



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE ANGICOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIAS
CURSO BACHARELADO INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

GABRIELA NOGUEIRA CUNHA

**DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE DE DILUIÇÃO DO ESTUÁRIO DO RIO
APODI/MOSSORÓ PARA EFLUENTES DA INDÚSTRIA SALINEIRA**

ANGICOS – RN

2018

GABRIELA NOGUEIRA CUNHA

**DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE DE DILUIÇÃO DO ESTUÁRIO DO RIO
APODI/MOSSORÓ PARA EFLUENTES DA INDÚSTRIA SALINEIRA**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel no curso Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia.

Orientador: Rogério Taygra Vasconcelos
Fernandes, Prof. Me.

ANGICOS – RN

2018

©Todos os direitos estão reservados à 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 tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Central Orlando Teixeira (BCOT)
Setor de Informação e Referência (SIR)

C972d Cunha, Gabriela Nogueira.

DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE DE DILUIÇÃO DO ESTUÁRIO DO RIO APODI/MOSSORÓ PARA EFLUENTES DA INDÚSTRIA SALINEIRA / Gabriela Nogueira Cunha. - 2018.

41 f.: il.

Orientador: Rogério Taygra Fernandes. Monografia (graduação) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e Tecnologia, 2018.

1. Efluentes salinos. 2. Salinas. 3. Diluição de efluentes. 4. Estuário Apodi/Mossoró. I. Fernandes, Rogério Taygra, 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

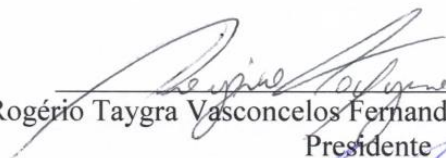
GABRIELA NOGUEIRA CUNHA

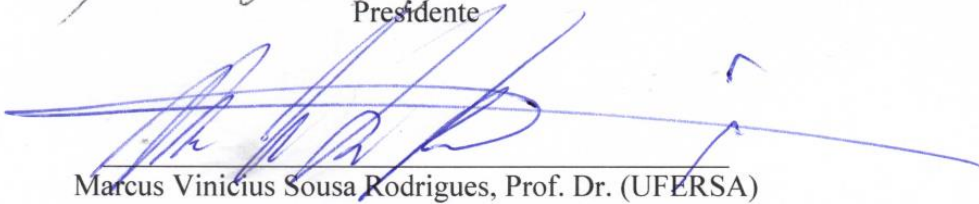
**DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE DE DILUIÇÃO DO ESTUÁRIO DO RIO
APODI/MOSSORÓ PARA EFLUENTES DA INDÚSTRIA SALINEIRA**

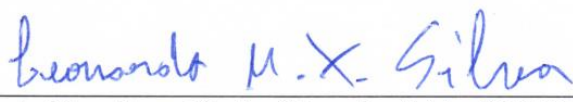
Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como requisito
para obtenção do título de Bacharel em
Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia.

Defendida em: 14 / 09 / 2018.

BANCA EXAMINADORA


Rogério Taygra Vasconcelos Fernandes, Prof. Me. (UFERSA)
Presidente


Marcus Vinicius Sousa Rodrigues, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador


Leonardo Magalhaes Xavier Silva, Prof. Me. (UFERSA)
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida.

Agradeço a minha mãe Rosangela Rosendo Nogueira Cunha, por me ouvir, aconselhar, apoiar, incentivar de todas as formas imagináveis e por me prestar amor incondicional desde o meu nascimento até hoje. A meu pai José Raimundo da Cunha e meu irmão Gustavo Nogueira Cunha, por também me amarem e apoiarem.

Agradeço a toda família Nogueira pelo carinho e cuidado que sempre tiveram comigo, em especial, meus padrinhos Régila e Daniel por me terem como filha. Meu primo Daniel Júnior por ser um grande exemplo de perseverança e esforço, o qual eu sempre admirei.

Agradeço meu avô Francisco por ser exemplo de dignidade, honestidade, caráter e força. Ele é um dos maiores incentivadores por eu ter chegado até aqui, sempre me dizendo o valor da educação.

Agradeço a família que eu conquistei no Rio Grande do Norte: Kecio, que além do seu amor, me apoia e estimula a me superar, Vênus e Dorval por me tratarem como filha e minhas cunhadas Dianna e Kelly.

Agradeço aos amigos que fiz na UFERSA, em especial Rilka, que foi uma luz em meio a tantas novidades, dificuldades durante o curso e pela confiança. Carlos pela amizade e pelo melhor acolhimento em sua casa. A equipe do SOS Chico Bento que foi o melhor grupo de estudo de todos os tempos e equipe LAPPa pelas produções acadêmicas e ajuda mútua.

Agradeço ao meu estimado orientador Rogério Taygra pela paciência, conselhos, apoio, confiança e dedicação. Não conseguiria desenvolver este trabalho sem ele.

Agradeço a Banca Examinadora pelo tempo prestado e contribuições tão relevantes.

A cada novo minuto você tem a liberdade e a responsabilidade de escolher para onde quer seguir, mas é bom lembrar que tudo na vida tem seu preço.

- Zíbia Gasparetto

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo Determinar a capacidade diluição do Estuário do Rio Apodi/Mossoró para efluentes da indústria salineira. Para o mapeamento dos pontos de lançamento dos efluentes foram realizadas expedições de campo e auxílio do Software Livre QGIS (versão 2.18.16), bem como análise em laboratório de 50 amostras coletadas no estuário e comparação com outros relatórios e resoluções de referência. Dos 20 pontos identificados e mapeados de lançamento de efluentes observou-se que a maior concentração de pontos localizados na porção que correspondente ao estuário médio enquanto as menores concentrações de pontos estão localizadas no estuário inferior (foz) e na região do alto estuário, sendo dividida em seis áreas. Quanto a análise físico química dos efluentes constatou-se que a temperatura, o pH e os Materiais Sedimentares dos efluentes não variaram de forma acentuada, mantendo-se dentro dos limites permitidos pela resolução estabelecida pelo CONAMA e apesar de não haver uma legislação que determine um limite para concentração de Oxigênio Dissolvido nos efluentes, foi atentado para o fato que nenhum efluente deve causar a redução da qualidade do corpo receptor. Neste sentido, considerando que a salinidade foi o parâmetro com maior potencial poluidor dentre os analisados para os efluentes da indústria salineira, a mesma foi considerada como elemento base para determinação da capacidade de diluição do estuário e, conseqüentemente, da vazão máxima de lançamento de efluentes, admitindo-se alguns valores padrão, o qual obteve-se a vazão de lançamento de 320 l/s sendo essa a vazão máxima. Através dos dados observados e síntese realizada, constata-se que a adoção do limite de vazão para lançamento de efluentes estimada no presente trabalho, em substituição ao sistema atual de controle, baseado apenas no limite de tempo de descarte, é uma alternativa para reduzir os riscos de poluição, e minimizar os conflitos com as populações tradicionais de pescadores.

Palavras-chave: Efluentes salinos, Salinas, Diluição de efluentes, Estuário Apodi/Mossoró.

ABSTRACT

The objective of this work was to determine the dilution capacity of the Apodi / Mossoró River Estuary for effluent from the salt industry. For the mapping of the effluent launching points, field and aid expeditions of the Free Software QGIS (version 2.18.16) were carried out, as well as laboratory analysis of 50 samples collected in the estuary and comparison with other reports and reference resolutions. Of the 20 identified and mapped effluent discharge points, it was observed that the highest concentration of points located in the portion corresponding to the average estuary while the lowest concentrations of points are located in the lower estuary (estuary) and in the region of the upper estuary, being divided in six areas. Regarding the physical chemical analysis of the effluents, it was verified that the temperature, pH and sedimentary materials of the effluents did not change markedly, remaining within the limits allowed by the resolution established by CONAMA and although there is no legislation that determines a limit for Dissolved Oxygen concentration in the effluents, was attacked by the fact that no effluent should cause the reduction of the quality of the receiving body. In this sense, considering that salinity was the parameter with the highest pollutant potential among those analyzed for effluents from the salt industry, it was considered as a base element for determination of the dilution capacity of the estuary and, consequently, of the maximum effluent release rate, assuming some standard values, which resulted in the emission rate of 320 l /s and the maximum flow rate. Based on the observed data and synthesis performed, it is verified that the adoption of the effluent discharge limit estimated in the present work, replacing the current control system, based only on the time limit of disposal, is an alternative to reduce risks of pollution, and minimize conflicts with traditional fisher populations.

Key words: Saline effluent, Saline, Effluent dilution, Apodi / Mossoró Estuary.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Produção industrial de sal	19
Figura 2 - Estuário do rio Apodi/Mossoró	23
Figura 3 - Pontos de lançamento de efluentes ao longo do curso principal do Estuário do Rio Apodi/Mossoró.	26
Figura 4 - Pontos de lançamento de efluentes divididos por setores.....	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Síntese dos potenciais danos ambientais provocados por uma salina, nas diferentes fases do empreendimento.	22
Tabela 2 - Método utilizado para caracterizar física e quimicamente os parâmetros analisados.	24
Tabela 3 - Significado das incógnitas da equação 5 de Concentração e vazão.	25
Tabela 4 - Parâmetros da caracterização físico-química dos efluentes	27
Tabela 5 - Valores de Vazão e Concentração	30

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
IDEMA	Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente
IES	Intituição de Ensino Superior
MP	Ministério Público
RN	Rio Grande do Norte
TAC	Termo de Ajustamento de Conduta
UFERSA	Universidade Federal Rural do Semi-Árido

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1. OBJETIVOS	14
1.1.1. Objetivo Geral	14
1.1.2. Objetivos Específicos.....	14
2. REFERÊNCIAL TEÓRICO.....	15
2.1. SAL	15
2.2. BREVE HISTÓRICO DA PRODUÇÃO DE SAL.....	15
2.3. PRODUÇÃO SALINEIRA.....	16
2.3.1. Tradicional	17
2.3.2. Industrial	19
2.4. PRODUÇÃO SALINEIRA.....	20
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	22
3.1. ÁREA DE ESTUDO.....	22
3.2. MAPEAMENTO DOS PONTOS DE LANÇAMENTO DE EFLUENTES.....	23
3.3. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DOS EFLUENTES.	24
3.4. ESTIMATIVA DA CAPACIDADE DE DILUIÇÃO DO ESTUÁRIO PARA EFLUENTES DA INDÚSTRIA SALINEIRA.	24
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
4.1. PONTOS DE LANÇAMENTO DOS EFLUENTES DA INDÚSTRIA SALINEIRA. 25	
4.3. CAPACIDADE DE DILUIÇÃO DO ESTUÁRIO DO RIO APODI/MOSSORÓ PARA EFLUENTES DA INDÚSTRIA SALINEIRA.	30
5. CONCLUSÃO	32
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33
ANEXOS	40

1. INTRODUÇÃO

A produção de sal marinho é uma das atividades mais antigas e tradicionais do Brasil, sendo desenvolvida no litoral do Rio Grande do Norte desde o período da colonização portuguesa. A vocação desta região para salinicultura é o resultado da combinação singular de múltiplas condicionantes naturais, como as altas temperaturas, ventos secos, intensa evaporação, prolongada estação de estiagem e extensas áreas planas e pouco permeáveis. Esses fatores foram determinantes para que a produção de sal na região fosse tecnicamente possível e economicamente viável (DINIZ; VASCONCELOS, 2017), tornando o Estado responsável por mais de 95% da produção nacional, configurando parte significativa da sua economia, com produção anual de 5 a 6 milhões de toneladas de sal e 70 mil empregos gerados direta e indiretamente (SIESAL, 2016).

O sal é considerado uma das matérias-primas fundamentais para a indústria química nacional, que é responsável pelo consumo de 60% da produção total deste mineral. Para além disso, cerca de 30% do sal é usado na alimentação (direta e indiretamente) e o restante é aplicado em atividades e setores como o tratamento de águas, e na produção agropecuária (DINIZ *et al.*, 2015). Dentro da indústria, a aplicação do sal é altamente diversificada, e vai desde a produção de artigos menos processados, como conservas, panificação, laticínios, couros e peles até a indústria química mais elaborada, como a produção têxtil, de plásticos, indústria metalúrgica e medicamentos.

Além de reconhecer as benesses propiciadas pela atividade salineira, é importante destacar também os potenciais prejuízos ambientais resultantes do processo de produção de sal. Por usar a água do mar como matéria prima, e depender de condições naturais específicas, as áreas de produção de sal (salinas) foram construídas, historicamente, às margens de estuários e deltas, ambientes considerados vitais para reprodução e abrigo de muitas espécies aquáticas. Adicionalmente, o processo de produção do sal marinho gera como subproduto um efluente altamente salino conhecido popularmente como “água-mãe” ou “água-amarga”, que comumente é lançado diretamente no estuário. Este efluente, se descartado de maneira inadequada, pode causar a poluição do ecossistema estuarino/marinho, com alteração na qualidade da água e consequente migração e/ou morte de peixes, moluscos e crustáceos (BEZERRA; BRITO, 2001; BEZERRA; BATISTA, 2012; FERREIRA *et al.*, 2015).

No ano de 1997, um grande volume de água com alta salinidade foi acidentalmente lançada no estuário do Rio Apodi-Mossoró, na região conhecida como lagamar do Rio do

Carmo, provocando a salinização temporária da região, causando a mortandade e fuga da fauna local, com reflexos negativos diretos sobre a atividade pesqueira (SERHID, 2007).

Buscando evitar que novos acidentes ambientais ocorressem, o Ministério Público Estadual – MPE/RN, por meio da Promotoria de Justiça e Defesa do Meio Ambiente, em conjunto com o Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente – IDEMA/RN, propuseram um Termo de Ajustamento de Conduta – TAC, firmado com as empresas salineiras instaladas às margens do estuário do Rio Apodi/Mossoró, que dentre suas cláusulas, estabelecia o limite de tempo máximo de 5 horas, em função do regime de maré, para o descarte de águas-mães, buscando desta forma garantir que os efluentes só fossem lançados nos períodos em que o estuário tivesse com maior capacidade de depuração dos mesmos. Embora esta ação tenha constituído o primeiro e importante passo para mitigar os impactos decorrentes do lançamento de efluentes da indústria salineira, sua efetividade é questionável.

Na verdade, é provável que o TAC tenha aumentado o problema ao invés de saná-lo. Limitar apenas o tempo de descarte e não a sua vazão, pode ter resultado no lançamento de um volume maior de efluente, uma vez que os salineiros se viram obrigados a descartar o mesmo volume de efluentes durante um período menor de tempo, resultando no aumento da vazão de descarte. O fato é que problemas semelhantes ao ocorrido em 1997 continuam sendo denunciados pelos pescadores das comunidades locais, indicando que o problema ainda persiste (JORNAL MOSSORÓ HOJE, 2018).

Desta forma, é fundamental que estudos que visem subsidiar a criação de um Plano de Gerenciamento de Efluentes da Indústria Salineira, ferramenta fundamental para gestão sustentável desta atividade, possibilitando a continuidade da exploração econômica do sal marinho e resguardando os recursos naturais e os ecossistemas de eventuais impactos negativos.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo Geral

Determinar a capacidade diluição do Estuário do Rio Apodi/Mossoró para efluentes da indústria salina.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Mapear os principais pontos de lançamento dos efluentes da indústria salina;
- Caracterizar física e quimicamente os efluentes gerados no processo de produção de sal;
- Calcular a capacidade de diluição do estuário do rio Apodi/Mossoró para efluentes da indústria salina;

2. REFERÊNCIAL TEÓRICO

2.1. SAL

O cloreto de sódio (NaCl), popularmente conhecido como Sal, fundamenta-se em um dos mais importantes e conhecidos sais, ostenta em sua estrutura um cátion, originário do elemento químico sódio, e um ânion, resultante do elemento químico cloro, monovalentes, que confere à molécula uma relativa hidrossolubilidade e solubilidade na maior parte dos solventes polares. Apresenta-se, em condições normais, como um sólido cristalino branco. (SILVA, 2004)

O sal, com suas mais diversas utilidades como salda da comida, conservação de alimentos, alimentação humana e ainda mais as relativamente pequenas concentrações de iodo, que é um composto que é difícil encontrar naturalmente. Silva (2004), nos alerta sobre o que a carência metabólica ocasionada pela ausência do iodo por nos causar, como problemas na tireoide. Porém o excesso de sal no organismo gera problemas, que geralmente são ligados ao aumento da pressão arterial

De todas as substâncias encontradas na natureza, o Sal, é, sem dúvidas, aquele que possui um maior número de aplicações, sendo também um dos produtos, senão o mais, indispensável ao Homem e aos animais. (SÁ, 1946)

2.2. BREVE HISTÓRICO DA PRODUÇÃO DE SAL

O Sal é um dos elementos mais utilizados no mundo, segundo o livro Sal - Uma História do Mundo, de autoria de Mark Kurlansky (2002), no século XIX a.C, aproximadamente, os chineses foram os primeiros a encarar a produção de sal como negócio, eles obtinham cristais de sal fervendo água do mar em vasilhas de barro. Por suas propriedades tão importantes e indispensáveis como: conservação e tempero dos alimentos, tratamento e conservação de couros, alimentação dos animais, assim como também no soro fisiológico utilizado no tratamento da falta de líquidos ou sal no organismo, o sal se tornou um dos itens mais cobiçados e caros desde então.

A palavra sal origina da palavra latina salis, deusa da saúde. Sua história está ligada aos acordos econômicos da história da humanidade, utilizado como moeda de troca em todo mundo por sua “raridade” naquela época. (SOUTO e FERNANDES, 2005)

Na produção de sal no Brasil, era perceptível a presença de salinas naturais, mesmo antes da colonização dos europeus, sobretudo na região setentrional do país. Depois da invasão, as grandes salinas do Nordeste constituíram as descobertas dos europeus. Em meados 1500, iniciava a descoberta pelos portugueses do sal já separado da água pelo processo de

evaporação, localizado no Rio Grande (ANDRADE, 1995), desenvolvendo-se em enormes várzeas, ocasionando a represa natural de água do mar e consequentemente cristalizando-se naturalmente.

Em meados do século XX, durante os períodos de colônia e império no Brasil, a economia do Rio Grande do Norte era impulsionada pelos setores agropecuário e extrativo, com destaque para o sal. (TRINDADE e ALBUQUERQUE, 2005).

Fernandes (1995) alude que nos anos iniciais da década de 1970 a modernização foi um grande marco para o parque salineiro do Estado, principalmente pela presença advinda de imensas unidades de produção salineira, que nos impactou com graves consequências sociais referentes à paralisação e abandono das médias e pequenas salinas.

Atualmente, no Brasil, há predominância do sistema de salinas solares que constituem ecossistemas artificiais de supra maré explorados para a extração de sal marinho. Este sistema é composto por uma série de tanques rasos (20 – 200 cm) e interconectados, nos quais a água do mar/estuário é captada e transferida de um tanque para outro por gravidade ou por bombeamento. Ao longo dessa trajetória, a água vai evaporando progressivamente, fazendo com que haja um considerável aumento da saturação de sais até se atingir uma salmoura com saturação de 240 gL^{-1} de sais, já no estágio final de cristalização do cloreto de sódio (DE MEDEIROS ROCHA, 2011).

O popularmente conhecido “sal” é composto por dois elementos químicos: o sódio (Na) com cerca de 40% de sua composição e o cloro e os restantes 60% cloro (Cl). Exibindo-se sob a forma de cristais brancos, com granulação uniforme, inodoro e com sabor salino próprio (TARASAUTCHI, 2008). É um mineral importante para o corpo humano, desde que administrado de forma correta e em quantidade ponderada, de modo a manter a pressão sanguínea e o volume de sangue no organismo, entre outras funções.

2.3. PRODUÇÃO SALINEIRA

No Brasil, a maior fonte de extração para produção salineira, é através do mar. Nas últimas duas décadas, notou-se que a produção de sal marinho no país, com percentagens a 90% estão localizadas no Litoral Setentrional Potiguar. Isso se deve ao fato que o estado do Rio Grande do Norte tem condicionantes naturais e socioeconômicos que concedem maior produtividade se comparada às outras regiões do Brasil. (DINIZ, 2013)

O que confere diferencial, a produção salineira do estado do Rio Grande do Norte são as condições climáticas, visto que a região nordeste do país, compreendida pela Costa Semiárida, devido suas altas temperaturas na maior parte do ano, são essenciais no processo

de evaporação. Além de oferecer, se comparada as outras, maior potencial produtivo da perspectiva dos demais condicionantes naturais, em particular devido à “morfologia excepcionalmente plana de suas planícies flúvio-marinhas e da maior impermeabilidade de seus solos”. (DINIZ, 2013)

Essa produção de sal pode ser dividida entre escala Tradicional, que concerne ao manejo realizado artesanalmente por pequenos produtores, ou em escala industrial realizado por grandes produtores e auxílio de mecanização.

2.3.1. Tradicional

A produção de sal de modo tradicional acompanha as estações. Inicia-se no mês de Março e desenrola-se até Setembro, altura da última colheita. Esta temporada é dividida em duas fases: a preparação das marinhas e a produção de sal.

- *Preparação das Marinhas*

Esta etapa desenrola-se, sobretudo, entre os meses de Março e Junho, que juntamente com a preparação da água e limpeza de lamas e iodo, ocorre a restauração das deteriorações causadas pelas tempestades de Inverno.

Esta fase de preparação das marinhas é indispensável, pois ela proporciona a rentabilização na qualidade e quantidade do sal recolhido. Do modo que a colheita é manual, o salineiro pode colher o sal com o auxílio de instrumento de limpeza tipo rodo, por exemplo, até ao fundo do reservatório. Em virtude da limpeza realizada, o sal colhido tem uma maior quantidade de sal e menor taxa substâncias insolúveis. (MENDES *et al.*, 2012)

Em seguida, a água oriunda do estuário, é depositada num receptor de águas frias, permanecendo assim algum tempo, com o propósito de diminuir a taxa de insolúveis através do processo natural de decantação. A seguinte etapa significa possibilitar a circulação da água por meio de um sistema de reservatórios ligados entre si, de modo controlado pelo salineiro. Significando que quanto maior for o percurso percorrido por essa água, maior será a sua concentração quando chegar aos cristalizadores e, também, será mais rápida a sua cristalização, rentabilizando a produção. (MENDES *et al.*, 2012)

- *Produção de Sal*

Logo após a conclusão da etapa de Preparação das marinhas, inicia-se o processo de entrada da água do mar no reservatório por ocasião das marés altas. Esses reservatórios são como uma espécie de lago com função de armazenamento das águas com maior teor de salinidade em tempo de maré alta, com a finalidade de ser utilizado em tempos que não há marés altas, período este, compreendido em média de duas em duas semanas.

Quanto menos profunda for a salina, maior será a obtenção de água com maior concentração de sal, pois a evaporação proveniente da radiação solar e efeito dos ventos, facilita e agiliza este processo. Através deste processo, há um elevado aumento no grau de salinidade da água, muito próximo do estado de cristalização.

Os salineiros, então responsáveis pelo processo de produção, apanham a flor de sal, que é a denominação utilizada para indicar a primeira colheita. Esse primeiro produto tem aspecto flocular, com granulometria irregular e fina. Além do mais, para fins comerciais, é muito consumido para fins culinários, já que suas impurezas constituintes são ideais para acentuação de alimentos, principalmente proteína de origem animal. (MENDES *et al.*, 2012)

Posteriormente, o sal grosso, popularmente conhecido, é o resultado das diversas etapas com duração variável de semanas em processo de evaporação e cristalização das águas salinas altamente saturadas. A experiência do salineiro com o tratamento e manejo do Sal, implica diretamente na qualidade do produto final, podendo conquistar um sal naturalmente branco e de cristais resplandecentes.

Dentre as etapas de produção, um cuidado indispensável é a preservação de uma camada de sal no fundo do depósito a fim de não haver contato entre o sal coletado e a terra. Após o recolhimento, há o repouso de cerca de 3 dias em média do cloreto de sódio em pirâmides nas guias dos reservatórios com o objetivo de a água ainda presente escorrer para as salinas. Depois que todas as etapas forem realizadas corretamente e com as condições necessárias adequadas, o sal está pronto para embalo e consumo.

MENDES *et al.* (2012) aponta que:

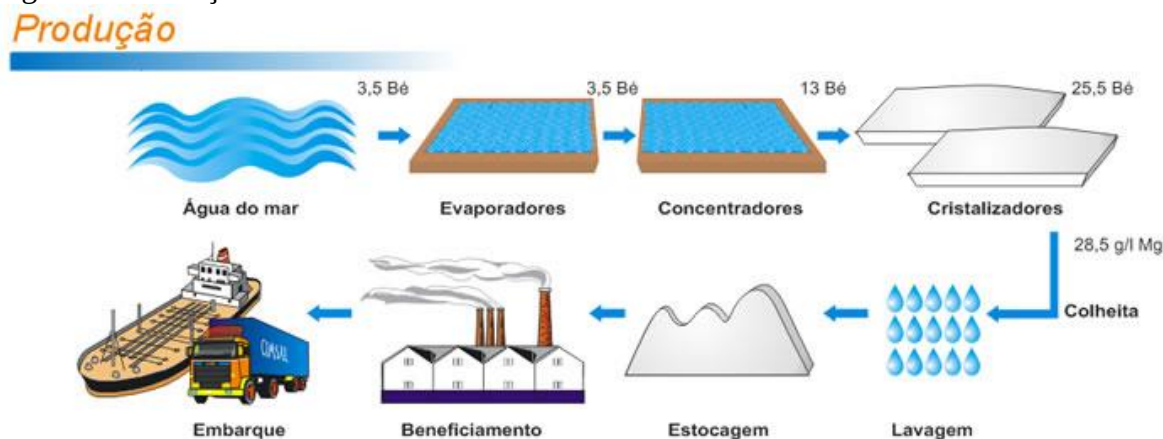
Um sal gerado por este método produz 1000 ton/ano de cloreto de sódio para uma área de, aproximadamente, 1 hectare dependendo das condições climáticas. (Taviusa 2012) O processo relativamente simples de evaporação solar requer grandes áreas de terra plana, baixas taxas de precipitação, sol abundante, e algum vento para fornecer melhores rendimentos. É também bastante útil ter acesso a meios de transporte de baixo custo; se o local de produção estiver localizado perto da costa marítima, ou num local de águas profundas para navios é uma vantagem econômica.

Onde é perceptível o quanto rentável pode vir a ser a produção tradicional de sal quando ocorre boa colheita. No entanto, conforme aponta Cunha (2018), esses produtores artesanais enfrentam grandes desafios ao que se refere a insalubre condição de trabalho, baixa desvalorização monetária e social, além da dificuldade para conseguir linhas de crédito para investir na área de trabalho.

2.3.2. Industrial

O processo de extração do sal marinho divide-se em três etapas: a concentração da água do mar, a cristalização do cloreto de sódio e a colheita e lavagem, como mostra a Figura (1) a seguir:

Figura 1 - Produção industrial de sal



Fonte: <http://flordesal.cimsal.com.br/producao.html>

- *Concentração da água do mar*

Assim como no processo tradicional, a água do mar é exposta à receber radiação solar afim que ocorra o processo de evaporação, consequentemente aumentando a concentração em sal. Há evaporação diária de acordo com a incidência solar, originando assim uma salmoura (solução de água saturada de sal) de maior densidade. Essa fase apresenta características da fauna e a flora semelhantes às do mar. Logo, depois de algum tempo, é introduzida na salmoura a *Artémia salina*, um microcrustáceo que atua como filtro biológico, absorvendo todos os microorganismos e purificando a salmoura que continua a concentrar-se até atingir o limite de saturação, sendo em seguida transferida para os cristalizadores. (MENDES *et al.*, 2012)

- *Cristalização do Cloreto de Sódio*

Ocorre a evaporação nos cristalizadores, onde a salmoura saturada

Nos cristalizadores, a evaporação da salmoura saturada precipita os cristais de sal. Há uma variação entre 30 a 40 dias para que seja trocada uma camada de 30 ou 40 centímetros de salmoura em cada cristalizador.

Após esse processo, é esperado que haja uma precipitação mensal de uma camada de 2,5 a 3 cm de sal. Logo quando essa camada atinge a uma altura de 15 a 18 cm, a salmoura é retirada e inicia-se o processo de colheita.

- *Colheita e Lavagem*

Esta etapa da produção ocorre comumente entre os meses de agosto e janeiro, pois é neste período é compreendido pela seca na região salineira. (NORSAL, 2012) Utiliza-se uma salmoura, a fim de evitar sua dissolução e reduz o teor de impurezas. Posteriormente o sal agora lavado, vai para a etapa de centrifugação para enfim seguir nas esteiras com o objetivo de ser moído ou refinado.

É também nesta etapa que de lavagem que ocorre a diluição de efluentes, que posteriormente são lançados nos estuários causando degradação ambiental. Após, ocorre o processo de beneficiamento e estocagem de acordo com a destinação do sal.

2.4. PRODUÇÃO SALINEIRA

Por usar a água do mar como matéria prima, e depender de condições climáticas específicas, as salinas são construídas, normalmente, às margens de estuários e baías de regiões áridas e semiáridas, resultando na ocupação e degradação de grandes áreas de manguezal. Em Moçambique, por exemplo, a construção de salinas ocupa o segundo lugar dentre as atividades humanas que mais contribuem para o desmatamento dos manguezais, ficando atrás somente da carcinocultura (BARBOSA, 2001).

No Brasil, embora a produção salineira seja secular e exista farta documentação sobre a ocupação da zona costeira por esta atividade, estudos que avaliem seus impactos ambientais são pouco frequentes (BEZERRA; BATISTA, 2012; FERREIRA *et al.*, 2015), ficando muitas vezes restritos a relatórios técnicos destinados aos órgãos ambientais. Um exemplo claro da escassez desses estudos foi observado durante consulta ao Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente – IDEMA, órgão responsável pelo licenciamento e fiscalização ambiental no estado do Rio Grande do Norte, em outubro de 2017 (<http://sistemas.idema.rn.gov.br/rimas/rimas.asp>) onde apenas um estudo foi encontrado, na forma de um Relatório de impactos ao meio ambiente, gerado por uma salina localizada no município de Porto do Mangue- RN. Observou-se também, que o referido estudo abordou apenas superficialmente os possíveis impactos ambientais negativos gerados pelo empreendimento, dando mais ênfase aos ganhos socioeconômicos potenciais.

A problemática envolvendo os impactos ambientais da atividade salineira foi abordada pela primeira vez no ano de 1997, quando, após o rompimento de um dos tanques de uma empresa salineira, um grande volume água com alta salinidade foi abruptamente lançada no estuário do Rio Apodi-Mossoró, na região conhecida como lagamar do Rio do Carmo, provocando a salinização temporária da região, causando a mortandade e fuga da fauna local, com reflexos negativos diretos sobre a atividade pesqueira. Este evento chamou a atenção do

Ministério Público Estadual do Rio Grande do Norte – MPE/RN, que por meio da Promotoria de Justiça e Defesa do Meio Ambiente, instaurou uma Ação Civil Pública, a fim de apurar o ocorrido (SERHID, 2007).

Após anos de estudos e discussão, a empresa TECNOAMBIENTE BR, contratada pelo Sindicato da Indústria Salineira - SIESAL, apresentou em 2002 o estudo intitulado “Relatório de Controle Ambiental das Salinas do Estuário do Rio Mossoró”, dividido em dois volumes, que tinha como objetivo básico, identificar os impactos ambientais da indústria salineira na região. O referido corpo técnico identificou ao todo 25 impactos ambientais, dos quais 10 foram considerados positivos, 5 considerados de impacto indefinido e 10 considerados negativos. Bezerra e Brito (2001), por sua vez, em um estudo independente para avaliar os principais impactos ambientais, positivos e negativos, da indústria salineira, identificaram no total 70 impactos significativos, sendo 59 negativos, 8 positivos e 3 indefinidos. Embora estes estudos diverjam em relação ao número e a classificação dos impactos ambientais das salinas, eles convergem para o entendimento de que esta atividade traz como principais benefícios, o aumento da oferta de empregos e o incremento na arrecadação fiscal, impactando positivamente a economia local. Por outro lado, concordam os autores, diversos efeitos negativos são gerados por estes empreendimentos, sendo o mais notável deles, a devastação de grandes áreas de manguezais durante a fase de instalação.

Ao estudar a evolução da ocupação do solo nas margens do estuário do rio Apodi-Mossoró, Costa (2010) identificou um aumento expressivo da área de salinas entre os períodos de 1976 e 2008, que passou de 7.559,3 ha para 15.605,2 ha, período em que a área ocupada por vegetação de mangue caiu drasticamente de 4.243,3 ha para 226,3 ha apenas. Recentemente, o Grupo Técnico de Trabalho para Regularização dos Empreendimentos Salineiros - GT-Sal – elaborou um relatório conjunto de avaliação técnica ambiental dos empreendimentos salineiros do Rio Grande do Norte, onde constatou que o estado possui 3.284,48 hectares de Áreas de Preservação Permanente (manguezais em sua maioria) ocupadas por salinas (GT-SAL, 2017).

Além dos danos ambientais causados durante a fase de instalação de uma salina, existem outros impactos negativos decorrentes do funcionamento das mesmas. Estudos realizados na Tanzânia, por Wolchok (2006), e Liingiliee *et al.* (2015) demonstraram que manguezais de regiões produtoras de sal possuem área basal e número de indivíduos (caules) por hectare muito inferiores aos manguezais de áreas não produtoras. Os autores atribuíram esta diferença a fatores como aumento regional da salinidade e temperatura do solo,

resultando em condições ambientais adversas que prejudicam o crescimento, regeneração e desenvolvimento do ecossistema. Ressalta-se ainda que, o processo de produção do sal marinho gera como subproduto um efluente altamente salino (285 g/l) conhecido popularmente como água-mãe ou água-amarga, que na maioria das vezes é lançada diretamente no estuário. Este efluente pode causar a poluição do ecossistema estuarino/marinho, com alteração na qualidade da água e consequente migração e/ou morte de peixes, moluscos e crustáceos (BEZERRA; BRITO, 2001; BEZERRA; BATISTA, 2012; FERREIRA *et al.*, 2015). A Tabela 1 sintetiza os principais danos ambientais provocados pela atividade salineira, conforme a literatura consultada.

Tabela 1 - Síntese dos potenciais danos ambientais provocados por uma salina, nas diferentes fases do empreendimento.

Fase	Potencial Dano ambiental
Instalação	Supressão da vegetação de mangue
	Alteração da topografia
	Aterramento de áreas alagáveis
	Fechamento de cursos d'água
	Alteração da dinâmica hidrosedimentológica
Operação	Afugentamento da fauna (especialmente aves e pequenos mamíferos)
	Assoreamento de cursos d'água em virtude da erosão de taludes.
	Impacto visual decorrente da alteração da paisagem
	Poluição da água por meio do lançamento de efluentes (água-mãe)
	Mortandade e afugentamento a fauna aquática
	Redução da produtividade pesqueira local
	Redução da capacidade de regeneração do ecossistema

Fonte: Adaptado de Bezerra e Brito (2001); Wolchok (2006); Bezerra e Batista (2012); Ferreira *et al* (2015); Liingiliee *et al* (2015).

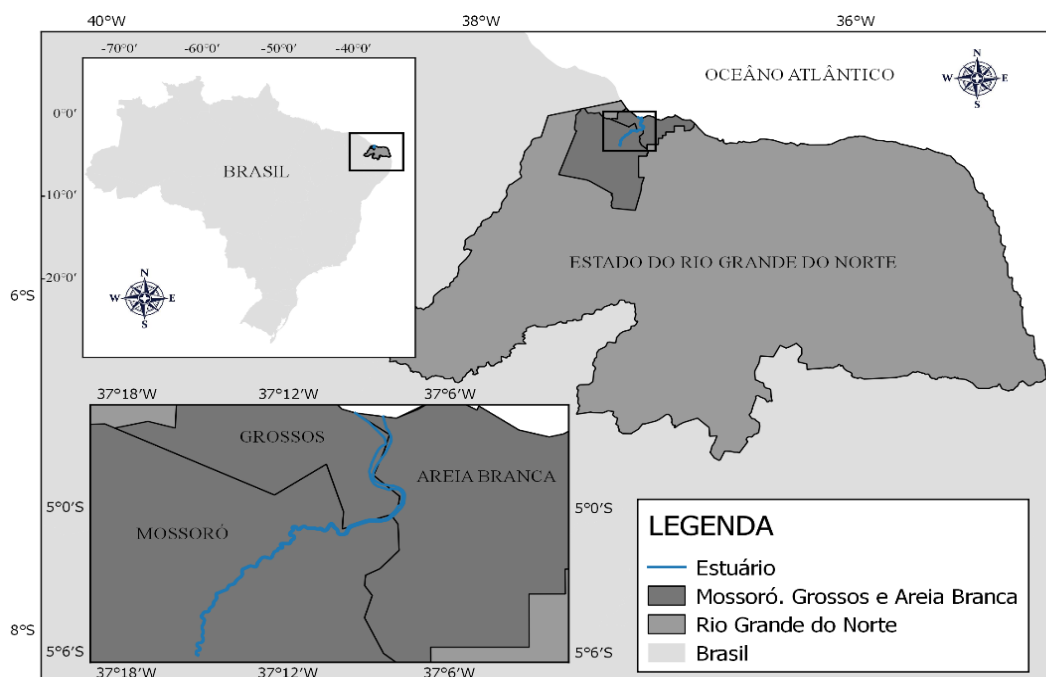
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1. ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi desenvolvido no estuário do rio Apodi/Mossoró, localizado no litoral norte do Brasil (Latitude 4°56'18.29" S; Longitude 37°9'2.24" O). O mesmo possui aproximadamente 43 km de comprimento, se estendendo desde o município de Mossoró, até a sua foz no oceano Atlântico entre os municípios de Grossos e Areia Branca (Figura 2). O clima da região, segundo a classificação de KOPPEN, é semiárido, tipo BSw'h' seco e muito quente cuja pluviosidade média anual (< 1,250 mm/ano-1) é inferior a evapotranspiração

potencial da região (1.500 – 1.600 mm/ano¹). Tais condições propiciaram o estabelecimento e crescimento da atividade salineira, desenvolvida no estuário do Rio Apodi/Mossoró desde o período colonial brasileiro (ROCHA, 2005).

Figura 2 - Estuário do rio Apodi/Mossoró



Fonte: Autora (2018)

3.2. MAPEAMENTO DOS PONTOS DE LANÇAMENTO DE EFLUENTES.

Para mapear os principais pontos de lançamento de efluentes, foram realizadas expedições de campo percorrendo o estuário do rio Apodi/Mossoró desde sua foz até o trecho conhecido como “Passagem-de-pedras”, local que determina o final da zona estuarina. A identificação dos pontos de lançamento foi realizada visualmente, localizando os canais utilizados pelas salinas para drenar as águas-mães, e contou com o auxílio de pescadores da região. Todos os pontos de lançamento de efluentes foram georreferenciados com auxílio de GPS, no sistema UTM, DATUM WGS84, Zona 24 Sul.

Posteriormente a coleta, os pontos foram processados com auxílio do Software Livre QGIS (versão 2.18.16), onde foram gerados mapas de densidade de pontos de lançamento de pontos de efluentes por meio da metodologia “Kernel”, método estatístico de estimação de curvas de densidade em que cada observação inserida é ponderada pela distância em relação a um valor central, proporcionando uma visão geral da intensidade do processo em todas as regiões do mapa. (MEDEIROS, 2018). Considerou-se o valor 600 metros como raio de abrangência de cada ponto de lançamento, valor referente a distância para diluição da pluma

de efluente conforme **Relatório de Controle Ambiental: Salinas Estuário do Rio Mossoró/Volume II** (TECNOAMBIENTE BR, 2002).

3.3. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DOS EFLUENTES.

Foram analisadas 50 amostras de efluentes gerados no processo de produção de sal. As amostras foram fornecidas por empresas da própria região, e não passaram por nenhum tratamento prévio. As mesmas foram analisadas em laboratório, visando determinar suas características físicas e químicas, mais precisamente a temperatura, salinidade oxigênio dissolvido, pH e materiais sedimentáveis. A tabela 2 sintetiza a metodologia utilizada em cada uma das análises. Os resultados foram analisados com base em sua média, desvio padrão (DP) e coeficiente de variação (CV), e comparados com os valores de referência da resolução CONAMA 357/2005, 397/2008 e 430/2011, considerando o corpo d'água como **Salino – Classe 1**, bem como com dados da literatura e períodos anteriores de monitoramento.

Tabela 2 - Método utilizado para caracterizar física e quimicamente os parâmetros analisados.

PARÂMETRO	MÉTODO
Salinidade	Determinada com o auxílio de refratômetro portátil.
Temperatura	Determinada com o auxílio de um termômetro digital portátil.
pH	Determinado com medidor digital de pH do tipo “eletrodo de vidro” de bancada.
Oxigênio Dissolvido	Determinado pelo método polarográfico, com eletrodo imerso em solução eletrolítica padrão e membrana semipermeável, com compensação automática da temperatura e salinidade.
Materiais Sedimentáveis	Foi analisado através do teste de uma hora em “Cone de Imhoff”.

3.4. ESTIMATIVA DA CAPACIDADE DE DILUIÇÃO DO ESTUÁRIO PARA EFLUENTES DA INDÚSTRIA SALINEIRA.

Para determinar a capacidade de diluição de efluentes produzidos pela indústria salineira no estuário do rio Apodi/Mossoró, utilizou-se como referência o elemento que apresentou a maior concentração nas amostras analisadas, tomando como base a vazão mínima do referido estuário (16.000 l/s) conforme **Relatório de Controle Ambiental: Salinas Estuário do Rio Mossoró/Volume II** (TECNOAMBIENTE BR, 2002).

A vazão máxima de lançamento de efluentes foi calculada com base na Equação 1, que relaciona vazão e a concentração do elemento que se deseja controlar do corpo receptor, com a vazão e a concentração do mesmo elemento no presente no efluente.

$$C_F = \frac{Q_R \cdot C_R + Q_A \cdot C_A}{Q_R + Q_A} \quad \text{Equação 1}$$

A descrição de cada uma de suas incógnitas expressa na tabela 3:

Tabela 3 - Significado das incógnitas da equação 5 de Concentração e vazão.

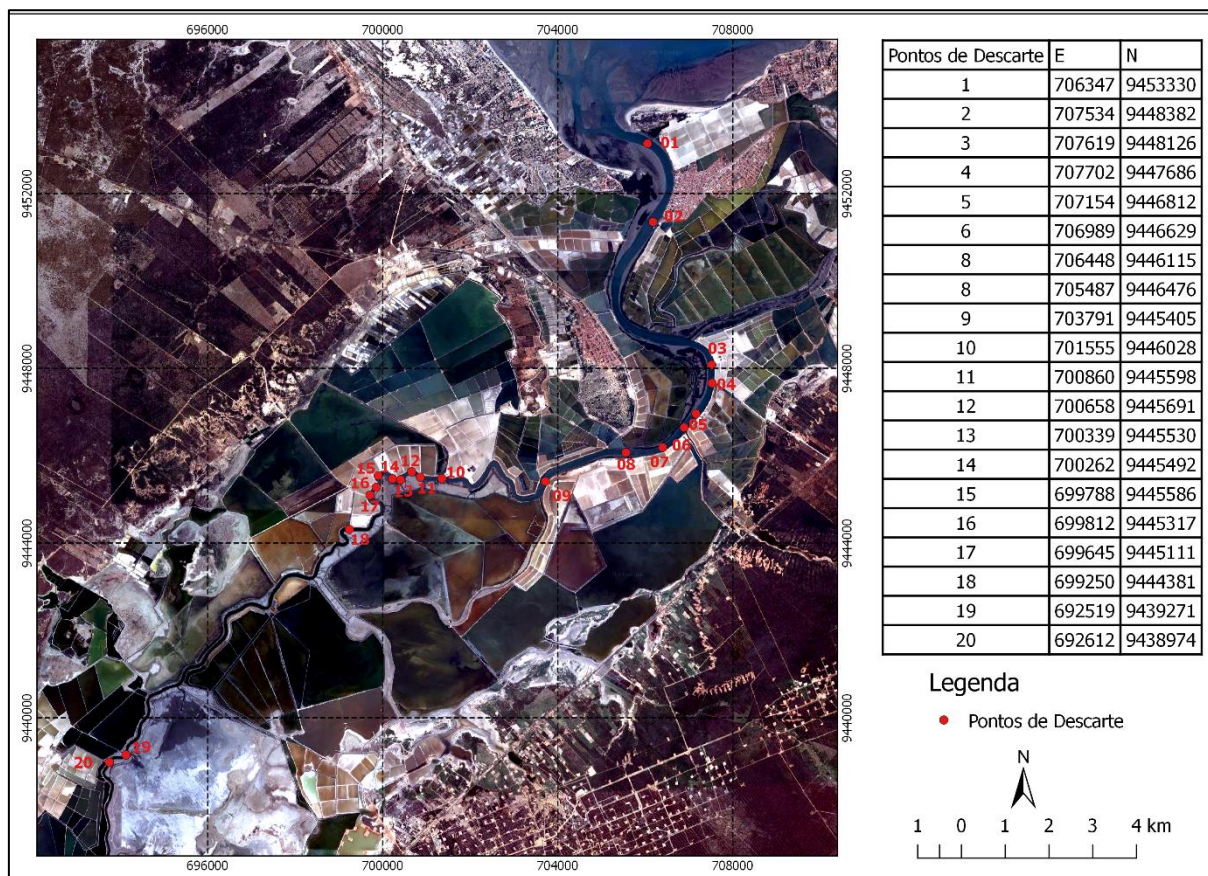
INCÓGNITA	DESCRIÇÃO	UNIDADE
C_F	Concentração final	g/l
Q_R	Vazão do estuário	l/s
C_R	Concentração do estuário	g/l
Q_A	Vazão do efluente	l/s
C_A	Concentração do efluent	g/l

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. PONTOS DE LANÇAMENTO DOS EFLUENTES DA INDÚSTRIA SALINEIRA.

Foram identificados e mapeados 20 pontos de lançamento de efluentes ao longo do curso principal do Estuário do Rio Apodi/Mossoró, estando a maior concentração de pontos localizados na porção que correspondente ao estuário médio. As menores concentrações de pontos estão localizadas no estuário inferior (foz) e na região do alto estuário, já próximo a barragem de passagem de pedras. A Figura 3 apresenta os pontos de lançamento de efluentes mapeados no estudo.

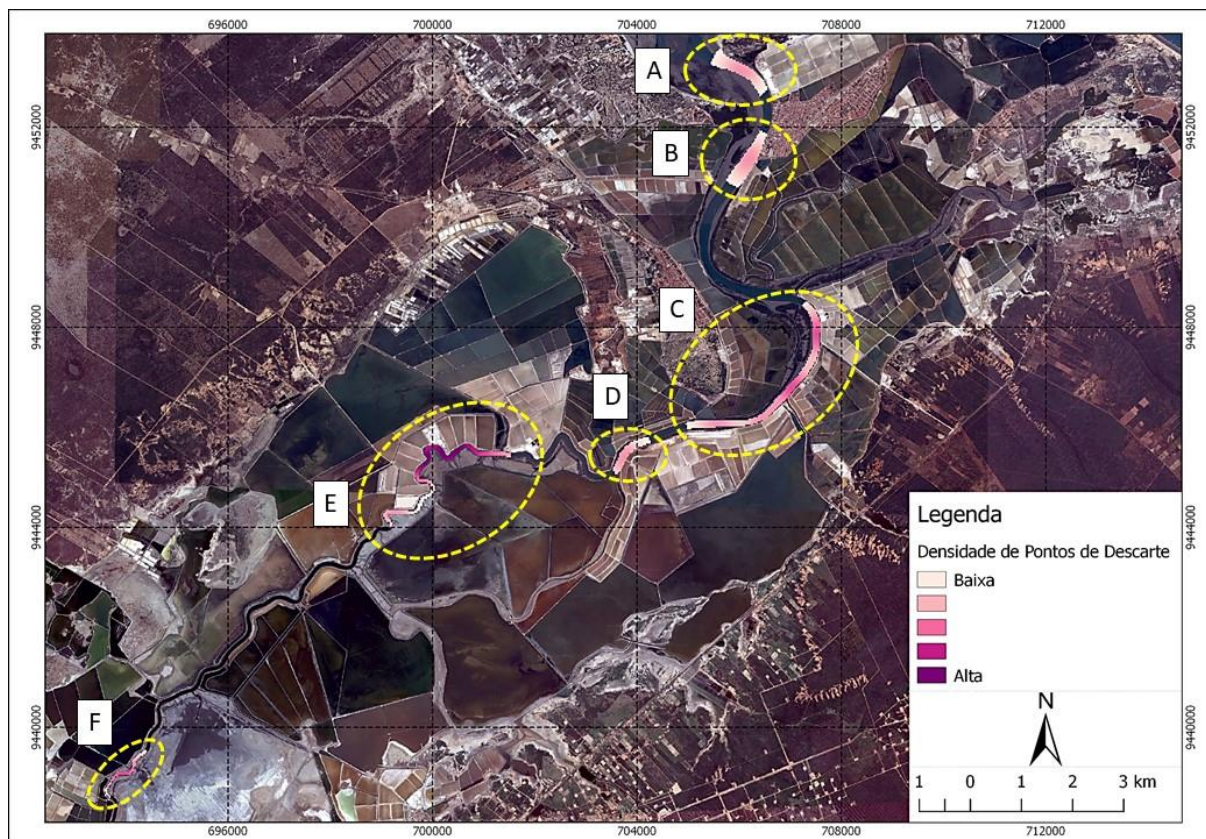
Figura 3 - Pontos de lançamento de efluentes ao longo do curso principal do Estuário do Rio Apodi/Mossoró.



Fonte: Autora (2018)

Com base na análise de densidade de pontos de lançamento de efluentes, foi possível dividir o estuário em setores, conforme apresentado na Figura 4. A Zona E apresentou a maior densidade de pontos de lançamentos, correspondendo a 9 pontos que descartam seus efluentes em região de influência comum, cuja distância é inferior a 500 metros. Desta forma, caso as salinas localizadas nesta zona descartem simultaneamente, os efluentes lançados terão efeitos combinados. Destaca-se ainda o fato da Zona E corresponder a um trecho do estuário com elevada sinuosidade, o que resulta em perdas de cargas e menor vazão, provocando, como consequência, redução na taxa de renovação da água, podendo acarretar problemas para o estuário. As Zonas A, B, D e F apresentaram baixa concentração de pontos de lançamento, enquanto que para a Zona C a concentração foi considerada moderada.

Deve-se ressaltar, no entanto, que a Zona D está localizada entre as Zonas C e E podendo também ser influenciada por elas, e que a Zona F está no ponto de menor influência da maré, o que implica em baixa taxa de renovação de água. As zonas menos sujeitas aos efeitos do lançamento de efluentes são a A e B, por já estarem muito próxima a foz, correspondendo maiores taxas de renovação propiciadas pelos efeitos das marés.

Figura 4 - Pontos de lançamento de efluentes divididos por setores.

Fonte: Autora (2018)

4.2. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E QUÍMICA DOS EFLUENTES

A Tabela 4 sumariza os resultados obtidos para caracterização físico-química das 50 amostras de efluentes coletados.

Tabela 4 - Parâmetros da caracterização físico-química dos efluentes

PARÂMETROS	SALINIDADE	TEMPERATURA	pH	OXIGÊNIO	MS
<i>Unidades</i>	<i>g/l</i>	<i>°C</i>	-	<i>mg/l</i>	<i>ml/l</i>
MÉDIA	282,24	24,68	8,16	2,83	0,45
D.P	4,34	1,25	0,30	0,81	0,29
C.V	1,54	5,06	3,65	28,73	64,81
MÍNIMO	275	23	7,79	1,98	0,01
MÁXIMO	290	27	8,49	4	0,99

A temperatura do efluente não variou de forma acentuada registrando média geral de 24,68 ° C (DP=1,25; CV=5,06%), com valores que oscilaram entre 23 °C e 27 °C, temperatura considerada característica de regiões tropicais. A temperatura superficial dos corpos d'água é influenciada pela incidência de energia solar, tendo interferência direta ao metabolismo biogeoquímico do ecossistema, na solubilidade de gases, decomposição e formação da matéria orgânica e fluxo de nutrientes e energia. A baixa oscilação da temperatura é resultado principalmente da localização das salinas avaliada, próxima a linha do

equador, caracterizada pela elevada homogeneidade térmica. Verificou-se que a temperatura se manteve dentro dos limites permitidos pela Resolução CONAMA 430/2011, que é de 40 °C para lançamento de efluentes, entre 5,00 e 9,00 para o pH e abaixo de 1 ml/l para os materiais sedimentáveis.

O pH é uma das variáveis mais importantes dos ecossistemas aquáticos, e pequenas flutuações no mesmo podem ter grande influência nos mais diversos processos ambientais, como a decomposição da matéria orgânica, mistura do dióxido de carbono (CO₂) e no oxigênio dissolvido (MACÊDO, 1974). A média para o valor do pH foi de 8,16 (DP=0,30; CV=3,65%) mantendo-se sempre alcalino e dentro dos limites aceitáveis para a existência organismos estuarinos que varia entre 6,50 e 9,00 (PERKINS, 1974; ANGELI, 1979), bem como dos limites estabelecidos pela resolução CONAMA 357/2005, não interferindo, desta forma, no equilíbrio iônico do ecossistema. O menor valor registrado para este parâmetro foi de 7,79 enquanto o maior valor foi de 8,49

O valor médio para o Oxigênio Dissolvido foi de 2,83 mg/l (DP=0,81; CV=28,73%), com concentrações variando entre o mínimo de 1,98 mg/l e o máximo de 4,00 mg/l. Não existe ainda legislação que determine um limite para concentração de Oxigênio Dissolvido nos efluentes, mas deve-se atentar para o fato que nenhum efluente deve causar a redução da qualidade do corpo receptor. O oxigênio dissolvido é de suma importância para a manutenção da qualidade ambiental dos ecossistemas aquáticos, sendo responsável por processos como a oxidação de elementos químicos, decomposição e ciclagem da matéria orgânica que circula nos ecossistemas, além de ser essencial para a sobrevivência dos organismos aquáticos, que o utilizam no processo de respiração. Segundo Esteves (1998), a atmosfera e a fotossínteses são as principais fontes de oxigenação para água. Por outro lado, as perdas são atribuídas ao consumo pela decomposição da matéria orgânica (oxidação), perda para atmosfera, respiração de organismos aquáticos e oxidação de íons metálicos, como, por exemplo, o ferro (FERNANDES, 2013).

Os Materiais Sedimentares apresentaram média de 0,45 ml/l (DP=0,29; CV=64,81%), com concentrações variando entre o mínimo de 0,01 ml/l e o máximo de 0,99 ml/l. É fundamental conhecer e controlar a concentração de Materiais Sedimentáveis dos efluentes, pois reflete a carga de material que irá se precipitar no fundo do corpo hídrico receptor, consumindo oxigênio durante sua oxidação. Por esta razão, a Resolução CONAMA 357/2005 estabelece o limite máximo de 1 ml/l de materiais sedimentáveis para lançamento de

efluentes. De acordo com as análises realizadas, todas as amostras estavam em acordo com o estabelecido na legislação vigente, que é de no máximo 1ml/l

O parâmetro que apresentou maior variação em relação aos valores considerados ideais para estuários e, portanto, com maior potencial poluidor, foi a salinidade. A mesma apresentou média igual a 282,24 g/l (DP=4,34; CV=1,54%), mais de 8 vezes superior à salinidade da água do mar, e variou entre o máximo de 290 g/l e o mínimo de 275 g/l. A salinidade é um dos fatores que mais limitam o crescimento, a nutrição e o desenvolvimento pleno de organismos aquáticos, que culminam na alta concentração de sais, sendo os efluentes de alta salinidade, responsáveis pela redução do potencial osmótico no ambiente radicular das espécies vegetais (DASGAN *et al.*, 2002) e do elevado estresse oxidativo aos quais as células animais são submetidas para se adaptar à esse ambiente (TOGNI, 2007).

A alta concentração de sais é considerada um fator estressante para os organismos vegetais, por propiciar a retenção de água (CHUSMAN, 2001; MUNNS, 2002), reduzir a atividade dos íons em solução e alterar os processos de absorção, transporte, assimilação e distribuição de nutrientes nessas espécies. A interação entre salinidade e nutrição mineral torna-se mais complexa em virtude das diferenças na concentração e na composição iônica dos meios salinos (água e solo) aos quais os vegetais são submetidos, bem como das diferentes respostas destes, tanto em relação à salinidade como no tocante à eficiência na aquisição de nutrientes (FARIAS *et al.*, 2008). Uma vez que as plantas são responsáveis pela absorção de compostos inorgânicos para que através do processo de fotossíntese sejam capazes de sintetizar carboidratos, aminoácidos e ácidos graxos, e sendo esses compostos orgânicos essenciais para a vida destas espécies e dos seres heterotróficos que habitam o mesmo ecossistema, torna-se evidente que o comprometimento desse ciclo ocasionado pela alta salinidade do meio, afetará profundamente a sobrevivência das comunidades nele existentes.

Por sua vez, Togni (2007) ao avaliar a resposta do sistema antioxidante de duas espécies de siris (*Callinectes danae* e *Callinectes ornatus*) em relação à variação de salinidade, hipo (10‰) ou hipersalinidade (40‰), observaram que este fator foi um importante indutor da atividade de enzimas antioxidantes e que *Callinectes danae* e *Callinectes ornatus* apresentaram mecanismos distintos de modulação da atividade destas enzimas, suficientes para evitar danos oxidativos a lipídios e proteínas durante o estresse salino. Essa constatação evidencia o fato de que a alta salinidade, seja uma consequência natural de fatores meteorológicos ou induzida, provoca alterações de ordem fisiológica nas espécies que

habitam o meio hipersalino, conseqüentemente, apenas sobreviverão a esse ambiente os organismos que apresentarem mecanismos adaptativos para tal.

4.3. CAPACIDADE DE DILUIÇÃO DO ESTUÁRIO DO RIO APODI/MOSSORÓ PARA EFLUENTES DA INDÚSTRIA SALINEIRA.

Considerando que a salinidade foi o parâmetro com maior potencial poluidor dentre os analisados para os efluentes da indústria salineira, a mesma foi considerada como elemento base para determinação da capacidade de diluição do estuário e, conseqüentemente, da vazão máxima de lançamento de efluentes.

Admitiu-se que o valor inicial da salinidade no Estuário do Rio Apodi/Mossoró é 35 g/l, comum para os estuários da região, e que o valor máximo aceitável (após o lançamento do efluente) é de 40 g/l, limite tolerado pela maior das espécies vegetais e animais que vivem no estuário. Tabela 5 apresenta os valores adotados para o cálculo da vazão máxima de lançamento de efluentes.

Tabela 5 - Valores de Vazão e Concentração

Variável	Descrição	Valor	Unidade
C_F	Concentração final	40	g/l
Q_R	Vazão do estuário	16.000	l/s
C_R	Concentração do estuário	35	g/l
C_A	Concentração do efluente	290	g/l
Q_A	Vazão de lançamento	320	l/s

Para garantir que, após o lançamento do efluente, o estuário atinja uma salinidade máxima de 40 g/l, a vazão de lançamento não poderá ser superior a 320 l/s. A partir desta informação, é fundamental que se tomem medidas para determinar a vazão atual de lançamento dos efluentes das salinas, de forma a identificar se algum dos pontos aqui mapeados possui vazão superior a recomendada, adotando medidas corretivas quando necessário. Deve-se considerar ainda que a salinidade é um parâmetro conservativo e que, no caso de pontos de lançamento de efluentes localizados na mesma Zona, deve-se assegurar que este limite seja dividido entre as salinas, resguardando, desta forma a qualidade ambiental do estuário.

Destaca-se ainda que a definição da capacidade de diluição e o estabelecimento de um limite máximo vazão de lançamento de efluentes é apenas uma das ferramentas para reduzir os impactos da atividade salineira sobre o meio ambiente, e que a mesma deve ser complementada por outras ações, como a implantação de sistemas de recirculação e o aproveitamento dos efluentes para extração de outros elementos com potencial econômico. Silva (2016) fez um estudo a cerca da “Potencialidade de produção de óxido de magnésio a

partir da água mãe proveniente da produção de sal marinho no município de Grossos/RN”, mostrando a viabilidade da produção de óxido de magnésio a partir da água mãe, onde aponta que além de minimizar impactos ambientais provocados pela indústria salineira, se tornaria uma fonte alternativa para produção no ramo.

5. CONCLUSÃO

O Estuário do Rio Apodi/Mossoró serve como base da mais importante região produtora de sal do país, responsável pela geração de milhares de empregos e parte significativa da economia local. Entretanto, seu modelo atual de produção está causando sérios problemas ambientais. A adoção do limite de vazão para lançamento de efluentes de 320 litros por segundo estimada no presente trabalho, em substituição ao sistema atual de controle, baseado apenas no limite de tempo de descarte, é uma alternativa para reduzir os riscos de poluição, e minimizar os conflitos com as populações tradicionais de pescadores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº. 130**. Diário Oficial da União 2003; 6 mai.

ALBINATI, R.C.B.; ALBINATI, A.C.L; MEDEIROS, Y.D. Utilização de águas desprezadas para a produção de alimentos no semi-árido. In: *Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*. 2003. Curitiba. **Anais**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003.

ALBUQUERQUE, F. S. X. 2009. **As Águas-mães**: um efluente industrial detentor de um potencial econômico para a indústria salineira do Rio Grande do Norte na Produção de Óxido de Magnésio. 2007. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Desenvolvimento). Mossoró Universidade Estadual do Rio Grande do Norte.

ADCON - Armazenamento e Diagramação de Conteúdo Digital (Rio Grande do Norte) (Org.). **Bacia Apodi/Mossoró**. Disponível em: <<http://adcon.rn.gov.br/ACERVO/IGARN/doc/DOC0000000000028892.PDF>>. Acesso em: 19 jun. 2018.

ANDRADE, M. C. de. **O território do sal**. Mossoró: Coleção Mossoroense, 1995.

BARBOSA, F. M. A. *et al.* Status and distribution of mangroves in Mozambique. **South African Journal of Botany**, v.67, n.3, p.393- 398, 2001.

BEZERRA, D.; BRITO L. Avaliação dos Impactos Ambientais Produzidos pela Indústria Salineiras do Rio Grande do Norte. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21., 2001, João Pessoa, **Anais...** João Pessoa: UFPB, 2001. P.36.

BEZERRA, J. M.; BATISTA, R. O. Aspectos Econômicos e Ambientais da Exploração Salineira do Estado do Rio Grande do Norte. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 9, n. 2, p.3-20, 2012.

BOORI, Amaro, V.E. (2010) – **Land use change detection for environmental management**: using multitemporal satellite data in the Apodi Valley of northeastern Brazil. Applied GIS (ISSN: 1832-5505), 6(2):1-15, Monash University, Melbourne, Australia.

BRANCO, Joaquim Olinto; VERANI, José Roberto. Aspectos bioecológicos do camarão-rosa *Penaeus Brasiliensis latreille* (natantia, penaeidae) da Lagoa da Conceição, Florianópolis,

Santa Catarina, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, [s.l.], v. 15, n. 2, p.345-351, 1998. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0101-81751998000200007>.

BRASIL. Assembleia Legislativa. Constituição (2005). Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. **Resolução Conama Nº 357/2005**. Brasil, 18 mar. 2005. Seção 053. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em: 06 set. 2018.

BRASIL. Congresso. Senado. Constituição (1997). Lei nº 9433, de 08 de janeiro de 1997. **da Política Nacional de Recursos Hídricos**. Brasília, DF, Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/l9433.htm>. Acesso em: 10 jun. 2018.

CÂMARA, C. A. L. 1999. **Produção de sal por evaporação solar**. 1ed. Antenna Edições técnicas, Natal.

CAMERON, W. M.; PRITCHARD, D. W. (1963). **Estuaries**. In: The sea - Ideas and Observations on Progress in the Study of the Seas, M. N. Hill (Ed.) v.2 - The Composition of Sea Water. Interscience Publishers, John Wiley and Sons, New York.

CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL (CETEM) (Org.). **Bacia do rio Apodi/Mossoró é afetada por atividades antrópicas, como indústria da construção civil**. 2013. Disponível em: <<http://verbetes.cetem.gov.br/verbetes/ExibeVerbete.aspx?verid=32>>. Acesso em: 26 jun. 2018.

CHUSMAN, V. **Osmoregulation in plants**: Implications for agriculture. Am. Zool., 41:758-769, 2001.

COSTA, Diógenes Félix da Silva *et al.* **Análise da Variação da Salinidade do Estuário do Rio Apodi/Mossoró/Rn e sua Relação com alguns Aspectos Limnológicos**. In: REUNIÃO ANUAL DA SBPC, 58., 2006, Florianópolis. Anais... . Florianópolis: Sbpcc, 2006. p. 1 - 2. Disponível em: <www.sbpccnet.org.br/livro/58ra/SENIOR/RESUMOS/resumo_1779.html>. Acesso em: 03 jul. 2018.

CUNHA, Gabriela Nogueira; FERNANDES, Rogério Taygra Vasconcelos; FERNANDES, Rilka Cellys da Silva; MEDEIROS, Valdeir Carlos Araújo de. **HOMENS E MULHERES DE SAL: UM RETRATO DAS COMUNIDADES DE PRODUTORES ARTESSANAIS DE SAL**. In: SEMANA OFICIAL DE ENGENHARIA E AGRONOMIA, 75, 2018, Maceió/al. **Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia**. Maceió: 2018.

DASGAN, H.Y.; AKTAS, H.; ABAK, K. & CAKMAK. I. Determination of screening techniques to salinity tolerance in tomatoes and investigation of genotypes responses. *Plant Sci.*, 163:695-703, 2002.

DINIZ, Marco Túlio Mendonça; VASCONCELOS, F. P. Condicionantes naturais à produção de sal marinho no Brasil. **Mercator**, Fortaleza, v. 16, e1613b, 2017.

DINIZ, Marco Túlio Mendonça; VASCONCELOS, F. P.; MARTINS, M. B. Inovação tecnológica na produção brasileira de sal marinho e as alterações sócioterritoriais dela decorrentes: uma análise sob a ótica da teoria do empreendedorismo de Schumpeter. **Sociedade e Natureza**, Uberlândia, v. 27, n.3, p.421-438, 2015.

DINIZ, Marco Túlio Mendonça. CONDICIONANTES SOCIOECONÔMICOS E NATURAIS PARA A PRODUÇÃO DE SAL MARINHO NO BRASIL: AS PARTICULARIDADES DA PRINCIPAL REGIÃO PRODUTORA. **Revista Geoece**, Brasil, v. 3, n. 2, p.1-1, dez. 2013. ISSN online: 2315-028X. Disponível em: <<http://seer.uece.br/?journal=geoece&page=article&op=view&path%5B%5D=747&path%5B%5D=0>>. Acesso em: 02 ago. 2018

ESTEVES, F.A. 1998. **Fundamentos de limnologia**. Interciência. 2ª ed., Rio de Janeiro, 602p.

EWEL, Katherine C.; TWILLEY, Robert R.; ONG, Jin Eong. **Global Ecology and Biogeography Letters**, Vol. 7, n. 1, Biodiversity and Function of Mangrove Ecosystems. (Jan., 1998), pp. 83-94.

FARIAS, Séfora Gil Gomes de. **Estresse Osmótico na Germinação, crescimento e nutrição/mineral da Gliricidia (Gliricidia sepium Jack. Walp)**. 2008. 61 f. Tese (Doutorado) - Curso de Zootecnia, Universidade Federal de Campina Grande, Patos, 2008. Disponível em: <http://www.cstr.ufcg.edu.br/zootecnia/dissertacoes/sefora_dissert.pdf>. Acesso em: 07 set. 2018

FERNANDES, Rogério Taygra Vasconcelos. **Relatório Monitoramento Ambiental Porto Sal**. Mossoró – RN, 2013. 35 p.

FERREIRA, S. F. M.; MIRANDA, A. C.; GOMES, H. P. Um estudo de uma comunidade de trabalhadores em salinas: o impacto ambiental e uma proposta em educação ambiental. **Revista Científica ANAP Brasil**, v. 8, n. 10, p. 65-81, 2015.

FRAGOSO JÚNIOR, Carlos Ruberto. **Sistemas Estuarinos Costeiros: Processos de Transporte em Estuários**. Disponível em: <<http://www.ctec.ufal.br/professor/crfj/SEC.htm>>. Acesso em: 26 ago. 2018.

GIL, Antonio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

_____. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GRIGIO, A.M., AMARO, V.E., VITAL, H., DIODATO, M.A. (2005) – **A method for coastline evolution analysis using gis and remote sensing** - A case study from the Guamare city, Northeast Brazil. Journal of Coastal Research (ISSN 0749-0208), SI 42: 412-421, West Palm Beach, FL, USA.

GT-SAL. Grupo Técnico de Trabalho para Regularização dos Empreendimentos Salineiros. **Relatório ambiental dos empreendimentos estado do Rio Grande do Norte**. Mossoró: GTSAL, 2017. 176 p. Disponível em: <<http://www.idema.rn.gov.br/Conteudo.asp?TRAN=ITEM&TARG=144940&ACT=&PAGE=0&PARM=&LBL=Documentos+T%E9cnicos>>. Acesso em: 20 nov. 2017.

JUSTO, Jader Felipe Araújo; SANTOS, Wanderson Lucas Alves dos; SOUZA, Francisco das Chagas Silva. **A bacia do Rio Apodi/Mossoró (RN) como objeto de pesquisa em programas de pós-graduação**. 2016. Disponível em: <periodicos.ifpb.edu.br/index.php/principia/article/download/448/567>. Acesso em: 26 jun. 2018.

KAUPP, Gerd. 2000. "Solvent-Less Organic Synthesis." Em Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology. John Wiley & Sons, Inc

Kurlansky, Mark. **Sal** - Uma Historia do Mundo. São Paulo: Senac Sp, 2004. 461 p.

LIINGILIE, A. S. et al. Effects of salt making on growth and stocking of mangrove forests of south western Indian Ocean coast in Tanzania. **Mediterranean Journal of Biosciences**, v.1, n.1, p. 27-31, 2015.

LUCIANO TEIXEIRA (Brasil). Casa do Concurseiro. **Hidrografia**. Disponível em: <o.estudaquepassa.com.br/aula/10503/8181-hidrografia-luciano-teixeira.pdf>. Acesso em: 22 jul. 2018.

MACEDO, Mariana de Souza *et al.* **Deficiência de iodo e fatores associados em lactentes e pré-escolares de um município do semiárido de Minas Gerais, Brasil**. 2008. Disponível

em: <https://scielosp.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2012000200013&lang=pt>. Acesso em: 25 jul. 2018.

MACÊDO, S. J. **Fisioecologia de alguns estuário do Canal de Santa Cruz** (Itamaracá-PE). 1974. 121 f. Dissertação (Mestrado em Fisioecologia) – Departamento de Fisiologia Geral do Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

MEDEIROS, Anderson. **Introdução aos Mapas de Kernel**. Disponível em: <<http://www.andersonmedeiros.com/mapas-de-kernel-parte-1/>>. Acesso em: 07 set. 2018.

MENDES, Alexandra *et al.* **Relatório do Projeto FEUP: Produção de Sal**. Porto, Portugal: Feup, 2012. 28 p. Disponível em: <<https://alvarovelho.net/attachments/article/47/producaosal.PDF>>. Acesso em: 12 jul. 2018.

MOSSORÓ Hoje: **Salinização provoca mortandade de peixes em Passagem de Pedras e afeta centenas de pessoas**. 2018. Disponível em: <<http://mossorohoje.com.br/noticias/23580/salinizacao-provoca-mortandade-de-peixes-em-passagem-de-pedras-e-afeta-centenas-de-pessoas.htm>>. Acesso em: 10 set. 2018.

MOURA-FÉ, Marcelo Martins *et al.* A Proteção do Ecossistema Manguezal pela Legislação Ambiental Brasileira. **Revista Geographia**, Brasil, v. 33, n. 17, p.01-29, 26 abr. 2015. Quadrimestral. Disponível em: <<http://www.geographia.uff.br/index.php/geographia/article/view/549/528>>. Acesso em: 01 ago. 2018.

MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant Cell Environ.*, 25:239-250, 2002.

NORSAL. 2012. – **Colheita e lavagem**. Disponível em: http://www.norsal.com.br/como_produz/colheita.html. Acesso em: 26 de Setembro de 2012.

PERKINS, E. J. **The biology of estuaries and coastal waters**. London: Academic Press, 1974. 678 p.

PIVELI, Roque Passos. **Curso: “Qualidade das águas e poluição: aspectos físico-químicos”**: AULA 5 - Características físicas das águas: cor, turbidez, sólidos, temperatura, sabor e odor. Disponível em: <<http://www.leb.esalq.usp.br/disciplinas/Fernando/leb360/Fasciculo%205%20-%20Caracteristicas%20Fisicas%20das%20Aguas.pdf>>. Acesso em: 07 set. 2018.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. D. **Metodologia do trabalho científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. 2ª. ed. Novo Hamburgo: Universidade Freevale, 2013.

RIO GRANDE DO NORTE. Secretaria de Estado dos Recursos Hídricos (SERHID). Projeto PROÁGUA/SEMI-ÁRIDO. Plano de recuperação ambiental do trecho inferior do Rio do Carmo. **Relatório Final: tomo I, II e III**. Natal: Rio Grande do Norte, 2007. Datilografado.

ROCHA, Renato de Medeiros **Fatores determinantes na estratégia de cultivo de *Asteromonas gracilis* Artari (Chlorophyceae, Dunaliellales)**. Tese de doutorado. Rede Nordeste de Biotecnologia. Universidade Tiradentes, Aracajú-SE, 2011, 165 p.

SÁ, Mário Vieira de – **Sal comum**: sal do mar e sal de mina. Lisboa: Livraria Sá da Costa, 1946.

SALCISNE. 2010. – **Evaporação sob Vácuo Múltiplo-Efeito**. Disponível em: <http://www.salcisne.com.br/evaporacao-multiploefeito.php>. Acesso em: 28 de Setembro de 2012.

SIESAL. Sindicato da Indústria da Extração do Sal no Estado do Rio Grande do Norte. **Atas das assembleias ordinárias**. Mossoró, Rio Grande do Norte, 2016

SILVA, André Luis Silva da. **Cloreto de Sódio**. 2004. Disponível em: <https://www.infoescola.com/compostos-quimicos/cloreto-de-sodio/>. Acesso em: 01 ago. 2018.

SILVA, Clara Livia Câmara e *et al.* Potential of magnesium oxide production from saline effluent from marine salt production in the municipality of Grossos / RN. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [s.l.], v. 10, n. 3, p.1-72, 2017. GN1 Genesis Network. <http://dx.doi.org/10.5935/1984-2295.20170059>.

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. 72 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Naturais, Programa de Pós-graduação em Ciências Naturais, Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Mossoró, 2016.

Souto, E. F.; Fernandes, C. H. C. **A importância da indústria salina do Rio Grande do Norte para a economia brasileira**. Mossoró: Coleção Mossoroense, 2005.

TARASAUTCHI, D. **SAL**: Definições, processamento e classificação. USP, 2008. Disponível em: < http://www.nutrociencia.com.br/upload_files/arquivos/Artigo%20-%20sal.pdf>. Acesso em: 02/07/2018.

TECNOAMBIENTE BR. **Relatório de Controle Ambiental das Salinas do Estuário do Rio Mossoró**. Mossoró: TECNOAMBIENTE BR, v1 e v.2. 2002. 235 p. Datilografado.

TRINDADE, S. L. T.; Albuquerque, G. J. **Subsídios para o Estudo da história do Rio Grande do Norte**. 2 ed. –Natal (RN): Sebo Vermelho, 2005.

TOGNI, Valéria Giglio. **Efeito da salinidade sobre a resposta do sistema antioxidante e expressão de HSP70 em siris (gênero *Callinectes*)**. 2007. 75 f. Tese (Doutorado) - Curso de Biologia Celular e Molecular, Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007. Disponível em: <<https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/11021/tese%20Valeria%20G%20Togni.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 10 set. 2018.

VITAL, Helenice. Ministério de Meio Ambiente. **Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro: Rio Grande do Norte**. Disponível em: <www.mma.gov.br/estruturas/sqa_sigercom/_arquivos/rn_erosao.pdf>. Acesso em: 03 jul. 2018.

VOGEL, A. I. **Química Analítica Qualitativa**. 5 ed. Mestre Jou, 1981.

VON SPERLING, Marcos. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias: Lagoas de Estabilização**. Minas Gerais: Abes, 1996.

WOLCHOK, L. Impacts of Salt Production on Pemba. 2006. **Independent Study Project (ISP) Collection**. Paper 329. Disponível em: <http://digitalcollections.sit.edu/isp_collection/329>. Acesso em: 20 nov. 2017.

ANEXOS

ANEXO I

CÓDIGO	SALINIDADE	TEMPERATURA	pH	OXIGÊNIO	MS
	(%)	(°C)	-	g/l	ml/l
1	285	26,5	7,81	2,10	0,3
2	285	27	7,82	1,98	0,8
3	285	25,5	7,83	2,45	0,2
4	290	27	7,82	2,30	0,5
5	285	26	7,81	3,10	0,1
6	287	25,5	7,83	2,90	0,3
7	285	26	7,79	2,60	0,4
8	285	24	7,86	3,00	0,25
9	285	26	7,8	4,00	0,8
10	290	26	7,85	2,00	0,12
11	290	24,5	7,82	4,00	0,16
12	280	26	7,83	2,00	0,07
13	290	23,5	7,87	2,00	0,17
14	275	24	7,85	2,00	0,84
15	285	23	7,81	2,00	0,35
16	290	24	7,86	4,00	0,86
17	280	24	7,85	3,00	0,99
18	285	23	7,82	2,00	0,01
19	280	24	7,86	2,00	0,64
20	280	26	7,84	2,00	0,74
21	290	26	7,83	3,00	0,31
22	280	24,5	7,84	4,00	0,6
23	280	26	8,42	3,00	0,27
24	280	23,5	8,45	2,00	0,73
25	280	24	8,49	4,00	0,14
26	280	23	8,44	3,00	0,36
27	280	26	8,46	2,00	0,63
28	280	26	8,4	4,00	0,54
29	280	26	8,44	4,00	0,38
30	280	26	8,49	4,00	0,23
31	280	23	8,47	3,00	0,98
32	280	24	8,45	3,00	0,26
33	280	26	8,47	2,00	0,28
34	280	26	8,45	4,00	0,09
35	275	24,5	8,38	3,00	0,78
36	275	26	8,38	4,00	0,94
37	275	23,5	8,37	4,00	0,68
38	285	24	8,43	2,00	0,67
39	290	23	8,48	2,00	0,28

40	280	24	8,42	2,00	0,13
41	280	24	8,42	2,00	0,13
42	280	23	8,44	3,00	0,03
43	280	23,5	8,45	2,00	0,72
44	280	24	8,44	3,00	0,78
45	280	25	8,42	4,00	0,56
46	280	24	8,4	3,00	0,07
47	285	23	8,33	3,00	0,8
48	275	24	8,35	2,00	0,63
49	280	24	8,32	2,00	0,35
50	285	23	8,34	4,00	0,31