Encontro Nacional do Programa de Formação de Recursos Humanos da ANP - 2026

Desenvolvimento de metodologia espectrofotométrica de detecção de polímeros aniônicos em água de produção

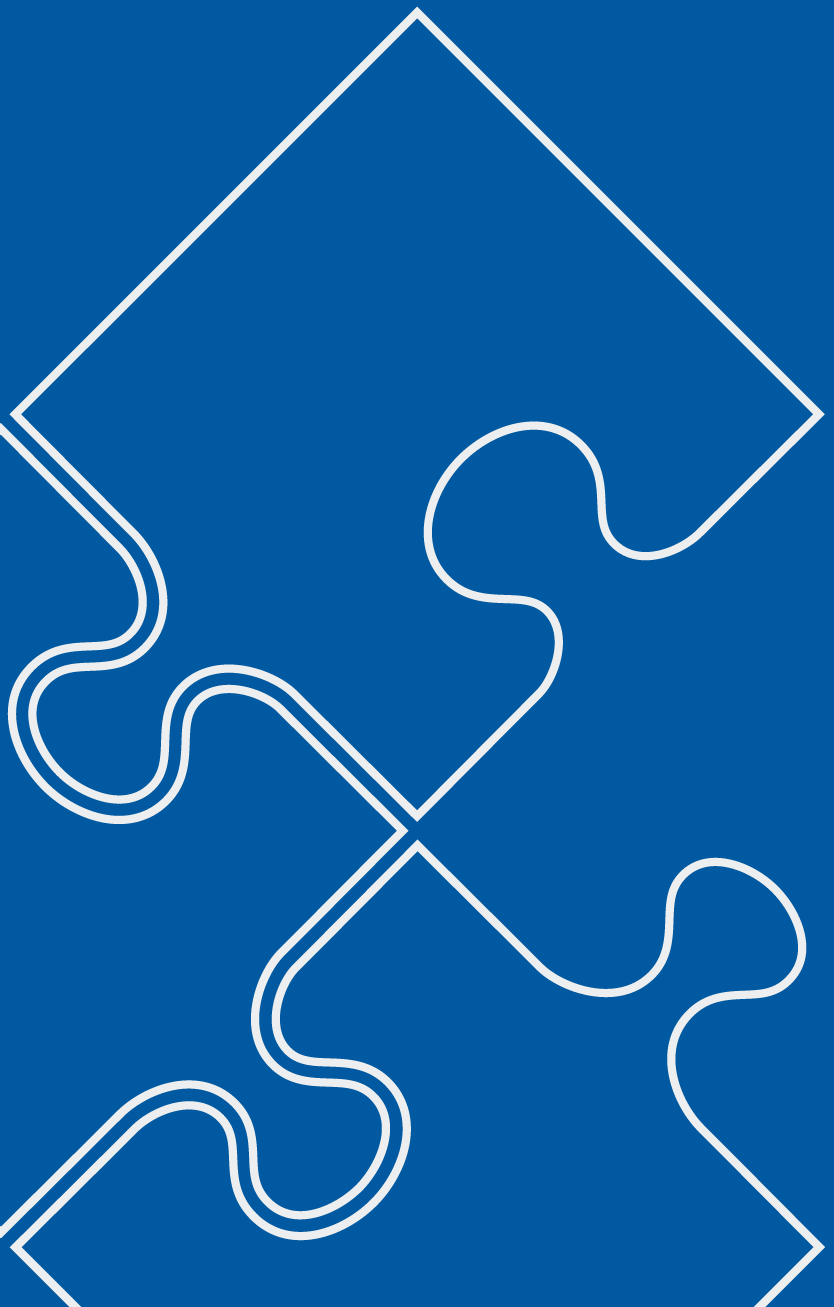
Lorraine Teixeira; Luis Maqueira Espinosa; Aurora Perez Gramatges

PRH 23

Tipo de bolsa: Mestrado

Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro/PUC-Rio

Gestão:



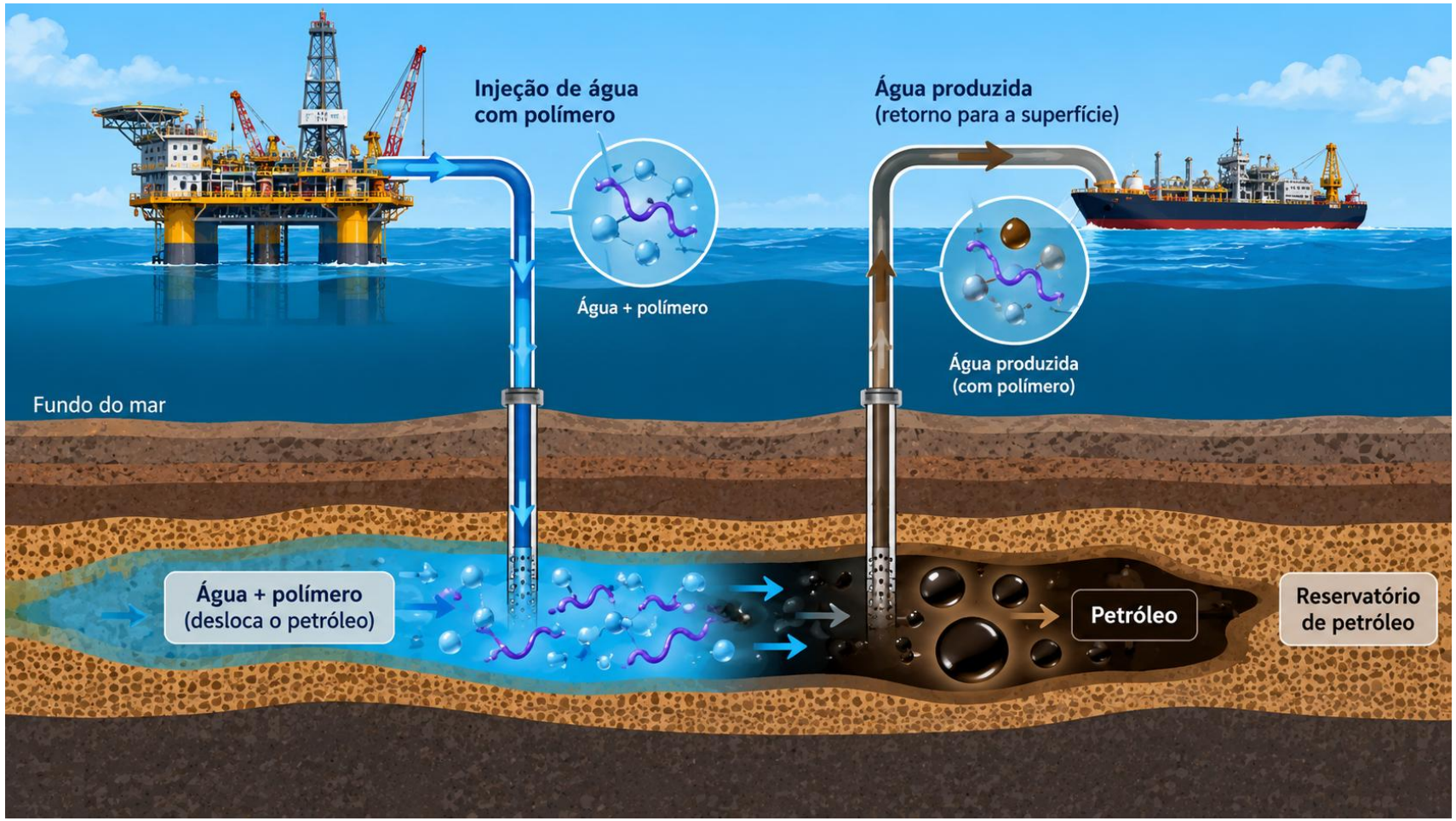
Motivação

Por que detectar polímeros em água produzida?

RECUPERAÇÃO AVANÇADA DE PETRÓLEO

Injeção de polímeros

- ✓ Aumenta a viscosidade da água
- ✓ Controle da mobilidade da água do reservatório
- ✓ Favorece o fluxo preferencial por regiões menos permeáveis e a recuperação do óleo

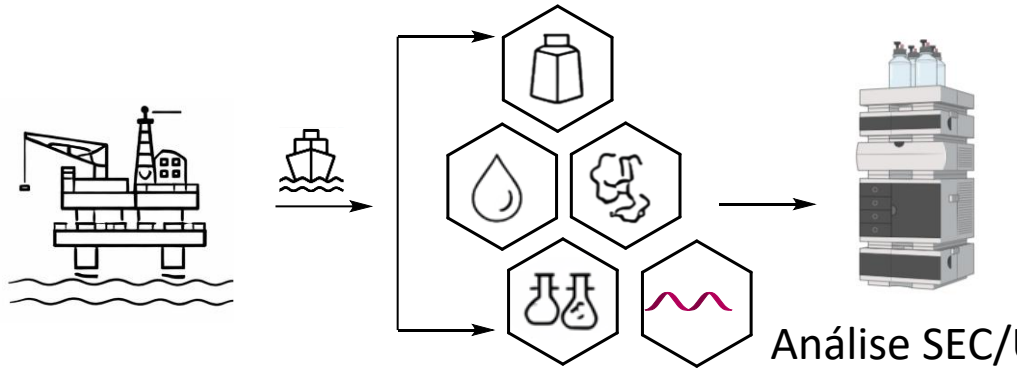


MOTIVAÇÃO

MATRIZ COMPLEXA



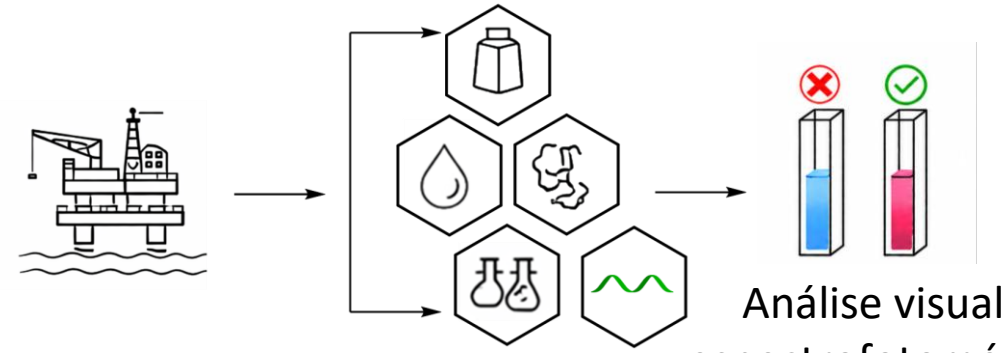
Método de referência – Onshore



Análise SEC/UV

- ❑ Baixo limite de quantificação;
- ❑ Robusto;
- ❑ Detectável para diferentes formas de HPAM presentes no BPP.

Método proposto - Offshore



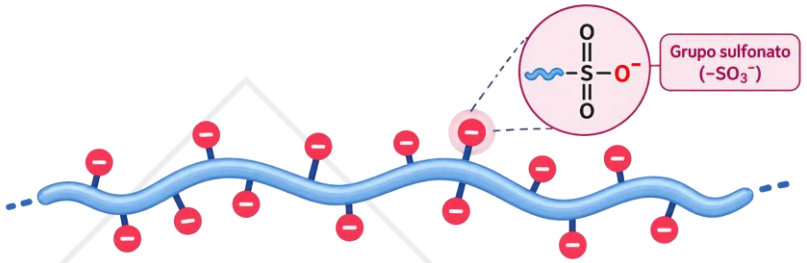
Análise visual / espectrofotométrica

- ❑ Operação compacta para monitoramento de polímeros em campo (offshore);
- ❑ Alta sensibilidade e baixos limites de detecção em matrizes complexas;
- ❑ Detecção e estimativa da quantificação de polímeros.

Hipotese

A interação entre corantes catiônicos e o PAM-AMPS pode produzir alterações espectrais mensuráveis, permitindo sua detecção por espectrofotometria UV-Vis.

Polímero aniônico



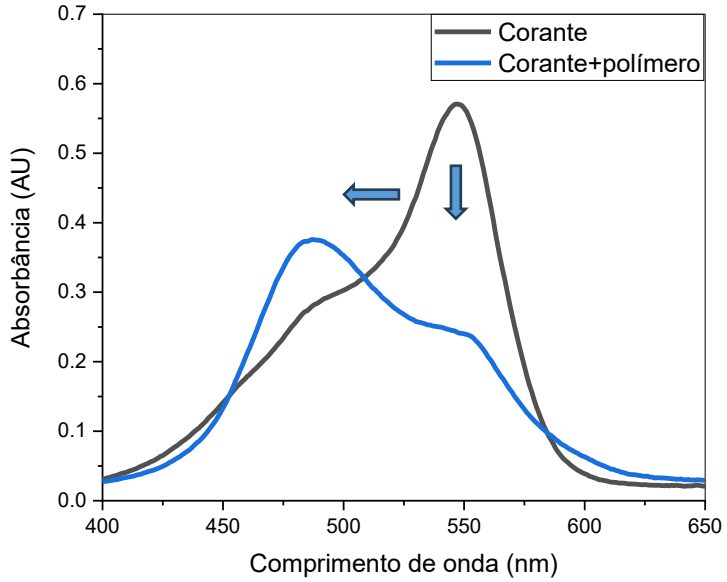


Corantes catiônicos





Mudanças espectrais

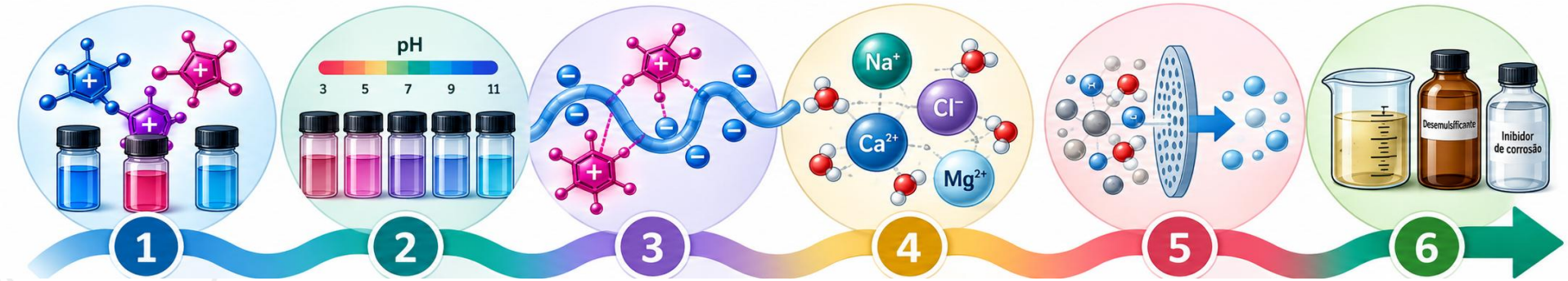


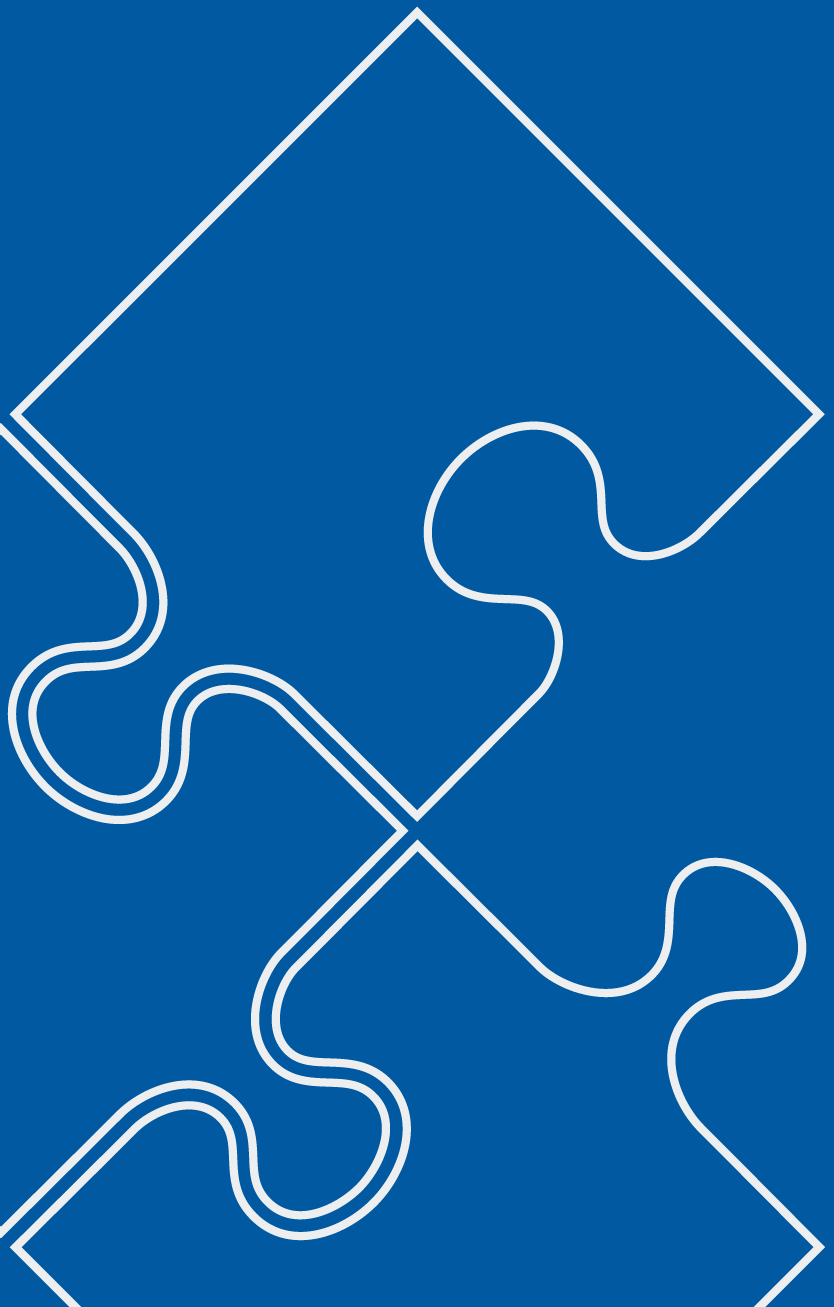
Objetivo

Desenvolver uma metodologia espectrofotométrica para a detecção e semi quantificação do copolímero aniônico PAM-AMPS em água produzida, baseada na sua interação com corantes catiônicos, visando ao monitoramento do polímero em água produzida.

- ✓ Selecionar o corante catiônico e estabelecer condições de medida para interação com o polímero
- ✓ Avaliar a influência de pH e salinidade na resposta analítica
- ✓ Avaliar a interferência de aditivos presentes na água de produção





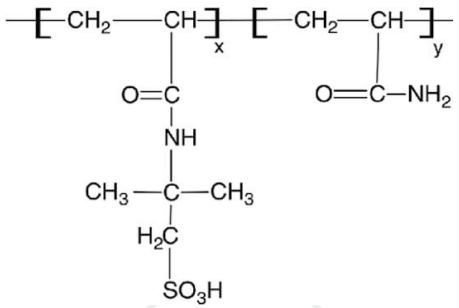


#2

Metodologia

Metodologia experimental

1. Estudo da interação corante-polímero



PAM AMPS



2. Ajuste das condições de interação

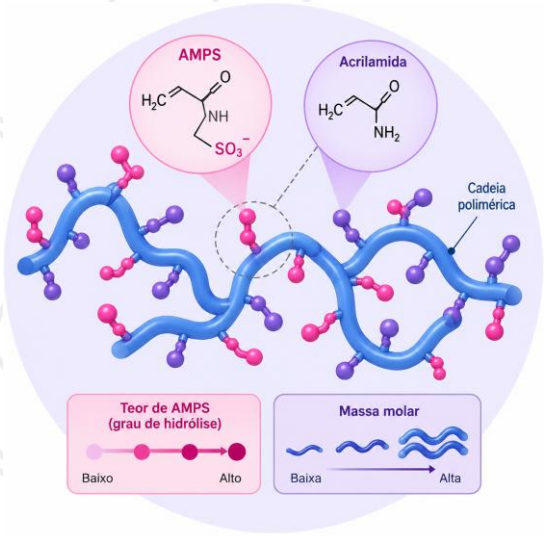


3. Efeito da matriz salina e aditivos



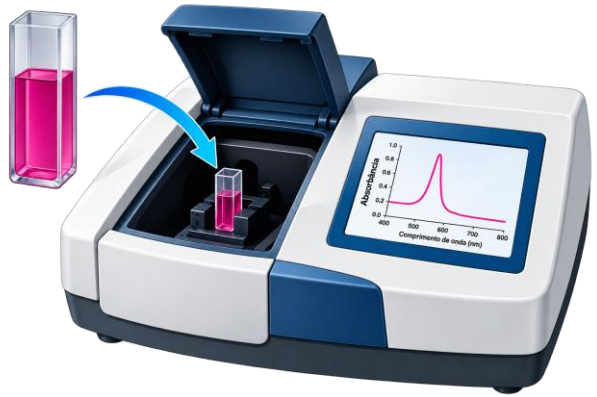
Salmoura:
NaCl 86,6 g/L
KCl 0,6 g/L
$CaCl_2 \cdot 2H_2O$ 10 g/L
$MgCl_2 \cdot 6H_2O$ 6,3 g/L
Desemulsificante 50ppm
Inibidor de corrosão 80ppm

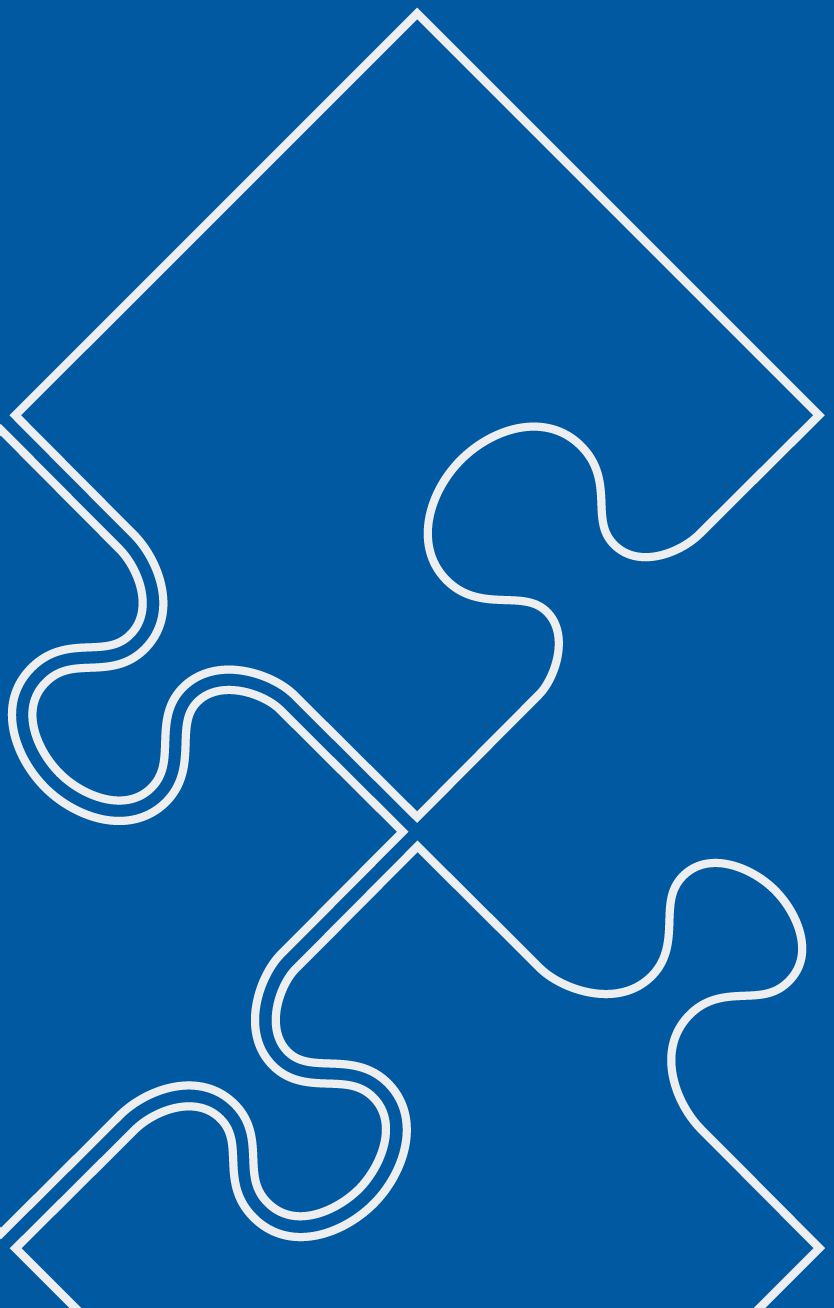
4. Efeito das características do polímero



5. Validação e aplicação em amostras sintéticas e reais



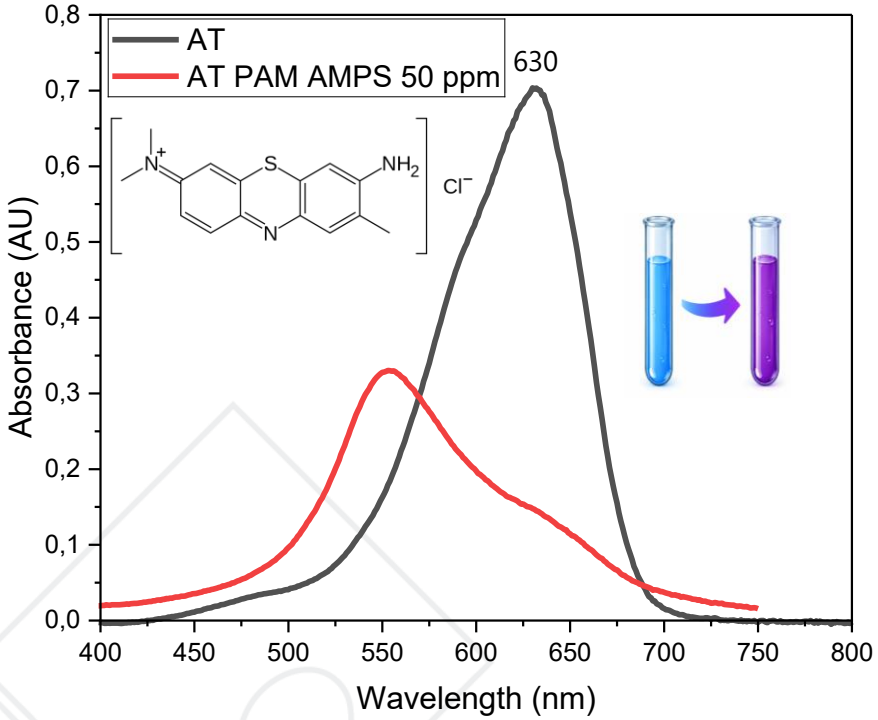


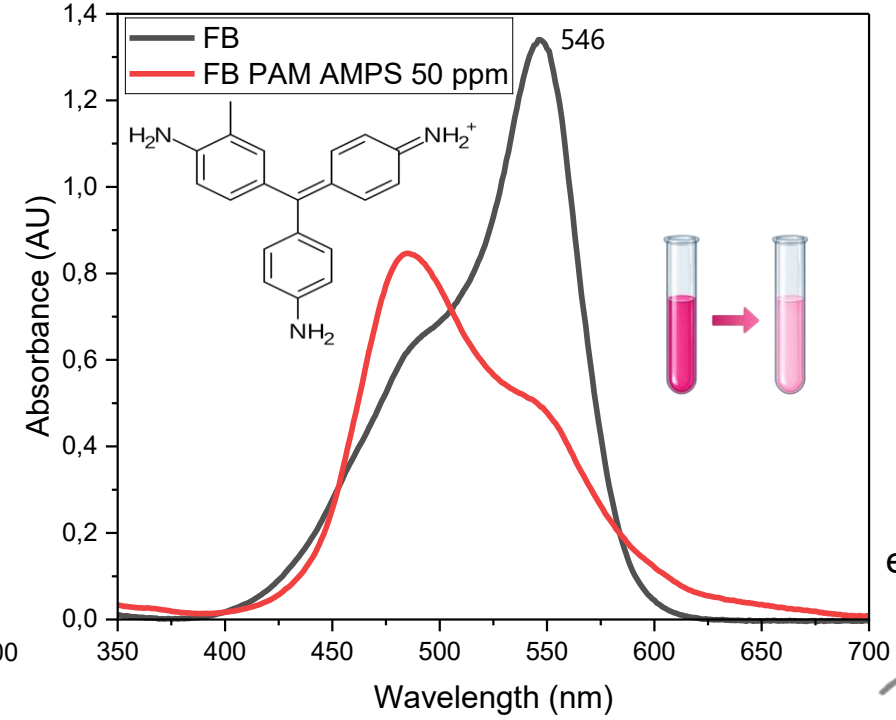


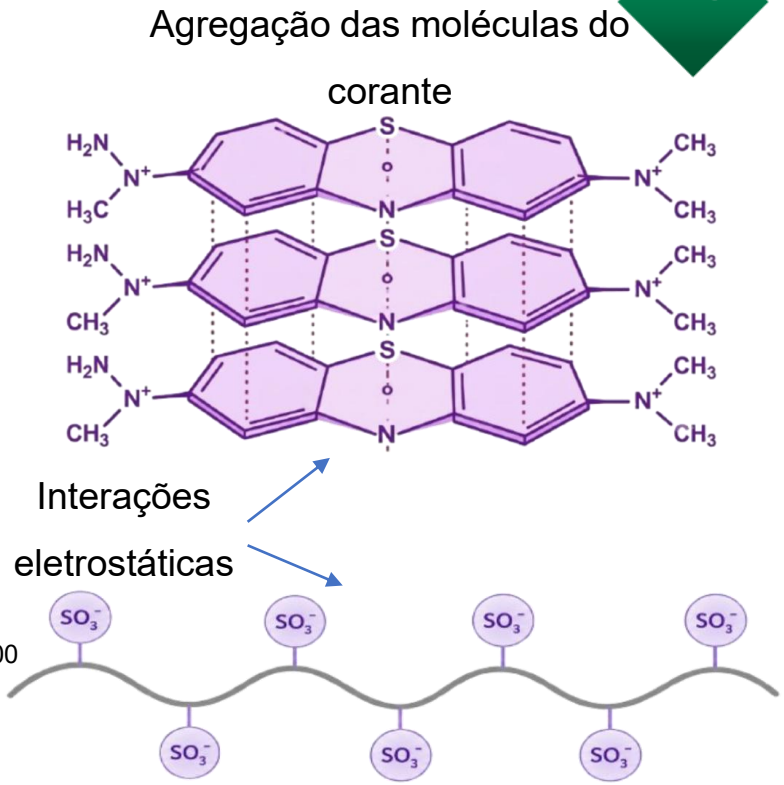
#3

Resultados

Interação corante-polímero



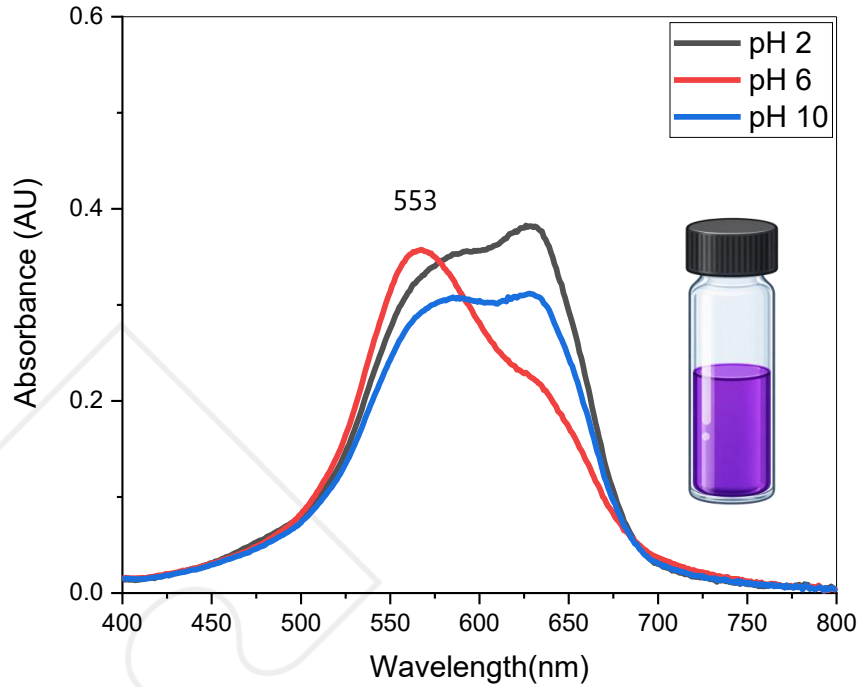




- ✓ A interação com o PAM-AMPS promoveu deslocamento hipsocrômico
- ✓ A atração eletrostática entre os corantes catiônicos e os grupos sulfonato ($–SO_3^-$) do PAM-AMPS favorece a concentração dos corantes e consequente formação de agregados tipo H

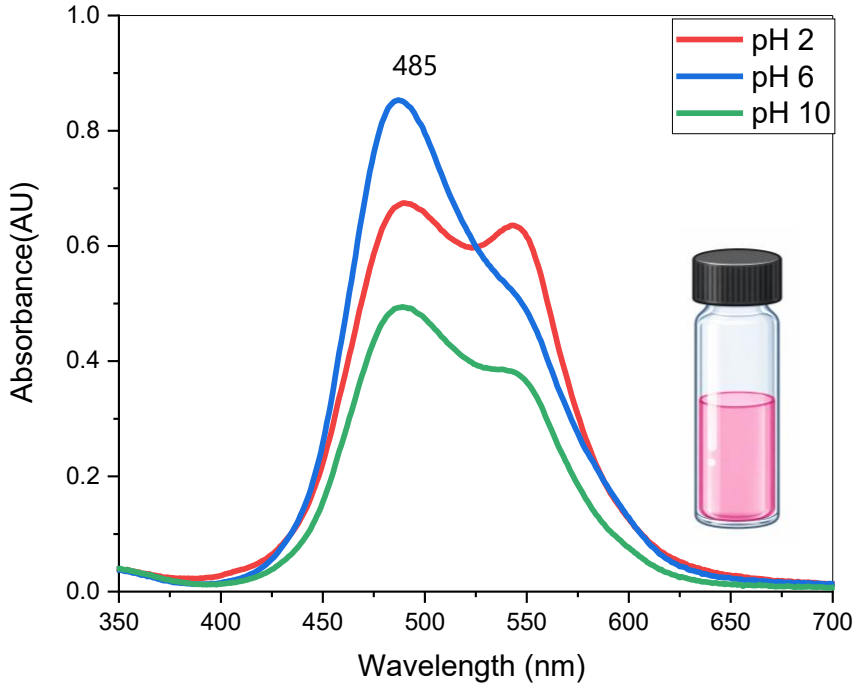
Comportamento espectral dos corantes Catiônicos

Azul de toluidina



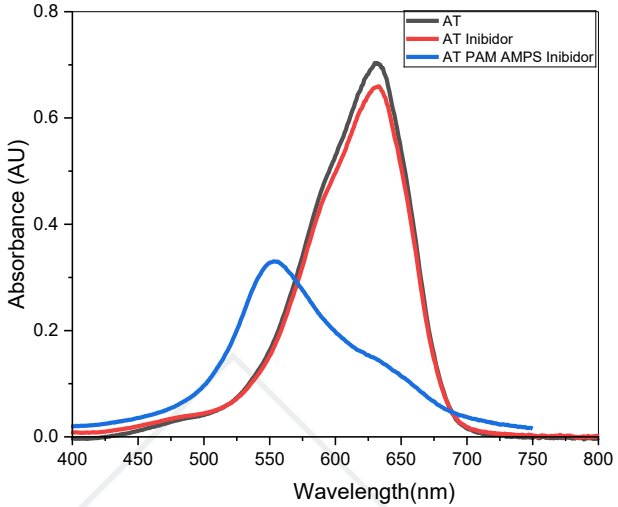
- ✓ Fortemente metacromático
- ✓ Concentração $2\ x\ 10^{-5} mol\ L^{-}$
- ✓ Banda característica da interação 553nm
- ✓ pH ótimo 6

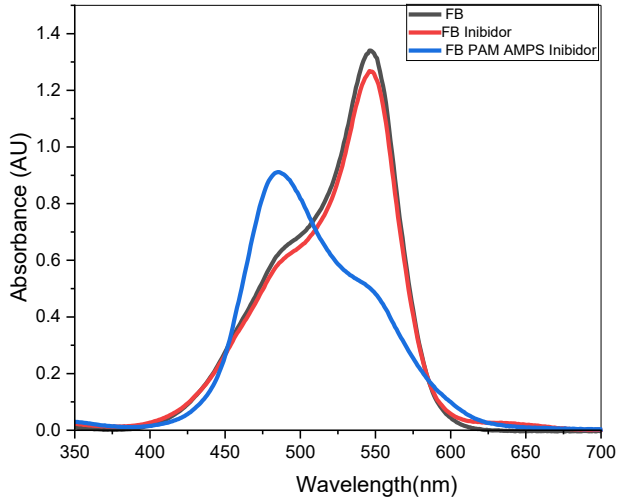
Fucsina básica

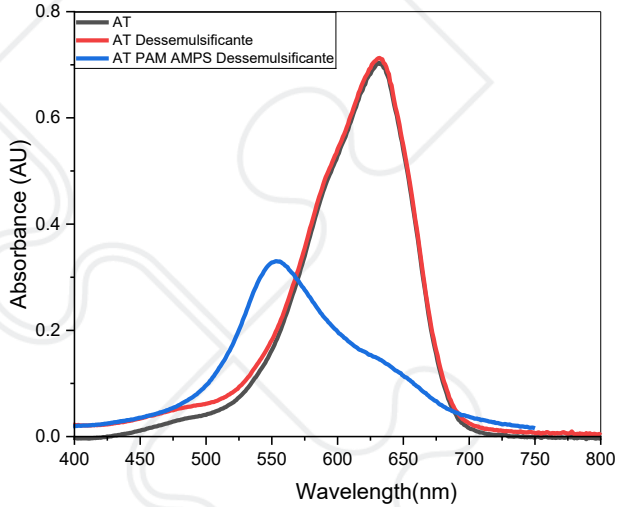


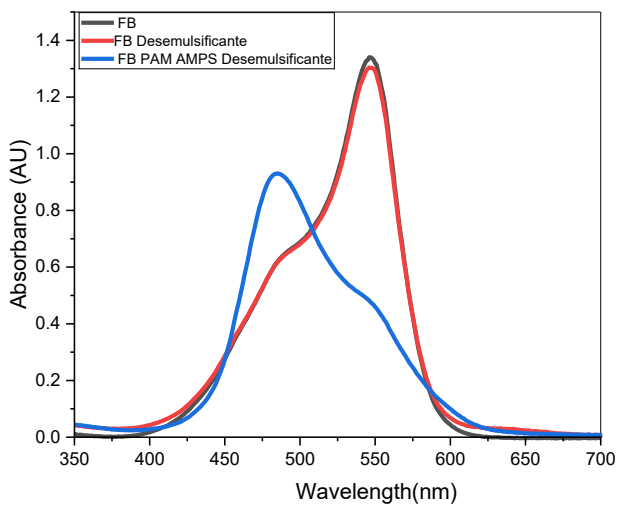
- ✓ Mistura de parasolina, rosalina e magenta
- ✓ Concentração $2\ x\ 10^{-5} mol\ L^{-}$
- ✓ Banda característica da interação 485nm
- ✓ pH ótimo 6

Efeito da presença de aditivos



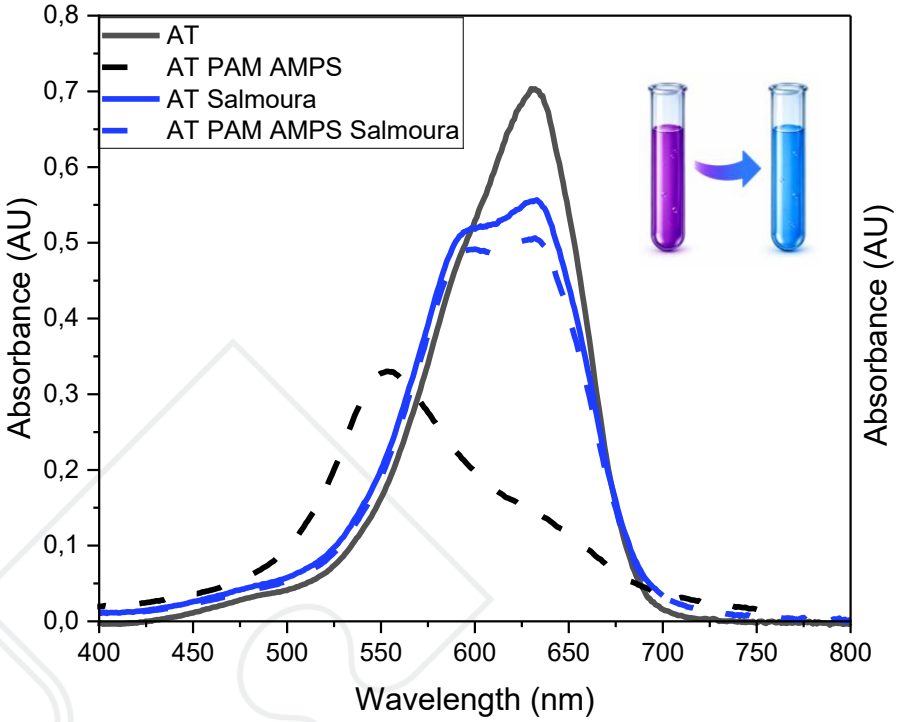


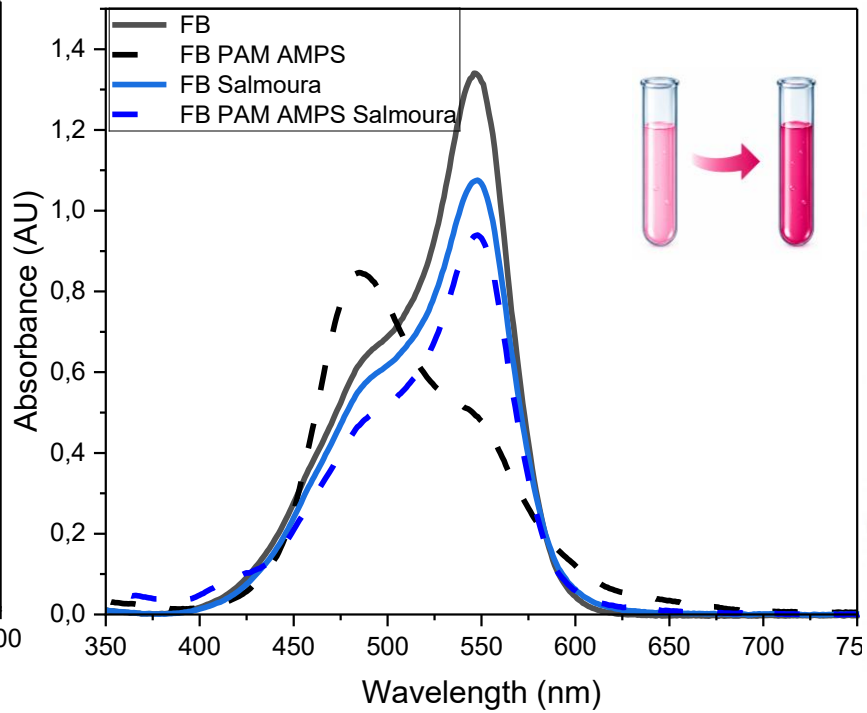


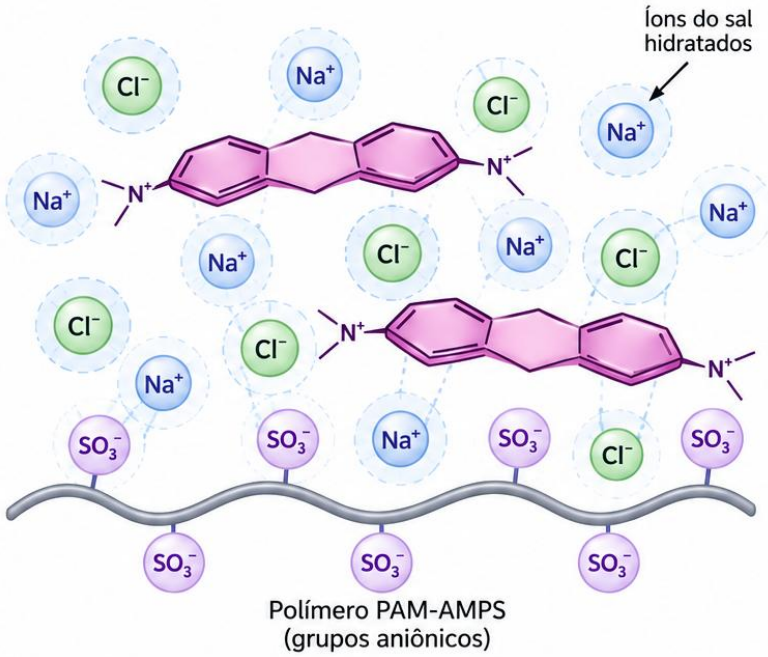


- ✓ Foi avaliada a influência de componentes que são utilizados durante as operações de produção de petróleo: desemulsificante e inibidor de corrosão
- ✓ Comparando os espectros, observou-se que a presença dos aditivos, nas condições avaliadas, não provocou alterações significativas na resposta característica da interação entre o corante e o PAM-AMPS.

Efeito da salinidade





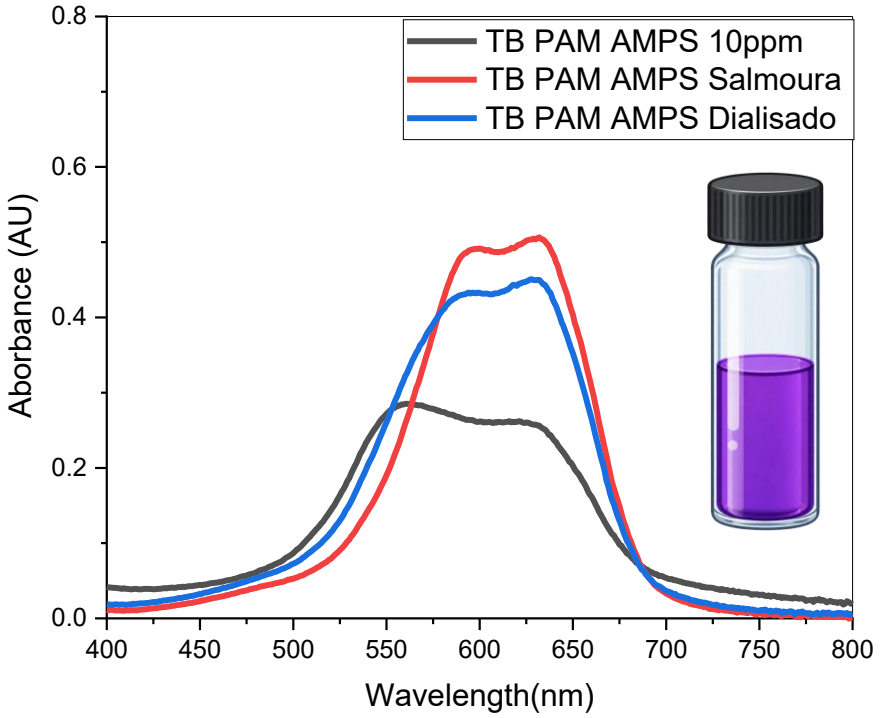


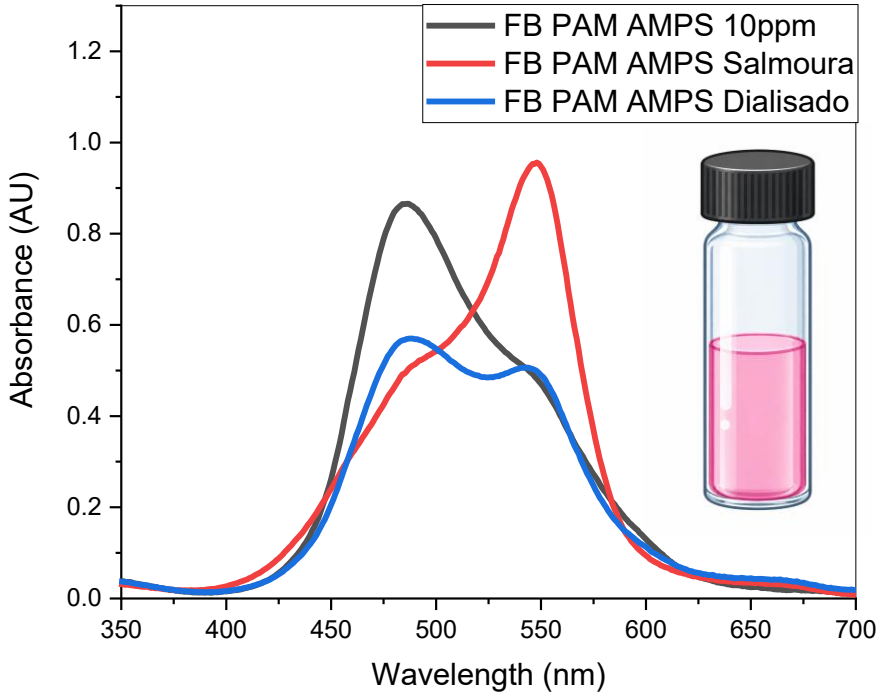
✓ Interação suprimida pelo sal presente ⟶ os íons presentes na solução competem pelas interações eletrostáticas com os grupos aniônicos, reduzindo a afinidade com corante.

Mitigação da interferência da salinidade

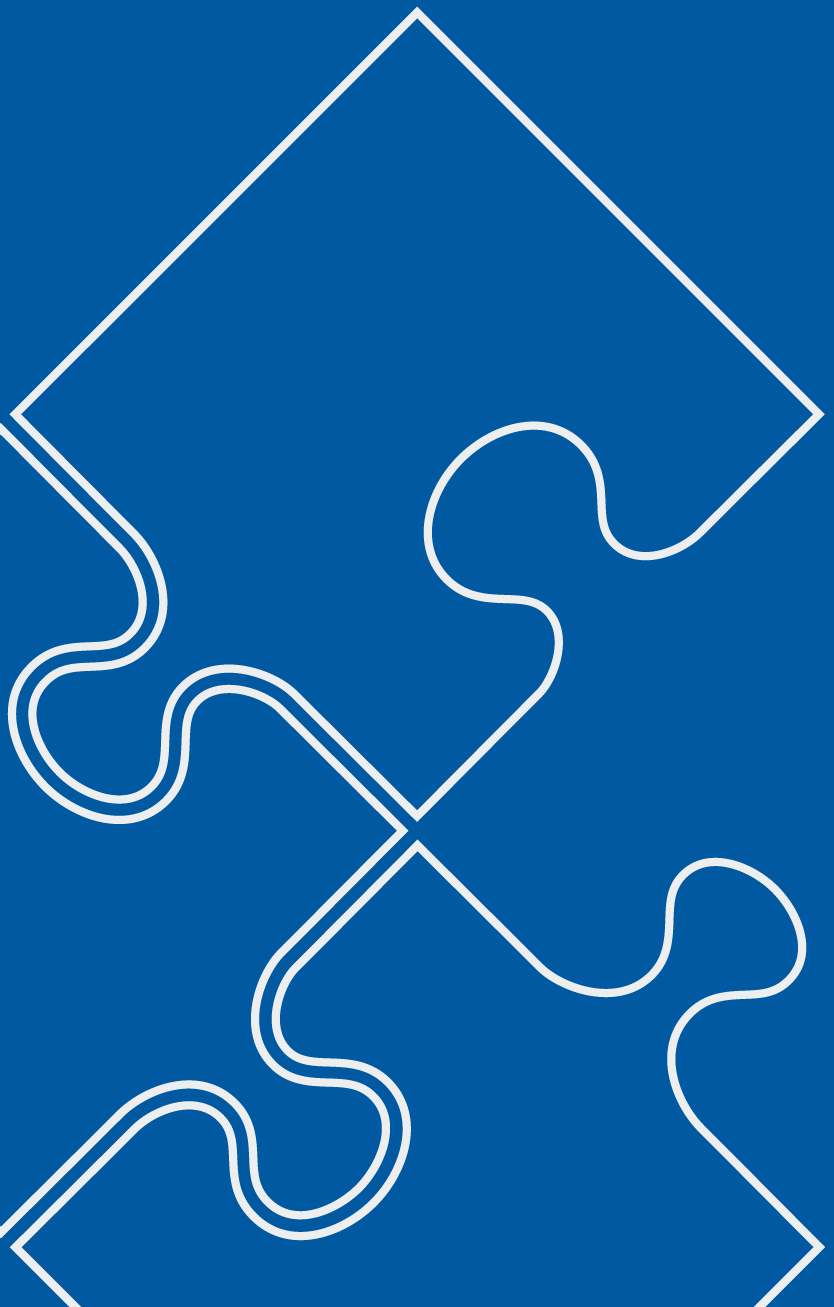
Diálise da solução polimérica







- ✓ A diálise promoveu a remoção dos sais, reduzindo a condutividade (286 mS/cm → 9 µS/cm)
- ✓ Foi observada mudança visual de cor, em concordância com a resposta espectral observada em meio aquoso
- ✓ A Fucsina Básica apresentou recuperação espectral mais evidente após a diálise, indicando menor interferência da salinidade e maior potencial para aplicação na matriz salina.



#4

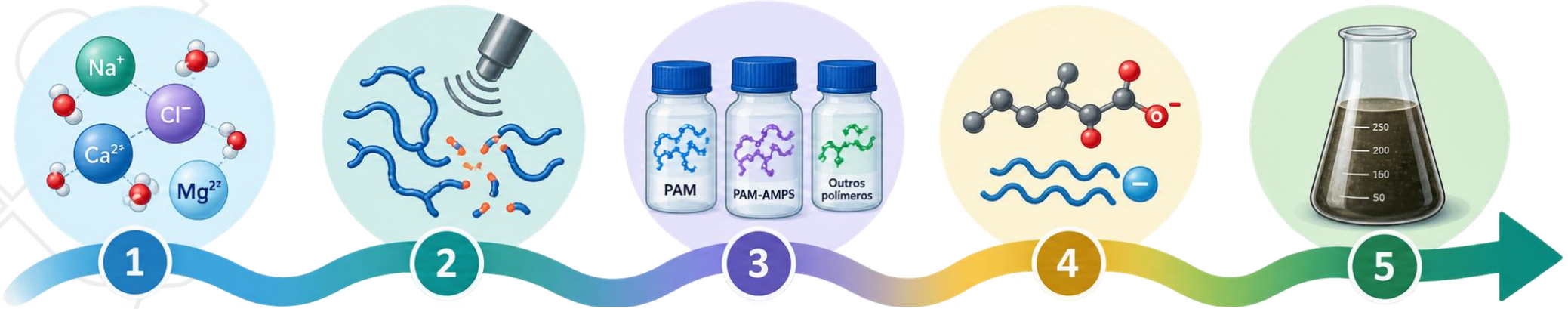
Conclusões

Conclusões

- ✓ A interação corante–polímero foi confirmada pelo deslocamento hipsocrômico das bandas espectrais, associado à formação de agregados H na presença do PAM-AMPS.
- ✓ A força iônica foi o principal fator de interferência, uma vez que os íons presentes na matriz competem com o corante pelos grupos aniônicos do polímero, reduzindo a interação corante–polímero.
- ✓ A diálise reduziu a interferência salina, permitindo a recuperação parcial da interação corante–polímero, com resposta mais evidente para a Fucsina Básica.
- ✓ Os aditivos químicos avaliados não apresentaram interferência significativa na interação corante–polímero nas condições estudadas.
- ✓ A Fucsina Básica apresentou maior potencial para a metodologia, mostrando-se promissora para o desenvolvimento de um método espectrofotométrico simples, robusto e aplicável à detecção de polímeros em água produzida.

Próximas etapas

- ✓ Testar novas estratégias para mitigação da salinidade
- ✓ Efeito da degradação (hidrólise e degradação mecânica) do polímero em condições de reservatório
- ✓ Avaliação de diferentes polímeros aniônicos usados em sistemas EOR
- ✓ Estudo da presença de outros compostos aniônicos, como surfactantes
- ✓ Validação da metodologia proposta
- ✓ Aplicação em matriz sintética e real de água produzida



REFERÊNCIAS

- ✓ Gonçalves, Cecília C. R. et al. Impact of hydrolysis on the quantification of sulfonated acrylamide copolymers by size exclusion chromatography with UV detection. Journal of Applied Polymer Science, 141(43), e56122, 2024.
- ✓ Espinosa, Luis M. et al. Quantification of sulfonated polyacrylamide copolymers in produced water by size exclusion chromatography and UV detection. Rio Oil & Gas Expo and Conference, 22, 49–50, 2022.
- ✓ *Steenbeek, Ruud et al. Three potential analytical methods to make invisible polyacrylamide visible in the aquatic environment. KWR Water Research Institute, BTO 2023.013, 2022.*
- ✓ Duncke, Angela C. P. et al. Coupled effects of sulfonated PAM concentration and degradation on separation kinetics of oil/water emulsions: interplay of flocculation, viscosity, and homogenization. Fuel, 406, 137158, 2026.

Agradecimentos

Agradecemos à PRIO e à ANP pelo apoio à pesquisa, por meio da cláusula de PD&I 918/2023 e o apoio financeiro do Programa de Formação de Recursos Humanos da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - PRH-ANP, gerido pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), Brasil. Processo n° 2025/02828-3

prh anp 23/PUC-RIO

Lorraine Teixeira

lobeatrizoliveira24@gmail.com
www.linkedin.com/in/lorraine-oliveira-b22b161b1


prh anp


anp
Gestão:
FAPESP