

# **Análise espacial da origem da matéria orgânica dissolvida colorida no Lago Grande Curuai – PA**

Maria Paula da Silva<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE  
Caixa Postal 515 - 12227-010 - São José dos Campos - SP, Brasil  
[mariapaula.silva@inpe.br](mailto:mariapaula.silva@inpe.br)

**Resumo:** Conhecer a origem e distribuição das concentrações de matéria orgânica é importante para a avaliação e gestão das águas interiores superficiais. O expoente S da função exponencial ajustada à medida de CDOM descreve o comportamento de TSOM, DOC e CDOM e sua espacialização pode indicar a origem da matéria orgânica. Um método geoestatístico para espacialização dos dados é a krigeagem ordinária e para o emprego desta, os dados devem apresentar uma distribuição normal. Porém, devido ao baixo número de amostras, os resultados da krigeagem não apresentaram correlação entre as variáveis e, com isso, não foi possível detectar a origem da matéria orgânica. O mapa de variância, pode indicar a incerteza nas estimativas.

**Palavras-chave:** Matéria Orgânica; Krigeagem; Curuai

## **1. INTRODUÇÃO**

A matéria orgânica pode ser originada de duas fontes: decompositores alóctones de plantas lenhosas ou de decompositores autóctones derivados de algas e vegetação aquática (BREZONIK, 2015 apud AIKEN, 1985), sendo que ambos os tipos são chamados de matéria húmica aquática e são constituídos, principalmente, de ácidos fúlvicos. A matéria orgânica colorida dissolvida (Colored Dissolved Organic Matter - CDOM) é a porção do carbono orgânico dissolvido em água (Dissolved Organic Carbon – DOC), que absorve luz visível e ambos fazem parte do total de sólidos suspensos dissolvidos (Total Suspended Organic Matter – TSOM).

CDOM e DOC afetam o pH e a alcalinidade da água, formando complexos químicos com metais (com implicações para a sua biodisponibilidade e toxicidade), e atua como um agente de transporte para os metais e contaminantes orgânicos não polares. Também desempenha um papel importante na fotoquímica aquática. Processos fotoquímicos também degradam CDOM, por exemplo, afetando sua disponibilidade como substrato para os microrganismos. Os efeitos CDOM e DOC sobre a ecologia aquática incluem: diminuição da penetração da luz (reduzindo a profundidade da água com luz suficiente para a produção primária líquida), mudanças nas

propriedades térmicas de corpos d'água (Fee et al., 1996), e mudanças na distribuição espectral da luz, que pode afetar a composição das comunidades vegetais e fitoplâncton aquáticos.

Os níveis de matéria orgânica tem grande importância sobre a ecologia aquática e química, bem como sobre a adequação das águas superficiais para uso humano (BREZONIK et al., 2015). A matéria orgânica dissolvida pode promover a incrustação da água, causando problemas de sabor, odor e higiene sendo sua desinfecção altamente variável entre estações de tratamento de água potável, devido às diferentes qualidades desta (KUTSER, 2015).

Portanto, conhecer a origem e distribuição das concentrações de matéria orgânica é importante para a avaliação e gestão das águas interiores superficiais, os dados podem ser usados por agências de gestão dos recursos para a tomada de decisão e para a efetiva gestão dos recursos.

### **1.1. OBJETIVO**

O objetivo do presente trabalho foi analisar a origem da matéria orgânica presente no lago Curuai. Inicialmente buscou-se fazer essa análise por meio da espacialização do expoente S que descreve a função exponencial de interação da matéria orgânica com a luz visível.

Posteriormente, foi feita a espacialização da concentração, em mg/l, de matéria orgânica dissolvida colorida (CDOM), carbono orgânico dissolvido (DOC) e total de sólidos suspensos dissolvidos (TSOM) buscando analisar se esses parâmetros variavam conjuntamente e, com isso, identificar se a matéria orgânica é mais nova, o que pode indicar que é proveniente da decomposição da matéria orgânica oriunda das florestas próxima ao lago, ou se é mais antiga e provavelmente provem do Rio Amazonas.

## **2. ÁREA DE ESTUDO**

A planície do Lago Grande de Curuai, localizada a 900 km da foz do rio Amazonas, tem uma área de aproximadamente 3500 Km<sup>2</sup> (Figura 1) e uma flutuação de até 7 metros no nível da água (BARBOSA, 2005). Esta planície é formada por cerca de 20 lagos que estão interligados por canais de comunicação que se mantêm durante todo o ciclo hidrológico e é caracterizada

como planície fluvial inundável sujeita ao regime natural de águas do rio Amazonas, pois, durante o período de nível máximo das águas do rio Amazonas, as mesmas extravasam para a várzea aumentando o volume do Lago Curuai (BARBOSA, 2005).

A planície recebe, em diferentes proporções, águas brancas, claras e pretas. As águas pretas originam-se de florestas que fazem fronteira com a margem sul do lago, as águas claras de pequenos rios da margem sul, e as águas brancas, que são em maior proporção, vem do rio Amazonas e apresentam uma grande quantidade de sólidos em suspensão (BARBOSA, 2005).

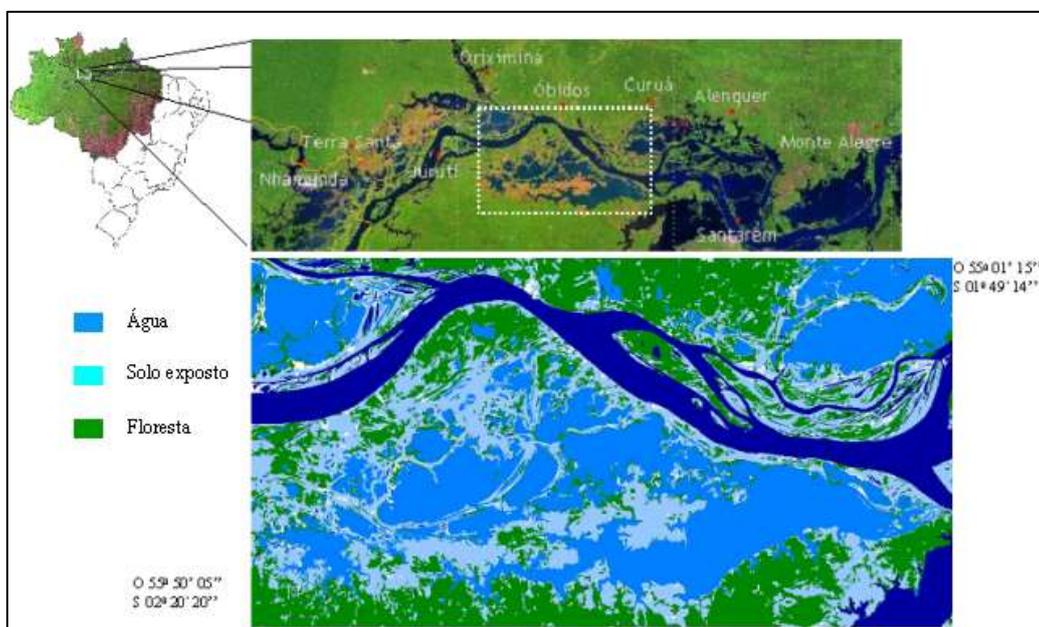


Figura 1. Planície do Lago Grande Curuai. Fonte: BARBOSA, 2005.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1. Amostragem *in situ*

As amostras utilizadas no trabalho foram coletadas por CARVALHO (2014) em duas campanhas de coleta: uma em Agosto de 2013, com 25 pontos amostrados, e outra em Abril de 2014, com 31 pontos. A primeira corresponde à época de descarga do lago, ou seja, o fluxo está diminuindo e a segunda a época de input. A amostragem é aleatória e os pontos de coleta nos dois períodos estão representados na Figura 2.

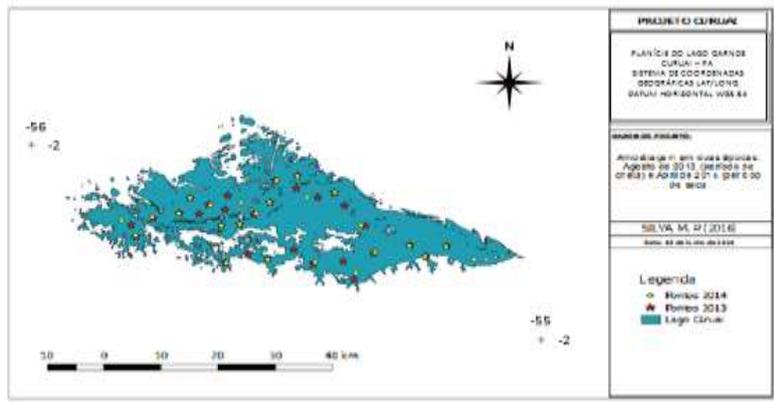


Figura 2. Pontos de amostragem no lago em Agosto de 2013 e Abril de 2014.

Das amostradas coletadas foram medidos o material particulado orgânico - TSOM (Total Suspended Organic Matter), DOC (Dissolved Organic Carbon) que é o material proveniente da decomposição do TSOM e CDOM (Colored Dissolved Organic Matter) que é a parte colorida do DOC. TSOM e DOC são medidos por métodos gravimétricos e análise de gás de carbono e CDOM é a medida de absorção da radiação solar pela matéria orgânica dissolvida. O S é o expoente da função exponencial que é ajustada à medida de CDOM, quanto maior S, mais antiga é a matéria orgânica. S descreve o comportamento de TSOM, DOC e CDOM.

As etapas da metodologia utilizada estão representadas na Figura 3.

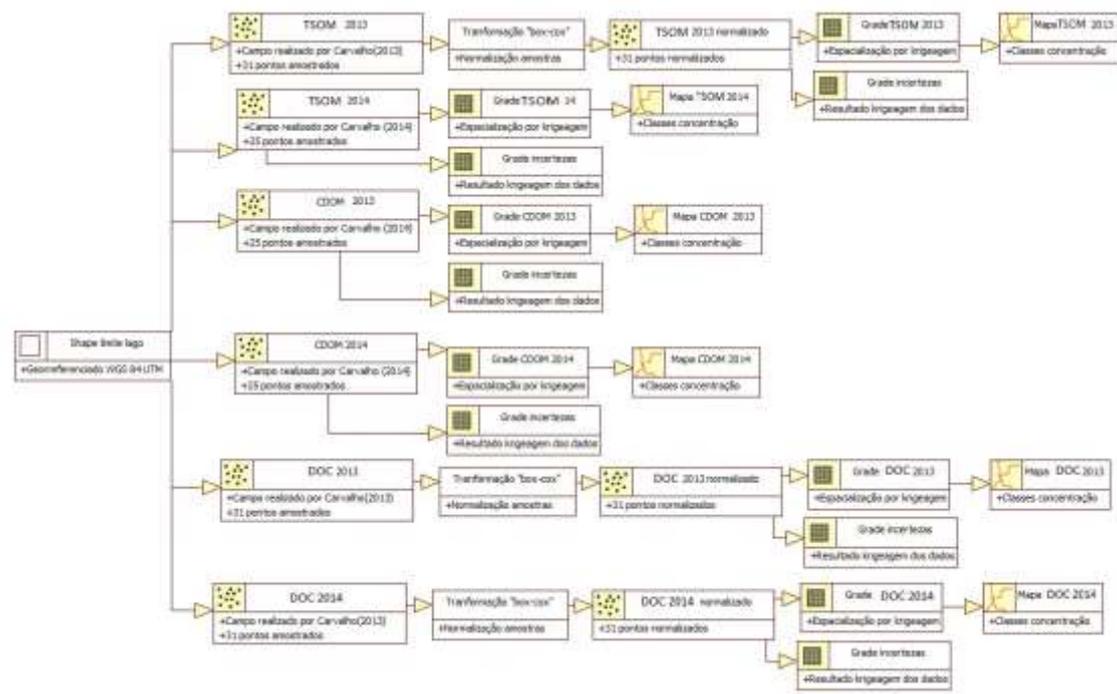


Figura 3. Fluxograma da metodologia aplicada.

Para verificar o comportamento matéria orgânica, os dados pontuais foram especializados, por meio da interpolação dos valores, gerando grades retangulares de resolução de 5 m. Para a geração da grade foi feita a krigeagem ordinária e gerado o mapa de variância.

### 3.2. Interpolação por krigeagem ordinária

Interpolação, segundo BURROUGH (1987) é o procedimento para se estimar valores de propriedades de locais não amostrados, baseando-se em valores de dados observados em locais conhecidos. A krigeagem é um método geoestatístico que fornece meios para interpolar valores para os pontos não amostrados fisicamente usando o conhecimento sobre as relações de base espacial de um determinado conjunto de dados (MELLO et al., 2003).

A Krigeagem ordinária estima o valor através de uma combinação linear ponderada das amostras disponíveis e não é tendenciosa porque assume como premissa inicial à obtenção de um resíduo médio igual a zero (BARBOSA, 2005). Para isso, é assumida a estacionariedade de segunda ordem das amostras e a correlação espacial é baseada na metade da esperança matemática do quadrado da diferença entre os valores de pontos no espaço, separados por um vetor de distância (semivariograma). Além disso, para o emprego da krigeagem, os dados devem ter distribuição normal e os valores de variância podem indicar a confiabilidade dos valores estimados (CAMARGO, FUCKS e CÂMARA, 2002).

Para a análise dessas premissas, inicialmente foi realizada a estatística descritiva do expoente S (Figura 4).

E S T A T Í S T I C A S : S . 2 0 1 3		E S T A T Í S T I C A S : S . 2 0 1 4	
Número de Pontos .....	31	Número de Pontos .....	25
Número de Pontos Válidos ...	31	Número de Pontos Válidos ...	25
Média .....	0.01712404	Média .....	0.01578603
Variância .....	0.00000206	Variância .....	0.00000116
Desvio Padrão .....	0.00143494	Desvio Padrão .....	0.00107612
Coefficiente de Variação ...	0.08379683	Coefficiente de Variação ...	0.06816895
Coefficiente de Assimetria ..	4.33045363	Coefficiente de Assimetria ..	2.95216814
Coefficiente de Curtose .....	22.51931027	Coefficiente de Curtose .....	13.16164939
Valor Mínimo .....	0.01611999	Valor Mínimo .....	0.01465111
Quartil Inferior .....	0.01646548	Quartil Inferior .....	0.01523840
Mediana .....	0.01676169	Mediana .....	0.01562684
Quartil Superior .....	0.01726425	Quartil Superior .....	0.01603140
Valor Máximo .....	0.02449640	Valor Máximo .....	0.02035492

Figura 4. Estatística descritiva do expoente S para (a) Agosto de 2013 e (b) Abril de 2014

Analisando a estatística descritiva, observa-se que a variância dos dados é muito baixa, assim como os valores de máximo e mínimo. Além disso,

aparentemente os dados, em ambos os períodos, não apresentam uma distribuição normal, pois os valores de média e mediana não coincidem e o valor de assimetria é muito alto. O coeficiente de assimetria quantifica o desvio de uma distribuição em relação a uma distribuição simétrica e o sinal resultante do seu cálculo nos dá o tipo de assimetria da distribuição.

Para comprovar a não normalidade, realizou-se o teste de normalidade de Shapiro Wilk com significância de 0.05 e valor de estatística crítico de 0.929 e 0.918 para 31 e 25 amostras respectivamente. Os valores obtidos do teste estão representados na Tabela 1.

Tabela 1. Resultados do teste de normalidade de Shapiro Wilk

Data	Estatística	p-valor	Valor crítico
Agosto de 2013	0.486419485	0	0.929
Abril de 2014	0.0683626876	0	0.918

Com esses valores, rejeita-se a hipótese nula e, portanto, as amostras não apresentam distribuição normal. Além disso, a estatística do teste está bem abaixo da estatística crítica e o p-valor é nulo, portanto, nem mesmo realizando uma transformação para normalidade dos dados, a distribuição destes teria uma distribuição normal.

Dessa forma, como os dados não atendem a premissa de normalidade para a realização da krigagem, foram utilizadas as variáveis inicialmente medidas, ou seja, CDOM, DOC e TSOM. A estatística descritiva dessas variáveis para Agosto de 2013 está representada na Figura 5 e para Abril de 2014 na Figura 6.

ESTATÍSTICA S: TSOM		ESTATÍSTICA S: DOC		ESTATÍSTICA S: CDOM	
Número de Pontos .....	31	Número de Pontos .....	31	Número de Pontos .....	31
Número de Pontos Válidos ...	31	Número de Pontos Válidos ...	31	Número de Pontos Válidos ...	31
Média .....	3.96994551	Média .....	4.99306450	Média .....	1.39613346
Variância .....	2.95732194	Variância .....	0.52945575	Variância .....	0.02268826
Desvio Padrão .....	1.71968858	Desvio Padrão .....	0.72763710	Desvio Padrão .....	0.15062621
Coefficiente de Variação ...	0.43317637	Coefficiente de Variação ...	0.14572956	Coefficiente de Variação ...	0.10788812
Coefficiente de Assimetria ..	1.22792426	Coefficiente de Assimetria ..	1.11071071	Coefficiente de Assimetria ..	-1.03484875
Coefficiente de Curtose .....	4.60325092	Coefficiente de Curtose .....	4.66094676	Coefficiente de Curtose .....	4.80770600
Valor Mínimo .....	0.55250001	Valor Mínimo .....	3.52399993	Valor Mínimo .....	0.90872550
Quartil Inferior .....	2.95000005	Quartil Inferior .....	4.64649963	Quartil Inferior .....	1.32069612
Mediana .....	3.42857146	Mediana .....	4.92299986	Mediana .....	1.43321574
Quartil Superior .....	4.37750006	Quartil Superior .....	5.22599983	Quartil Superior .....	1.47425485
Valor Máximo .....	9.00000000	Valor Máximo .....	7.01700020	Valor Máximo .....	1.64923525

Figura 5. Estatística descritiva TSOM, DOC e CDOM de Agosto de 2013.

TSOM para 2013 e CDOM tanto para 2013 quanto para 2014 apresentam altos valores de assimetria, o que pode indicar que as amostras não apresentam distribuição normal. Por esse motivo, foi também realizado

o teste de Shapiro Wilk, com nível de significância de 0.05 e com hipótese nula de que os dados apresentam distribuição normal, para todas as variáveis a fim de comprovar se as amostras possuíam ou não distribuição normal. Os resultados do teste estão representados na Tabela 2.

ESTATÍSTICAS: TSOM		ESTATÍSTICAS: DOC		ESTATÍSTICAS: CDOM	
Número de Pontos	25	Número de Pontos	25	Número de Pontos	25
Número de Pontos Válidos	25	Número de Pontos Válidos	25	Número de Pontos Válidos	25
Média	5.16133336	Média	5.25012005	Média	2.14165174
Variância	5.01377719	Variância	0.54384962	Variância	0.05012325
Desvio Padrão	2.23914653	Desvio Padrão	0.73746161	Desvio Padrão	0.22388222
Coefficiente de Variação	0.43383102	Coefficiente de Variação	0.14046567	Coefficiente de Variação	0.10453717
Coefficiente de Assimetria	0.87307536	Coefficiente de Assimetria	1.52012719	Coefficiente de Assimetria	0.07905702
Coefficiente de Curtose	3.11315810	Coefficiente de Curtose	5.94873696	Coefficiente de Curtose	2.88878495
Valor Mínimo	2.00000000	Valor Mínimo	4.13500023	Valor Mínimo	1.68982351
Quartil Inferior	3.57500005	Quartil Inferior	4.77199984	Quartil Inferior	2.03301954
Mediana	4.59999990	Mediana	5.04799986	Mediana	2.13494110
Quartil Superior	6.75000000	Quartil Superior	5.53700018	Quartil Superior	2.25896072
Valor Máximo	11.00000000	Valor Máximo	7.74399996	Valor Máximo	2.65672541

Figura 6. Estatística descritiva TSOM, DOC e CDOM de Abril de 2014.

Com base nos resultados do teste, se a variável apresentou p-valor maior que 0.05 e estatística do teste superior ao valor crítico, aceita-se a hipótese nula de que as amostras possuem distribuição normal, caso contrário, a hipótese nula é refutada e a distribuição das amostras não é normal. Portanto, TSOM 2013, DOC 2013 e DOC 2014 não apresentam distribuição normal. Com isso, elas não atendem a premissa de normalidade necessária para a realização da krigeagem. Buscou-se, então, realizar uma transformação dos dados para que estes possam apresentar uma distribuição normal. A transformação escolhida foi a metodologia Box-Cox.

Tabela 2. Resultados do teste de normalidade de Shapiro Wilk.

Variável	Estatística	p-valor	Valor crítico
TSOM 2013	0.901842229	0.008	0,929
TSOM 2014	0.928555858	0.0805	0,918
DOC 2013	0.945086066	0.1141	0,929
DOC 2014	0.991652029	0.9986	0,918
CDOM 2013	0.932410458	0.051	0,929
CDOM 2014	0.980642091	0.8975	0,918

A metodologia Box-Cox (Box & Cox, 1964) visa encontrar a transformação para estabilizar ou reduzir a variabilidade existente e normalizar os resíduos através da definição de um lambda. A transformação de Box-Cox é usada para enfrentar problemas de heteroscedasticidade e/ou falta de normalidade e é dada pela Fórmula 1.

$$Y_i = \begin{cases} \ln(X_i), & \text{se } \lambda = 0, \\ \frac{X_i^\lambda - 1}{\lambda}, & \text{se } \lambda \neq 0, \end{cases} \quad (1)$$

O lambda utilizado para TSOM 2013 foi 0.43, para DOC 2013 foi 0.38 e para DOC 2014 foi -2.4. Vale destacar que, como a transformação Box-Cox possui parâmetros diferentes para cada conjunto de dados, não é possível a comparação de valores entre as variáveis, somente intensidade.

Após a transformação, foi realizado novamente o teste de Shapiro Wilk com 0.05 de significância. Os valores encontrados no teste estão representados na Tabela 3.

Tabela 3. Resultados do teste de normalidade de Shapiro Wilk após a transformação dos dados.

Variável	Estatística	p-valor	Valor crítico
TSOM 2013	0.901842229	0.008	0,929
DOC 2013	0.945086066	0.1141	0,929
DOC 2014	0.991652029	0.9986	0,918

Para TSOM em 2013 o p-valor encontrado foi de 0.008, rejeitando a hipótese nula e, portanto, a variável foi descartada para a realização da krigagem. A estatística descritiva de DOC para 2013 e 2014 foi refeita após a normalização dos dados (Figura 7).

E S T A T I S T I C A S : D O C .		E S T A T I S T I C A S : D O C	
Número de Pontos .....	31	Número de Pontos .....	23
Número de Pontos Válidos ...	31	Número de Pontos Válidos ...	23
Média .....	4.82784311	Média .....	5.40056639
Variância .....	0.00093885	Variância .....	0.00000455
Desvio Padrão .....	0.03064065	Desvio Padrão .....	0.00213277
Coefficiente de Variação ...	0.00634665	Coefficiente de Variação ...	0.00039492
Coefficiente de Assimetria ..	-0.03680218	Coefficiente de Assimetria ..	0.15942025
Coefficiente de Curtose .....	4.30774596	Coefficiente de Curtose .....	3.25277568
Valor Mínimo .....	4.74037647	Valor Mínimo .....	5.39563274
Quartil Inferior .....	4.81548405	Quartil Inferior .....	5.39935541
Mediana .....	4.82888365	Mediana .....	5.40030670
Quartil Superior .....	4.84197712	Quartil Superior .....	5.40171432
Valor Máximo .....	4.89693069	Valor Máximo .....	5.40553474

Figura 7. Estatística descritiva de (a) CDOM 2013 e (b) CDOM 2013 após a transformação.

O coeficiente de assimetria, após a transformação ficou próximo de zero e média e mediana estão próximas, contudo, a variância dos dados ficou muito baixa, assim como a diferença entre o valor máximo e mínimo (Figura 7). Dessa forma, todas as variáveis, exceto TSOM para 2013, apresentam distribuição normal.

O próximo passo para a realização da krigeagem é, então, a análise estrutural dos dados que inclui: a análise de superfície, para detecção de anisotropia; geração de semivariograma; ajuste do semivariograma a um modelo teórico; e validação do modelo de ajuste.

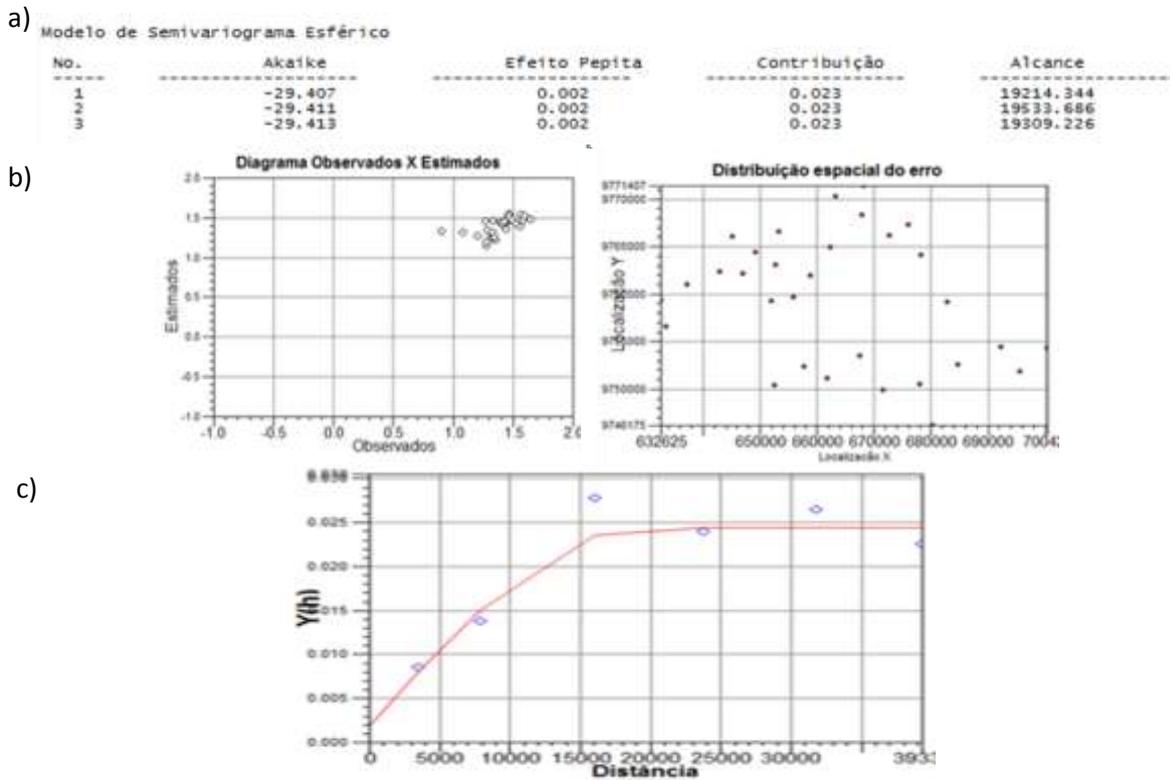


Figura 8. (a) Parâmetros do modelo; (b) Diagrama de pontos observados x estimados e distribuição espacial do erro; (c) Modelo de ajuste do semivariograma para CDOM em Agosto de 2013

No semivariograma de superfície, todas as variáveis não demonstraram anisotropia para os dois períodos, o que pode ter ocorrido devido ao pequeno número de amostras, então, foi feito o semivariograma considerando isotropia.

O modelo de ajuste do variograma que melhor descrevia CDOM foi o esférico para ambos os períodos, como verificado na Figura 8c e Figura 9c. O efeito pepita do modelo para CDOM em Agosto de 2013 foi de 0.002, com contribuição de 0.023 e alcance de 19309.226 m (Figura 8a). Apesar da baixa contribuição do modelo, a relação entre efeito pepita e contribuição é de 0.08, ou seja, somente cerca de 8% dos dados são caóticos. Além disso, o alcance está dentro do esperado, uma vez que a distância na horizontal entre as duas margens do lago tem cerca de 80000m e na vertical 40000m.

O Akaike é uma medida da qualidade relativa de modelos estatísticos para um dado conjunto de dados, sendo que quanto menor o valor, melhor o modelo. Assim, este fornece um meio para seleção de modelos.

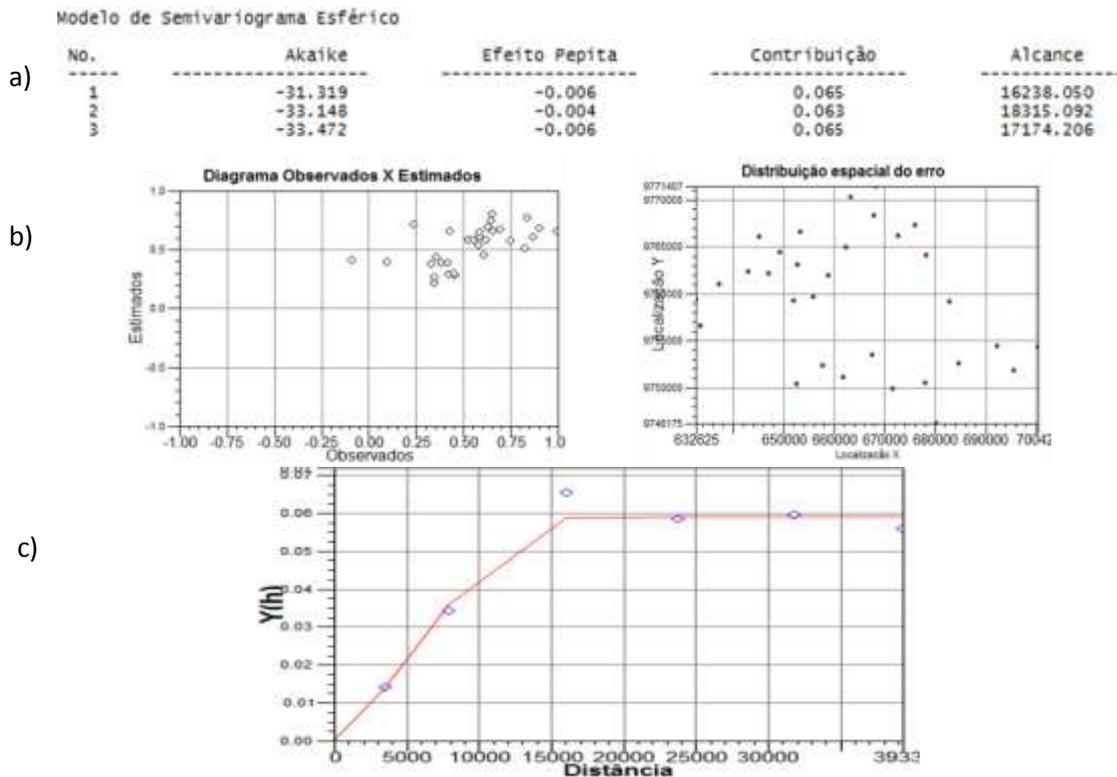


Figura 9. (a) Parâmetros do modelo; (b) Diagrama de pontos observados x estimados e distribuição espacial do erro; (c) Modelo de ajuste do semivariograma para CDOM em Abril de 2014.

CDOM em Abril de 2014, apresentou um efeito pepita de 0.006, contribuição de 0.065 e alcance de 17174.206 (Figura 9a), sendo que o alcance ainda está dentro do esperado e a relação de dados que não são explicados pelo modelo é de 9%. Para os dois períodos, o diagrama de pontos observados x estimados e distribuição espacial do erro (Figura 8b e 9b), mostra que o modelo teve bom ajuste aos dados, já que no primeiro caso, uma reta traçada a 45° está próxima de todos os pontos e, no segundo caso, quanto menor o tamanho das bolinhas vermelhas, menor o erro.

Para DOC em Agosto de 2013 cujos dados sofreram normalização, devido a baixa variabilidade dos dados, não foi possível encontrar um semivariograma que explicasse bem os dados (Figura 10c), o que refletiu em parâmetros ruins para modelo de ajuste do semivariograma, resultando em um

efeito pepita 0 e contribuição de 0.001, além de um alcance alto de 49182.266 e um akaike ruim de -11.667 (Figura 10a).

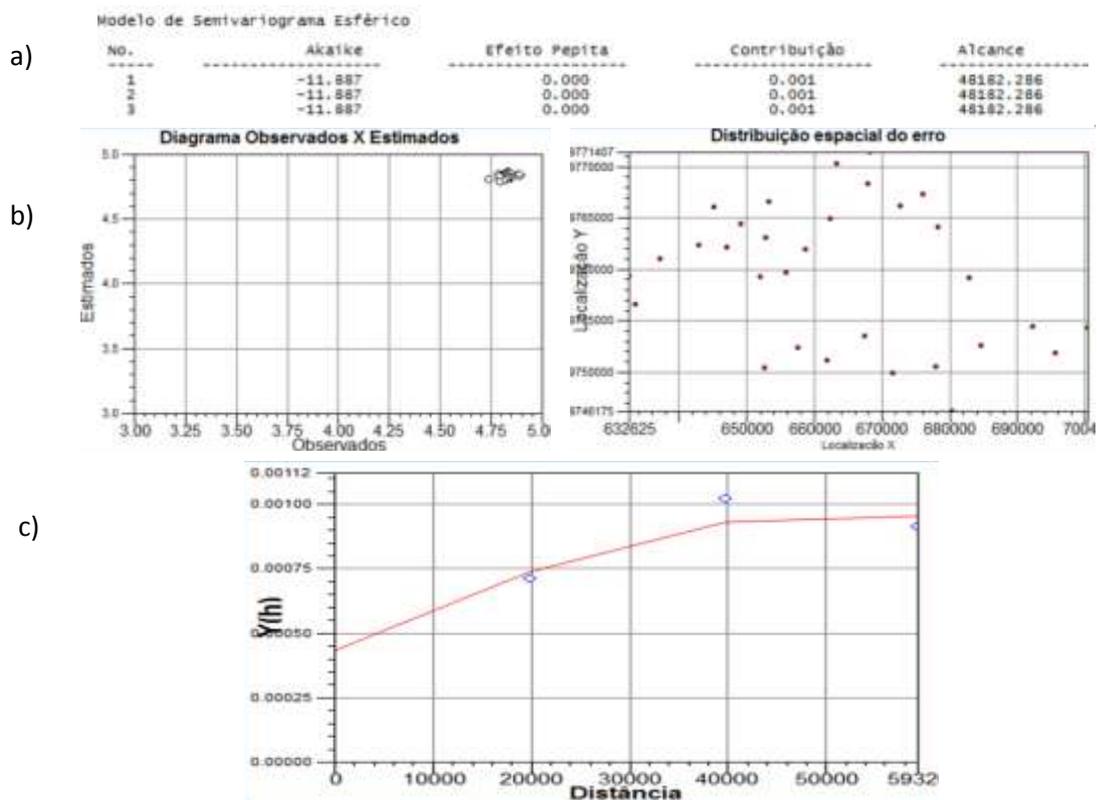


Figura 10. (a) Parâmetros do modelo; (b) Diagrama de pontos observados x estimados e distribuição espacial do erro; (c) Modelo de ajuste do semivariograma para DOC em Agosto de 2013.

Na hora de fazer a validação do modelo de ajuste, os resultados encontrados para o diagrama de pontos observados x estimados e a distribuição do erro (Figura 10b), apesar de mostrar os pontos bem ajustados na reta e não mostra um erro espacial grande, não condizem com a realidade, pois, como visto anteriormente, o modelo não se ajusta bem aos dados.

Já para DOC em Abril de 2014, que também passou por normalização, foi possível encontrar um bom ajuste do semivariograma experimental para os dados (Figura 11c), o que resultou em bons parâmetros para o modelo, com razão entre efeito pepita e contribuição de 19%, akaike de -33.455 e alcance dentro do esperado (Figura 11a). Pela validação do modelo de ajuste, na correlação entre pontos observados e estimados, tem-se apenas um ponto mais distante, o que resulta em um ponto com o erro espacial alto (Figura 11b).

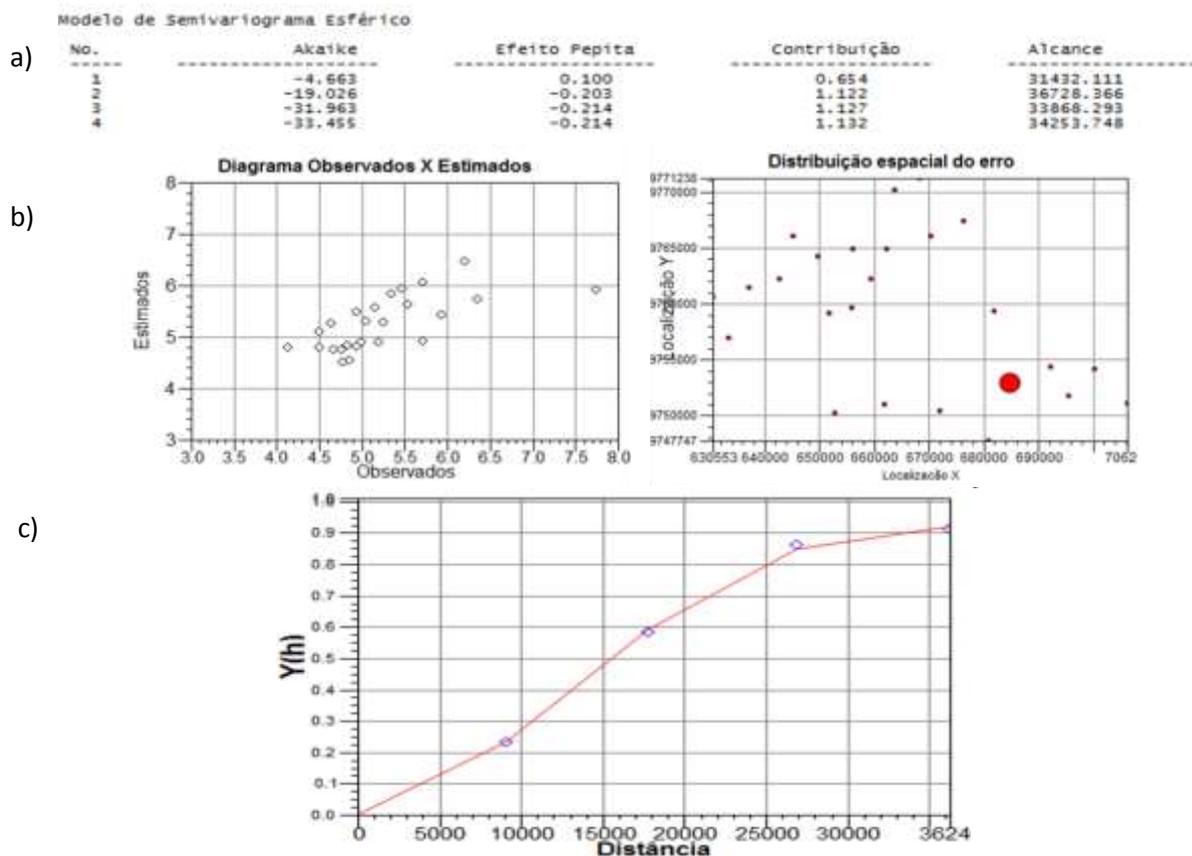


Figura 11. (a) Parâmetros do modelo; (b) Diagrama de pontos observados x estimados e distribuição espacial do erro; (c) Modelo de ajuste do semivariograma para DOC em Agosto de 2014.

TSOM em 2014 aparentemente também resultou em um semivariograma experimental que explique bem os dados (Figura 12c), o que foi corroborado pelos parâmetros de ajuste do modelo (Figura 11a). A relação entre efeito pepita e contribuição foi de 0.02, o akaike foi de -20.511 e o alcance de 29891.983m. Contudo, na hora de validação do modelo, a relação entre pontos observados e estimados está ruim, apresentando pontos que parecem não estar relacionados e isso resulta em uma distribuição espacial do erro grande (Figura 12b).

Após a geração das grades retangulares, como as variáveis possuem concentrações diferentes e algumas sofreram normalização, não é possível comparar valores de concentração, apenas a intensidade. Então foi feito o fatiamento, considerando 10 classes, sendo 5 acima da média de cada variáveis e 5 abaixo. Para as faixas de concentração abaixo da média foram atribuídos tons azuis e para aquelas acima tons vermelhas.

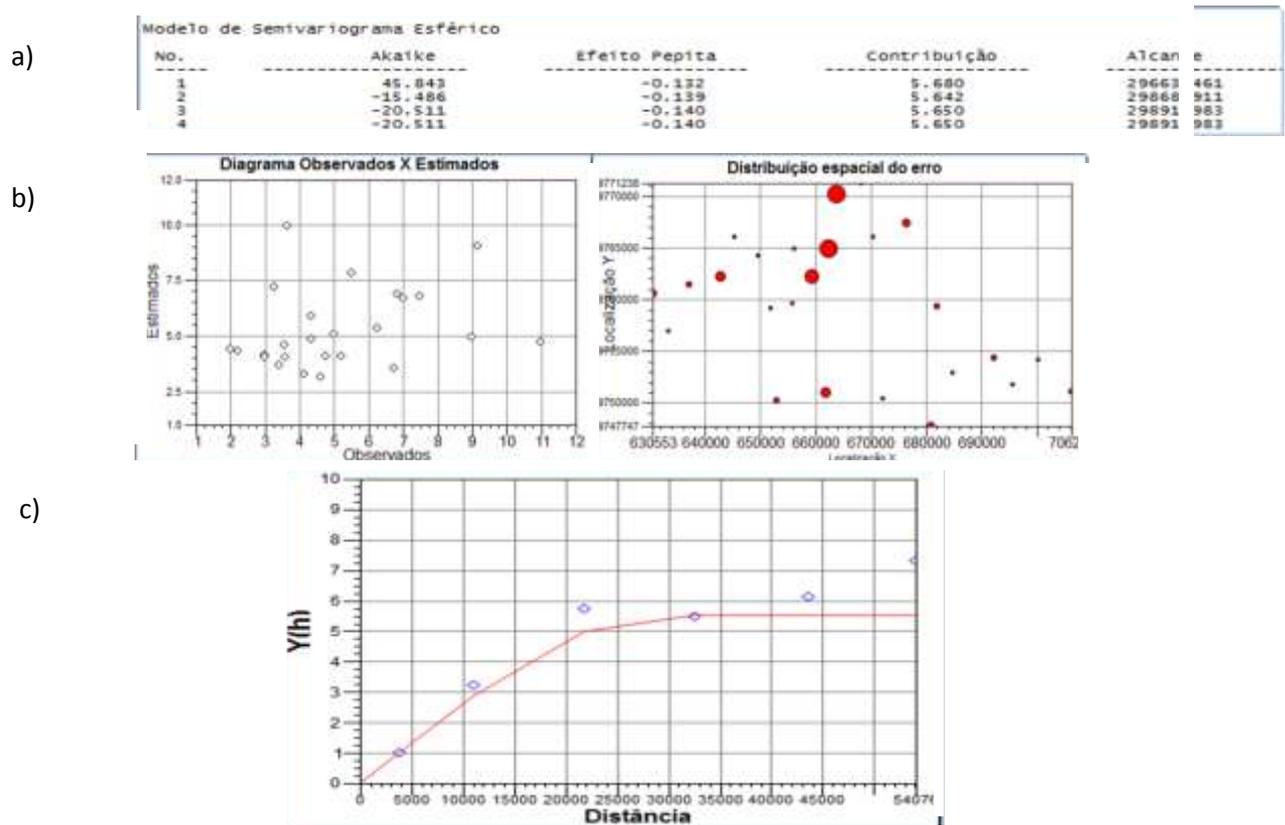


Figura 12. (a) Parâmetros do modelo; (b) Diagrama de pontos observados x estimados e distribuição espacial do erro; (c) Modelo de ajuste do semivariograma para DOC em Agosto de 2014.

#### 4. RESULTADOS

As concentrações de TSOM, DOC e CDOM para cada período estão apresentada na Figura 13.

Pode-se observar que CDOM e DOC em 2013 estão parecidas, com menores concentrações na parte sudeste do lago, onde este tem ligação com o rio Amazonas, um comportamento semelhante pode ser observado em DOC em 2014. Contudo, CDOM em 2014, se comporta de maneira diferente, possuindo baixos valores de concentração na parte sudoeste, mas apresentando baixos valores também na porção sudoeste e central e TSOM se comporta de maneira totalmente diferente.

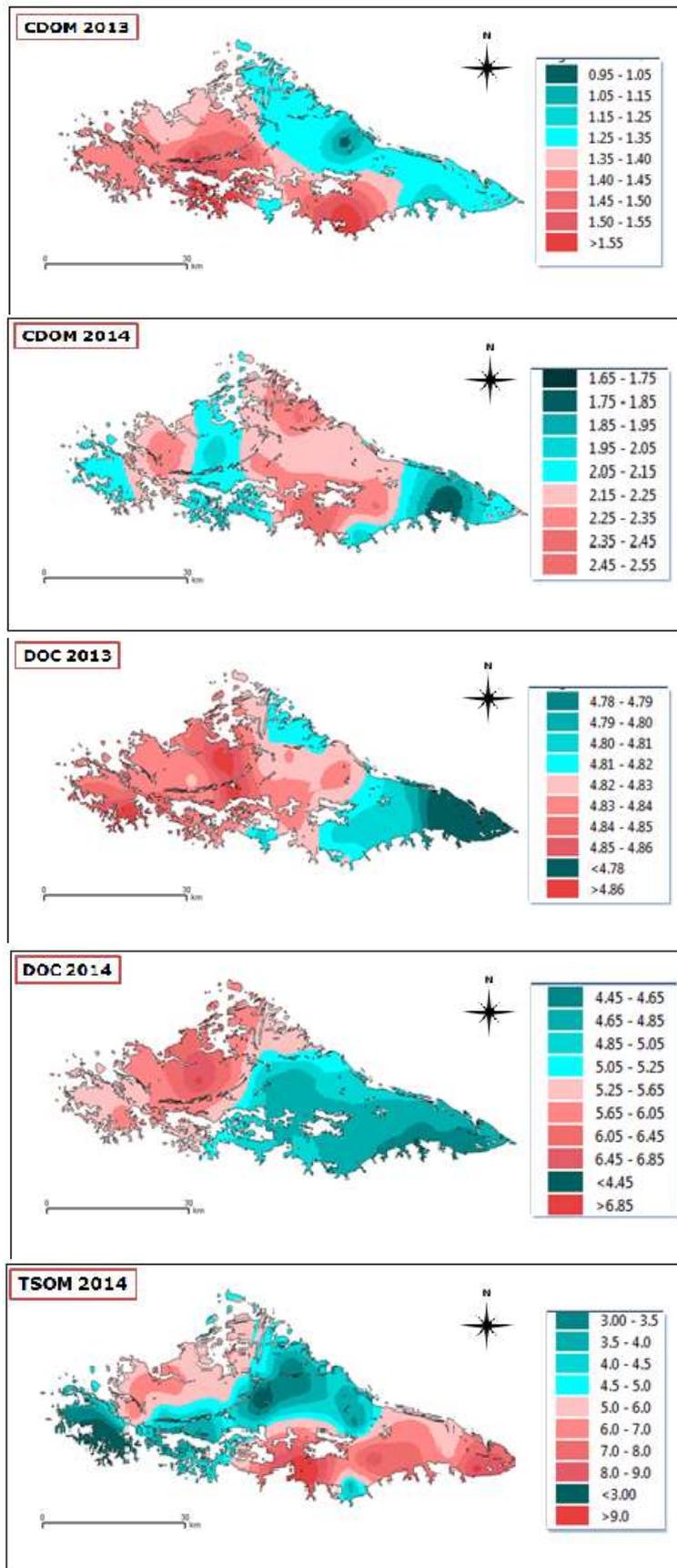


Figura 13. Concentrações de CDOM, DOC e TSOM para os dois períodos.

Dessa forma, aparentemente, com os dados trabalhados, as variáveis não aparentam estar correlacionadas, não sendo possível, então, se ter algum indício da origem da matéria orgânica. Além disso, a Figura 14 mostra o mapa da variância dos dados, que pode ser interpretado com cautela, como o mapa de incertezas, uma vez que os locais em preto indicam onde os valores encontrados de interpolação apresentam menor confiabilidade e os em branco, que coincidem com os pontos amostrados em campo, apontam os lugares de maior confiabilidade da interpolação.

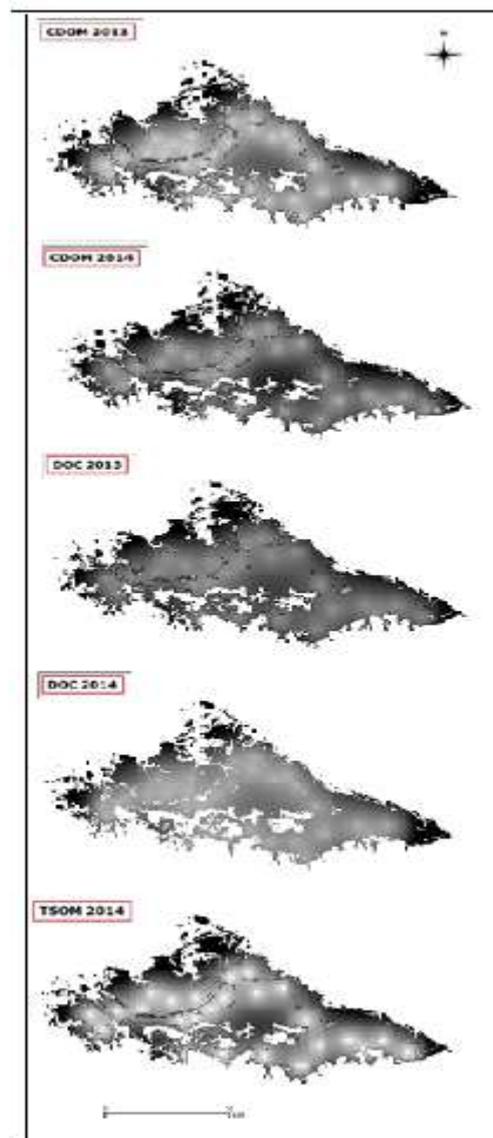


Figura 14. Mapa de Variância dos dados

Analisando este mapa percebe-se que existem vazios de amostragem na porção norte, sudoeste e central do lago, locais que são essenciais para a determinação da origem da matéria orgânica.

## 5. CONCLUSÃO

A acurácia na estimativa da distribuição espacial de uma variável requer uma densa rede de valores o que resulta em um alto custo operacional. Como a coleta de amostras necessita de trabalho de campo, muitas vezes é inviável coletar um grande número de amostras por conta dos custos operacionais gerados. O presente trabalho buscou, por meio de um pequeno número de amostras, avaliar a origem da matéria orgânica, contudo, não obteve sucesso.

Portanto, para uma melhor acurácia das estimativas é indispensável um bom número de amostras que possam cobrir bem a área de estudo, diminuindo os vazios entre amostras e, assim, as incertezas. Além disso, para haver uma comparação entre períodos de cheia e seca é necessário uma série temporal maior, visto que somente comparando dados de dois períodos (um de cada época) não se pode ter certeza que as variáveis se comportem sempre daquele jeito, em todos os ciclos.

Conclui-se também que mesmo após a transformação da distribuição para a normal, estes ainda são difíceis de trabalhar, devido à baixa variabilidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBOSA, C. C. F. **Sensoriamento remoto da dinâmica de circulação da água do sistema planície de Curai/Rio Amazonas**. 286 p. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2005.

BOX G.E.P.; COX D.R. An analysis of transformations. **Journal of the Royal Society**, 26: 211-252, 1964.

BREZONIK, P. L.; OLMANSON, L. G.; FINLAY, J. C.; BAUER, M. E. Factors affecting the measurement of CDOM by remote sensing of optically complex inland waters. **Remote Sensing of Environment**, v. 157, p. 199-215, 2015.

BURROUGH, P.A. Spatial aspects of ecological data. In: JONGMAN, R.H.; ter BRAAK, C.J.F.; TONGEREN, O.F.R., **Data analysis in community and landscape ecology**. Wageningen, Pudoc, p.213-251, 1987.

CAMARGO, E. C. G.; FUCKS, S. D.; CÂMARA, G. A análise espacial de superfícies. Capítulo 3. In: **Análise espacial de dados geográficos**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, São José dos Campos, 2002.

Fee, E. J., Hecky, R. E., Kasian, S. E.M., & Cruikshank, D. R.. Effects of lake size, water clarity, and climatic variability on mixing depths in Canadian Shield lakes. **Limnology and Oceanography**, 41, 912–920, 1996.

HANSON, P. C.; PACE, M. L.; CARPENTER, S. R.; COLE, J. J.; STANLEY, E. H. Integrating landscape carbon cycling: research needs for resolving organic carbon budgets of lakes. **Ecosystems**, v. 18(3), p. 363-375, 2015.

KUTSER, T.; ALIKAS, K.; KOTHAWALA, D. N.; KÖHLER, S. J. Impact of iron associated to organic matter on remote sensing estimates of lake carbon content. **Remote Sensing of Environment**, v. 156, p. 109-116, 2015.

MELLO, C. R.; LIMA, J. M.; SILVA, A. M.; MELLO, J. M.; OLIVEIRA, M. S. Krigagem e inverso do quadrado da distância para interpolação dos parâmetros da equação de chuvas intensas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 5, p. 925-933, 2003.