

XI SIMPÓSIO DE RECURSOS HIDRÍCOS DO NORDESTE

CALIBRAÇÃO DE TURBIDÍMETRO PARA ESTIMATIVA DA CONCENTRAÇÃO DE SEDIMENTO EM SUSPENSÃO COMO PARÂMETRO DE QUALIDADE

*Valdemir de Paula e Silva Junior*¹; *Abelardo Antônio de Assunção Montenegro*²; *José Roberto Lopes da Silva*³; *Rafaelle Hevelin Rêgo Barros Lacerda*⁴ & *Paulo Sergio Duarte*⁵

RESUMO – A área em estudo está localizada no município do Cabo de Santo Agostinho – PE, e caracteriza-se por compreender uma área urbana e rural densamente povoada, com intensas atividades urbanas, industriais e agrícolas. Por outro lado, encontram-se na área de interesse importantes complexos fluvio-estuarinos. Para calibração da turbidez foram coletadas oito amostras de água e realizadas seis coletas de solo, que foram homogeneizadas e transformadas em uma solução padrão, para serem diluídas, resultando em um total de dezoito amostras. As coletas água e de solo ao longo da bacia e do rio principal, permitiram adequado ajuste da equação do índice de turbidez (NTU) com relação a concentração de sedimentos em suspensão (Css), proporcionando um coeficiente de determinação de 92%. A grande quantidade de sedimentos em suspensão nas amostras coletadas elevaram os valores de turbidez, observando-se que 44% das amostras estavam com níveis elevados segundo a Resolução CONAMA 257/05.

ABSTRACT - The studied area located in the Cabo de Santo Agostinho – PE municipality being characterized by comprising an area densely populated urban and rural, with intense urban activities, industrial and agricultural. On the other hand, there are important complex-river estuaries in the area. For turbidity calibration, eight water samples and six soil samples, were taken, homogenized and processed in a standard solution to be diluted resulting in a total of eighteen samples. The collected water and soil along the basin and the river, allowed a good fit of the turbidity equation (NTU) with respect to suspended sediment concentration (Css), providing a determination coefficient equal to 92%. The large amount of suspended sediments in the samples collected increased the turbidity values, where 44% of the samples presented levels according to CONAMA Standard 257/05.

Palavras-Chave – Turbidez, qualidade de água.

¹) Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE/DTR Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos - CEP: 52171-900 - Recife/PE, fone: (81) 3320-6264, e-mail: depaulajr22@yahoo.com.br.

²) Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE/DTR Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos - CEP: 52171-900 - Recife/PE, fone: (81) 3320-6264, e-mail: abelardo.montenegro@yahoo.com.br.

³) Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE/DTR Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos - CEP: 52171-900 - Recife/PE, fone: (81) 3320-6264, e-mail: rlopes.s@gmail.com

⁴) Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE/DTR Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos - CEP: 52171-900 - Recife/PE, fone: (81) 3320-6264, e-mail: rafaelle.lacerda@yahoo.com.br.

⁵) Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE/DTR Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos - CEP: 52171-900 - Recife/PE, fone: (81) 3320-6264, e-mail: Paulo_ceeda@hotmail.com.

1- Introdução

A pressão antrópica em estuários acelera o desmatamento, consequentemente provocando a erosão hídrica do solo, causando assim danos ao ambiente, acelerando a degradação de mangues e rios.

Os sedimentos resultantes do processo de erosão acabam sendo transportados principalmente pela ação do escoamento das águas, influenciados pelas condições locais e pela granulometria dos sedimentos. De acordo com Carvalho (1994), o transporte de sedimento ocorre principalmente nos cursos de água, sendo que 70 a 90% da quantidade transportada ocorrem no período das chuvas.

A erosão, o transporte de sedimentos nos cursos d'água e o assoreamento de rios e reservatórios têm causado vários danos ambientais e econômicos, inclusive a diminuição da vida útil de aproveitamento de recursos hídricos. Dessa forma, torna-se indispensável a realização de estudos sedimentológicos para monitoramento e quantificação de tais processos (Carvalho *et al.* 2005).

Os sedimentos em suspensão são partículas muito finas, com predomínio da fração argila, com alta capacidade de transporte e elevado potencial poluidor. Se os sedimentos forem oriundos de locais com elevada carga de pesticidas ou fertilizantes, e ao chegar aos cursos e reservatórios d'água, os mesmos irão adsorver moléculas e íons, afetando a qualidade dos mananciais (Pellegrini, 2005).

À medida que a cidade se urbaniza, em geral, ocorre o: (i) aumento das vazões máximas devido ao aumento da capacidade de escoamento através de condutos e canais e impermeabilização das superfícies; (ii) aumento da produção de sedimentos devido à desproteção das superfícies e a produção de resíduos sólidos; (iii) e a deterioração da qualidade da água, devido a diversas ações antrópicas diretas (Tucci, 1997).

A turbidez corresponde à redução da transparência da água, ocasionada pelo material em suspensão, que reflete a luz, dificultando a sua passagem pela solução. A quantificação de luz refletida pelas partículas suspensas possibilita estabelecer uma ordem de grandeza de sólidos em suspensão na amostra (Tomazoni *et al.* 2005). A técnica mais adequada para medir a turbidez é a Nefelometria. Por essa metodologia mede-se a quantidade de material sólido suspenso, a partir da luz dispersa. O nefelômetro é um instrumento que realiza essa medida, sendo constituído basicamente por fonte luminosa, cuba de amostra e fotodetector, instalado em ângulo de 45 ou 90° em relação à fonte de luz (APHA, 1992). Segundo Lopes *et al.* (2007), a turbidez tem sido adotada em diversos estudos para a determinação da qualidade da água, geralmente associada à erosão acelerada ou ao lançamento de efluentes domésticos em cursos fluviais.

De modo geral, as águas doces são distribuídas em classes segundo a sua qualidade e destino, conforme Resolução CONAMA-357/05. A qualidade da água pode ser avaliada através de parâmetros específicos, cor e turbidez podendo ser mensuráveis fisicamente, por serem visíveis (Luíz *et al.* 2012).

A Resolução CONAMA- 357/05 apresenta em seu Capítulo II, Seção I, artigo 4º, a distribuição dessas águas doces em quatro classes: Classes I, II e III, podem ser destinadas ao abastecimento humano após algum tipo de tratamento. Classe IV, podendo ser destinadas apenas para navegação e harmonia paisagística (BRASIL, 2005).

A região em estudo vem sofrendo profundas modificações ao longo do tempo, em função do desenvolvimento econômico e ocupação acelerada, capaz de comprometer a qualidade e quantidade os recursos hídricos disponíveis para manutenção da fauna e flora local.

Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivo ajustar a calibração de um turbidímetro, para obtenção de uma curva-padrão como uma medida indireta da concentração de sedimentos em suspensão produzidos nos principais.

2 - Material e Métodos

2.1 – Caracterização da área

A Unidade de Planejamento Hídrico UP15, que corresponde ao grupo de bacias de pequenos rios litorâneos 2 - GL2, está localizada no litoral do Estado de Pernambuco, entre 08° 02' 42" e 08° 25' 59" de latitude sul, e 34° 52' 27" e 35° 23' 06" de longitude Oeste. O grupo GL2 limita-se ao norte com a bacia do rio Capibaribe (UP2), ao sul com a bacia do rio Ipojuca (UP3), a leste com o Oceano Atlântico e a oeste com as bacias dos rios Capibaribe e Ipojuca.

Situada na Zona da Mata Sul, o GL-2 é formado por rios que desembocam no Oceano Atlântico. Sua rede hidrográfica é composta basicamente pelos rios Jaboatão e Pirapama, com seus afluentes, à exceção de suas porções nordeste e sudeste, que são representadas pelos estuários dos rios Tejiú e dos rios Massangana e Tatuoca, respectivamente.

O presente trabalho foi desenvolvido nesta Unidade de Planejamento. Os rios litorâneos, embora de dimensões reduzidas, são de grande importância para a manutenção dos ecossistemas e das comunidades locais. A unidade de preservação do Engenho Tiriri é cortada pelos Rios Massangana e Tabatinga, bem como pelos seus afluentes.

A Figura 1 apresenta a localização da bacia, com pontos de monitoramento da CPRH.



Figura 1 - Localização da área. (Fonte: Google Earth, 2012)

2.2 - Clima

O clima da região de interesse é tropical quente e úmido, do tipo As' segundo a classificação de Köppen, caracterizado por apresentar temperatura média anual do ar de 26°C e precipitação média anual e evaporação, respectivamente de 2076 e 1558 mm.

A região apresenta dois períodos bem distintos: o seco, que se estende de setembro a fevereiro, quando a média mensal de precipitação é menor que 60 mm e a taxa de evaporação excede a precipitação, e o chuvoso, de março a agosto, com metade da precipitação anual ocorrendo entre abril e junho, onde a precipitação algumas vezes excede 300 mm/mês e o balanço hidrológico é fortemente positivo. Predominam os ventos alísios vindos principalmente de E-SE, no período de abril a setembro, e de N-NE, quando sopram de outubro e março. A maior intensidade dos ventos ocorre durante os meses de agosto e setembro.

2.3 – Procedimentos Metodológicos

2.3.1 – Escolha dos pontos de coleta

O local para a coleta das amostras de solo da bacia e as amostras dos potes de água com sedimentos suspensos, foram definidos seguindo critérios de representatividade da geomorfologia da região; proximidade do estuário do rio em estudo, onde possivelmente encontraria uma poluição mais acentuada; proximidade das possíveis fontes poluidoras e principalmente facilidade e condições de acesso adequadas, tendo em vista que são áreas em sua grande maioria ocupações ilegais.

2.3.2 – Calibração do Equipamento

Uma das alternativas para a estimativa da medição da concentração de sedimentos em suspensão (C_{ss}) deve-se ao fato de ser possível monitorar a turbidez da água através do turbidímetro.

Para a leitura da turbidez das amostras foi utilizado um turbidímetro marca/modelo HANNA, HI 98703 (Figura 2).



Figura 2 - Turbidímetro Hanna, modelo HI 98703

Para calibração da curva da concentração de sedimentos foi realizada com base na relação da medida em NTU e a quantidade de sedimentos, a partir de dois tipos de coletas: coletas de solo em torno da bacia e as coletas de água realizadas ao longo do leito do rio. Segundo Manz *et al* (2011) a

relação turbidez/sólidos suspensos não é universal, tornando-se necessário calibrar o sensor de turbidez para as características sedimentológicas locais.

Foram realizadas seis coletas de solo em áreas que representavam o solo da bacia, a partir da homogeneização dessas obteve-se uma amostra composta. A amostra foi seca em estufa a uma temperatura de 105°C, durante um período de vinte e quatro horas, em seguida foram retirados os materiais que não fossem solo, utilizado-se de peneiras e retiradas manuais.

A partir dessa amostra foi pesada 250g, onde foi adicionado um volume de 1000 ml de água deionizada para obtenção de uma solução padrão. Essa amostra foi agitada utilizando-se de um bastão de vidro, onde após quinze minutos em repouso foi coletada uma solução padrão, onde através dessa solução obtiveram-se dez amostras com uma diluição de 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100 ml/250 ml.

Para o segundo tipo de amostra foram coletadas oito amostras do rio. Os potes que foram utilizados para as coletas eram enxaguados pelo menos três vezes com a água a ser coletada. Sempre que possível, era preenchido todo o volume da garrafa (1000 ml) com a amostra de água evitando a presença de ar dentro da garrafa para previne a deterioração das amostras.

Em seguida todas as soluções obtidas das amostras de solo da bacia e das coletas de água do rio foram filtradas pelo método gravimétrico, utilizando um conjunto de filtração pela base e uma bomba de sucção a vácuo (Figura 3).



Figura 3 - Conjunto de filtração a vácuo para a retirada do material em suspensão

Após a filtração das amostras utilizando filtro (nitrato de celulose) tamanho: 0,47cm e malha de 0,45µm, as membranas eram postas em latas de alumínio, onde ambas eram pesadas antes e depois

da sucção com o auxílio de uma Balança analítica com capacidade de 210g e amplitude de 0,0001g em seguida as amostras foram postas para secar em estufa a uma temperatura de 100°C por vinte e quatro horas. Essa metodologia simples para operar tem uma precisão considerável (Carvalho, 1994).

Para determinação da reta de regressão utilizou-se o softwar estatístico SISVAR versão 5.3 (Ferreira, 2008) e para verificar coeficiente de regressão utilizou-se o teste “t” de Student, adotando-se o nível de probabilidade de 5%.

3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

As medições das concentrações de sedimentos em suspensão e suas respectivas leituras de turbidez das seis amostras coletadas do solo da bacia e das oito amostras de água do podem ser vistas na Tabela 1 e 2 respectivamente.

Tabela 1 - Amostras de solo, com a concentração de sedimentos (mg L^{-1}) e suas respectivas leituras de turbidez (NTU) da diluição da solução

Amostras Solução ml/250ml	Css (mg L^{-1})	NTU
0	0	0,24
10	3,2	24,9
20	19,2	35
30	40,4	34,5
40	69,6	93,7
50	83,6	100
60	85,6	102
70	85,2	111
80	118	101
90	118,8	108
100	119	110

Tabela 2 - Amostras de água do rio com a concentração de sedimentos (mg L^{-1}) e suas respectivas leituras de turbidez (NTU)

Amostras	Css (mg L^{-1})	NTU
1	14,07	24,9
2	19,2	35
3	40,4	34,5
4	69,6	93,7
5	83,6	100
6	85,6	102
7	85,2	111
8	118	101

A relação da turbidez e a concentração de sedimentos vêm se tornando cada vez mais utilizada pela sua praticidade e economia. Manz *et al.* (2011) relata que o monitoramento convencional é um processo oneroso e intensivo em mão de obra.

Com a utilização das tabelas acima com as coletas realizadas ao longo do leito do rio e de solo obteve-se a relação das medidas em NTU e concentração de sedimentos em suspensão (Figura 4).

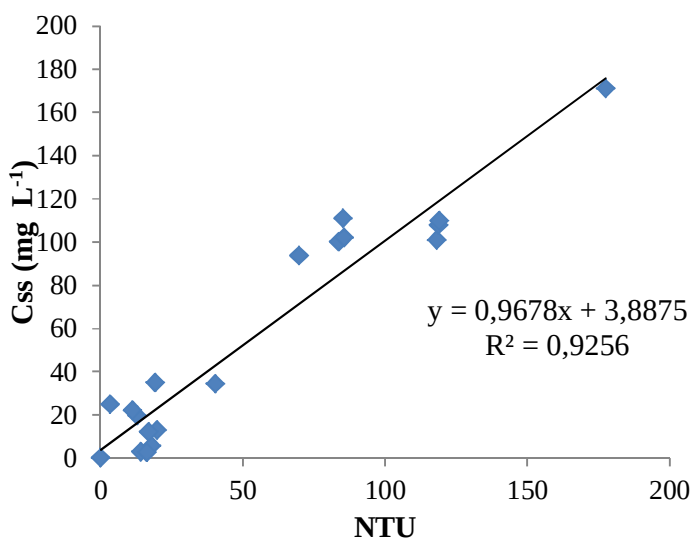


Figura 4 - Relação entre a turbidez (NTU) e a concentração de sedimentos (mg L^{-1}).

Obteve-se um bom ajuste da curva de calibração, apresentando $R^2 = 92\%$, sendo significativo a 5% de probabilidade pelo teste “t” de Student.

Com relação à qualidade da água do rio no tocante às classes segundo a RESOLUÇÃO 257/05 (CONAMA), 33% das amostras coletadas se encontrariam na Classe I, 22% na Classe II ou Classe III e 44% das amostras analisadas estariam classificadas como Classe IV.

Vale ressaltar que todas as coletas foram realizadas em períodos em que não houve precipitação durante as coletas de campo e nem ocorreram chuvas antecedentes às mesmas. Caso contrário, certamente valores mais elevados de turbidez, seriam encontrados elevando para Classes seguintes com relação aos padrões da Resolução CONAMA. De acordo com Luíz *et al.*(2012), a ocorrência de chuvas de altas intensidades e concentradas podem gerar alterações relevantes nas concentrações de sedimentos em cursos d'água.

Com isso, a turbidez pode ser adotada como parâmetros de qualidade ambiental na área de estudo. De acordo com Raposo *et al.*(2009), a turbidez é um dos principais parâmetros de qualidade das águas capaz de demonstrar alterações na dinâmica de sedimentos e uma bacia como consequência da erosão acelerada.

5 – CONCLUSÃO

- 1) O índice de turbidez pode ser utilizado para estimativa da concentração de sedimentos em suspensão da bacia, devidamente calibrado, com solução padrão.
- 2) As coletas água e de solo ao longo da bacia e do rio permitiram o bom ajuste da equação do índice de turbidez (NTU) com relação a concentração de sedimentos em suspensão (C_{ss}), proporcionando um $R^2 = 92\%$.
- 3) A grande quantidade de sedimentos em suspensão nas amostras coletadas e preparadas da solução padrão elevou os valores de turbidez, onde 44% das amostras estavam com níveis elevados segundo a Resolução CONAMA 257/05, classificando esse percentual como sendo uma água de Classe IV.

BIBLIOGRAFIA

APHA. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. (1992). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 18 ed. Washington, APHA, AWWA, WEF.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº 357 de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e da outras providências. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br>>. Acesso em 11 jun. 2012.

CARVALHO, N. O; Salgado, J. C. M.; Ross, J.; Ruiz, N. C. P.; Silva, L. F. A.; Mesquita, J. B.; Goulart Netto, A. A.; Silva, L. P. (2005). *Revisão dos estudos sedimentológicos o rio Madeira e Marmoré, RO*. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 16, 2005, João Pessoa. Anais... João Pessoa: ABRH, 2005. CD-ROM.

CARVALHO, N. O. *Hidrossedimentologia Prática*. CPRM-ELETROBRÁS. Rio de Janeiro. (1994)

FERREIRA, D. F. SISVAR (2008). *Um programa para análise e ensino de estatística*. Revista Symposium, v.6, pp.36-46.

LOPES, F. W. A.; DUTRA, G. C.; PEREIRA, J. A.; CARVALHO, L. M. T. (2007) *Avaliação da influência de áreas de solo exposto sobre a qualidade das águas do Ribeirão Carranca – MG*. In: Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Florianópolis: pp. 3421-3428.

LUÍZ, A. M. E.; PINTO, M. L. C.; SCHEFFER, E.W.O.(2012). *Parâmetros de cor e turbidez relacionados aos usos do solo e à morfometria da bacia hidrográfica do rio Taquaral, São Mateus do Sul-PR*. Caminhos de Geografia. Uberlândia-PR, v.13, n.41, p.52-67, 2012. Disponível em:<<http://www.ig.ufu.br/revista/caminhos>>. Acesso em 11 jun.2012.

MANZ, R. E.; SANTOS, I.; DE PAULA, E. (2011). *Avaliação do comportamento do transporte de sedimentos em suspensão por meio de monitoramento automático da turbidez*. Org. por Lima, J.E.F.W e Lopes, W.T.A., ABRH, ed. Brasília – DF, pp. 157 – 174.

PELLEGRINI, J. B. R. (2005). *Fósforo na água e no sedimento na microbacia hidrográfica do Arroio Lino - Agudo – RS*. Dissertação (Mestrado em Ciências do solo) - Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS).

RAPOSO, A.A.; BARROS, L. F.P; MAGALHÃES JÚNIOR, A.P. (2009). *O parâmetro de turbidez das águas como indicador de impactos humanos na dinâmica fluvial da bacia do Rio Maracujá – Quadrilátero*. In: XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. 13, 2009, Viçosa. Trabalho completo. Disponível em: <<http://www.geo.ufv.br/simposio>>. Acesso em 11 jun.2012.

TOMAZONI, J. C.; MANTOVANI, L. E.; BITTENCOURT, A. V. L.; ROSA FILHO, E. F. (2005). *Utilização de medidas de turbidez na quantificação da movimentação de sólidos por veiculação hídrica nas bacias dos rios Anta Gorda, Brinco, Coxilha Rica e Jirau – sudoeste do estado do Paraná*. Boletim Paranaense de Geociências, n. 57, p. 49-56, 2005. Editora UFPR.

TUCCI, C. E. M. (1997). *Plano diretor de drenagem urbana: princípios e concepção*. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. v.2, n.2, pp. 74-95.