



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE ANGICOS
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

LEONARDO DE FRANÇA ALMEIDA

**VIABILIDADE DO USO DE AERONAVES REMOTAMENTE PILOTADAS (ARPS)
NA MEDIÇÃO DE ESTOQUES DE SAL MARINHO EM PILHAS**

Angicos
2023

LEONARDO DE FRANÇA ALMEIDA

**VIABILIDADE DO USO DE AERONAVES REMOTAMENTE PILOTADAS (ARPS)
NA MEDIÇÃO DE ESTOQUES DE SAL MARINHO EM PILHAS**

Trabalho Final de Graduação apresentado
à Universidade Federal Rural do Semi-
Árido como requisito para obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador (a): Prof. Dr. Rogerio Taygra
Vasconcelos Fernandes

Angicos
2023

© 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.

A447v Almeida, Leonardo de França.
VIABILIDADE DO USO DE AERONAVES REMOTAMENTE
PILOTADAS (ARPS) NA MEDIÇÃO DE ESTOQUES DE SAL
MARINHO EM PILHAS / Leonardo de França Almeida. -
2023.
44 f. : il.

Orientador: ROGERIO TAYGRA VASCONCELOS
FERNANDES.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil,
2023.

1. Salinicultura. 2. Medição de volume. 3.
Eficiência operacional. I. FERNANDES, ROGERIO
TAYGRA VASCONCELOS, orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Biblioteca Campus Angicos
Bibliotecário: Helder Romero Maia Duarte
CRB: 15/673

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.

LEONARDO DE FRANÇA ALMEIDA

**VIABILIDADE DO USO DE AERONAVES REMOTAMENTE PILOTADAS (ARPS)
NA MEDIÇÃO DE ESTOQUES DE SAL MARINHO EM PILHAS**

Trabalho Final de Graduação apresentado a
Universidade Federal Rural do Semi-Árido
como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Defendido em: **13/10/2023**

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente



ROGERIO TAYGRA VASCONCELOS FERNANDES

Data: 20/10/2023 08:47:04-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Rogerio Taygra Vasconcelos Fernandes (UFERSA)

Presidente

Documento assinado digitalmente



OSVALDO NOGUEIRA DE SOUSA NETO

Data: 18/10/2023 09:02:47-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Osvaldo Nogueira de Sousa Neto (UFERSA)

Membro Examinador

Documento assinado digitalmente



ARUZA RAYANA MORAIS PINTO

Data: 20/10/2023 08:26:56-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

A

Membro Examinador

SA)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela graça da vida e por ter me sustentado em todos os momentos.

Gostaria de expressar minha eterna gratidão aos meus familiares, em especial à minha mãe, Maria de Fátima de França Almeida (in memoriam), que sempre me incentivou a buscar meus objetivos com perseverança e determinação. Agradeço ao meu pai, Edmilson de Almeida, por todo o apoio emocional e financeiro que ele me deu ao longo dos anos. Também quero agradecer à minha irmã, Vanessa de França Almeida Gurgel, ao meu cunhado, Hellyson David Gurgel Costa, e ao meu sobrinho, Pedro Guilherme de França Gurgel, por sempre me apoiarem e incentivarem nesta jornada acadêmica.

Ao meu orientador, o professor Dr. Rogério Taygra Vasconcelos Fernandes, quero expressar minha profunda gratidão. Sua orientação, conhecimento e apoio foram fundamentais durante todo o processo de elaboração deste trabalho. Além de ser meu orientador, ele se tornou um grande amigo, e isso é inestimável.

Aos meus amigos, João Victor, Emanuel Ricardo, Victor e Thiago. Ao longo desta jornada acadêmica, vocês foram uma fonte constante de apoio, motivação e amizade.

Também quero estender meus agradecimentos à Equilíbrio Gerenciamento Ambiental e à minha supervisora Aruza Rayana pela oportunidade de estágio e pelo valioso aprendizado que obtive ao longo desse período.

Enfim, quero expressar meus sinceros agradecimentos a todos aqueles que me ajudaram durante esta jornada acadêmica, de forma direta ou indireta. Seu apoio e contribuição foram essenciais, e estou profundamente grato a todos vocês. Muito obrigado!

RESUMO

A salinicultura é uma importante atividade econômica para Brasil, especialmente para o estado do Rio Grande do Norte, considerado o maior produtor de sal do país. No entanto, a medição precisa do volume de sal armazenado é crucial para o controle de estoque e a capacidade produtiva, e os métodos tradicionais utilizados até agora são manuais, demorados e imprecisos. Neste contexto, as Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARPs) surgem como uma solução eficiente e econômica. Este estudo avaliou a viabilidade do uso de ARPs para medir o volume de sal armazenado, comparando seus resultados com os métodos tradicionais. Para isso, foi realizado um estudo de caso na salina Serra Vermelha II, localizada na zona rural de Areia Branca, no estado do Rio Grande do Norte. Foram realizadas um total de três coletas distribuídas entre os anos de 2020 e 2023, de acordo com a logística específica da salina em questão. A coleta/aferição de volume aconteceram mediante o uso de ARP e as metodologias tradicionais utilizadas até então naquele empreendimento. Os resultados demonstraram um desempenho satisfatório da ARP, cujo os resultados obtidos por esta se aproximaram bastante dos valores de referência, além de oferecer rapidez e economia na aquisição de informações. Essa abordagem representa um avanço significativo na gestão de estoques em salinas, com potencial para melhorar os processos de tomada de decisão e aumentar a rentabilidade das operações relacionadas ao sal, impulsionando o crescimento sustentável e a competitividade na indústria de salinicultura.

Palavras-chave: Salinicultura. Medição de volume. Eficiência operacional.

ABSTRACT

Salt farming is an important economic activity for Brazil, especially for the state of Rio Grande do Norte, considered the largest salt producer in the country. However, accurately measuring the volume of salt stored is crucial for inventory control and production capacity, and the traditional methods used until now are manual, time-consuming and inaccurate. In this context, Remotely Piloted Aircraft (ARPs) emerge as an efficient and economical solution. This study evaluated the feasibility of using ARPs to measure the volume of stored salt, comparing its results with traditional methods. To this end, a case study was carried out in the Serra Vermelha II salt mine, located in the rural area of Areia Branca, in the state of Rio Grande do Norte. A total of three collections were carried out between 2020 and 2023, according to the specific logistics of the salt mine in question. Volume collection/measurement took place using ARP and the traditional methodologies used until then in that project. The results demonstrated a satisfactory performance of the ARP, whose results were very close to the reference values, in addition to offering speed and economy in the acquisition of information. This approach represents a significant advance in inventory management in salt pans, with the potential to improve decision-making processes and increase the profitability of salt-related operations, driving sustainable growth and competitiveness in the salt industry.

Keywords: Saliniculture. Volume measurement. Operational efficiency.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Produção de Sal em Salina Manual/Artesanal	15
Figura 2 - Produção de sal em salina artificial/mecanizada	16
Figura 3 - Principais Municípios Produtores de Sal Marinho do Rio Grande do Norte: 1. Areia Branca; 2. Galinhos; 3. Grossos; 4. Guamaré; 5. Macau; 6. Mossoró, 7.Porto Do Mangue	17
Figura 4 - Vista de uma Salina Mecanizada localizada no estado do Rio Grande do Norte	18
Figura 5 - Fluxograma do processo produtivo na salina	19
Figura 6 - Mapeamento com ARP na agricultura.....	22
Figura 7 - Drone na Mineração.....	23
Figura 8 - Localização da salina onde foi realizado o estudo.....	24
Figura 9 - Modelo de ARP Utilizada no levantamento de informações. Dji Mavic Air 2 Fly More Combo.....	26
Figura 10 - Exemplo de Ortoimagem	28
Figura 11 - Exemplo de modelo digital de elevação (DEM).....	29
Figura 12 - Exemplo de modelo de Malha tridimensional em nuvem de pontos densa.....	29
Figura 13 - Etapas que foram seguidas no Agisoft photoscan para a confecção dos produtos	30
Figura 14 - Carregamento de caminhão para saída/pesagem	32
Figura 15 - Exemplo de balança rodoviária utilizada para fazer a pesagem dos caminhões ...	33
Figura 16 - Cristalizador durante a etapa de colheita do sal.....	33
Figura 17 - Área de estocagem da salina serra vermelha II.....	34
Figura 18 - Volumetria apurada por métodos tradicionais empregados na salina serra vermelha II.....	36
Figura 19 - Comparação dos resultados obtidos mediante os 3 métodos de apuração empregados	37
Figura 20 - Imprecisão do operador de máquina durante a coleta do sal no pátio	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Período de coleta de informações.....	25
Tabela 2 - Característica do computador utilizado no processamento das informações	26
Tabela 3 - Informações utilizadas no plano de voo dos 3 levantamentos realizados	27
Tabela 4 - Volumes obtidos com a ARP	35
Tabela 5 - Comparação de volumes obtidos com os valores de referência	38
Tabela 6 - Comparativo de vantagens e desvantagens de cada método empregado	40

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ARP	Aeronave Remotamente Pilotada
ARPs	Aeronaves Remotamente Pilotadas
DEM	Modelo Digital de Elevação
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
PIB	Produto Interno Bruto

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	14
2.1 Objetivo geral	14
2.2 Objetivos específicos	14
3 REFERENCIAL TEÓRICO	15
3.1 Atividade salineira no brasil.....	15
3.2 Técnicas de produção de sal	17
3.3 Controle de sal estocado na indústria salineira	20
3.4 Introdução às aeronaves remotamente pilotadas (ARPs).....	20
3.4.1 História e evolução das ARPs	20
3.4.2 Aplicações e avanços tecnológicos em ARPs	21
3.4.2.1 Aplicação de ARPs na agricultura.....	21
3.4.2.2 Aplicação de ARPs na mineração	22
4 METODOLOGIA.....	24
4.1 Área de estudo.....	24
4.2 Metodologia de avaliação	24
4.3 Sensoriamento e volumetria	25
4.3.1 Equipamentos utilizados.....	25
4.3.2 Levantamento de dados	27
4.3.3 Processamento de dados	28
4.4 Comparação com métodos tradicionais e de referência.....	31
5 RESULTADOS	34
5.1 Volumes obtidos pela ARP mediante aos levantamentos realizados e processados.....	34
5.2 Levantamento utilizando metodologias tradicionais.....	35
5.3 Comparação dos resultados obtidos entre as metodologias empregadas	36
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	41
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42

1 INTRODUÇÃO

O sal comum (Cloreto de sódio – NaCl) é uma substância de extrema importância e de grande utilidade para a humanidade desde as civilizações antigas (PAIVA; PENNA, 2002). Um dos métodos mais tradicionais para obtenção do sal é por meio da evaporação da água do mar nas chamadas “salinas”. Este processo se dava (e ainda se dá) de maneira natural em zonas costeiras de regiões áridas e semiáridas do mundo, e deu origem às primeiras salinas naturais (COSTA et al., 2014). Com o passar dos séculos, essas técnicas evoluíram e as salinas naturais, passaram a ser modificadas e adaptadas pelo homem, originando as salinas artificiais, constituídas por um conjunto de tanques escavados em terra, conectados entre si, por onde a água captada é gradualmente evaporada enquanto circula por ação da gravidade ou por meio do uso de motobombas (MEDEIROS; MEDEIROS ROCHA; DA SILVA COSTA., 2015).

No Brasil, a quase totalidade da produção de sal ocorre no litoral norte do Rio Grande do Norte. Nessa região, a salinicultura se configura como uma parte significativa da economia do estado, com produção anual de cinco a seis milhões de toneladas de sal, respondendo por mais de 95% da produção de sal nacional, gerando mais de 70 mil empregos diretos e indiretos (SIESAL, 2016).

Hoje em dia, a produção de sal marinho segue um processo contínuo, com o produto sendo constantemente armazenado em pátios, sujeitos a movimentações diárias de entrada e saída de matéria prima, o que acaba por dificultar o controle de estoque. Nesse campo de operações e atividades, a medição precisa do volume de sal armazenado desempenha um papel crucial na determinação da capacidade produtiva e no controle de estoque. No entanto, muitas empresas ainda adotam abordagens tradicionais na hora de medir o volume de sal armazenado. Isso envolve o uso de métodos manuais e inspeções visuais, que são propensos a erros humanos e imprecisões, além de demora na obtenção dos resultados. Instrumentos como réguas e fitas métricas, são utilizados para coletar informações, como comprimento, largura e altura das pilhas - ou até mesmo medir as áreas de cristalização - a fim de calcular aproximadamente o volume de sal estocado e assim se ter uma estimativa (JÚNIOR, 2011).

Nos últimos tempos, a utilização de tecnologias aéreas para monitorar e coletar dados em diversos setores tem se tornado uma prática cada vez mais comum. Nesse contexto, destaca-se o potencial das Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARPs) como ferramentas versáteis e eficientes para a realização de diversas tarefas, desde inspeções industriais até mapeamento de terrenos (NEVES, 2022). A utilização destas destacam-se por sua capacidade de cobrir áreas

extensas durante o levantamento, oferecendo uma relação custo-benefício satisfatória, uma vez que estas permitem que uma equipe reduzida mapeie grandes áreas em um tempo reduzido (ESTEVEES, 2020).

O setor de mineração tem sido um dos segmentos que tem se destacado pelo uso de ARPs. As atividades que demandam monitoramento preciso e contínuo estão se beneficiando consideravelmente com a adoção dessa tecnologia. Dentre as diversas aplicações na indústria de mineração, incluem-se a medição de volumes de pilhas e estoques, o planejamento de acessos viários, a atualização das áreas de mineração em operação, entre outras. Essa realização de levantamentos para cálculo de volume é de extrema importância tanto para as empresas mineradoras, que necessitam desses dados para otimizar o planejamento operacional, quanto para os especialistas e peritos envolvidos nesse setor (TRINDADE et al., 2015; SILVA, 2019).

Diante disso, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a viabilidade do uso de Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARPs) para a medição de estoques de sal marinho em pilhas, comparado os resultados deste com outras metodologias tradicionais e de referência.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar a viabilidade do uso de Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARPs) para a medição de estoques de sal marinho em pilhas.

2.2 Objetivos específicos

- Realizar a estimativa do volume de sal estocado;
- Determinar a massa de sal estocado nas pilhas a partir da estimativa do seu volume e densidade;
- Comparar os resultados gerados com os produzidos pelos métodos tradicionais empregados pelos salineiros e as medições de referência.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Atividade salineira no brasil

No Brasil, a história da atividade de produção de sal remonta ao período colonial, que coincidiu com a chegada dos colonizadores portugueses ao território brasileiro. Naquela época, as tribos indígenas locais já tinham pleno conhecimento das salinas naturais e faziam uso do mineral de diversas maneiras, incluindo a preservação de peles de animais e até mesmo como uma espécie primitiva de moeda de troca. Quando os colonizadores portugueses descobriram a existência dessas ricas reservas minerais, enxergaram uma oportunidade econômica significativa. Esse fator motivou a expansão das atividades de exploração para as regiões litorâneas, onde encontraram essa valiosa fonte de sal. Esse acontecimento marcou o início da exploração comercial das salinas no país e estabeleceu uma indústria que continua prosperando até os dias de hoje (COSTA et al., 2013).

Com o decorrer do tempo e o avanço da indústria, particularmente a indústria química, que atualmente é a maior consumidora de sal, houve uma intensificação na exploração desse recurso. As técnicas de produção tradicionais e manuais (Figura 1) não conseguiram mais atender à crescente demanda, levando o setor a adotar métodos de produção mais avançados, como a criação de salinas artificiais, que envolvem a construção de tanques, canais e a utilização de ferramentas mecanizadas, entre outros recursos (Figura 2). Essas inovações possibilitaram a expansão e criação de novas áreas dedicadas à produção de sal por meio do processo de evaporação solar da água do mar (DINIZ; VASCONCELOS; MARTINS, 2015).

Figura 1 - Produção de Sal em Salina Manual/Artesanal



Fonte: Fernandes (2022).

Figura 2 - Produção de sal em salina artificial/mecanizada



Fonte: Fernandes (2022).

O estado do Rio Grande do Norte foi uma das primeiras áreas a serem exploradas para estabelecer a atividade salineira. Isso ocorreu devido às suas favoráveis condições climáticas e geográficas que promovem a formação natural do mineral e facilitam o transporte da produção para a Europa. A localização estratégica do estado, que propicia o acesso ao transporte marítimo, desempenhou um papel fundamental nesse contexto (COSTA et al., 2013). Atualmente o estado é líder na atividade salineira, cuja sua produção equivale a mais de 95% da produção de sal nacional e constitui uma das principais fontes de renda para as famílias locais, gerando mais de 70 mil empregos diretos e indiretos (SIESAL, 2016). Segundo Costa et al. (2015) dentre os principais municípios produtores de sal marinho no Rio Grande do Norte, destacam-se os evidenciados na Figura a seguir (Figura 3):

Figura 3 - Principais Municípios Produtores de Sal Marinho do Rio Grande do Norte: 1. Areia Branca; 2. Galinhos; 3. Grossos; 4. Guamaré; 5. Macau; 6. Mossoró; 7. Porto Do Mangue



Fonte: Autoria própria (2023).

3.2 Técnicas de produção de sal

Uma salina mecanizada (Figura 4) é composta por tanques de grande porte escavados no solo, os quais estão interligados para permitir que a água captada circule e evapore ao longo do processo. Durante esse percurso, para separar os sais da água salgada, é necessário submeter essa água salobra a uma série de etapas e procedimentos, a fim de eliminar impurezas e criar as condições ideais para a produção do produto final desejado, que é o Cloreto de Sódio (NaCl), ou simplesmente, sal de cozinha (ALBUQUERQUE JÚNIOR, 2018).

Figura 4 - Vista de uma Salina Mecanizada localizada no estado do Rio Grande do Norte

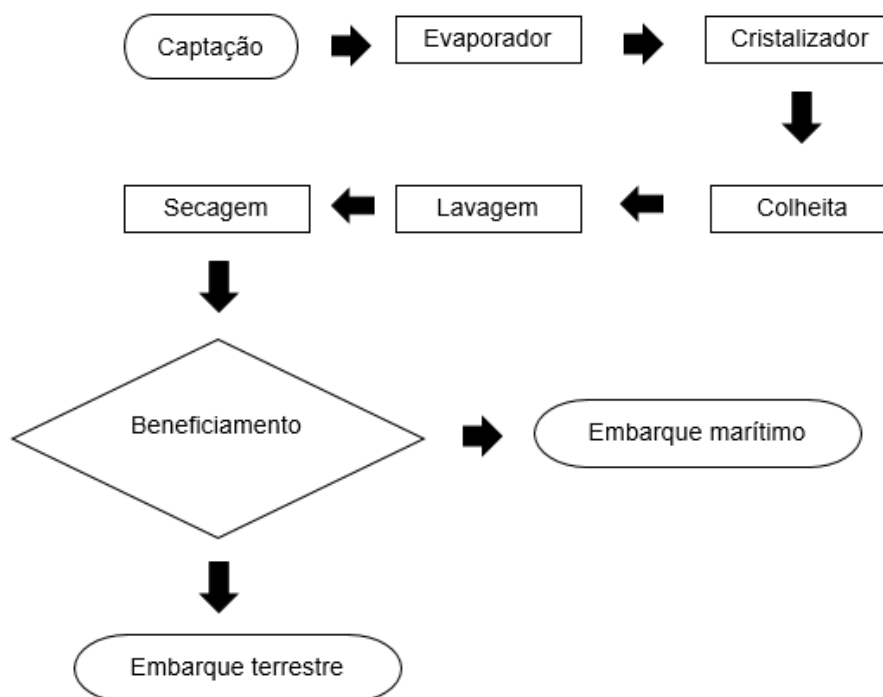


Fonte: Fernandes (2020).

O modelo de produção atual, embora tenha experimentado algumas mudanças ao longo das últimas décadas, ainda é considerado tecnologicamente atrasado, com técnicas produtivas que permanecem praticamente inalteradas ao longo dos últimos 50 anos, conforme observado por Lima (2019). No contexto atual, todo o processo de produção está sob a supervisão dos feitores do sal, indivíduos com décadas de experiência, em sua maioria, cujo conhecimento foi transmitido de geração em geração. Essas pessoas detêm a responsabilidade total pelas decisões relacionadas à fabricação do sal e desempenham um papel crucial no sucesso da produção (RUTE DA SILVA, 2015).

Conforme destacado por Souza et al. (2013), a produção de sal marinho pode ser resumido nas etapas descritas no fluxograma a seguir (Figura 5):

Figura 5 - Fluxograma do processo produtivo na salina



Fonte: Autoria própria (2023).

1. Captação da água do mar: Nesta etapa, a água do mar é coletada por meio de moto-bombas, para abastecer os evaporadores.

2. Deslocamento entre evaporadores: Após a captação, a água percorre um caminho entre os evaporadores para aumentar sua concentração de sal. Esse parâmetro é monitorado diariamente para determinar o momento em que a água atinge a condição ideal, que é quando atinge aproximadamente 26 graus Baumé de salinidade, antes de prosseguir para a próxima etapa.

3. Cristalização: Uma vez que a água atinge a concentração de sal desejada (26 graus Baumé), ela passa por um processo de decantação, formando uma camada de sal com cerca de 3 cm por mês.

4. Colheita: Após vários meses no processo de decantação, a água restante no cristalizador é removida, deixando apenas o sal no tanque. Em seguida, inicia-se o processo de colheita, com o uso de máquinas escavadeiras e transporte em caçambas.

5. Lavagem: Após a retirada do sal do cristalizador e seu transporte em caçambas, o sal é levado para uma área de lavagem, onde são removidas impurezas.

6. Empilhamento: Após a lavagem, o sal é transportado por esteiras mecânicas para ser empilhado ao ar livre e secar.

7. Beneficiamento: Nesta etapa, o sal, após estar completamente seco, é moído, embalado e acondicionado para fins de armazenamento e comercialização.

3.3 Controle de sal estocado na indústria salineira

No passado, a prática comum de avaliar a quantidade de sal estocado acontecia somente durante os balanços anuais, que eram planejados para coincidir com a época de entressafra, quando os locais de armazenamento tinham uma quantidade mínima de material. Para quantidades menores, a medição envolvia a pesagem direta de todo o material armazenado, que era retirado, pesado em balanças rodoviárias e depois devolvido ao local de armazenamento. Com o passar dos anos, surgiram novas técnicas de medição. Além dos métodos de estimativa mencionados, também foram empregadas técnicas de medição utilizando ferramentas de topografia convencionais, como a estação total, por exemplo. Esse método gerava desenhos com a representação do terrenos em curvas de nível que possibilitavam o cálculo dos volumes das pilhas e a obtenção de uma estimativa do estoque em peso, de acordo com a densidade. No entanto, para executar essa tarefa, o processo de coleta de dados era notadamente demorado, podendo levar dias ou até mesmo semanas (MEDEIROS JUNIOR, 2011).

3.4 Introdução às aeronaves remotamente pilotadas (ARPs)

3.4.1 História e evolução das ARPs

Popularmente conhecida como Drone, as Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARPs) têm uma história e uma trajetória de desenvolvimento intrigantes que abrangem várias décadas. No início do século XX, durante a Primeira Guerra Mundial, as primeiras tentativas de desenvolver ARP surgiram. Essas aeronaves eram rudimentares e controladas manualmente a partir do solo, usadas principalmente para reconhecimento e observação inimiga (AERO, 2023). No entanto, no século seguinte, houve avanços na automação e na tecnologia de controle de voo. Isso permitiu o desenvolvimento de drones autônomos capazes de executar missões complexas sem intervenção humana constante, expandindo suas aplicações para áreas como vigilância, transporte de objetos, entretenimento etc (PESSI et al., 2020).

Atualmente esse tipo de equipamento pode operar de duas maneiras, sendo através de um plano de voo pré-determinado ou até mesmo manualmente pelo operador. Ambas as formas têm aplicações específicas e são escolhidas de acordo com a necessidade da missão. No caso de operação com plano de voo definido, parâmetros como altitude, coordenadas, velocidade, entre outros, são especificados previamente e seguidos pela ARP durante o voo. Esse tipo de aplicação é útil para atividades como mapeamento, inspeções e monitoramento de áreas. Por outro lado, na aplicação sem plano de voo, o operador tem total controle das ações da ARP, sendo responsável por realizar manobras, mudanças de direção, ajustes de altura, etc. Essa forma de operação oferece maior flexibilidade e adaptabilidade ao operador, sendo comumente aplicada em filmagens aéreas, fotografias, entretenimento e outras atividades (PRUDKIN, 2019).

3.4.2 Aplicações e avanços tecnológicos em ARPs

Nos dias de hoje o uso de ARPs tem ganhado cada vez mais popularidade e versatilidade em diversas áreas. Suas vantagens incluem a eficiência, segurança e baixo custo na coleta de dados. As principais aplicações das ARPs abrangem o mapeamento e topografia de terrenos, áreas urbanas e rurais, bem como inspeções agrícolas para monitorar a saúde das plantas e otimizar recursos. Além disso, essas aeronaves são eficazes no monitoramento ambiental, inspeções industriais de estruturas e linhas de transmissão, bem como na captura de imagens e vídeos aéreos para fotografia e cinematografia e entre outras aplicações (ORTOPIXEL, 2022).

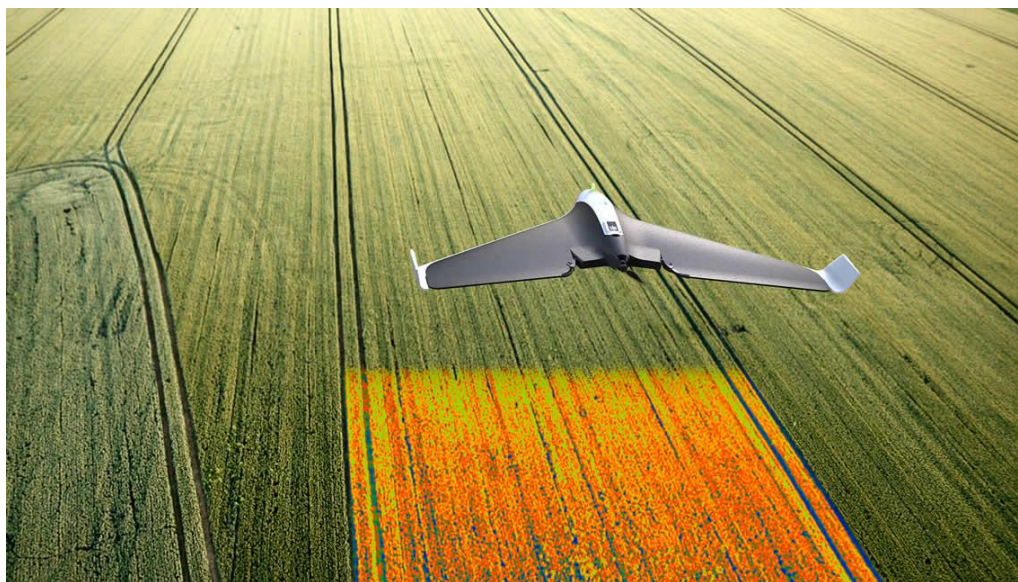
3.4.2.1 Aplicação de ARPs na agricultura

Nos últimos tempos, têm-se observado uma modernização e aprimoramento significativos dos métodos tradicionais empregados na agricultura, graças aos avanços tecnológicos. Atualmente, por meio de Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARPs), tornou-se possível realizar a coleta de dados a partir de voos aéreos de maneira rápida e precisa. Agricultores e especialistas rurais agora têm acesso a uma perspectiva singular que lhes proporciona um nível de conhecimento situacional inigualável. Utilizando as ferramenta

adequadas, eles podem obter uma visão abrangente de suas áreas de cultivo, florestas e criações, coletando dados de maneira muito mais eficiente do que os métodos convencionais permitiam. Essa coleta e análise de dados desempenham um papel fundamental na tomada de decisões e no aumento da produtividade. Isso se deve ao fato de que esses processos se tornaram incrivelmente precisos e eficazes, graças aos avanços em software, sensores e aeronaves não tripuladas (DELTAQUAD, 2023).

Com a utilização desta, qualquer região pode ser meticulosamente mapeada para monitorar pragas, infestações, avaliar a saúde da vegetação, gerenciar sistemas de irrigação e prevenir a erosão do solo etc (Figura 6). Os mapas gerados por ARP são uma ferramenta valiosa para acompanhar a saúde das plantas e animais, permitindo identificar mudanças ou ameaças antes que elas se tornem incontrolláveis (DELHEIMER, 2023).

Figura 6 - Mapeamento com ARP na agricultura



Fonte: Drone-agraopecuaria-site (2023)¹

3.4.2.2 Aplicação de ARPs na mineração

Um dos setores que vem se destacando com o uso de ARPs, é a indústria de mineração (Figura 7). Essa tecnologia tem sido especialmente benéfica em atividades que requerem monitoramento preciso e contínuo. Na mineração, as ARPs têm uma ampla gama de aplicações, incluindo a medição de volumes de pilhas e estoques, o planejamento de acessos viários e a atualização de áreas de mineração em operação, entre outras. A realização desses levantamentos para cálculo de volume é de extrema importância tanto para as empresas do setor, que precisa

¹ DRONEFILMAGEMAAREA,2023. Disponível em: < <https://www.dronefilmagemaarea.com/agricultura-e-pecuaria/>>.

desses dados para otimizar o planejamento operacional, quanto para especialistas e peritos envolvidos nesta indústria (TRINDADE et al., 2015; SILVA, 2019).

Figura 7 - ARP na Mineração



Fonte: Drones na mineração (2021).

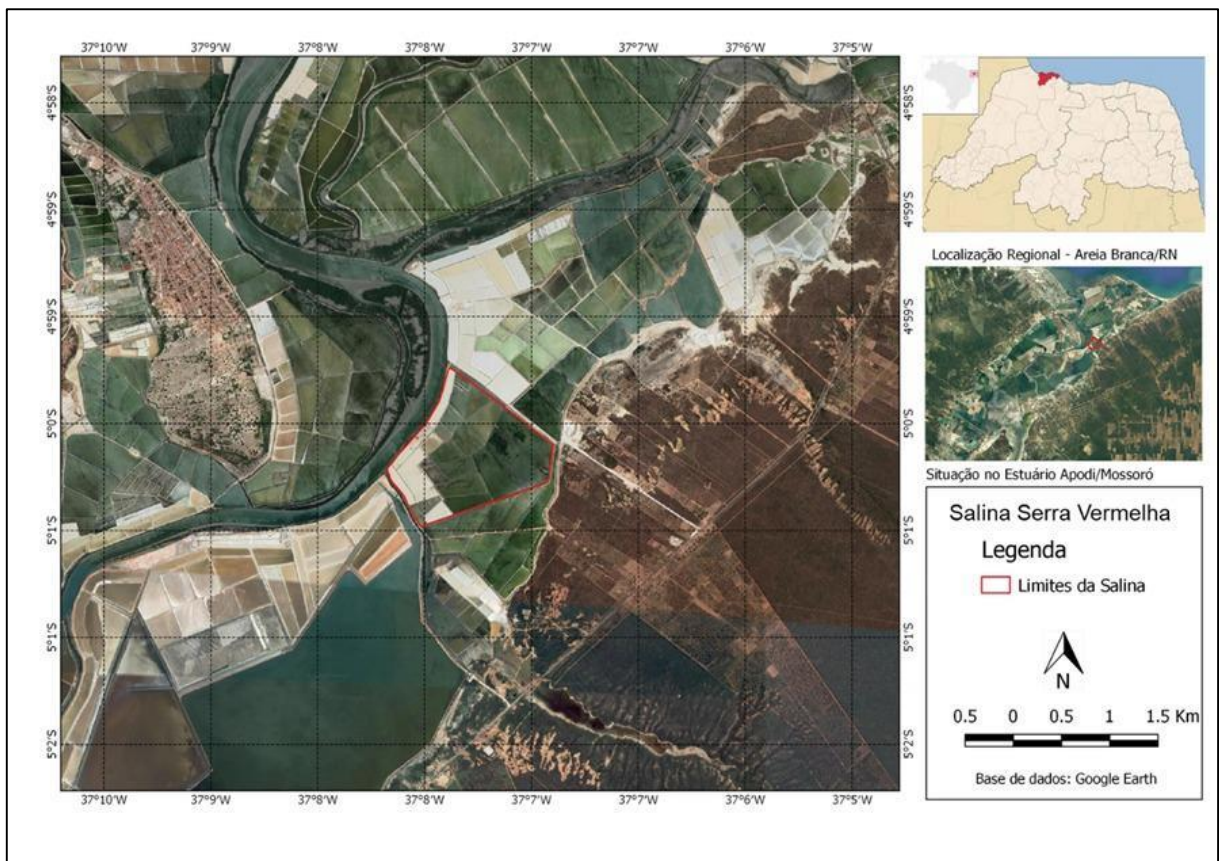
¹Drones na mineração: uma tendência revolucionária, 2021. Disponível em:
<<https://revistaconstrua.com.br/noticias/engenharia/drones-na-mineracao-uma-tendencia-revolucionaria/>>.

4 METODOLOGIA

4.1 Área de estudo

Para a realização deste trabalho foi feito um estudo de caso na Salina Serra Vermelha II, localizada no município de Areia Branca - RN. O empreendimento está inserido em um imóvel de 164,86 ha, integralmente destinado à produção de sal marinho (Figura 8). Esse encontra-se a cerca de 09 km distante da foz do Rio Mossoró (Lat: 5° 0'1.98"S; Long: 37° 7'46.79"O).

Figura 8 - Localização da salina onde foi realizado o estudo



Fonte: Autoria própria (2023).

4.2 Metodologia de avaliação

Optou-se pela utilização do Método Indireto para Estimar a Quantidade de Sal, empregando informações de sensoriamento remoto adquiridas por meio de uma Aeronave Remotamente Pilotada (ARP).

A coleta das informações se deu ao longo do período de 2020 a 2023, sendo efetuada um total de 3 coletas, distribuídas ao longo dos anos em referência (tabela 1). A determinação da quantidade de coletas foi estrategicamente alinhada com a logística específica da salina em questão, cada ação foi cuidadosamente planejada, levando em consideração as decisões dos gestores, e a fim de possibilitar um acompanhamento em paralelo do estudo com outros métodos tradicionais utilizados.

Tabela 1 - Período de coleta de informações

ANO	DATA DA COLETA
2020	22/02
2021	15/10
2023	07/02

Fonte: Autoria própria (2023).

4.3 Sensoriamento e volumetria

4.3.1 Equipamentos utilizados

Para a realização do levantamento das informações foi utilizado uma ARP quadricoptero modelo DJI-MAVIC AIR 2, que consiste em um drone de alta performance equipado com uma câmera CMOS de 48 megapixels, capaz de gravar vídeo em 4K Ultra HD a até 60fps. Ele oferece uma autonomia de voo de cerca de 25 minutos, possui sensores de obstáculos para evitar colisões e é equipado com recursos avançados, como modos de captura de fotos em alta resolução, rastreamento de objetos aprimorado e transmissão de vídeo em tempo real de até 10 km de alcance (Figura 9).

Figura 9 - Modelo de ARP Utilizada no levantamento de informações. *Dji Mavic Air 2 Fly More Combo*



Fonte: Lapa, L. (2023)¹

Após a coleta das informações em campo, o processamento destas foi realizado em um computador com as seguintes características apresentadas na tabela 2.

Tabela 2 - Característica do computador utilizado no processamento das informações

Item	Característica
Processador	Intel Core i5-8250u de 8ª Geração (1.6GHz até 3.4GHz) 6MB Cache
Placa de Vídeo	NVIDIA GeForce MX110 de 2GB DDR5
Memória RAM	8 GB DDR4

Fonte: autoria própria (2023).

¹Lapa, L. 2023. Disponível em: <<https://www.lucaslapa.com.br/produtos/drone-dji-mavic-air-2-fly-more-combo/>>.

4.3.2 Levantamento de dados

4.3.2.1 Delimitação de área/determinação de altura de voo

A demarcação da área a ser percorrida pela ARP foi efetuada por meio do software Drone Harmony, uma ferramenta que opera em sincronia com a aeronave, tornando possível a automação do processo de aquisição de imagens aéreas (DRONE HARMONY AG, 2023).

Para tal operação, utilizou-se as configurações padrões do aplicativo que já vem pré estabelecidas, sendo apenas fornecidas as informações como área a ser levantada e altura do voo da aeronave. A altura adotada no levantamento levou em consideração a existência de obstáculos nas proximidades e também o tamanho do pixel, que varia proporcionalmente conforme a altura aumenta ou diminui.

Os dados contidos na Tabela 3 indicam os parâmetros utilizados para cada plano de voo elaborado.

Tabela 3 - Informações utilizadas no plano de voo dos 3 levantamentos realizados

Parâmetros	Dados do Lev 22/02/2020	Dados do Lev 15/10/2021	Dados do Lev 07/02/2023
Altura do voo	60 m	60 m	60 m
Tempo do voo	12 min	09 min 30s	14 min
Número de imagens	180	125	190
Área mapeada	3,27 ha	2,00 ha	3,4 ha
Resolução espacial	2,00 cm/pixel	2,00 cm/pixel	2,00 cm/pixel

Fonte: Autoria própria (2023).

4.3.2.2 Execução de voo e obtenção das imagens

Essa representou a fase final do levantamento aéreo: obtenção de imagens e subsequente processamento para extrair informações de interesse. Para iniciar, foi realizada a montagem da Aeronave Remotamente Pilotada (ARP), verificação e sua calibração para, posteriormente, dar início ao levantamento. Todo o voo foi conduzido de maneira automatizada,

ou seja, usando o sistema de piloto automático que segue as instruções pré-definidas, como: trajetória, altitude, sobreposição, velocidade etc.

4.3.3 Processamento de dados

4.3.3.1. Geração do modelo 3D, Modelo Digital de Elevação e Ortomosaico

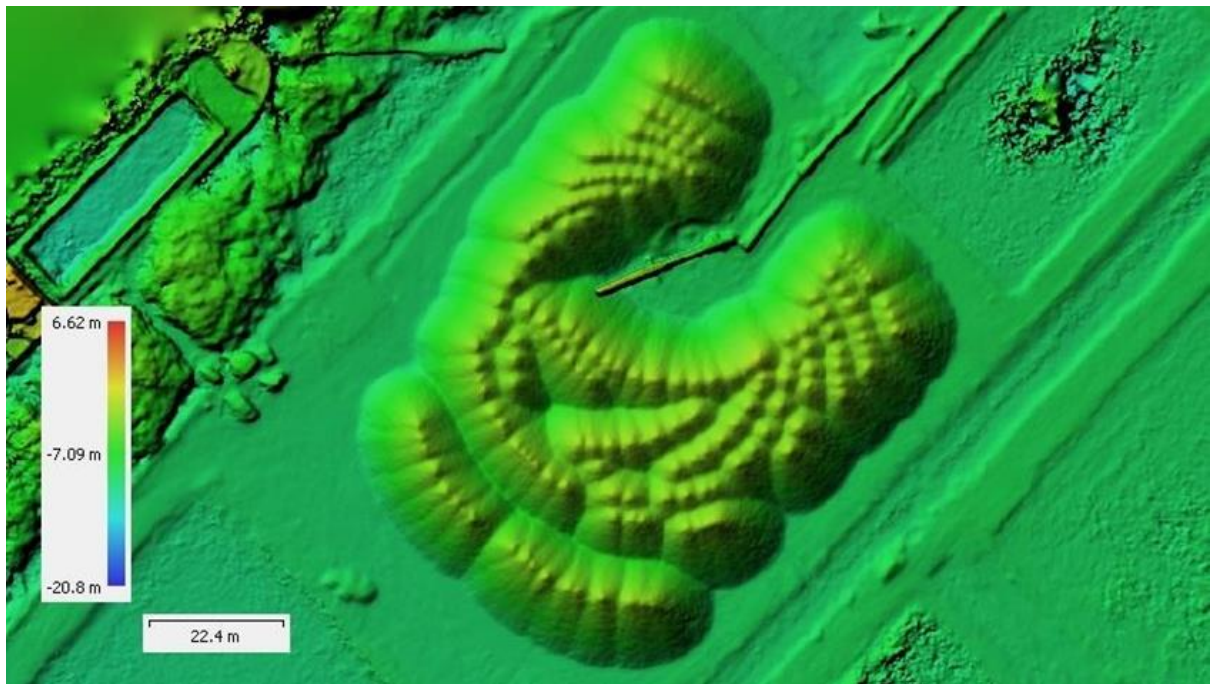
Após a obtenção das imagens, que foram capturadas por meio dos passos mencionados anteriormente, deu-se início a produção do resultado final, que incluiu a geração de produtos que serviram de base para a estimativa de volume. Dentre estes inclui-se a criação do ortomosaico (Figura 10) da área analisada, bem como a geração de um Modelo Digital de Elevação (DEM) (Figura 11) e um Modelo Tridimensional (Figura 12) baseado em nuvem de pontos densa.

Figura 10 - Exemplo de Ortoimagem



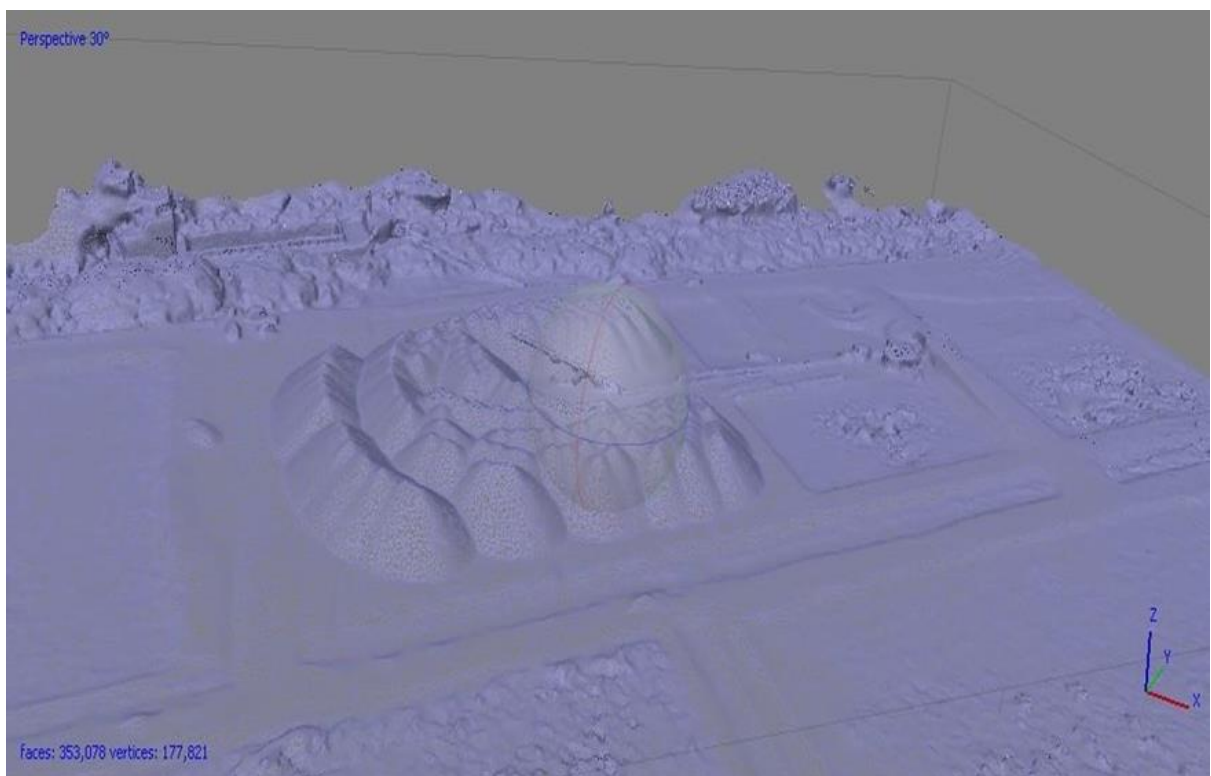
Fonte: Autoria própria (2020).

Figura 11 - Exemplo de modelo digital de elevação (DEM)



Fonte: Autoria própria (2020).

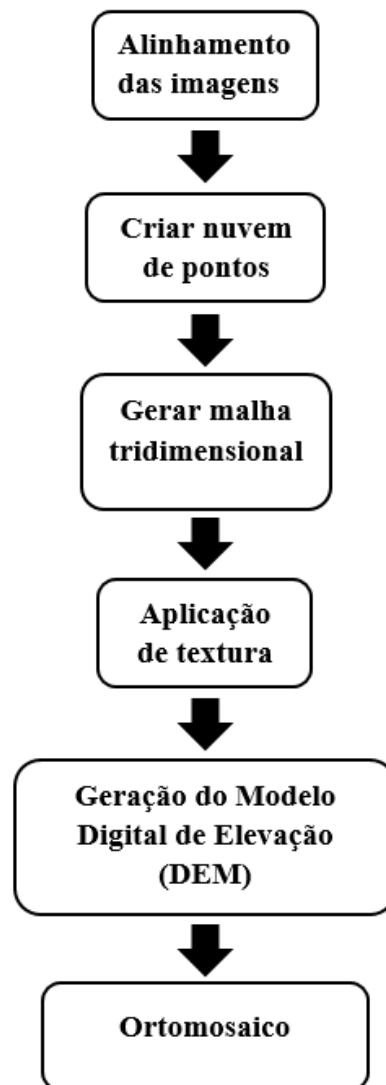
Figura 12 - Exemplo de modelo de Malha tridimensional em nuvem de pontos densa



Fonte: Autoria própria (2020).

Toda essa tarefa foi realizada com o auxílio do software Agisoft Photoscan Professional, que processou cada parte do produto, conforme as etapas apresentadas no fluxograma seguinte:

Figura 13 - Etapas que foram seguidas no *Agisoft photoscan* para a confecção dos produtos



Fonte: Autoria própria (2023).

Cada etapa descrita no fluxograma anterior corresponde às ações seguintes:

1. Alinhamento de imagens: Identifica correspondências entre as imagens para alinhá-las de forma precisa.

2. Criação de uma nuvem de pontos densa: Gera uma representação tridimensional detalhada do objeto ou área de interesse.

3. Geração de uma malha tridimensional: Cria uma superfície sólida do objeto usando a nuvem de pontos densa como base.

4. Aplicação de textura: Adiciona texturas às superfícies da malha tridimensional para um visual realista.

5. Criação de um Modelo Digital de Elevação (DEM): Produz um modelo que representa as variações de elevação do terreno ou objeto.

6. Produção de um ortomosaico: Gera uma imagem plana e ortogonal da área de interesse, permitindo medições precisas.

4.3.3.2 Calculo de volumes

Após o processamento dos dados obtidos, que resultou na geração do DEM e o Ortomosaico. Ainda no Agisoft utilizando a ferramenta de polígono, foi realizada a vetorização das pilhas de sal para aferição de volume. O software dispõe de uma ferramenta que, com base no perímetro estabelecido, este mostra suas principais informações internas, como: altura, área e o volume, sendo o volume mostrado em metro cúbico.

Com a obtenção do volume, foi aplicado o fator de densidade padrão utilizado para sal, que é de 1,15 ton/m³. Esse procedimento nos permite obter o resultado final, que será exibido em toneladas.

4.4 Comparação com métodos tradicionais e de referência

Para uma avaliação abrangente da eficácia de ARP na estimativa de volumes nas operações salineiras, foi conduzido um estudo comparativo com métodos tradicionais e de referência empregados pelos gestores da Salina Serra Vermelha II. Nesse sentido, foram coletados dados adicionais empregando os métodos convencionais utilizados pelos salineiros, juntamente com medições de métodos de referência. Os resultados obtidos por meio dos ARPs foram então confrontados com os resultados provenientes desses métodos tradicionais e de referência. A fim de determinar a concordância e identificar eventuais discrepâncias entre estes.

Dentre as metodologias utilizadas para aferição de volume de sal estocado, na salina Serra Vermelha II até então são empregados 2 métodos, são eles: o método da diferença pela medição de sal dos cristalizadores antes e depois, e o método da média pelas viagens dos caminhões caçamba que são pesados em balança.

Em relação a esses métodos, um deles é considerado mais preciso e é utilizado por muitas empresas como método de referência, e o outro é menos preciso. O método com melhor precisão nas medições é o método de pesagem de caminhão, tendo em vista que sua medição é dada pelo somatório da pesagem dos caminhões a cada viagem dada (Figura 14). Essa pesagem é feita por meio de uma balança rodoviária estática (Figura 15) instalada na Salina Morro Branco, que está localizada nas proximidades da Serra Vermelha II. A balança possui o selo do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO).

Figura 14 - Carregamento de caminhão para saída/pesagem



Fonte: Fernandes (2022).

Figura 15 - Exemplo de balança rodoviária utilizada para fazer a pesagem dos caminhões



Fonte: INOVAR AMBIENTAL (2023)¹

O método menos preciso, porém bem mais utilizado pelas empresas, por ser de baixo custo, é o método da diferença de lajes de sal dos cristalizadores antes e depois. A estimativa de volume se dá pela $\text{ÁREA DO CRISTALIZADOR} \times \text{ALTURA DA LÂMINA de sal a ser colhida}$ (Figura 16).

Figura 16 - Cristalizador durante a etapa de colheita do sal



Fonte: Fernandes (2020).

¹ INOVAR AMBIENTAL, 2023. Disponível em: <1Lapa, L. 2023. Disponível em: <<https://inovarambiental.com.br/2021/10/08/balanca-rodoviaria-importancia/>>

5 RESULTADOS

A Figura 17 mostra a área de estocagem da Salina Serra Vermelha II. Essa área dispõe de um espaço para armazenamento de aproximadamente 1 hectare. Nesse espaço, as pilhas a serem alocadas podem atingir uma altura de até 9 metros, que é a altura máxima que a esteira pode alcançar.

Figura 17 - Área de estocagem da salina serra vermelha II



Fonte: Autoria própria (2020).

5.1 Volumes obtidos pela ARP mediante aos levantamentos realizados e processados

Após o levantamento realizado pela ARP e o processamento das informações, obteve as seguintes estimativas de volume ao longo dos respectivos anos (Tabela 4). Os valores, foram corrigidos mediante ao uso do fator de densidade padrão, utilizado pelos gestores, em sua maioria durante as operações de cubagem de pilha.

Tabela 4 - Volumes obtidos com a ARP

DATA DO LEVANTAMENTO	VOLUME DE SAL ESTOCADO (m³)	FATOR DE DENSIDADE PADRÃO APLICADO (ton/m³)	VOLUME DO SAL ESTOCADO (ton)
22/02/2020	25.215,48	1,15	28.997,80
15/10/2021	16.062,78	1,15	18.472,20
07/02/2023	32.297,70	1,15	37.142,35

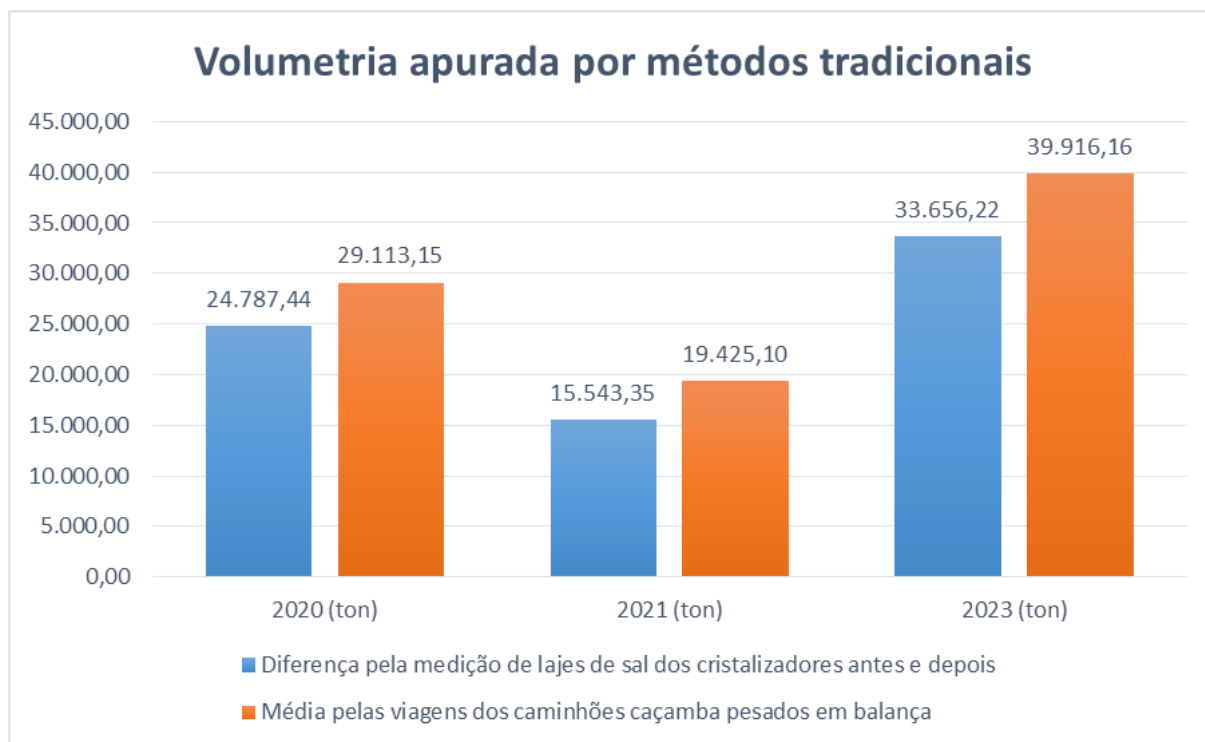
Fonte: Autoria própria (2023).

5.2 Levantamento utilizando metodologias tradicionais

Dentre as metodologias tradicionais de medição, a Salina Serra Vermelha II trabalha com duas; são elas: o método da diferença, que consiste na medição do sal nos cristalizadores antes e depois, e o método da média, que se baseia nas viagens dos caminhões caçamba pesados em balanças.

A Figura 18 ilustrada a seguir mostra os valores referente a volumetria apurados por cada método ao longo dos referidos anos:

Figura 18 - Volumetria apurada por métodos tradicionais empregados na salina serra vermelha II

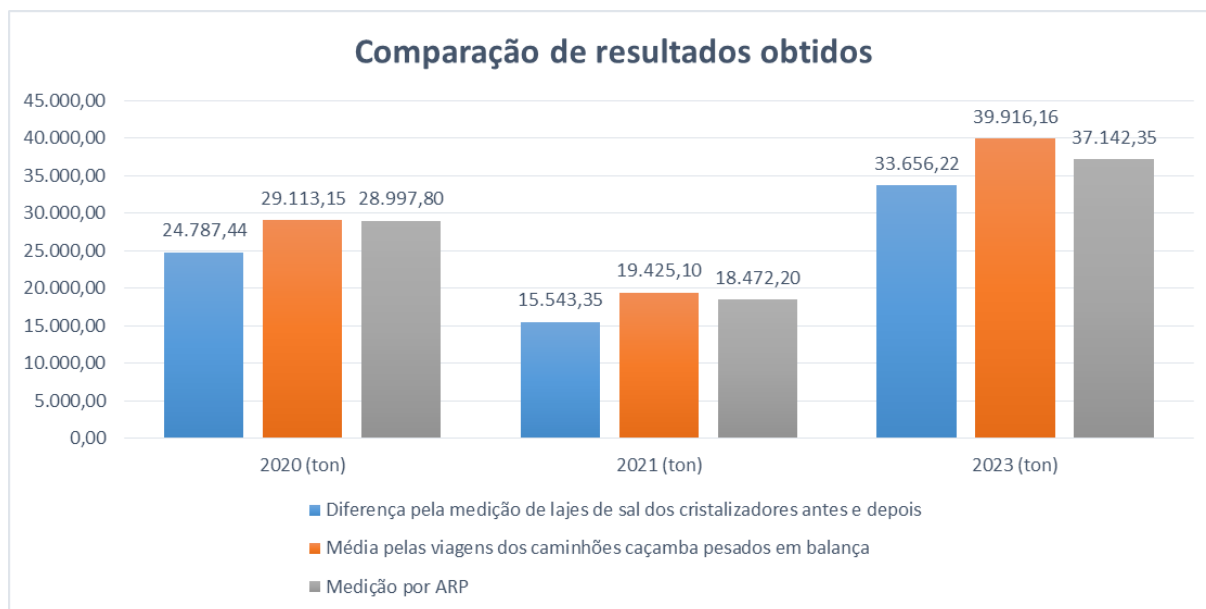


Fonte: Autoria própria (2023).

5.3 Comparação dos resultados obtidos entre as metodologias empregadas

Após a obtenção dos volumes, os resultados foram representados em um gráfico de comparação (Figura 19). Este gráfico oferece uma visão dos quantitativos obtidos por meio dos três métodos de apuração utilizados, destacando as discrepâncias nos valores obtidos por cada um.

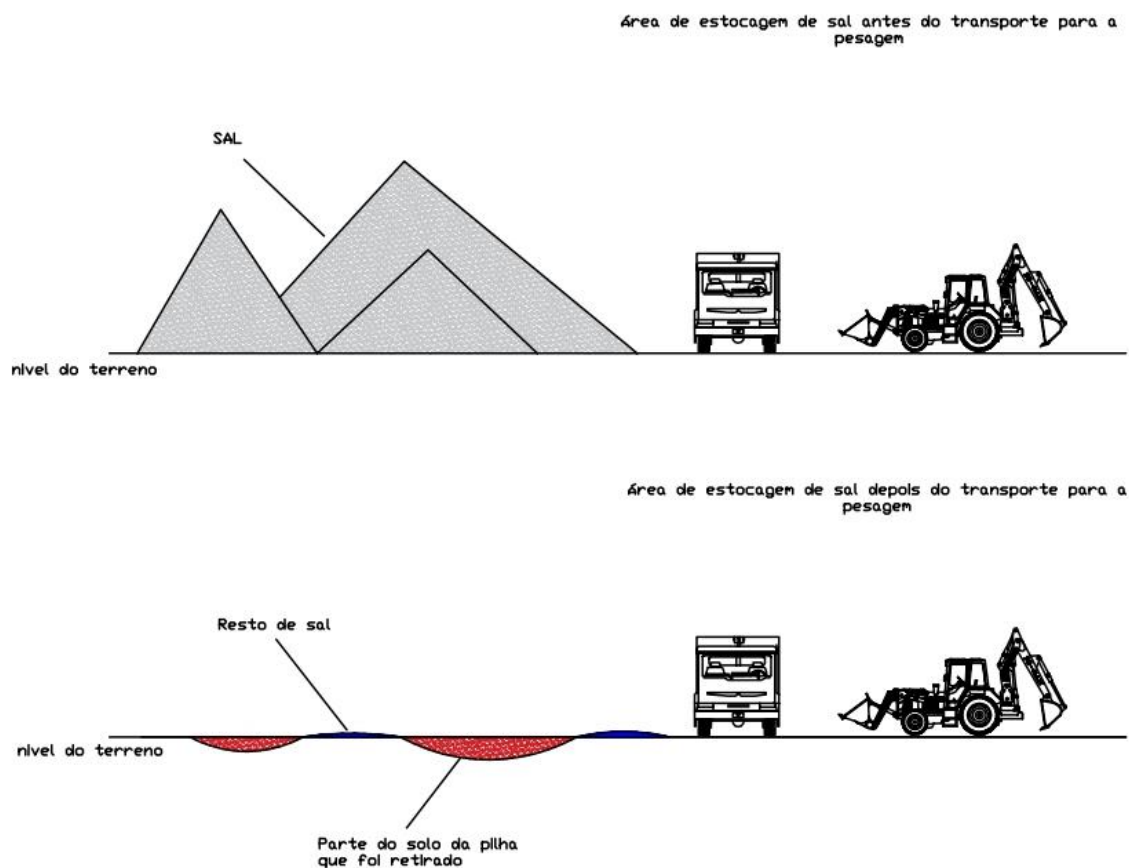
Figura 19 - Comparação dos resultados obtidos mediante os 3 métodos de apuração empregados



Fonte: Autoria própria (2023).

Levando em consideração como método de referência o **método pelas viagens dos caminhões**, este pode apresentar porcentagem de variação, e isso se dá pelo fato de perdas/acréscimos que podem acontecer ao longo do processo de coleta, transporte e pesagem. Uma das interferências mais comuns que acontece é na hora da coleta do sal na pilha. Nessa etapa o operador da máquina não tem tanta precisão na retirada do sal do pátio, podendo este cometer pequenos deslizes e vir a tirar um pouco a mais ou a menos do necessário, como está ilustrado na Figura 20. Além disso, outro fator que pode interferir é a umidade do sal, pois quando está úmido, tende a pesar mais.

Figura 20 - Imprecisão do operador de máquina durante a coleta do sal no pátio



Fonte: Autoria própria (2023).

Pode-se verificar na tabela 5 a comparação dos volumes obtidos, e nela é possível identificar que o método que mais se aproxima dos valores de referência é o método de medição por ARP. Os valores de medições encontrados nas análises apresentaram diferenças inferiores a 7% em relação ao método de referência utilizado no estudo.

Tabela 5 - Comparação de volumes obtidos com os valores de referência

Comparação entre os métodos de pesagem de caminhões e o de medição com ARP				
Ano	Pesagem de caminhões (ton)	ARP (ton)	Diferença (ton)	Diferença (%)
2020	29.113,15	28.997,80	115,35	0,4%
2021	19.425,10	18.472,20	952,90	4,9%

2023	39.916,16	37.142,35	2.773,81	6,9%
------	-----------	-----------	----------	------

Comparação entre os métodos de pesagem de caminhões e da diferença pela medição de lajes de sal

Ano	Pesagem de caminhões (ton)	Diferença pela medição de lajes de sal (ton)	Diferença (ton)	Diferença (%)
2020	29.113,15	24.787,44	4.325,71	14,9%
2021	19.425,10	15.543,35	3.881,75	20,0%
2023	39.916,16	33.656,22	6.259,94	15,7%

Fonte: Autoria própria (2023).

Estes resultados evidenciam uma aproximação dos valores obtidos com métodos de referência nas medições realizadas por meio do uso de ARP, com eficácia que vai além dos simples valores obtidos. Na prática, a utilidade deste método também se destaca em termos de segurança e eficiência temporal. Para um estudo de cubagem de pilhas utilizando ARP, é necessário a presença de no máximo dois funcionários para realizar essa tarefa com segurança. Isso elimina a necessidade de exposição ao risco de acidentes com veículos e danos causados pela exposição ao sol, tornando o processo mais seguro. Além disso, é uma abordagem rápida em comparação com outras metodologias que podem levar semanas ou meses para serem concluídas, além de ser mais econômica em termos de custos de execução.

A cubagem pelo método de referência que utiliza a pesagem do caminhão, para tal ação é necessário uma balança rodoviária, cujo esta não é toda salina que tem. Além disso, a salina que utiliza desse método só consegue saber quanto sal ela produziu ao final da comercialização, depois que desmonta toda pilha de sal. Isso acontece porque o sal só é pesado na hora da venda, antes disso ele é só colhido, lavado e estocado. Por outro lado, a ARP tem vantagem nesse quesito, pois através dele é possível se ter uma estimativa imediata do sal em estoque sem a necessidade de transportar o sal de local para isso, o que demandaria um alto custo e tempo. Além do mais, os estudos de cubagem podem ser repetidos quantas vezes necessário, conforme os interesses dos gestores, pois os voos são rápidos.

A tabela 6 apresentada a seguir faz um comparativo das vantagens e desvantagens dos métodos analisados:

Tabela 6 - Comparativo de vantagens e desvantagens de cada método empregado

Método	Vantagens	Desvantagem
Diferença pela medição de lajes de sal dos cristalizadores antes e depois	● Baixo custo	● Imprecisão nas medições, motivado por: -Irregularidade das áreas de coleta - Perda do sal durante o processo de lavagem; -Imprecisão do operador na fase de coleta
Média pelas viagens dos caminhões caçamba pesados em balança	● Método mais aproximado	● Alto custo da balança ● Demora nos resultados
Medição por ARP	● Baixo custo ● Tem valores aproximados ao método de referência ● Celeridade no levantamento	● Possíveis imprecisões do aparelho na altimetria ● Necessidade profissional tecnicamente habilitado ● Necessidade de um computador com capacidade técnica para o processamento

Fonte: Autoria própria (2023).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As descobertas apresentadas neste estudo destacam a notável viabilidade do uso da tecnologia de ARPs (Aeronaves Remotamente Pilotadas) na aferição de volume de pilha de sal. Além de fornecer resultados bem aproximados aos métodos de referência, este método também demonstrou ser excepcionalmente valioso em termos de segurança e eficiência temporal.

Quando comparado com as metodologias tradicionais, que podem levar semanas ou até mesmo meses para serem concluídas, o processo de cubagem com ARP é notavelmente mais rápido. Além disso, ele é mais econômico em termos de custos de execução, uma vez que não requer a utilização de uma balança rodoviária, que nem sempre está disponível em todas as salinas. Ao utilizar o ARP, as salinas podem obter uma estimativa imediata do sal em estoque sem a necessidade de desmontar pilhas de sal ou transportar o material para uma balança, economizando tempo e recursos significativos, além de agilizar o processo de tomada de decisão, permitindo que os gestores otimizem suas ações de venda, maximizando a eficiência operacional e os lucros.

Outra vantagem importante é a flexibilidade oferecida para a realização de estimativas, permitindo que os estudos de cubagem sejam repetidos conforme necessário, de acordo com as demandas dos gestores. Os voos são ágeis e podem ser agendados de maneira conveniente, proporcionando análises precisas e oportunas das quantidades de sal em estoque ao longo do tempo. Essa capacidade de reavaliação regular contribui para uma gestão mais dinâmica e informada dos recursos da salina.

Em resumo, os resultados deste estudo demonstram que a utilização de ARP na cubagem de pilhas de sal não apenas proporciona medições rápidas e confiáveis, mas também oferece benefícios substanciais em termos de segurança, eficiência e economia de recursos. Essa abordagem representa um avanço significativo na gestão de estoques em salinas e tem o potencial de melhorar significativamente os processos de tomada de decisão e a rentabilidade das operações relacionadas ao sal. Portanto, sua adoção e implementação são altamente recomendadas para empresas do setor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AERO. E. História dos Drones: Por trás desta nova era tecnológica. 2023. Disponível em: <<https://aeroengenharia.com/historia-dos-drones/>>. Acesso em: 7 out. 2023.

ALBUQUERQUE JÚNIOR, E. B. Análise e Controle de Qualidade na Produção do Sal e Salmora na Salinor- Salinas do Nordeste S/A. Departamento de Engenharias e Tecnologia. Engenharia Química. cap. 1, p. 8-20, 2018.

COSTA, D. F. S *et al.* Breve revisão sobre a evolução histórica da atividade salineira no estado do Rio Grande do Norte (Brasil). *Sociedade & Natureza*, v. 25, p. 21-34, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1982-45132013000100003>. Acesso em: 15 jul. 2023.

COSTA, D. F. S *et al.* Influência de macroaspectos ambientais na produção de sal marinho no litoral semiárido do Brasil. *Revista de Geografia*, v. 31, p. 28-42, 2014.

COSTA, D. F. S.; MEDEIROS, D. H. M.; COSTA, R. S.; MEDEIROS ROCHA, R. O sal de ontem e as salinas de hoje: análise da produção de sal marinho no Rio Grande do Norte. *Capítulos de Geografia do Rio Grande do Norte*. 1ed. Natal: Imprensa Oficial do Rio Grande do Norte e CCHLA-UFRN, v. 2, p. 37-63, 2015.

DELHEIMER, S. Using Drones in Agriculture and Natural Resources, 2023. Disponível em: <<https://www.nifa.usda.gov/about-nifa/impacts/using-drones-agriculture-natural-resources>>. Acesso em: 7 out. 2023.

DELTAQUAD. Smart farming using drones. 2023. Disponível em: <<https://www.deltaquad.com/vtol-drones/agriculture/>>. Acesso em: 7 out. 2023.

DINIZ, M. T. M.; 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 & Natureza*, v. 27, p. 421-437, 2015.

DRONE HARMONY AG. Automated Drone Inspections Increase Quality & Safety – Reduce Costs, 2023. Disponível em: <<https://droneharmony.com/>>. Acesso em: 7 out. 2023.

EDITORA GRAFSET. A Economia Salineira do Rio Grande do Norte. Editora Grafset, 2019. Disponível em: <https://editoragrafset.com/a-economia-salineira-do-rio-grande-do-norte/>. Acesso em: 10 de julho de 2023.

ESTEVES, V. M., FERNANDES, H. E., DA SILVA NETO, O. J., DA SILVA, R. P., & PARZZANINI, P. D. Comparativo entre cálculo de volumes realizados a partir de levantamento com aeronaves remotamente pilotada (ARP), em diferentes alturas de voo. *PARAMÉTRICA*, v. 12, n. 13, p. 818-832, 2020. Disponível em: <https://parametrica.emnuvens.com.br/parametrica/article/download/232/pdf/789>. Acesso em: 4 jul. 2023.

JÚNIOR, E. M. Controle de Estoques de Sal: uma inovação na quantificação e no gerenciamento dos Recursos Naturais da Indústria Mineral. Dissertação (Mestrado) - UFRN, Natal, 2011. p. 118, 2011. Disponível em:

<https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/15023/1/EuripedesMJ DISSERT.pdf>. Acesso em: 4 jul. 2023.

LIMA, V. K. P. D. Mapeamento de áreas produtoras de sal do Rio Grande do Norte. Monografia de Graduação, Universidade Federal Rural do Semi-árido, Curso Bracharelado Interdisciplinar em Ciência E Tecnologia, Angicos, 2019.

MEDEIROS JÚNIOR, E. Controle de estoques de sal: uma inovação da quantificação e no gerenciamento dos recursos naturais da indústria mineral. 2011. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Disponível em: <<https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/15023/1/EuripedesMJ DISSERT.pdf>>. Acesso em 7 out. 2023.

MEDEIROS, D. H. M., DE MEDEIROS ROCHA, R., & DA SILVA COSTA, D. F. Influência de fatores ambientais no processo de extração de sal marinho em salinas solares do Brasil. Caderno Prudentino de Geografia, v. 1, n. 37, p. 92-109, 2015. Disponível em: <<https://revista.fct.unesp.br/index.php/cpg/article/viewFile/3254/3340>>. Acesso em: 10 jul. 2021.

NEVES, M. L. D. Avaliação da Precisão do Cálculo de Volume a partir de Levantamento de Remotely-Piloted Aircraft (RPA), MAVIC 2 PRO. 2022. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Ambiental E Sanitária) - CEFET-MG, Belo Horizonte, 2022. p. 66. Disponível em: https://www.eng-ambiental.bh.cefetmg.br/wp-content/uploads/sites/187/2022/04/Maria-Luiza-Trabalho_Concluso_Curso_Maria_Luiza_Dibai.pdf. Acesso em: 4 jul. 2023.

ORTOPIXEL. Principais Aplicações dos Drones na Indústria 4.0. Ortopixel, 2021. Disponível em: <https://ortopixel.com.br/principais-aplicacoes-dos-drones-na-industria-4-0/>. Acesso em: 10 jul. 2023.

PAIVA, U.; PENNA, M. Império do sal. Super Interessante, 2002. Disponível em: <<https://super.abril.com.br/ciencia/imperio-do-sal/>>. Acesso em: 14 jul. 2021.

PESSI, D. D.; BELIN, R. B.; JUNIOR, P. L. M.; DA SILVA, N. M. Aeronaves remotamente pilotadas e suas aplicações no manejo agrícola e ambiental. Cadernos de Ciência & Tecnologia, v. 37, n. 2, p. 26605, 2020. Disponível em: <<https://seer.sct.embrapa.br/index.php/cct/article/view/26605/14738>>. Acesso em: 7 out. 2023.

PRUDKIN, G.; BREUNIG, F. M. Drones e Ciência: Um Estudo Sobre as Aplicações de Aeronaves Remotamente Pilotadas na Pesquisa Científica. Revista de Ciências e Tecnologias, v. 1, p. 1-53, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/18774/DRONES%20e%20CIENCIA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 10 jul. 2023.

RUTE DA SILVA, A. Produção artesanal de sal marinho no litoral setentrional do Rio Grande do Norte. 2015, 79 f. Monografia (Graduação em Geografia Bacharelado) – Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2015.

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

SILVA, R. P. Análise da qualidade posicional de produtos gerados por LST e ARP em

diferentes alturas de voo. Viçosa, 2019. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Viçosa, 2019. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/25747/1/texto%20completo.pdf>. Acesso em: 10 de julho. 2023.

SOUZA, I. R. A. *et al.* Gestão Ambiental: Estudo de Caso em uma Salina do Estado do Rio Grande do Norte. XXXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Salvador, BA, 2013.

TRINDADE, C. A.; CANCELA, J. F. M.; SILVA, M. V. T.; PAOLI, B. L. Estimativa de volume de área minerada utilizando técnica de Structure from Motion. Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE. Disponível em: <http://marte2.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/marte2/2015/06.15.15.44.30/doc/p0912.pdf>. Acesso em: 26 de Julho de 2023.