



## I-153 – AVALIAÇÃO DE RESINA BÁSICA FORTEMENTE ANIÔNICA PARA REMOÇÃO DE NITRATO ATRAVÉS DE ENSAIO EM ETA PILOTO

**Isabel Cristina Lima Freitas<sup>(1)</sup>**

Tecnóloga em Processos Químicos pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará. Técnica em Química na Gerência de Desenvolvimento Operacional, Pesquisa e Inovação da Cagece. Mestranda em Tecnologia e Gestão Ambiental pelo IFCE.

**Manoel do Vale Sales<sup>(2)</sup>**

Engenheiro Especialista de Gerência de Pesquisa e Desenvolvimento da Companhia de Água e Esgoto do Ceará. Mestre em Engenharia Sanitária e Ambiental. Doutor em recursos Hídricos(CAGECE).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Av. Pedro Lazar, 950, Ap. 06 - Cambéba - Fortaleza - CE - CEP: 60822 - 240 - Brasil - Tel: (85) 2181 - 0362 e-mail: [isabel.freitas@cagece.com.br](mailto:isabel.freitas@cagece.com.br)

**Endereço<sup>(2)</sup>:** Rua Dr. Airton Bezerra, 55, casa 15 – José de Alencar - Fortaleza - CE - CEP: 60830 - 545 - Brasil - Tel: (85) 3101-1715 e-mail: [manoel.Sales@cagece.com.br](mailto:manoel.Sales@cagece.com.br)

### RESUMO

A técnica de troca iônica foi avaliada nesse trabalho com o objetivo de remoção de nitrato em águas subterrâneas. O trabalho foi desenvolvido visando a reutilização de um poço na localidade de Jericoacoara, localizada na cidade de Jijoca de Jericoacoara - Ce, que havia sido descartado para utilização no abastecimento público da cidade devido ao aumento da concentração dos íons nitrato. Foram utilizados como parâmetros para avaliação da técnica a concentração dos íons nitrato e cloretos da água bruta e água tratada.

A técnica mostrou-se bastante eficaz na redução da concentração de íons nitrato, alcançando eficiência de remoção de até 90% sem elevar demasiadamente a concentração dos íons cloreto, umas das preocupações da utilização da troca iônica.

**PALAVRAS-CHAVE:** Águas de abastecimento, Nitrato, Troca Iônica.

### INTRODUÇÃO

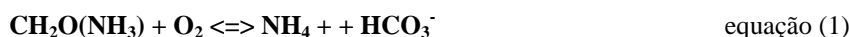
A contaminação de águas subterrâneas por nitratos é um problema de alcance mundial, causado principalmente pela infiltração no solo de águas servidas das fossas e sumidouros. No Brasil, cerca de 49,1% da população não possui acesso ao serviço de esgotamento sanitário, valendo-se dessas soluções individuais de saneamento, o que pode comprometer a qualidade das águas subterrâneas do país.

Nas águas subterrâneas a concentração de nitrogênio na forma de nitrato é em geral inferior a 10 mg/l. Em concentrações superiores a esta podem induzir à metemoglobinemia, especialmente em crianças, e a formação potencial de nitrosaminas e nitrosamidas carcinogênicas (Bouchard et al., 1992).

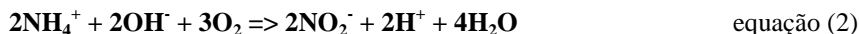
O desenvolvimento da metemoglobinemia a partir do nitrato nas águas potáveis depende de sua conversão bacteriana para nitrito durante a digestão, o que pode ocorrer na saliva e no trato gastrointestinal (AWWA, 1990; Mato, 1996).

As crianças, principalmente as com idade inferior a seis meses, são bastante suscetíveis ao desenvolvimento desta doença por causa das condições mais alcalinas do seu sistema gastrointestinal (Oliveira et al., 1987), fato também observado em pessoas adultas que apresentam gastroenterites, anemia, porções do estômago cirurgicamente removidas e mulheres grávidas (Bouchard et al., 1992).

A formação do nitrato em água subterrâneas se dá a partir da matéria orgânica existente nos esgotos e nos resíduos vegetais que cujos processos de decomposição, mediante a participação de bactérias especializadas (amonificação), produzem amoníaco ou o íon amônio, segundo a reação:

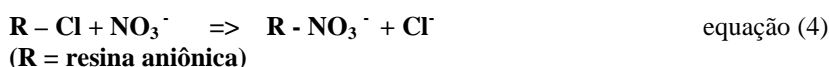


O composto liberado tanto pode ser adsorvido pelo solo e usado pela planta como nutriente como também pode ser oxidado biologicamente por bactérias para formar nitritos e posteriormente nitratos (nitrificação) que chegam às águas subterrâneas. O fenômeno processa-se mediante as reações:



Dentre as tecnologias utilizadas para a remoção do nitrato estão a troca iônica, tratamento biológico, osmose reversa e processos eletroquímicos.

O processo para remoção de nitratos via troca iônica é feito através de um equipamento, semelhante a um deionizador, em que utiliza-se uma resina fortemente aniônica. Os nitratos removidos desta forma obedecem à seguinte reação química:



O processo que utiliza uma resina padrão aniônica, não especificamente indicada para reter nitratos, pode permitir igualmente a fixação de sulfatos e cloretos. A seletividade da resina nesta aplicação é a seguinte:

**Sulfatos ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) > Nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) > Cloretos ( $\text{Cl}^-$ ) > Bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ )**

No entanto, existem no mercado resinas que são seletivas e retém mais fortemente os nitratos que qualquer outro tipo de íon. A afinidade dessas resinas passa a ser então:

**Nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) > Sulfatos ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) > Cloretos ( $\text{Cl}^-$ ) > Bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ )**

Este estudo foi realizado em ETA Piloto construída na área da Estação de Tratamento de Água de Jericoacoara. O crescimento populacional da cidade vem provocando a contaminação das águas do lençol freático, tendo um dos seus poços sido isolado devido ao aumento da concentração dos íons nitrato. A pesquisa foi conduzida visando uma solução para permitir a reutilização deste poço no abastecimento da cidade.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado em etapa única, onde buscou-se avaliar a eficiência da resina aniônica na remoção de íons nitratos, utilizando-se um filtro de troca iônica em escala piloto, apresentado na figura 1. O filtro foi operado a uma vazão constante de 960 L/H entre os dias 11 e 16 de abril de 2013, totalizando 54 horas de operação.

No processo de troca iônica para remoção de nitrato, a regeneração é feita com uma solução de cloreto de sódio concentrada quando ocorrer a perda da capacidade de remoção. Nesse ensaio estabeleceu-se como padrão que a regeneração fosse efetuada sempre que a concentração de nitrato ultrapassasse o valor de 5 ppm de N- $\text{NO}_3$ .

Durante o ensaio, amostras de água bruta e água tratada foram coletadas a cada quatro horas, a fim de se monitorar os níveis de cloreto e nitrato presentes nas amostras. Buscou-se avaliar também aspectos operacionais do uso da resina, como sua regeneração, além dos custos inerentes à técnica, a fim de avaliar a sua viabilidade financeira.



**Figura 1 – Filtro Piloto instalado junto à ETA de Jericoacoara.**

## RESULTADOS

Após a passagem pela resina a concentração dos íons nitrato presentes na água se manteve abaixo de 2 ppm durante as primeiras 28 horas de operação, quando o nível de nitrato passou a aumentar e ultrapassou o limite imposto de 5 ppm, atingindo 8,01 ppm de nitratos, expresso como nitrogênio (N-NO<sub>3</sub>). Após a regeneração, a resina manteve a sua capacidade de remoção, mantendo a concentração de nitratos na água filtrada em torno de 1 ppm, em novo ciclo com duração 26 horas.

A regeneração da resina foi realizada com solução de Cloreto de Sódio a 12,5% e durou cerca de 1 hora com vazão co-corrente de 240 L/h. Inicialmente, cogitou-se a possibilidade de a regeneração ser realizada em apenas 30 minutos mas esse tempo mostrou-se insuficiente para que ela ocorresse de forma completa. Na segunda regeneração foi observado que o tempo de 45 minutos era suficiente. Como logo após o processo de regeneração a concentração de cloretos presente na água filtrada supera o limite determinado pela Portaria MS 2914/11, a água tratada durante os primeiros 15 minutos de filtração após o processo de regeneração tem que ser descartada. O estudo foi finalizado após a segunda regeneração.

Outro parâmetro monitorado foi a concentração de íons cloretos na água tratada. Os valores, contudo, se mantiveram sempre bem abaixo do valor máximo permitido de 250 mg/L, conforme se observa na tabela 1 e gráfico 1.

Para a contabilização dos custos operacionais relacionados exclusivamente a essa técnica, considerou-se o sal consumido durante as regenerações como uma dosagem e que a vida útil da resina seria de 5 anos. Para a transformação do consumo de cloreto de sódio em dosagem, dividiu-se a quantidade de sal consumida na regeneração pelo volume de água tratada durante a campanha, obtendo-se um valor de aproximadamente 1.000 ppm. Para a estimativa de custo da resina, considerou-se que, para o caso estudado, cada litro de resina poderia produzir 500 litros de água tratada em campanhas com duração de 24 horas. Assim, para a vida útil de 5 anos, cada litro de resina poderia produzir 912,5 m<sup>3</sup> de água. Os dados com custos da água produzida referentes a esses insumos são mostrados na tabela 3.

Tabela 1 – Valores das concentrações dos íons nitrato e cloreto nas amostras de água bruta e tratada.

Data	Hora	Tempo de operação (h)	Ensaio	Nitrato (ppm N-NO <sub>3</sub> )		Cloreto (ppm Cl <sup>-</sup> )	
				Bruta	Tratada	Bruta	Tratada
11/abr	10:00	0	1	11,93	1,43	52,28	109,86
11/abr	14:00	4	1	11,86	1,41	51,30	97,17
11/abr	18:00	8	1	11,44	1,33	51,30	87,80
12/abr	10:00	12	1	11,61	1,31	51,30	85,82
12/abr	14:00	16	1	10,74	1,47	51,30	85,82
12/abr	18:00	20	1	10,83	1,51	51,30	85,82
13/abr	10:00	24	1	10,95	2,03	51,30	85,82
13/abr	14:00	28	1	10,88	<b>8,01</b>	51,30	<b>60,19</b>
14/abr	10:00	32	2	10,88	1,00	51,30	93,22
14/abr	14:00	36	2	10,96	1,00	51,30	85,82
14/abr	18:00	40	2	10,75	1,02	51,30	87,30
15/abr	10:00	44	2	10,43	0,91	52,28	87,30
15/abr	14:00	48	2	10,87	0,96	50,31	90,76
15/abr	18:00	52	2	10,86	1,56	51,30	88,45
16/abr	8:00	54	3	10,97	<b>6,87</b>	51,30	<b>74,63</b>

Tabela 2 – Dados operacionais de filtração e regeneração.

Data	Hora	Tempo de Operação (h)	Filtração		Duração (min)	Regeneração		
			Vazão (l/h)	Vazão (l/h)		Descarte – Concentração de Cloreto (ppm Cl <sup>-</sup> )		
						5 min	10 min	15 min
13/abr	14:00	28	960	240	60	57710	28120	<b>156</b>
16/abr	08:00	54	960	240	45	52345	25346	<b>129,3</b>

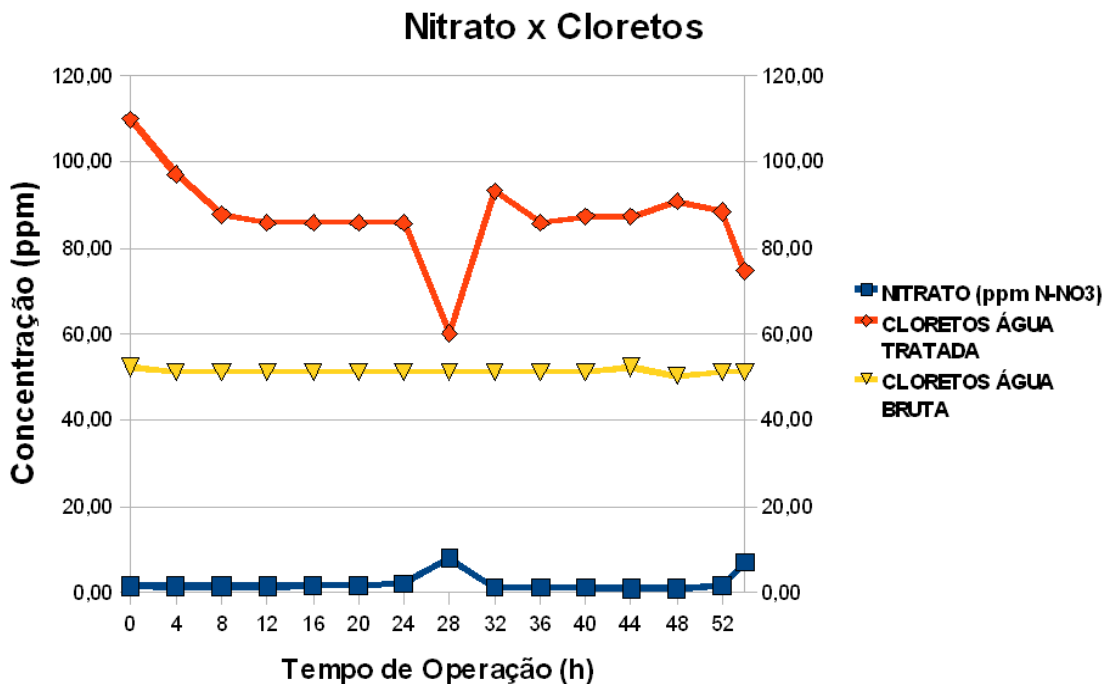


Gráfico 1 – Comparativo das concentrações dos íons de nitrato e cloreto.

Tabela 3 – Custos Operacionais

	Preço	Custo em R\$/ m <sup>3</sup> de água produzida
Resina	US\$ 15,00/L	0,04*
NaCl	R\$ 0,51/kg	0,51
<b>Total</b>		<b>0,55</b>

\* Taxa de conversão adotada: 1dólar americano igual a R\$ 2,35

## CONCLUSÕES

A resina aniônica atingiu as expectativas desejadas, reduzindo a concentração de nitrato em cerca de 90%, sem elevar de maneira significativa a concentração de íons cloreto, umas das preocupações iniciais quanto ao uso deste tipo de tratamento.

Ressalta-se a importância do monitoramento de outros íons que também possam vir a interferir na eficiência da resina, como sulfatos e bicarbonatos, uma vez que estes também podem ser retidos pela resina durante o tratamento.

Diante dos resultados obtidos em escala piloto, podemos concluir que a resina básica fortemente aniônica apresenta ampla capacidade de tratamento para a água de abastecimento da localidade de Jericoacoara.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 2914, de 12 de dezembro de 2011. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Poder Executivo, Brasília, 14 de dezembro de 2011.
2. FONSECA, A.L. Uso de Tecnologia de Troca Iônica no Tratamento de Águas Contaminadas com Nitratos do Aquífero Dunas – Barreiras Natal/RN - Brasil. 2008. Tese (Doutorado). Programa de Pós Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
3. AWWA. Water Quality & Treatment A Handbok of Community Water Supplies. American Water Works Association. 15ª ed. Nova York, 1999.
4. BOUCHARD, D. C.; WILLIAMS, M. D. & SURAMPAL-LI, R. Y., 1992. Nitrate contamination of ground water sources and potential health effects. Journal of the American Water Works Association, 84:85-90.
5. MATO, A. P., 1996. Determinação de Nitratos, Nitritos e Prováveis Fontes de Contaminação em Águas de Poços e sua Influência na Metemoglobinemia Infantil. Dissertação de Mestrado, São Paulo: Universidade Mackenzie.