

CORRELAÇÃO ENTRE A TURBIDEZ E A CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS SUSPENSOS NAS ÁGUAS DA BACIA DO RIO PIRANGA

AMANDA R. M. DE OLIVEIRA¹, ALISSON C. BORGES², ANTONIO T. DE MATOS³, MOYSÉS NASCIMENTO⁴, SÍLVIA HELENA G. FERREIRA⁵.

¹Eng^a Agrícola e Ambiental, Doutoranda em Engenharia Agrícola na Universidade Federal de Viçosa, UFV, Viçosa – MG, Fone: (0XX31) 3899.1871, amanda.moreira@ufv.br.

²Eng^o Civil, Prof. Associado, Depto. de Engenharia Agrícola, DEA/UFV, Viçosa – MG.

³Eng^o Agrícola, Prof. Titular, Depto. de Engenharia Sanitária e Ambiental, DESA/UFMG. Belo Horizonte – MG.

⁴Estatístico, Prof. Adjunto, Depto. de Estatística, DET/UFV, Viçosa – MG.

⁵Acadêmica, Engenharia Agrícola e Ambiental, DEA/UFV. Viçosa - MG.

Apresentado no
XLVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2017
30 de julho a 03 de agosto de 2017 - Maceió - AL, Brasil

RESUMO: Sabendo da relação entre a concentração de sólidos suspensos totais (SST) e a turbidez nas águas, e que a análise da turbidez é feita de forma mais rápida e menos dispendiosa, objetivou-se com este trabalho a busca de uma relação entre a concentração de SST e turbidez para a bacia do rio Piranga. Para tal, fez-se uso da base de dados de qualidade das águas superficiais do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM). Procedeu-se o pré-tratamento dos dados utilizando-se a técnica do *boxplot* ajustado, seguido do ajustamento de curvas para os períodos de cheia e estiagem. Posteriormente, verificou-se a possibilidade de uma curva única para ambos os períodos por meio da técnica das variáveis *dummy*. Com os resultados observou-se que a técnica do *boxplot* ajustado mostrou-se útil para dados ambientais. Obtiveram-se relações lineares com valores de R^2 maiores que 0,6, contudo, não foi possível o desenvolvimento de um modelo único para ambos os períodos. Conclui-se que os modelos gerados apresentaram bons ajustes, podendo ser utilizados para prever a concentração de SST em função da turbidez. Porém, cada período apresenta particularidades que foram refletidas nos modelos de predição.

PALAVRAS-CHAVE: técnicas robustas; *boxplot* ajustado; variáveis *dummy*.

RELATIONSHIP BETWEEN TURBIDITY AND THE CONCENTRATION OF SUSPENDED SOLIDS IN THE WATERS OF THE PIRANGA RIVER BASIN

ABSTRACT: Given the known relationship between total suspended solids (TSS) and turbidity in the water and also knowing that turbidity analysis is performed faster and at a lower cost, the aim of this work was to search for a relationship between TSS and turbidity for the Piranga river basin. The water quality database of the Minas Gerais Water Management Institute (IGAM) was used for this purpose. The data were pre-treated using the adjusted boxplot technique. Curves were then adjusted for the flood and dry seasons. Subsequently, the possibility of a unique curve for both seasons was verified through the technique of dummy variables. The results show that the adjusted boxplot technique proved to be useful for environmental data. Linear relationships with R^2 values greater than 0.6 were obtained. It was not possible to develop a unique model for both periods. The generated models presented good adjustments, being able to be used to predict the concentration of TSS as a function of

turbidity. However, each period presents its particularities that were reflected in the prediction models.

KEYWORDS: robust techniques; adjusted boxplot; dummy variables.

INTRODUÇÃO: Para se praticar um modelo de desenvolvimento sustentável, faz-se essencial uma gestão eficiente dos recursos hídricos (PINHEIRO et al., 2013); assim, o monitoramento regular da qualidade das águas é de suma importância, embora não se trate de prática fácil (GOHER et al., 2014). A quantificação da concentração de SST na água pode não ser uma tarefa tão fácil, devido à falta de tempo ou equipamentos, ou por causa de falhas no teste. Torna-se necessário, então, o desenvolvimento de métodos simples, práticos e de custo reduzido para a boa gestão dos recursos hídricos, de forma a garantir os seus usos múltiplos. Seguindo esta linha de raciocínio, outro parâmetro, que pode dar indicativos da concentração de SST, sendo de fácil mensuração, é a turbidez. A turbidez é quantificada pelo método nefelométrico, que se baseia na comparação da intensidade de luz espalhada pela amostra em condições definidas, com a intensidade da luz espalhada por uma suspensão considerada padrão (APHA et al., 2012). O equipamento utilizado para a leitura é o turbidímetro, sendo a turbidez expressa em unidades nefelométricas de turbidez (NTU). Sabendo da existência de uma relação direta entre a concentração de sólidos suspensos presentes na água e sua turbidez e que a análise da turbidez se processa de forma mais rápida e com menor custo, neste trabalho teve-se por objetivo a busca de uma relação entre a concentração de sólidos suspensos totais a partir dos dados de turbidez, em águas da bacia do rio Piranga.

MÉTODOS: Para buscar uma relação entre a concentração de SST e turbidez, foi feito o levantamento da base de dados de qualidade da água superficial disponibilizada pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) no “Portal InfoHidro”, no qual estão apresentados os resultados de monitoramento da qualidade das águas superficiais e subterrâneas do estado de Minas Gerais, desde 1997 – conhecido como “Projeto Águas de Minas”. A área de estudo escolhida foi a Unidade de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos do rio Piranga (UPGRH Piranga). A frequência das análises variou entre semestral, quadrimestral, trimensal e mensal. Ao todo, foram analisados os dados gerados em 795 coletas realizadas em toda UPGRH Piranga, entre os anos 1997 e 2014. Primeiramente, procedeu-se o pré-tratamento dos dados. Para valores censurados, que se encontravam abaixo do limite mínimo de detecção, ocorreu a substituição dos mesmos pela metade do limite mínimo de detecção; já os valores que se encontravam acima do limite máximo de detecção foram mantidos (SABINO et al., 2014). Para a investigação e posterior eliminação dos *outliers* foi utilizado o método do *boxplot* ajustado, proposto por VANDERVIERE e HUBERT (2004), que pode ser encontrado no pacote *robustbase* do *software* R. Após o pré-tratamento dos dados, modelos de regressão não robustos foram ajustados, considerando o regime pluviométrico da unidade – chuvoso, que estende de outubro a março; e seco, que se estende de abril a setembro (PIRH-DOCE, 2010). Para isso, utilizou-se o pacote *Action Stat* no *software* Excel. De posse dos modelos devidamente ajustados, buscou-se verificar a igualdade dos modelos de regressão cheia/seca. Isto é, avaliar entre as funções se os parâmetros estimados são estatisticamente iguais, com o intuito de se obter uma única equação. Para tal, utilizou-se o método das variáveis *dummy*, utilizando-se o *software* R. Segundo MAGALHÃES e ANDRADE (2009), o método das variáveis *dummy* consiste na inclusão de variáveis binárias aditivas e multiplicativas, as variáveis *dummy*, que assumem valores 0 e 1. Então, novos modelos, incluindo essas variáveis, são ajustados e seus coeficientes testados para verificação se há ou não a igualdade dos modelos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Utilizando-se o *boxplot* ajustado, a quantidade dos valores que se enquadraram como sendo discrepantes reduziu em quase 10%, comparado ao *boxplot* original. VANDERVIERE e HUBERT (2004) explicaram que, quando os dados são distorcidos, geralmente muitos pontos são classificados como *outliers*, pois os valores de corte são derivados da distribuição normal e, caso sejam eliminados das análises, poderão comprometer a veracidade dos resultados. Na Figura 1 pode-se observar a diferença entre os intervalos de tolerância entre o *boxplot* original e o *boxplot* ajustado.

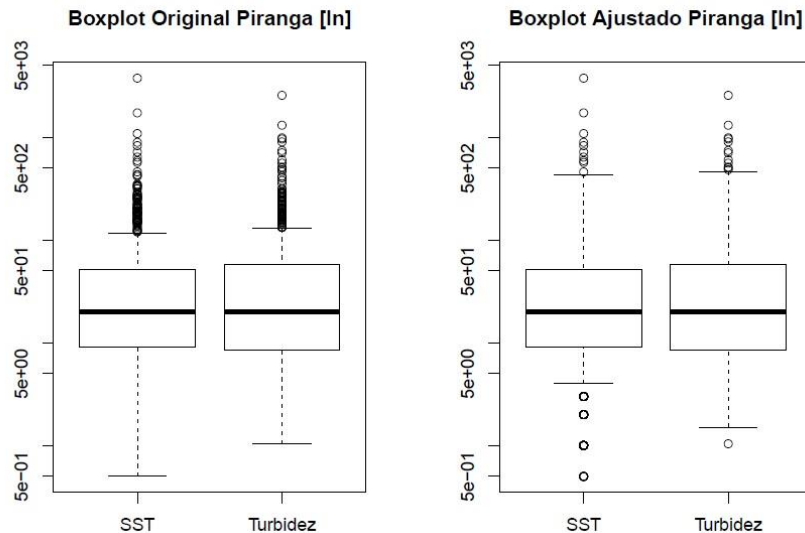


FIGURA 1. Comparação do método do *boxplot* original e *boxplot* ajustado.
*A representação dos dados na forma de logaritmo natural foi feita para melhor visualização dos limites.

Após o pré-tratamento dos dados restaram, aproximadamente, 88% do total de coletas iniciais. Ajustando modelos lineares simples (Figura 2) para os períodos chuvoso e seco foram obtidos coeficientes de determinação (R^2) de 0,71 e 0,87, respectivamente.

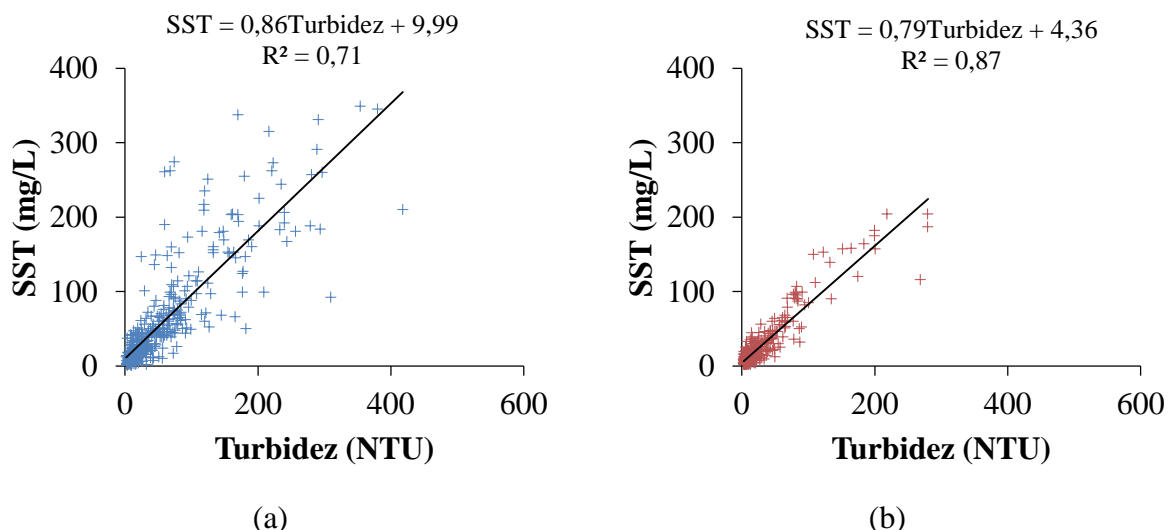


FIGURA 2. Modelos ajustados para os períodos de chuvoso (a) e seco (b).

Para BARROS NETO et al. (2007), modelos com $R^2 < 0,60$ devem ser usados somente como indicadores de tendência, nunca para fins preditivos. Logo, os modelos ajustados poderão ser utilizados com finalidade de prever a concentração de SST. O baixo valor de R^2 no período

chuvoso, comparado ao período seco, provavelmente se deve ao fato de algumas amostras apresentarem o valor da turbidez elevado, porém a concentração de SST baixa. Este fato pode ser consequência de uma alta concentração de argila ou silte (água barrenta), ou seja, elevada concentração de sólidos coloidais. Estes sólidos podem ser contabilizados na turbidez em algum momento de turbulência da água; porém, não são considerados na concentração de SST, já que, para isso, os sólidos devem apresentar tamanho entre $10^0 \mu\text{m}$ a $10^3 \mu\text{m}$, e os sólidos coloidais se encontram na faixa de $10^{-3} \mu\text{m}$ a $10^0 \mu\text{m}$ (VON SPERLING, 2014). Estes pontos devem ter comprometido o melhor ajuste do modelo no período chuvoso. Testando os coeficientes do modelo gerado de todo banco de dados (cheia e seca) e incluindo as variáveis *dummy*, para verificar se os parâmetros estimados nos modelos de cheia e seca são estatisticamente iguais, percebe-se evidências amostrais de que os modelos apresentam paralelismo (sendo que os coeficientes angulares foram iguais, após o uso do método das variáveis *dummy*), porém não possuem igualdade de intercepto. Logo, faz-se necessário um modelo para cada período da UPGRH Piranga.

CONCLUSÕES: Com base nos resultados obtidos, pode-se concluir que os modelos gerados com os dados de concentração de SST e turbidez apresentaram bons ajustes, podendo, assim, serem utilizados para prever a concentração de sólidos suspensos totais em função da turbidez. Não foi possível, entretanto, o ajuste de um modelo único para ambos os períodos.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem ao CNPq, ao IGAM e ao CBH-Doce.

REFERÊNCIAS: APHA [American Public Health Association]; AWWA [American Water Works Association]; WEF [Water Environment Federation]. Standard methods for the examination of water and wastewater, 22nd ed. APHA/AWWA/WEF, Washington. 2012.

BARROS NETO, B.; SCARMINIO, I. S.; BRUNS, R. E. Como fazer experimentos: pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria, 3ª ed. Campinas: Editora Unicamp, 2007.

GOHER, M. E.; HASSAN, A. M.; ABDEL-MONIEM, I. A.; FAHMY, A. H.; EL-SAYED S. M. Evaluation of surface water quality and heavy metal indices of Ismailia Canal, Nile River, Egypt. *Egyptian Journal of Aquatic Research*, v. 40, p. 225–233, 2014.

MAGALHÃES, S. R.; ANDRADE, E. A.. Teste Para Verificar a Igualdade de Modelos de Regressão e uma Aplicação na Área Médica. *e-xacta*, v. 2, n. 1, p. 34–41, 2009.

PINHEIRO, R. B.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; SILVA, S.R.; MEDEIROS, Y. D. P., AURELIANO, J. T. Outorga para lançamento de efluentes – Uma metodologia de apoio à gestão de recursos hídricos. *RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 18, n.4, p. 55-65, 2013.

PIRH-DOCE – CONSÓRCIO ECOPLAN LUME (2010). Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Doce e Planos de Ações para as Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos no Âmbito da Bacia do Rio Doce. Volume I, 478 p.

SABINO, C. V. S.; LAGE, L. V.; ALMEIDA, K. C. B.. Uso de métodos estatísticos robustos na análise ambiental. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, Edição especial, p. 87-94, 2014.

VANDERVIERE, E.; HUBERT, M. An adjusted boxplot for skewed distributions. *COMPSTAT 2004, proceedings in computational statistics*. Springer, Heidelberg, p. 1933-1940, 2004.

von SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 4ª, Belo Horizonte: UFMG, 2014. 452p.