



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
CENTRO DE ENGENHARIAS – CE
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA E TECNOLOGIA – DET
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA QUÍMICA

LAYANE ÉRICA DA SILVA PINTO

**AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE BENEFICIAMENTO E DOS PARÂMETROS
FÍSICO-QUÍMICOS DO SAL MARINHO PRODUZIDO PELA REFIMOSAL**

MOSSORÓ/RN

2018

LAYANE ÉRICA DA SILVA PINTO

**AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE BENEFICIAMENTO E DOS PARÂMETROS
FÍSICO-QUÍMICOS DO SAL MARINHO PRODUZIDO PELA REFIMOSAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado na
Universidade Federal Rural do Semi-Árido –
UFERSA, campus de Mossoró, com o objetivo de
obtenção do título de Bacharel em Engenharia
Química.

Orientador: Rafael Barbosa Rios

MOSSORÓ/RN

2018

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

P659i Pinto, Layane Érica da Silva.

Avaliação do processo de beneficiamento e dos parâmetros físico-químicas do sal marinho produzido pela REFIMOSAL / Layane Érica da Silva Pinto. – Mossoró, 2018.
71 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Rafael Barbosa Rios.
Monografia (Graduação) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Curso de Engenharia Química, 2018.

1. Sal. 2. Controle de qualidade. 3. Análises físico-químicas. 4. REFIMOSAL. I. Rios, Rafael Barbosa, orient. II. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

LAYANE ÉRICA DA SILVA PINTO

**AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE BENEFICIAMENTO E DOS PARÂMETROS
FÍSICO-QUÍMICOS DO SAL MARINHO PRODUZIDO PELA REFIMOSAL**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado na Universidade Federal Rural
do Semi-Árido – UFERSA, campus de
Mossoró, com o objetivo de obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Química.

Orientador: Rafael Barbosa Rios

DATA DE APROVAÇÃO: 26 / 03 / 18

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Rafael Barbosa Rios

UFERSA

Presidente


Profa. Dra. Mônica Rodrigues de Oliveira

UFERSA

Primeiro Membro


Profa. Dra. Marta Ligia Pereira da Silva

UFERSA

Segundo Membro

Aos meus pais, Lázaro e Egilvanete, que sempre fizeram questão que eu estudasse e nunca mediram esforços para que isso acontecesse. E ao meu irmão, Luan, que sempre acreditou que eu seria capaz de chegar até aqui. Esse é um sonho compartilhado com muito amor e gratidão.

AGRADECIMENTOS

À Deus, em primeiro lugar, por permitir a realização desse sonho. Sem Ele, não teria conseguido enfrentar todas as dificuldades e chegar até aqui.

Aos meus pais, meus anjos aqui na Terra, por todo amor e por estarem sempre ao meu lado, vibrando nas vitórias e me apoiando nos momentos de dificuldades.

Ao meu irmão e grande amigo, com quem sei que posso contar para tudo.

À toda minha família, que sempre me ajudou, direta ou indiretamente, e me apoiou na realização desse sonho.

Ao meu grande amor, Jorge Júnior, por estar ao meu lado durante toda a graduação, por ouvir meus desabafos e minhas conquistas e, acima de tudo, por todo amor e paciência durante os momentos mais difíceis do curso.

Ao meu orientador, Professor Dr. Rafael Barbosa Rios, por ser um verdadeiro mestre, por conseguir transmitir o seu conhecimento de forma tão clara dentro e fora da sala de aula e por ser um grande exemplo de profissional.

À Universidade Federal Rural do Semi-Árido, por permitir a realização desse sonho. À todos os professores do Curso de Engenharia Química, por todos os ensinamentos teóricos e de vida. Levarei todos no coração.

À REFIMOSAL, pela oportunidade de estagiar e a todos os funcionários que me receberam de braços abertos, sempre com um sorriso no rosto.

Ao meu supervisor, Françueldo, por todos os ensinamentos do ramo salineiro e de vida. Agradeço por ser tão prestativo e por todos os conselhos dados. Deixou de ser meu supervisor e passou a ser um amigo.

Aos amigos que encontrei ao longo do curso e que se tornaram muito especiais: Sarah, Rafael, Alexandre, Hugo, Peterson, Júnior, entre muitos outros.

À Dani, minha amiga, companheira de apartamento, eterna dupla, que enfrentou comigo todas as lutas e vitórias ao longo desses anos.

As decisões que você fizer na vida irá determinar o seu destino. Nada é mais crucial para o seu sucesso do que as suas decisões diárias. Mude a forma de pensar.

Autor desconhecido.

RESUMO

O sal é uma substância vital para os seres vivos, sendo responsável pelo balanço ideal dos nutrientes e de água dentro das células. O objetivo deste Trabalho de Conclusão de Curso é descrever as etapas do processo produtivo do sal e detalhar as análises físico-químicas necessárias para ajustar o sal ao que requer o consumidor final e às leis vigentes. O processo de produção do sal possui várias etapas, que vão desde a formação e extração dos cristais nas salinas até o beneficiamento do sal nas refinarias. O beneficiamento do sal é realizado de acordo com a finalidade do mesmo – consumo humano, indústria química, alimentação animal, entre outros – e foi a partir dessas finalidades que foram criadas as especificações para os vários tipos de sal.

PALAVRAS-CHAVE: Sal; Controle de qualidade; Análises físico-químicas; REFIMOSAL.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura cristalina do cloreto de sódio.....	17
Figura 2 – Evaporador.....	26
Figura 3 – Cristalizador.....	27
Figura 4 – Carregamento do caminhão caçamba pela enchedeira.	28
Figura 5 – Lavagem do sal em roscas helicoidais.....	28
Figura 6 – Lavagem do sal em esteira.....	29
Figura 7 – Catação.....	29
Figura 8 – Estoque do sal ao ar livre.....	30
Figura 9 – Moinho de bolas e costelas.....	31
Figura 10 – Secador de leite fluidizado.....	31
Figura 11 – Peneira vibratória.....	32
Figura 12 – Empacotadeira automática.....	33
Figura 13 – Estoque de sal em pallets.....	34
Figura 14 – Carregamento para embarque.....	34
Figura 15 – Processo produtivo da REFIMOSAL: sal refinado.....	36
Figura 16 – Sal Pluma Refinado Iodado.....	46
Figura 17 – Determinação do teor de iodo.....	47
Figura 18 – Determinação do teor de cálcio.....	48
Figura 19 – Determinação do teor de magnésio.....	49
Figura 20 – Funil de buchner com o papel filtro.....	51
Figura 21 – Sistema para filtração a vácuo.....	52
Figura 22 – Funil com sólidos insolúveis.....	52
Figura 23 – Papel filtro com sólidos insolúveis.....	53
Figura 24 – Análise granulométrica.....	54
Figura 25 – Laudo demonstrativo.....	55
Figura 26 – Fluxograma do processo de produção do sal grosso iodado para churrasco e do sal temperado.....	63
Figura 27 – Fluxograma do processo de produção do sal refinado, granulado e micronizado.....	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Propriedades físico-químicas do cloreto de sódio.	18
Tabela 2 – Produção e consumo de sal no Brasil de 1997 a 2014.....	23
Tabela 3 – Especificação granulométrica do sal.....	44
Tabela 4 – Especificações das análises físico-químicas para o sal refinado iodado.	45
Tabela 5 – Análise granulométrica.	54
Tabela 6 – Especificações do sal refinado com aditivos.	65
Tabela 7 – Especificações do sal refinado sem aditivos.....	66
Tabela 8 – Especificações do sal granulado industrializado.	67
Tabela 9 – Especificações do sal grosso peneirado para churrasco.....	68
Tabela 10 – Especificações do sal moído para consumo animal e industrial.	69
Tabela 11 – Especificações do sal moído grosso e a granel.	70

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS	15
2.1. Objetivo geral	15
2.2. Objetivos específicos	15
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
3.1. A história do sal.....	16
3.2. O sal.....	17
3.2.1. Tipos de sal	18
3.2.2. Aplicações do sal	20
3.2.3. Adição de iodo ao sal.....	20
3.3. A exploração de sal no Rio Grande do Norte.....	21
3.4. Produção e Consumo de sal no Brasil.....	22
3.5. Processo produtivo do sal.....	24
3.5.1. Captação	25
3.5.2. Evaporação	25
3.5.3. Cristalização	26
3.5.4. Colheita e lavagem	27
3.5.5. Estoque para beneficiamento.....	30
3.5.6. Moagem	30
3.5.7. Secagem	31
3.5.8. Peneiramento.....	32
3.5.9. Adição de substâncias	32
3.5.10. Envase e selagem.....	32
3.5.11. Armazenamento e embarque	33
4. A EMPRESA REFIMOSAL	35

4.1. Controle de qualidade	37
4.2. Análises físico-químicas.....	38
4.2.1. Iodo	38
4.2.2. Cálcio	39
4.2.3. Magnésio.....	40
4.2.4. Sulfato	40
4.2.5. Ferrocianeto de sódio	41
4.2.6. Umidade	42
4.2.7. Resíduos insolúveis	43
4.2.8. Granulometria	44
4.2.9. pH.....	45
4.3. Especificações das análises físico-químicas	45
5. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS.....	46
5.1. Iodo.....	46
5.2. Cálcio.....	47
5.3. Magnésio	48
5.4. Sulfato	50
5.5. Ferrocianeto de sódio.....	50
5.6. Umidade.....	51
5.7. Resíduos insolúveis	51
5.8. Granulometria.....	53
5.9. pH.....	55
6. CONCLUSÃO.....	57
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
ANEXOS	63
Especificações da ANVISA	65
<i>Sal refinado com aditivos</i>	65

<i>Sal refinado sem aditivos</i>	<i>66</i>
<i>Sal granulado industrializado</i>	<i>67</i>
<i>Sal grosso peneirado para churrasco</i>	<i>68</i>
<i>Sal moído para consumo animal e industrial</i>	<i>69</i>
<i>Sal moído grosso e a granel</i>	<i>70</i>

1. INTRODUÇÃO

Acredita-se que o sal tenha começado a ser usado há cerca de 5 mil anos, tendo-se destacado em países como a Babilônia, o Egito, a China e em civilizações pré-colombianas. Já nas sociedades primitivas da Europa, a sua extração ocorreu na idade do bronze, no entanto, o seu uso era restringido às populações costeiras. As reservas passavam por períodos de escassez, os quais eram determinados pelas condições climáticas adversas e por períodos de elevação do nível do mar (MENDES, 2012; COSTA *et al.*, 2013).

No Brasil, as primeiras salinas artificiais entraram em operação após a independência e proclamação da república. Antes disso, o sal era importado de Portugal, uma vez que não era permitido que o mesmo fosse produzido aqui (SILVA, 2015). A produção de sal no Brasil é realizada principalmente por evaporação, em salinas localizadas no Rio Grande do Norte, Rio de Janeiro e Ceará (BASTOS *et al.*, 2017).

O sal já foi considerado uma das principais commodities do mundo (LEITE, 2017) e era um produto escasso e valioso, sendo vendido a peso de ouro. Em diversas ocasiões, foi usado como moeda para compras e vendas. Em Roma, o sal era usado para pagar parte da remuneração dos soldados – este hábito deu origem à palavra salário (MENDES, 2012; DINIZ, 2013). O sal servia principalmente para a alimentação humana e animal (bois e cavalos), ao contrário de hoje, em que o seu maior uso é realizado pela indústria química.

Este mineral, também conhecido como halita, é composto por dois elementos químicos, o sódio e o cloro, e se apresenta sob a forma de cristais brancos, com granulação uniforme, inodoro e com sabor salino próprio.

O sal é um mineral importante para o corpo humano, desde que administrado de forma correta e em quantidade adequada, de modo a manter a pressão sanguínea e o volume de sangue no organismo, entre outras funções principais. O sódio presente no sal auxilia o transporte de nutrientes no corpo, o que torna o seu consumo importante – desde que seja consumido em doses dentro dos limites permitido (LIMA *et al.*, 2012).

A produção de sal pode ser realizada por dois métodos, a produção industrial e a produção tradicional. A produção industrial engloba processos químicos, tecnologia de ponta e trabalhadores especializados, já a produção tradicional segue práticas seculares que se baseiam no trabalho mecânico humano e em procedimentos que foram passando de geração em geração (MENDES, 2012).

O processo de produção do sal ocorre a partir das etapas de extração e beneficiamento. Na extração, identificam-se as etapas de concentração da água do mar, cristalização do cloreto de sódio, colheita e lavagem e estoque para beneficiamento. No beneficiamento, as etapas são moagem, secagem, peneiramento, adição de substâncias químicas, envase e selagem e armazenamento e embarque. Ao final do beneficiamento são realizadas as análises físico-químicas para determinar a qualidade do sal e verificar se o mesmo está dentro dos padrões estabelecidos. A realização das análises físico-químicas é tão importante quanto qualquer outra etapa do processo produtivo.

No Rio Grande do Norte, a combinação de vários fatores, como relevo, clima, solo, ventos, baixo teor de umidade do ar, baixos índices pluviométricos anuais, boa intensidade da radiação solar e pelo fato do estado ser banhado pelo mar, proporcionam ao mesmo a obtenção do processo produtivo do sal por evaporação. Tais características fazem do Rio Grande do Norte o maior produtor de sal do Brasil (NOGUEIRA *et al.*, 2013; CAVALCANTE, 2014).

A REFIMOSAL (Refinação e Moagem de Sal Santa Helena Ltda.) é uma das várias indústrias salineiras do Rio Grande do Norte. Foi fundada em 1977, por Severino Praxedes Sobrinho e realiza desde a extração até o refino do sal, além de se destacar pelo atendimento às necessidades do mercado por um produto com padrão de qualidade elevado, produzido por tecnologias pioneiras no ramo salineiro.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

O presente trabalho teve como objetivo descrever o processo de produção do sal marinho desenvolvido pela REFIMOSAL e a importância da análise dos parâmetros físico-químicos, uma vez que são determinantes na qualidade do sal.

2.2. Objetivos específicos

- a) Monitorar o processo de extração do sal – captação das águas, evaporação, cristalização e secagem;
- b) Monitorar o processo de refino do sal – moagem, peneiramento, torra, aditivagem e ensacamento;
- c) Analisar o produto final – teor de iodo, cálcio, magnésio, sulfato, umidade, resíduos insolúveis, pH.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. A história do sal

A história do sal no Brasil é milenar. Há registros de consumo de sal de origem vegetal por índios, que o extraíam e o consumiam mesmo antes da chegada dos europeus. Por influência da ocupação francesa no Rio de Janeiro, várias tribos indígenas passaram a consumir o sal marinho (DINIZ, 2013).

Os primeiros relatos da atividade salineira se deram no início da colonização, com a extração de sal que se acumulava de forma natural nas regiões de supramaré. Por vários anos o sal foi extraído de reservas naturais. A demanda por sal só aumentou na segunda metade do século XIX, em que o mesmo passou a ser utilizado para o curtimento de couros, salga de carnes e peixes, entre outras finalidades (GURGEL e ARAÚJO, 2013).

O aumento da demanda por sal provocou a construção de pequenas salinas artesanais pelos portugueses e estas, por sua vez, impulsionaram o desenvolvimento de outras atividades relacionadas a elas (COSTA *et al.*, 2013). O processo de extração de sal era estritamente manual. Os operários entravam nos cristalizadores e retiravam as lâminas de sal com o auxílio de enxadas, chibancas, pás e caixões de madeira – as condições de trabalho eram precárias, entretanto eram aceitas por questão de sobrevivência (FUJISHIMA, 2015).

Com o crescente aumento pela demanda de sal, a busca por melhorias para aumentar a produção era constante. Foram criadas comportas, que impediam a inundação das salinas nos períodos de maré alta e, posteriormente, criaram os cata-ventos, que eram responsáveis pelo bombeamento da água (FUJISHIMA, 2015).

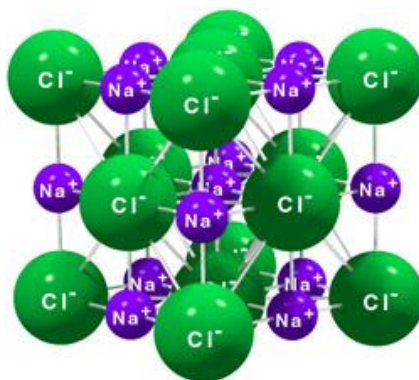
A modernização do processo de produção de sal – mecanização das salinas e emprego de novas técnicas de produção de sal – resultou em um aumento na produtividade, além de gerar um produto com maior grau de pureza e qualidade. Além dos novos métodos de produção, houve a abertura de novos mercados – tanto nacional como internacional –, conquista de novas fontes de matéria-prima. Quase todas as áreas de alto potencial produtivo no litoral setentrional potiguar foram ocupadas (DINIZ, 2013; NOGUEIRA *et al.*, 2013; FUJISHIMA, 2015).

3.2. O sal

A palavra sal vem do grego *halos*, que também significa mar. Já a designação de cloreto de sódio vem da palavra halita (SILVA, 2015). O sal é um mineral formado a partir da interação entre um ácido e uma base, podendo se apresentar de diversas formas, e é um elemento essencial ao homem e indispensável à vida animal (DINIZ, 2013).

O cloreto de sódio (NaCl), conhecido popularmente como sal de cozinha, é um composto iônico, originado pela combinação de um metal (o sódio) e um ametal (o cloro) (BROWN *et al.*, 2005). Por se tratar de um composto iônico, o cloreto de sódio possui uma estrutura cristalina bem definida, que é a do tipo cúbica (Figura 1) (MENDES, 2012; SILVA, 2015).

Figura 1 – Estrutura cristalina do cloreto de sódio.



Fonte: <http://www.byto.com/vb/t13892.html>.

As principais propriedades físico-químicas do cloreto de sódio estão sumarizadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Propriedades físico-químicas do cloreto de sódio.

Massa molar	58,443 g/mol
Densidade	2,165 g/cm ³
Solubilidade	35,9 g/100 mL de água
Ponto de fusão	1074 K
Ponto de ebulição	1738 K
Odor	Sem odor
Estrutura cristalina	Cúbica de face centrada

Fonte: Adaptada de Ribeiro, 2012.

As principais propriedades físicas do sal são o seu formato cúbico e sua fácil dissolução em água. Já as propriedades químicas que mais se destacam são a sua ligação iônica e os benefícios que o mesmo trás para a saúde humana (SALT INSTITUTE, 2012).

Sem o sal não seria possível o estoque de um grande número de alimentos, uma vez que altas concentrações salinas inibem a proliferação de micro-organismos nos alimentos, conservando-os em boas condições por um período de tempo maior. Assim, o sal passou a ser indispensável para a humanidade.

O sal de cozinha passa por um processo de refino, em que é retirada a maioria dos seus minerais e acrescentados alguns aditivos (BRASIL, 2016; BASTOS *et al.*, 2017). O sal pode existir na forma de cristais de vários tamanhos, quando produzidos para fins comerciais, podendo apresentar uma coloração branca, cinzenta, avermelhada e acastanhada – a cor do sal depende das impurezas que estão presentes dentro ou fora dos cristais (MENDES, 2012).

3.2.1. Tipos de sal

Existem algumas classificações para o sal, como o sal comum, o refinado e o marinho, os quais são classificados de acordo com a sua composição e processamento. O sal utilizado para o preparo de alimentos também recebe classificação, sendo classificado essencialmente em: sal de cozinha, sal marinho, sal moído, sal peneirado ou sal de churrasco, sal *kosher* e sal de rocha.

3.2.1.1. Sal de cozinha

O sal de cozinha é o mais utilizado no dia a dia. Este tipo de sal é processado para que impurezas sejam removidas e aditivos sejam adicionados, quando necessário. São adicionados ao sal de cozinha o iodo – por determinação da ANVISA, destinado ao sal para consumo humano – e o ferrocianeto – que atua como antiaglutinante. O sal de cozinha possui uma textura fina e de fácil homogeneização, devido a sua alta solubilidade em água (SILVA, 2015).

3.2.1.2. Sal marinho

O sal marinho é, geralmente, o tipo de sal mais caro devido apresentar um produto mais sofisticado, a flor de sal. É mais puro do que o sal de cozinha, uma vez que não passa por processos de refinamento, apresentando uma quantidade superior de minerais (BRASIL, 2016). Até a forma de colheita do sal marinho é diferente do sal comum, uma vez que este é raspado manualmente das superfícies de lagos de evaporação.

3.2.1.3. Sal kosher

O sal *kosher* é um tipo particular de sal, sendo utilizado no tratamento de carnes em frigoríficos, uma vez que remove rapidamente o sangue presentes nos cortes. Este sal não recebe iodo na sua composição, entretanto é utilizado durante o preparo da comida ou mesmo depois do preparo – sua textura grossa facilita a sua utilização.

3.2.1.4. Sal de rocha

O sal de rocha é retirado das minas, sendo extraído da rocha bruta e apresentando impurezas não comestíveis. Pode ser usado no preparo de sorvetes caseiros e também para derreter gelo, sendo espalhados por calçadas e estradas congeladas.

3.2.1.5. Sal moído

O sal moído passa pelo processo de beneficiamento, passando pelo moinho, para que venha a apresentar a composição química e granulometria dentro dos parâmetros exigidos pelos

clientes e das normas e leis vigentes. O sal moído extrafino é direcionado ao setor alimentício e agropecuário.

3.2.1.6. Sal peneirado ou sal de churrasco

O sal peneirado apresenta composição química similar à do sal marinho. Já a sua composição granulométrica depende das exigências de uso – ou do cliente –, que é obtida ao submeter este tipo de sal à operação de peneiramento.

3.2.2. Aplicações do sal

Inicialmente, o sal era usado basicamente nos alimentos, para consumo humano, ou como produto medicinal. Com o desenvolvimento das salinas e refinarias e com maior conhecimento sobre as propriedades do sal, este foi inserido no grupo das matérias-primas fundamentais para a indústria química e têxtil (MENDES, 2012).

Além de ser utilizado para o consumo humano e animal, o sal é matéria-prima de diversos produtos. O sal é usado pelos mais variados setores da indústria, tais como a indústria química (cloro, soda cáustica, sais de óxido, barrilha), a indústria de conservação (matadouros e frigoríficos), a indústria de aplicação (salga de alimentos), a indústria têxtil, a indústria farmacêutica, além de ser usado na extração e refino do petróleo, na agricultura, na medicina, entre outros (DINIZ, 2013; FUJISHIMA, 2015).

3.2.3. Adição de iodo ao sal

O sal utilizado no consumo humano é o NaCl cristalizado, o qual é extraído de fontes e durante o processo de refino recebe a adição de iodo, podendo também serem adicionados outros aditivos, como antiulectantes, desde que estejam dentro dos limites estabelecidos pela legislação (ANVISA, 2004).

Além de todas as aplicações do sal, ele também serve como veículo de iodo, para que o mesmo seja consumido regularmente pelo homem. A escolha do sal como veículo do iodo foi devido ao seu consumo diário constante, não afetando as características do mesmo. O iodo é adicionado ao sal através do iodato de potássio, que é borrifado sobre o sal para iodá-lo.

A ausência de iodo na alimentação gera riscos desde a gestação, podendo causar abortos, má formação do feto e nascimento prematuro. Durante o desenvolvimento de uma criança, a ausência de iodo pode comprometer as funções psicomotoras e causar a redução da capacidade de concentração e aprendizado. Para um adulto, a deficiência de iodo provoca a formação de bócio, que é um aumento do volume da tireoide (ANVISA, 2004).

No Brasil, a adição de iodo ao sal é obrigatória desde 1953, nas áreas de bócio endêmico. Em 1956, a medida passou a ser obrigatória em todo o território nacional. De acordo com a Resolução RDC nº 23, de 24 de abril de 2013, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), o sal comercializado no Brasil deve possuir entre 15 e 45 mg de iodo por kg de sal (LEAL, 2013; BASTOS *et al.*, 2017).

Apesar do consumo de iodo ser necessário, ele o é em quantidades controladas. A ingestão de iodo em excesso também pode causar doenças, como o hipertireoidismo subclínico e a tireoide crônica (LIMA *et al.*, 2012). Por esse motivo, é essencial que os níveis de iodo se encontrem dentro do intervalo especificado.

3.3. A exploração de sal no Rio Grande do Norte

No Brasil, a produção de sal vem da extração mineral de halita – ou sal-gema – e da evaporação da água do mar, sendo esta última a responsável pela maior produção. Os maiores estados produtores de sal são o Rio Grande do Norte e o Rio de Janeiro (DINIZ, 2013).

O Rio Grande do Norte possui particularidades naturais que fizeram com que o mesmo se destacasse na produção de sal marinho frente as demais zonas produtivas do país. Neste estado, a maior parte das salinas foram implantadas efetivamente em áreas onde o processo de formação do NaCl ocorria naturalmente, através da evaporação solar nas planícies hipersalinas, nas quais as águas das marés se acumulavam (COSTA *et al.*, 2013; FUJISHIMA, 2015). A região salineira do Rio Grande do Norte é composta pelos municípios de Mossoró, Macau, Areia Branca, Porto do Mangue, Grossos, Galinhos e Guamaré.

Até meados do século XX, o processo de extração de sal no Rio Grande do Norte era predominantemente manual (artesanal), em que os operários entravam nos cristalizadores e retiravam as lâminas de sal formadas com o auxílio de enxadas. Nesse período, as condições de trabalho eram precárias (FUJISHIMA, 2015). A mecanização das salinas aumentou a produtividade, melhoraram a qualidade e o escoamento do sal (TRINDADE, 2010).

O Rio Grande do Norte é o maior produtor de sal do Brasil. Essa grande quantidade de sal produzida se deve, em grande parte, à sua localização geográfica no litoral setentrional, que lhe confere uma grande projeção para o Oceano Atlântico, bem como às condições climáticas favoráveis para a produção do mesmo, como à presença de sol durante a maior parte do ano, à temperatura, à baixa incidência de chuvas e regularidade dos ventos. Todos esses fatores influenciam no aumento da taxa de evaporação (LEAL, 2013; DINIZ, 2013; SILVA COSTA, 2014; FUJISHIMA, 2015).

A produção de sal no Rio Grande do Norte se destaca por ser a maior do país e também por representar o principal segmento industrial do estado (FUJISHIMA, 2015), influenciando as economias locais e regionais, especialmente por meio da geração de empregos (COSTA *et al.*, 2013; SAMPAIO, 2013).

Tal produção é destinada para o mercado de consumo humano, pecuarista e para as indústrias químicas. Essa variedade de mercado indica que a região salineira do Rio Grande do Norte participa de uma divisão territorial em que a produção do sal, a distribuição, a circulação e o consumo realizados em todo o Brasil concretizam um circuito comercial do sal (MAIA, 2011).

3.4. Produção e Consumo de sal no Brasil

Neste tópico é feito uma análise da produção e consumo de sal no Brasil. Esta análise, feita de 1997 a 2014, permite observar tanto o aumento da produção como o aumento do consumo.

Os dados contidos na Tabela 2, bem como os comentários sobre ela, estão de acordo com o Sumário Mineral de 2000, 2002, 2003, 2005, 2008, 2009, 2010, 2011, 2014 e 2015.

Tabela 2 – Produção e consumo de sal no Brasil de 1997 a 2014.

Ano	Produção (t)	Consumo aparente¹ (t)
1997	5.064.000	6.607.000
1998	5.353.000	6.599.000
1999	4.528.000	5.657.000
2000	4.626.000	5.504.000
2001	4.370.000	4.915.000
2002	4.835.000	4.143.448
2003	5.144.000	4.575.227
2004	5.205.968	4.727.836
2005	5.519.618	4.741.003
2006	5.122.197	4.388.552
2007	5.365.091	4.682.737
2008	5.200.000	6.391.784
2009	4.462.307	5.685.827
2010	5.614.959	7.419.864
2011	4.829.275	6.781.291
2012	6.078.507	8.589.581
2013	5.926.042	7.960.364
2014	6.050.000	7.706.433

¹Produção + importação - exportação

Fonte: Adaptado de Brasil (2000); Brasil (2002); Brasil (2003); Brasil (2005); Brasil (2008); Brasil (2009); Brasil (2010); Brasil (2011); Brasil (2014); Brasil (2015).

Em 1999, a produção nacional de sal marinho decresceu cerca de 14,4% em relação ao ano anterior. Esse decréscimo ocorreu devido a supersafra de 1998, que foi resultado da ausência de invernos rigorosos nas regiões produtoras, exigindo uma menor produção no ano seguinte. Já o consumo aparente em 1999 decresceu cerca de 14,3% em relação ao ano anterior.

Em 2001, a produção total estimada de sal sofreu uma queda de cerca de 8,2%. Aos olhos dos produtores, o principal motivo de tal queda foi o racionamento de energia ocorrido no Nordeste. O consumo interno aparente também apresentou uma queda (10,7%) em relação a 2000.

Em 2002, a produção total de sal estimada apresentou um acréscimo de aproximadamente 9,52% em relação a 2001. O consumo de sal também apresentou um acréscimo, de 14,6%.

Em 2004 houve um aumento de 1,29% na produção de sal. O consumo de sal também aumentou, como nos últimos três anos, correspondendo a um aumento de 3,3% em relação ao ano anterior.

Em 2007, a produção nacional teve um aumento de 4,7% em relação a 2006, já o consumo apresentou um acréscimo de cerca de 6,7%.

Em 2009, a produção teve um decréscimo de 12% em relação a 2008, que também teve uma diminuição na produção em relação a 2007. As fortes chuvas no Nordeste foram a causa dessa diminuição na produção. O consumo aparente de sal apresentou uma queda de 11% em relação ao ano anterior.

Em 2010, a produção de sal teve um acréscimo de cerca de 25% em relação ao ano anterior. O consumo aparente de sal também cresceu, chegando a 30,4% maior do que o consumo aparente de 2009.

Em 2013 houve um decréscimo de 2,7% na produção e o consumo aparente também apresentou uma diminuição, em torno de 2,7% em relação a 2012.

Em 2014, a produção de sal apresentou um acréscimo de 3% em relação ao ano anterior. Apesar da produção ter aumentado, o consumo de sal diminuiu em 2014, cerca de 3% em relação a 2013. Esse declínio ocorreu devido a um aumento significativo das exportações.

De modo geral, foi possível observar que a produção de sal aumentou de 1997 para 2014, gerando também um aumento no seu consumo – principalmente pelos humanos e animais, a indústria química, os frigoríficos, entre outros.

3.5. Processo produtivo do sal

O sal pode ser obtido a partir da mineração por solução, da mineração subterrânea e da evaporação (SILVA, 2015), sendo esta última a mais comum. O sal de minas é extraído a partir da injeção de água sob pressão em poços perfurados na mina, de onde se retira a salmoura, que

é tratada para a eliminação das impurezas. Já o sal marinho pode ser obtido a partir de evaporação natural ou por combustão (DINIZ, 2013).

A obtenção do sal puro (cloreto de sódio), livre de outros sais, é possível devido a cristalização fracionada dos sais existentes na água do mar. A cristalização fracionada é resultado da diferença de solubilidade e ocorre durante a evaporação da água do mar. A precipitação dos diferentes tipos de sais presentes na água do mar está associada ao nível de concentração de sal na água, sendo essa concentração dada em grau Baumé (°Be) (FUJISHIMA, 2015).

O processo de produção do sal é dividido em várias etapas: captação, evaporação, cristalização, colheita e lavagem, estoque para beneficiamento, moagem, secagem, peneiramento, adição de substâncias químicas, envase e selagem e armazenamento e embarque (FUJISHIMA, 2015). As cinco primeiras etapas são referentes à extração do sal – que ocorre nas salinas – e as demais ao refino e beneficiamento – que ocorre nas refinarias.

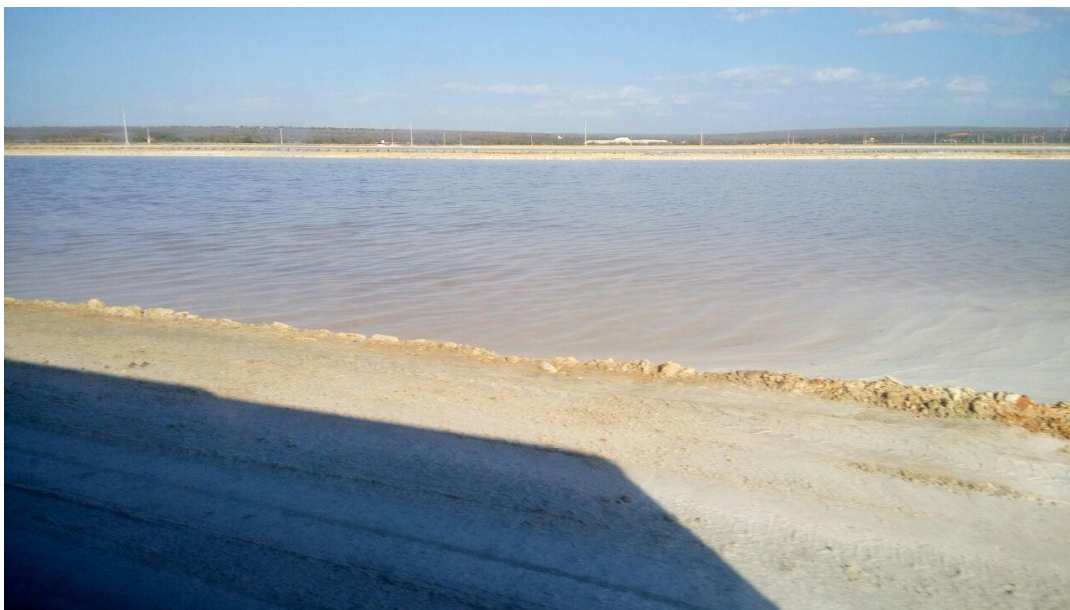
3.5.1. Captação

A primeira etapa da produção de sal é a captação da água do mar – com concentração de 3,5 °Be (27 g/L NaCl) –, que ocorre na maré alta por meio de bombas ou por gravidade, sendo conduzida para barragens ou diretamente para os evaporadores (MAIA, 2011; FUJISHIMA, 2015). Nas salinas manuais, a energia necessária para a captação da água é obtida por meio de cata-ventos – energia eólica (FUJISHIMA, 2015).

3.5.2. Evaporação

Esta etapa ocorre nos evaporadores ou concentradores (Figura 2). Os evaporadores ocupam aproximadamente 80% da área da salina e possuem diferentes áreas e profundidades. Quando a concentração de sal em um evaporador chega em um determinado limite, a água é transferida para outro evaporador, a fim de obter uma concentração maior. O transporte da água ocorre por gravidade, cata-ventos ou bombas, dependendo do relevo e do tipo de salina – manual ou mecanizada (FUJISHIMA, 2015).

Figura 2 – Evaporador.



Fonte: Autoria própria.

A água captada do mar e enviada para os evaporadores, dando início ao processo de evaporação. Ao chegar nos evaporadores, a água do mar apresenta uma concentração de cerca de 6 °Be (FUJISHIMA, 2015).

À medida que a concentração de sal e a densidade da água aumentam, ela é transferida para outros evaporadores, com áreas e profundidades menores, a fim de atingir concentrações maiores que na etapa anterior (MAIA, 2011). Após atingir o limite de saturação – 25-26 °Be (255-268 g/L NaCl) –, a salmoura é transferida para os cristalizadores.

3.5.3. Cristalização

Na etapa de cristalização, a água (salmoura) que vai para os cristalizadores (Figura 3) possui um grau de salinidade elevado, chegando à 29 °Be (água mãe) – concentração limite para que outros sais não se cristalizem e contaminem a produção (MAIA, 2011; NOGUEIRA *et al.*, 2013; FUJISHIMA, 2015).

Cada cristalizador mantém uma camada de 30 a 40 cm de salmoura, que é reciclada ou despejada no estuário ao atingir o limite de salinidade permitido. Quando a camada de sal chega a uma altura de 12 a 18 cm, retira-se a salmoura e inicia-se a colheita (MENDES, 2012; DINIZ, 2013). A água remanescente desta etapa é chamada de água mãe e é descartada no mar (FUJISHIMA, 2015).

Figura 3 – Cristalizador.



Fonte: Autoria própria.

3.5.4. Colheita e lavagem

Após a cristalização, o sal é colhido. O processo de colheita se refere ao desprendimento dos cristais de sal, quebrando-os e amontoando-os em pequenos montes (FUJISHIMA, 2015).

Nas salinas mecanizadas, o sal é colhido por meio de enchedeiras e caminhões-caçambas ou por meio de colheitadeiras autopropelidas, tratores agrícolas e caçambas (MAIA, 2011; FUJISHIMA, 2015). As enchedeiras quebram a laje de sal e levam o mesmo para os caminhões-caçambas, que transportam o sal para as estações de lavagem (Figura 4) (MAIA, 2011).

Figura 4 – Carregamento do caminhão caçamba pela enchedeira.



Fonte: <http://www.refimosal.com.br/>.

O sal é lavado para a remoção de substâncias insolúveis e demais impurezas incorporadas durante o processo de cristalização. A lavagem do sal é realizada com solução de água saturada de sal, para evitar a dissolução do mesmo, podendo ser feita por esteira e tubos ou por torres de lavagens (Figuras 5 e 6). Após a lavagem, o sal segue por esteiras para a retirada de impurezas visíveis, a catação (Figura 7) (MENDES, 2012; DINIZ, 2013; NOGUEIRA *et al.*, 2013; FUJISHIMA, 2015).

Figura 5 – Lavagem do sal em roscas helicoidais.



Fonte: Autoria própria.

Figura 6 – Lavagem do sal em esteira.



Fonte: Autoria própria.

Figura 7 – Catação.



Fonte: Autoria própria.

Ao fim do processo de lavagem, o sal é transportado e estocado ao ar livre (Figura 8), onde ocorre o processo de “cura”, que ajuda a reduzir a umidade (MENDES, 2012; DINIZ, 2013; FUJISHIMA, 2015). Após a cura, o sal pode ser usado ou passar pelo processo de beneficiamento.

Figura 8 – Estoque do sal ao ar livre.



Fonte: Autoria própria.

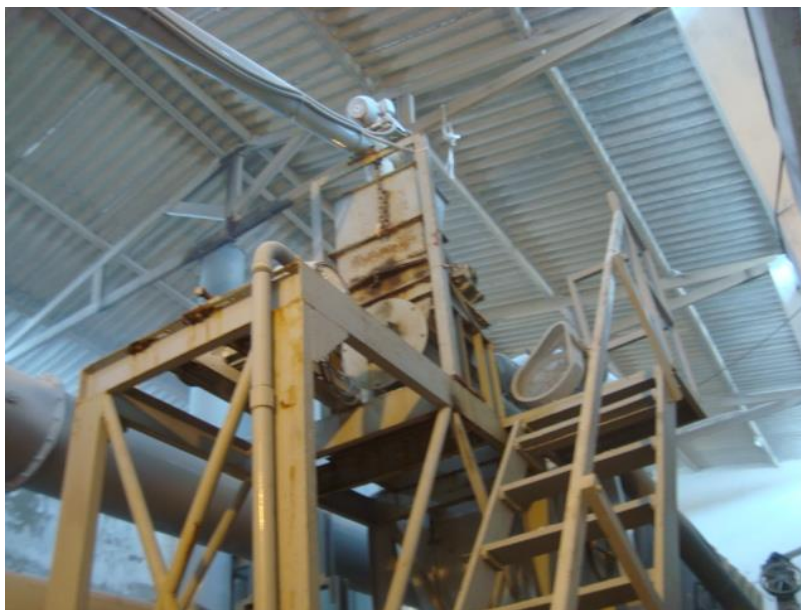
3.5.5. Estoque para beneficiamento

O sal grosso a granel (*in natura*) produzido nas salinas é transportado em caminhões basculantes até a indústria de beneficiamento. Ao entrar na refinaria, o sal é acondicionado em local específico (REFIMOSAL).

3.5.6. Moagem

A moagem é uma etapa não determinante do processo de produção do sal, entretanto, é necessária para que as demandas do mercado referentes ao setor de sal de granulometria fina sejam satisfeitas. A granulometria fina do sal pode ser obtida por meio da passagem do sal *in natura* por uma série de moinhos (Figura 9), que reduzem o seu tamanho, de modo a obter uma granulometria adequada para o sal refinado de cozinha, o sal triturado para a indústria e para o setor de curtumes (SOUZA e MARTINS, 2008; NOGUEIRA *et al.*, 2013).

Figura 9 – Moinho de bolas e costelas.



Fonte: Autoria própria.

3.5.7. Secagem

A secagem do sal é realizada em secadores do tipo rotativo ou de leito fluidizado (Figura 10), a fim de reduzir a umidade do mesmo de 4 para 0,2%. Nestes secadores, o sal é submetido a uma corrente de ar aquecida e é secado a uma temperatura de 200 °C (SOUZA e MARTINS, 2008).

Figura 10 – Secador de leito fluidizado.



Fonte: Autoria própria.

3.5.8. Peneiramento

Na etapa de peneiramento é realizada a seleção mecânica do sal através de peneiras vibratórias (Figura 11), as quais possuem capacidade adequada de peneiramento-vibração. Ao fim do peneiramento o sal, obtido em diferentes granulometrias, é enviado para silos para ser posteriormente empacotado ou ensacado (NOGUEIRA *et al.*, 2013).

Figura 11 – Peneira vibratória.



Fonte: Autoria própria.

3.5.9. Adição de substâncias

Durante o processo de granulometria, adiciona-se ao sal ferrocianeto de sódio, um antiaglomerante, e iodato de potássio, que é responsável pela presença de iodo no sal, conforme o produto solicitado (FUJISHIMA, 2015). Os aditivos são adicionados ao sal por meio de soluções que são borrifadas no mesmo (CAVALCANTE, 2014).

3.5.10. Envase e selagem

O sal segue por meio de transportadores helicoidais (tipo chupinho) para a calha que irá alimentar as empacotadoras automáticas (Figura 12) e máquinas valvuladoras. O envase do sal pode ser a vácuo, em embalagens plásticas, ou em embalagens de polipropileno, chamadas de ráfia. O tipo de embalagem e a quantidade de sal é determinada de acordo com a demanda e a

finalidade de consumo. Geralmente, o sal destinado ao consumo agropecuário e industrial são fornecidos em sacos de 25, 50, 1000 e 1600 kg. Estes dois últimos são conhecidos no meio comercial salineiro como “Big-Bag”. Já o sal destinado ao consumo humano são fornecidos em embalagens de 1 kg, sendo agrupados em embalagens de 30 kg – 30 sacos de 1 kg (SOUZA e MARTINS, 2008; MAIA, 2011; FUJISHIMA, 2015).

Figura 12 – Empacotadeira automática.



Fonte: <http://www.refimosal.com.br/>.

3.5.11. Armazenamento e embarque

Após o envase, o sal é estocado em galpões, em *pallets* (Figura 13), ou diretamente comercializado, sendo carregado em caminhões (Figura 14) para serem levados ao destino final (FUJISHIMA, 2015).

Figura 13 – Estoque de sal em pallets.



Fonte: <http://www.refimosal.com.br/>.

Figura 14 – Carregamento para embarque.



Fonte: <http://www.refimosal.com.br/>.

4. A EMPRESA REFIMOSAL

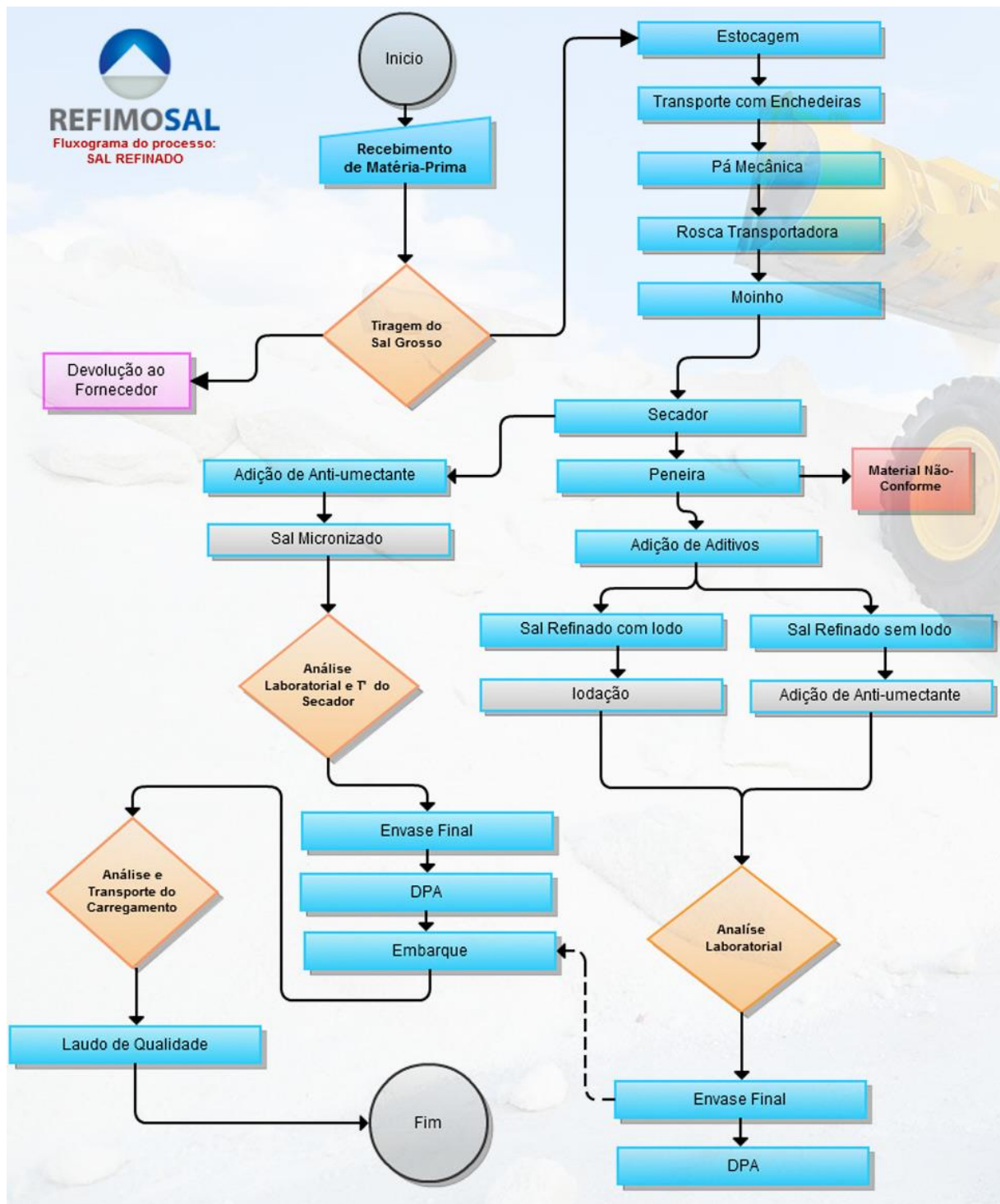
A Refinação e Moagem de Sal Santa Helena Ltda (REFIMOSAL), sucessora da Moagem de Sal Santa Helena Ltda, foi fundada por Severino Praxedes Sobrinho, sócio majoritário, em 1977. A REFIMOSAL está localizada no Distrito Industrial de Mossoró, no Rio Grande do Norte.

Inicialmente, o foco principal da REFIMOSAL era o preparo de sal para ser utilizado na alimentação humana, o qual passava pelo processo de beneficiamento desde a extração até o refinamento, sendo posteriormente embalado e acondicionado. Hoje, além do sal produzido para a alimentação humana, a REFIMOSAL produz sal para o consumo animal e industrial – indústria alimentícia, têxtil, química, farmacêutica, curtumes, frigoríficos, pecuária, charqueadas, entre outras.

Com o crescimento da empresa, viu-se a necessidade de modernização do processo produtivo. Com essa modernização, a empresa substituiu totalmente a estrutura de máquinas, equipamentos e alvenaria antigos por uma refinaria moderna, adquiriu máquinas empacotadoras automáticas, exaustor, empilhadeiras, veículos adequados para o transporte de sal e equipamentos para o laboratório.

O processo produtivo da REFIMOSAL é representado pela Figura 15.

Figura 15 – Processo produtivo da REFIMOSAL: sal refinado.



Fonte: <http://www.refimosal.com.br/sal.php>.

A modernização da empresa proporcionou um aumento na capacidade produtiva e a obtenção de um produto de maior padrão de qualidade, fazendo com que a mesma se destacasse no mercado e se tornasse uma das empresas mais modernas de beneficiamento de sal do Brasil. A demanda de sal é tão grande que além de receber sal de duas salinas da empresa, localizadas

em Grossos e Guamaré, no Rio Grande do Norte, a REFIMOSAL também adquire sal de salinas terceirizadas.

Para aumentar ainda mais a qualidade dos seus produtos, a REFIMOSAL investe em treinamento e capacitação de seus funcionários, sendo a pioneira na implantação de programas de qualidade como 5S e Boas Práticas de Fabricação (BPF). A REFIMOSAL também é pioneira na instituição do certificado no Sistema APPCC – Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle na Empresa. Este sistema proporciona a garantia da produção com eliminação de riscos físicos, químicos e biológicos, a melhoria da qualidade dos produtos e, consequentemente, uma maior satisfação dos clientes.

4.1. Controle de qualidade

Um dos setores mais importantes em uma empresa é o setor de controle de qualidade, o qual é responsável por definir padrões em procedimentos, políticas e ações de maneira uniforme. Existem vários órgãos em todo o mundo que são responsáveis por regulamentar esses padrões e especificações técnicas e cada país possui sua legislação sobre o controle de qualidade.

No Brasil, a produção de sal – desde a implantação até as especificações do produto final – é regulamentada pela resolução RDC nº 28, de 28 de março de 2000 (BRASIL, 2000), alterada no seu artigo 2º pela resolução RDC nº 215, de 01 de agosto de 2002 (BRASIL, 2002).

O controle de qualidade é necessário para que se verifique se o sal comercializado está dentro dos padrões estabelecidos pela ANVISA, que estabelece parâmetros das quantidades dos componentes presentes no mesmo, e assim possa ser consumido sem qualquer dano à saúde humana e animal.

4.2. Análises físico-químicas

A realização das análises físico-químicas é indispensável na verificação das especificações do sal para o consumo humano. Essas análises determinam o teor de cloreto de sódio, a umidade, os resíduos insolúveis em água, o cálcio, o magnésio, os sulfatos, o iodo, o ferrocianeto de sódio, além de sua granulometria.

Quanto menor a concentração dos íons cálcio, magnésio e sulfatos, mais puro é o sal e maior é a sua qualidade. O que aumenta a umidade do cloreto de sódio, que não é higroscópico, é a presença de cloretos e sulfatos de cálcio e magnésio, tornando ainda mais indesejável a presença dos mesmos.

As análises físico-químicas realizadas no Laboratório de Controle de Qualidade da REFIMOSAL se baseiam na metodologia do Instituto Adolf Lutz (2008).

4.2.1. Iodo

O iodo é adicionado ao sal sob a partir de uma solução de iodato de potássio (KIO_3) a 5%. O fluxo de iodato de potássio necessário para suprir a produção das seis máquinas empacotadeiras, quando em operação, é de 80 mL/min – a vazão total de sal é de 18 ton/h.

A análise para determinação do teor de iodo é realizada da seguinte forma:

- a) Pesa-se 10 g de sal e transfere-as para um erlenmeyer de 500 mL;
- b) Adiciona-se 200 mL de água destilada ao erlenmeyer e agita-se o mesmo, até a total dissolução do sal;
- c) Adiciona-se 5 mL de ácido sulfúrico 1 M, 1 mL de iodeto de potássio a 10 e 2 mL de amido a 1%. Ao adicionar o iodeto de potássio a solução fica amarela e ao adicionar o amido, o indicador, a solução fica com uma coloração azul intensa;
- d) Realiza-se a titulação com tiosulfato de sódio a 0,005 M, sob agitação constante, até que a solução passe de azul para incolor;
- e) Por fim, anota-se o volume gasto da solução de tiosulfato de sódio ($V_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}$) de sódio a 0,005 M e calcula-se o teor de iodo presente na solução.

A relação entre o volume de tiosulfato de sódio gasto na titulação e a massa de iodo presente na solução é de 105,8. Logo, a quantidade de iodo presente na amostra é determinada a partir da Equação 1:

$$m = V_{Na_2S_2O_3} \cdot \frac{105,8}{m_{amostra}} \quad (1)$$

onde,

m é o teor de iodo [ppm];

$m_{amostra}$ é a massa de sal utilizada (10 g).

4.2.2. Cálcio

O teor de cálcio é um dos indicadores da pureza do sal. O cálcio está presente no sal sob a forma de cloretos ou sulfatos e quanto maior o seu teor, menor é a pureza do sal.

A análise para a determinação do teor de cálcio é realizada da seguinte forma:

- a) Pesa-se 25 g de sal e dissolve-se com água destilada;
- b) Transfere-se a solução para um balão volumétrico de 250 mL e completa-se o mesmo com água destilada até o menisco, obtendo-se uma solução de NaCl a 10%;
- c) Transfere-se 10 mL da solução de NaCl para um erlenmeyer de 250 mL e adiciona-se 25 mL de água destilada, 5 mL da solução de hidróxido de sódio a 20% e uma pequena quantidade do indicador ácido calcon carboxílico, obtendo-se uma coloração rosa;
- d) Realiza-se a titulação com EDTA 0,01 M, sob agitação constante, até que a solução adquira uma coloração azul nítida;
- e) Anota-se o volume gasto da solução de EDTA (V_{EDTA}) e calcula-se o teor de cálcio presente na solução.

A determinação do percentual de cálcio na amostra é realizada a partir da Equação 2:

$$\%Ca^{2+} = V_{EDTA} \cdot 0,04008 \quad (2)$$

onde,

$\%Ca^{2+}$ é o percentual de cálcio [% cálcio/100 g de sal];

V_{EDTA} é o volume de EDTA gasto na titulação [mL].

4.2.3. Magnésio

O teor de magnésio também é um indicador da pureza do sal, sendo encontrado sob a forma de cloretos ou sulfatos, assim como o cálcio. Quanto menor o teor de magnésio, maior é a pureza do sal.

A análise para a determinação do teor de magnésio é realizada da seguinte forma:

- a) Pesa-se 25 g de sal e dissolve-se com água destilada;
- b) Transfere-se a solução para um balão volumétrico de 250 mL e completa-se o mesmo com água destilada até o menisco, obtendo-se uma solução de NaCl a 10%;
- c) Transfere-se 10 mL da solução de NaCl para um erlenmeyer de 250 mL e adiciona-se 25 mL de água destilada, 10 mL da solução tampão com pH 10 (solução de hidróxido de amônio 0,01 M) e uma pequena quantidade do indicador negro de eriocromo T, obtendo-se uma coloração rosa;
- d) Realiza-se a titulação com EDTA 0,01 M, sob agitação constante, até que a solução adquira uma coloração azul;
- e) Anota-se o volume gasto da solução de EDTA (V_{EDTA}) e calcula-se o teor de magnésio presente na solução.

A determinação do percentual de magnésio na amostra é realizada a partir da Equação 3:

$$\%Mg^{2+} = (V_{EDTA}^{Mg^{2+}} - V_{EDTA}^{Ca^{2+}}) \cdot 0,02432 \quad (3)$$

onde,

$\%Mg^{2+}$ é o percentual de magnésio [% magnésio/100 g de sal];

$V_{EDTA}^{Mg^{2+}}$ é o volume de EDTA gasto na titulação do magnésio [mL];

$V_{EDTA}^{Ca^{2+}}$ é o volume de EDTA gasto na titulação do cálcio [mL].

4.2.4. Sulfato

O teor de sulfato presente no sal depende das quantidades de cálcio e magnésio encontradas no mesmo. A determinação do percentual de sulfato na amostra é realizada a partir da Equação 4:

$$\%SO_4^{2-} = (\%Ca^{2+} \cdot 2,4) + (\%Mg^{2+} \cdot 1,4) \quad (4)$$

onde,

$\%SO_4^{2-}$ é o percentual de sulfato [% sulfato/100 g de sal];

$\%Ca^{2+}$ é o percentual de cálcio [% cálcio/100 g de sal];

$\%Mg^{2+}$ é o percentual de magnésio [% magnésio/100 g de sal].

4.2.5. Ferrocianeto de sódio

O ferrocianeto de sódio também é um aditivo para o sal, assim como o iodo. Este, por sua vez, age como antiaglomerante e antiaglomerante, impedindo que o sal absorva umidade e diminuindo a tendência de adesão das partículas do mesmo, evitando seu agrupamento quando entram em contato com a água. O ferrocianeto de sódio é adicionado ao sal a partir de uma solução a 0,018%. Para uma vazão total de 18 ton/h de sal é necessária uma vazão de 60 mL/min desta solução.

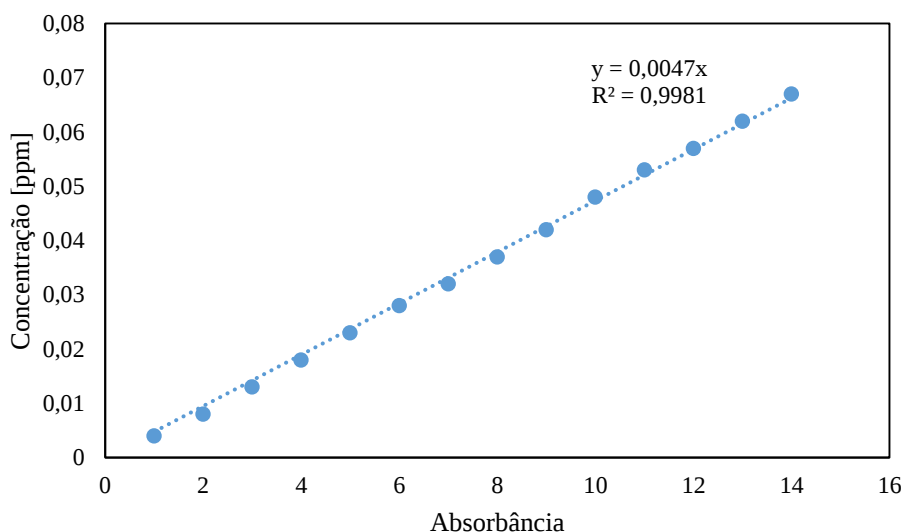
A análise para a determinação do teor de ferrocianeto de sódio é realizada da seguinte forma:

- a) Pesa-se 20 g de sal e adiciona-se em 40 mL de água destilada;
- b) Coloca-se a solução sob agitação magnética por 5 minutos, para garantir que toda a amostra seja diluída;
- c) Transfere-se a solução para um balão volumétrico de 100 mL, adiciona-se 5 mL da solução indicadora de ferrocianeto de sódio (ácido sulfúrico 0,5% + sulfato ferroso 20%), obtendo-se a coloração verde, e completa-se o volume com água destilada até o menisco. Caso a solução apresentar a cor amarela após a adição do indicador, tem-se o indicativo da ausência de ferrocianeto na amostra.

A determinação da concentração de ferrocianeto de sódio é realizada a partir do método de fotolorimetria. Para a construção da curva de calibração do equipamento, usa-se uma solução de cloreto de sódio a 30% (branco).

Faz-se a medida da absorbância da solução preparada e calcula-se a concentração de ferrocianeto de sódio a partir da Equação 5, que foi obtida a partir da curva de calibração do fotolorímetro (Gráfico 1).

Gráfico 1 – Curva de calibração do fotocolorímetro.



Fonte: Autoria própria.

$$[Na_4Fe(CN)_6] = \frac{Abs\ de\ Na_4Fe(CN)_6}{0,005} \quad (5)$$

onde,

$[Na_4Fe(CN)_6]$ é a concentração de ferrocianeto de sódio [ppm].

4.2.6. Umidade

A umidade também é um importante indicador de pureza do sal, estando relacionada com a quantidade de sais higroscópicos presentes na composição do sal.

A determinação da umidade é realizada da seguinte forma:

- Coloca-se um cadinho na estufa a 120 °C por uma hora;
- Retira-se o cadinho da estufa e coloca-o em um dessecador por 10 minutos;
- Pesa-se o cadinho e anota-se a massa;
- Tara-se a balança com o cadinho e pesa-se 10 g de sal. Anota-se exatamente a quantidade de sal pesada.
- Coloca-se o cadinho na estufa;
- Após duas horas, retira-se o cadinho e coloca-se no dessecador por 10 minutos;
- Pesa-se o cadinho com o sal e anota-se o valor obtido.

O percentual de umidade é obtido a partir da Equação 6:

$$\%U = \frac{m_{\text{cadinho}} + m_{\text{amostra}} - m_{\text{final}}}{m_{\text{amostra}}} \cdot 100 \quad (6)$$

onde,

$\%U$ é o percentual de umidade;

m_{cadinho} é a massa do cadinho vazio [g];

m_{amostra} é a massa da amostra [g];

m_{final} é a massa do cadinho e da amostra seca [g].

4.2.7. Resíduos insolúveis

A análise de resíduos insolúveis determina a quantidade de impurezas presentes no sal, como partículas de carvão e areia, por exemplo. A quantificação dos resíduos insolúveis é realizada da seguinte forma:

- a) Coloca-se um papel filtro de massa específica igual a 0,48 g/cm³ e diâmetro igual a 12,5 cm na estufa a 120 °C por uma hora;
- b) Coloca-se o papel filtro no dessecador por 10 minutos e então pesa-se o mesmo;
- c) Pesa-se 50 g de sal e dissolve-se com água destilada, sob agitação magnética durante 20 minutos;
- d) Coloca-se o papel filtro em um funil de buchner, acoplado em um kitassato e em seguida realiza-se a filtração à vácuo da solução salina, com o auxílio de uma bomba;
- e) Lava-se o papel filtro e o insolúvel com água destilada até que o filtrado não apresente mais reação de íon cloreto;
- f) Coloca-se o papel filtro com resíduos na estufa a 110 °C por duas horas;
- g) Coloca-se o papel filtro com resíduos no dessecador durante 10 minutos, posteriormente realiza-se a pesagem do papel e anota-se o valor obtido.

A determinação do percentual de resíduos insolúveis é realizada a partir da Equação 7:

$$\%RI = \frac{m_{pa} - m_p}{m_a} \cdot 100 \quad (7)$$

onde,

$\%RI$ é o percentual de resíduos insolúveis;

m_{pa} é a massa do papel filtro com a amostra [g];

m_p é a massa do papel filtro seco [g];

m_a é a massa da amostra [g].

4.2.8. Granulometria

O sal é classificado de acordo com a sua granulometria, ou seja, de acordo com a dimensão das suas partículas. A análise granulométrica determina, para diferentes faixas de tamanhos de grãos, a percentagem em peso da fração peneirada em relação à massa total de uma dada amostra.

A análise granulométrica é realizada com peneiras de aço, que diferem entre si no diâmetro dos furos da malha de aço. O diâmetro dos furos de cada peneira varia de acordo com o número de Meshs, que se refere à quantidade de furos por polegada que a peneira possui.

A especificação granulométrica para cada tipo de sal está contida na Tabela 3.

Tabela 3 – Especificação granulométrica do sal.

Classificação do sal	Especificação granulométrica
Grosso	Sem especificação
Peneirado	Retenção máxima de 5% na peneira nº 4 (4,76 mm de abertura)
Triturado	Retenção máxima de 5% na peneira nº 7 (2,83 mm de abertura)
Moído	Retenção máxima de 5% na peneira nº 18 (1,00 mm de abertura)
Refinado	Retenção máxima de 5% na peneira nº 20 (0,84 mm de abertura) e retenção mínima de 90% na peneira nº 140 (0,105 mm de abertura)

Fonte: Adaptado de (BRASIL, 1975).

A análise granulométrica para sal refinado é realizada da seguinte forma:

- Separa-se as peneiras a serem usadas na análise – peneiras de nº 20 (0,84 mm), 25 (0,71 mm), 140 (0,105 mm) e o fundo – e as acopla no agitador eletromagnético;
- Pesa-se 100 g de sal;
- Coloca-se o sal na peneira de nº 20, já acoplada às demais, tampa-se a peneira e liga-se o agitador por 5 minutos;

- d) Após os 5 minutos, pesa-se a massa retida em cada peneira, anota-se os valores e calcula-se o percentual de massa retida.

4.2.9. pH

A análise de pH de uma solução salina indica se a mesma é ácida, básica ou neutra. Para a determinação do pH do sal, prepara-se uma solução à 10% do mesmo e realiza-se a medição no pHmetro.

4.3. Especificações das análises físico-químicas

As análises físico-químicas são realizadas no sal para verificar se o mesmo está dentro dos padrões especificados pelo INMETRO. A Tabela 4 apresenta as especificações para as análises realizadas no sal.

Tabela 4 – Especificações das análises físico-químicas para o sal refinado iodado.

Análise	Especificação
Iodo	15-45 ppm
Cálcio	0,011-0,070% de Ca^{2+} /100 g de sal
Magnésio	0,004-0,050% de Mg^{2+} /100 g de sal
Sulfato	0,040-0,210% de SO_4^{2-} /100 g de sal
Ferrocianeto de Sódio	5-8 ppm
Umidade	0,050-0,150%
Resíduos insolúveis	0,006-0,030% de resíduos insolúveis/kg de sal
Granulometria	Depende da abertura da peneira
pH	7-8

Fonte: Adaptada de <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/sal2.asp>.

5. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

Durante o estágio na REFIMOSAL, a maioria das atividades desenvolvidas foram realizadas no setor de controle de qualidade, em um laboratório situado dentro da refinaria. O controle de qualidade na REFIMOSAL é direcionado ao beneficiamento do sal, sendo realizadas análises periódicas dos vários tipos de sal produzidos, mas principalmente do sal refinado iodado, o qual exige um maior controle em relação ao teor de iodo presente em sua composição.

As análises físico-químicas realizadas em um lote de sal refinado – Sal Pluma Refinado Iodado (Figura 16) – serão mostradas a seguir. Todas as análises foram realizadas de acordo com os procedimentos descritos no item 4.2.

Figura 16 – Sal Pluma Refinado Iodado.



Fonte: Autoria própria.

5.1. Iodo

A amostra para a determinação do teor de iodo foi preparada, obtendo-se uma solução de coloração azul, ficando incolor após a titulação (Figura 17), onde foram gastos 1,6 mL de tiossulfato de sódio a 0,005 M.

Figura 17 – Determinação do teor de iodo.



(a)

(b)

(a) Amostra finalizada, com a presença do indicador; (b) Amostra titulada.

Fonte: Autoria própria.

A partir da Equação 8 pôde-se obter o teor de iodo na amostra.

$$m = V_{Na_2S_2O_3} \cdot \frac{105,8}{m_{amostra}} = 1,6 \cdot \frac{105,8}{10} = 16,93 \text{ ppm} \quad (8)$$

De acordo com a Tabela 4, este resultado encontra-se dentro dos padrões estabelecidos para o sal destinado ao consumo humano, que deve estar no intervalo de 15 a 45 ppm.

5.2. Cálcio

Para a determinação do teor de cálcio, realizou-se o procedimento descrito anteriormente. Foi observado o surgimento da coloração rosa após a adição do indicador calcon e em seguida foi realizada a titulação com EDTA a 0,01 M até que a solução ficasse incolor (Figura 18). O volume gasto de EDTA foi de 1,4 mL.

Figura 18 – Determinação do teor de cálcio.



(a)

(b)

(a) Amostra finalizada, com a presença do indicador; (b) Amostra titulada.

Fonte: Autoria própria.

A partir da Equação 9 pôde-se obter o teor de cálcio na amostra.

$$\begin{aligned} \%Ca^{2+} &= V_{EDTA} \cdot 0,04008 = 1,4 \cdot 0,04008 \\ &= 0,056 \frac{\%Ca^{2+}}{100 \text{ g de sal}} \end{aligned} \quad (9)$$

A percentagem de cálcio na amostra está dentro do intervalo permitido, que é de 0,011 a 0,070% de Ca^{2+} /100 g de sal.

5.3. Magnésio

A determinação do teor de magnésio na amostra de sal foi realizada de acordo com o procedimento descrito no item 4.4.3. Após a adição do indicador negro de eriocromo T,

observou-se o surgimento da coloração rosa na solução, que ficou azul após a titulação com EDTA a 0,01 M (Figura 19). Foram gastos 2,2 mL de EDTA na titulação.

Figura 19 – Determinação do teor de magnésio.



(a)

(b)

(a) Amostra finalizada, com a presença do indicador; (b) Amostra titulada.

Fonte: Autoria própria.

A partir da Equação 10 pôde-se obter o teor de magnésio na amostra.

$$\begin{aligned} \%Mg^{2+} &= \left(V_{EDTA}^{Mg^{2+}} - V_{EDTA}^{Ca^{2+}} \right) \cdot 0,02432 = (2,2 - 1,4) \cdot 0,02432 \\ &= 0,019 \frac{\%Mg^{2+}}{100 \text{ g de sal}} \end{aligned} \quad (10)$$

De acordo com a Tabela 4, o percentual de magnésio deve estar entre 0,004 e 0,050% de $Mg^{2+}/100 \text{ g de sal}$. Logo, o valor obtido está dentro das especificações.

5.4. Sulfato

O teor de sulfato presente na amostra de sal é o obtido a partir dos teores de cálcio e magnésio. A partir da Equação 11, tem-se que:

$$\begin{aligned}\%SO_4^{2-} &= (\%Ca^{2+} \cdot 2,4) + (\%Mg^{2+} \cdot 1,4) = (0,056 \cdot 2,4) + (0,019 \cdot 1,4) \\ &= 0,161 \frac{\%SO_4^{2-}}{100 \text{ g de sal}}\end{aligned}\quad (11)$$

O percentual de sulfato obtido está dentro do intervalo especificado, que para este tipo de análise deve estar entre 0,040 e 0,210% de sulfato/100 g de sal.

5.5. Ferrocianeto de sódio

Inicialmente, foi realizada uma medida do branco com uma solução de NaCl a 30%. A solução foi colocada na cubeta do fotocolorímetro e foi realizada a leitura num comprimento de onda de 520 nm.

A análise para determinação do teor de ferrocianeto de sódio foi realizada de acordo com o procedimento descrito no item 4.3.5. Após a adição do indicador, observou-se o surgimento de uma coloração esverdeada na solução. Uma amostra da solução foi colocada na cubeta e levada para o fotocolorímetro, para que fosse realizada a leitura da absorbância no mesmo comprimento de onda utilizado para a leitura do branco. A solução de ferrocianeto de sódio apresentou uma absorbância de 0,023.

A partir da Equação 12 pôde-se obter o teor de ferrocianeto de sódio na amostra de sal.

$$[Na_4Fe(CN)_6] = \frac{Abs \text{ de } Na_4Fe(CN)_6}{0,005} = \frac{0,023}{0,005} = 4,6 \text{ ppm} \quad (12)$$

A concentração de ferrocianeto de sódio está próxima dos padrões estabelecidos, no intervalo de 5 a 8 ppm. Entretanto, o fato da concentração está abaixo do limite permitido não é motivo de intervenção do lote de sal utilizado na análise, uma vez que o ferrocianeto de sódio é um aditivo, com função antiuementante.

5.6. Umidade

A análise para determinação da umidade foi realizada de acordo com o item 4.3.6. A umidade foi obtida a partir da Equação 13.

$$\begin{aligned} \%U &= \frac{m_{\text{cadinho}} + m_{\text{amostra}} - m_{\text{final}}}{m_{\text{amostra}}} \cdot 100 = \frac{32,8236 + 10,0062 - 42,8221}{10,0062} \cdot 100 \\ &= 0,077\% \end{aligned} \quad (13)$$

De acordo com a Tabela 4, o percentual de umidade deve estar entre 0,050 e 0,150%. Logo, a umidade encontrada na amostra de sal está dentro das especificações.

5.7. Resíduos insolúveis

De acordo com o procedimento descrito no item 4.3.7, após secar e pesar o papel filtro, o mesmo foi colocado no funil de buchner (Figura 20), que estava acoplado em um kitassato para que fosse realizada a filtração a vácuo (Figura 21).

Figura 20 – Funil de buchner com o papel filtro.



Fonte: Autoria própria.

Figura 21 – Sistema para filtração a vácuo.



Fonte: Autoria própria.

Após pesar e diluir a amostra de sal, a mesma foi colocada no funil e filtrada (Figura 22). Ao final da filtração, o papel filtro foi colocado na estufa para secar, sendo pesado posteriormente (Figura 23).

Figura 22 – Funil com sólidos insolúveis.



Fonte: Autoria própria.

Figura 23 – Papel filtro com sólidos insolúveis.



Fonte: Autoria própria.

O percentual de sólidos insolúveis foi obtido a partir da Equação 14.

$$\%RI = \frac{m_{pa} - m_p}{m_a} \cdot 100 = \frac{2,0771 - 2,0680}{50,0039} \cdot 100 = 0,018\% \quad (7)$$

O percentual de resíduos insolúveis está dentro do intervalo especificado, que é de 0,006 a 0,030%.

5.8. Granulometria

A análise granulométrica foi realizada de acordo com o procedimento descrito no item 4.3.8. Para esta análise, foram usadas três peneiras – n° 20 (0,84 mm), 25 (0,71 mm), 140 (0,105 mm) – e o fundo. Foram colocadas 100 g de sal na peneira de n° 20 e posteriormente foi realizado o peneiramento (Figura 24).

Figura 24 – Análise granulométrica.



(a)

(b)

(a) Antes do procedimento; (b) Durante o procedimento.

Fonte: Autoria própria.

As massas retidas em cada peneira estão contidas na Tabela 5.

Tabela 5 – Análise granulométrica.

Peneira		Massa retida
Mesh (ABNT)	Diâmetro (mm)	(g)
20	0,84	2,0433
25	0,71	5,0335
140	0,105	81,1473
Fundo	-	11,7759

Fonte: Autoria própria.

Vale destacar que a análise granulométrica não foi realizada com a quantidade de peneiras adequada, o que causou uma maior retenção na peneira de Mesh 140.

5.9. pH

Foi preparada a solução salina à 10% e realizada a medição do pH, onde obteve-se um pH igual a 7,0, indicando que a solução salina é neutra.

Ao final das análises, foi criado um laudo demonstrativo com os valores obtidos das análises físico-químicas (Figura 25). A partir dos resultados, calculou-se os teores de NaCl (bulbo seco), NaCl (bulbo úmido), Cloreto, Sódio e Dureza.

Figura 25 – Laudo demonstrativo.



Cliente: LAUDO DEMONSTRATIVO (TESTE)
Produto: Sal Pluma Refinado de Mesa Iodado 1 Kg
Data Fabricação: 03/2018 Data Validade: 03/2020
Lote Geral: 9088
Nº Nota Fiscal:
Data de Embarque: 03/2018
Laudo Nº: 001/2018

COM. QUÍMICA - %		GRANULOMETRIA - %	
UMIDADE	0,077	ABNT - ISO	
PH (SOL. 10%)	7,00	20 (0,840 mm)	2,04
RI	0,018	25 (0,710 mm)	5,03
CÁLCIO	0,056	140 (0,105 mm)	81,15
MAGNÉSIO	0,019		
SULFATO	0,161		
NaCl (BS)	99,71		
NaCl (BU)	99,64		
CLORETO	60,50		
SÓDIO	39,21		
DUREZA (CaCO ₃)	2200 ppm		
TIXOSIL	Ausente		
ODO	16,93 ppm		
FRC	4,6 ppm	FUNDO	11,78

Obs: O presente laudo se restringe à amostra tomada do lote embarcado.

Fonte: REFIMOSAL.

Os resultados apresentados na Figura 25 são para um lote específico de sal refinado, entretanto, os resultados das análises de outros lotes realizadas ao longo do estágio eram próximos aos encontrados, com pequenas variações para mais ou para menos, mas sempre dentro das especificações.

6. CONCLUSÃO

A história do sal está ligada à própria história do Rio Grande do Norte. Ao longo do tempo, a produção de sal foi se desenvolvendo e aumentando cada vez mais, sendo favorecida pela localização do estado e se tornando um setor de destaque para a economia potiguar.

O sal possui uma vasta aplicação, não sendo destinado apenas para a alimentação humana. Pelo contrário, o maior uso do sal é realizado pela indústria química, além de outros setores que o utilizam como matéria-prima ou aditivo. Porém, apesar da grande utilização do sal, o mesmo ainda possui um baixo valor agregado, provocando um impacto econômico menor do que o esperado – considerando sua grande produção.

O setor de controle de qualidade de uma empresa tem uma grande importância para a mesma. A certificação da qualidade de um produto o torna ainda mais chamativo aos olhos do consumidor. É indispensável o acompanhamento da qualidade de um produto desde o processo de produção até o produto acabado, para que seja mais fácil realizar correções, quando necessário.

As análises físico-químicas são de grande importância para o controle de qualidade do sal, sendo necessário que sejam realizadas diariamente, para que o padrão de qualidade do sal seja mantido. A composição do sal depende da finalidade a que será destinado, logo é essencial que se conheça as especificações dos vários tipos de sal, para que seja possível identificar a qualidade do mesmo após a realização das análises.

O laboratório de controle de qualidade da REFIMOSAL é bem equipado, sendo possível realizar todas as análises físico-químicas necessárias e verificar se o sal está dentro dos padrões estabelecidos.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANVISA. Programa nacional garante qualidade do sal consumido no país. **Rev. Saúde Pública**, São Paulo, v. 38, n. 4, p. 611-612, 2004.

BASTOS, A. D. et al. Análise e comparação da composição química inorgânica do sal de cozinha com o sal rosa do Himalaia pelo método de fluorescência de raios-x por dispersão de ondas. **The Journal of Engineering and Exact Sciences – JCEC**, Viçosa (MG), v. 3, n. 4, p. 0678-0687, 2017.

BRASIL, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução – RDC nº 28, de 28 de março de 2000**. Regulamento Técnico de Procedimentos Básicos de Boas Práticas de Fabricação em Estabelecimentos beneficiadores de Sal destinados ao consumo humano. Brasília: ANVISA, 2000.

BRASIL, Departamento Nacional de Produção Mineral. Sumário Mineral: 2000. **DNPM**, Brasília, v. 20, 2000.

BRASIL, Departamento Nacional de Produção Mineral. Sumário Mineral: 2002. **DNPM**, Brasília, v. 22, 2002.

BRASIL, Departamento Nacional de Produção Mineral. Sumário Mineral: 2003. **DNPM**, Brasília, v. 23, 2003.

BRASIL, Departamento Nacional de Produção Mineral. Sumário Mineral: 2005. **DNPM**, Brasília, v. 25, 2005.

BRASIL, Departamento Nacional de Produção Mineral. Sumário Mineral: 2008. **DNPM**, Brasília, v. 28, 2008.

BRASIL, Departamento Nacional de Produção Mineral. Sumário Mineral: 2009. **DNPM**, Brasília, v. 29, 2010.

BRASIL, Departamento Nacional de Produção Mineral. Sumário Mineral: 2010. **DNPM**, Brasília, v. 30, 2012.

BRASIL, Departamento Nacional de Produção Mineral. Sumário Mineral: 2011. **DNPM**, Brasília, v. 31, 2012.

BRASIL, Departamento Nacional de Produção Mineral. Sumário Mineral: 2014. **DNPM**, Brasília, v. 34, 2014.

BRASIL, Departamento Nacional de Produção Mineral. Sumário Mineral: 2015. **DNPM**, Brasília, v. 35, 2015.

BRASIL, Ministério da Saúde. **Desmistificando dúvidas sobre alimentação e nutrição:** material de apoio para profissionais da saúde. Brasília: Ministério da Saúde, 2016. 164 p.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução – RDC nº 215, de 01 de agosto de 2002.** Dispõe sobre o prazo de adequação ao Regulamento Técnico de Procedimentos Básicos de Boas Práticas de Fabricação em Estabelecimentos Beneficiadores de Sal destinado ao Consumo Humano. Brasília: ANVISA, 2002.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução – RDC nº 23, de 24 de abril de 2013.** Dispõe sobre o teor de iodo no sal destinado ao consumo humano e dá outras providências. Brasília: ANVISA, 2013.

BRASIL. **Decreto nº 75.697, de 06 de maio de 1975.** Aprova padrões de identidade e qualidade para o sal destinado ao consumo humano. Diário Oficial, Brasília, DF, 06 maio 1975. Seção 1, p. Disponível em: <
http://portal.anvisa.gov.br/documents/33916/394219/DECRETO_75697_1975.pdf/de103fe5-3a8f-44a1-85b9-cd001701d381>. Acesso em: 14 mar. 2018.

BROWN, T. L. et al. **Química, a ciência central.** São Paulo: Prentice Hall, 2005.

CAVALCANTE, P. R. M. **Avaliação dos parâmetros físico-químicos do processo produtivo do sal marinho na empresa Refimosal (Refinação e Moagem de Sal Santa Helena Ltda).**

2014. 61 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Química) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2014.

COSTA, D. F. S. et al. Breve revisão sobre a evolução histórica da atividade salineira no estado do Rio Grande do Norte (Brasil). **Soc. & Nat.**, Uberlândia, v. 25, n. 1, p. 21-34, jan./abr., 2013.

DINIZ, M. T. M. **Condicionantes socioeconômicos e naturais para a produção de sal marinho no Brasil:** as particularidades da principal região produtora. 2013. 227 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2013.

FUJISHIMA, Y. **Trabalho e saúde na indústria de extração de sal marinho no Rio Grande do Norte.** 156 f. 2015. Dissertação (Mestrado em Trabalho, Saúde e Ambiente) - Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho, São Paulo, 2015.

GURGEL, J. C.; ARAÚJO, J. A. R. Indicadores de controle estratégico: um estudo em empresas produtoras de sal no Rio Grande do Norte. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 20., 2013, Bauru. **Anais...** Bauru: UNESP, 2013.

INMETRO. **Informação ao consumidor.** Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/sal2.asp>>. Acesso em: 15 mar. 2018.

INSTITUTO ADOLF LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos.** 5. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020 p.

LEAL, K. R. P. **Controle de qualidade do beneficiamento de sal marinho realizado na Refinaria Praxedes de Sal – Reprasal.** 2013. 50 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Química) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2013.

LEITE, P. **Sal marinho:** o que é, benefícios e diferenças para o sal refinado. Disponível em: <<http://www.mundobaforma.com.br/sal-marinho-o-que-e-beneficios-e-diferencas-para-o-sal-refinado/>>. Acesso em: 14 dez. 2017.

LIMA, M. A. et al. Quantificação dos teores de iodo e cloreto de sódio no sal de cozinha comercializado em Teresina-PI. In: Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação, 7., 2012, Palmas. **Anais...** Palmas: IFTO, 2012.

MAIA, M. T. A. **Circuito espacial de produção de sal:** o uso do território do município de Macau/RN pelas indústrias salineiras. 2011. 161 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2011.

MENDES, A. et al. **Produção de sal.** 28 f. 2012. Relatório (Mestrado Integrado em Engenharia Química) – Universidade do Porto, Portugal, 2012.

NOGUEIRA, I. R. A. et al. Beneficiamento do sal: uma visão dos riscos ambientais. **HOLOS**, Natal, v. 3, p. 148-160, 2013. Disponível em: <<http://www.ifrn.edu.br/holos>>. Acesso em: 14 dez. 2017.

RIBEIRO, P. I. M. **Cloreto de sódio.** Disponível em: <http://wikiciencias.casadasciencias.org/wiki/index.php/Cloreto_de_s%C3%B3dio>. Acesso em: 27 fev. 2018.

SALT INSTITUTE. **About Salt.** Disponível em: <<http://www.saltinstitute.org/>>. Acesso em: 27 fev. 2018.

SAMPAIO, P. G. V.; RIBEIRO, H. D. S. Análise da demanda por sal refinado de cozinha: estudo de caso numa empresa mossoroense. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 33., 2013, Salvador. **Anais...** Salvador: XXXIII ENEGEPE, 2013.

SILVA COSTA, D. F. et al. Influências de macroaspectos ambientais na produção de sal marinho no litoral semiárido do Brasil. **Revista de Geografia (UFPE)**, Recife, v. 31, n. 3, p. 28-42, 2014.

SILVA, N. C. G. **Avaliação do processo de refino do sal marinho na empresa Refimosal (Refinação e Moagem de Sal Santa Helena Ltda).** 2015. 67 f. Trabalho de conclusão de curso

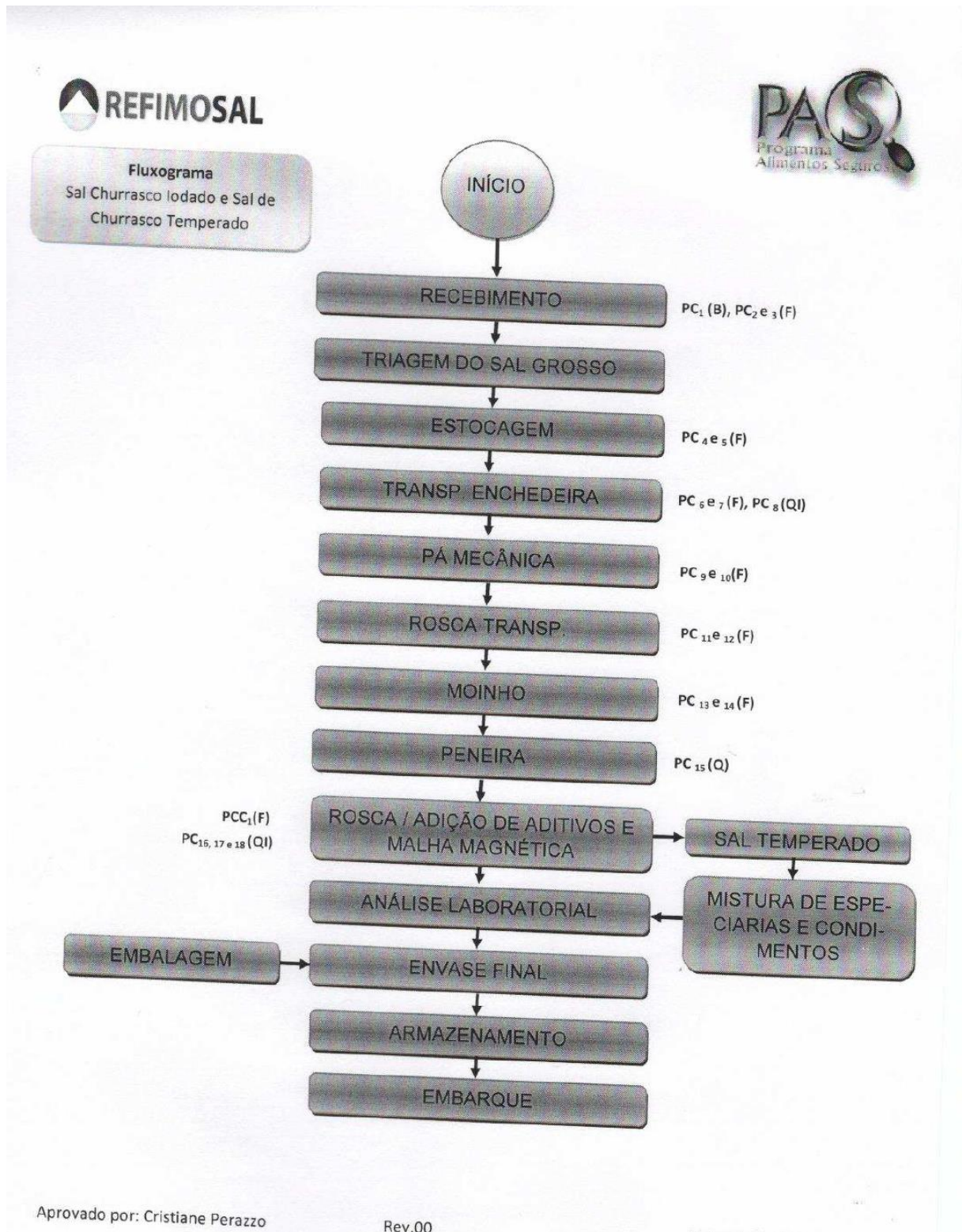
(Graduação em Engenharia Química) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2015.

SOUZA, K. G.; MARTINS, L. R. Recursos minerais marinhos: pesquisa, lavra e beneficiamento. **Gravel**, Porto Alegre, v. 6, n. 1, p. 99-124, 2008.

TRINDADE, S. L. B. **História do Rio Grande do Norte**. Natal: Editora do IFRN, 2010. 281 p.

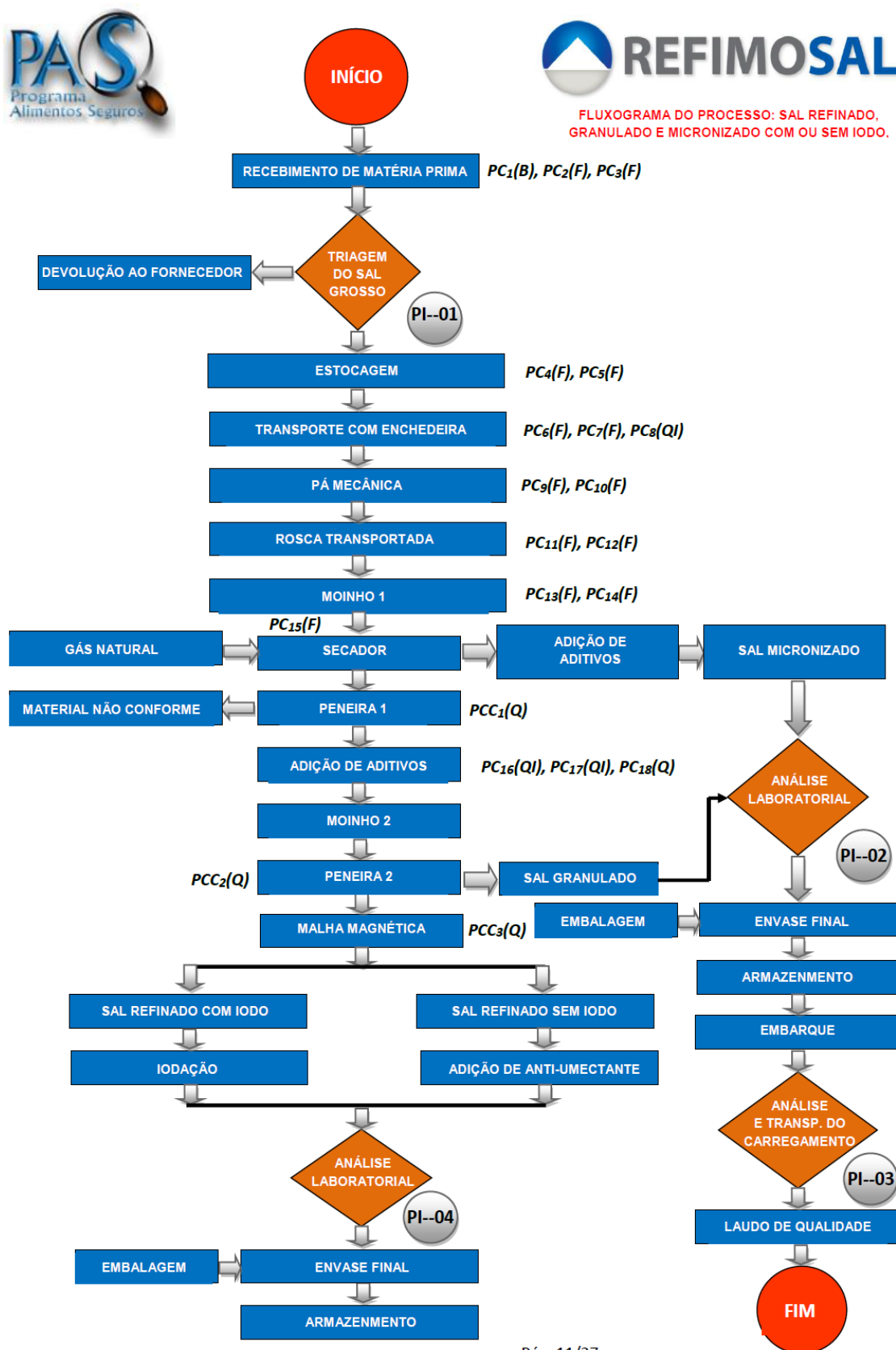
ANEXOS

Figura 26 – Fluxograma do processo de produção do sal grosso iodado para churrasco e do sal temperado.



Fonte: REFIMOSAL.

Figura 27 – Fluxograma do processo de produção do sal refinado, granulado e micronizado.



Especificações da ANVISA

As especificações para os produtos da REFIMOSAL são mostradas a seguir.

Sal refinado com aditivos

Tabela 6 – Especificações do sal refinado com aditivos.

1.1 Análise granulométrica				1.2 Análise granulométrica			
Componentes	Unidades	Faixa típica		Peneiras		Percentagem retida	
		MÍN.	MÁX.	ABNT	(mm)	MÍN.	MÁX.
Cloreto de sódio (BS)	%	99,724	99,939	12	1,680	0,0	0,0
Umidade	%	0,050	0,150	18	1,000	0,0	2,0
Insolúveis	%	0,006	0,030	20	0,840	0,0	3,3
Cálcio	%	0,011	0,070	40	0,420	8,0	42,0
Magnésio	%	0,004	0,050	60	0,250	16,9	38,6
Sulfato	%	0,040	0,210	140	0,105	9,3	32,6
Iodo	ppm	15,00	45,00	FUNDO	-	5,0	12,0
Ferrocianeto de sódio	ppm	5,00	8,00	2.2 Peso espec.(g/cm³)			1,240
				2.3 Ponto de fusão (°C)			800,4
Carbonato de sódio	ppm	0,00	0,00	2.4 Ponto de ebulição (°C)			1.413
				2.5 Capac. Calorífica (cal/kg mol)			12,04
1.2 Peso molecular (g/mol)			58,45	2.6 pH – Solução aquosa (10%)			7-8
1.3 Solubilidade				2.7 Índice / Refração (%)			1,54
Água fria			35,7%	2.8 Porosidade			0,56
Água quente			39,8%				

Fonte: Brasil, 2013.

Sal refinado sem aditivos

Tabela 7 – Especificações do sal refinado sem aditivos.

1.1 Análise granulométrica				1.2 Análise granulométrica			
Componentes	Unidades	Faixa típica		Peneiras		Percentagem retida	
		MÍN.	MÁX.	ABNT	(mm)	MÍN.	MÁX.
Cloreto de sódio (BS)	%	99,724	99,939	12	1,680	0,0	0,0
Umidade	%	0,050	0,150	18	1,000	0,0	2,0
Insolúveis	%	0,006	0,030	20	0,840	0,0	3,3
Cálcio	%	0,011	0,070	40	0,420	8,0	42,0
Magnésio	%	0,004	0,050	60	0,250	16,9	38,6
Sulfato	%	0,040	0,210	140	0,105	9,3	32,6
Iodo	ppm	Ausente		FUNDO	-	5,0	12,0
Ferrocianeto de sódio	ppm	5,00	7,00	2.2 Peso espec.(g/cm³)			1,240
				2.3 Ponto de fusão (°C)			800,4
Carbonato de sódio	ppm	Ausente		2.4 Ponto de ebulição (°C)			1.413
				2.5 Capac. Calorífica (cal/kg mol)			12,04
1.2 Peso molecular (g/mol)			58,45	2.6 pH – Solução aquosa (10%)			7-8
1.3 Solubilidade				2.7 Índice / Refração (%)			1,54
Água fria			35,7%	2.8 Porosidade			0,56
Água quente			39,8%				

Fonte: Brasil, 2013.

Sal granulado industrializado

Tabela 8 – Especificações do sal granulado industrializado.

1.1 Análise granulométrica				1.2 Análise granulométrica			
Componentes	Unidades	Faixa típica		Peneiras		Percentagem retida	
		MÍN.	MÁX.	ABNT	(mm)	MÍN.	MÁX.
Cloreto de sódio (BS)	%	99,724	99,939	12	1,680	0,0	0,0
Umidade	%	0,010	0,100	18	1,000	0,0	0,0
Insolúveis	%	0,006	0,030	20	0,840	0,0	2,0
Cálcio	%	0,011	0,070	40	0,420	8,0	52,2
Magnésio	%	0,004	0,050	60	0,250	6,0	17,0
Sulfato	%	0,033	0,210	140	0,105	38,0	49,0
Iodo	ppm	15,00	45,00	FUNDO	-	12,0	17,0
Ferrocianeto de sódio	ppm	5,00	10,00	2.2 Peso espec.(g/cm³)			1,124
				2.3 Ponto de fusão (°C)			800,4
Carbonato de sódio	ppm	0,00	0,00	2.4 Ponto de ebulição (°C)			1.413
				2.5 Capac. Calorífica (cal/kg mol)			12,04
1.2 Peso molecular (g/mol)			58,45	2.6 pH – Solução aquosa (10%)			7-8
1.3 Solubilidade				2.7 Índice / Refração (%)			1,54
Água fria			35,7%	2.8 Porosidade			0,52
Água quente			39,8%				

Fonte: Brasil, 2013.

Sal grosso peneirado para churrasco

Tabela 9 – Especificações do sal grosso peneirado para churrasco.

1.1 Análise granulométrica				1.2 Análise granulométrica			
Componentes	Unidades	Faixa típica		Peneiras		Percentagem retida	
		MÍN.	MÁX.	ABNT	(mm)	MÍN.	MÁX.
Cloreto de sódio (BS)	%	99,588	99,919	12	1,680	0,0	0,0
Umidade	%	0,500	2,500	18	1,000	24,0	59,3
Insolúveis	%	0,010	0,070	20	0,840	35,0	75,1
Cálcio	%	0,011	0,070	40	0,420	0,0	28,0
Magnésio	%	0,004	0,050	60	0,250	0,0	3,3
Sulfato	%	0,030	0,210	140	0,105	0,0	3,3
Iodo	ppm	15,00	45,00	FUNDO	-	0,0	1,0
Ferrocianeto de sódio	ppm	5,00	10,00	2.2 Peso espec.(g/cm³)			1,94
				2.3 Ponto de fusão (°C)			800,4
Carbonato de sódio	ppm	Ausente		2.4 Ponto de ebulição (°C)			1.413
				2.5 Capac. Calorífica (cal/kg mol)			12,04
1.2 Peso molecular (g/mol)			58,45	2.6 pH – Solução aquosa (10%)			7-8
1.3 Solubilidade				2.7 Índice / Refração (%)			1,54
Água fria			35,7%	2.8 Porosidade			0,50
Água quente			39,8%				

Fonte: Brasil, 2013.

Sal moído para consumo animal e industrial

Tabela 10 – Especificações do sal moído para consumo animal e industrial.

1.1 Análise granulométrica				1.2 Análise granulométrica			
Componentes	Unidades	Faixa típica		Peneiras		Percentagem retida	
		MÍN.	MÁX.	ABNT	(mm)	MÍN.	MÁX.
Cloreto de sódio (BS)	%	99,504	99,927	12	1,680	0,0	4,8
Umidade	%	0,500	2,500	18	1,000	0,0	8,8
Insolúveis	%	0,010	0,100	20	0,840	0,5	9,2
Cálcio	%	0,009	0,070	40	0,420	8,3	29,0
Magnésio	%	0,005	0.050	60	0,250	8,4	38,7
Sulfato	%	0,036	0,210	140	0,105	12,2	41,4
Iodo	ppm	15,00	45,00	FUNDO	-	10,0	78,7
Ferrocianeto de sódio	ppm	5,00	10,00	2.2 Peso espec.(g/cm³)			1,140
				2.3 Ponto de fusão (°C)			800,4
Carbonato de sódio	ppm	Ausente		2.4 Ponto de ebulição (°C)			1.413
				2.5 Capac. Calorífica (cal/kg mol)			12,04
1.2 Peso molecular (g/mol)			58,45	2.6 pH – Solução aquosa (10%)			7-8
1.3 Solubilidade				2.7 Índice / Refração (%)			1,54
Água fria			35,7%	2.8 Porosidade			0,53
Água quente			39,8%				

Fonte: Brasil, 2013.

Sal moído grosso e a granel

Tabela 11 – Especificações do sal moído grosso e a granel.

1.1 Análise granulométrica				1.2 Análise granulométrica			
Componentes	Unidades	Faixa típica		Peneiras		Percentagem retida	
		MÍN.	MÁX.	ABNT	(mm)	MÍN.	MÁX.
Cloreto de sódio (BS)	%	99,504	99,927	12	1,680	0,0	4,8
Umidade	%	0,500	2,500	18	1,000	0,0	8,8
Insolúveis	%	0,010	0,100	20	0,840	0,5	9,2
Cálcio	%	0,009	0,070	40	0,420	8,3	29,0
Magnésio	%	0,005	0.050	60	0,250	8,4	38,7
Sulfato	%	0,036	0,210	140	0,105	12,2	41,4
Iodo	ppm	15,00	45,00	FUNDO	-	10,0	78,7
Ferrocianeto de sódio	ppm	5,00	10,00	2.2 Peso espec.(g/cm³)			1,140
				2.3 Ponto de fusão (°C)			800,4
Carbonato de sódio	ppm	Ausente		2.4 Ponto de ebulição (°C)			1.413
				2.5 Capac. Calorífica (cal/kg mol)			12,04
1.2 Peso molecular (g/mol)			58,45	2.6 pH – Solução aquosa (10%)			7-8
1.3 Solubilidade				2.7 Índice / Refração (%)			1,54
Água fria			35,7%	2.8 Porosidade			0,53
Água quente			39,8%				

Fonte: Brasil, 2013.