



Realização  
Arranged by

Correalização  
Co-sponsor



## Redução da variabilidade operacional no tratamento de efluentes e o aumento da eficiência no tratamento biológico

De Carli F. <sup>(1)</sup>, Meneses A. C. <sup>(1)</sup>, Batista H. L. A. <sup>(1)</sup>

(1) CMPC Celulose Riograndense

Guaíba – RS – Brasil

Email: [fdcarli@cmpcrs.com.br](mailto:fdcarli@cmpcrs.com.br)



# Introdução

**Pré-Tratamento:** neste sistema, os efluentes passam por um processo de remoção de sólidos grosseiros por gradeamento, sendo em seguida, neutralizados;



**Tratamento Primário:** os sólidos suspensos remanescentes são removidos neste sistema em quase sua totalidade, por meio de decantação, após a qual são resfriados, homogeneizados e encaminhados ao tratamento secundário.





# Introdução

**Tratamento Secundário:** este sistema tem objetivo de reduzir DBO - demanda biológica de oxigênio dos efluentes através do tratamento biológico por lodos ativados com injeção de oxigênio gasoso no reator fechado (UNOX).



**Tratamento Terciário:** nesta etapa ocorre a coagulação e sedimentação das substâncias responsáveis por dar cor ao efluente. Assim, esta fase também reduz a demanda química de oxigênio (DQO). O efluente tratado, após correção final de pH, é bombeado para o Lago Guaíba.





# Problema

No caso particular, os custos com a ETE tornam-se mais elevados em comparação à outras fábricas do setor devido as características do corpo receptor de efluentes e exigências do órgão ambiental.

Esta condição requer um tratamento terciário e, dessa forma, é necessário a dosagem de um coagulante, no caso **sulfato de alumínio**;



O custo específico com coagulante no tratamento terciário, ou seja, custo do coagulante dividido pela produção de celulose é de aproximadamente **13,5 R\$/t** celulose, valor médio praticado em 2011.

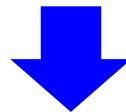


# Objetivo

Buscar alternativas para reduzir o principal insumo da área, ou seja, o sulfato de alumínio, sem comprometer a qualidade do efluente tratado e com isso reduzir o custo global com tratamento de efluentes.

## Desafio

Não agregar custos elevados de investimento ao processo, buscando melhorias operacionais visando o melhor desempenho global da ETE e com isso redução de dosagens de coagulante no tratamento terciário para manter a qualidade do efluente tratado.



A hipótese testada foi a **redução da variabilidade operacional** dos parâmetros de controle do efluente utilizando a ferramenta **Controle Estatístico de Processos (CEP)**. Buscamos maior eficiência no tratamento biológico e, por consequência, redução da dosagem de coagulante no tratamento terciário.



# Materiais e Métodos

## Controle Estatístico de Processos

### (CEP) Definição:

Ferramenta utilizada nos processos produtivos com objetivo de fornecer informações para um diagnóstico mais eficaz na prevenção e detecção de problemas nos processos. Auxilia no aumento da produtividade, evitando desperdícios de matéria-prima, insumos, etc.





# Fluxograma de Ação





## Variáveis Chave

**Temperatura na entrada do reator UNOX:** tem grande influência no metabolismo microbiano, afetando as taxas de oxidação das matérias carbonácea e nitrogenada. Nas reações biológicas, a tendência de aumento das taxas de crescimento mantém-se até uma certa temperatura ótima que depende do tipo de cultura.

**Condutividade do efluente na entrada da ETE:** é a expressão da capacidade da água conduzir a corrente elétrica. Depende das concentrações iônicas e da temperatura. Indica a quantidade de sais existentes na corrente de fluido e, assim, representa uma medida indireta da concentração de poluentes.

**Oxigênio residual no reator biológico:** na presença de oxigênio dissolvido, a bactéria nitrificante converte amônia em nitrato. A atividade dos microorganismos depende da concentração de  $O_2$ .

**Taxa A/M:** mede a relação carga orgânica introduzida no sistema e a concentração de microorganismos presentes. Exerce papel fundamental na qualidade de formação de flocos biológicos.

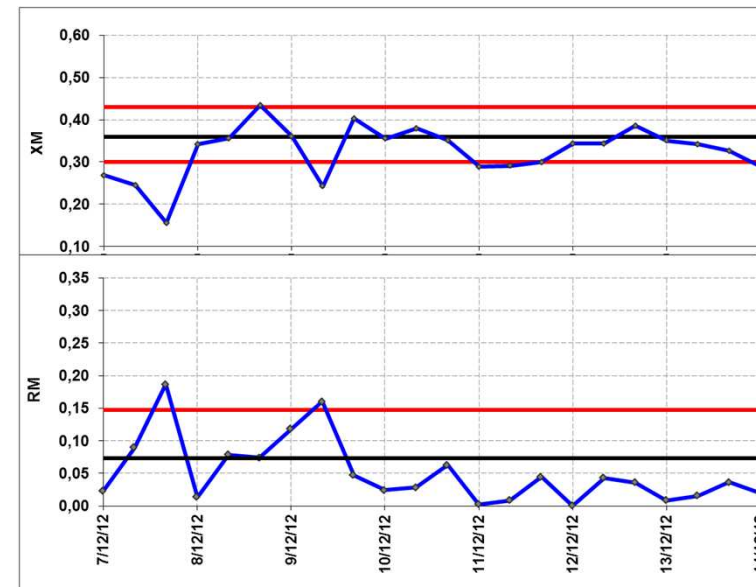




# Limites de Controle (LC)

LC obtidos a partir de dados históricos;  
 Avaliação mensal dos limites;  
 Estudo dos eventos de descontrole;  
 Melhoria contínua.

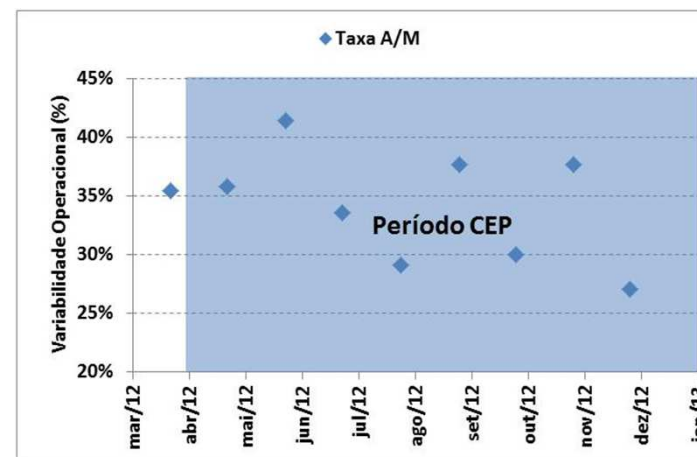
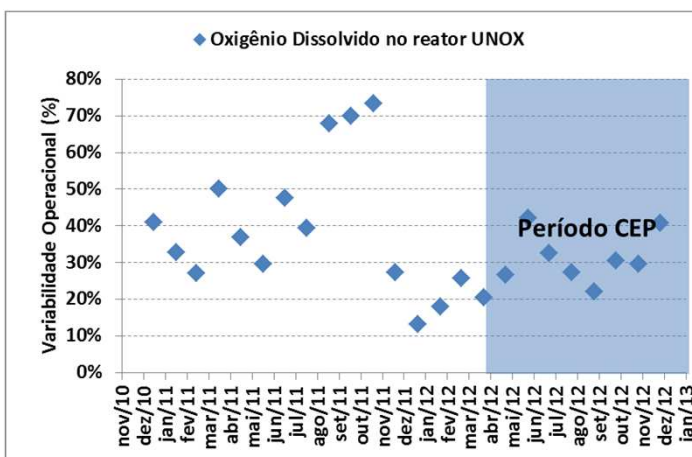
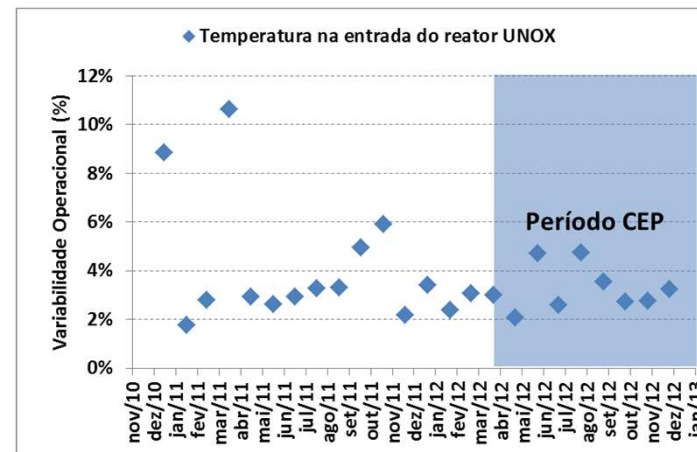
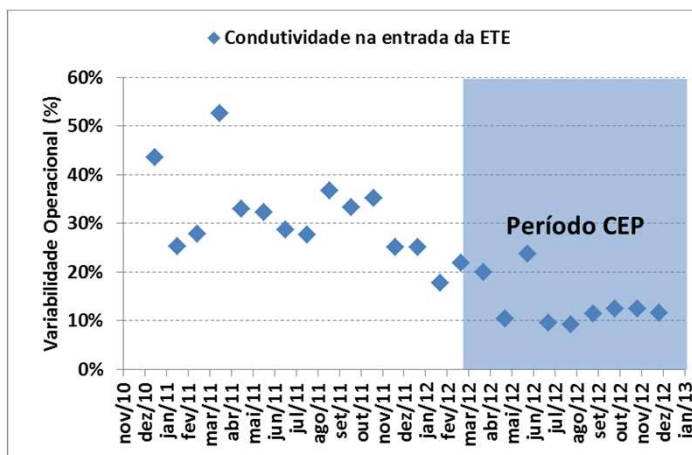
Var. de Controle	LSC	OBJ.	LIC	LCV
Temp. entrada UNOX	39,2	37,4	35,5	1,1
Razão A/M – Reator UNOX	0,30	0,25	0,20	0,15
Condutividade na entrada da ETE	3970	3670	3370	400
Oxigênio dissolvido - reator	3	2	1	



**Carta de Controle para taxa A/M em meados de dezembro de 2012**



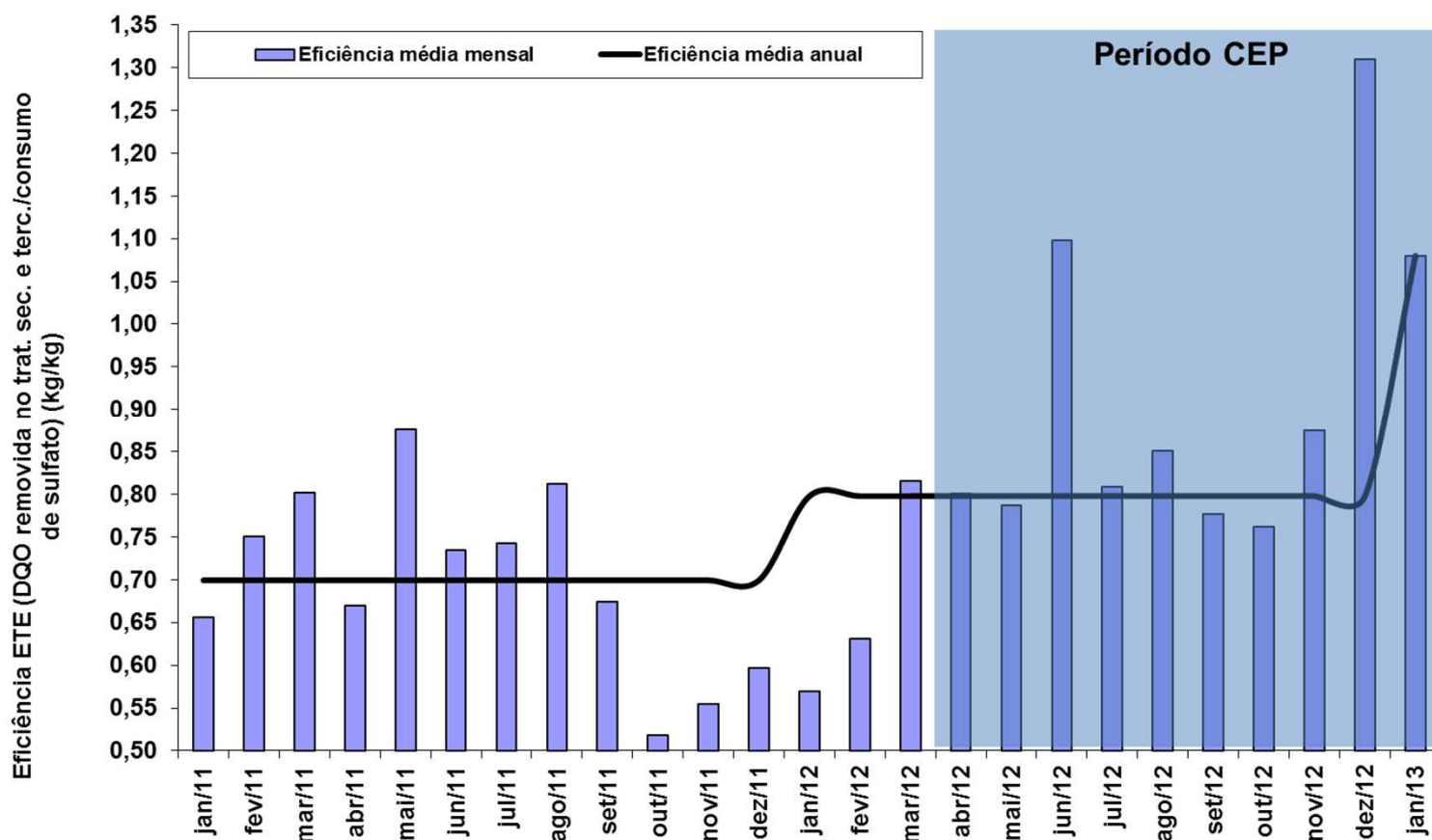
# Resultados





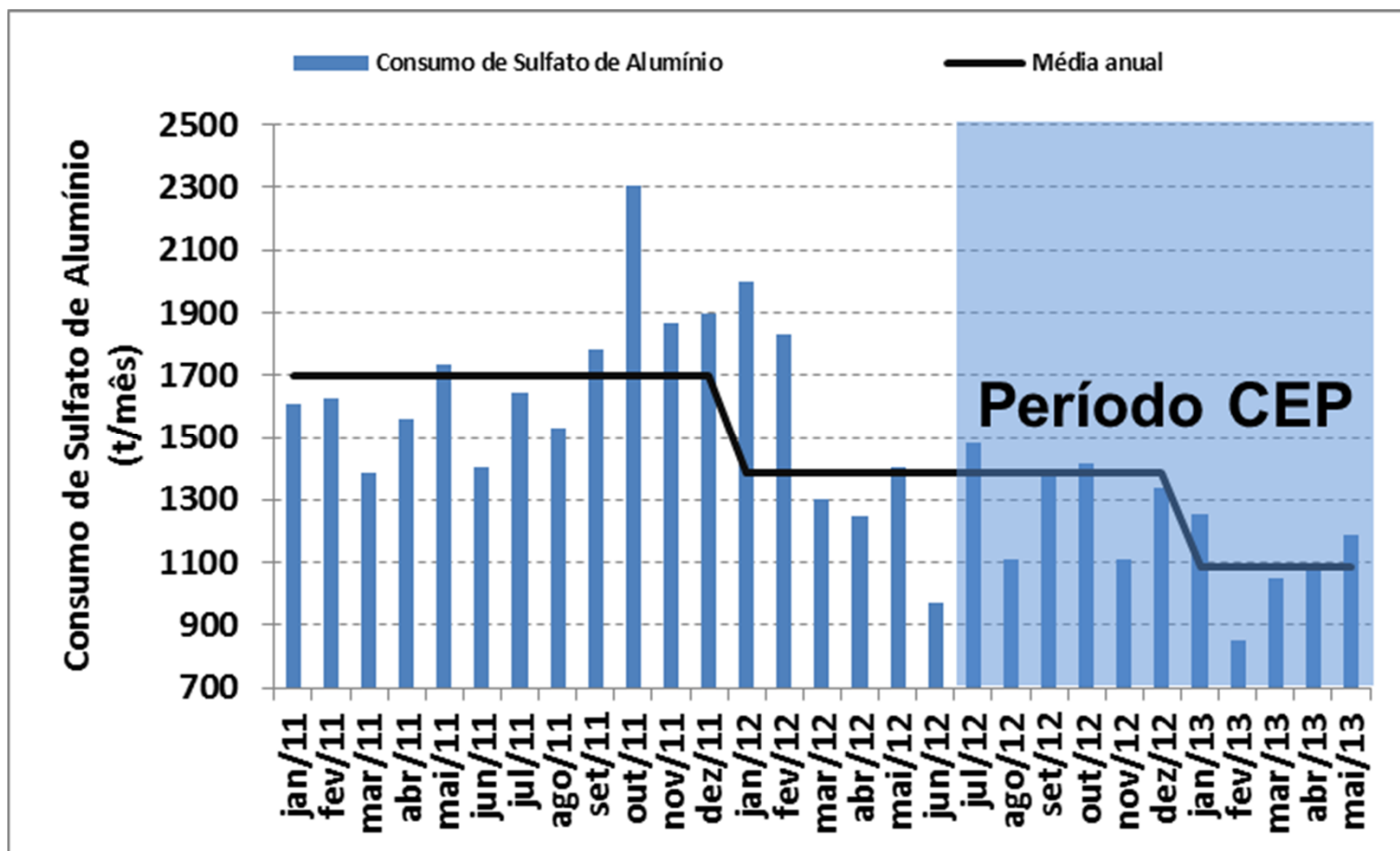
# Índice de Eficiência

$$\text{Eficiência} = \frac{[\text{t DQO removida nos tratamentos secundário e terciário}]}{[\text{t Al}_2(\text{SO}_4)_3]}$$





# Consumo de Sulfato de Alumínio





# Conclusões

**A redução de variabilidade operacional tornou mais previsível a dosagem de sulfato de alumínio, reduzindo o desperdício sem perda de qualidade do efluente tratado. A redução no consumo de sulfato de alumínio foi de 36% comparada ao ano de 2011;**

**A estabilidade operacional trouxe maior eficiência no tratamento secundário aumentando a taxa de remoção de DQO nesta etapa do processo e, por consequência, redução da necessidade de remoção de DQO no tratamento terciário com uso de produtos químicos;**

**A confiabilidade do tratamento de efluentes aumentou, o que foi confirmado pela redução de ultrapassagens de parâmetros legislados comparado aos anos anteriores;**

**Os ganhos globais obtidos no tratamento do efluentes através da redução da variabilidade operacional utilizando a ferramenta CEP podem ser estendidos para outras áreas.**