



II-446 – AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DO CEPT NA REMOÇÃO DE FÓSFORO DE ESGOTOS DOMÉSTICOS A PARTIR DE ENSAIOS EM COLUNA DE SEDIMENTAÇÃO

Iene Christie Figueiredo⁽¹⁾

D.Sc., Professora Assistente do Depto. de Recursos Hídricos e Meio Ambiente - Escola Politécnica/UFRJ.

Eduardo Pacheco Jordão

Dr.Eng., Professor Adjunto do Depto. de Recursos Hídricos e Meio Ambiente - Escola Politécnica/UFRJ.

Márcia Walquíria de Carvalho Dezotti

D.Sc., Professora Adjunta do Programa de Engenharia Química - COPPE/UFRJ.

Laís Amaral Alves

Graduanda em Engenharia Civil - Escola Politécnica/UFRJ.

Geisa Cristina Real de Abreu

Graduanda em Engenharia Civil - Escola Politécnica/UFRJ.

Endereço⁽¹⁾: Av. Athos da Silveira Ramos, 149 – Bloco D, Sala 204 – Centro de Tecnologia da UFRJ – Cidade Universitária – Rio de Janeiro - RJ - CEP: 21.941-909 - Brasil - Tel: (21) 2562-7982 - e-mail: iene@poli.ufrj.br

RESUMO

O tratamento primário avançado ou quimicamente assistido, usualmente conhecido como CEPT (*Chemically Enhanced Primary Treatment*), se baseia no emprego de produtos químicos coagulantes com o objetivo de melhorar o desempenho das unidades primárias de sedimentação. Tal opção tecnológica trás como vantagens: (1) possibilidade de implantação por etapas dos diferentes graus de tratamento de uma ETE, reduzindo assim seus custos iniciais; (2) promoção de estabilidade operacional para ETEs existentes quando essas são submetidas a uma elevada variação de carga; (3) bom desempenho na remoção de sólidos em suspensão, matéria orgânica e fósforo, reduzindo assim o custo de implantação do tratamento secundário. Quando o parâmetro de controle considerado é o fósforo, a literatura afirma que o desempenho do CEPT para sua remoção varia entre 75 e 90%, requerendo para tanto dosagens de coagulantes bem superiores àquelas definidas como padrão (aplicadas para remoção de matéria orgânica e de sólidos).

Com o objetivo de avaliar a performance do CEPT na remoção de fósforo total (Pt) de esgotos domésticos, este trabalho conduziu testes em coluna de sedimentação utilizando diferentes produtos químicos (Cloreto Férrico, Panfloc TE, Tanfloc e Cloreto Férrico associado à Polímero Catiônico) sob distintas dosagens (dosagem Padrão, Padrão + 20%, Padrão + 50% e Padrão+100%).

Os resultados obtidos, utilizando-se como referência a profundidade de sedimentação igual a 1,80 m, apontaram para as seguintes conclusões: (a) nenhum dos produtos e dosagens testados atingiu a eficiência esperada para o CEPT; (b) concentrações efluentes de Pt inferiores a 1,0 mg/L só foram obtidas quando o esgoto afluente apresentava teores máximos deste nutriente de 2,0 mg Pt/L; (c) o Panfloc TE e o Tanfloc foram os produtos que, como reflexo da elevação da dosagem padrão, apresentaram a melhor média de desempenho na remoção de Pt; (d) o cloreto férrico, mesmo associado ao polieletrólito, não foi eficiente na remoção de Pt do esgoto; (e) a remoção de fósforo não é uma característica do tratamento primário avançado (CEPT) quando este é operado em condições usuais, apesar de esta ser uma das vantagens correntemente associadas ao processo.

PALAVRAS-CHAVE: CEPT, tratamento primário, esgotos domésticos, fósforo.

INTRODUÇÃO

O fósforo nos esgotos domésticos se apresenta como fosfato nas formas orgânica, combinada à matéria orgânica (proteínas e aminoácidos), e inorgânica, como ortofosfatos e polifosfatos. Sua classificação pode considerar ainda seu tamanho e é assim definida: (a) fósforo solúvel, cuja forma é predominantemente inorgânica; (b) fósforo particulado, cuja totalidade está na forma orgânica. O fósforo orgânico é convertido a fósforo solúvel nos processos biológicos de tratamento de esgotos (METCALF & EDDY, 1991). Já o fósforo solúvel apresenta-se disponível para o metabolismo biológico sem requerer conversões anteriores para formas mais simples, sendo este passível de precipitação (YOSHIDA, 2005).

A remoção de fósforo dos esgotos sanitários pode ser feita por processos biológicos e físico-químicos. No primeiro caso, tornam-se necessárias adaptações nas instalações e adequado controle operacional da estação. Na precipitação química verifica-se a remoção do fósforo por sedimentação após adição de coagulante, cujo ponto de aplicação pode preceder ou suceder o tratamento biológico. A tecnologia que contempla a remoção físico-química do fósforo anterior ao tratamento secundário denomina-se Tratamento Primário Avançado (TPA) ou Decantação Primária Quimicamente Assistida, comumente conhecida como CEPT.

O CEPT pode ser empregado exclusivamente como solução provisória, na qual se minimiza os custos iniciais e permite a implantação do sistema em múltiplas etapas. Pode também configurar o tratamento primário de uma planta convencional de tratamento secundário. Neste último caso, deve-se dar atenção ao fato de que processos biológicos requerem disponibilidade de fósforo segundo concentrações que atendam a relação $DBO_5:P$ de 100:1 (digestão aeróbia) e de 350 a 500:1 (digestão anaeróbia), sendo esta uma das condições de controle operacional do CEPT.

A literatura indica que a eficiência na remoção de fósforo pelo CEPT pode alcançar 95% (POON & CHU, 1999) requerendo, no entanto, dosagens de coagulantes superiores àquelas aplicadas para remoção de matéria orgânica e de sólidos. Essa maior requisição de produto químico, que se reflete no aumento da produção de lodo, é devido às reações paralelas que envolvem a remoção química do fósforo e os processos de coagulação e floculação (PIVELI & KATO, 2005).

A partir das considerações levantadas anteriormente tem-se como objetivo deste trabalho avaliar, com o auxílio de ensaios em coluna de sedimentação, o desempenho do CEPT na remoção do fósforo de esgotos domésticos empregando-se diferentes coagulantes sob dosagens distintas.

MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho está sendo conduzido no Centro Experimental de Tratamento de Esgotos (CETE). Nesta planta encontra-se instalado o aparato experimental constituído por grade de barras, desarenador, bombas peristálticas dosadoras de produtos químicos, decantador primário e medidores de vazão de esgotos e de ar, conforme ilustra o fluxograma da Figura 1.

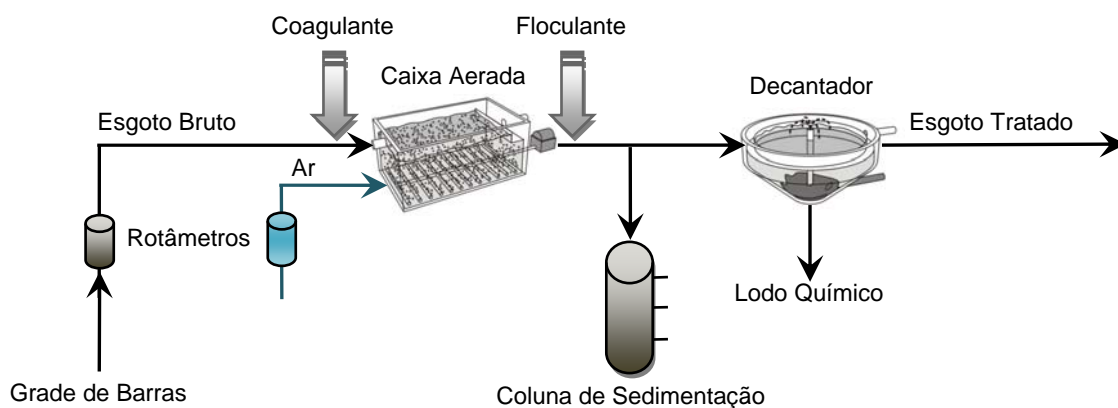


Figura 1: Fluxograma do aparato experimental do CEPT instalado no CETE-UFRJ

Para este trabalho, foi feita uma derivação na saída da caixa aerada para que se tornasse possível a alimentação da coluna de sedimentação com esgoto efluente desta unidade, previamente coagulado e floculado, conforme indica a Figura 2.

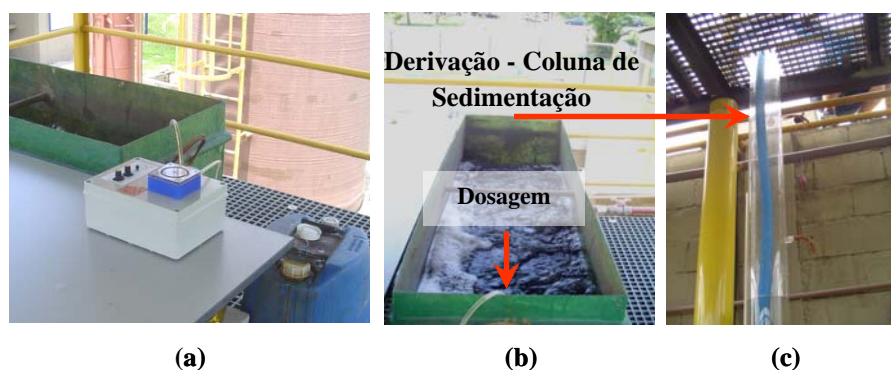


Figura 2: CEPT: (a) dosagem de coagulante, (b) caixa de areia aerada e (c) coluna de sedimentação

A coluna de sedimentação não reproduz com fidelidade os processos que ocorrem no interior de uma unidade de decantação, já que se trata de um ensaio estático. Ainda assim, este ensaio se apresenta como a técnica mais adequada para avaliar a sedimentação de suspensões flocculentas (DI BERNARDO *et al.*, 2002). Os testes conduzidos no CETE utilizam uma coluna de sedimentação com 150 mm de diâmetro e 2,40 m de altura. Nela estão instalados 3 pontos de coleta, distantes um do outro por 60 cm. As amostragens são realizadas simultaneamente nos 3 pontos, em intervalos de 5 minutos. A duração total de cada teste é de 50 minutos. As amostras coletadas são analisadas segundo os parâmetros: turbidez (NTU) e fósforo total (Pt).

Estudos preliminares definiram a taxa de aplicação superficial do decantador (TAS), equivalente a 100 m³/m².d ou 1,96 L/s, utilizada neste trabalho como vazão afluente à caixa aerada. Definiram-se ainda os produtos e dosagens aplicados para garantir a adequada remoção de DBO e sólidos (dosagem padrão). A partir dessas dosagens padrão foram então definidas àquelas a serem utilizadas na avaliação de remoção de fósforo. Os produtos estudados e as concentrações aplicadas nos ensaios em coluna de sedimentação estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Dosagens aplicadas para avaliação da remoção de fósforo total.

Produto Químico	Padrão (mg/L)	Padrão + 20% (mg/L)	Padrão + 50% (mg/L)	Padrão + 100% (mg/L)
FeCl ₃	75	90	113	-
Panfloc TE	58	-	87	116
Tanfloc	13	16	-	26
FeCl ₃ + Poli catiônico	15 + 1	18 + 1	23 + 1	30 + 1

RESULTADOS

A interpretação dos resultados da coluna utilizou como referência a profundidade de 1,8 m (maior altura de sedimentação da coluna utilizada neste estudo). Destaca-se que a eficiência esperada para o CEPT na remoção de P varia entre 75 e 90%.

A Figura 3 apresenta os resultados obtidos quando aplicado o cloreto férrico em dosagens 20% e 50% maiores que a usual (dosagem padrão).

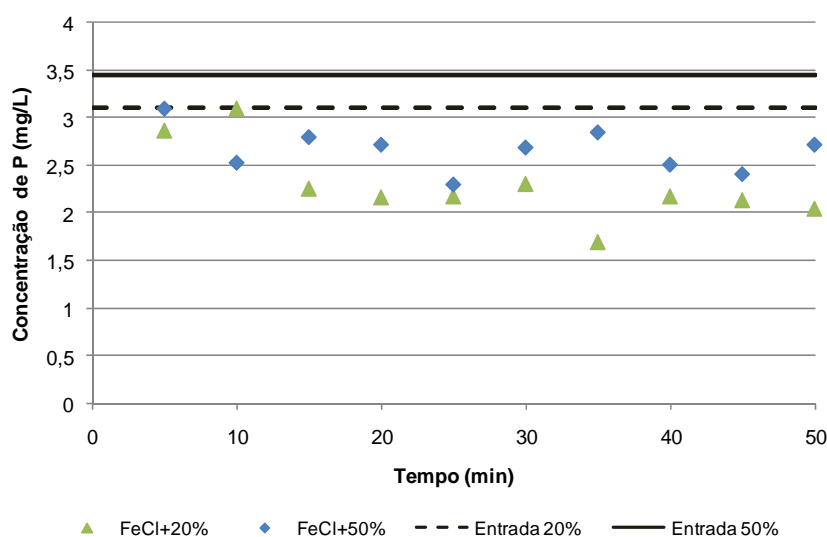


Figura 3: Concentração de Pt no efluente da coluna de sedimentação sob as dosagens de 90 mg/L (+20%) e 113 mg/L (+50%) de cloreto férrico.

Os resultados apresentados indicam um desempenho inexpressivo do cloreto férrico na remoção de Pt. Observa-se que, mesmo com o aumento da dosagem em 50% e tempo de sedimentação de 50 minutos, a concentração efluente de fósforo não se reduziu. As duas variações de dosagens testadas (+20% e +50%) produziram efluentes similares, com concentração média de 2,50 mg Pt/L. A eficiência média de remoção de Pt obtida com este produto foi de 26%, alcançando o valor máximo de 45%.

Na avaliação do comportamento do Panfloc TE utilizaram-se as seguintes dosagens: +50% e +100%. Os resultados encontrados estão representados na Figura 4.

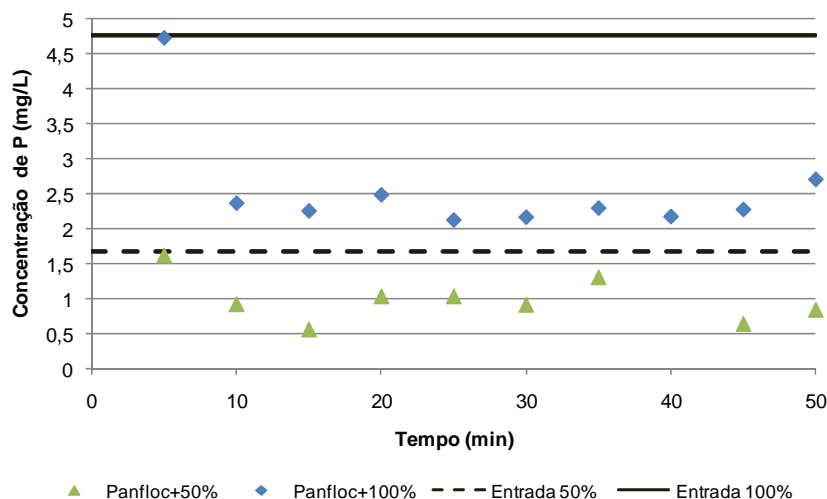


Figura 4: Concentração de Pt no efluente da coluna de sedimentação sob as dosagens de 87 mg/L (+50%) e 116 mg/L (+100%) de Panfloc TE.

O bom desempenho do Panfloc+50%, com concentrações efluentes de fósforo total inferiores a 1,0 mg/L, se deveu apenas aos seus valores reduzidos também no esgoto afluente à unidade. Quando avaliada a eficiência de remoção de Pt, as dosagens testadas apresentaram resultados médios similares: 46% e 51% para Panfloc TE+50% e Panfloc TE+100%, respectivamente. No entanto, conforme constatado no gráfico da Figura 4, a dosagem de 87 mg/L (+50%) apresentou maior variação ao longo do tempo do teste.

A seguir apresentam-se os resultados obtidos pelo Tanfloc compilados na Figura 5.

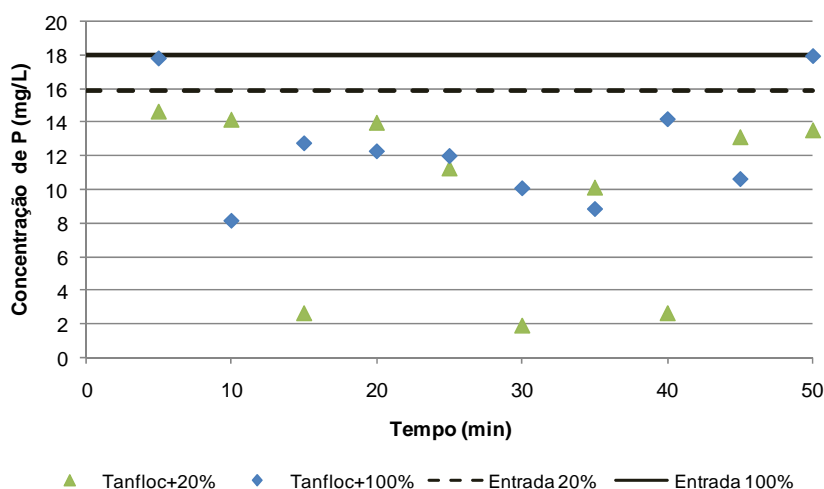


Figura 5: Concentração de Pt no efluente da coluna de sedimentação sob as dosagens de 16 mg/L (+20%) e 26 mg/L (+100%) de Tanfloc.

No caso do Tanfloc, o aumento de dosagem repercutiu na melhoria da eficiência de remoção, passando de 16% (valor médio para dosagem padrão) para 42% (valor médio para dosagem + 20%). Destaca-se, porém, que os resultados obtidos ainda são limitados para a tecnologia CEPT e muito variáveis, dada a elevada oscilação da qualidade do efluente durante o período de amostragem. Por fim, os dados indicam que, em média, a elevação da dosagem para 26 mg/L (+100%) pouco alterou o perfil de desempenho do Tanfloc, mantendo-se numa média de 39%. A maior dosagem trouxe como vantagem uma maior estabilidade nos resultados de eficiência, variando entre 21 e 55% para Tanfloc+100% contra 11 e 88% para Tanfloc+20%.

Em última análise, apresentam-se os dados obtidos para a operação com o cloreto férrico associado ao polímero catiônico na Figura 6.

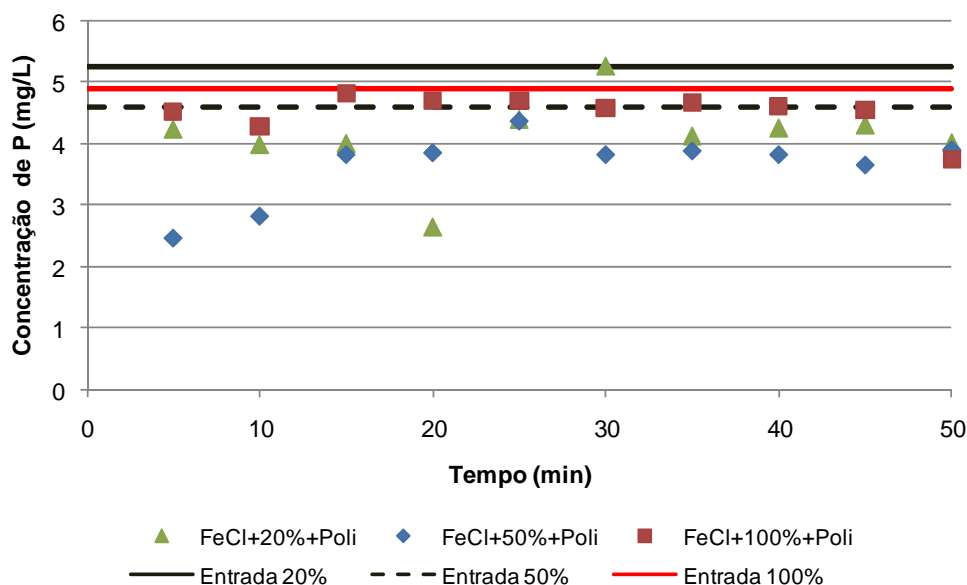


Figura 6: Concentração de Pt no efluente da coluna de sedimentação sob as dosagens de 18 mg/L (+20%), 23 mg/L (+50%) e 30 mg/L (+100%) de cloreto férrico associados a 1 mg/L de polímero catiônico.

Nestes testes, os afluentes à coluna apresentavam concentrações similares, assim como seus efluentes, independente da dosagem empregada. O acréscimo de 100% na dosagem padrão resultou no pior desempenho na remoção de Pt (média de 9%). A dosagem mais eficiente nesta bateria de resultados foi 23 mg/L + 1 mg/L (+50%). Essa conjugação de produtos foi a que apresentou pior desempenho na remoção de fósforo.



Todos os resultados obtidos nos testes em coluna de sedimentação encontram-se compilados na Tabela 2.

Tabela 2: Resultados de remoção de fósforo total obtidos nos ensaios de coluna de sedimentação (altura de sedimentação = 1,8 m) para os diferentes produtos químicos avaliados.

Produto Químico	Dosagem (mg/L)	Pt efluente (mg/L)	MIN - MAX Pt (mg/L)	Remoção Média Pt (%)	MIN - MAX Pt (%)
FeCl₃	90 (+20%)	2,30	1,70 - 3,10	29	7 - 45
	113 (+50%)	2,66	2,30 - 3,10	23	10 - 33
Panfloc TE	87 (+50%)	0,98	0,56 - 1,61	46	22 - 67
	116 (+100%)	2,56	2,13 - 4,73	51	43 - 55
Tanfloc	16 (+20%)	9,74	1,85 - 14,58	42	11 - 88
	26 (+100%)	12,41	8,07 - 17,91	39	21 - 55
FeCl₃+Poli	18 + 1 (+20%)	4,11	2,63 - 5,25	24	16 - 50
	23 + 1 (+50%)	3,64	2,45 - 4,37	23	15 - 47
	30 + 1 (+100%)	4,52	3,75 - 4,81	9	4 - 23

CONCLUSÕES

Com base nos resultados apresentados neste trabalho, concluiu-se que:

- Nenhum dos produtos e dosagens testados alcançou de maneira consistente a eficiência esperada para o CEPT (75 a 90%). Além disso, as concentrações de fósforo total efluentes só alcançaram valores inferiores a 1,0 mg/L quando o esgoto afluente apresentavam teores máximos deste nutriente de 2,0 mg Pt/L.
- O Panfloc TE + 100% (116 mg/L) apresentou a melhor média de desempenho na remoção de Pt (51%). Este produto apresentou ainda como característica a redução inicial dos teores de Pt e a manutenção das concentrações ao longo do período de amostragem.
- O Tanfloc também apresentou um bom desempenho médio na remoção de Pt quando comparado aos demais resultados, mas com elevada oscilação das suas concentrações efluentes durante o período de amostragem.
- O cloreto férrico, mesmo associado ao polieletrólito, não foi eficiente na remoção de Pt do esgoto.
- A remoção de fósforo não é uma característica do tratamento primário avançado (CEPT) quando este é operado em condições usuais, apesar de esta ser uma das vantagens correntemente associadas ao processo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. DI BERNARDO, L., DI BERNARDO, A. e CENTURIONE FILHO, P. L. 'Ensaio de Tratabilidade de Água e Resíduos gerados em Estações de Tratamento de Água'. São Carlos: RiMa, 2002.
2. METCALF & EDDY, INC. Wastewater Engineering – Treatment, Disposal and Reuse. 3rd ed., McGraw-Hill, 1991.
3. PIVELI, R. P. e KATO, M. T. 'Qualidade da Água e Poluição: Aspectos Físico-químicos'. São Paulo: ABES, 2005.
4. POON, C. S. e CHU, C. W. 'The use of Ferric Chloride and Anionic Polymer in the Chemically Assisted Primary Sedimentation Process'. Chemosphere, Vol. 39, nº 10, pp. 1573-1582, 1999.
5. YOSHIDA, F. 'Remoção de Matéria Orgânica e Fósforo de Efluente de Tratamento Anaeróbio por Processo Físico-Químico'. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2005.