Encontro Técnico AESABESP
37º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

AESABESP 40 Anos
Associação dos Engenheiros da Sabesp

37ETC-07372

Impactos do *fouling* orgânico em resinas aniônicas: Causas, diagnóstico e estratégia de recuperação por salmouragem alcalina – estudo de caso

Rebeca Beck
Cetrel DAC

Rebeca Beck



- Engenheira Química
- 31 anos
- UFBA – 2018
- Eng. de processos e produção
  - Celulose e papel
  - Utilidades: Tratamento de água e efluentes

- Engenheira de processos – Cetrel DAC - Águas
- rebecabeck@cetrel.com.br
- (71) 9 8725-5675

rebeca-beck

OPS Operação, Produtividade e Segurança solví — Contato de valor: saídas de emergência

Cetrel solví | solví Soluções para a vida

Encontro Técnico AESABESP
37º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

SOLUÇÕES AMBIENTAIS COMPLETAS

ÁGUA E EFLUENTES
- **Sistemas de tratamento de água potável e industrial**
- Sistemas de tratamento e reúso de efluentes.

ECONOMIA CIRCULAR
- TWM (Gerenciamento Total de Resíduos)
- Incineração de resíduos industriais perigosos

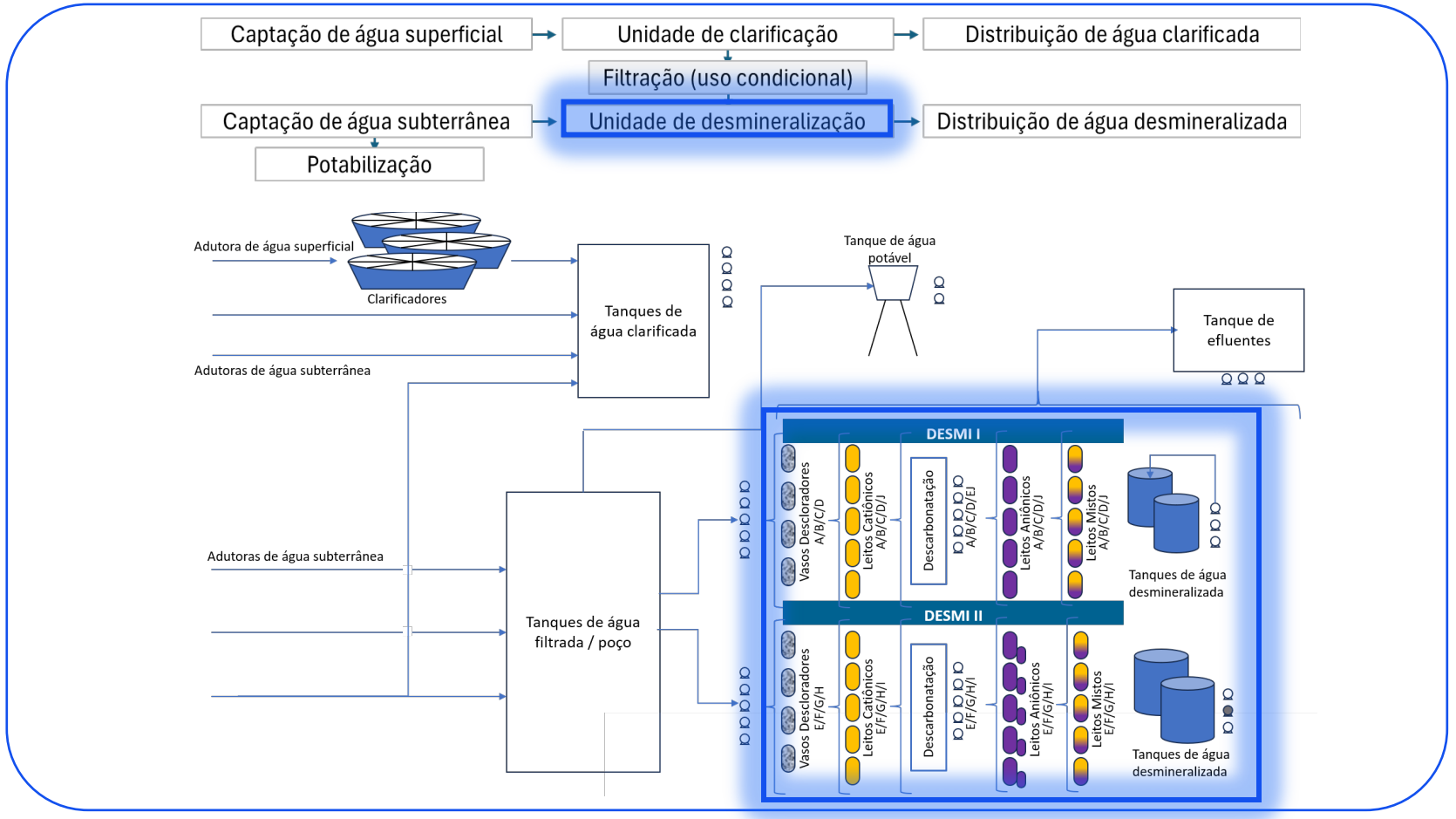
RESPOSTA A EMERGÊNCIAS
- Prontidão ambiental preventiva e emergencial
- Treinamentos e simulados

CONSULTORIA AMBIENTAL
- Diagnóstico, monitoramento e remediação de solos e águas
- Monitoramento ambiental

Introdução

- **Cetrel DAC:** Abastecimento de água clarificada, potável e desmineralizada no Polo Petroquímico.

Figura 1- diagrama de blocos simplificado da unidade

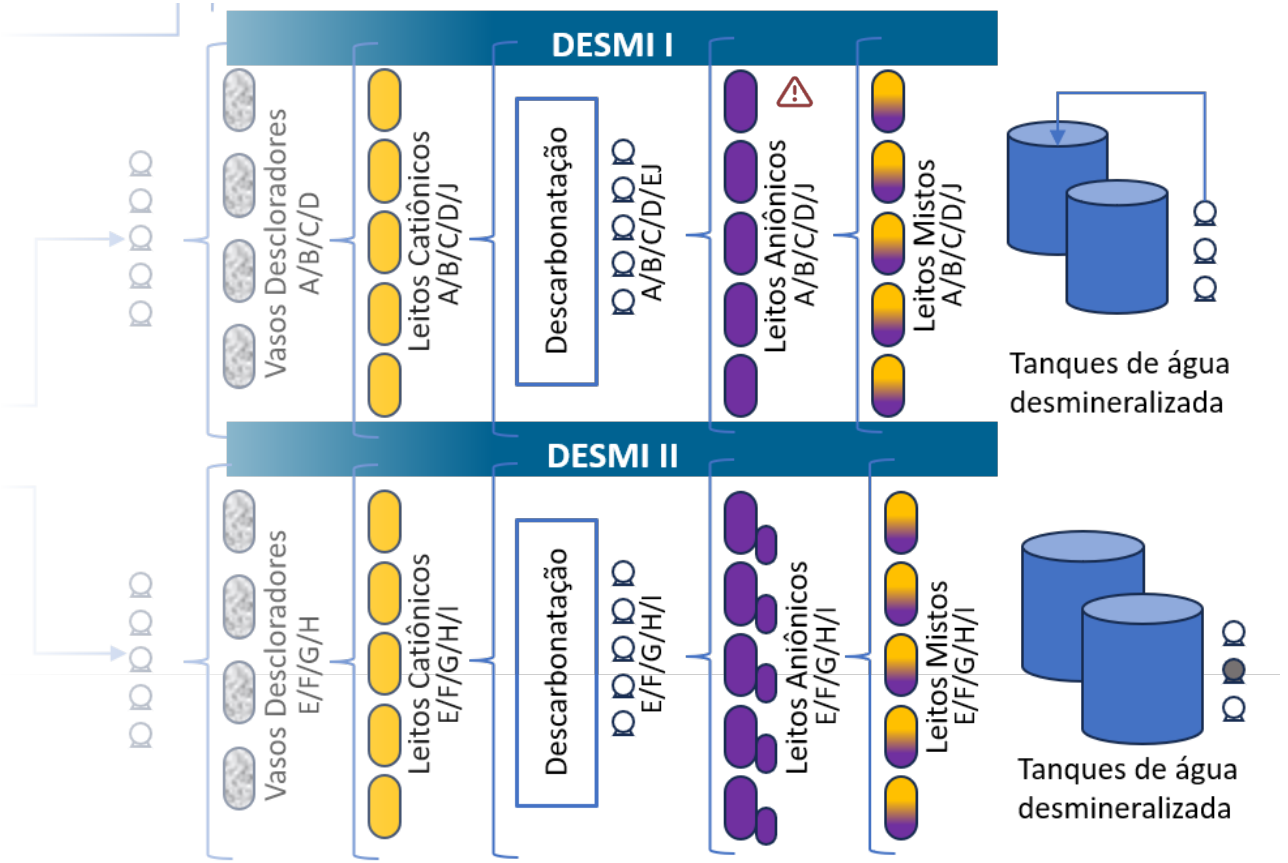


Fonte: Elaboração própria

Introdução

UNIDADE DE DESMINERALIZAÇÃO

- **Descloração:** Mitiga a degradação hidrolítica das resinas catiônicas em cenários com água filtrada.
- **Decatiônização:** Retém cátions e utiliza H_2SO_4 na regeneração.
- **Descarbonatação:** Remove CO_2 por arraste de ar em contracorrente via anéis Raschig.
- ⚠ **Deaniônização:** Retém ânions e utiliza NaOH na regeneração.
- **Polimento em Leito Misto:** Polimento e deionização total contra fugas iônicas.

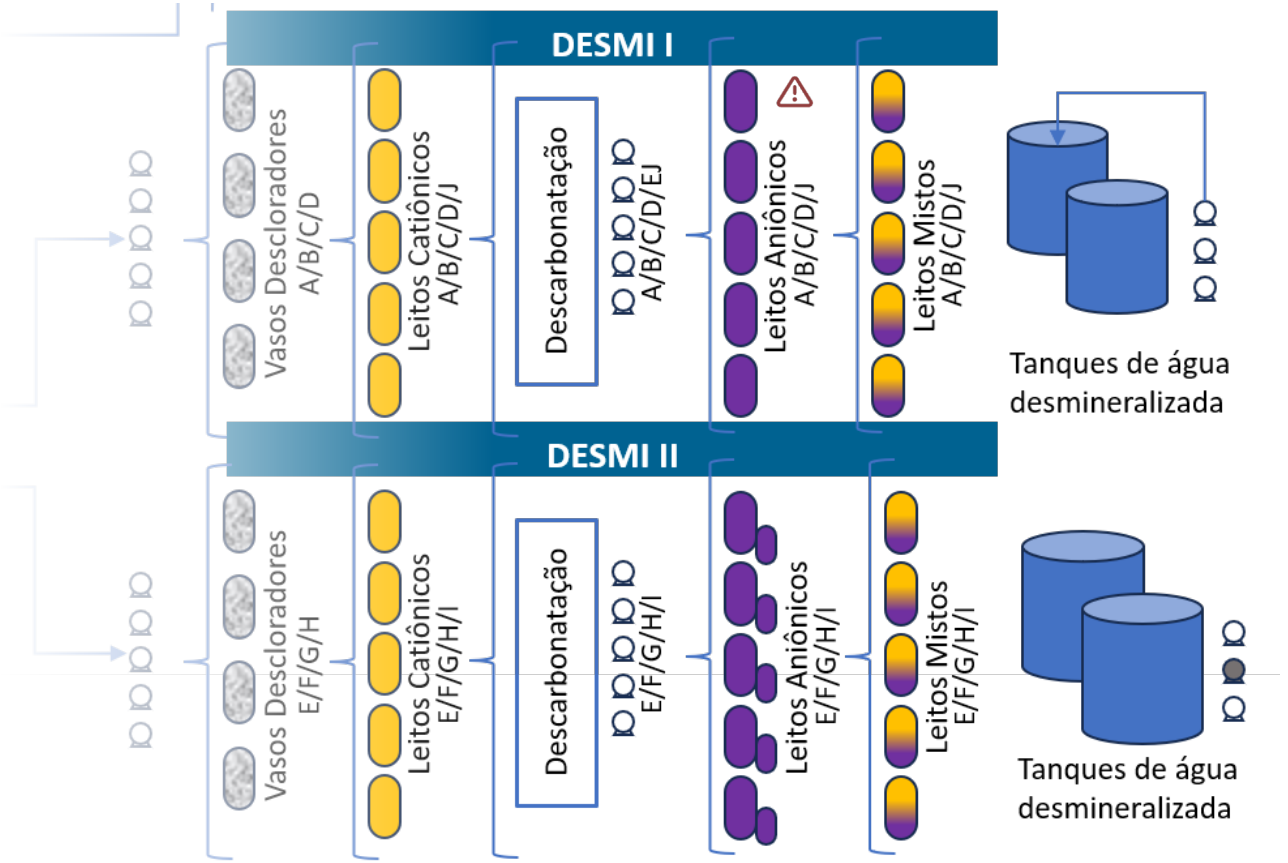


Introdução

UNIDADE DE DESMINERALIZAÇÃO

- **Descloração:** Mitiga a degradação hidrolítica das resinas catiônicas em cenários com água filtrada.
- **Decatiônização:** Retém cátions e utiliza H_2SO_4 na regeneração.
- **Descarbonatação:** Remove CO_2 por arraste de ar em contracorrente via anéis Raschig.
- ⚠ **Deaniônização:** Retém ânions e utiliza NaOH na regeneração.
- **Polimento em Leito Misto:** Polimento e deionização total contra fugas iônicas.

⚠ ***Fouling* Orgânico:** Envenenamento bioquímico e obstrução de sítios ativos de amônio quartenário nas resinas aniônicas fortes.



Objetivo

- Avaliar a eficiência do procedimento de salmouragem alcalina como estratégia de recuperação química para resinas aniônicas fortemente básicas que sofreram processo de *fouling* orgânico.

Metodologia

Etapa 1: Dados de Processo e Diagnóstico Técnico

Histórico operacional;

Monitoramento analítico da água de alimentação;

Indicadores de desempenho.

Etapa 2: Planejamento Operacional e Ações de Intervenção (Duas Fases)

Fase I: adequação nas variáveis do ciclo de regeneração convencional com NaOH:

Fase II: salmouragem alcalina (NaCl 10% + NaOH 2%).

Etapa 3: Avaliação de Desempenho e Padronização

Comparação de KPIs pré e pós-tratamento:

Consolidação do procedimento de salmouragem;

Padronização para a bateria de vasos.

Figura 2- esquemático simplificado das etapas de regeneração



Fonte: Elaboração própria

Metodologia

Etapa 1: Diagnóstico Técnico

Metodologia

Metodologia

Etapa 1: Diagnóstico Técnico

- Redução de campanha dos vasos pela associação das cadeias alifáticas da contaminação orgânica aos grupos funcionais da resina;
- Aumento do padrão de sílica na água tratada obstrução dos sítios ativos pela contaminação orgânica;
- Volume de água de enxágue por aprisionamento de eletrólitos de regenerante pela natureza viscoelástica da contaminação orgânica;
- Característica do efluente pela ionização e solubilização parcial da contaminação orgânica superficial.

Metodologia

Etapa 1: Diagnóstico Técnico

- Redução de campanha dos vasos pela associação das cadeias alifáticas da contaminação orgânica aos grupos funcionais da resina;
- Aumento do padrão de sílica na água tratada obstrução dos sítios ativos pela contaminação orgânica;
- Volume de água de enxágue por aprisionamento de eletrólitos de regenerante pela natureza viscoelástica da contaminação orgânica;
- Característica do efluente pela ionização e solubilização parcial da contaminação orgânica superficial.

Etapa 2: Fase I – Ajustes de variáveis cinéticas

- Otimização temporária e emergencial;
- Aumento do tempo de contato entre o regenerante alcalino e a matriz polimérica: favorecimento da penetração do íon hidroxila apesar da obstrução dos sítios ativos;
- Sem efeitos na restauração da resina, porém com ganhos operacionais na qualidade da água tratada.

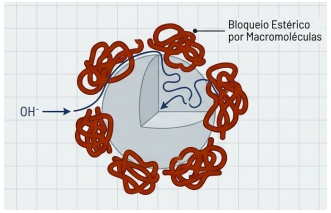


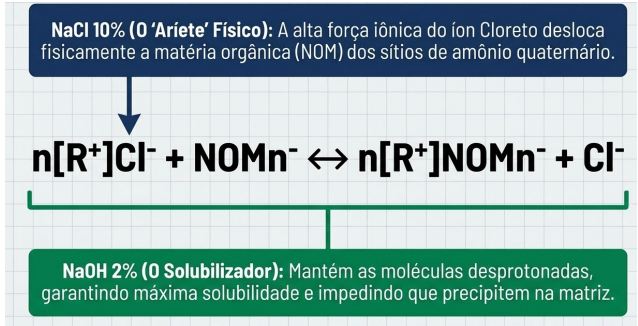
Figura 3 – Representação da contaminação por M.O.

Fonte: Elaboração própria

Etapa 2: Fase II – Ajustes de variáveis cinéticas

- Elevação da força iônica e no efeito osmótico: salmouragem alcalina.

Figura 4 – equação da reação de salmouragem (NaCl 10% + NaOH 2%).



Fonte: Elaboração própria

Resultados e discussões

Produção de água no vaso aniônico

Figura 5 - Gráfico de campanha do vaso aniônico

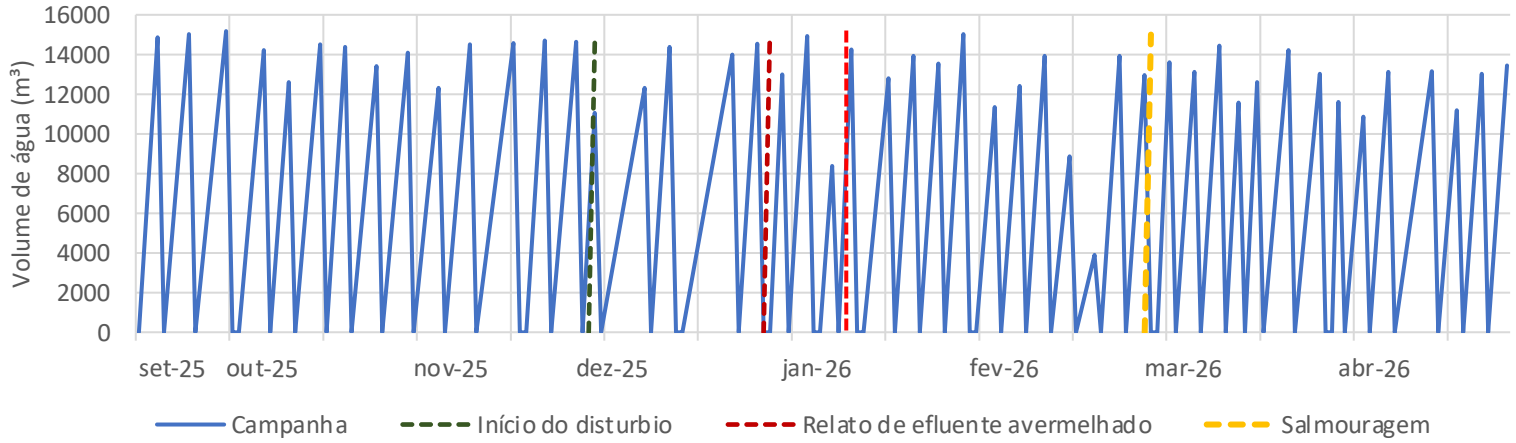


Figura 6 - Gráfico tempo de enxágue

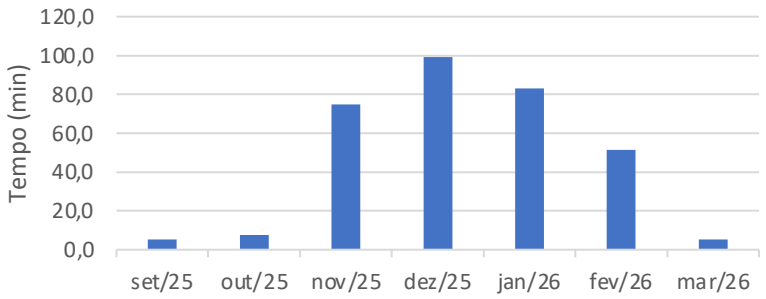
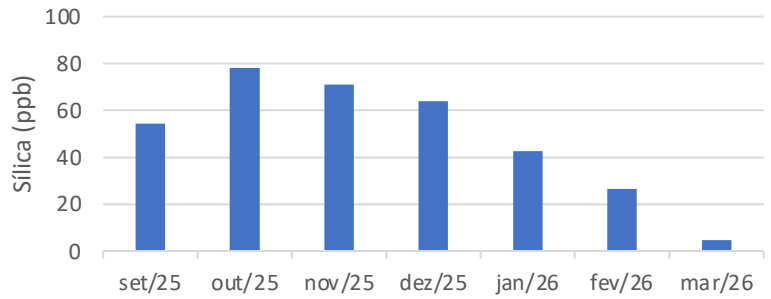


Figura 6 - Gráfico sílica na água tratada



Fonte: Elaboração própria

Linha do tempo

Set/2025
Operação estável ~15.000 m^3/campanha.

Nov/2025
Campanhas curtas e irregulares; primeiros desvios de qualidade.

Dez/2026
Primeiro relato de **efluente avermelhado**: sinal de fouling orgânico severo.

Jan/2026
Início da mitigação – Fase I.

Mar/2026
Salmouragem – Fase II.

Resultados e discussões

Coloração do efluente

Figura 7 – Registros fotográficos da coloração do efluente de regeneração e resina contaminada



Fonte: Elaboração própria

Figura 8 – Escala padrão Purolite para classificação de contaminação orgânica



Fonte: Adaptado de Purolite ([s.d.])

- Recuperação do desempenho operacional;
- Adequação do tempo de enxágue;
- Adequação dos parâmetros de qualidade;
- Adequação da coloração do efluente.

Referências bibliográficas

- FRISCH, NORMAN W.; KUNIN, ROBERT. *Organic Fouling of Anion-Exchange Resins*. *Journal of the American Water Works Association*, v. 52, n. 7, p. 875–887, jul. 1960.
- GÖNDER, Z. BERIL; KAYA, YASEMIN; VERGILI, ILDA; BARLAS, HULUSI. *Capacity loss in an organically fouled anion exchanger*. *Desalination*, v. 189, n. 1-3, p. 303-307, 2006.
- HADDAD, M.; BAZINET, L.; BARBEAU, B. *Towards Water, Sodium Chloride and Natural Organic Matter Recovery from Ion Exchange Spent Brine*. *Membranes*, v. 11, n. 4, p. 262, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.3390/membranes11040262. Acesso em: 10/05/2026.
- LEVCHUK, I.; RUEDA MÁRQUEZ, J. J.; SILLANPÄÄ, M. *Removal of natural organic matter (NOM) from water by ion exchange - A review*. *Chemosphere*, v. 192, p. 90-104, fev. 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.10.101. Acesso em: 01/06/2026.
- PUROLITE. Procedimento de salmouragem alcalina. [S. l.: s. n.], [s.d.]. Documento técnico interno fornecido pelo fabricante.
- WANG, Q.; YANG, X.; QI, R.; ZHANG, L. *Reconstruction and Removal Mechanisms of Gel-like Membrane Fouling for Seawater Desalination: Experiments and Molecular Dynamics Simulations*. *Polymers*, v. 14, n. 18, p. 3734, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.3390/polym14183734. Acesso em: 15/05/2026.
- WIERCICK, P.; GARBOWSKI, T.; CHROBOT, P. *The Study of Humic Substances' Impact on Anion Exchangers*. *Materials*, v. 17, n. 6, p. 1237, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.3390/ma17061237. Acesso em: 20/05/2026.

Obrigada!

Encontro Técnico
AESABESP
37º Congresso Nacional
de Saneamento e
Meio Ambiente

AESABESP 40 Anos
Associação dos Engenheiros da Sabesp

Rebeca Beck
rebecabeck@cetrel.com.br
(71) 9 8725-5675
rebeca-beck