



Encontro Técnico  
**AESABESP**

Congresso Nacional  
de Saneamento e  
Meio Ambiente

# RESÍDUOS SÓLIDOS - 34ETC-06336

## AVALIAÇÃO DA CORRELAÇÃO ENTRE TURBIDEZ E COR APARENTE E LODO GERADO EM ÁGUA TRATADA COM PAC

Nome do Autor Principal: Renan Felício dos Reis

Nomes dos demais Autores: Diego Gouveia Marques; Miriã Camargo Felício

Instituição ou endereço para contato: IFSP – Câmpus São Roque

**OBJETIVOS** DE DESENVOLVIMENTO  
SUSTENTÁVEL

# Lodo de ETA

- Resíduo tipo 2-A não inerte - ABNT NBR 10004;
- Disposição em aterros sanitários – custos associados;
- PNRS – Resíduos devem ser reutilizados;
- Geração relacionada à qualidade da água bruta, químicos empregados, vazão de operação;
- Métodos de quantificação:
  - Testes em ETA piloto e jar test;
  - Equações empíricas;

# Ensaio de jar test de coagulação-floculação

- Consiste de água bruta, adição de coagulante e alcalinizante, aplicação de gradientes hidráulicos e tempos no reator;
- Procedimento de rotina em ETAs;
- Preparação dos reagentes e testes de bancada para obtenção do pH de coagulação demandam tempo, laboratórios equipados com vidrarias e balanças e gasto de reagentes.

# Equações empíricas

- Variáveis diversas: Dosagem de químicos, sólidos totais, turbidez, cor, aditivos;
- Association Francaise Pour L'étude Des Eaux (AFFE, 1982)
- $P = (1,2 \times T + 0,07 \times C + 0,17 \times D + A) \times 10^{-3}$   
P = Produção de sólidos (kg de massa seca/m<sup>3</sup> de água bruta); D= Dosagem de sulfato de alumínio (mg L<sup>-1</sup>); C = cor aparente da água (uC); A = Aditivos.
- Premissas e aproximações: sem validade universal;

# Equações empíricas

- Propostas simplificadas:
- AWWA (1978):  $P = 3,5 \cdot 10^{-3} \cdot Tu^{0,66}$   
Tu = Turbidez (NTU); P = Estimativa de lodo seco gerado (kg de massa seca por m<sup>3</sup> de água tratada)
- Franco (2009)-ETA Mata do Seminário:  $P = 0,8559 \cdot Tu^{1,0623}$  (R<sup>2</sup>=0,98)
  - Criar modelos específicos para uma ETA podem fornecer resultados satisfatórios.

# Objetivos

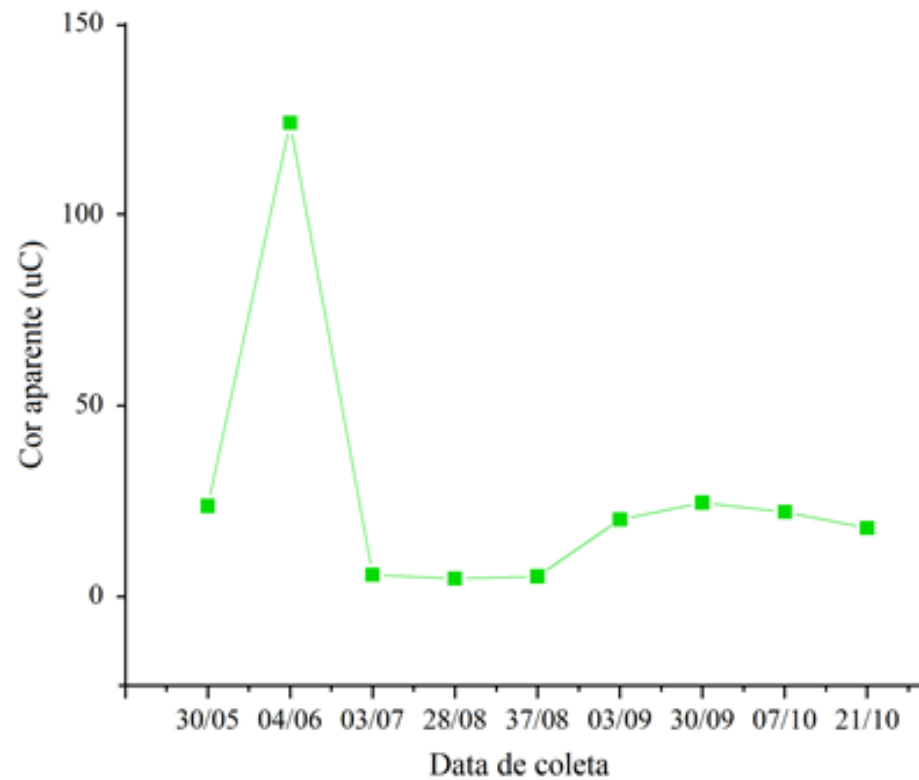
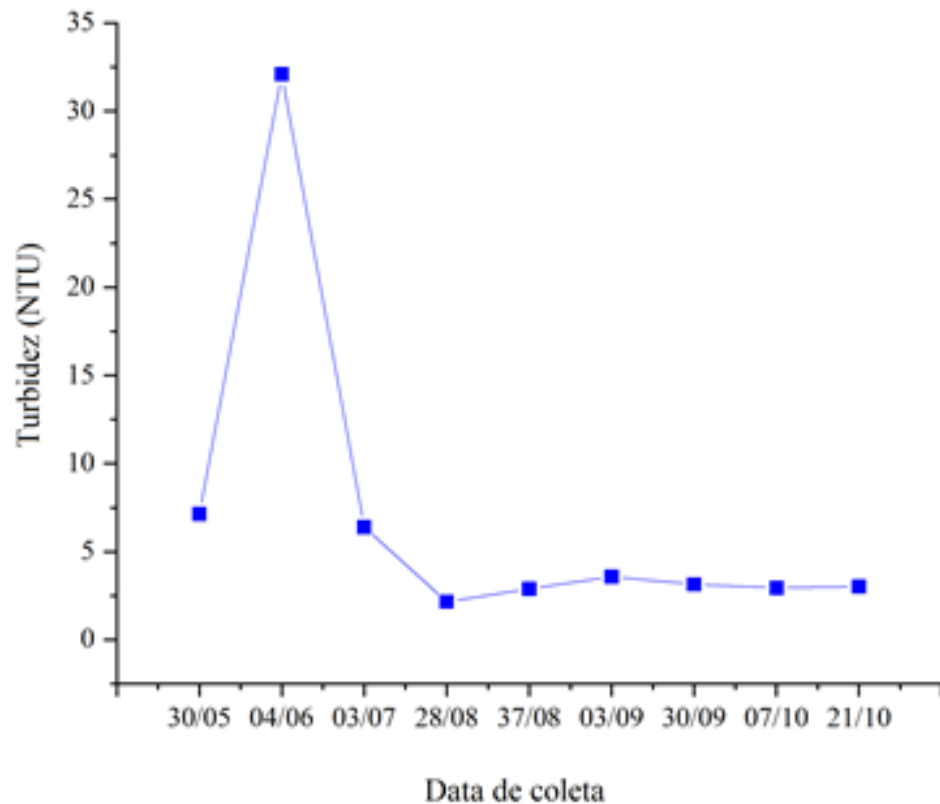
- Avaliar a correlação de turbidez e cor aparente da água bruta com a geração do lodo de ETA por meio de ensaio de jar test seguido da filtração do lodo e secagem;
- Verificação de proposta de equação empírica específica para a ETA estudada;
- Objetivos específicos:
  - Ensaio de jar test não convencional: coleta de amostras desestabilizadas em ponto após mistura rápida (água coagulada);
  - Agrupamento de dados para melhores resultados;

# Metodologia

- Coleta em ponto após a mistura rápida – calha parshal;
- Realização das etapas de mistura lenta e sedimentação em jar test;
- Filtração em papel filtro;
- Secagem em estufa a 105°C por 24h;
- Aferição da massa seca.

# Resultados

- 10 amostras em duplicata entre maio e outubro de 2019;



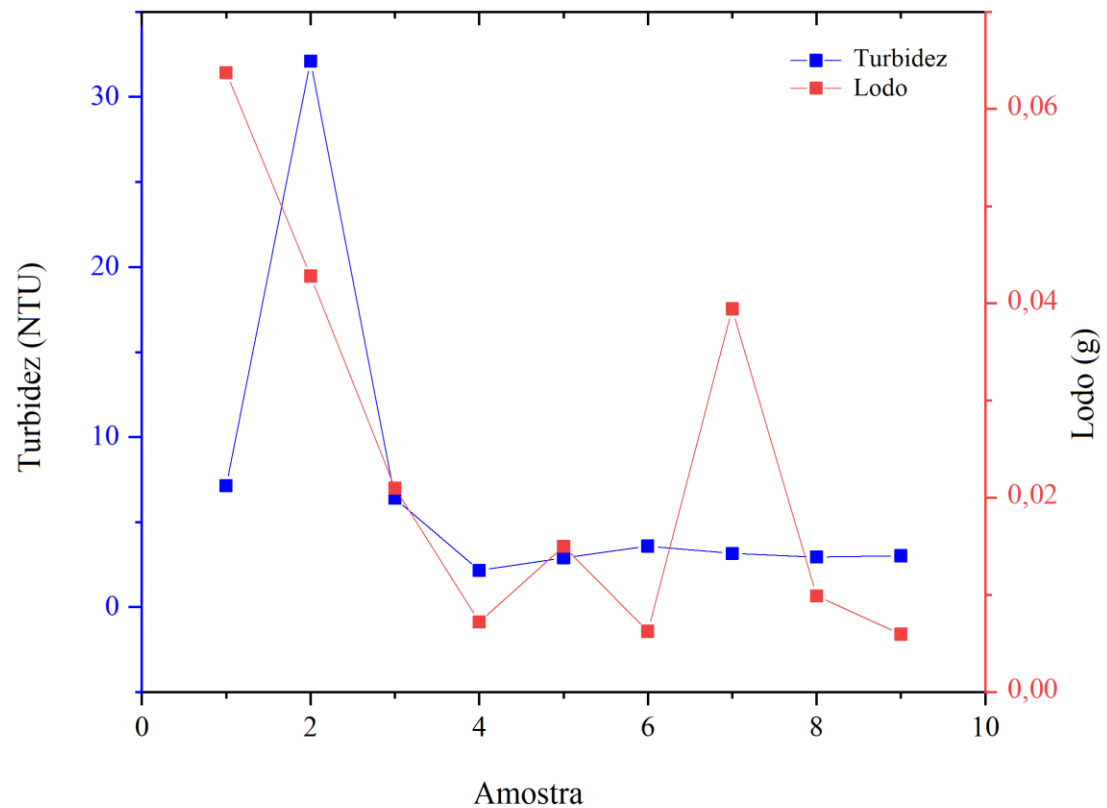
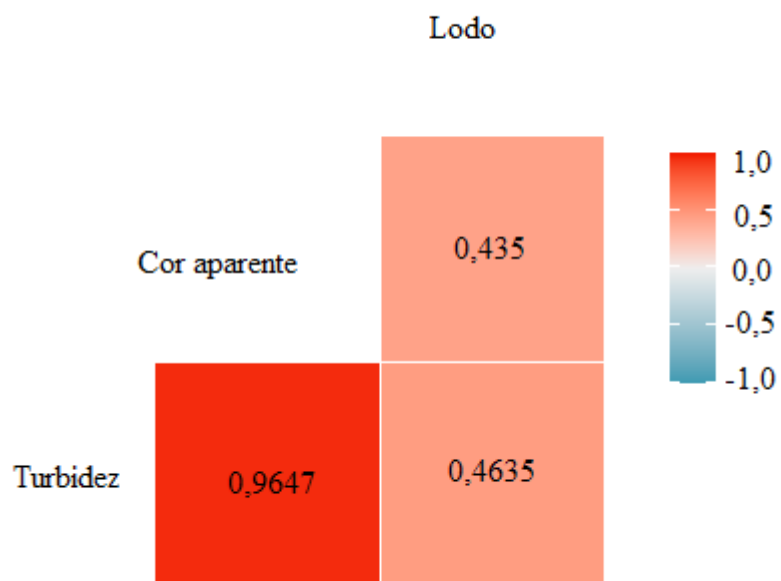


# Resultados

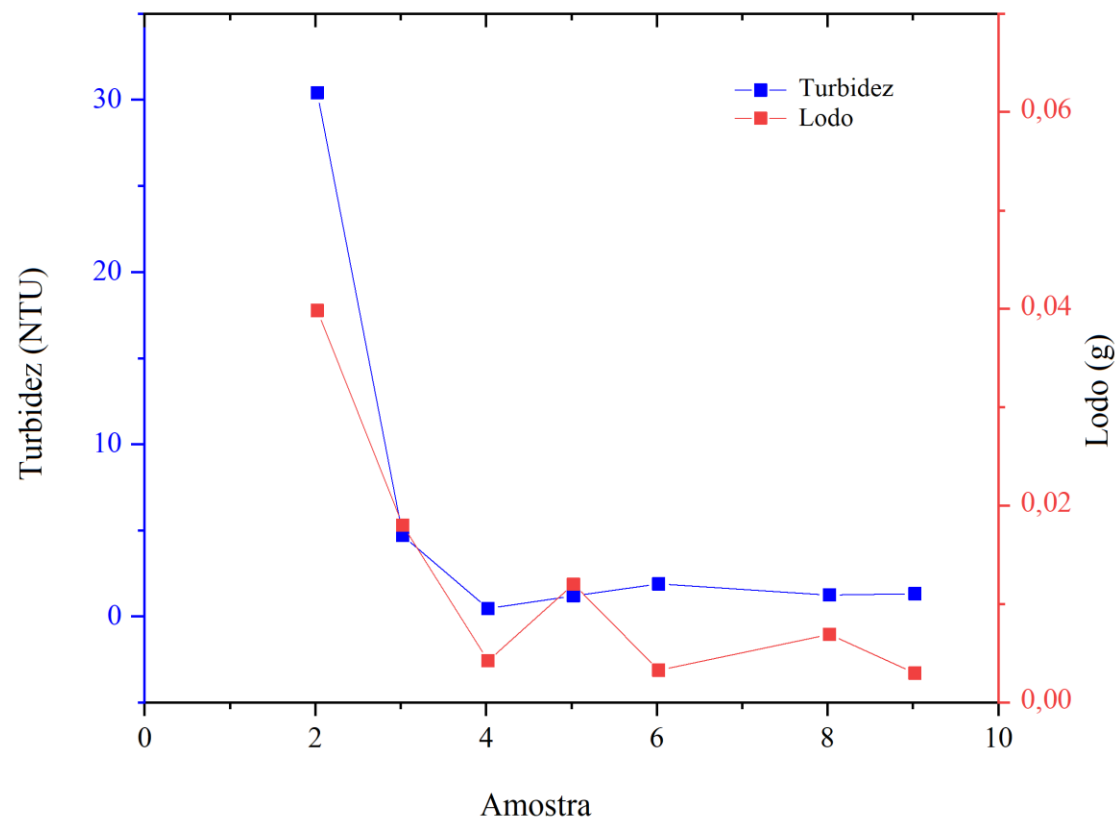
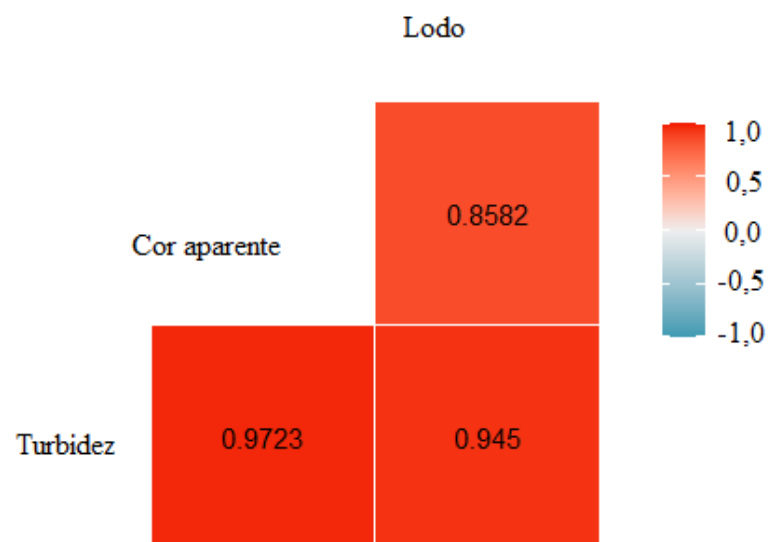
- Formação de flocos visível e retenção no papel filtro;
- Umidade do papel filtro interferiu na massa final: adotada secagem do papel filtro;



# Correlação de Pearson

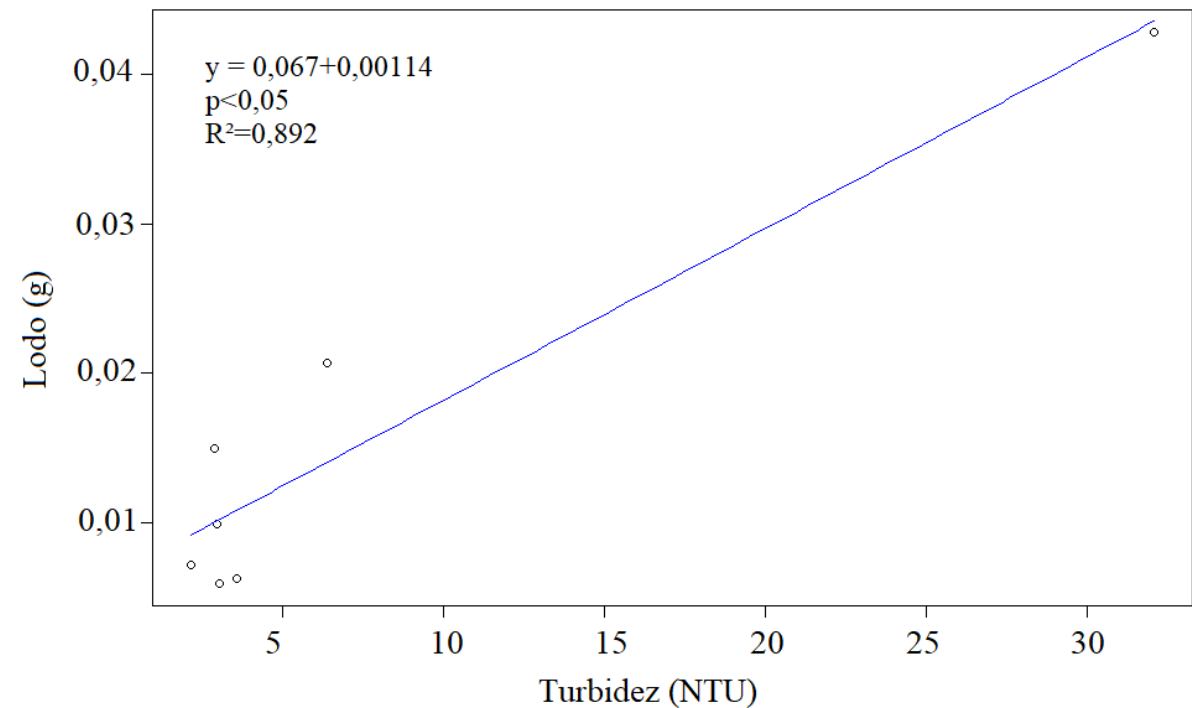
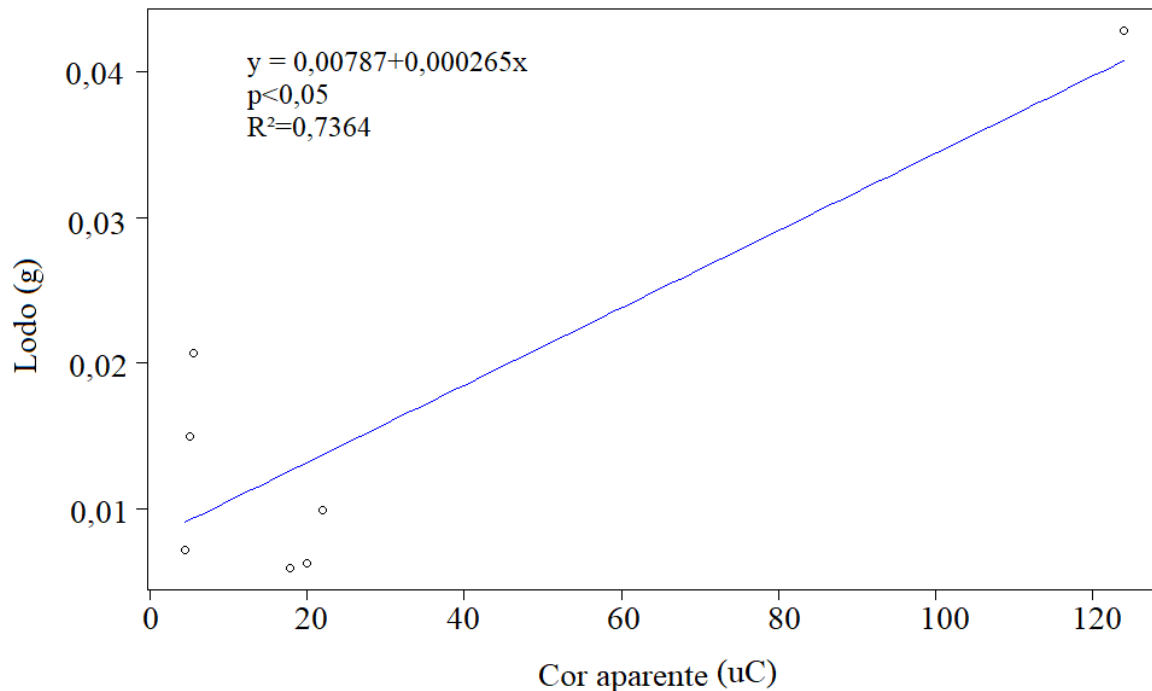


# Correlação de Pearson



# Regressão linear

- Regressões significativas a 5% de significância;
- Coeficiente de determinação  $R^2$  de 0,892 para a relação turbidez x lodo;
- Amostra com maior valor de cor e turbidez pode distorcer o modelo.

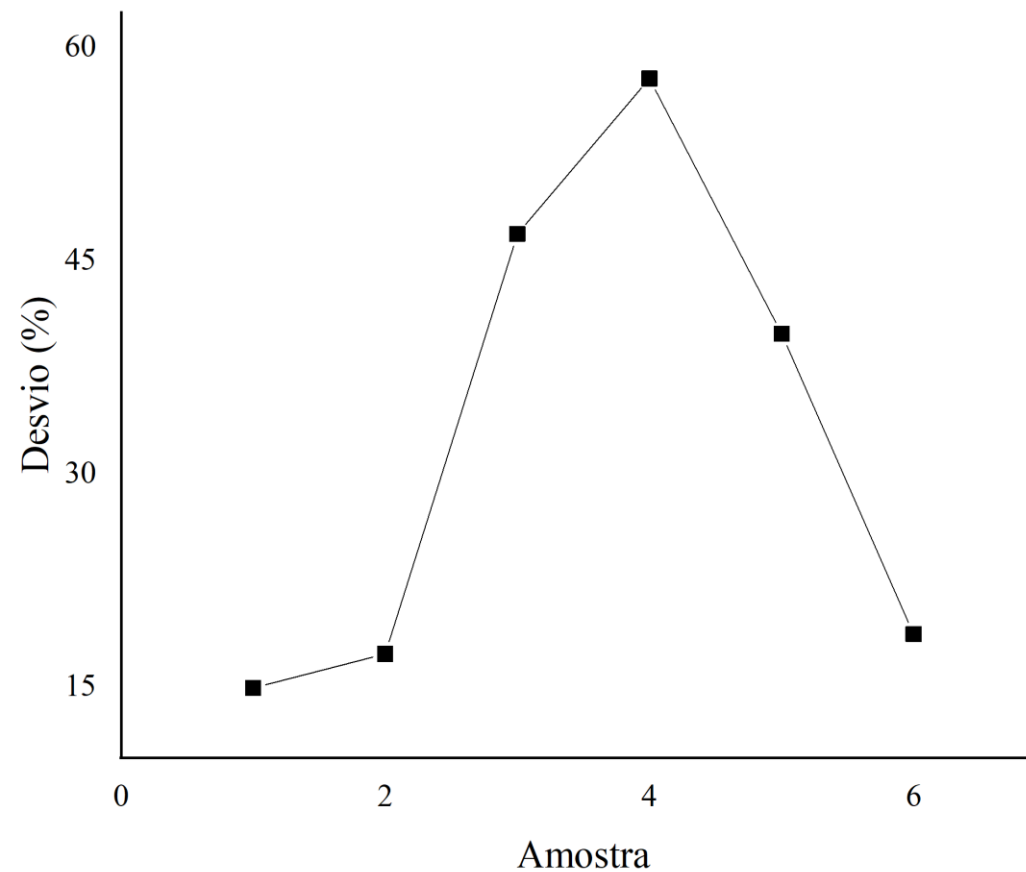
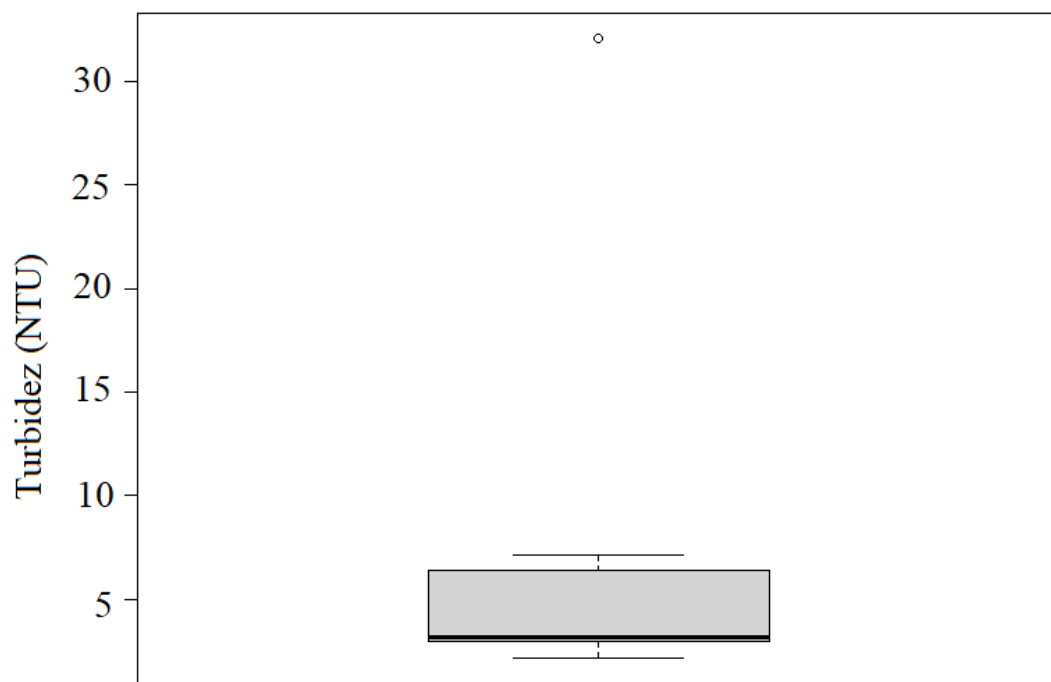


# Fator de proporcionalidade ( $F_p$ )

- $F_p = \frac{Tu}{P}$  ou  $\frac{C}{P}$
- $P = F_p^{-1} \times Tu^1$  ou  $P = F_p^{-1} \times C^1$   
( $P$  = g de lodo seco/ 2L de amostra;  $Tu$  = Turbidez em NTU;  $C$  = Cor aparente em uC)
- $F_{pm}$ : média de  $F_p$  das amostras de um grupo;
- $Desvio = \left| 1 - \frac{F_p}{F_{pm}} \right|$
- Agregação das amostras

# Outliers - Turbidez

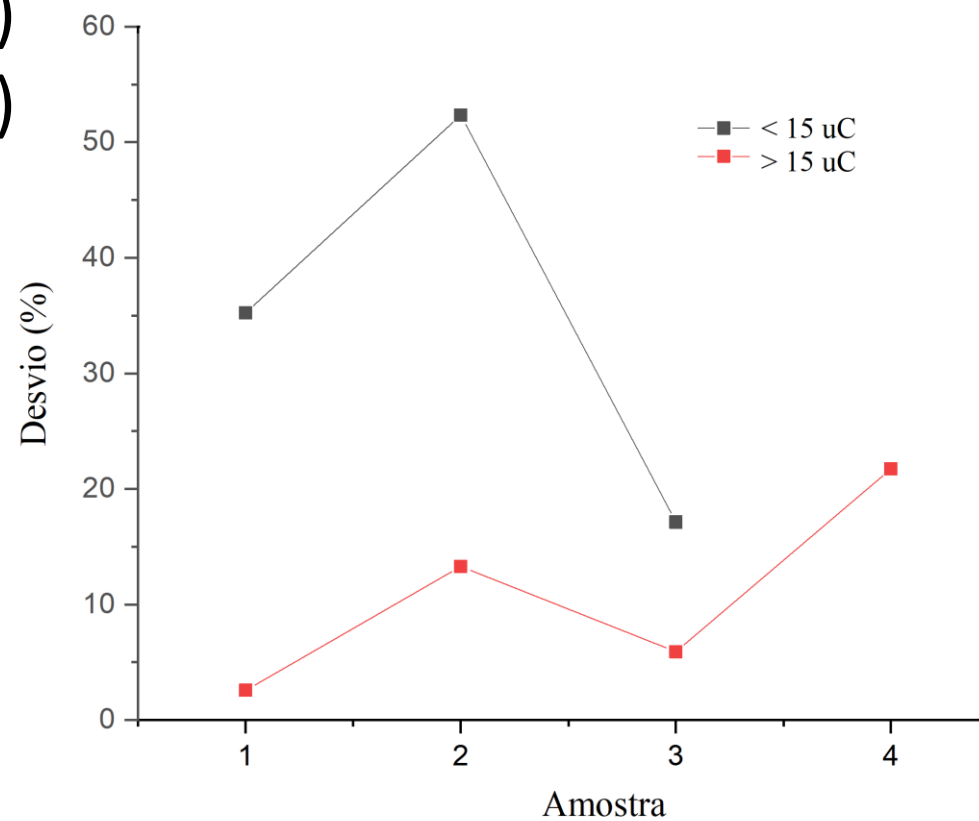
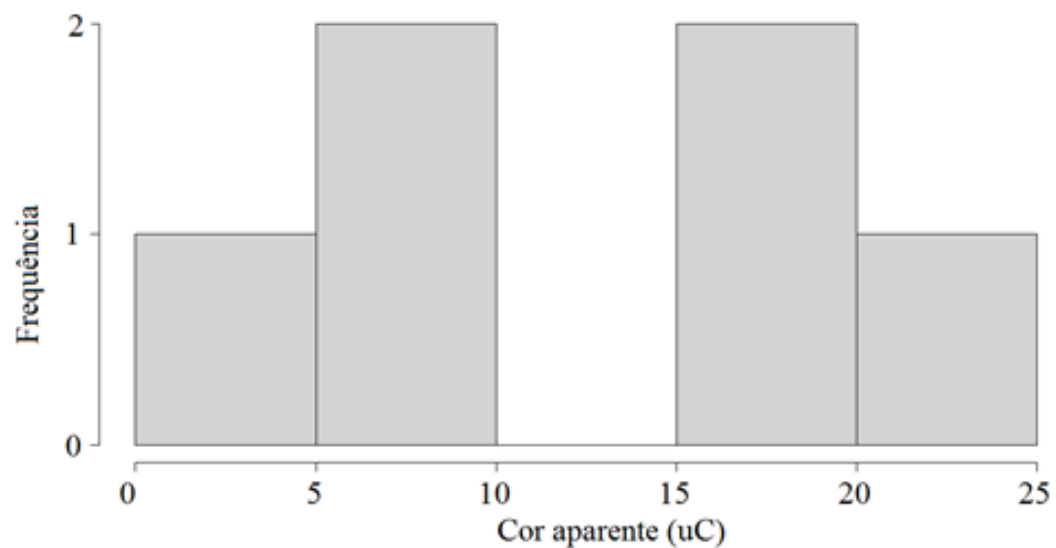
Eq. 1 -  $P = 2,76 \times 10^{-3} \times Tu$



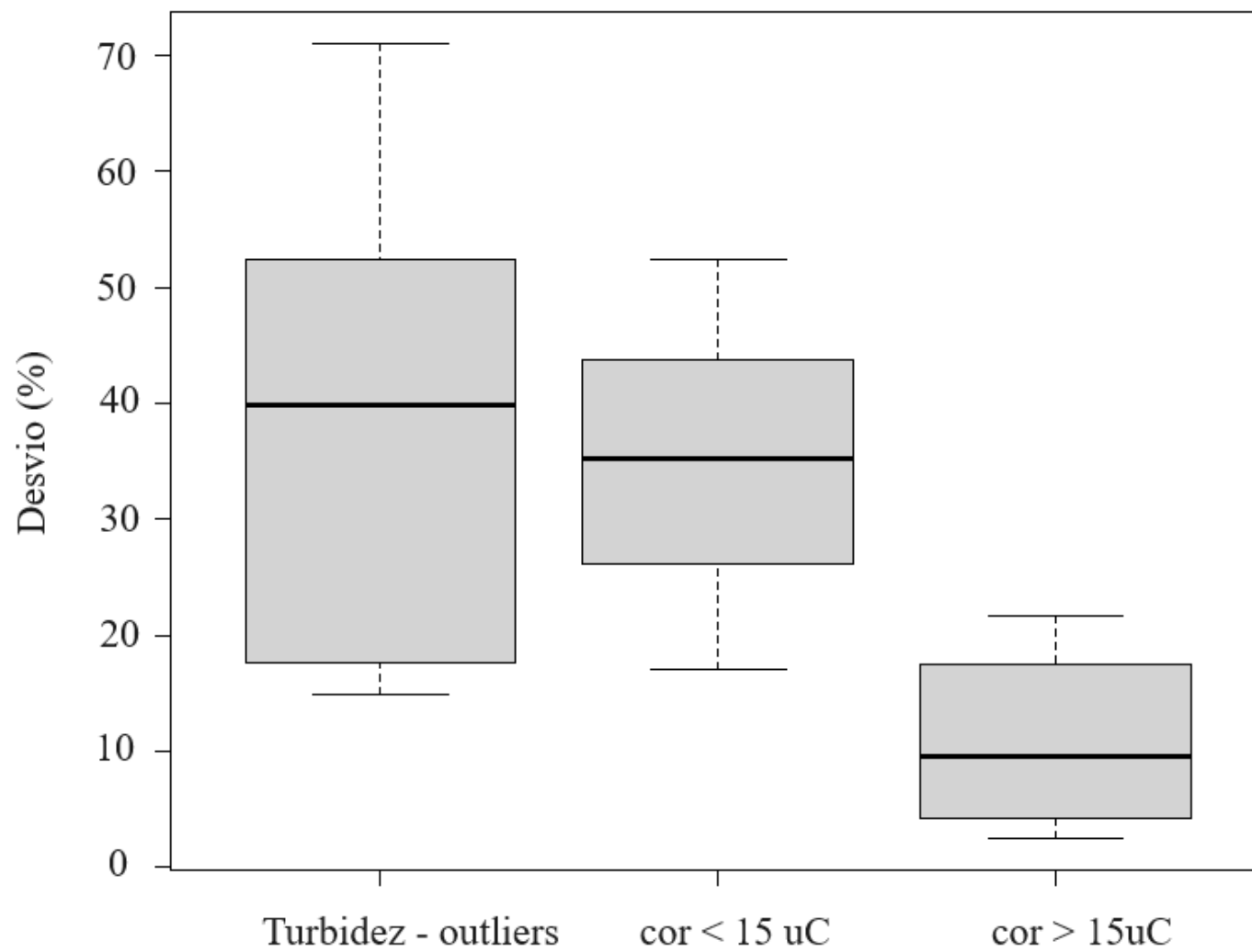
# Histograma - Cor

Eq. 2 -  $P = 2,43 \times 10^{-3} \times C$  (cor < 15uC)

Eq. 3 -  $P = 3,54 \times 10^{-4} \times C$  (cor > 15uC)



# Desvios Fp





# Conclusões

- Formação de flocos sem visível interferência com coleta de água após mistura rápida – Realizar ensaio de jar test com água coagulada diretamente na etapa de floculação é possível;
- Necessidade da secagem do papel filtro para não haver interferência na massa de lodo;
- Correlação entre lodo e cor ou turbidez dependente da observação de dados coerentes;

# Conclusões

- Regressão linear significativa a 5% de significância, enviesada por pontos destoantes;
- Agregação por meio de verificação de outliers manteve resultados com alto desvio da média;
- Métodos de agregação alternativos podem favorecer os resultados;
- Abordagens relacionadas a interpretação, modelagem e predição de dados demandam grandes volumes de informações.

# AVALIAÇÃO DA CORRELAÇÃO ENTRE TURBIDEZ E COR APARENTE E LODO GERADO EM ÁGUA TRATADA COM PAC

Obrigado!

