

# Uso de Quitosana e PAC para otimizar a remoção de fósforo

**Palavras-Chave:** COAGULANTE NATURAL, FÓSFORO, QUITOSANA

**Autores(as):**

**Marcos Vinicius de Souza, FT – UNICAMP**

**Prof. Adjunto Rafael Brito de Moura, UNIFAL – Campus Poços de Caldas**

**Prof. Dr. Dagoberto Yukio Okada, FT - UNICAMP**

---

## INTRODUÇÃO:

O tratamento de águas residuais tem como principais benefícios a preservação da saúde pública, meio ambiente e garantia de fontes de águas limpas. A 6ª ODS - Água Potável e Saneamento, é uma das iniciativas de incentivo para busca de novas tecnologias e técnicas de tratamento de efluentes residuais. Além de ter grandes cargas de matéria orgânica, o efluente residual é rico em minerais como o fósforo, um mineral potencialmente tóxico para organismos aquáticos e seu despejo em corpos hídricos causa eutrofização. (LOPES et al., 2023).

As estações de tratamento trabalham com dois tipos de tratamento biológico de esgoto, anaeróbio (sem uso de oxigênio no processo) e o aeróbio (com uso de oxigênio no processo). No tratamento aeróbio a etapa de aeração exige um maior consumo de energia, conseqüentemente aumenta os gastos financeiros da ETE (SANDINO et al., 2012). Remover parte da matéria orgânica ajuda diminuir esses gastos, para isso algumas ETE adicionam coagulantes para aumentar a remoção de carga orgânica no decantador.

As estações de tratamento costumam utilizar coagulantes químicos por causa da sua eficiência de floculação das partículas e principalmente pelo seu custo-benefício (BAGHVAND et al., 2010). Porém, seu constante uso eleva os níveis de metais residuais que podem estar associados com a doença Alzheimer, além de deixar resíduos de metais no efluente (MAREY, 2019).

O policloreto de alumínio (PAC) é um dos coagulantes químicos mais utilizado no tratamento, um polímero inorgânico gerado através da hidrólise da solução ácida do cloreto de alumínio que apresenta rápida velocidade de agregação e formação de flocos pesados (SRIVASTAVA; MALL; MISHRA, 2005).

O uso de coagulantes naturais surgiu como possibilidade alternativa, pois reduzem os efeitos negativos no meio ambiente e saúde humana (SUKMANA et al., 2021). Os coagulantes orgânicos não são tóxicos e são renováveis, podendo ser de origem vegetal, animal e microbiana (KOUL et al., 2022). A quitosana é um coagulante de origem animal resultante da desacetilação da quitina extraída do

exoesqueleto de animais invertebrados (GUIBAL; ROUSSY, 2007). A quitosana já foi utilizada em combinação com coagulantes inorgânicos para remover fósforo em lodo ativado (ZHANG et al., 2020).

O policloreto de alumínio (PAC) remove fósforo por precipitação com eficiência, e já foram obtidos resultados positivos do uso de quitosana com auxílio de coagulantes químicos na remoção desse mesmo mineral. Desta forma, o estudo sobre a eficiência do uso combinado desses dois coagulantes pode resultar em alternativas interessantes para o tratamento de efluentes.

## **METODOLOGIA:**

Nessa pesquisa foi utilizado o coagulante Quitosana (Sigma Aldrich - GD: 75%), com a solução sendo preparada a 1% em um meio de ácido acético 0,5%, e o PAC. As amostras utilizadas foram coletadas na ETE situada na cidade de Limeira, SP. O esgoto foi coletado após o tratamento preliminar.

Para essa pesquisa foi realizado o ensaio do *Jar test*, com as seguintes configurações de agitação: 2 min de mistura rápida à 100 rpm, 20 min de mistura lenta à 20 rpm e 30 min de sedimentação. Foi realizado as análises físico-químicas (pH, condutividade, cor, turbidez, fósforo total, DQO, e sólidos suspensos totais – SST) das amostras com diferentes concentrações de quitosana e PAC seguindo a descrição do *Standard Methods* (APHA, AWWA, WEF, 2012).

Foi realizado um planejamento experimental, com base nos resultados de *Jar test* apresentados no relatório parcial (SOUZA, M. V., 2024). Os valores extremos utilizados foram aplicados em um delineamento composto central rotacional (DCCR): foram estudados 4 testes no nível do fator (+1 e -1) 4 testes no nível nos pontos axiais (+1,41 e -1,41) e 3 testes nos pontos centrais (0:0). As variáveis independentes foram a Quitosana (X1) e o PAC (X2) (Tabela 1).

Tabela 1: Dados do CCRD

Fator	Quitosana (mg/L)	PAC (mg/L)	Fator	Quitosana (mg/L)	PAC (mg/L)
-1; -1	2	20	0; 0	5	60
1; -1	8	20	0; 0	5	60
-1;1	2	100	0; 0	5	60
1;1	8	100	-1,41;0	0,77	60
0; -1,41	5	3,6	1,41;0	9,23	60
0;1,41	5	116,4			

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO:**

Os resultados obtidos estão representados nas Tabelas 2 e 3. As concentrações foram combinadas e representadas na forma Quitosana + PAC mg/L, a concentração “0” representa ao efluente que passou pelo correções. Os pontos centrais, 5 mg/L de quitosana e 60 mg/L de PAC, resultaram nos melhores dados de DQO juntamente com a combinação 0,77+60 mg/L. De acordo com as Figuras 1a e 1b, a faixa de concentração que teve melhores eficiências de remoção de DQO e fósforo (cerca de 55% e 50%

respectivamente) foi com menores concentrações de quitosana (2 mg/L) combinada com maiores concentrações de PAC (100 mg/L).

Tabela 2: Resultados das análises - Parte 1

Fator	Quitosana + PAC (mg/L)	pH	Turbidez (NTU)	Turbidez – Efic. (%)	Cor (mg/L PtCo)	Cor – Efic. (%)
-----	Bruto	7,23±0,03	498,00±27,73	-----	2323,33±72,3	-----
-----	0	6,76±0,01	119,67±0,58	75,97	950,00±17,32	59,11
-1; -1	2 + 20	7,22±0,03	73,87±2,40	85,17	343,33±5,77	85,22
1; -1	8 + 20	6,83±0,02	134,33±8,96	73,03	263,33±25,17	88,67
-1;1	2 + 100	7,16±0,02	70,93±0,61	85,76	373,33±20,82	83,93
1;1	8 + 100	7,03±0,01	119,33±2,08	76,04	473,33±5,77	79,63
0;0	5 + 60	7,00±0,03	94,97±0,83	80,93	636,67±47,26	72,60
0;0	5 + 60	6,98±0,02	63,17±5,21	87,32	220,00±10,00	90,53
0;0	5 + 60	7,17±0,04	75,20±3,86	84,90	423,33±20,82	81,78
-1,41;0	0,77 + 60	7,08±0,03	65,83±0,59	86,78	710,00±0,05	69,44
1,41;0	9,23 + 60	7,21±0,03	110,33±3,79	77,84	883,33±66,58	61,98
0; -1,41	5 + 3,6	7,18±0,04	23,50±0,66	95,28	456,67±15,28	80,34
0;1,41	5 + 116,4	7,10±0,01	100,80±8,28	79,76	310,00±17,32	86,66

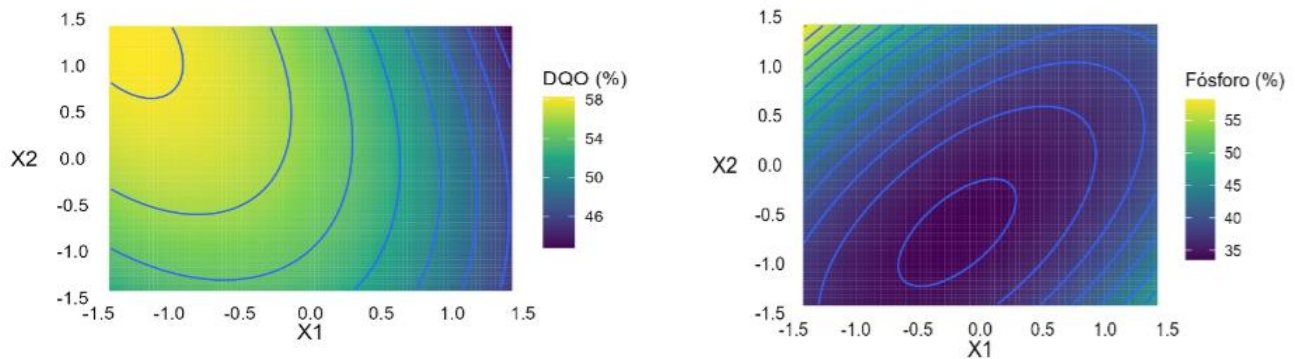
Tabela 3: Resultados das análises - Parte 2

Fator	Quitosana + PAC (mg/L)	DQO (mg/L)	DQO – Efic. (%)	Fósforo (mg/L)	Fósforo – Efic. (%)	SST (mg/L)
-----	Bruto	929,00±60,10	-----	3,20±0,05	-----	724
-----	0	619,00±80,61	30,14	2,50±0,05	21,88	58
-1; -1	2 + 20	432,00±41,01	51,24	2,05±0,21	35,94	52
1; -1	8 + 20	478,00±0,05	46,05	2,05±0,07	35,94	108
-1;1	2 + 100	391,00±21,92	55,93	1,55±0,07	51,56	42
1;1	8 + 100	475,00±4,24	46,39	2,00±0,05	37,50	142
0;0	5 + 60	434,00±15,56	51,02	2,30±0,14	28,13	104
0;0	5 + 60	396,00±9,90	55,30	2,00±0,14	37,50	84
0;0	5 + 60	358,00±7,07	59,59	2,00±0,28	37,50	78
-1,41;0	0,77 + 60	357,00±0,71	59,76	1,95±0,21	39,06	42
1,41;0	9,23 + 60	462,00±5,66	47,86	1,85±0,07	42,19	140
0; -1,41	5 + 3,6	385,00±43,13	56,49	2,00±0,14	37,50	106
0;1,41	5 + 116,4	388,00±3,54	56,26	1,90±0,014	40,63	96

Comparando com outros trabalhos, Babineau et al. (2008) removeu fósforo de efluente doméstico utilizando de forma combinado de sulfato de alumínio e quitosana, com concentrações de 70 mg/L e 0,3 mg/L respectivamente obteve remoção de 85%, uma remoção maior comparada aos resultados obtidos nos ensaios realizados com PAC e quitosana. Porém, o sulfato de alumínio é um coagulante químico com

atuação de diferentes mecanismos de coagulação em relação ao PAC, que podem ter influenciado nessa remoção. Zhao et al. (2019) realizou testes de remoção de fósforo em esgoto doméstico utilizando filtração com membranas de cerâmicas de folha plana com auxílio de PAC (15 mg Al/L, equivalente a 101,19 mg/L de PAC) e teve 99% de eficiência, com uma etapa de filtração para aumentar a remoção. Soroka et al. (2020) apresentou um estudo utilizando diferentes coagulantes em esgoto bruto visando remover fósforo, com a concentração de 100 mg/L de PAC e resultou na remoção de 99%.

Figura 1: Remoção de DQO (a) e de fósforo (b), sendo X1: Quitosana; e X2: PAC.



Fonte: Dos autores

Após a análise e tratamentos de dados foi possível notar que as maiores remoções de DQO e fósforo ocorreram nas combinações de menor parcela de quitosana e maior parcela de PAC. Ainda assim, as concentrações de PAC utilizadas não tiveram influência significativa na remoção de fósforo, provavelmente para ter resultados melhores seria necessário aumentar a dosagem resultando no aumento de custos. Ainda assim, de acordo com a bibliografia, as concentrações de PAC similares com as utilizadas nos testes tiveram maior remoção do que no presente estudo que utilizou de combinação de coagulantes. Os resultados obtidos indicam que não houve benefícios da combinação dos dois coagulantes na remoção de fósforo, ainda que outros estudos que utilizaram somente PAC tenham apresentado maior desempenho.

## CONCLUSÕES:

Com os resultados e análises das concentrações selecionadas realizadas, pode-se concluir que em relação a remoção de fósforo não tem relevância combinar os dois coagulantes. Pois, a taxa de eficiência de remoção se manteve parecida com a remoção dos coagulantes separadamente, a quitosana removeu uma parcela de fósforo e o PAC não apresentou influências relevantes. Uma possibilidade de aumentar a remoção com o PAC seria aumentar a concentração, mas aumentaria os resíduos e o custo financeiro.

## BIBLIOGRAFIA

APHA, AWWA, WEF. **Standard Methods for Examination of Water and Wastewater**. Washington: American Public Health Association, p. 1360, 2012.

BABINEAU, D.; CHARTRAY, D.; LEDUC, R. Étude comparative de deux flocculants pour le traitement physicochimique d'une eau usée municipale : chitosane et polymère de synthèse. **Water Qual. Res. J.**, v. 43, n. 2–3, 2008.

BAGHVAND, A. et al. Optimizing Coagulation Process for Low to High Turbidity Waters Using Aluminum and Iron Salts. **Am. J. Environ. Sci.**, v. 6, n. 5, p. 442-448, 23 Set 2010.

GUIBAL, E.; ROUSSY, J. Coagulation and flocculation of dye-containing solutions using a biopolymer (Chitosan). **Reactive and Functional Polymers**, v. 67, n. 1, p. 33–42, 1 jan. 2007.

KOUL, B. et al. Application of Natural Coagulants in Water Treatment: A Sustainable Alternative to Chemicals. **Water (Switzerland)**, v. 14, n. 22, 2022.

LOPES, J. C. et al. Enhanced biological nitrogen and phosphorus removal from sewage driven by fermented glycerol: comparative assessment between sequencing batch- and continuously fed-structured fixed bed reactor. **Environ. Sci. Pollut. Res.**, v. 30, n. 5, 2023.

MAREY, A. M. Effectiveness of chitosan as natural coagulant in treating turbid waters. **Bionatura**, v. 4, n. 2, 2019.

SANDINO, J. et al. Energy Efficiency in Wastewater Treatment in North America: A Compendium of Best Practices and Case Studies of Novel Approaches. **Proceedings of the Water Environment Federation**, v. 2011, n. 6, p. 169–182, 27 set. 2012.

SOROKA, V. D. et al. Remoção de Fósforo de Efluente Doméstico, Bruto e Tratado, Utilizando Quatro Diferentes Coagulantes: Cloreto Férrico, Policloreto de Alumínio, Sulfato de Alumínio e Tanfloc SG. *In*: POLETO, C. et al. (org.). **Anais do Congresso Internacional de Engenharia Ambiental & 10ª Reunião de Estudos Ambientais**. Toledo: Editora GFM, 2020. cap. 24, p. 370-382.

SOUZA, M. V. **Relatório Parcial: O uso de quitosana e coagulante químico para otimizar a remoção de fósforo**. Programa de Iniciação Científica Voluntária (PICV). Universidade Estadual de Campinas. Limeira. 2024.

SRIVASTAVA, V. C.; MALL, I. D.; MISHRA, I. M. Treatment of pulp and paper mill wastewaters with poly aluminium chloride and bagasse fly ash. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, v. 260, n. 1–3, p. 17–28, 15 jun. 2005.

SUKMANA, H. et al. Adsorption and coagulation in wastewater treatment - Review. **Progress in Agricultural Engineering Sciences**, v. 17, n. 1, p. 49-68, 2021.

ZHANG, B. et al. Insight into efficient phosphorus removal/recovery from enhanced methane production of waste activated sludge with chitosan-Fe supplementation. **Water Res.**, v. 187, 2020.

ZHAO, Y. XIA et al. Direct filtration for the treatment of the coagulated domestic sewage using flat-sheet ceramic membranes. **Chemosphere**, v. 223, p. 383–390, 1 maio 2019.