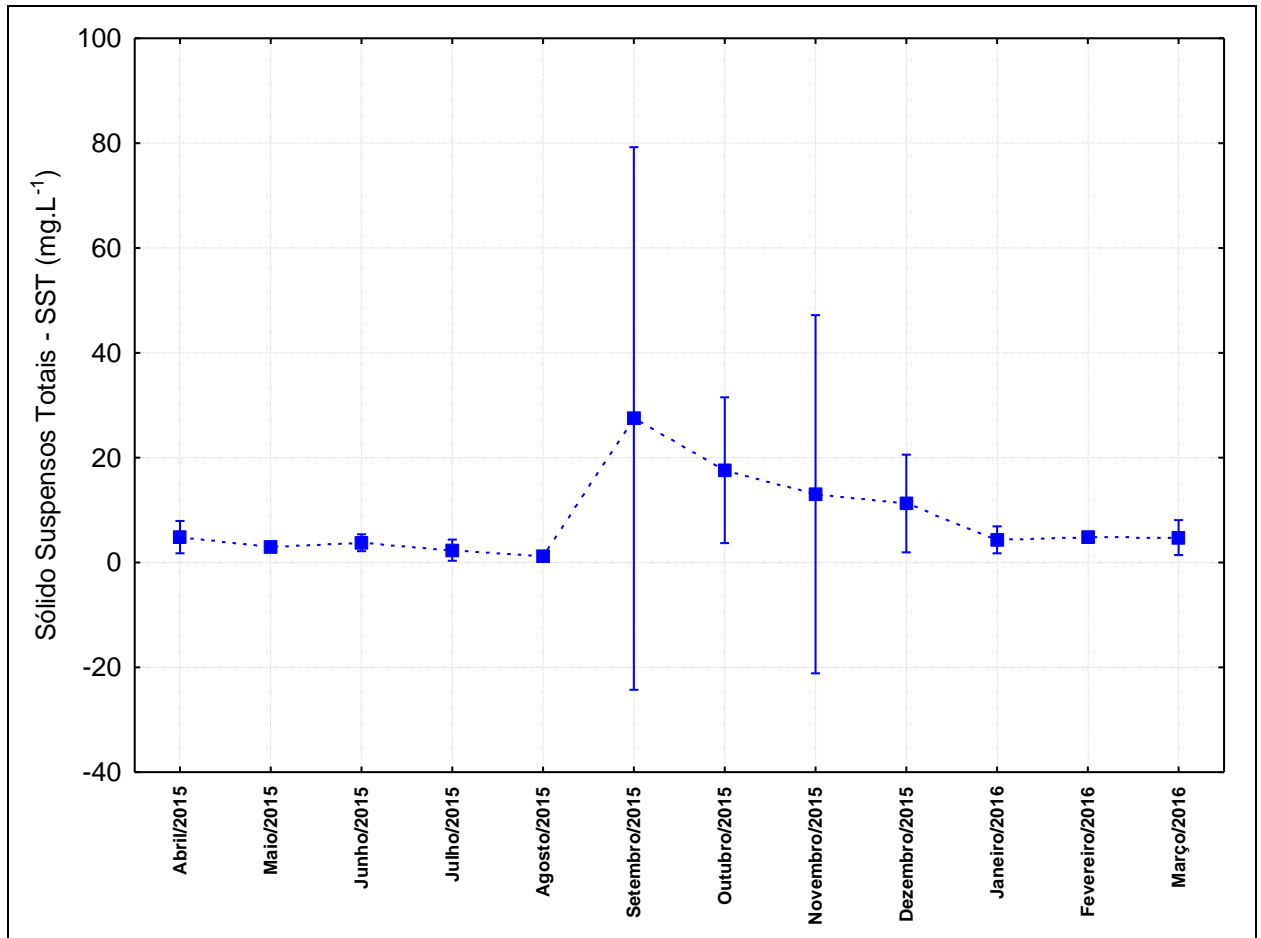


Figura 9: Concentrações médias de SST (mg.L⁻¹) por mês de coleta, independente de ponto de amostragem.

Para Pena (2016), a dinâmica de sedimentos no lago Juá provavelmente tem sido influenciada por forças direcionais como vento e a vazão do lago para o rio e aquecimento atmosférico, sendo que estes são controlados pelo regime sazonal, morfometria e também pelo relevo no entorno do lago como já observado em outros lagos tropicais por Weyhenmeyer *et al.* (1997).

Moreira - Turcq *et al.*, (2004); Amorim, (2006); Maurice-Bourgoin *et al.* (2007), afirmam que no período de enchente o lago perde sua força com a chegada da águas, o que reduz também sua hidrodinâmica e favorece a precipitação do material fino transportado em suspensão no período de vazante.

5.3 Relação das concentrações se SST com a precipitação pluviométrica e demais variáveis liminológicas

As taxas de precipitação acumuladas para os últimos trinta dias que antecederam as coletas de cada mês não foram suficientes para desencadear diferenças significativas entre aqueles ($F_{5, 48} = 2,0408$, $p = 0,08959$). Ao se agrupar os meses por períodos de chuva e estiagem, observou-se uma leve tendência a valores de SST mais concentrados no período de estiagem, com destaque para o ponto 4 do lago referente à galeria pluvial do aeroporto de Santarém, com $43,8 \text{ mg.L}^{-1}$ (Figura 10).

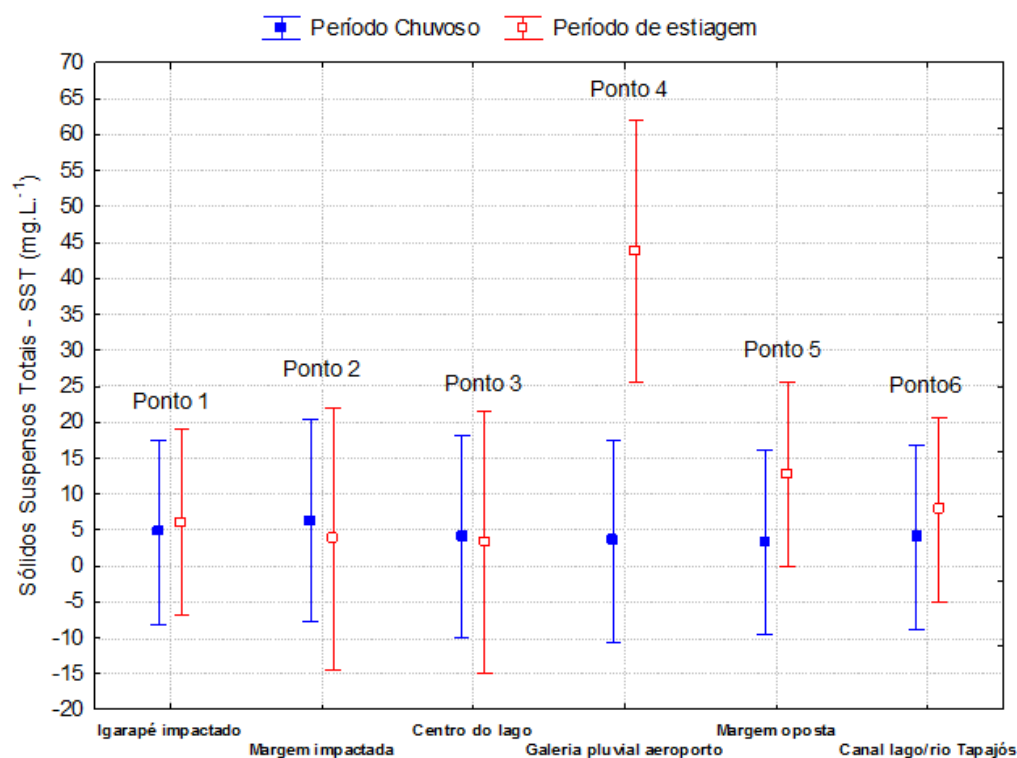


Figura 10: Valores médios de SST (mg.L^{-1}) por ponto de coleta no lago e por período chuvoso e de estiagem.

As concentrações de SST não se correlacionaram significativamente com a precipitação acumulada para os últimos 30 dias que antecederam cada coleta, mas se correlacionaram positivamente com condutividade elétrica ($r = 0,43$, $p < 0,5$) e turbidez ($r = 0,27$, $p < 0,5$) e negativamente com a transparência ao disco de Secchi ($r = -0,25$, $p < 0,5$). As taxas de precipitação se correlacionaram apenas com a

temperatura ($r = 0,43$, $p < 0,5$) e profundidade ($r = 0,43$, $p < 0,5$) do lago e, de forma positiva. A tabela 4 evidencia também demais correlações entre as variáveis limnológicas, sendo a transparência ao disco de Secchi a que se correlacionou com o maior número de variáveis (sólidos totais dissolvidos, turbidez, temperatura e profundidade).

TABELA 3 - Matriz de correlação (Pearson) entre a concentração média de SST, precipitação (mm) e demais variáveis limnológicas do lago Juá. Os valores em destaque significam coeficiente de Pearson significativos a nível de $\alpha < 0,05$.

	SST (mg.L. ⁻¹)	CE (μ S.cm ¹)	pH	T. Secchi (m)	STD (mg.L. ⁻¹)	Turb. (UNT)	Temp. (⁰ C)	Prof. (m)	Precip. (mm)
SST (mg.L. ⁻¹)	1,00								
CE (μ S.cm ¹)	0,43	1,00							
pH	-0,14	0,19	1,00						
Secchi (m)	-0,25	0,12	0,13	1,00					
STD (mg.L. ⁻¹)	-0,19	0,52	0,42	0,30	1,00				
Turb. (UNT)	0,27	-0,12	0,00	-0,66	-0,17	1,00			
Temp. (⁰ C)	-0,07	0,09	-0,10	0,34	-0,00	-0,22	1,00		
Prof. (m)	-0,21	0,19	-0,03	0,48	0,20	-0,51	0,71	1,00	
Precip. (mm)	-0,22	-0,13	0,14	-0,11	-0,16	-0,10	0,36	0,49	1,00

SST= sólidos suspensos totais; CE= condutividade elétrica; pH= potencial hidrogeniônico; T. Secchi= transparência do disco de Secchi; STD= sólidos totais dissolvidos; Turb=turbidez; Temp= temperatura; Prof= profundidade e Precip= precipitação.

Wetzel (2001) relata que a turbidez na água é devida principalmente à presença de matéria inorgânica em suspensão, como os sedimentos. E concentrações elevadas de sólidos suspensos são danosas aos peixes, impedem e reduzem excessivamente a passagem de luz, desequilibrando assim a cadeia trófica. Bukata et al., (1995) *apud* Alcântara (2007) comenta que as modificações

nos ciclos biodinâmicos, interferência na velocidade e intensidade da ação fotossintética, podem ser consequências da elevação de sedimentos em suspensão.

Uma pesquisa realizada por Mol & Ouboter (2004) relacionada à erosão por mineração em comunidades de peixes de pequenos igarapés em Suriname, concluíram que devido o aumento da turbidez resultante do aumento das cargas de sedimento em suspensão reduziram-se a diversidade de habitats dos igarapés.

Carvalho (2008) afirma que a expansão de áreas antropizadas elevam o carreamento de sedimentos para ambientes aquáticos e podem resultar em eventos decisivos para a cadeia trófica de lagos e rios.

As elevadas taxas de sólidos em suspensão impedem a penetração de radiação solar na coluna d'água, interferindo no processo de fotossíntese e reduzindo assim a produção primária do lago. Por outro lado, a presença de material particulado na superfície dos corpos d'água pode provocar seu aquecimento prejudicando o desenvolvimento de ovos e larvas de micro e macroinvertebrados, além de modificar movimentos migratórios enfraquecendo a disponibilidade de recursos pesqueiro (Carvalho, 2008).

6 CONCLUSÃO

As concentrações volumétricas médias de SST não variaram significativamente entre os seis pontos amostrais de coleta no lago Juá. As menores e maiores concentrações médias ocorreram no centro do lago e na galeria de águas pluviais do aeroporto, respectivamente.

Infere-se que as cargas de SST carreadas para o interior do lago Juá via escoamento superficial difuso e via canalizada pelo igarapé se dispersam em uma pluma homogênea horizontalmente na coluna d'água do mesmo, todavia a dispersão do sedimento do leito do lago pode ser diferente.

Temporalmente também não se observou diferenças significativas das concentrações médias de SST entre os meses de coleta, mesmo assim, o mês de

setembro se destacou com a maior concentração volumétrica de SST. As concentrações elevadas no mês de setembro possivelmente estão relacionadas à progressiva redução da coluna d'água, somando-se à ação do vento sobre o lago, revolvendo material sedimentado.

Valores de SST tenderam a ser mais concentrados no período de estiagem, com destaque para o ponto do lago referente à galeria pluvial do aeroporto de Santarém.

As concentrações de SST não se correlacionaram com a precipitação acumulada para os últimos 30 dias que antecederam cada coleta, mas se correlacionaram positivamente com condutividade elétrica e turbidez e negativamente com a transparência ao disco de Secchi. As taxas de precipitação se correlacionaram apenas com a temperatura e profundidade do lago e, de forma positiva.

REFERÊNCIAS

ABREU, J. R. P.; 2015. Gestão Ambiental Aplicada ao Urbanismo: Estudo de caso: Expansão Urbana no Município de Santarém – Pará – Brasil. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Pará. Instituto de Tecnologia. Mestrado em Processos Construtivos e Saneamento Urbano. Belém, Pará.

ALMEIDA FILHO, Gerson S. e RIDENTE JÚNIOR, José Luiz. Diagnóstico, Prognóstico e Controle de Erosão: Noções básicas para controle e prevenção de erosão em área urbana e rural. Goiânia: Apostila de Mini-curso ministrado no VII Simpósio Nacional de Controle de Erosão. 70 p. 2001.

AMORIM M. A., MOREIRA-TURCQ P. F., TURCQ B. J., CORDEIRO R. C., *Origem e dinâmica da deposição dos sedimentos superficiais na Várzea do Lago Grande de Curuai, Pará, Brasil*, Revista Acta – Amazônia vol. 39(1) 2009: 165 - 172

BACELAR, R. J., *Avaliação espacial longitudinal dos níveis de mercúrio total em sedimentos do rio tapajós, Pará, Brasil*. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Oeste do Pará. Instituto de Ciência e Tecnologia das Águas. Mestrado em Recursos Aquáticos Continentais Amazônicos. Santarém, Pará.

CARVALHO, N. O. et al. GUIA DE PRÁTICAS SEDIMENTOMÉTRICAS. Aneel – Agência Nacional de Energia Elétrica / SIH – Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas. Brasília, DF – 2000. Pag. 8.

CABRAL J. B. P., Fernandes L. A., Becegato V. A., Silva S. A. *Concentração de sedimentos em suspensão: Reservatório de Cachoeira Dourada – Go/Mg*, BrasilMercator - Revista de Geografia da UFC, ano 08, número 16, 2009

CABRAL, J. B. P. *Estudo do processo de assoreamento em reservatórios*. Caminhos de Geografia 6(14) 62-69, Fev/2005. Pag. 62.

COELHO, M. P. *Análise do processo de assoreamento do reservatório de Americana – SP*. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente). Programa de Pós-Graduação em Geociências. Universidade Estadual Paulista. Campus de Rio Claro. 69p. 1993.

CARVALHO, N. O. Hidrossedimentologia prática. 2ªed., ver., atual e ampliada. -Rio de Janeiro: Interciência, p. 11 - 26, 95-323, 2008.

CORAZZA, R., *Relações entre variáveis espectrais e limnológicas no reservatório da usina hidrelétrica Dona Francisca - RS*, Santa Maria, RS, Brasil 2010. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria.

ROCHA, E. C. et al. *Avaliação de impactos ambientais nos países do Mercosul; Ambiente & Sociedade – Vol. VIII nº. 2 jul./dez. 2005.*

FRANCO, J. R. C. *Sistema lacustre vianense: Ensaio de modelos conceituais para os lagos do município de Viana - Ma*, São Luiz - Ma, 2008. 165p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Maranhão.

LEITE, M. A. *Variação espacial e temporal da taxa de sedimentação no Reservatório de Salto Grande (Americana - SP) e sua influência sobre as características limnológicas do sistema*. São Carlos, 1998. 170p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

MEADE, R. H. *Suspended Sediment in the Amazon River and its tributaries in Brazil, during 1982-1984*. US Geological Survey Open File Report 85-492. US Geological Survey, 44 p., 1985.

PENA, Z.C.A. 2016. *Avaliação espacial e temporal das taxas de sedimentação do lago Juá, Santarém-Pará-Brasil*. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Oeste do Pará. Instituto de Ciência e Tecnologia das Águas. Mestrado em Recursos Aquáticos Continentais Amazônicos. Santarém, Pará.

REICHARDT, K. *Processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera*. Campinas/SP, 1986.

SILVA, S. A., *Avaliação do assoreamento do Lago do Bonsucesso. JATAÍ – GO*. Curitiba, 2007. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná.

VAREJÃO - SILVA, M. A. *Meteorologia e Climatologia*. Versão digital. Recife, Pernambuco - 2006. Pag. 409.

SIOLI, H. 1985. *Amazônia. Fundamentos de Ecologia da Maior Região de Florestas Tropicais*. Petrópolis: Editora Vozes.

SIQUEIRA, J. D. P.; et al. CURSO DE EIA/RIMA. Centro de Excelência em Meio Ambiente e Energia S/S Ltda. Curitiba/Paraná, 2007. Pag. 81.

STANDARD. Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21.ed. APHA; AWWA; WPCF. Wasghington (D.C.), 2012.

SUGUIO, K. *Geologia Sedimentar*. Editora Blucher. São Paulo. 2003.

TUCCI, C. E. M. 1997. Hidrologia – Ciência e Aplicação. Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) Edusp/ABRH, Porto Alegre.

TUNDISE, J. G.; MATSUMURA-TUNDISE, T. Limnologia. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 631p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ, Instrução Normativa do Trabalho de Conclusão de Curso– TCC, <http://www.ufopa.edu.br/arquivo/proen-cursos-portarias-ppcs/NORMASDETCCBICTA.pdf>.

VASCO, A. N.; BRITTO, F. B.; PEREIRA, A. P. S.; MÉLLO JÚNIOR, A. V. M.; GARCIA, C. A. B.; NOGUEIRA, L. C. *Avaliação espacial e temporal da qualidade da água na sub-bacia do rio Poxim, Sergipe, Brasil*. Ambiente & Agua, Taubaté, v. 6, n. 1, p. 118-130, 2011.

WEYHENMEYER, G. A.; HAKANSON, L; MEILI, M. 1997. A validated model for daily variations in the flux, origin, and distribution of settling particles within lakes. *Limnol. Oceanogr.*, 42(7):1517-1529.