



XV ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE SEDIMENTOS

03 a 06 de outubro de 2022
Campo Grande/MS

Promoção:
ABRHidro
Associação Brasileira de Recursos Hídricos

Uso de tecnologia óptica para análise de sólidos em suspensão: comparação entre aplicação *in situ* e análises laboratoriais

Liege F. K. Wosiacki¹; Tobias Bleninger² & Heloise Garcia Knapik³

ABSTRACT – Neste estudo foram analisadas e comparadas a concentração de sólidos em suspensão obtidas por amostragem de água seguida de análise gravimétrica (método convencional) e por medições *in situ*, com o equipamento LISST-200x (método óptico), em 6 (seis) pontos de monitoramento no reservatório do Rio Passaúna (divisa entre os municípios de Campo-Largo-PR e Curitiba-PR). As campanhas ocorreram em agosto de 2018 e fevereiro de 2019, períodos seco e chuvoso, respectivamente, com coletas sendo realizadas em diferentes níveis de profundidade, resultando em um total de 31 amostras. As comparações foram feitas sob duas formas de análise: (a) correlação entre os resultados do método convencional e do método óptico e (b) pela obtenção direta da concentração de sólidos em suspensão a partir da conversão das medições resultantes do método óptico (usualmente em unidades de concentração volumétrica), em concentração mássica, tendo como fator de conversão a densidade da partícula. Os resultados das comparações mostraram que as concentrações obtidas pelo método óptico foram de 2 (duas) até 20 (vinte) vezes maiores do que as concentrações obtidas pelo método convencional, quando a conversão do método óptico é feita através da densidade da partícula. O que indica que a correlação direta das medições de campo pode resultar em valores de CSS mais elevados do que os valores reais. O método de correlação direta, apresenta resultados mais confiáveis, uma vez que existe uma relação com o dado convencional medido em campo. No entanto, esta técnica requer um maior esforço e tempo para que a curva de correlação seja obtida a partir de uma série histórica robusta, com uma maior variação da curva, desde concentrações mais baixas até valores extremos mais altos.

Palavras-Chave – LISST-200X, Concentração de Sólidos Suspensos.

1 - INTRODUÇÃO

Embora de extrema importância nas disciplinas ambientais, o monitoramento de sólidos em suspensão é um procedimento trabalhoso, que demanda muitas etapas de coleta e análise. Em geral, o monitoramento é executado esporadicamente e em períodos de baixa energia fluvial, sem levar em conta períodos chuvosos ou de eventos extremos.

1) Eng. Ambiental, liegewosiacki@gmail.com

2) Professor, Universidade Federal do Paraná, DEA/UFPR, bleninger@ufpr.br, 41-3361-3012

3) Professora, Universidade Federal do Paraná, DSH/UFPR, heloise.dhs@ufpr.br, 41-987217577



XV ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE SEDIMENTOS

03 a 06 de outubro de 2022
Campo Grande/MS

Promoção:
ABRHidro
Associação Brasileira de Recursos Hídricos

Nesse sentido, além dos métodos convencionais, como amostragem de água seguida de análises gravimétricas laboratoriais (APHA, 1999 and Carvalho, 2008), há uma crescente busca pela validação de métodos que venham a complementar e tornar mais rápida e frequente a análise de sólidos em suspensão, tais como: métodos ópticos e acústicos. Entre os métodos ópticos destaca-se os equipamentos de medição *in situ* da série LISST (*Laser In-Situ Scattering Transmissiometer*) da Sequoia Scientific, Inc, objeto de pesquisa apresentado neste estudo.

A tecnologia LISST mede o espalhamento do sinal luminoso incidente sobre uma partícula, obtendo assim uma distribuição do tamanho da partícula (*Particle Size Distribution – PSD*), que posteriormente, após alguns passos matemáticos, este é convertido para uma distribuição volumétrica (*Volumetric Distribution - VD*), entregando ao usuário concentrações volumétricas de sedimento - CSS [$\mu\text{L/L}$]. Embora consistente, tal unidade não é facilmente intercambiável para unidades mássicas, mais frequentemente presente nas séries históricas oficiais.

Dessa forma, este estudo visa comparar os resultados obtidos por medições realizadas *in situ* com o LISST-200X com resultados laboratoriais para análise de sólidos em suspensão, considerando dados obtidos no reservatório do Rio Passaúna, no município de Curitiba/PR, a fim de verificar as melhores práticas para utilização dos dados ópticos para não somente compor as séries históricas, mas permitir o aumento da frequência das medições, principalmente em períodos extremos de chuva, quando é mais perigoso para as equipes coletarem amostras para as análises.

2 - MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 - Área de Estudo

O local de estudo é o Reservatório do Rio Passaúna, localizado na fronteira oeste do município de Curitiba (PR) – Figura 1. Em agosto de 2018 e fevereiro de 2019 foram conduzidas medições ao longo de 6 (seis) pontos de monitoramento localizados no interior do reservatório – *Dam, Intake, Center, Park, PPA e Ferraria Bridge*), para as quais foram realizadas medições em diferentes profundidades.

Ao todo foram coletadas e analisadas 31 (trinta e uma) amostras, sendo 14 (quatorze) no período seco e 17 (dezessete) no período chuvoso.

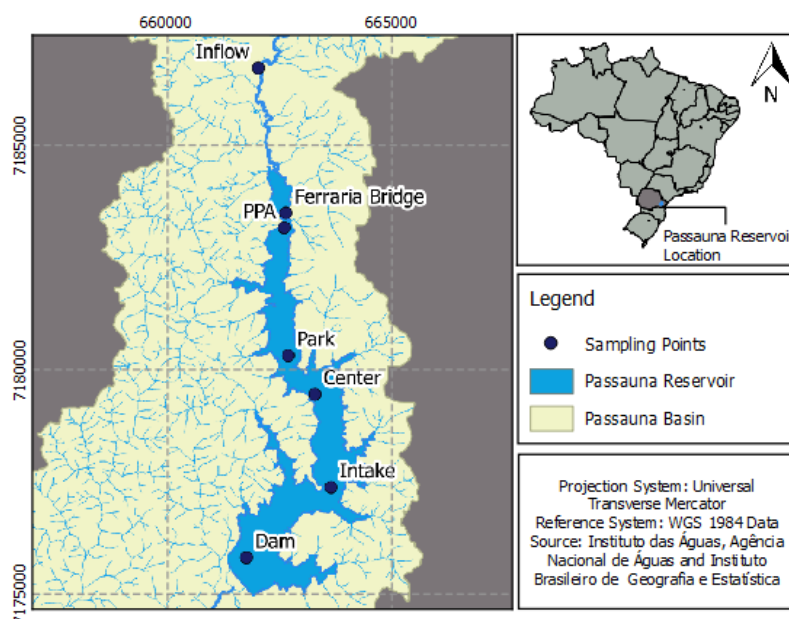


Figura 1 – Localização do Reservatório do Rio Passaúna e dos pontos monitorados.

(Fonte: Autoria Própria).

2.2 - Equipamentos utilizados e procedimentos de campo

Durante as campanhas foram realizadas medições com o equipamento LISST-200X (Figura 2a), da marca *Sequoia Inc.*, seguidas de amostragem de água, utilizando a Garrafa Van Dorn (Figura 2b), para análise laboratorial dos sólidos em suspensão. Os procedimentos foram executados lado a lado, nos mesmos pontos e profundidades, a fim de garantir as condições para comparação entre os dados obtidos.



Figura 2 – Equipamentos utilizados: (a) LISST-200X da Sequoia Scientific, (b) Garrafa Van Dorn.

(Fonte: Autoria Própria).

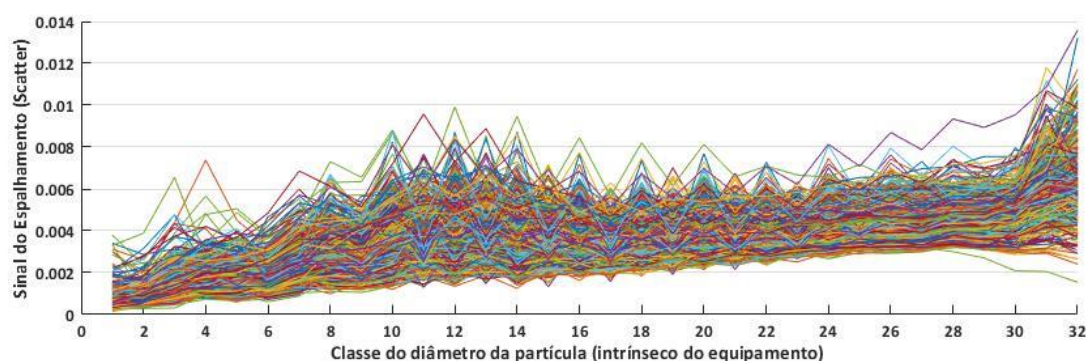
2.3 - Processamento de dados

2.3.1 - LISST-200X

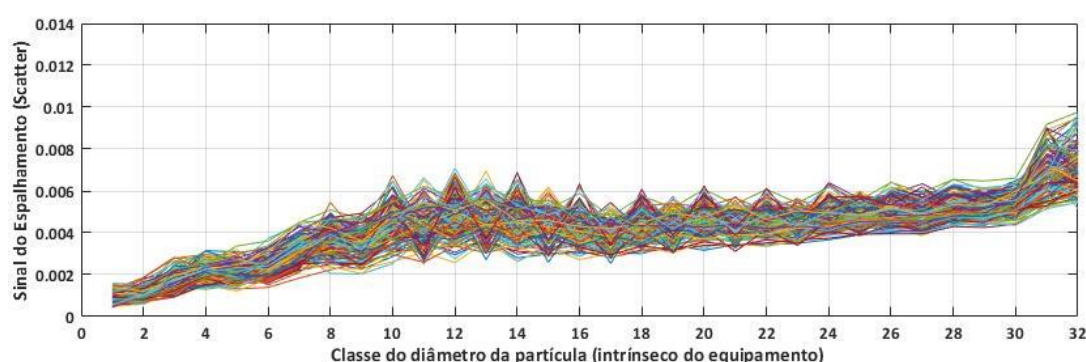
Em geral as medições com o LISST-200X podem ser afetadas por diferentes fatores, sejam ambientais (iluminação, bolhas, etc.) ou de manuseio, e para obtenção de dados mais confiáveis, é necessário considerar um critério de filtragem. O primeiro critério a ser considerado são os valores

da resposta do sinal luminoso que deve sempre estar entre 0,3 e 0,98, conforme recomendações do fabricante. Adicionalmente, após a filtragem recomendada pelo fabricante (SEQUOIA, 2018), aplicou-se um segundo critério que é o método do quantil ($Q1 - 25\%$ and $Q3 - 75\%$) seguido da média móvel, com intervalo de 5 medições, a fim de evitar valores atípicos e variações abruptas no dado a ser analisado, evitando assim possíveis incertezas relacionadas a determinação das concentrações de sólido nos passos seguintes. Procedimento similar foi adotado por Boss et al (2018), considerando somente os dados entre os percentis 15% e 75%.

A Figura 3 apresenta o resultado da filtragem dos dados antes (Figura 3a) e após (Figura 3b) a sequência de passos previamente mencionados. Conforme pode ser observado, a filtragem permitiu a exclusão de sinais dispersos que podem ter sido causados por fatores intrínsecos do meio, como turbulência, microbolhas, micro estratificação ou fatores humanos como manuseio do equipamento, entre outros.



(a)



(b)

Figura 3 – Análise e tratamento do sinal luminoso: (a) antes da filtragem e (b) após a filtragem.

2.3.2 - Análises Laboratoriais

As análises laboratoriais foram executadas a partir do método gravimétrico para determinação de Sólidos em Suspensão indicado por APHA (1999), que considera a diferença de

peso entre a amostra seca e úmida, considerando um volume constante de amostra em cada análise.

No laboratório, além da obtenção da CSS, procedeu-se a determinação da densidade da partícula, com base no protocolo de análise de solos recomendado pela EMBRAPA (1997). O procedimento consiste na determinação do volume de álcool necessário para completar a capacidade de um balão volumétrico, contendo sedimento seco em estufa, previamente pesado.

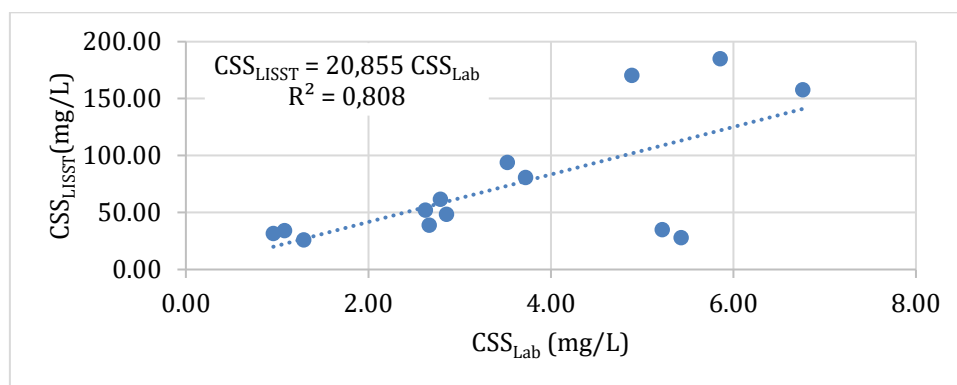
A determinação da densidade da partícula, permitirá a conversão dos dados obtidos do monitoramento com LISST-200X (que é dado em concentração volumétrica - $\mu\text{L/L}$), em concentração mássica (mg/L) para comparação com os dados laboratoriais.

3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta seção irá apresentar os resultados da correlação entre os dados de CSS obtidas a partir das análises laboratoriais e os dados de CSS obtidos a partir das medições do LISST-200X, considerando duas abordagens: (a) correlação direta entre CSS mássica obtida em laboratório e CCS volumétrica obtida *in situ* pelo LISST-200X e (b) pela obtenção direta da concentração de sólidos em suspensão a partir da conversão das medições do LISST-200X considerando o fator de conversão, ρ_s , que é a densidade da partícula ($=1,62 \text{ kg/L}$) – Equação 1.

$$CSS_m = \rho_s \times CSS_v \quad (1)$$

A Figura 4 apresenta a correlação mássica entre os resultados das análises laboratoriais (CSS_{Lab}) e das medições feitas pelo LISST-200X obtidas pela conversão apresentada na Equação 1.



(a)

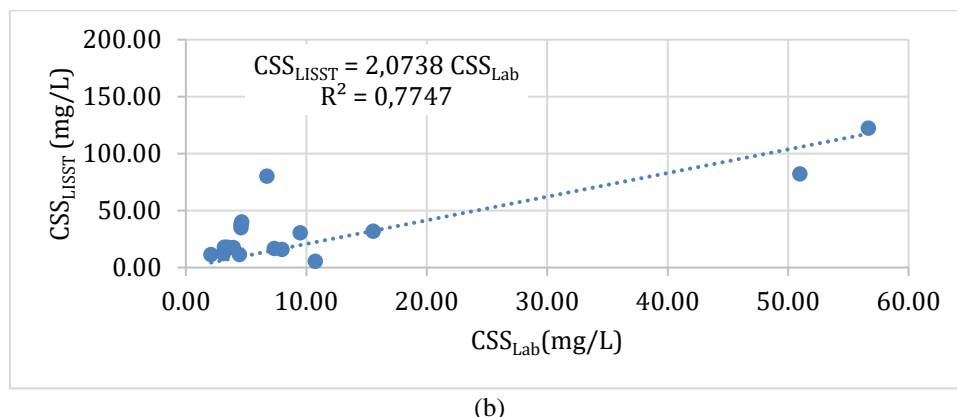
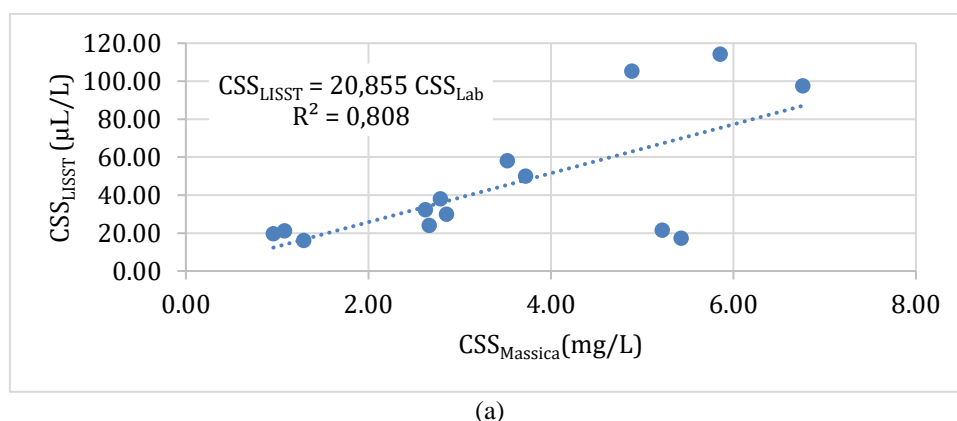


Figura 4 – Correlação mássica entre os dados convertidos do LISST-200X (SSC_{LISST} em mg/L) e laboratorial (SSC_m em mg/L) para o conjunto de dados obtidos em (a) Agosto de 2018 – período seco e em (b) Fevereiro de 2019 – período chuvoso.

Em agosto de 2018 a correlação foi espalhada ao longo da curva de ajuste, cuja concentração variou de um mínimo de 1 mg/L para um máximo de 7 mg/L. Já para fevereiro de 2019 o padrão de correlação observado foi diferente, devido às altas concentrações medidas na Ponte Ferrara (até 50mg/L).

A comparação entre os dois períodos indica uma diferença entre as correspondências de período seco e chuvoso, provavelmente relativo às baixas concentrações obtidas em todos os pontos medidos, sendo observado que no período seco a CSS mássica obtida pelo LISST-200X foi aproximadamente 20,8 vezes maior do que a CSS real, obtida em laboratório. Já no período chuvoso, observa-se que a CSS mássica obtida pelo LISST-200X foi aproximadamente 2,07 vezes maior do que a CSS real, obtida em laboratório.

Uma outra forma de análise dos dados pode ser obtida por correlação direta. A Figura 5 apresenta a correlação entre as concentrações volumétricas obtidas *in situ* com o equipamento LISST-200X e a concentração mássica obtida pelo método gravimétrico, em laboratório.



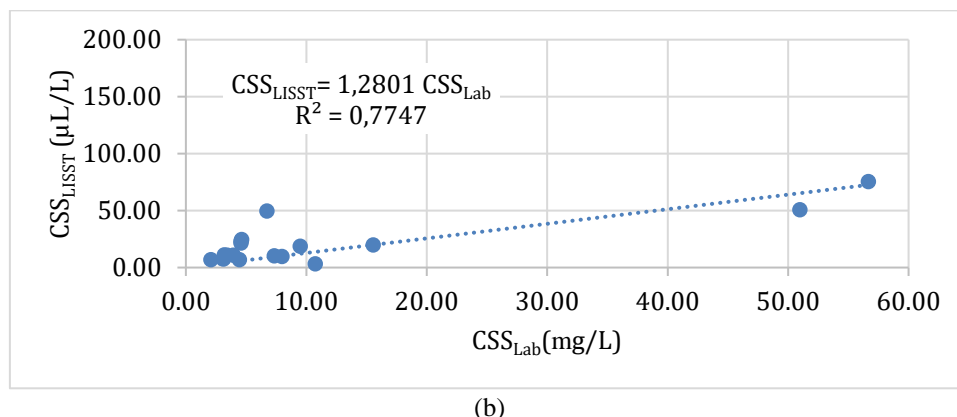


Figura 5 – Correlação entre as medições *in situ* (SSC_{LISST} em $\mu L/L$) e laboratorial (SSC_m em mg/L) para o conjunto de dados obtidos em (a) Agosto de 2018 – período seco e em (b) Fevereiro de 2019 – período chuvoso.

A partir dos resultados fica evidente que o coeficiente angular, equivalente ao fator de conversão dado pela relação apresentada na Equação 1, tem uma relação estritamente matemática e não pode ser explicado pelo valor da densidade da partícula, ρ_s . A partir de análises laboratoriais, onde uma grande quantidade de água foi concentrada e seca, a fim de obter uma quantidade significativa de sedimento para realizar o procedimento de análise de densidade sedimentar, o valor médio da densidade sedimentar ficou em torno de 1,62 kg/L . O que é muito diferente de qualquer coeficiente obtido pelas curvas ajustadas apresentadas.

4 - CONCLUSÃO

Os resultados obtidos por medições diretas, considerando a conversão da concentração volumétrica obtida *in situ*, a partir da densidade da partícula, não se mostraram confiáveis uma vez que as concentrações obtidas pelo LISST-200X foram de 2 (duas) até 20 (vinte) vezes maiores do que as concentrações reais (método gravimétrico), indicando que a correlação direta das medições de campo pode resultar em valores de CSS mais elevados do que os valores reais.

Por outro lado, a correlação entre os dados laboratoriais e as medições *in situ* apresentou os melhores resultados, uma vez que estamos comparando resultados de uma tecnologia mais consolidada (método gravimétrico) com as medições obtidas *in situ* (método óptico). No entanto, para que se estabeleça uma curva de correlação confiável para ser aplicada diretamente sobre os dados medidos em campo, faz-se necessária uma série histórica robusta, com uma maior variação da curva, desde concentrações mais baixas até valores extremos mais altos. Além disso, as curvas não são intercambiáveis, sendo específicas de cada local, devido as características dos sólidos presentes.



XV ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE SEDIMENTOS

03 a 06 de outubro de 2022
Campo Grande/MS

Promoção:
ABRHydro
Associação Brasileira de Recursos Hídricos

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Ambiental (PPGERHA), ao Laboratório de Engenharia Ambiental Francisco Borsari Netto (LABEAM), ao Instituto Tecnológico de Transporte e Infraestrutura (ITTI) e a coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo suporte através das bolsas de estudo. Tobias Bleninger agradece o apoio da bolsa de produtividade do Conselho Nacional de Pesquisa, CNPq, processo: 312211/2020-1, edital: no. 09/2020

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. [S.l.]: Amer. Public Health Assn, 1999. ISBN 0875532357.

BOSS, E.; Haëntjens, N.; Westberry, T. K.; Karp-Boss, L.; Slade, W. H.; "Validation of the particle size distribution obtained with the laser in-situ scattering and transmission (LISST) meter in flow-through mode," OPTICS EXPRESS 11125v.26, n.9., Apr 2018. doi: <https://doi.org/10.1364/OE.26.011125>

HAUN, S.; LIZANO, L. Sensitivity analysis of sediment flux derived by laser diffraction and acoustic backscatter within reservoir. International Journal of Sediment Research, p. 18–26, 2018.

Klassen, I., Hillebrand, G., Olsen, N. R. B., Vollmer, S., Lehmann, B., and Nestmann, F.: Flocculation processes and sedimentation of fine sediments in the open annular flume – experiment and numerical modeling, Earth Surf. Dynam. Discuss., 1, 437-481, <https://doi.org/10.5194/esurfd-1-437-2013>, 2013.

RAUEN, W. B.; CASTRO, C. O. de; SILVA, M. G. da. Caracterização hidrossedimentológica do rio passauna, pr, brasil, a partir de dados históricos. In: XX Simposio Brasileiro de Recursos Hídricos. [S.l.: s.n.], 2017.

SAUNITI, R. M.; FERNANDES, L. A.; BITTENCOURT, A. V. L. The study of passauna's river barrage with its reservoir sedimentation, curitiba-pr. Boletim Paranaense de Geociências, v. 54, p. 65–82, 2004.

SEQUOIASCI. Processing LISST-100 and LISST-100x Data in Matlab. 2015. Online. Available at: <https://www.sequoiasci.com/article/processing-lisst-100-and-lisst-100xdata-in-matlab/>.

SEQUOIA. LISST-200x Particle Size Analyzer – User's Manual. [S.l.], 2018. Available at: https://www.sequoiasci.com/wp-content/uploads/2016/02/LISST100X_Users_Manual_v1_3B.pdf