



CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA-MÃE DA INDÚSTRIA SALINEIRA VISANDO À RECUPERAÇÃO DE HIDROXIDO DE MAGNÉSIO

Luara Patrícia L. Morais¹; Claudia A. de S. Muniz¹; Rafael O. Batista¹; Alessandro Alisson de L. Araujo¹; Geovani Célio de M. F. Silva Júnior¹; Danielle da S. O. Martins¹; Emanuel A. de Sousa²; Ludimilla C. S. de Oliveira¹

¹Universidade Federal Rural do Semi-Árido; Mossoró, RN, Brasil

²Instituto Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, Brasil

claudia.muniz@ufersa.edu.br

luara.morais@alunos.ufersa.edu.br

Palavras-Chave: Salinas; precipitação química; efluentes.

Introdução

O Rio Grande do Norte, especialmente nas regiões dos municípios de Macau, Mossoró e Areia Branca, destaca-se como o principal polo produtor de sal marinho do Brasil, respondendo por mais de 90% da produção nacional (ANM, 2018). Essa atividade possui papel estratégico para a economia local e regional, pois contribui para a geração de empregos, movimenta cadeias produtivas associadas e fortalece o desenvolvimento socioeconômico de áreas fortemente dependentes da produção salineira (Costa, et al. 2018). O protagonismo do estado está relacionado às condições naturais favoráveis da faixa litorânea nordestina, como baixa latitude, elevada incidência de radiação solar, baixos índices pluviométricos e clima semiárido, fatores que favorecem a evaporação solar da água do mar e tornam a região adequada à produção de sal (Diniz, 2016).

O cloreto de sódio é um recurso de grande relevância para a sociedade, tanto por sua importância biológica quanto por suas múltiplas aplicações industriais. Em escala global, a indústria química representa o principal setor consumidor do sal, utilizando-o na produção de cloro, soda cáustica, ácido clorídrico, vidro, alumínio, plásticos, têxteis, borracha, hidrogênio e celulose (Mettwally, Salman, El-Shamy, 2022; Silva, 2021). Além disso, parcela significativa do sal produzido é destinada à indústria alimentícia e à nutrição humana e animal, enquanto outros usos envolvem o tratamento de água, o descongelamento de estradas e aplicações específicas de menor escala. Apesar dessa ampla utilização, o cloreto de sódio ainda apresenta baixo valor agregado no mercado, o que evidencia a necessidade de ampliar o conhecimento sobre a cadeia produtiva salineira e sobre seus subprodutos.

O processo de produção do sal marinho inicia-se com a captação da água do mar, realizada por bombeamento ou por mecanismos baseados na gravidade. Inicialmente, a água apresenta densidade em torno de 3,5 °Baumé e é conduzida para evaporadores, onde permanece exposta à ação natural do sol e do vento. Nessa etapa ocorre evaporação gradual e aumento progressivo da concentração salina até cerca de 23 °Baumé. Em seguida, a salmoura é direcionada aos cristalizadores, onde o processo evaporativo continua até aproximadamente 29 °Baumé, condição em que ocorre a cristalização do cloreto de sódio (Silva, 2016). Após a cristalização, o sal segue para colheita, lavagem, cura, beneficiamento e disponibilização ao consumidor final. A salmoura remanescente dessa etapa caracteriza a água-mãe, um efluente altamente concentrado que, em alguns casos, pode ser reciclado no processo produtivo, embora na maioria das situações seja descartado por conter sais indesejáveis à pureza do produto final.



Entretanto, a produção de sal marinho também gera volumes expressivos de resíduos líquidos, especialmente a água-mãe, considerada o principal efluente do processo salineiro. Esse efluente apresenta elevada concentração de sais dissolvidos, sendo rico em íons potencialmente recuperáveis, como Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , Cl^- e SO_4^{2-} (Bagastyo, 2021; Randazzo, 2024). Apesar desse potencial de aproveitamento, a água-mãe é frequentemente descartada no mar ou em estuários. Essa prática pode ocasionar impactos negativos ao bioma regional, principalmente pela alteração das características físico-químicas dos ecossistemas aquáticos, o que reforça a importância de investigar alternativas de tratamento, recuperação e valorização desse resíduo.

Nesse contexto, o estudo da água-mãe torna-se relevante sob as perspectivas ambiental, tecnológica e econômica. O tratamento e a valorização desse efluente podem contribuir para reduzir riscos de contaminação da fauna e da flora locais, além de possibilitar a recuperação de íons de interesse industrial. O aproveitamento desses constituintes pode favorecer a obtenção de sais e minerais além do cloreto de sódio, ampliando a produtividade, agregando valor ao processo e promovendo incremento na renda do setor salineiro (Almada, 2021). Assim, investigar a composição físico-química da água-mãe permite reconhecer possibilidades de uso para um resíduo ainda pouco aproveitado, contribuindo para práticas mais sustentáveis na indústria salineira.

Diante disso, este trabalho teve como objetivo realizar a caracterização físico-química da água-mãe proveniente de salina artesanal localizada em Macau/RN, visando identificar a composição iônica desse efluente e subsidiar estudos futuros voltados à recuperação dos íons presentes em sua matriz. A partir dessa caracterização, busca-se contribuir para o desenvolvimento de alternativas sustentáveis e economicamente viáveis para o aproveitamento dos subprodutos gerados na indústria salineira regional.

Material e Métodos

Foram coletadas cinco amostras de água-mãe em dois reservatórios de uma salina artesanal localizada em Macau/RN. As amostras foram identificadas de acordo com o ponto de coleta: AS 1.1 e AS 1.2, referentes ao reservatório 1, e AS 2.1, AS 2.2 e AS 2.3, referentes ao reservatório 2. Após a coleta, as amostras foram acondicionadas em recipientes limpos e transportadas ao Laboratório de Operações Unitárias do Centro de Engenharia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), visando preservar suas características físico-químicas até a realização das análises.

A caracterização inicial das amostras compreendeu a determinação de pH, condutividade elétrica (CE), densidade, turbidez e concentração dos principais íons presentes na água-mãe, incluindo Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ e Cl^- . As análises foram conduzidas conforme procedimentos descritos no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2023). Os íons Ca^{2+} e Mg^{2+} foram determinados por titulação complexométrica com EDTA previamente padronizado com solução padrão de CaCO_3 . A dureza total, correspondente à soma de Ca^{2+} e Mg^{2+} , foi determinada em pH próximo de 10, utilizando tampão amoniacal e indicador preto de eriocromo T. A determinação de Ca^{2+} foi realizada em pH superior a 12, com adição de NaOH e uso do indicador calcon. O teor de Mg^{2+} foi obtido pela diferença entre a dureza total e a dureza atribuída ao cálcio. Os íons Cl^- foram quantificados por titulação argentométrica com AgNO_3 padronizado, utilizando K_2CrO_4 como indicador. As concentrações de Na^+ e K^+ foram determinadas por fotometria de chama, mediante curvas analíticas preparadas com soluções padrão.



Para o processo de recuperação do magnésio, as amostras de água-mãe foram inicialmente concentradas por evaporação em chapa aquecedora. Em seguida, realizou-se a etapa de remoção de sulfatos, adicionando-se 280 mL de solução de CaCl_2 5 mol/L a 250 mL da amostra concentrada. A mistura foi mantida sob agitação magnética por 2 h e, posteriormente, filtrada. O filtrado obtido foi utilizado na etapa de precipitação do magnésio, na qual foram adicionados 280 mL de solução de NaOH a 250 mL do filtrado. A mistura permaneceu sob agitação por 2 h, favorecendo a formação do precipitado de $\text{Mg}(\text{OH})_2$, sendo posteriormente filtrada para separação entre a fração líquida e o sólido formado.

A fração líquida final foi caracterizada quanto aos mesmos íons avaliados inicialmente, com o objetivo de verificar a eficiência de remoção do magnésio e o comportamento dos demais íons após o tratamento. O precipitado obtido foi lavado com água deionizada, seco em estufa a 110–120 °C e, posteriormente para um dessecador até massa constante. Foi pesado 1,5g de cada amostra seca para a diluição em 1L de água deionizada, solubilizado com água deionizada e gotas de HCl 1:1. A solução resultante foi transferida para balão volumétrico e analisada quanto aos teores de K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} e Cl^- .

Resultados e Discussão

A caracterização físico-química inicial das amostras de água-mãe foi realizada por meio da determinação de turbidez, condutividade elétrica, pH e densidade, com o objetivo de avaliar as condições gerais do efluente salino antes das etapas de concentração e recuperação de magnésio. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Caracterização físico-química inicial das amostras de água-mãe coletadas na salina.

Parâmetro	1.1	1.2	2.1	2.2	2.3	Unidade
Turbidez	4,01	3,95	4,52	4,33	5,6	NTU
CE	195,3	198,1	197,5	195,5	196,6	mS/cm
pH	7,30	7,60	7,60	7,40	7,42	
Densidade	1,31	1,35	1,28	1,31	1,31	g/cm ³

A caracterização físico-química inicial indicou que as amostras de água-mãe apresentam elevada salinidade, evidenciada principalmente pelos altos valores de condutividade elétrica, entre 195,3 e 198,1 mS/cm, e de densidade, entre 1,28 e 1,35 g/cm³. Esses resultados sugerem a presença de elevada concentração de sais dissolvidos no efluente salino (Lee et al., 2024; Panagopoulos, 2019). A condutividade observada situa-se na faixa superior relatada para efluentes salinos, uma vez que os íons condutores em salmouras provêm majoritariamente de sais dissolvidos, sendo Na^+ e Cl^- os principais portadores de carga, acompanhados de outras espécies iônicas (Khan et al., 2021; Shah et al., 2023). O pH variou de 7,30 a 7,60, indicando condição próxima à neutralidade antes da adição dos reagentes alcalinos, comportamento coerente com salmouras residuais ainda não submetidas a tratamento de *softening* ou precipitação (Panagopoulos, 2022). A turbidez apresentou valores entre 3,95 e 5,60 NTU, sugerindo baixa presença de partículas suspensas e predominância de espécies dissolvidas na matriz salina (Scelfo et al., 2024).



A caracterização química quanto ao teor de íons nas amostras de água-mãe foi realizada com o objetivo de identificar os principais íons presentes no efluente salino e avaliar seu potencial para recuperação de magnésio. Os resultados obtidos para as amostras coletadas nos dois reservatórios estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Teor de íons nas amostras de água-mãe coletadas na salina, em g/L

Amostras	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻
1.1	15.46	27.00	13.40	69.24	92.17
1.2	15.76	27.00	14.20	70.32	226.88
2.1	13.37	38.00	13.20	53.52	212.70
2.2	12.47	35.00	14.00	51.96	205.61
2.3	13.17	38.00	12.60	56.52	198.52

A caracterização química quanto ao teor de íons presentes na água-mãe mostrou concentrações expressivas de Mg²⁺, Cl⁻, Na⁺, K⁺ e Ca²⁺. O Mg²⁺ variou de 51,96 a 70,32 g/L, sendo os maiores teores observados nas amostras 1.1 e 1.2. Esses valores demonstram o potencial do efluente para recuperação de magnésio, uma vez que o íon se encontra em elevada concentração na fase líquida. O Cl⁻ também apresentou altos teores, entre 92,17 e 226,88 g/L, refletindo a natureza salina da água-mãe e a permanência de sais solúveis após a cristalização do NaCl. Os teores de Na⁺ variaram de 27,00 a 38,00 g/L, enquanto K⁺ apresentou valores entre 12,47 e 15,76 g/L. O Ca²⁺ variou pouco entre as amostras, de 12,60 a 14,20 g/L, indicando comportamento relativamente estável, embora sua presença seja relevante por poder interferir na etapa posterior de precipitação por formação ou retenção de compostos pouco solúveis (Fontana et al., 2023; Vassallo et al., 2021).

As amostras de água-mãe foram submetidas à etapa de concentração, com o objetivo de aumentar a disponibilidade de magnésio na fase líquida e favorecer sua posterior recuperação. As concentrações obtidas após essa etapa estão apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3. Teor de íons nas amostras de água-mãe após concentração, em g/L.

Amostras	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻
1.1	19,85	16,41	4,40	75,12	213,79
1.2	20,88	13,37	4,55	76,42	349,88
2.1	24,97	20,46	4,66	60,62	342,70
2.2	22,92	21,47	4,40	58,91	335,40
2.3	23,95	17,42	3,86	63,40	323,52

Após a etapa de concentração, observou-se aumento nos teores de K⁺, Mg²⁺ e Cl⁻, enquanto Na⁺ e Ca²⁺ apresentaram redução em todas as amostras. O Mg²⁺ passou a variar de 58,91 a 76,42 g/L, mantendo as amostras 1.1 e 1.2 como as mais ricas nesse íon. O aumento do magnésio indica que a concentração favoreceu o enriquecimento da salmoura para a etapa



posterior de recuperação (Vassallo et al., 2021). O Cl^- também aumentou de forma expressiva, alcançando valores entre 213,79 e 349,88 g/L, o que evidencia a intensificação da salinidade. Por outro lado, a redução do Na^+ pode estar associada à cristalização parcial de sais de sódio, principalmente NaCl, enquanto a redução do Ca^{2+} sugere possível precipitação de sais pouco solúveis de cálcio durante o processo.

Após a adição de CaCl_2 e NaOH, seguida de filtração, foi analisada a fase líquida remanescente, Tabela 4. Essa fração corresponde ao filtrado, no qual permanecem os íons que não foram incorporados ao precipitado ou que continuaram solubilizados no meio reacional.

Tabela 4. Caracterização química da fase líquida das amostras de água-mãe após a precipitação de $\text{Mg}(\text{OH})_2$, em g/L

Amostras	K^+	Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Cl^-
1.1	6,6928	76,1634	4,40	6,72	134,71
1.2	3,92975	98,4444	4,50	7,56	272,36
2.1	5,26011	79,2017	4,66	8,45	246,10
2.2	6,79513	67,0484	4,35	6,95	257,10
2.3	2,08772	132,879	3,75	8,20	243,42

Os resultados mostraram redução expressiva do Mg^{2+} na fase líquida, passando de 75,12 para 6,72 g/L na amostra 1.1 e de 76,42 para 7,56 g/L na amostra 1.2, o que corresponde a remoções aparentes de 91,05% e 90,11%, respectivamente. Nas amostras do grupo 2, as remoções também foram elevadas: 86,06% para a amostra 2.1, 88,20% para 2.2 e 87,07% para 2.3. A faixa de remoção observada sugere que o pH e a quantidade de agente alcalino ainda podem ser otimizados, já que o pH é descrito como a variável de controle dominante na recuperação de magnésio, com a temperatura exercendo influência secundária (Romano et al., 2023). Contudo, os resultados obtidos indicam que o processo foi eficiente na retirada de Mg^{2+} da fase líquida, sugerindo sua transferência para a fase sólida.

O comportamento dos demais íons no filtrado reforça a seletividade parcial do processo. O Na^+ aumentou significativamente em todas as amostras, alcançando valores entre 67,05 e 132,88 g/L, o que está relacionado à adição de NaOH e à permanência do sódio na fase líquida (Morgante et al., 2022). O Cl^- permaneceu em concentrações elevadas, entre 134,71 e 272,36 g/L, devido à alta solubilidade dos sais cloretados e à contribuição da adição de CaCl_2 . Já o Ca^{2+} apresentou valores próximos aos observados após a concentração, entre 3,75 e 4,66 g/L, o que indica baixa remoção aparente ou influência direta do CaCl_2 adicionado. O K^+ apresentou redução em relação à amostra concentrada, com valores entre 2,09 e 6,80 g/L, possivelmente associada à diluição do sistema, retenção parcial no precipitado ou remoção durante a filtração.

A análise da fase precipitada permitiu avaliar a composição do sólido recuperado. Como a solução analisada foi preparada a partir de 1,5 g de precipitado em 1 L, os valores obtidos representam os íons presentes nessa fração do material, Tabela 5.



Tabela 5. Caracterização química da fase sólida obtida após a precipitação de $\text{Mg}(\text{OH})_2$, determinada em solução, em g/L

Amostras	K^+	Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Cl^-
1.1	0,0025	0,0276	0,27	0,39	1,96
1.2	0,0014	0,0184	0,27	0,38	1,50
2.1	0,0035	0,0286	0,66	0,46	1,62
2.2	0,0014	0,0073	0,22	0,52	1,68
2.3	0,0076	0,0438	0,21	0,54	1,67

O Mg^{2+} variou de 0,38 a 0,54 g/L, com maiores teores nas amostras 2.2 e 2.3. Considerando a massa de precipitado utilizada, esses valores correspondem a aproximadamente 25,3 a 36,0% de Mg no sólido. Pela conversão estequiométrica, representam cerca de 60,8 a 86,4% de $\text{Mg}(\text{OH})_2$ equivalente, indicando formação de um sólido rico em magnésio. O Ca^{2+} variou de 0,21 a 0,66 g/L, destacando-se a amostra 2.1 pelo maior teor, o que pode indicar maior coprecipitação ou retenção de compostos cálcicos (Fontana et al., 2023). K^+ e Na^+ apresentaram concentrações reduzidas, sugerindo baixa retenção desses íons solúveis no precipitado. O Cl^- variou de 1,50 a 1,96 g/L; entretanto, esse resultado deve ser interpretado com cautela, pois a solubilização do precipitado com HCl pode introduzir cloreto na solução, além da possível retenção de sais solúveis no sólido (Battaglia, et al., 2025).

Conclusões

De modo geral, os resultados evidenciam a eficiência do processo empregado para a recuperação de magnésio a partir da água-mãe salina. A elevada concentração inicial de Mg^{2+} confirmou o potencial desse efluente como fonte alternativa de magnésio, enquanto a etapa de concentração favoreceu o enriquecimento da salmoura, aumentando a disponibilidade desse íon para a etapa de precipitação. Após a adição de NaOH, observou-se expressiva redução do Mg^{2+} na fase líquida, com remoção aparente entre 86,06 e 91,05%, indicando que a maior parte do magnésio foi transferida para a fase sólida.

A presença de Mg^{2+} no precipitado confirmou o sucesso da recuperação, com teores estimados de até 36,0% de Mg no sólido, correspondendo a aproximadamente 86,4% de $\text{Mg}(\text{OH})_2$ equivalente. Demonstrando, dessa forma, que um efluente salino, geralmente tratado como resíduo da indústria salina, pode ser convertido em matéria-prima para obtenção de um composto de interesse industrial e agrícola. Assim, o processo mostrou-se promissor não apenas pela remoção do magnésio da fase líquida, mas principalmente pela indicação da formação do precipitado enriquecido em $\text{Mg}(\text{OH})_2$.

Embora tenham sido observados teores residuais de Ca^{2+} , Cl^- e outros íons solúveis no precipitado, esses resultados indicam a necessidade de aprimoramento das etapas de lavagem e filtração, e não comprometem o potencial do método. Nesse sentido, um estudo sistemático da variação do pH de precipitação, testando, por exemplo, os valores de pH 10, 11 e 12, permitiria identificar o ponto ótimo entre rendimento e pureza, uma vez que a faixa de pH



adotada influencia diretamente tanto a extensão da precipitação do Mg(OH)_2 quanto a coprecipitação de espécies indesejadas, como o Ca^{2+} . Além disso, recomenda-se a realização de análises complementares, como Difração de Raios X (DRX), Espectroscopia no Infravermelho (FTIR) e análise térmica, para confirmar as fases formadas e avaliar com maior precisão a pureza do produto obtido.

Agradecimentos

À UFERSA, Laboratório de Operações Unitárias, Laboratório de Química Geral e Laboratório de Solos.

Referências

- AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO (ANM). Sumário Mineral Brasileiro 2018: sal. Brasília, DF: ANM, 2018.
- ALMADA, L. F. A.; et al. Mecanismo de crescimento e caracterização de cristais obtidos a partir da evaporação da água-mãe de salinas. *Revista de Materiais*, 2021.
- APHA; AWWA; WEF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 24. ed. Washington, DC: American Public Health Association, 2023.
- BAGASTYO, Arseto Yekti et al. Resource recovery and utilization of bittern wastewater from salt production: a review of recovery technologies and their potential applications. *Environmental Technology Reviews*, v. 10, n. 1, p. 294-321, 2021.
- BATTAGLIA, G. et al. Mg(OH)_2 Production from Seawater and Saltworks Brines. *Chemical Engineering Transactions*, v. 119, p. 1–6, 2025.
- COSTA, D. F. S.; SILVA, D. E. M.; SOUZA, A. C. D.; SALDANHA, D. S.; BATISTA, A. I. L. Precipitação geoquímica em ambientes evaporíticos/hipersalinos: o caso das salinas solares do Brasil. *REGNE*, v. 4, n. 1, 2018.
- COSTA, D. F. S.; SILVA, D. E. M.; SOUZA, A. C. D.; SALDANHA, D. S.; BATISTA, A. I. L. Precipitação geoquímica em ambientes evaporíticos/hipersalinos: o caso das salinas solares do Brasil. *REGNE*, v. 4, n. 1, 2018.
- DINIZ, Marco Túlio Mendonça. Porque o Nordeste produz sal marinho? Estudo analógico do potencial do clima. *Caderno de Geografia*, v. 26, n. esp. 2, p. 355-369, 2016.
- DINIZ, Marco Túlio Mendonça; VASCONCELOS, Fábio Perdigão. Condicionantes naturais à produção de sal marinho no Brasil. *Mercator*, v. 16, e16013, 2017.
- FONTANA, D. et al. Magnesium recovery from seawater desalination brines: a technical review. *Environment, Development and Sustainability*, v. 25, n. 12, p. 13733–13754, 2023.
- KHAN, M. T. et al. A better understanding of seawater reverse osmosis brine: characterizations, uses, and energy requirements. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, v. 4, p. 100165, 2021.
- LEE, J. et al. Total Resource Circulation of Desalination Brine: A Review. *Advanced Sustainable Systems*, v. 8, n. 3, p. 2300460, 2024.
- METWALLY, Hussein I. M.; SALMAN, Salman A.; EL-SHAMY, Ashraf M. A review on extraction processes of salts from different salt lakes and their environmental impact in industry. *Letters in Applied NanoBioScience*, v. 11, n. 4, p. 4016-4039, 2022.
- MORGANTE, C. et al. Influence of Operational Strategies for the Recovery of Magnesium Hydroxide from Brines at a Pilot Scale. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, v. 61, n. 41, p. 15355–15368, 2022.
- PANAGOPOULOS, A. Study and evaluation of the characteristics of saline wastewater (brine) produced by desalination and industrial plants. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 29, p. 23736–23749, 2022.



PANAGOPOULOS, A.; HARALAMBOUS, K. J.; LOIZIDOU, M. Desalination brine disposal methods and treatment technologies — A review. *Science of the Total Environment*, v. 693, p. 133545, 2019.

RANDAZZO, S.; et al. Unlocking hidden mineral resources: characterization and potential of bitterns as alternative sources of critical raw materials. *Journal of Cleaner Production*, v. 443, 140412, 2024. DOI: 10.1016/j.jclepro.2023.140412.

ROMANO, S. et al. The Role of Operating Conditions in the Precipitation of Magnesium Hydroxide Hexagonal Platelets Using NaOH Solutions. *Crystal Growth & Design*, v. 23, n. 9, p. 6491–6505, 2023.

SCELFO, G. et al. The Operational Performance of an Ultrafiltration Pilot Unit for the Treatment of Ultra-Concentrated Brines. *Membranes*, v. 14, n. 12, p. 276, 2024.

SHAH, S. A. et al. Energetic Valorisation of Saltworks Bitterns via Reverse Electrodialysis: A Laboratory Experimental Campaign. *Membranes*, v. 13, n. 3, p. 293, 2023.

SILVA, Clara Livia Câmara e. Potencialidade de produção de óxido de magnésio a partir da água-mãe proveniente da produção de sal marinho no município de Grossos/RN. 2016. Dissertação (Mestrado em Ciências Naturais) — Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Mossoró, 2016.

SILVA, Tiago da Rocha. Efluentes das salinas: possibilidade de exploração econômica da cadeia produtiva do sal. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso — Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2021.

VASSALLO, F. et al. A pilot-plant for the selective recovery of magnesium and calcium from waste brines. *Desalination*, v. 517, p. 115231, 2021.