



## DETERMINAÇÃO DE VARIÁVEIS FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA DO LAGO DE SERPA NO MUNICÍPIO DE ITACOATIARA/AM

PEREIRA, Alexandre Melo<sup>1\*</sup>, RAMOS, Alex Martins<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Amazonas - UFAM, Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia - ICET

<sup>2</sup> Universidade Federal do Amazonas - UFAM, Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia - ICET

Palavras Chave: Água preta, interpolação espacial, cor, turbidez.

### INTRODUÇÃO

Na Amazônia, os mananciais superficiais são conhecidos e classificados por suas propriedades físico-químicas, principalmente a cor de seus rios e lagos. Por exemplo, Sioli (1951) classificou as águas dos corpos hídricos amazônicos como brancas (Amazonas, Solimões, Purus), pretas (Negro, Jutai e Tefé) e claras (Trombetas, Tapajós e Xingu). Os rios de água branca apresentam os maiores valores de turbidez e pH em comparação com os rios de água preta (Queiroz et al., 2009; Silva et al. 2013).

O monitoramento da qualidade da água desses corpos hídricos é um instrumento importante, não apenas por questão de avaliação, mas também para a gestão dos recursos hídricos quanto aos seus usos preponderantes, garantindo a preservação da qualidade natural de suas águas.

O lago de Serpa, no município de Itacoatiara, é um legítimo representante de corpo hídrico de água preta que precisa ser monitorado. Neste lago, há diversas famílias e atividades econômicas que ocorrem em suas margens (Nunes et al., 2012). Obviamente, qualquer resíduo produzido tende a depositar-se em suas águas, justificando-se o seu monitoramento.

No entanto, a qualidade da água do lago de Serpa não é influenciada apenas por atividades antrópicas. Durante o evento do pulso de inundação anual, ou seja, a variação do nível da água entre os períodos de cheia e seca, as características físico-químicas das águas deste lago recebe a influência de um rio de água branca (rio Amazonas) e de um rio de água preta (rio Urubu). Uma questão sempre debatida é que durante a cheia, o lago de Serpa permanece conectado tanto a um rio quanto ao outro. Quais serão as características físico-químicas deste lago durante a cheia? Serão semelhantes às águas do rio Amazonas? Ou serão parecidas com as águas do rio Urubu?

Uma ferramenta que pode contribuir para a resposta a estes questionamentos é a interpolação espacial de variáveis físico-químicas, considerando o número mínimo de pontos em uma determinada área do lago. A partir destes dados, estima-se valores no interior da área selecionada para os quais se atribui uma cor de acordo com o valor estimado em ordem crescente, de modo que toda a área selecionada seja matizada, formando, uma mapa temático. Há diversas técnicas de interpolação, porém as mais conhecidas são o inverso da distância ponderada e a krigagem ordinária (Yamamoto, 2020). Na pesquisa desenvolvida neste trabalho, foi usada a técnica do inverso da distância ponderada por ser de fácil implementação e de baixo custo computacional.

Assim sendo, o objetivo deste trabalho é avaliar a qualidade da água do lago de Serpa, considerando as variáveis físico-químicas temperatura, pH, condutividade elétrica (C.E.), turbidez e cor pela aplicação da técnica de interpolação espacial bem como analisar a influência dos rios Amazonas e Urubu, nessas variáveis.

### MATERIAL E MÉTODOS

#### Área de estudo e amostragem

A área de estudo compreende o lago de Serpa localizado no município de Itacoatiara, ligado por uma vicinal à rodovia estadual AM-010 (Figura 1). O lago de Serpa está situado a uma distância de 8,0 km da sede do município e se comunica com o rio Urubu de águas pretas e rio Amazonas de águas brancas, durante a cheia.

A coleta foi realizada em maio de 2021, no período da cheia. Foram tomadas medidas de temperatura (T), pH, condutividade elétrica (C.E.), turbidez, cor aparente (C.A) e cor verdadeira (C.V.) em *in situ*, de 60 pontos à uma profundidade de 50 cm e 55 pontos a 150 cm a partir da lâmina d'água. Nestes pontos

também foram coletadas 50 amostras de água em garrafas PETs de 350 mL, na profundidade de 50 cm para as análises de cor em laboratório.

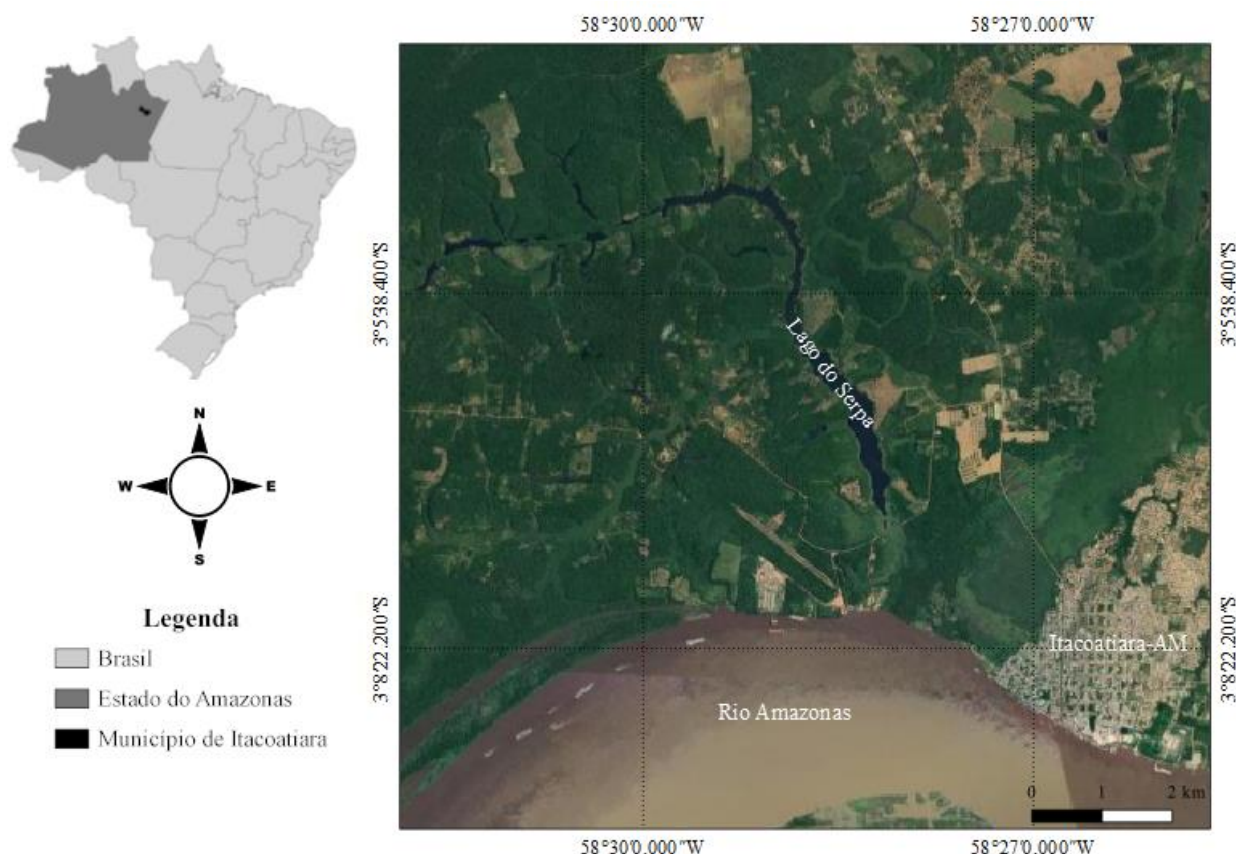


Figura 1. Localização da área de estudo. Autor: Morales, 2021.

## Métodos

A temperatura, o pH e a condutividade elétrica foram obtidos por eletrometria (aparelho multiparâmetro da Akso, modelo AK88). A turbidez por turbidimetria (turbidímetro Akso, modelo TU430). A cor foi medida em espectrofotômetro UV-visível (Global Trade Technology, modelo UV5200S).

## Interpolação espacial dos dados

A interpolação espacial necessita dos limites territoriais da área de estudo, das coordenadas geográficas de cada ponto e os valores de cada variável físico-química. Os limites territoriais foram obtidos através do programa Google Earth Pro, versão 7.3.3, tomando como referência a imagem de junho de 2017, usando a ferramenta polígonos. As coordenadas geográficas de cada ponto foram tomadas, usando o aplicativo *Mobile Topographer*, versão 9.3.2. As interpolações espaciais das variáveis físico-químicas foram executadas em linguagem R, usando como interface gráfica de usuário o RStudio, versão 1.4.1106. Foi usado também como sistema de coordenadas de referência o sistema WGS 84. Para interpolar espacialmente os dados, foi usada a técnica do inverso da distância ponderada, dado pela Equação 1 (Yamamoto, 2020):

$$Z^*(u_0) = \frac{\sum_{i=1}^N W_i Z(u_i)}{\sum_{i=1}^N W_i} \quad (1)$$



onde o ponderador do inverso da distância entre o ponto  $u_i$  e o ponto  $u_0$  a ser interpolado ( $D_i$ ), para uma potência  $p$ .  $W_i$  é o peso de cada distância calculado pela Equação 2 (Yamamoto, 2020):

$$W_i = \frac{1}{D_i^p} \quad (2)$$

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado das análises das variáveis físico-químicas feitas nas águas do lago de Serpa são mostrados na Tabela 1 e nas Figuras 2-6.

Tabela 1. Variáveis físico-químicas medidas em maio de 2021

Parâmetro	Profundidade							
	50 cm			150 cm			Teste t	
	Mín.	Máx.	Média	Mín.	Máx.	Média	$t_{cal}$	$t_{crit}$
T (°C)	28,60	32,80	29,76 ±0,74	28,70	29,60	28,85 ±0,17	0,94	1,98
pH	6,19	6,77	6,51 ±0,12	5,93	6,58	6,33 ±0,12	1,01	1,98
C. E. (µS/cm)	29,50	31,70	30,15 ±0,46	29,40	32,10	30,50 ±0,39	-0,53	1,98
Turbidez (NTU)	0,00	12,63	1,51 ±2,73	-	-	-	-	-
C. A. (mg Pt/L)	60,19	240,83	240,83 ±107,74	-	-	-	-	-
C. V. (mg Pt/L)	36,78	296,54	180,02 ±143,24	-	-	-	-	-

Mín: mínimo. Máx: máximo.  $t_{cal}$ : t calculado.  $t_{crit}$ : t crítico.

As médias das temperaturas da Tabela 1 são bem próximas em ambas as profundidades e comparáveis aos resultados de Silva (2011) que obteve valores entre 33 °C a 29 °C nos períodos de cheia e vazante em estudo no lago de Serpa, concluindo que a temperatura deste manancial é natural considerando estes valores. Estatisticamente, num nível de confiança de 95%, pode-se dizer que a temperatura nas profundidades estudadas são iguais, muito embora se note diminuições consideráveis nas latitudes de 3.10 e 3.11° como pode ser notado na Figura 2. A resolução CONAMA no. 357/2005 indica que o padrão da temperatura deve ser inferior a 40 °C (Brasil, 2005).

Nota-se por inspeção da Tabela 1 que os valores médios de pH estão muito próximos entre si; são levemente ácidos e estatisticamente iguais no nível de confiança de 95% para as duas profundidades. Apesar de indicarem águas ácidas, esses valores encontram-se muito próximos de 7. Isto se deve ao fato da análise ter ocorrido no ponto máximo da cheia do ano de 2021. Assim sendo, o lago de Serpa recebeu um aporte de água oriundo do rio Amazonas, cujas águas apresentam pH próximo da neutralidade (Pont, 2017). Isto fez com que a água desse lago tivesse uma diminuição da acidez devido ao grande volume de água recebido, uma vez que durante a cheia, as águas do rio Amazonas afluem para o lago. Contudo, a parte sul do lago apresenta os menores valores de pH resultante da decomposição da matéria orgânica e do aporte de água do rio Urubu, como pode ser observado na Figura 3. Por fim, a resolução CONAMA no. 357/2005 indica que o padrão estabelecido do pH é entre 6 a 9 sendo a condição de qualidade de água.

A condutividade elétrica é a mesma em ambas as profundidades, considerando os valores médios de acordo com a Tabela 1, com pequenas variações pontuais mostradas na Figura 4 e baixos desvios padrão. Pinto et al. (2009) estudando a água no rio Negro na orla de Manaus obteve valor de 14,68 µS/cm. Já Hobe e Oliveira (2008) no mesmo rio, encontrou valor médio de 11,43 µS/cm. E Silva et al. (2012) encontrou valores de 7,05 µS/cm em águas pretas. Por outro lado, Queiroz et al. (2009) encontrou valores 98,8 e 49,30 µS/cm ao estudar manancial de água branca. Valores próximos foram obtidos por Gomes e Cunha (2011) ao estudar as águas do rio Amazonas, com valor médio de 78,60 µS/cm. Como se pode notar, normalmente, a condutividade elétrica das águas pretas, tanto do lago quanto de rio, tem valor menor se comparada à condutividade do rio





Semana Nacional de  
Ciência e Tecnologia

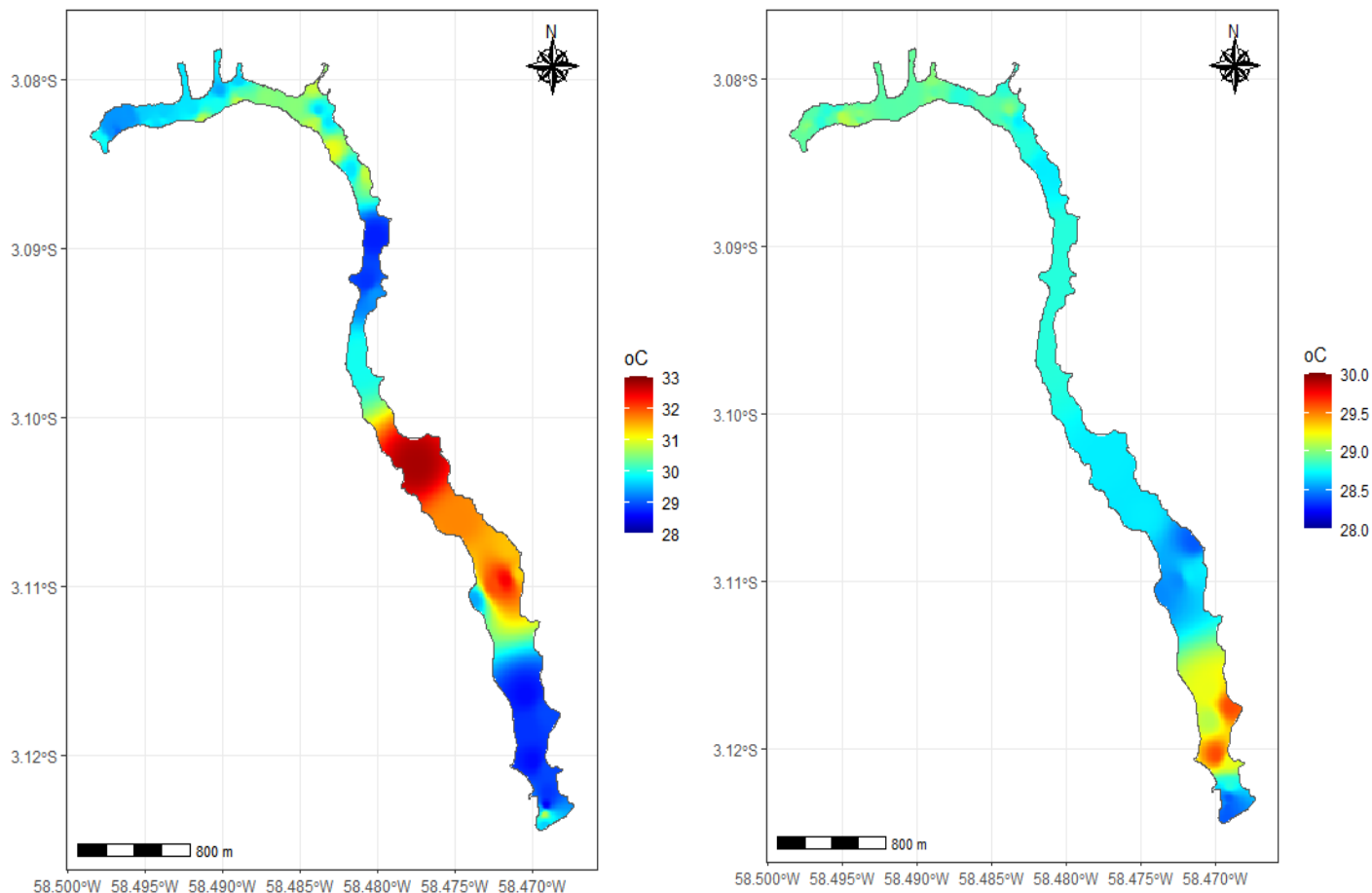
"Bicentenário da Independência: 200 anos de  
Ciência, Tecnologia e Inovação no Brasil"

24 a 27  
de Outubro  
2022

ISSN 2594-8237

de água branca. Percebe-se que os valores obtidos nesta pesquisa estão mais próximos dos valores dos mananciais de água branca da região, o que implica na maior influência do rio Amazonas.

A turbidez apresentou uma variação muito grande na área estudada, conforme mostra a Tabela 1 e Figura 5, cujo valor mínimo foi de 0,00 NTU e o valor máximo de 12,63 NTU. Observa-se também uma alta dispersão dos valores demonstrado por um desvio padrão elevado. Sabe-se que os rios de água branca apresentam turbidez bem maior que aos rios de água preta (Queiroz et al., 2009; Silva et al., 2013). Por inspeção da Figura 6, nas coordenadas 3.08° e 3.09° de latitude Sul, o lago de Serpa recebe influência do rio Urubu, pois, os valores de turbidez são menores e, portanto, próximo àqueles valores encontrado para mananciais de água preta. Já nas coordenadas 58.485° e 58.465° de longitude Oeste, nota-se uma maior influência do rio Amazonas, pois, os valores são cerca de 10 a 12 vezes maiores que da região influenciada pelo rio Urubu. Mesmo assim, os valores de turbidez da área em estudo não são superiores a 13 NTU, os quais são bem menores do que os valores de turbidez das águas do rio Amazonas (Silva et al., 2013). Isto pode estar ligado ao fato de haver baixas correntes no lago, as quais favorecerem a sedimentação de uma parcela dos



sólidos em suspensão, tendo como consequência a diminuição da turbidez.

Figura 2. Variação espacial da temperatura tomada a 50 cm (A) e 150 cm (B) de profundidade.



Semana Nacional de  
Ciência e Tecnologia

"Bicentenário da Independência: 200 anos de  
Ciência, Tecnologia e Inovação no Brasil"

24 a 27  
de Outubro  
2022

ISSN 2594-8237

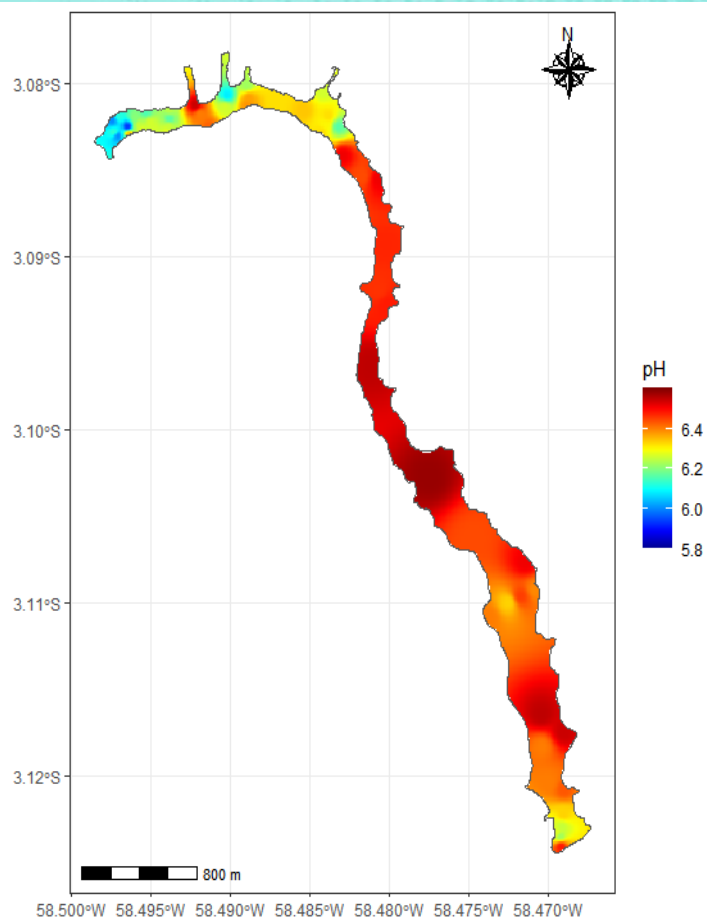
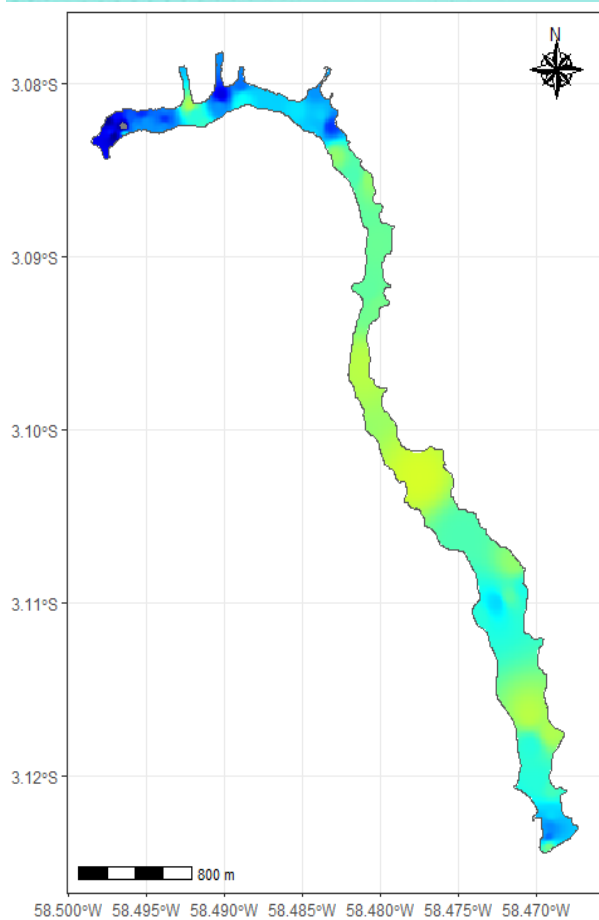


Figura 3. Variação espacial do pH tomados à (a) 50 cm e (b) 150 cm de profundidade.

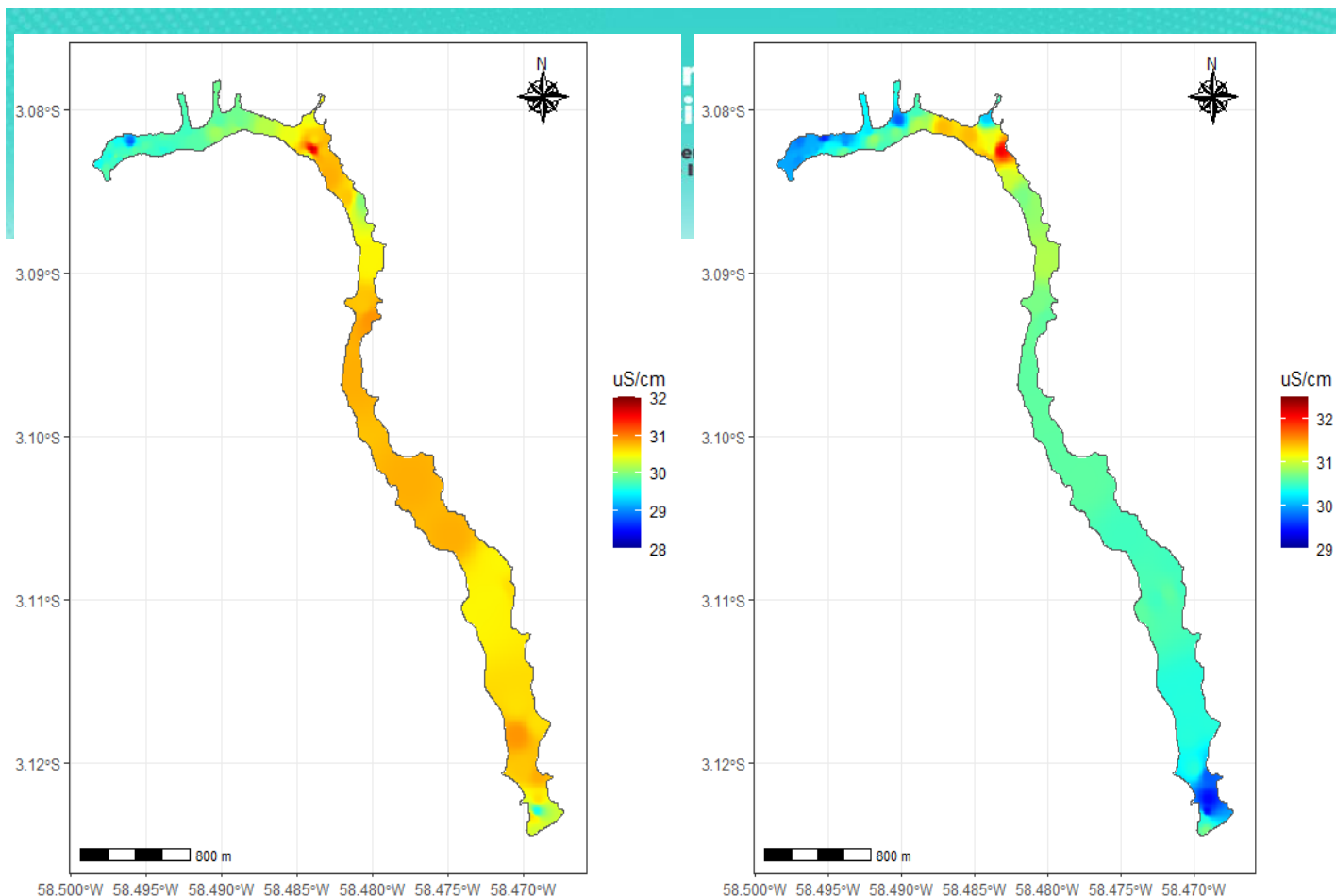


Figura 4. Variação espacial da condutividade elétrica tomada a 50 cm (A) e 150 cm (B) de profundidade.

Analisando a Figura 6 ainda, visualiza-se uma coloração de tons que tendem ao verde, na parte central da imagem. Isto pode indicar uma mistura das águas dos dois rios citados anteriormente, fortalecendo a hipótese de que na cheia, o lago de Serpa recebe aporte de água tanto do rio Amazonas quanto do rio Urubu. Além disso, a resolução CONAMA no. 357/2005 diz que para corpos hídricos de classe II, a turbidez máxima deve ser 100 NTU. Como se pode notar, os valores estão bem abaixo daquele estipulado por essa resolução, sendo, portanto, valores naturais, com o trecho estudado apresentando características dos dois principais rios da região.

A cor aparente apresentou média de 240,83 mg/L e a cor verdadeira, 180,02 mg/L. Para se medir a cor verdadeira é necessário filtrar a amostra para retirar os sólidos em suspensão que interferem na passagem da luz. Isto faz com que diminua a concentração da cor. Como se pode perceber, houve uma redução de 25,25% no valor da cor aparente devido à presença destes sólidos, os quais tem sua origem majoritariamente nas águas do rio Amazonas. Percebe-se também que o desvio padrão é alto, indicando uma grande dispersão dessa variável na área estudada. Este fato é o resultado da mistura da água branca, rica em sólidos em suspensão com a água preta, rica em materiais dissolvidos. Nunes et al. 2012 mediu a cor no lago de Serpa em três pontos: na conexão com o rio urubu, no centro do lago e na conexão com o rio Amazonas. Na conexão com o rio Urubu, os valores variaram de 29,92 a 50,21 mgPt/L. Na conexão com o rio Amazonas, a variação foi de 24,70 a 126,41 mgPt/L. E no ponto central, variou de 20,94 a 74,05 mg/L. Em média, os resultados desta pesquisa estão bem acima dos valores encontrados por Nunes et al. (2012), mas se assemelham aos valores encontrados na parte sul do lago conforme mostra a Figura 7, reforçando a ideia da influência de cada rio na parte em que se conectam. Para resolução 357/2005, a água do lago em estudo não pode ser classificada com água de classe II, pois, o valor máximo permitido é de 75 mgPt/L.

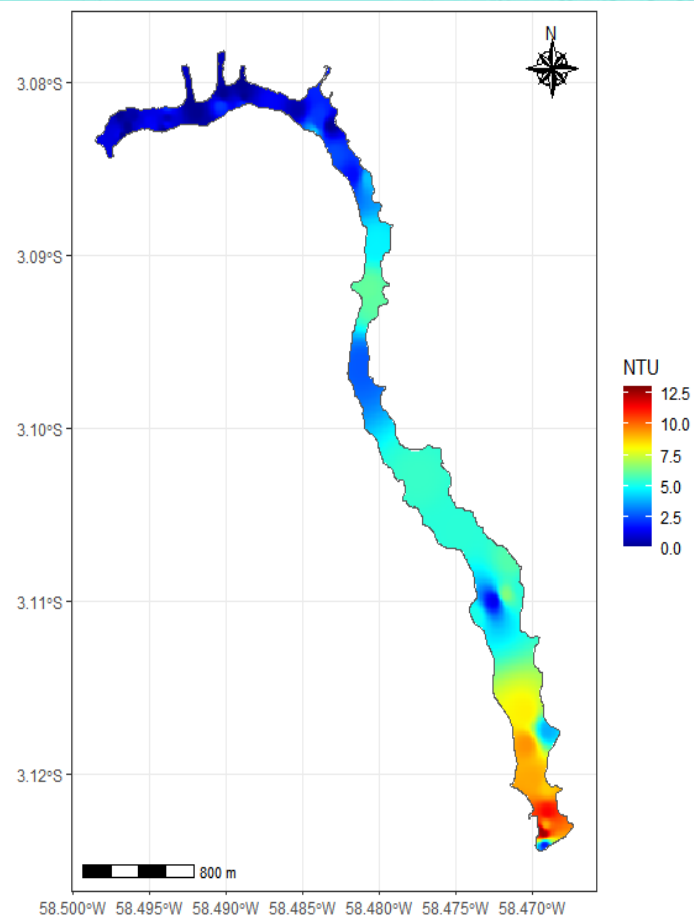


Figura 5. Variação espacial da turbidez tomada à 50 cm profundidade.

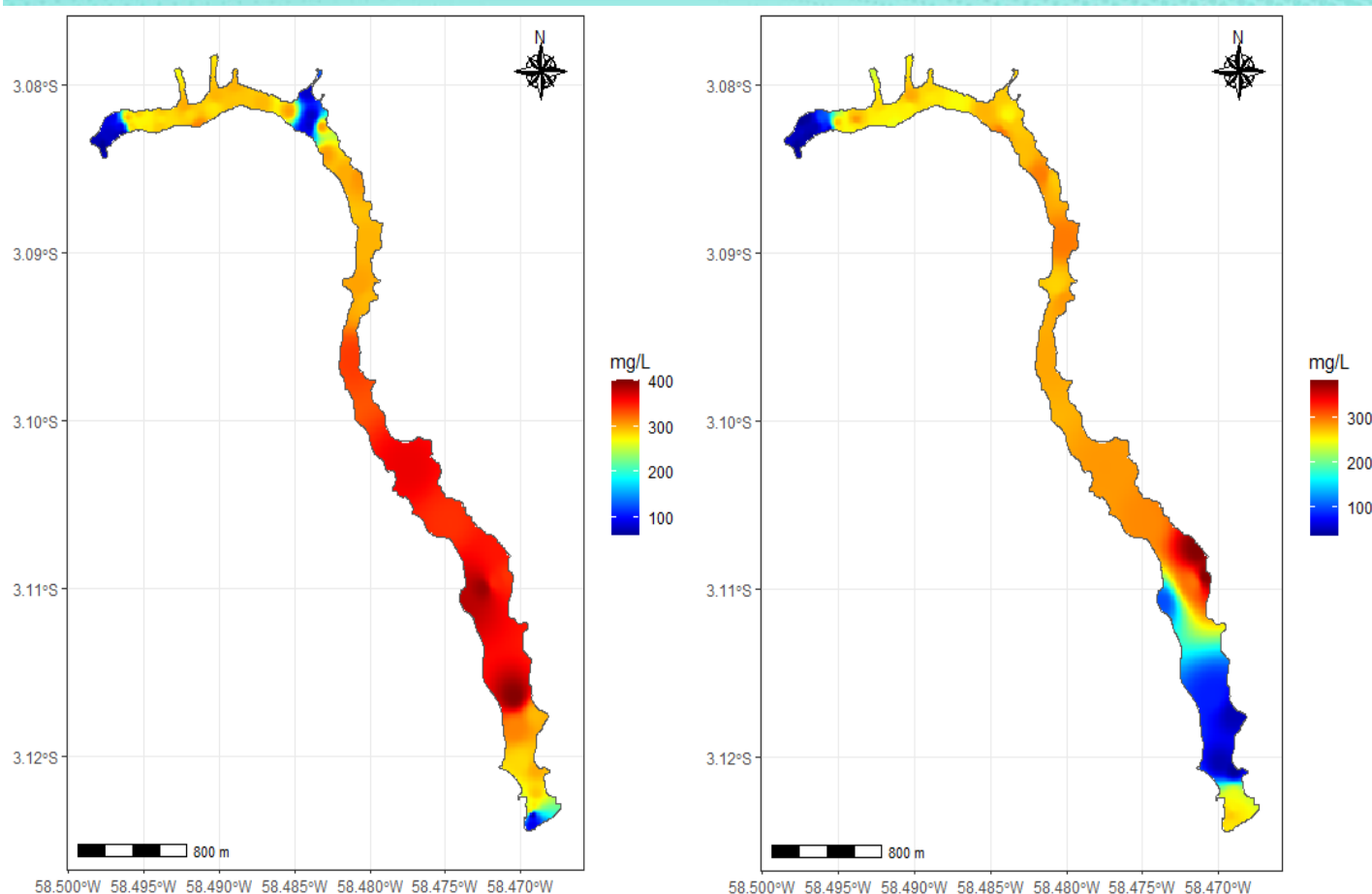


Figura 6. Variação espacial da cor aparente(A) e cor verdadeira(B) medidas a 50 cm profundidade.

## CONCLUSÕES

Os resultados das variáveis físico-químicas medidos neste estudo demonstraram que carregam uma certa semelhança entre as características físico-químicas de água preta quanto de água branca.

O lago de Serpa, que é de água preta, apresentou valores das variáveis em conformidade com a resolução vigente, tanto na profundidade de 50 cm e quanto a 150 cm. Mesmo assim, não se percebeu influência antrópica significativa, mas apenas efeitos de processos naturais, notadamente, a presença marcante de matéria orgânica natural da degradação de vegetação no lago.

Inicialmente, supôs-se que durante a cheia, apenas o rio Amazonas contribuía com aporte de água para o Lago de Serpa, o que levaria a valores de turbidez próximos aos valores encontrados neste rio, em toda a extensão do lago. No entanto, os mapas de interpolação espacial mostraram que, na verdade, ambos contribuem. A parte sul do lago é mais influenciada pelo rio Urubu enquanto que a parte oeste é mais influenciada pelo rio Amazonas. E que na parte mais central do lago ocorre uma mistura, o que ficou evidenciado pelos mapas de interpolação espacial.

## AGRADECIMENTOS

À UFAM pela infraestrutura e à FAPEAM pelo apoio financeiro.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente **Resolução CONAMA nº. 357/2005**, 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. 2005.

GOMES, A. T.; CUNHA, H. B. **Caracterização hidroquímica nas águas dos rios negro e Solimões da região próxima da cidade de Manaus/AM**. XX Jornada de Iniciação Científica PIBIC INPA - CNPq/FAPEAM, Manaus, Amazonas. 2011.

HOBE, A. M. C.; OLIVEIRA, L. G. S. **Química de igarapés de água preta do nordeste do Amazonas-Brasil**. *Química. Acta Amazônica*, v. 38, n. 4. 2008.

NUNES, J. A. S.; FRANKEN, W. K.; VITAL, A. R. T. **Lago de Serpa: limnologia e qualidade da água**. I Congresso de Iniciação Científica, PIBIC/CNPQ-PAIC/FAPEAM, Manaus. 2012.





**Semana Nacional de  
Ciência e Tecnologia**

"Bicentenário da Independência: 200 anos de  
Ciência, Tecnologia e Inovação no Brasil"

**24 a 27  
de Outubro  
2022**

ISSN 2594-8237

- PINTO, A. G. N.; HORBE, A. M. C.; SILVA, M. S. R.; MIRANDA, S. A. F.; PASCOALATO, D.; SANTOS, H. M. C. **Efeitos da ação antrópica sobre hidrogeoquímica do rio Negro na orla de Manaus/AM.** *Acta amazônica*, v. 39, n. 3, 2009.
- PONT, G. D. **Características físicas e químicas dos rios Amazônicos.** *GIA*, 2017.
- QUEIROZ, M. M. A.; HORBE, A. M. C.; SEYLER, P.; MOURA, C. A. V. **Hidroquímica do rio Solimões na região entre Manacapuru e Alvarães: Amazonas-Brasil.** *Acta Amazônica*, v. 39, n. 4, 2009.
- SILVA, L. M. **Estudo de correlação entre o oxigênio dissolvido e a matéria orgânica em diferentes ambientes aquáticos da região amazônica.** Universidade Federal do Amazonas-Instituto de Ciências Exatas: Programa de pós-graduação em química. Manaus, Amazonas. 2012.
- SILVA, M. S.R; MIRANDA, S.A.F; DOMINGOS, R.N; SILVA, L.S.L; SANTANA, G.P. **Classificação dos rios da Amazônia: Uma estratégia para a preservação desses recursos.** *HOLOS Environment*, v. 13, n. 2, 2013.
- SILVA, T. B. **Caracterização da água de igarapés da região de Itacoatiara-AM, médio Amazonas.** *Programa de institucional de iniciação científica - PIBIC/UFAM*,. Itacoatiara/AM. 2011.
- SIOLI, H. **Alguns Resultados e Problemas da Limnologia Amazônica.** Boletim Técnico Instituto Agronomico do Norte, v. 24, 1951.
- YAMAMOTO, Jorge Kazuo. **Estatística, análise e interpolação de dados geoespaciais.** São Paulo: *Gráfica Paulos*, 2020.