

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

ABNER ARTHUR LEITE AGUILAR

**METODOLOGIA PARA LEVANTAMENTO DE CARGAS DE SECADORES E
SILOS AERADORES NA REGIÃO DA BACIA DO RIO SANTA MARIA - RS**

**Alegrete
2022**

ABNER ARTHUR LEITE AGUILAR

**METODOLOGIA PARA LEVANTAMENTO DE CARGAS DE SECADORES E
SILOS AERADORES NA REGIÃO DA BACIA DO RIO SANTA MARIA - RS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Jose Wagner Maciel Kaehler

Coorientador: Natalia Braun Chagas

**Alegrete
2022**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais).

A481o Amado, Graciliano Machado de Assis

Obras clássicas de autores brasileiros / Graciliano Machado de Assis Amado. – 2018.

115 p. : il.

Orientador: João José Maria de Jesus

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do Pampa, Letras - Habilitação Português/Espanhol e Respectivas Literaturas, Campus Jaguarão, 2018.

1. Literatura. 2. Clássicos literários. 3. Autores brasileiros. I. Jesus, João José Maria de. II. Título.

ABNER ARTHUR LEITE AGUILAR

METODOLOGIA PARA LEVANTAMENTO DE CARGAS DE SECADORES E SILOS AERADORES NA REGIÃO DA BACIA DO RIO SANTA MARIA - RS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 04 de agosto de 2022.

Banca examinadora:

Prof. Dr. José Wagner Maciel Kaehler
Orientador
UNIPAMPA

Prof.^a Dr.^a Natalia Braun Chagas
UNIPAMPA

Prof.^a Dr.^a Fátima Cibele Soares
UNIPAMPA

Assinado eletronicamente por **NATALIA BRAUN CHAGAS, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 04/08/2022, às 15:03, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais

19/08/2022 08:18

SEI/UNIPAMPA - 0877718 - SISBI/Folha de Aprovação



aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **JOSE WAGNER MACIEL KAEHLER, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 04/08/2022, às 15:03, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **FATIMA CIBELE SOARES, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 04/08/2022, às 15:03, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site

[https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?](https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0)

[acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0](https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **0877718** e o código CRC **1AEF5560**.

Universidade Federal do Pampa, Campus Alegrete
Av. Tiarajú, 810 – Bairro: Ibirapuitã – Alegrete – RS CEP: 97.546-550

Telefone: (55) 3422-8400

Dominvs Illvminatio Mea

AGRADECIMENTO

A Deus, Jesus e o Espírito Santo pelo suporte, resiliência e vitória na caminhada acadêmica.

Ao suporte de minha família, na pessoa do grande pai Joel Aguilár e da maravilhosa mãe Cleuza Maria Aguilár, amados irmãos e cônjuges (Jael, William, Alexandre e Herica), Vó Vilda (*In Memoriam*) e a minha querida namorada Vanessa e sua família (Elze, Elis Regina, Felipe e Bianca).

À Universidade Federal do Pampa – Campus Alegrete, por ser um ambiente de excelência e ímpar ao ensinar e ao corpo docente do curso de Engenharia Elétrica.

Ao Prof. Dr. Jose Wagner Kaehler, modelo de Professor e Profissional no exercício da Engenharia Elétrica. A Prof^a Dr^a Natalia Braun Chagas, pela direção e condução no ensino da Engenharia Elétrica. A minha eterna gratidão e admiração pelo aprendizado ao longo da trajetória acadêmica.

Ao grupo de pesquisa EIRE, por ser um ambiente de conhecimento transversal, aberto às Fontes Renováveis de Energia e à Eficiência Energética.

A AUSM e o MDR pelo incentivo, financiamento da pesquisa e experiência profissional.

Aos amigos que a graduação proporcionou a toda a vida: Eduardo Kilian, Fabiano Aguilár, Claudio Júnior (*Os Guris da Catequese*), Luziele Oliveira, Kélton Severo e Estêvão Marques.

“Lança teu pão sobre as águas, porque
depois de muitos dias o acharás”

Eclesiastes 11:1

RESUMO

O Agronegócio, como ramo da economia, possui um importante papel de geração de riqueza no Brasil. Da mesma forma, no estado do Rio Grande do Sul, o principal ramo econômico é relacionado à agropecuária. A produção e exportação de commodities como o arroz (*Oryza Sativa*) e a soja (*Glycine Max*) constituem a base econômica da maioria das cidades do estado. Os municípios pertencentes à bacia do Rio Santa Maria dependem economicamente da agricultura de irrigação para culturas de arroz e soja. A exigência de água para irrigação e energia elétrica para bombeamento de lavouras e secagem e estocagem de grãos faz com que sejam delineados planos de ações de aproveitamento hidráulico e energético. Visando corrigir os problemas de disponibilidade hídrica, parcerias realizadas entre as esferas dos Governos Federal, Estadual e usuários do Rio Santa Maria disponibilizaram planos de regulação de vazão de água por meio de barragens (Jaguarí e Taquarembó) e canais de irrigação. Espera-se que com a regularização da vazão de água na bacia do Rio Santa Maria aumente a demanda energética, vista hoje ineficiente para as diversas cadeias produtivas, como a secagem e o armazenamento de grãos. O perfil eletroenergético da região possui regiões que não são atendidas por distribuição em média tensão, sendo essa região zona intermediária entre as duas principais distribuidoras de energia do Estado do Rio Grande do Sul (RGE e CEEE). Visando atender as atuais necessidades de levantamento de cargas para secadores e silos, o presente trabalho utilizou a metodologia de Sistema Interligado de Apoio à Decisão (SIAD) visando formar um banco de informações de demanda elétrica, levantamento atual da carga elétrica e futuras expansões por aplicação de Geração Distribuída, explorando assim o potencial energético da região. Com as informações de demanda energética de silos e armazenadores de grãos, é possível chegar a uma resposta de níveis de consumo e direcionamento de ações de eficiência energética.

Palavras-Chave: Agricultura Irrigada; Irrigação; Potência Elétrica; Silagem; Secagem; Geração Distribuída; Distribuição de Energia.

ABSTRACT

The agricultural sector is important for technological development and prosperity in several regions of Brazil. No different, in regions of the State of Rio Grande do Sul, such activity is the economic driving force of several municipalities. The municipalities belonging to the Santa Maria River basin are economically dependent on irrigation agriculture for rice and soybean crops. The requirement of water for irrigation and electric energy for pumping crops and drying and storing grains leads to the delineation of action plans for hydraulic and energy use. In order to correct water availability problems, partnerships between the Federal and State Governments and users of the Santa Maria River made plans available to regulate the flow of water through dams (Jaguarí and Taquarembó) and irrigation channels. It is expected that with the regularization of the water flow in the Santa Maria River basin, the energy demand will increase, seen today inefficient for the various production chains, such as the drying and storage of grains. The electrical energy profile of the region has regions that are not served by medium voltage distribution, this region being an intermediate zone between the two main energy distributors in the State of Rio Grande do Sul (RGE and CEEE). In order to meet the current needs of lifting loads for dryers and silos, the present work used the methodology of Interconnected Decision Support System (SIAD) in order to form a database of electrical demand information, the current survey of the electrical load and future expansions by application of Distributed Generation, thus exploring the region's energy potential. With information on energy demand from silos and grain stores, it is possible to reach an answer on consumption levels and direction of energy efficiency actions.

Key words: Irrigated Agriculture; Irrigation; power; Silage; Drying; Distributed generation; Energy distribution.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Estrutura do VAB do Rio Grande do Sul por setores de atividade - 2019 (%)	18
Figura 1: Uso da Terra nos estabelecimentos agropecuários, por grupo de atividade no RS – 2017.....	18
Figura 2: Municípios do Rio Grande do Sul com porcentagem de estabelecimentos agropecuários com área superior a 500 ha – 2017.....	20
Figura 3: Quantidade produzida de Arroz em casca média 2018-2020 – RS.....	24
Figura 4: Quantidade produzida de soja em grão, média 2018-2020 – RS.....	25
Figura 6: Evolução da capacidade estática e a produção agrícola 2001 a 2021... 	27
Figura 7: Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria.....	30
Figura 8: Síntese das demandas superficiais na Bacia do Rio Santa Maria.....	32
Figura 9: Conformação Geofísica das Barragens e seus Canais de Irrigação....	35
Figura 5: Rede Elétrica de Distribuição Trifásica de Energia em verde a rede de 23 kV da RGE e em vermelho a rede trifásica de 13,8 kV da CEEE-D/Equatorial	36
Figura 11: Classificação de sistemas de secagem de grãos.....	41
Figura 12: Representação da movimentação de água durante a secagem.....	42
Figura 13: Representação da movimentação da água de um produto no período de razão constante.....	43
Figura 14: Movimentação da água durante o primeiro período de razão decrescente.....	44
Figura 15: Movimentação de água durante o segundo período de razão decrescente.....	44
Figura 16: Movimentação de água durante o segundo período de razão decrescente ou durante seu equilíbrio higroscópico.....	45
Figura 17: Classificação dos métodos de secagem de grãos de alta temperatura	45
Figura 18: Secagem estacionária de grãos.....	46
Figura 19: Secador de Fluxo Contínuo de Grãos.....	47
Figura 20: Exemplo de secador de fluxo intermitente.....	48
Figura 21: Fluxograma de etapas de Produção e Pré-Processamento.....	50
Figura 22: Silos para secagem com ar natural, mostrando a frente de secagem	

(FS).....	54
Figura 23: Variação entre a vazão do ar e a pressão estática, por metro de profundidade de coluna de grãos.....	56
Figura 24: Componentes de um elevador de grãos.....	58
Figura 25: Transportador de Correias.....	61
Figura 26: Levantamento de Pontos na Bacia do Rio Santa Maria.....	65
Figura 27: Estrutura Principal do SIAD.....	66
Figura 28:Operacionalização do SIAD para análise energética de secadores no Polo Irrigado do Rio Santa Maria.....	67
Figura 29: Distribuição percentual da energia demandada para a secagem de grãos e aeração de silos.....	73
Figura 30: Proposta de utilização de Geração Distribuída de diferentes fontes energéticas para suprimento de demanda de secadores e silos.....	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Número de estabelecimentos e área dos estabelecimentos agropecuários, por grupos de área total no RS – 2017.....	19
Tabela 2: Evolução anual da área plantada e da quantidade produzida de arroz em casca BR e RS – 2010-2020.....	21
Tabela 3: Arroz Irrigado no Brasil - Comparativo de Área, Produção e Produtividade nas Safras de 2020/2021 e 2021/2022.....	21
Tabela 4: Cultura do Arroz Irrigado no Rio Grande do Sul.....	22
Tabela 5: Prospecção de Irrigação no Estado do Rio Grande do Sul.....	22
Tabela 6: Potência Instalada por Fonte.....	23
Tabela 7: Evolução anual da área plantada e da quantidade produzida de soja em grão, BR e RS – 2018-2020.....	24
Tabela 8: Produção de Arroz e Soja (hectare) por município da Região do Rio Santa Maria – RS.....	26
Tabela 9: Comparativo da produção na safra 2020/2021 e a capacidade estática por Unidade Federativa (em mil toneladas)	28
Tabela 10: Uso Hídrico da Bacia do Rio Santa Maria – RS	31
Tabela 11: Situação Prospectada pela AUSM - Propriedades Rurais a serem beneficiadas pela operação das barragens, seus processos produtivos e disponibilidade energética e elétrica	37
Tabela 12: Valores de Fluxo de Ar (m³/min.t de grãos)	55
Tabela 13: Classificação dos dados para levantamento de secadores por produtor	68
Tabela 14: Classificação dos dados para Capacidade de Armazenamento de Silos planos	69
Tabela 15: Classificação dos dados para Capacidade de Armazenamento de Silos Pulmão	69
Tabela 16: Cálculo de Demanda Energética por Secador e Silo por produtor.....	70
Tabela 16: Valores de demanda energética no processo de secagem e armazenamento de grãos nas propriedades com secadores e silos.	72
Tabela 17: Valores de demanda energética no processo de secagem e armazenamento de grãos nas propriedades com secadores e silos em relação com a demanda prospectada pela AUSM.	74

LISTA DE SIGLAS

ANA – Agência Nacional de Águas

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

APP – Área de Proteção Permanente

AUSM – Associação de Usuários do Rio Santa Maria

CEEE-D – Companhia Estadual de Energia Elétrica – Distribuição

CV – Cavalo Vapor

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EIRE – Grupo de Exploração Integrada de Recursos Energéticos

ha – Hectare

kVA – Quilo Volt-Ampère

kW – Quilowatt

MDR – Ministério do Desenvolvimento Regional

MRT – Sistema Monofilar com Retorno por Terra

PRODIST – Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

PIB – Produto Interno Bruto VAB – Valor Adicionado Bruto

RGE – Rio Grande Energia

rpm- Rotação por minuto

RS – Rio Grande do Sul

SIAD – Sistema Interligado de Apoio à Decisão

SIOUT – Sistema de Outorga de Água do Rio Grande do Sul

Unipampa – Universidade Federal do Pampa

UR – Umidade Relativa do Ar

VAB – Valor Adicionado Bruto

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 Problematização	14
1.2 Objetivos	15
1.3 Objetivos Específicos.....	15
1.4 Justificativa.....	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1 Considerações Gerais	17
2.2 Impacto da Agricultura na Bacia do Rio Santa Maria	17
2.2.1 A Agricultura como atividade econômica na Mesorregião Sudoeste Rio-Grandense	17
2.2.2 Panorama atual da Armazenagem de Grãos	26
2.2.3 A Bacia do Rio Santa Maria e o Comitê de Gerenciamento da Bacia do Rio Santa Maria.	29
2.4 Geração Distribuída	37
2.5 Secagem de Grãos	40
2.5.1 Princípios de Secagem	42
2.5.2 Métodos de secagem	45
2.5.2.1 Secagem estacionária	46
2.5.2.2 Secagem de fluxo contínuo	47
2.5.2.3 Secagem de fluxo intermitente	49
2.6 Estruturação de Secadores e Armazenadores de Grãos	49
2.6.1 Dimensionamento do Sistema de Secagem de Grãos	51
2.6.1.1 Cálculo do percentual de água a ser evaporada.	51
2.6.1.2 Cálculo de Massa de água a ser evaporada por hora.	51
2.6.1.3 Cálculo do calor necessário para evaporar água.	52
2.6.1.4 Cálculo da quantidade de combustível necessário para evaporar a água e o custo aproximado.	52
2.6.2 Dimensionamento do aerador de grãos no silo.	53
2.6.2.1 Cálculo da Capacidade do Silo	54
2.6.2.2 Cálculo da vazão de ar (Q)	55
2.6.2.3 Cálculo da Pressão Estática total (P_{et})	55
2.6.2.4 Cálculo da Potência necessária no sistema (P_w)	56

2.6.2.5 Cálculo do tempo provável de resfriamento	56
2.7 Dimensionamento de Elevador de Canecas e Correia Transportadora	57
2.7.1 Cálculo da potência demanda de um sistema de Elevador de Caçambas...	57
2.7.1.1 Velocidade Tangencial da Polia	58
2.7.1.2 Velocidade linear das caçambas	59
2.7.1.3 Capacidade de transporte da correia transportadora	59
2.7.1.4 Capacidade de carga por metro	59
2.7.1.5 Potência demandada do motor para acionamento do elevador	59
2.7.2 Cálculo da potência demandada de um sistema de Transportador de Correia	60
2.7.2.1 Potência absorvida.....	61
2.7.2.2 Potência para movimentar a correia.....	61
2.7.2.3 Potência para movimentar a carga	61
2.7.2.4 Potência para vencer o desnível	62
2.8 Conclusão do Capítulo.....	62
3 METODOLOGIA	64
3.1 Prospecção de Dados	64
3.2 Sistema Interligado de Apoio à Decisão	65
3.3 Organização do banco de dados	68
3.3.1 Levantamento de informações de secadores por produtor	68
3.3.2 Capacidade de Armazenamento de Silos planos e Pulmão	69
3.3.3 Cálculo de Demanda Energética por Secador e Silo	69
3.4 Conclusão do Capítulo.....	71
4 APRESENTAÇÃO DA PESQUISA E ANÁLISE DOS RESULTADOS	72
4.1 Característica do consumo energético	72
4.2 Impacto da demanda energética na bacia do Rio Santa Maria	73
4.3 Possibilidades de expansão da Geração Distribuída	74
4.4 Conclusão do Capítulo	75

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	76
REFERÊNCIAS	78
APÊNDICES	81

1 INTRODUÇÃO

O Setor agrícola possui importância para o desenvolvimento tecnológico e prosperidade em diversas regiões do Brasil. Não diferente, em regiões do estado do Rio Grande do Sul, tal atividade é a força motriz econômica de diversas cidades. Para ser eficiente, é necessária a energia elétrica em diversos processos produtivos. Desde a irrigação, secagem e armazenamento de grãos, a demanda por energia é necessária. Assim, o estudo será focado nos processos produtivos e serviços energéticos de uso final no meio rural, na bacia do Rio Santa Maria, em que grande parte de sua produção se concentra no eixo arroz-soja-pecuária. Em decorrência das características geográficas, é necessária a inserção de irrigação mecanizada para assegurar as condições de desenvolvimento das culturas. As condições de captação de água da bacia do Rio Santa Maria oscilam devida à demanda de água da região. Também a demanda elétrica na região sofre variação devido aos períodos de plantio e colheita na região.

A motivação do estudo reside em avaliar a demanda atual e a localização geográfica das cargas elétricas atualmente instaladas na bacia do Rio Santa Maria. Os investimentos realizados pelo governo federal e estadual na região, como a construção das barragens do Jaguarí e Taquarembó, são essenciais para o controle de vazão de água na bacia, assim como são os principais componentes para a futura instalação de canais de irrigação por gravidade das culturas ali plantadas. Com as localizações georreferenciadas, pode-se comparar o cenário atual e modelar propostas que atendam de forma eficiente a demanda energética da região e aproveitem o potencial energético de fontes renováveis disponíveis na região.

O presente trabalho tem por finalidade o levantamento de cargas de secadores e silos aeradores de grãos para estimativa de carga pós-período de safra, propondo soluções que utilizem o potencial energético renovável disponível na região.

1.1 Problematização

Atualmente, a região onde se encontram os usuários do Rio Santa Maria tem enfrentado diversos problemas de fornecimento de energia. Por se tratar de redes de distribuição antigas, enfrentam problemas inerentes: interrupção no fornecimento de energia e excesso de demanda. Com a expectativa de regularização da vazão do Rio Santa Maria, proveniente das operações das barragens Jaguarí e Taquarembó e a

futura construção dos canais para irrigação de diversas culturas, torna-se necessário levantamento de informações sobre as características das cargas de secadores e aeradores de grãos, sendo que estas correspondem a uma parcela significativa da demanda de energia na região. Com o levantamento de dados em propriedades rurais que possuam secadores e silos aeradores de grãos, é possível avaliar os impactos preliminares e apontar soluções para o uso eficiente de energia elétrica.

1.2 Objetivos

Desenvolver um processo metodológico que possibilite uma solução que atenda a demanda exigida pelos usuários do Rio Santa Maria. Para tal, é necessário a análise regulatória e normativa do sistema atual de Geração Distribuída, permitindo assim verificar a necessidade de modificações e adequações para atender os usuários.

1.3 Objetivos Específicos

- Avaliação das atuais cargas elétricas conectadas à rede;
- Avaliação das cargas diesel para futura substituição para cargas elétricas;
- Avaliação das cargas de secadores e processos de armazenagem de grãos;
- Estimativa de cargas elétricas por meio de catálogo de secadores de grãos;
- Implantação de um SIAD – Sistema de Informações para Apoio à Decisão, visando o planejamento, gestão de ações e implementação de ações de uso eficiente de energia elétrica.
- Modelagem de cenários propostos: Propriedades com Silos catalogados e sem silos catalogados.
- Avaliar proposta de Geração Distribuída e soluções de aproveitamento energético.

1.4 Justificativa

O aumento da demanda de energia elétrica no Polo de Agricultura Irrigada do Rio Santa Maria gera problemas de fornecimento de energia. Com os investimentos

realizados em corrigir a vazão do Rio Santa Maria implantando barragens e canais, uma nova análise da demanda energética e potencial energético a ser explorado é necessário. Assim, o presente trabalho tem por objetivo o levantamento de informações de secadores e silos aeradores de grãos para estimar a carga atual e dirigir ações de eficiência energética e de geração distribuída para economia no consumo elétrico ao mesmo tempo explorando de forma eficiente o potencial energético disponível na região.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Considerações Gerais

Este capítulo apresenta a revisão bibliográfica realizada, a qual motivou e permitiu o desenvolvimento da pesquisa aqui apresentada neste trabalho. Inicialmente, revisa-se o papel desempenhado pela atividade agrícola na região do Rio Santa Maria, apresenta um resumo sucinto sobre o comitê de gerenciamento de água da bacia do Rio Santa Maria e os desafios referentes à eletrificação rural e atendimento de cargas de elevada potência. Aborda-se conceitos de Geração Distribuída, desafios de implementação e estruturas de secadores.

2.2 Impacto Da Agricultura Na Bacia Do Rio Santa Maria

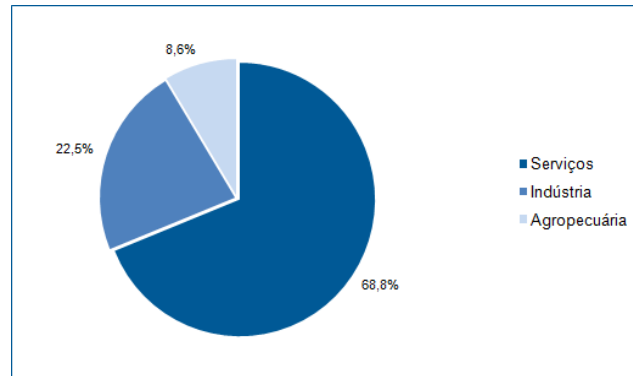
2.2.1 A Agricultura como atividade econômica na Mesorregião Sudoeste Rio-Grandense

A agricultura é uma das principais atividades econômicas do Brasil. Dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) indicam que no ano fiscal de 2021, o setor agropecuário brasileiro foi responsável pela participação de R\$ 598,1 bilhões de um total do Produto Interno Bruto (PIB) de R\$ 8,7 trilhões. A relevância da atividade agropecuária é refletida no Estado do Rio Grande do Sul. De acordo com o Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul (2020), sua participação corresponde a R\$ 482 bilhões, correspondendo a 6,5% do PIB nacional, ocupando a quarta posição entre estados de maior PIB do Brasil.

Segundo (IBGE, 2021), define-se o Valor Adicionado Bruto (VAB) como o valor correspondente que cada setor da economia (agropecuária, indústria e serviços) acresce ao valor final de tudo que foi produzido em uma região, assim, o PIB é a soma dos VAB's setoriais e dos impostos, e é a principal medida de uma economia. De acordo com (Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul, 2020), o setor agropecuário é responsável por 8,6% da estrutura do VAB gaúcho em 2019. Embora a estrutura do VAB do Rio Grande do Sul confirme a forte participação do setor de serviços, que apresentou grande crescimento ao longo de duas últimas décadas, pode-se dizer que a economia gaúcha é impulsionada por dois setores hegemônicos: a Agropecuária e a Indústria de Transformação. O gráfico representado pela Figura 1 detalha a

Estrutura do VAB do Rio Grande do Sul por setor de atividade – 2019 (%):

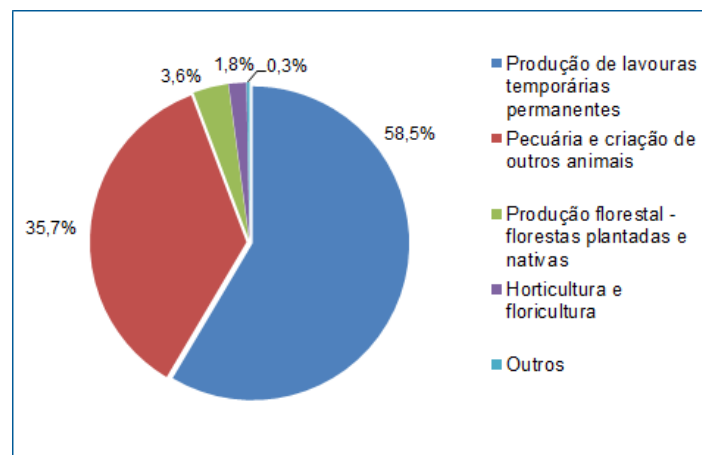
Figura 1: Estrutura do VAB do Rio Grande do Sul por setores de atividade - 2019 (%)



Fonte: IBGE/Contas Regionais

O Setor agropecuário possui peso relevante na economia de diversas cidades do Rio Grande do Sul. De acordo com (Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul, 2020), o Estado tradicionalmente se destaca pela sua produção agrícola e pecuária, correspondendo a 8,6% do VAB gaúcho. Contudo, a participação é ainda maior se considerada a repercussão na cadeia produtiva que o setor movimenta. Segundo (IBGE, 2017), grande parte da ocupação dos estabelecimentos agropecuários são destinados a produção de lavouras temporárias e permanentes. Também, parcela expressiva das áreas agrícolas utilizadas são para fins pecuários. A Figura 2 mostra a distribuição por finalidade em estabelecimentos agropecuários.

Figura 2: Uso da Terra nos estabelecimentos agropecuários, por grupo de atividade no RS - 2017



Fonte: IBGE/Censo Agropecuário 2017

De acordo com (Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul, 2020), os estabelecimentos agropecuários podem ser classificados de acordo com os grupos de área. Propriedades menores de 10 hectares estão em maior número. Enquanto propriedades maiores que 500 ha estão em quantidade menor e localizados em sua maioria na Mesorregião do Sudoeste Rio-Grandense. A Tabela 1 apresenta a quantidade de estabelecimentos rurais presente no Estado do Rio Grande do Sul.

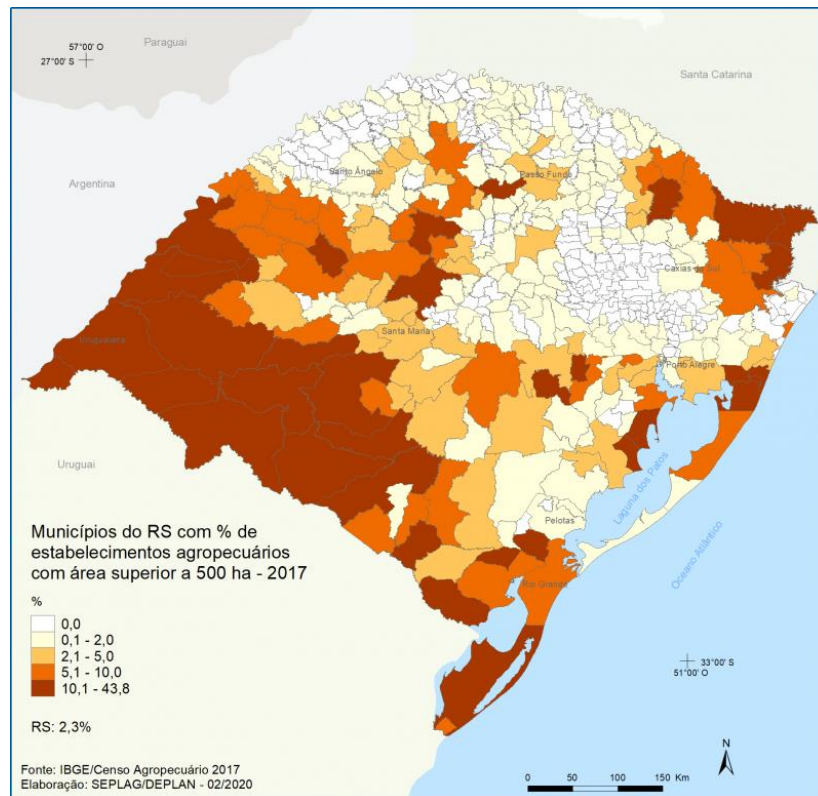
Tabela 1: Número de estabelecimentos e área dos estabelecimentos agropecuários, por grupos de área total no RS – 2017

Grupos de área	Estabelecimentos		Área	
	nº	%	hectares	%
< de 10 ha	132.782	36,4	622.812	2,9
de 10 a menos de 20 ha	89.850	24,6	1.248.381	5,8
de 20 a menos de 50 ha	82.863	22,7	2.458.100	11,3
de 50 a menos de 100 ha	26.671	7,3	1.798.380	8,3
de 100 a menos de 200 ha	13.180	3,6	1.788.182	8,2
de 200 a menos de 500 ha	10.492	2,9	3.235.549	14,9
> de 500 ha	8.355	2,3	10.533.154	48,6
Total	365.094	100,0	21.684.558	100,0

Fonte: IBGE/Censo Agropecuário 2017

O (Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul, 2020) afirma que do total de 365.094 estabelecimentos agropecuários, 36,4% são estabelecimentos menores que 10 ha. Já os maiores de 500 ha representam 2,3 %, mas a quantidade de área utilizada pelas propriedades é 48,6% do total de estabelecimentos agropecuários. Ressalta-se que o limite entre minifúndio e latifúndio varia de acordo com a região e, normalmente, nas regiões da Campanha e da Fronteira Oeste, onde as características do solo são mais frágeis, necessita-se de áreas maiores para obter viabilidade de produção. Assim, os municípios pertencentes à Mesorregião do Sudoeste Rio-Grandense (Campanha e Fronteira Oeste) possuem maior quantidade de estabelecimentos agrícolas com área superior a 500 ha. Assim, a figura 3 apresenta a porcentagem de municípios com estabelecimentos agropecuários com área superior a 500 ha.

Figura 3: Municípios do Rio Grande do Sul com porcentagem de estabelecimentos agropecuários com área superior a 500 ha – 2017



Fonte: IBGE/Censo Agropecuário 2017

Na Mesorregião Sudoeste Rio-Grandense, o predomínio de grandes estabelecimentos agropecuários, cujo principal foco é o plantio de arroz e soja, é acentuado. De acordo com (Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul, 2021), o Rio Grande do Sul é o maior produtor de arroz em casca do Brasil. Segundo a Pesquisa Agrícola Municipal do IBGE, o Estado registrou uma produção média de 7.775.850 toneladas do grão. A produção registra oscilações devido a fatores climáticos desfavoráveis, devido a secas prolongadas (já que a cultura orizícola é extremamente dependente de água para irrigação) e baixa no preço das commodities. Apesar desses efeitos negativos, a fronteira oeste ainda concentra a maior parte da quantidade produzida a nível nacional. A tabela 2 mostra a relação de quantidade de arroz produzida do Brasil e no Estado do Rio Grande do Sul:

Tabela 2: Evolução anual da área plantada e da quantidade produzida de arroz em casca BR e RS – 2010-2020

Ano	Brasil		Rio Grande do Sul	
	Área plantada (hectares)	Quantidade produzida (toneladas)	Área plantada (hectares)	Quantidade produzida (toneladas)
2010	2.778.173	11.235.986	1.101.311	6.875.077
2011	2.855.312	13.476.994	1.169.849	8.940.432
2012	2.443.182	11.549.881	1.042.560	7.692.223
2013	2.386.821	11.782.549	1.085.648	8.099.357
2014	2.347.460	12.175.602	1.114.132	8.241.840
2015	2.162.178	12.301.201	1.127.916	8.679.489
2016	2.004.643	10.622.189	1.088.566	7.493.431
2017	2.010.772	12.464.766	1.104.732	8.733.110
2018	1.876.326	11.808.412	1.068.311	8.401.787
2019	1.727.208	10.368.639	982.886	7.172.101
2020	1.679.940	11.091.011	951.397	7.753.663

Fonte: IBGE/Censo Agropecuário 2021

Dados do CONAB (2022), confirmam uma queda na produtividade de arroz irrigado no Estado devida à estiagem que atingiu o período de plantio 2021-2022. A queda de 8,6% na produção, variando a produtividade média de 8750 kg/ha para 7810 kg/ha. De acordo com (Kaehler, 2022), devido ao processo do arroz irrigado depender de inundação, com uma lâmina d'água de 10 a 15 cm, requer-se frequente bombeamento, drenando grandes quantidades de água e energia elétrica. Como no restante do Brasil pratica-se um cultivo tradicional com irrigação por gravidade (não permanente), reduz-se assim a qualidade do produto, sendo assim pouco aceito no mercado consumidor. Na Tabela 3 temos a disposição de área irrigada por região e estados da região sul:

Tabela 3: Arroz Irrigado no Brasil - Comparativo de Área, Produção e Produtividade nas Safras de 2020/2021 e 2021/2022

REGIÃO/UF	ÁREA (Em mil ha)			PRODUTIVIDADE (Em kg/ha)			PRODUÇÃO (Em mil t)		
	Safra 20/21	Safra 21/22	VAR. %	Safra 20/21	Safra 21/22	VAR. %	Safra 20/21	Safra 21/22	VAR. %
	(a)	(b)	(b/a)	(c)	(d)	(d/c)	(e)	(f)	(f/e)
NORTE	126,9	112,2	(11,6)	6.153	6.083	(1,1)	780,9	682,6	(12,6)
NORDESTE	19,9	20,9	5,0	6.328	5.881	(7,1)	126,0	122,9	(2,5)
CENTRO-OESTE	37,4	36,2	(3,2)	5.711	5.115	(10,4)	213,6	185,1	(13,3)
SUDESTE	8,0	8,4	5,0	5.272	5.459	3,6	42,2	45,9	8,8
SUL	1.113,0	1.124,4	1,0	8.699	7.875	(9,5)	9.682,0	8.854,3	(8,5)
PR	18,4	19,3	4,9	8.130	7.945	(2,3)	149,8	153,3	2,5
SC	148,8	147,7	(0,8)	8.445	8.285	(1,9)	1.254,9	1.223,7	(2,5)
RS	946,0	957,4	1,2	8.750	7.810	(10,7)	8.277,5	7.477,3	(9,7)
NORTE/NORDESTE	146,8	133,1	(9,3)	6.177	6.051	(2,0)	906,9	805,5	(11,2)
CENTRO-SUL	1.158,4	1.169,0	0,9	8.579	7.772	(9,4)	9.937,8	9.085,3	(8,6)
BRASIL	1.305,2	1.302,1	(0,2)	8.309	7.596	(8,6)	10.844,7	9.890,8	(8,8)
Fonte: Conab.	Médias	1.303,7		7.952,4			10.367,8		

Nota: Estimativa em maio/2022.

Fonte: CONAB, 2022.

De acordo com (CONAB, 2022), na safra de 2021/2022, a área plantada média de arroz foi de 957,4 mil hectares, o que corresponde a 73% da área nacional cultivada, com uma produção média de 8,280 milhões de toneladas (66,9%) e uma produtividade média de 9,280 kg/ha. A demanda energética necessária para suprimento de água em lavoura causa um aumento considerável de demanda elétrica. Essa demanda é suprida de três principais formas: Irrigação Eletromecânica, Diesel e por gravidade. A decomposição de carga instalada de irrigação mecanizada nas diferentes regiões do estado são mostrados nas tabelas 4, 5 e 6:

Tabela 4: Cultura do Arroz Irrigado no Rio Grande do Sul

Colhido por Regiões e RS - Safra 2020 - 2021			
Região	Total		Região (%)
	ha	%	
Campanha	127.727	13,5%	56,8%
Depressão Central	131.058	13,9%	
Fronteira Oeste	278.350	29,4%	
Planície Costeira Externa	107.300	11,3%	
Planície Costeira Interna	138.328	14,6%	
Zona Sul	163.209	17,3%	
RS - Total	945.972	100,0%	

Fonte: IRGA e EIRE, 2022.

Tabela 5: Prospecção de Irrigação no Estado do Rio Grande do Sul

IRRIGAÇÃO DO ARROZ									
Região	Mecânico Elétrico		Região (%)	Mecânico Diesel		Região (%)	Gravidade		Região (%)
	ha	%		ha	%		ha	%	
Campanha	14.827	1,6%	25,9%	39.183	4,1%	13,9%	73.717	7,8%	16,9%
Depressão Central	42.535	4,5%		30.147	3,2%		58.375	6,2%	
Fronteira Oeste	187.659	19,8%		62.891	6,6%		27.801	2,9%	
Planície Costeira Externa	59.219	6,3%		12.507	1,3%		35.574	3,8%	
Planície Costeira Interna	64.347	6,8%		13.276	1,4%		60.705	6,4%	
Zona Sul	115.433	12,2%		22.893	2,4%		24.884	2,6%	
RS - Total	484.020	51,2%		180.897	19,0%		281.056	29,7%	

Fonte: IRGA e EIRE, 2022.

Tabela 6: Potência Instalada por Fonte

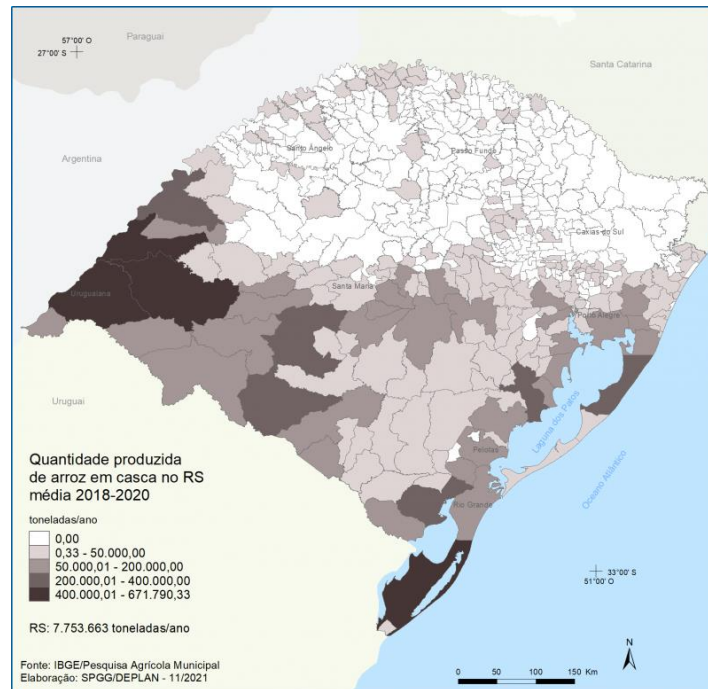
Região	Sistema Elétrico Potência Instalada		Sistema Diesel Potência Instalada		Sistema Elétrico Potência Instalada	
	CV	kW	CV	kW	CV	kW
Campanha	11.778,92	8.669,29	31.127,96	22.910,18	42.906,89	31.579,47
Depressão Central	33.791,23	24.870,35	23.959,72	17.634,35	57.740,95	42.497,34
Fronteira Oeste	149.081,00	109.723,62	49.961,91	36.771,97	199.042,91	146.495,58
Planície Costeira Externa	47.045,38	34.625,40	9.935,49	7.312,52	56.980,87	41.937,92
Planície Costeira Interna	51.119,00	37.623,58	10.546,62	7.762,31	61.665,62	45.385,90
Zona Sul	91.702,12	67.492,76	18.188,53	13.386,76	109.888,65	80.878,05
RS - Total	384.517,65	283.004,99	143.720,23	105.778,09	528.225,89	388.774,26

Fonte: IRGA e EIRE, 2022.

Na Mesorregião do Sudoeste Rio-Grandense, que corresponde as regiões da Campanha e Fronteira Oeste e a região da Depressão Central, a produção no período de 2020-2021 corresponde a mais da metade colhida de arroz no Estado (56,8%). A concentração de carga atendida por energia elétrica no RS corresponde a 51,2%, enquanto observa-se um potencial de conversão de Diesel para elétrico (19,1%). A tendência e de sua conversão em decorrência dos custos elevados do uso do Diesel, quando houver disponibilidade e capacidade de rede para atender a carga dentro dos critérios do PRODIST/ANEEL, resultando em uma economia superior a 60% no processo de conversão, mesmo tendo que investir em redes próprias de média tensão (23 kV) (KAEHLER *et al.*, 2022).

A Figura 4 apresenta sua distribuição de plantio de arroz por município do Estado do Rio Grande do Sul. Observa-se que os municípios pertencentes a Mesorregião do Sudoeste Rio-Grandense são fortemente dependentes do cultivo de arroz irrigado.

Figura 4: Quantidade produzida de Arroz em casca média 2018-2020 – RS



Fonte: IBGE/Pesquisa Agrícola Municipal 2020

As variações do preço da saca de arroz e fatores climáticos desfavoráveis são vistos como os principais motivos para a expansão da cultura da soja na fronteira oeste do Estado do Rio Grande do Sul. Segundo (Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul, 2021), o Brasil se configura o maior produtor mundial de soja, com 122 milhões de toneladas. O Estado do Rio Grande do Sul configura o terceiro maior produtor de soja do Brasil, superado apenas pelo Estado do Mato Grosso e Paraná. A Tabela 7 mostra a expansão da soja no Brasil e no Estado do Rio Grande do Sul.

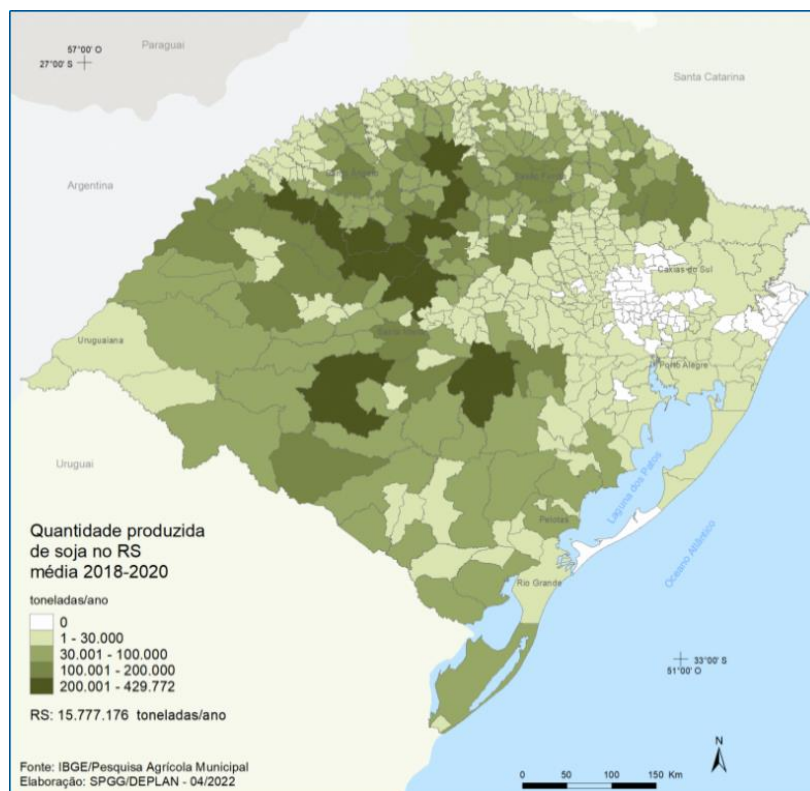
Tabela 7: Evolução anual da área plantada e da quantidade produzida de soja em grão, BR e RS – 2018-2020

Ano	Brasil		Rio Grande do Sul	
	Área plantada (hectares)	Quantidade produzida (toneladas)	Área plantada (hectares)	Quantidade produzida (toneladas)
2010	23.339.094	68.756.343	4.021.778	10.480.026
2011	24.032.410	74.815.447	4.075.389	11.717.548
2012	25.090.559	65.848.857	4.269.247	5.945.243
2013	27.948.605	81.724.477	4.727.833	12.756.577
2014	30.308.231	86.760.520	4.990.042	13.041.720
2015	32.206.387	97.464.936	5.263.899	15.700.264
2016	33.339.305	96.394.820	5.464.084	16.209.892
2017	34.004.361	114.732.101	5.541.860	18.744.186
2018	34.838.351	117.912.450	5.709.084	17.538.725
2019	35.944.094	114.316.829	5.843.533	18.498.119
2020	37.201.992	121.797.712	5.996.371	11.294.683

Fonte: IBGE/Pesquisa Agrícola Municipal, 2020.

O (Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul, 2020) afirma que o crescimento de área plantada no Estado do Rio Grande do Sul deve-se a expansão da soja em diversas áreas do Estado. Inicialmente, a cultura estava reservada ao norte e noroeste gaúcho. A rotatividade de culturas entre a soja e arroz tornou-se uma opção viável para expansão na fronteira oeste. Espera-se uma expansão cada vez maior da cultura da soja para os próximos anos. A figura 5 mostra a quantidade de soja em grão produzida no triênio 2018-2020.

Figura 5: Quantidade produzida de soja em grão, média 2018-2020 – RS



Fonte: IBGE/Pesquisa Agrícola Municipal. 2020.

Não diferente, de acordo com (CONAB, 2022), na Região do Rio Santa Maria, essa expansão da soja torna-se cada vez mais evidente, devido aos preços das sacas de 50 kg serem mais atrativos em relação ao arroz e existir uma redução das horas empregadas na atividade agrícola e na irrigação. A tabela 8 mostra a expansão (em hectares) da produção de arroz e soja na região.

Tabela 8: Produção de Arroz e Soja (hectare) por município da Região do Rio Santa Maria – RS

Município	Arroz (ha)	Soja (ha)
Cacequi	7.656	7.178
Dom Pedrito	42.985	71.563
Lavras do Sul	1.475	5.710
Rosário do Sul	14.138	24.376
Santana do Livramento	4.053	15.225
São Gabriel	13.410	31.130
TOTAL	83.717	155.182

Fonte: IBGE/Pesquisa Agrícola Municipal, 2020.

Como cultura predominante, a soja tem se mostrado opção para a rotatividade em conjunto com o arroz. Diversos produtores têm utilizado essa estratégia para diversificar os rendimentos, aumentar a rentabilidade do solo (desprendendo nitrogênio com o arroz e fixando-o ao solo com a soja) e rotacionando colheitas ao longo das safras anuais. Tal expansão tem gerado uma demanda de armazenamento, tópico que será explorado a seguir.

2.2.2 Panorama atual da Armazenagem de Grãos

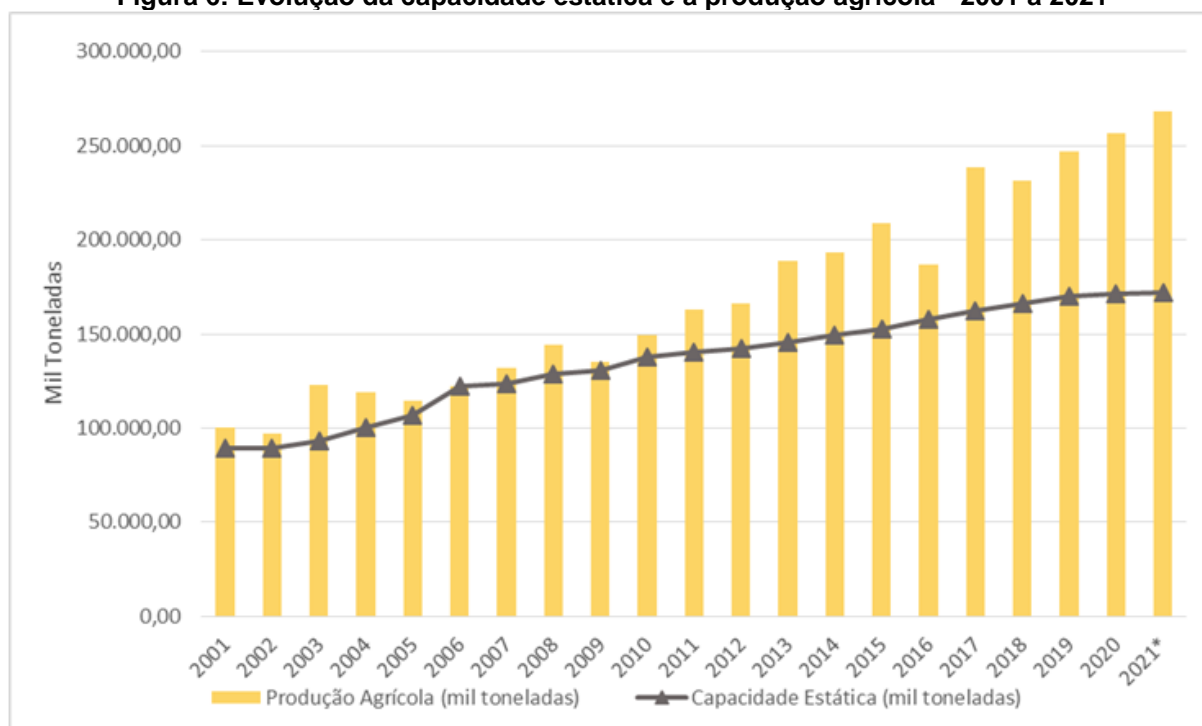
Para dar suporte a demanda de produção agrícola, é necessário o planejamento e a execução do correto armazenamento de grãos. Tal necessidade deriva do fato de existir demanda crescente de alimentos e a cada vez maior produção agrícola, assim permitindo que exista um fornecimento constante de alimentos ao longo do ano, tanto para atendimento do mercado interno como o externo. A armazenagem visa assegurar um estoque de segurança para períodos de contingências (desastres naturais); assim como a facilitação de negociação de melhores preços, tanto no mercado nacional como o mercado de exportação, garantindo assim uma maior estabilidade de preços. Um dos principais fatores de encarecimento da produção, o frete, é abrandado com a comercialização do produto armazenado em épocas de menor oferta e de maior demanda, permitindo assim uma melhor remuneração ao produtor. Assim, a geração de estoque por meio do armazenamento faz com que o produtor possa aguardar melhores oportunidades para a comercialização (IBGE, 2021).

Dados do (CONAB, 2021), indicam que a safra de grãos no período de 2020/2021

geraram 268,3 milhões de toneladas. Apenas as safras de arroz, milho e soja no mesmo período, corresponderam a 93% da safra de arroz (250,2 milhões de toneladas). A capacidade estática de armazenamento de grãos é de 171,7 milhões de toneladas, sendo a capacidade a granel (silos), é de 154,1 milhões de toneladas, correspondendo a 90% da capacidade total.

O crescimento da produção agrícola em relação a capacidade estática de armazenamento no período de 2001/2021 é mostrado na figura 6.

Figura 6: Evolução da capacidade estática e a produção agrícola - 2001 a 2021



Fonte: CONAB, 2021.

No período de vinte anos (2001-2021), o crescimento da produção agrícola no Brasil foi de 100 milhões de toneladas para mais de 250 milhões de toneladas de grãos produzidas, um crescimento de 223,19%; o crescimento da capacidade estática de armazenamento de grãos cresceu, no mesmo período, 92,48%. Tal crescimento de opções de armazenamento não acompanhou o ritmo da produção agrícola, gerando um perigoso déficit de armazenamento que, ao longo prazo, trará consequências graves ao setor agrícola.

Esse déficit é evidente na região sul do Brasil. A tabela 9 compara os dados de produção e capacidade estática (por unidade federativa):

Tabela 9: Comparativo da produção na safra 2020/2021 e a capacidade estática por Unidade Federativa (em mil toneladas).

U.F.	Produção Safra 2020/2021			Capacidade Estática			Correlação capacidade/produção		
	CONV.	GRANEL	TOTAL	CONV.	GRANEL	TOTAL	CONV.	GRANEL	TOTAL
AC	3,7	88,9	92,6	28,6	0,0	28,6	24,9	-88,9	-64,0
AL	18,4	85,1	103,5	201,9	348,9	550,8	183,5	263,8	447,3
AM	2,5	41,3	43,8	37,1	311,9	349,0	34,6	270,6	305,2
AP	1,0	61,8	62,8	5,7	0,0	5,7	4,7	-61,8	-57,1
BA	761,1	8.364,2	9.125,3	883,3	4.643,6	5.526,9	122,2	-3.720,6	-3.598,4
CE	120,7	450,1	570,8	195,4	168,0	363,4	74,7	-282,1	-207,4
DF	39,4	793,6	833,0	136,8	253,0	389,8	97,4	-540,6	-443,2
ES	14,5	32,5	47,0	727,1	670,6	1.397,7	712,6	638,1	1.350,7
GO	387,3	25.763,1	26.150,4	898,1	13.121,5	14.019,6	510,8	-12.641,6	-12.130,8
MA	67,8	5.319,6	5.387,4	90,0	2.699,3	2.789,3	22,2	-2.620,3	-2.598,1
MG	627,5	14.739,4	15.366,9	3.825,7	6.222,6	10.048,3	3.198,2	-8.516,8	-5.318,6
MS	84,3	22.233,8	22.318,1	605,2	9.543,3	10.148,5	520,9	-12.690,5	-12.169,6
MT	2.147,9	72.049,6	74.197,5	1.487,7	37.184,4	38.672,1	-660,2	-34.865,2	-35.525,4
PA	20,7	2.796,0	2.816,7	195,0	1.532,8	1.727,8	174,3	-1.263,2	-1.088,9
PB	41,5	81,3	122,8	54,6	35,7	90,3	13,1	-45,6	-32,5
PE	103,2	175,8	279,0	242,6	264,5	507,1	139,4	88,7	228,1
PI	124,1	4.991,6	5.115,7	95,2	1.043,0	1.138,2	-28,9	-3.948,6	-3.977,5
PR	750,6	40.243,8	40.994,4	1.667,1	28.189,8	29.856,9	916,5	-12.054,0	-11.137,5
RJ	1,3	3,6	4,9	110,5	25,2	135,7	109,2	21,6	130,8
RN	26,0	40,8	66,8	54,7	5,3	60,0	28,7	-35,5	-6,8
RO	17,8	2.339,2	2.357,0	172,2	971,5	1.143,7	154,4	-1.367,7	-1.213,3
RR	2,1	374,8	376,9	35,4	113,4	148,8	33,3	-261,4	-228,1
RS	79,3	33.791,4	33.870,7	2.347,0	28.598,8	30.945,8	2.267,7	-5.192,6	-2.924,9
SC	89,4	7.470,9	7.560,3	806,4	5.069,7	5.876,1	717,0	-2.401,2	-1.684,2
SE	3,5	878,2	881,7	4,5	9,0	13,5	1,0	-869,2	-868,2
SP	187,5	9.166,1	9.353,6	4.199,3	9.239,5	13.438,8	4.011,8	73,4	4.085,2
TO	49,7	5.658,4	5.708,1	313,1	2.053,5	2.366,6	263,4	-3.604,9	-3.341,5
TOTAL	5.772,8	258.034,9	263.807,7	19.420,2	152.318,8	171.739,0	13.647,4	-105.716,1	-92.068,7

Fonte: CONAB, 2021.

Tal déficit é mensurado nos estados da região sul. Apenas no Rio Grande do Sul, a diferença entre a produção de safra e a capacidade estática a granel é de 5.192,6 mil toneladas. Na Região da Bacia do Rio Santa Maria, dados do CONAB 2022, indicam que a capacidade de armazenamento a granel na região é de 373.677 toneladas, sendo que a quantidade de estabelecimentos agropecuários registrados que armazenam os grãos na região são 77 e se distribuem entre os municípios de São Gabriel, Rosário do Sul, Dom Pedrito e Lavras do Sul. A capacidade de armazenamento corresponde a 1,34% da capacidade total no estado do Rio Grande do Sul, sendo que há enormes possibilidades de expansão, haja vista que há planos

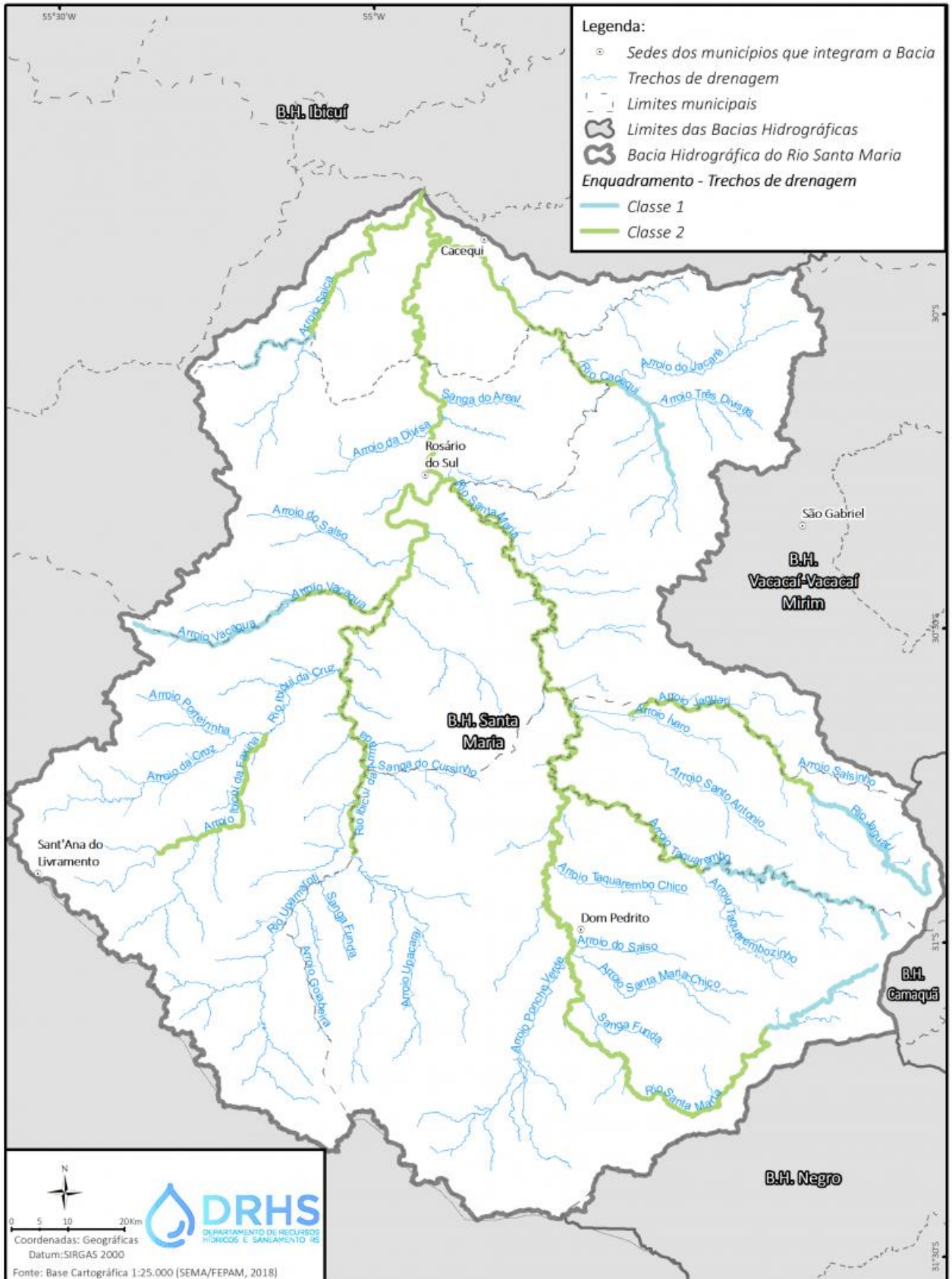
governamentais para a expansão da capacidade de armazenagem da produção agrícola nacional.

Para a expansão do armazenamento em granel e a consequente redução do déficit de armazenamento, torna-se necessário o investimento em equipamentos para a secagem e o armazenamento de grãos. Contudo, um dos principais fatores que dificultam a expansão de tais empreendimentos é a falta de expansão de linhas de distribuição de energia trifásicas, principalmente na região do Rio Santa Maria.

2.2.3 A Bacia do Rio Santa Maria e o Comitê de Gerenciamento da Bacia do Rio Santa Maria.

Localizada na Mesorregião Sudoeste do Rio Grande do Sul, a bacia do Rio Santa Maria possui vital importância no fornecimento de água superficial e subterrâneo para abastecimento e irrigação de culturas agrícolas nas cidades de Bagé, Cacequi, Dom Pedrito, Lavras do Sul, Rosário do Sul, Sant'Ana do Livramento e São Gabriel. A bacia é composta por afluentes de maior porte como o Rio Ibicuí da Armada, Rio Cacequi, Arroio Taquarembó, Arroio Jaguarí, Arroio Jacaquá, Arroio Saicã etc. Deságua na bacia do Rio Ibicuí, ainda no Estado do Rio Grande do Sul. Possui uma área de 15.740 km², onde a porcentagem territorial de municípios que estão inseridos na bacia são: Bagé (0,3%), Cacequi (49,5%), Dom Pedrito (94%), Lavras do Sul (47,9%), Rosário do Sul (68,7%), Sant'Ana do Livramento (43,2%) e São Gabriel (47,9%). A figura 7 mostra detalhadamente os componentes da Bacia do Rio Santa Maria.

Figura 7: Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria



Fonte: Secretaria Estadual do Meio Ambiente, 2019.

Na região mapeada para levantamento de água armazenada na bacia do Rio Santa Maria, cerca de 2.157 pontos são considerados reservatórios ou açudes, com área total alagada de 37.321 ha, correspondendo a um volume total de água acumulada de 1.103.846.016 m³, sendo que 861 deles possuem outorga (40%). Os usos consuntivos, ou seja, o uso para seu aproveitamento direto podem ser classificados em quatro áreas específicas: Abastecimento Humano, Industrial, Criação Animal e Irrigação. Segundo o Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria, 2016, de uma demanda superficial estimada de 1.134.904.038 m³/ano, sua demanda total é de 1.135.679.177 m³/ano; gerando uma diferença de 775,139 m³/ano. Tal diferença forma uma deflexão no curso do rio e no esgotamento de água da bacia. O seu uso hídrico é demonstrado pela tabela 10:

Tabela 10: Uso Hídrico da Bacia do Rio Santa Maria – RS

Demanda	1.134.904.038	m ³ /ano
Abastecimento Humano	12.934.177	1,14%
Abastecimento Industrial	1.135.000	0,10%
Criação Animal	21.200.000	1,87%
Irrigação	1.100.410.000	96,89%
TOTAL	1.135.679.177	100,00%
Diferença	775.139	

Fonte: Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria, 2016.

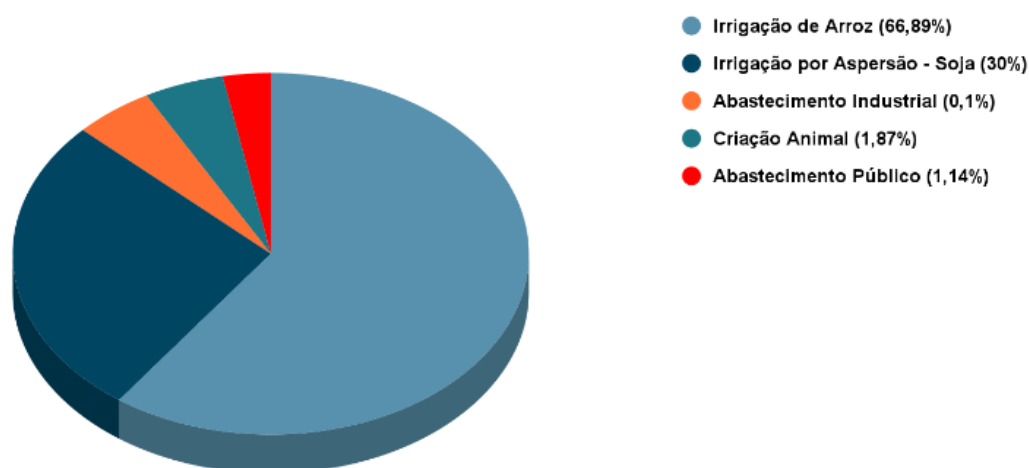
De acordo com (AUSM, 2016), abastecimento de populações urbanas da bacia, cuja população é estimada em 167.647 habitantes, é realizada através de mananciais superficiais (Dom Pedrito, Rosário do Sul, Lavras do Sul e São Gabriel) e por mananciais subterrâneos (Cacequi e Sant'Ana do Livramento). O consumo de água pela criação animal é estimada pela média de consumo de água por cabeça por dia, sendo o consumo de bovinos de corte responsável por 87% da demanda de consumo de água. A parcela expressiva de consumo de água dá-se devida à irrigação em lavouras de arroz e soja. Segundo (Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria, 2016), o consumo pode variar, pois fatores como mercado, clima e custos de produção interferem na demanda de água na bacia do Rio

Santa Maria. A Figura 8 sintetiza a demanda superficial de água na bacia do Rio Santa Maria:

Figura 8: Síntese das demandas superficiais na Bacia do Rio Santa Maria

Síntese das demandas superficiais (1.134.904.038 m³/ano)

Demandas de consumo de água estimado na bacia do Rio Santa Maria



Fonte: Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria, 2016.

De acordo com AUSM 2016, a expansão da cultura da soja, houve uma variação nas relações de demanda de irrigação. Como a cultura de soja necessita 5.230 m³/ha em comparação com a cultura do arroz, que necessita 11.500 m³/ha, a demanda por irrigação de arroz é consideravelmente maior, já que ela necessita de uma lâmina d'água de 10 a 15 cm para extrair a máxima produtividade por hectare. Assim, a demanda por meio da irrigação extraindo água do Rio Santa Maria corresponde a grande parcela da síntese das demandas superficiais.

Visando o correto gerenciamento da água, a Lei Federal n° 9.433/1997 (Política Nacional de Recursos Hídricos) e a Lei Estadual n° 13.350/1994 (Lei Gaúcha das Águas) definiu a política e o sistema de recursos hídricos do RS. A legislação estadual das águas prevê definir os objetivos futuros para as águas das Bacias Hidrográficas quem compõem o estado e as ações necessárias para o alcance e a manutenção dos objetivos propostos para priorizar o abastecimento de água a população humana e combater efeitos adversos a intempéries.

Assim, surgiu a Associação De Usuários da Água do Rio Santa Maria – AUSM; consiste em um órgão executivo, previsto no Artigo 47 da Lei Federal 9433/1997, a Lei estadual n° 13.350/1994 e entre as Organizações Civas de Recursos Hídricos.

Possui suas funções definidas legalmente em seu Estatuto Social. Possui o poder de desempenhar funções de agência de águas ou de Região hidrográfica, mediante Contrato de Gestão, desde que aprovado pelo Conselho de Recursos Hídricos, Nacional ou Estadual e solicitado por um ou mais comitês de bacia (AUSM, 2022).

As finalidades para as quais estão sendo construídas as primeiras barragens (Barragem do Jaguarí e Taquarembó) e canais de irrigação na Bacia do rio Santa Maria: abastecimento público, regularização de vazões, controle de cheias e múltiplos usos em atividades econômicas. A AUSM trabalha na estruturação de um Programa visando a diversificação da matriz produtiva regional, com sustentabilidade, tendo a água como foco. Buscou-se estabelecer parcerias com diversas instituições e entidades, dentre elas a EMBRAPA em um processo de articulação interinstitucional, iniciado através de um protocolo de interações entre a Entidade e a EMBRAPA Clima Temperado que gerou o Programa Águas para o Desenvolvimento, atendendo demandas geradas pela comunidade regional (AUSM, 2022).

Segundo (AUSM, 2016), as características geográficas e climáticas da região são peculiares, pois a irregular distribuição de chuvas e as temporadas de secas impostas pelo fenômeno La Niña (que é o resfriamento de águas do Oceano Pacífico Tropical e Oriental, produzindo temporadas de secas no leste do sul do Brasil, norte argentino e no Paraguai), faz com que o Programa contemple a necessidade de regularização de fluxo de água para suprimento da cadeia agropecuária e evitar a depleção de água do Rio Santa Maria. As ações previstas são a otimização da distribuição de água por meio de canais de irrigação por gravidade, construção de barragens para regularização de fluxo de água e sistemas de organização de prospecção de água por cota para cada produtor.

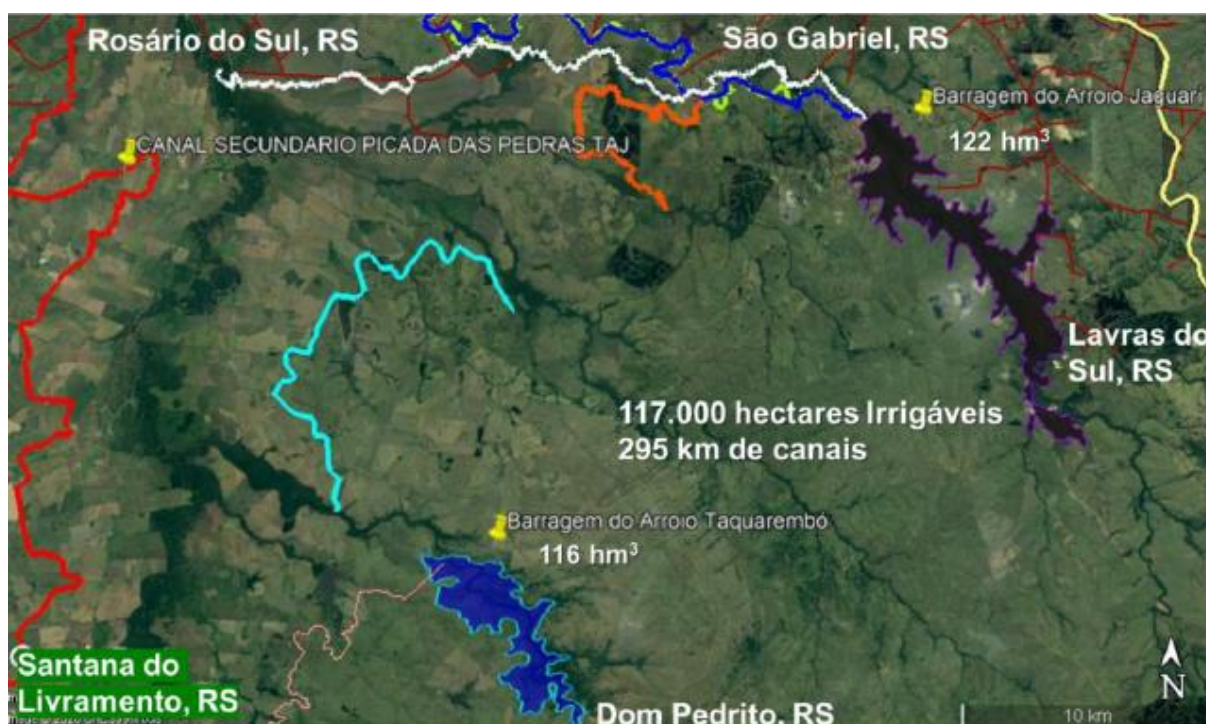
Por tudo isto foi entendido necessário apresentar ao Governo do Estado uma proposta para o processo de planejamento de distribuição das águas nos respectivos perímetros de irrigação das barragens. Foi proposto, então, pela AUSM e aceito para estudo de viabilidade pelo Governo do Estado do Rio Grande do Sul, uma rede de canais que aqui denominamos Sistemas Infraestruturais para Uso da Água das Barragens Taquarembó e Jaguarí, sendo que ele foi aprovado pelo Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do rio Santa Maria em sua 124ª reunião, realizada na cidade de Lavras do Sul, no dia 22 de junho de 2011 (AUSM, 2022).

A AUSM passa a atuar, então, interagindo com os Sistemas Estadual e Nacional de Recursos Hídricos, tendo em vista que as obras estão sendo executadas

em recursos hídricos de domínio do Estado, mas com recursos predominantemente federais (80%), dentro de dois Programas do Governo Federal: o PROÁGUA Nacional e o PAC (Programa de Aceleração do Crescimento), e com participação do Estado do Rio Grande do Sul, com os outros 20% dos recursos necessários, aplicados principalmente nos processos de Licenciamento Ambiental e desapropriações de áreas, que são pontos e partes de efetivação complexa, pelo envolvimento consistente da comunidade local que há mais de seis décadas pleiteava estas e outras obras para regularização de cursos d'água importantes da Bacia do rio Santa Maria, segurança de abastecimento público e também diminuição dos níveis das cheias ao longo do território da Bacia e especialmente em áreas urbanas das cidades de Rosário do Sul e Dom Pedrito situadas próximas do leito do rio Santa Maria, além de dar consistência e segurança à irrigação, como vetor de desenvolvimento sustentável (AUSM, 2022).

Inicialmente, os projetos das barragens foram concebidos para suporte à produção Orizícola irrigada foram concebidos em 2010 – 2011. A penetração de outras culturas, como a soja, altera fortemente o princípio da irrigação mecanizada, passando da irrigação por inundação, característica da cultura do arroz, para a irrigação por aspersão da cultura da soja. A readequação das culturas decorre da perda de atratividade econômica do arroz, frente à soja.

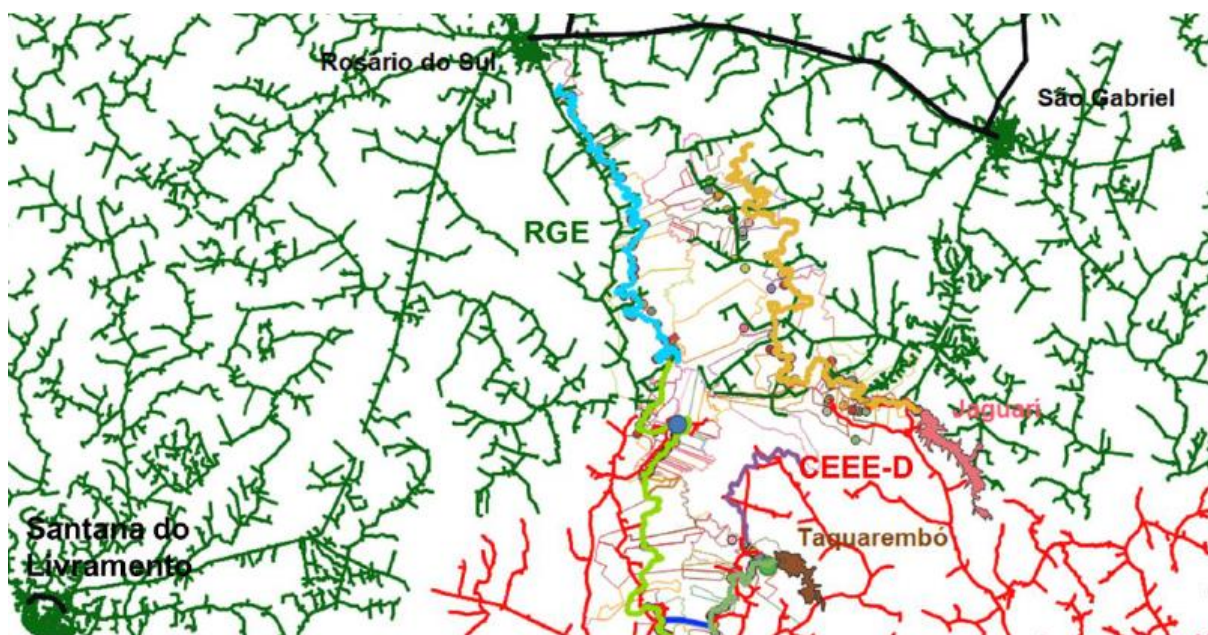
A estimativa do projeto de Barragens nos arroios de Taquarembó e Jaguarí possui um volume que é estimado, respectivamente, em 116 hm³ e 122 hm³ (KAEHLER *et al.*, 2022). Também, canais de irrigação paralelos ao curso do Rio Santa Maria, que era previsto inicialmente a irrigação de 14.540 hectares de cultura de arroz e canais de 82 km de comprimento. Com a redefinição e reordenamento do sistema de canais, torna-se possível ampliar a quantidade de área irrigada, para 117.000 hectares (8,1 vezes maior que a estimativa inicial) e incrementando o comprimento dos canais para 295 km (3,6 vezes a estimativa inicial). A figura 9 mostra a situação geofísica das barragens e seus canais de irrigação na bacia do Rio Santa Maria:

Figura 9: Conformação Geofísica das Barragens e seus Canais de Irrigação

Fonte: Kaehler *et al*, 2022

A região possui características energéticas particulares de uma zona rural. É dividida entre as principais concessionárias de energia elétrica do Estado do Rio Grande do Sul: RGE e CEEE-D/Equatorial. De acordo com Kaehler (2022), por ser uma zona limítrofe, o suprimento de energia é fortemente deficitário, por falta de alimentadores de média tensão. Isto implica que a demanda energética de irrigação, secagem e armazenagem de grãos é realizada pelo uso de sistemas a Diesel. A figura 10 analisa a distribuição da rede elétrica na bacia do Rio Santa Maria entre as concessionárias de distribuição de energia elétrica e apresenta o vazio de atendimento entre as concessionárias.

Figura 10: Rede Elétrica de Distribuição Trifásica de Energia em verde a rede de 23 kV da RGE e em vermelho a rede trifásica de 13,8 kV da CEEE-D/Equatorial.



Fonte: Kaehler *et al*, 2022

O levantamento realizado pela AUSM e seus associados demonstra o déficit energético na região. Evidencia-se que 64% das propriedades na região da Bacia do Rio Santa Maria não possuem energia trifásica. A maioria das propriedades são atendidas por sistema monofásico de retorno pela terra (Sistema MRT), limitando a potência entregue pela concessionária, por serem sistemas monofásicos de baixa capacidade. O aumento de carga estimado com a implementação das barragens e dos canais é de 38.551,50 CV e uma demanda ampliada de 47.309,11 kVA. Desta demanda, as propriedades sem energia trifásica contribuem com 23.575,50 CV ou 28.664,83 kVA (KAEHLER *et al.*, 2022). Esta estimativa de conversão decorre da substituição de equipamentos alimentados por Diesel por motores elétricos, sem levar em conta o desperdício de energia elétrica como um todo (Elétrica, Mecânica e Hidráulica). A Tabela 11 mostra a situação levantada pela AUSM da situação atual de fornecimento de energia elétrica dos proprietários rurais por barragem (Jaguarí e Taquarembó):

Tabela 11: Situação Prospectada pela AUSM - Propriedades Rurais a serem beneficiadas pela operação das barragens, seus processos produtivos e disponibilidade energética e elétrica

Situação Prospectada pela AUSM						
Barragem	Situação de Demanda da Propriedade Rural	Quantidade de Propriedades Rurais	Irrigação por Aspersão (ha)	Irrigação por Bombeamento (ha)	Necessidade de Potência (CV)	Necessidade de Potência (kVA)
Taquarembó	Sem energia Elétrica	125	4.484,00	910,00	8.091,00	9.231,78
	Com energia Elétrica	64	2.654,00	910,00	5.346,00	6.558,63
	Total Taquarembó	189	7.138,00	1.820,00	13.437,00	15.790,41
Jaguari	Sem energia Elétrica	84	9.833,00	490,00	15.484,50	19.433,05
	Com energia Elétrica	53	6.370,00	50,00	9.630,00	12.085,65
	Total Jaguari	137	16.203,00	540,00	25.144,50	31.518,70
Total Geral	Total	326	23.341,00	2.360,00	38.551,50	47.309,11
	Sem energia Elétrica	209	14.317,00	1.400,00	23.575,50	28.664,83
	Com Energia Elétrica	117	9.024,00	960,00	14.976,00	18.644,28
Total Geral	Total	100%	100%	100%	100%	100%
	Sem energia Elétrica	64%	61%	59%	61%	61%
	Com Energia Elétrica	36%	39%	41%	39%	39%

Fonte: AUSM/Kaehler *et al.*, 2022

Com a prospecção de dados, é possível avaliar o potencial de crescimento da região, ampliação da rede elétrica para a cadeia agrícola (irrigação, secagem e armazenagem de grãos) e geração distribuída. Dessa forma, espera-se suprir a demanda sempre crescente de energia demandada na região e explorar novas formas de geração distribuída. A exploração de novas formas de geração distribuída levará a uma estabilização de fatores elétricos na região e a economia de consumo energético, utilizando fontes disponíveis, mas ainda não exploradas comercialmente.

2.4 Geração Distribuída

A crescente demanda de energia, aliada ao impacto ambiental que fontes não-renováveis de energia possuem, faz com que seja necessário desenvolver um conjunto de soluções que, ao fornecer energia, possuam um impacto nulo na geração de resíduos. Atendendo a demanda de fontes energéticas limpas, a Geração Distribuída (GD) visa explorar o potencial energético de fontes renováveis (solar, biomassa, eólica e hidráulica) de forma descentralizada, sendo a energia gerada por

estas fontes entregue à rede elétrica ou para autoconsumo. A GD tem vantagem sobre o sistema de geração centralizada pois economiza investimentos em transmissão e reduz as perdas nestes sistemas, melhorando a qualidade e a confiabilidade do serviço de energia elétrica (INEE, 2013).

(SOCCOL *et al*, 2016), defende que a descentralização da geração de energia elétrica, aliada a injeção de potência em redes elétricas e o gerenciamento inteligente da rede de distribuição (*Smart Grids*), faz surgir a necessidade de uma observação e avaliação sobre custos de implementação. Haja vista que, o elevado custo para a implementação de sistemas baseados em fontes renováveis, em comparação com os sistemas tradicionais é ainda um fator que dificulta a participação mais efetiva dessas fontes na matriz energética brasileira. Segundo (KAEHLER *et al*, 2022), para reduzir barreiras regulatórias e econômicas, estratégias de incentivo foram desenvolvidas para viabilizar o uso da GD. O maior passo nesse sentido de sancionar a lei nº 14.300/2022 que institui o marco legal da microgeração e minigeração distribuída, o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE) e o Programa de Energia Renovável Social (PERS). Estabelece as definições de microgeração e minigeração distribuída, solicitações de acesso, compensação financeira pela inserção de energia na rede de distribuição e incentivos, por meio de subsídios, a implementação de GD.

De acordo com o Art. 1, inciso XI da Lei nº 14.300/2022, de 7 de janeiro de 2022 (Brasil, 2022), a microgeração distribuída é caracterizada por central geradora de até 75 kW e que utilize cogeração qualificada, conforme regulamentação da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), ou fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição de energia elétrica por meio de instalações de unidades consumidoras. O Inciso XIII da Lei 14300/2022 define que a minigeração distribuída é classificada como central geradora maior que 75 kW e menor ou igual a 5MW para fontes despacháveis e menor ou igual a 3 MW para fontes não despacháveis, conforme regulamentação da ANEEL, conectada na rede de distribuição de energia elétrica por meio de instalações de unidades consumidoras. Por serem reguladas pela ANEEL, a injeção de energia nos moldes da Resolução 1000/2021 (REN 1000/2021), que estabelece requisitos gerais de distribuição de energia elétrica e normas técnicas no módulo de número 3 dos Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST 3. A compensação financeira se dá por meio de créditos avaliando o montante de energia

elétrica ativa consumida e o montante de energia elétrica ativa injetada na rede pela unidade consumidora em sua respectiva área de concessão. No período de adequação (um ano), o sistema de tarifação não se altera. A partir de 2023, entra em vigor a taxação progressiva de serviços de distribuição de energia elétrica, depreciação de ativos e manutenção. Acresce-se o valor percentual até 2029, que se torna responsabilidade da ANEEL a fixação da taxação.

Visando a democratização do acesso as Energias Renováveis, a Lei 14300/2022 insere em conjunto o Programa de Energia Renovável Social (PERS), promoverá investimentos na instalação de sistemas de fontes renováveis em benefício de consumidores da subclasse residencial de baixa renda. Seu custeio será oriundo do Programa de Eficiência Energética (PEE), de fontes de recursos complementares ou de parcela de outras receitas das atividades exercidas pelas distribuidoras. Sua operacionalização se dará pela apresentação de plano de trabalho ao Ministério de Minas e Energia (MME) e a realização pelas distribuidoras de chamadas públicas para credenciar empresas e chamadas concorrenciais para contratar prestadores de serviços, a fim de implementar as instalações dos sistemas de GD.

Segundo EPE – Empresa de Pesquisa Energética (2016), as fontes renováveis de energia elétrica possuem quatro principais eixos de geração de energia elétrica: Eólica, Solar, Hidroelétrica e Biomassa. Segundo (Soccol *et al*, 2016), as características intrínsecas de cada fonte renovável é:

- Eólica: Um Aerogerador é um equipamento destinado a geração de energia elétrica a partir da energia cinética fornecida pelo vento. O vento movimentando as pás da turbina, transmite a energia mecânica ao gerador, acoplado ao eixo, que converte em energia elétrica.
- Solar: Composta por Sistemas Fotovoltaicos, utiliza a energia solar para a geração de energia limpa. A facilidade de expansão, o elevado grau de confiabilidade, a redução de perdas por transmissão de energia devido à proximidade da geração e a manutenção reduzida torna uma solução economicamente viável.
- Hidroelétrica: A Conversão de Energia Potencial da água armazenada em energia cinética ao movimentar as pás de uma turbina acoplada a um gerador síncrono gerando assim energia elétrica. A ANEEL classifica uma Usina Hidrelétrica de Energia (UHE), unidades geradoras com

capacidade acima de 30 MW; define como Central Geradora Hidrelétrica (CGH); e por fim, as Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH), as quais correspondem a geração superior a 3 MW e inferior a 30 MW.

- Biomassa: Utiliza fontes orgânicas de origem animal e vegetal. Desde origem agrícola (soja, arroz e cana-de-açúcar), florestal (madeira) e rejeitos urbanos e industriais (sólidos e líquidos). Sua utilização se dá por meio de processos de combustão direta, secagem, classificação, processos termoquímicos (pirólise, gaseificação, liquefação e transesterificação) e processos biológicos (digestão anaeróbia e fermentação).

Revisando a legislação que envolve o uso e a aplicação da Geração Distribuída, observa-se que para a região do Rio Santa Maria, além do potencial energético disponível por meio da geração solar, hidráulica, biomassa e eólica, a necessidade de fonte segura e constante de energia elétrica para a secagem e armazenagem de grãos faz-se necessário, haja vista o déficit energético na região.

2.5 Secagem de Grãos

A secagem e armazenagem de grãos consiste em um processo principal na pós-colheita de grãos. Para (SILVA *et al*, 2004), consiste em um processo que trata o grão para seu aproveitamento em consumo e como uma forma de armazenar grãos de maneira segura e mantendo a qualidade e características do grão. Por questões didáticas, os métodos de secagem são classificados e estudados de acordo com a figura 11:

Figura 11: Classificação de sistemas de secagem de grãos

Sistemas de secagem	Natural – no campo, na própria planta				
	Natural	Ventilação Natural	Terreiros e paióis		
			Secagem Solar		
	Outros				
	Artificial	Ventilação Forçada	Ar Natural		
			Altas Temperaturas	Quanto aos fluxos	Camada fixa
					Cruzados
					Concorrentes
					Contra-correntes
					Cascata
					Rotativo
Fluidizado					
Baixas Temperaturas			Quanto à operação	Solar híbrido	
				Intermitentes	
	Contínuos				
Sistemas Combinados					
Seca-aeração					
Convecção					

Fonte: Silva *et al*, 2004

A secagem de grãos podem ser realizadas de forma natural ou artificial. A secagem natural consiste na secagem da própria planta, quando o produto atinge o teor de umidade de equilíbrio, considerando as condições de campo (SILVA *et al*, 2004). A secagem natural não é recomendada para os plantios de arroz e soja pois a exposição a intempéries ocasiona na perda de qualidade do grão. Assim, é recomendada a utilização de secagem artificial, utilizando ventilação forçada e com alta temperatura (SILVA *et al*, 2004).

(SILVA *et al*, 2004), afirma que umidade de sementes logo após a colheita normalmente é elevada. A manutenção por um período mais elevado desta umidade contribui para acelerar o processo de deterioração das sementes em função das atividades metabólicas, do consumo de reservas, liberação de energia e, por conseguinte, diminuição da sanidade delas. Pode-se considerar que, desde o momento em que atinge a maturidade fisiológica (máximo de qualidade), a semente está sendo armazenada no campo, sujeita a condições potencialmente adversas de temperatura, umidade e ataque de pássaros, insetos e microrganismos que podem provocar perdas qualitativas e quantitativas que alcançam, muitas vezes, níveis elevados. Assim, quando atingir de 11 a 13% de umidade, a semente pode estar em avançado estado de deterioração, ficando inutilizada para fins de semeadura. A semente pode, também, atingir teores de água muito baixos (8-10%), de modo que a danificação mecânica ocasionada pela colheita e transporte se torne

comprometedora, com trincamentos em sua superfície, diminuindo a qualidade do produto. Por outro lado, a semente poderá hidratar-se novamente devido à chuva, ao orvalho e às flutuações de umidade relativa, sendo necessário uma espera para a colheita, o que, dependendo do período, pode ser altamente prejudicial.

Por ocasião da colheita (NUNES, 2022), diz que a semente deve apresentar teor de água compatível, variável de espécie para espécie e entre cultivares da mesma espécie, que permita a colheita mecânica com danos mecânicos restringidos ao mínimo. Algumas vantagens de se colher as sementes com umidade alta e se proceder a secagem são:

- possibilidade de planejar a colheita;
- possibilidade de colher mais horas por dia e mais dias por safra;
- menor perda de sementes por deiscência/degrane natural.

Enfatiza-se que, para muitas espécies recalcitrantes, as sementes não podem ser secadas a baixos teores de água.

2.5.1 Princípios de Secagem

O vapor d'água presente na semente tende a ocupar todos os espaços intercelulares disponíveis, gerando pressões em todas as direções, inclusive na interface entre a semente e o ar, denominada pressão parcial de vapor d'água na superfície da semente. Por sua vez, a água presente no ar sob a forma de vapor exerce, também, uma pressão parcial, designada pressão parcial de vapor d'água no ar. As variações de pressão e seu efeito no grão são demonstradas na figura 12:

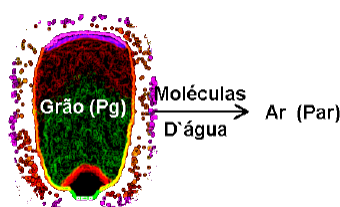


Figura 12: Representação da movimentação de água durante a secagem

Fonte: Silva *et al*, 2004

O processo de secagem envolve a retirada parcial de água da semente através da transferência simultânea de calor do ar para a semente e de água, por meio de

fluxo de vapor, da semente para o ar. A secagem de sementes, mediante fornecimento forçado de ar aquecido, compreende, essencialmente, dois processos simultâneos:

a) transferência (evaporação) da água superficial da semente para o ar circundante, que ocorre motivado pelo gradiente de pressão parcial de vapor entre a superfície da semente e o ar de secagem;

b) movimento de água do interior para a superfície da semente, em virtude de gradiente hídrico e térmico entre essas duas regiões.

Uma teoria bastante aceita para explicar o transporte de água do interior para a superfície da semente durante a secagem, é a do movimento capilar (gargalo). Segundo esta, o processo de secagem pode ser dividido em dois períodos: período de razão constante e outro de período de razão decrescente. Tais movimentos podem ser classificados a seguir:

- a) *Período de razão constante*: Quando o produto se encontra completamente úmido (no início da secagem) e a água escoar, na fase líquida, sob um gradiente hidráulico e em condições naturais, à temperatura do produto se iguala a temperatura do bulbo molhado. Com a retirada de umidade, ocorre o decréscimo do diâmetro dos poros e capilares e, conseqüentemente, diminuição do volume do produto aproximadamente igual ao volume de água evaporada. Seu processo de evaporação é demonstrado na figura 13:

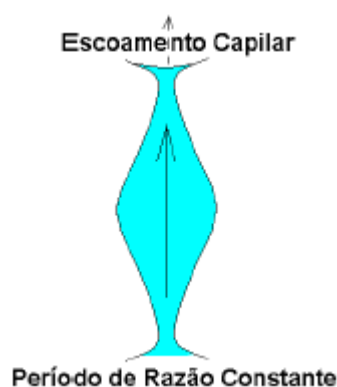


Figura 13: Representação da movimentação da água de um produto no período de razão constante

Fonte: Silva *et al*, 2004

- b) *Primeiro Período de Razão decrescente*: À medida que a secagem prossegue e tenha passado pelo ponto de umidade crítica, o teor de umidade em que a água deixa de se comportar como água livre, o teor de umidade decresce e a água na fase líquida faz a ligação entre as partículas

sólidas (produto), formando as pontes líquidas. O escoamento é predominantemente capilar. A figura 14 demonstra a movimentação:



Figura 14: Movimentação da água durante o primeiro período de razão decrescente

Fonte: Silva *et al*, 2004

- c) *Segundo período de razão decrescente*: Consiste em que a água existente nos gargalos dos poros pode migrar, arrastando-se ao longo das paredes capilares ou evaporando e condensando, sucessivamente, entre as pontes líquidas. A pressão parcial de vapor decresce e a contração de volume do produto continua, porém em menor quantidade. Conforme a figura 15:



Figura 15: Movimentação de água durante o segundo período de razão decrescente

Fonte: Silva *et al*, 2004

- d) *Terceiro Período de razão decrescente*: A secagem ocorre no interior do produto. O teor de umidade de equilíbrio é atingido quando a quantidade de água evaporada se iguala à quantidade condensada. A figura 16 demonstra a movimentação:



Figura 16: Movimentação de água durante o segundo período de razão decrescente ou durante seu equilíbrio higroscópico.

Fonte: Silva *et al*, 2004

A forma mais utilizada para aumentar o diferencial entre as pressões de vapor da superfície da semente e do ar de secagem é o aquecimento desse último, diminuindo, em consequência, a sua umidade relativa que, dessa forma, adquire maior capacidade de retirada de água. Em termos práticos, a umidade relativa tem sido utilizada como referência para inferir se a semente irá perder (secagem), ganhar (umedecimento) ou manter sua umidade (equilíbrio higroscópico), sob determinada condição atmosférica. Verifica-se que, à medida que se aumenta a temperatura do ar, a sua umidade relativa diminui, elevando a sua capacidade de retenção de água.

2.5.2 Métodos de secagem

Para a secagem de grandes massas de grãos é necessário utilizar a secagem artificial de grãos. A figura 17 demonstra a classificação dos métodos de secagem de grãos utilizando alta temperatura:

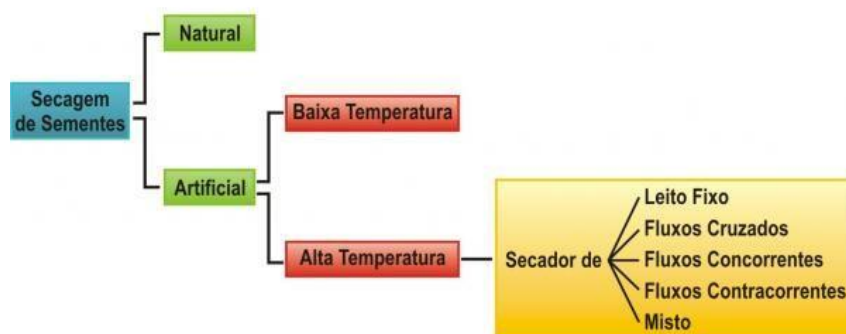


Figura 17: Classificação dos métodos de secagem de grãos de alta temperatura

Fonte: Nunes, 2018.

Os métodos de secagem artificial são obtidos pela exposição da massa de sementes a um fluxo de ar aquecido ou em baixa temperatura. É caracterizado conforme o fluxo no secador: em fluxo estacionário, contínuo e de fluxo intermitente.

2.5.2.1 Secagem estacionária

A secagem estacionária é exemplificada na figura 18:

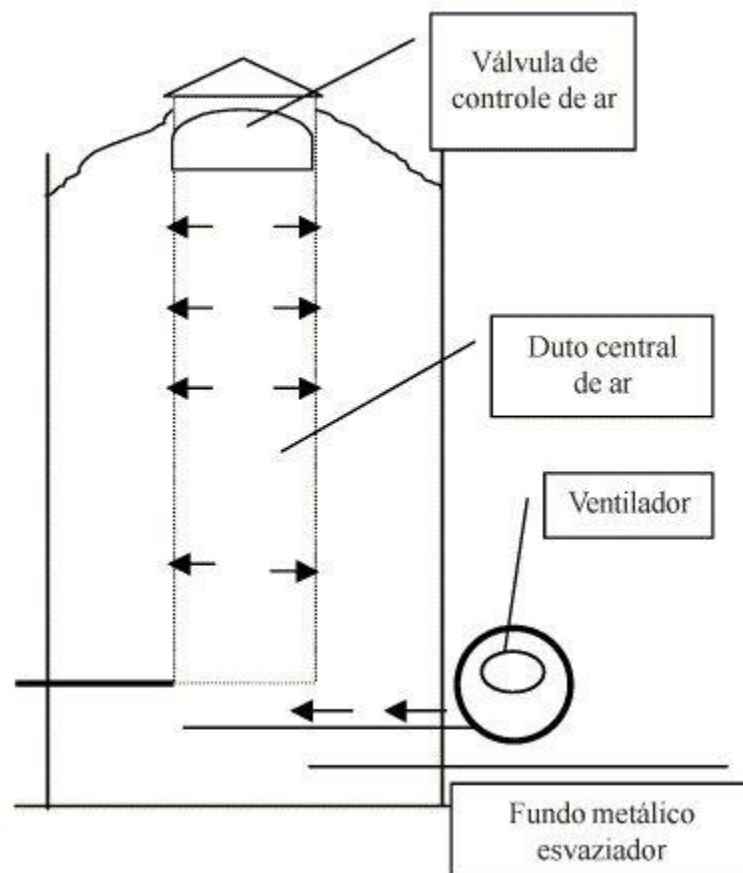


Figura 18: Secagem estacionária de grãos.

Fonte: Nunes, 2018.

O método estacionário de secagem consiste basicamente em forçar o ar através de uma massa de sementes que permanece sem se movimentar. A secagem estacionária requer precauções especiais para o seu correto desempenho, sendo estas as mais importantes:

a) *Fluxo de ar* - O ar forma condições para que ocorra retirada de água da semente por evaporação, através de transporte de calor desde a fonte até a câmara de secagem, além de transportar a umidade retirada da semente para fora do sistema

de secagem, permitindo que continue a evaporação da umidade que migrou do interior para a superfície da semente.

b) Umidade relativa do ar (UR) – A semente, como todo material higroscópico, perde ou ganha umidade em função da UR. Para cada UR, a uma determinada temperatura, a semente atinge um teor de água em equilíbrio.

c) Temperatura do ar de secagem- Em razão das sementes permanecerem em contato com o ar aquecido por longo período, deve-se tomar precauções quanto à temperatura do ar, pois as sementes tendem a atingir a mesma temperatura do ar de secagem. O excesso de calor na semente tende a causar fissuras em sua superfície e, conseqüentemente, a diminuir a qualidade do grão.

2.5.2.2 Secagem de fluxo contínuo

A secagem de fluxo contínuo de ar é apresentada na figura 19:

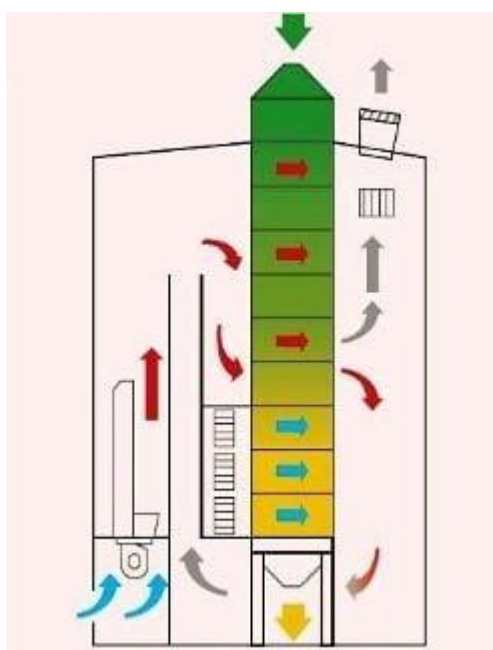


Figura 19: Secador de Fluxo Contínuo de Grãos.

Fonte: Nunes, 2018.

A secagem contínua é realizada, em geral, nos secadores contínuos que são formados, fundamentalmente, por duas câmaras: uma de câmara de secagem e outra de câmara de resfriamento. O método contínuo consiste em fazer passar as sementes uma só vez pela câmara de secagem, de tal forma que entrem úmidas no topo e saiam secas na base do secador.

Para que as sementes sequem em uma só passagem pelo secador, é necessário que se eleve muito a temperatura do ar de secagem ou se retarde o fluxo das sementes dentro da câmara de secagem, a fim de que permaneçam o tempo suficiente para perderem o excesso de água. Com o choque de temperatura elevada ou o excesso de tempo de exposição das sementes ao ar aquecido, corre-se o risco de causar danos térmicos às sementes. Assim, tal procedimento requer cuidado no tempo de exposição da semente ao ar com elevada temperatura, assim como o tempo de exposição do grão.

2.5.2.3 Secagem de fluxo intermitente

O método de secagem intermitente é demonstrado na figura 20:

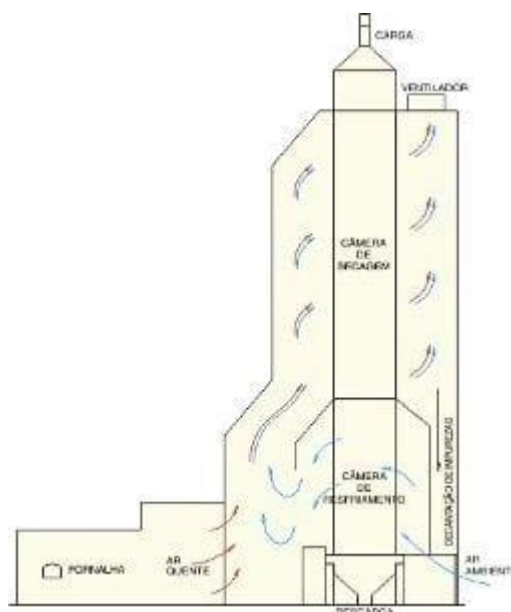


Figura 20:Exemplo de secador de fluxo intermitente.

Fonte: Nunes, 2018.

No secador intermitente, a semente é submetida à ação do ar aquecido na câmara de secagem a intervalos de tempo, permitindo a homogeneização da umidade e resfriamento quando elas estão passando pelas partes do sistema onde não recebam ar aquecido.

A intermitência da secagem permite que ocorra o transporte de água do interior para a superfície da semente durante o período de equalização, diminuindo a sua concentração dentro da semente. Conforme o tempo necessário para as sementes passarem pela câmara de secagem, existem dois métodos de secagem de fluxo intermitente:

a) *Método intermitente lento* - Esse método foi adaptado dos secadores tipo contínuo. Quando não são utilizadas temperaturas altas do ar de secagem, as sementes não chegam a secar em uma só passagem pelo secador, tornando-se necessária a adaptação do método contínuo, fazendo com que elas retornem para o corpo do secador, a fim de passarem mais vezes pela câmara de secagem. Esse processo mantém a qualidade do grão, mas aumenta o consumo energético.

b) *Método intermitente rápido* - Assim denominado porque as sementes passam através do ar aquecido a intervalos regulares e mais frequentes do que no intermitente lento. Existem disponíveis no mercado secadores especialmente desenvolvidos para realizar a secagem intermitente.

Nos secadores que utilizam ar aquecido forçado, é recomendável que se utilizem temperaturas crescentes no início e decrescentes no término da secagem, para evitar choques térmicos que podem causar fissuras no grão, de ocorrência frequente em sementes de arroz e milho. Também, ao fim da secagem, recomenda-se a utilização do ar forçado sem aquecimento para homogeneização da umidade das sementes.

Nos secadores contínuos e intermitentes, como envolvem transporte da semente e passagem dos grãos através de estreitos canais ($\pm 0,3$ m), é aconselhável que as sementes com palha passem por um bom processo de pré-limpeza e, se possível, que o sistema de secagem não seja interrompido enquanto as sementes não estiverem secas, para que sejam evitadas aglomerações e, conseqüentemente, entupimentos.

2.6 Estruturação de Secadores e Armazenadores de Grãos

A secagem e armazenagem de grãos consiste em um processo principal na pós-colheita de grãos. A etapa deve ser planejada desde a semeadura, evitando assim problemas na pós-colheita e garantindo sucesso em sua comercialização.

Para assegurar a qualidade no armazenamento, a retirada de possíveis infestações e outras ameaças a qualidade do grão, a pré-limpeza e a secagem são recomendadas. As etapas de pré-processamento, secagem e armazenamento são, resumidamente, apresentados na figura 21.

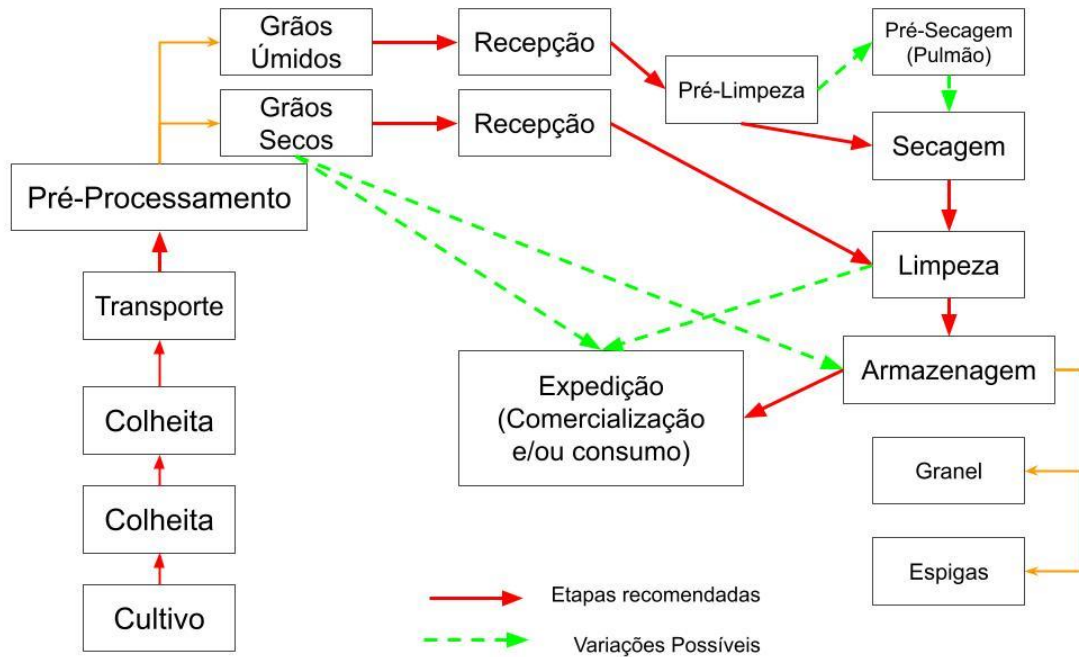


Figura 21: Fluxograma de etapas de Produção e pré-processamento

Fonte: Embrapa, 2015

Ao chegar no local onde ocorre o pré-processamento do grão, ocorre a separação grãos secos e úmidos (com umidade acima de 13%). Os grãos úmidos, em sua maioria presentes no pré-processamento, passam por um processo de pré-limpeza, para a retirada de materiais que possam danificar o grão e causar interferências no processo de secagem. Intermediário ao processo de secagem, a Pré-secagem é um processo que passa pelo silo pulmão para o grão ser dosado em quantidade específica para a secagem. A secagem ocorre na passagem de fornalhas específicas, onde o grão é inserido em um recipiente em que a retirada de umidade ocorre por meio de caldeiras que injetam ar quente na estrutura, sendo seu combustível biomassa (madeira), Diesel ou GLP. Atingindo o equilíbrio de umidade, passa para um novo processo de limpeza (peneiramento), para a retirada de grãos defeituosos e outras sujeiras que possam ocorrer. Por meio de elevadores, o grão é depositado em silos, onde ocorre o processo de equilíbrio térmico por meio da areação, que é a injeção de ar para equilibrar termicamente a massa de grão e evitar assim qualquer processo de umidade ou fermentação do grão.

Todo o processo de secagem e armazenagem de grãos têm particularidades, pois dependendo da disposição dos elevadores para transporte do grão e a capacidade de armazenamento têm-se perdas energéticas ao longo do processo.

Desconsiderando as perdas, é possível chegar a uma estimativa de consumo energético ao longo do processo e assim conseguir estimar custos.

2.6.1 Dimensionamento do Sistema de Secagem de Grãos

Para mensurar a quantidade de energia elétrica utilizada na secagem de grãos, requer-se uma análise de dimensionamento do sistema de secagem de grãos. Há diversas metodologias para dimensionar o sistema de secagem de grãos. No presente trabalho, optou-se por utilizar a metodologia de Weber (2005), que detalha as variáveis necessárias para o entendimento do processo de remoção da umidade do grão.

Algumas observações devem ser feitas antes de prosseguir ao equacionamento:

- Densidade de produtos: Grão de arroz (580 kg/m³) e grão de soja (750 kg/m³);
- Redução da Umidade: 18% a 14%;
- Temperatura Ambiente: 20°C;
- Temperatura de Secagem: 110 °C.

2.6.1.1 Cálculo do percentual de água a ser evaporada.

Para reduzir a umidade do grão a um percentual ideal, é necessário calcular a porcentagem de água a ser retirada pela evaporação no secador. Assim usa a equação 1:

$$A = \left(\frac{U_i - U_f}{100 - U_f} \right) 100 \quad (1)$$

Onde:

U_i: Umidade inicial (18%);

U_f: Umidade final (14%);

A: Porcentagem de água a ser evaporada.

2.6.1.2 Cálculo de Massa de água a ser evaporada por hora.

Para calcular o peso da água a evaporar por hora do grão no secador, utilizamos a equação 2:

$$P_a = P_s \cdot \frac{A}{100} \quad (2)$$

Onde:

P_a : Massa de água (kg);

P_s : Massa do Grão (kg) – valor tabelado pelo fabricante da capacidade do secador;

A : Porcentagem de água a ser evaporada.

2.6.1.3 Cálculo do calor necessário para evaporar água.

Para calcular o calor necessário para evaporar água, utiliza-se a equação 3:

$$H = \frac{P_a \cdot C}{\alpha} \quad (3)$$

Onde:

H : Calor (kcal);

P_a : Massa de água (kg);

C : Calor teórico para evaporação de água livre: 667 kcal/kg;

α : Rendimento (0,7).

2.6.1.4 Cálculo da quantidade de combustível necessário para evaporar a água e o custo aproximado.

O combustível mais utilizado para a secagem de grãos é a biomassa (lenha). Logo, é possível calcular a quantidade de lenha a ser utilizada. Utilizando a equação 4, temos:

$$P_i = \frac{H}{P_{CL}} \quad (4)$$

Onde:

P_i : Peso da lenha (kg);

H : Calor necessário por hora (kcal/h)

P_{CL} : Capacidade calorífica da lenha utilizada (2900 kcal/kg).

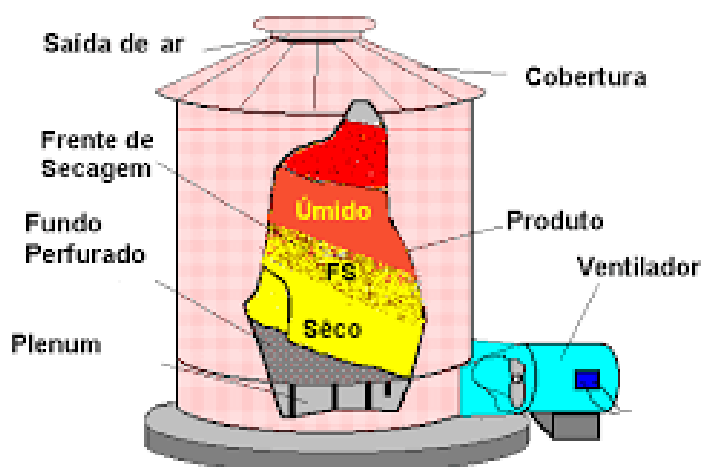
Convertendo o peso da lenha por metro cúbico de lenha, que é dividindo o peso da lenha pela densidade da lenha (400 kg/m³), chega-se ao valor de consumo em m³, que é a quantidade de combustível a ser utilizada no processo da secagem.

2.6.2 Dimensionamento do aerador de grãos no silo.

O armazenamento dos grãos deve ser planejado desde o momento da semeadura. Com um correto planejamento, a produção agrícola é armazenada de forma ideal e de qualidade, permitindo assim a negociação vantajosa em períodos de demanda. A maior preocupação no armazenamento de grãos é a umidade restante no grão, após o processo de secagem. A análise da umidade da massa de grãos deve ser realizada no momento da entrada dos grãos na unidade de armazenamento e, periodicamente, durante o armazenamento. Esses dois fatores são essenciais para a manutenção da qualidade dos grãos. Tanto a temperatura quando a aeração podem variar de acordo com a região em que seus grãos estão armazenados. Seguindo a regra básica de armazenamento: Umidade Relativa do AR (%) + Temperatura (°C) < 55,5°C, implicando em Armazenamento Seguro.

O processo final de secagem do grão é concluído no silo, onde ocorre o controle de temperatura e diminuição da umidade de 14% para 13% de forma controlada e em maiores quantidades. Este processo de insuflar ar no interior de silos demanda grandes quantidades de energia elétrica, aproximadamente 60% da energia consumida é realizada no processo de armazenamento de grãos. Para a massa de ar vencer a quantidade de grão e assim ocasionar o controle de temperatura e umidade no interior, requer-se ao menos dois insufladores para a distribuição homogênea de ar. A figura 22 demonstra o processo de secagem com ar natural, comumente utilizado em silos.

Figura 22: Silos para secagem com ar natural, mostrando a frente de secagem (FS).



Com o ventilador, o ar captado é injetado no interior do silo formando uma frente de secagem. Em uma quantidade pequena de grãos, a sua secagem ocorre em horas. Contudo, para grandes quantidades de grãos, sua secagem leva dias. Se não há ar adequadamente insuflado, na cobertura do silo há a possibilidade de formação de umidade e a consequente danificação dos grãos armazenados. Assim, é necessário continuar a operação de areação até que a frente de resfriamento tenha se movido ao longo da massa de grãos e até que a camada superior tenha sido resfriada e atingindo valor igual à temperatura do ar (SILVA *et al*, 2004).

Seu dimensionamento requer o cálculo da vazão de ar e da pressão estática do ventilador, a potência do ventilador e o tempo provável para o resfriamento da massa de grãos. Assim, temos:

2.6.2.1 Cálculo da Capacidade do Silo

A capacidade do silo é a relação matemática considerando a área do silo (área do círculo), a espessura da camada de grãos e a massa específica do produto. Utilizando a equação 5, temos:

$$Ca = A \cdot H \cdot Me \quad (5)$$

Onde:

Ca: Capacidade (kg);

H: Espessura da camada de grãos (m);

Me: Massa específica do produto (kg/m³).

2.6.2.2 Cálculo da vazão de ar (Q)

Da tabela 12, obtém-se os valores de fluxo de ar para regiões quentes e frias. Logo, pode-se obter o valor do fluxo de ar necessário para ser injetado na massa de grão:

Tabela 12: Valores de Fluxo de Ar (m³/min.t de grãos)

Tipo de unidade/finalidade	Região Fria	Região Quente
Horizontal / grão seco	0,05 a 0,10	0,10 a 0,20
Vertical / grão seco	0,02 a 0,05	0,03 a 0,10
Pulmão / grãos úmidos	0,30 a 0,60	0,30 a 0,60
Seca-Aeração	0,50 a 1,00	0,50 a 1,00

Fonte: Silva *et al*, 2004

Assim, a vazão é dada pela equação 6:

$$Q = F \cdot Ca \quad (6)$$

Onde:

Q: Vazão (m³/min);

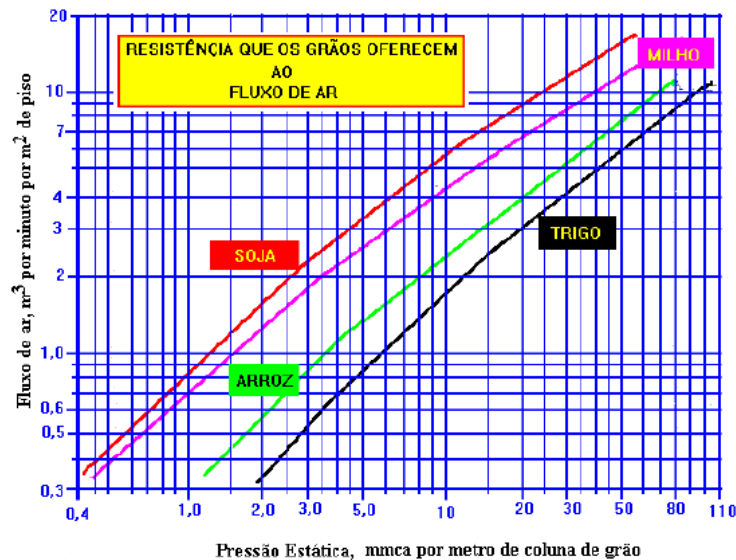
Ca: Capacidade (kg);

F: Fluxo de Ar (m³/min.t).

2.6.2.3 Cálculo da Pressão Estática total (P_{et})

A figura 23 fornece a variação entre a vazão específica de ar e a pressão estática, por metro de camada de grãos, para diferentes produtos. Sugere-se a utilização de valores obtidos na curva do produto que oferecer a maior resistência a passagem de ar. Da figura, é retirada a Pressão estática (P_e) que, estimando a resistência oferecida pelos grãos (20%) e o fator de compactação da massa de grãos (60%) fornece-nos a pressão estática total:

Figura 23: Variação entre a vazão do ar e a pressão estática, por metro de profundidade de coluna de grãos



Fonte: Silva *et al*, 2004

Assim, a pressão estática total (P_{et}) é dada pela equação 7:

$$P_{et} = P_e + (P_e \cdot 0,2) + (P_e \cdot 0,6) \quad (7)$$

2.6.2.4 Cálculo da Potência necessária no sistema (P_w)

A potência necessária entregue é relação entre a vazão (Q), a pressão estática total (P_{et}) sobre o rendimento (n), sendo dado pela equação 8:

$$Pot(CV) = \frac{Q \cdot P_{et}}{450 \cdot n} \quad (8)$$

A potência necessária, para efeitos práticos, pode ser calculada em kW. Basta converter a equação 7 e multiplicá-la por 0,736.

2.6.2.5 Cálculo do tempo provável de resfriamento

O tempo necessário para o resfriamento de uma massa de grãos em um silo é determinado pela equação 9:

$$t = \frac{16,6m_g \cdot C_g}{Q_t \cdot D_a \cdot C_a} \quad (9)$$

Onde:

t: tempo (horas)

m_g : massa total de grãos (t)

C_g : Calor específico do grão (kJ/kg°C);

Q_t : Vazão (m³/min);

D_a : Densidade do Ar (kg/m³);

C_a : Calor específico do ar (kJ/kg°C);

As equações aqui demonstradas servem-nos para o levantamento de demanda elétrica para secadores e silos. Partindo da quantidade de água a ser retirada do grão, calculamos a demanda de consumo de combustível do secador e demanda de energia para a secagem do grão no silo. Logo, calculando a capacidade de grão já seca e armazenada no silo, é possível calcular a demanda de potência elétrica dos ventiladores, elevadores e correia transportadora.

2.7 Dimensionamento de Elevador de Canecas e Correia Transportadora

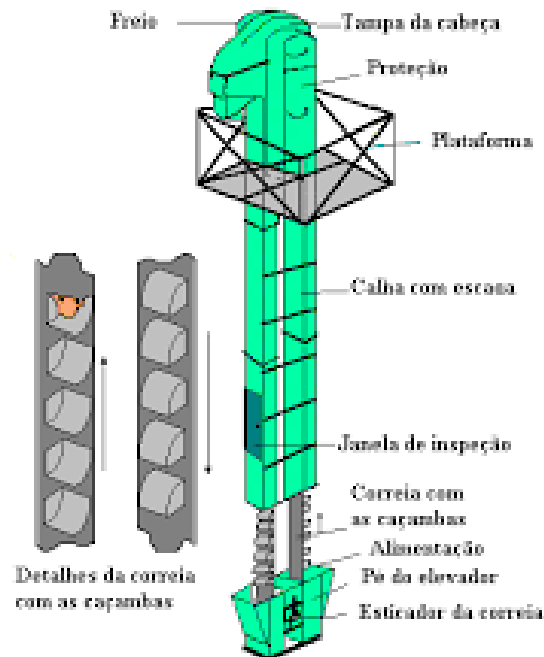
Os elevadores de canecas e correias transportadoras são componentes vitais para a movimentação de cargas de grãos. Seu dimensionamento e cálculo de demanda energética permite-nos compor o somatório final de potência elétrica.

2.7.1 Cálculo da potência demandada de um sistema de Elevador de Caçambas

Para calcular a potência elétrica demandada de um sistema de elevador de caçambas, leva-se em conta fatores construtivos do elevador, quantidade de caçambas por metro de correia e a característica de acoplamento da polia para movimentar o conjunto de caçambas. O passo a passo é dado por calcular a velocidade tangencial da polia, a velocidade linear das caçambas e a capacidade de transporte.

É constituído por três componentes principais: Pé, Corpo e Cabeça. A figura 24 demonstra um elevador padrão e seus componentes:

Figura 24: Componentes de um elevador de grãos



Fonte: Silva *et al*, 2004

Na região Inferior, chamada de pé, ocorre a entrada do grão no alimentador pelas caçambas acopladas à correia. Durante a movimentação da correia, a caçamba com uma porção de grãos entra no corpo da estrutura, onde essa altura varia de acordo com a necessidade requerida para o processo. Na cabeça do elevador, localiza-se o principal componente para a movimentação: a polia e o motor elétrico acoplado. Vencida a altura requerida, na cabeça do elevador de grãos, a porção de grãos entra para o próximo processo em que é requerido. O dimensionamento e a

potência elétrica requerida é apresentada na sequência a seguir.

2.7.1.1 Velocidade Tangencial da Polia

A velocidade tangencial da polia consiste em calcular a relação com o raio efetivo da polia motora, apresentado pela equação 10:

$$n = \frac{30}{\sqrt{R}} \quad (10)$$

Onde:

N: velocidade tangencial da polia (rpm);

R: raio efetivo da polia motora (m).

2.7.1.2 Velocidade linear das caçambas

A velocidade linear das caçambas é apresentado pela equação 11:

$$v = 2 \cdot \pi \cdot R \cdot N \quad (11)$$

Onde:

v: velocidade linear das caçambas (m/min);

R: raio efetivo da polia motora (m).

N: velocidade tangencial da polia (rpm);

2.7.1.3 Capacidade de transporte da correia transportadora

A capacidade de transporte das correias transportadoras é dada pela equação 12:

$$Q = \frac{60 \cdot C_c \cdot v \cdot \mu}{s} \quad (12)$$

Onde:

Q: capacidade do elevador (m³);

C_c: Capacidade da caçamba (m³).

v: velocidade linear das correias (m/min);

s: espaçamento entre as caçambas

μ: Fator de enchimento das caçambas (entre 0,75 e 1)

2.7.1.4 Capacidade de carga por metro

A capacidade de carga por metro é dada pela equação 13:

$$k = \frac{1}{s} \cdot \gamma \cdot C_c \quad (13)$$

Onde:

k: Carga por metro (kgf/m);

s: espaçamento entre as caçambas

γ : Peso específico (kgf/m)

C_c : Capacidade da caçamba (m^3).

2.7.1.5 Potência demandada do motor para acionamento do elevador

A Potência demandada do motor para acionamento do elevador é dada pela equação 14:

$$P = \frac{1,15 \cdot v \cdot k \cdot (H + (12D))}{4500} \quad (14)$$

Onde:

P: Potência do acionamento (CV);

v: velocidade linear das correias (m/min);

k: Carga por metro (kgf/m);

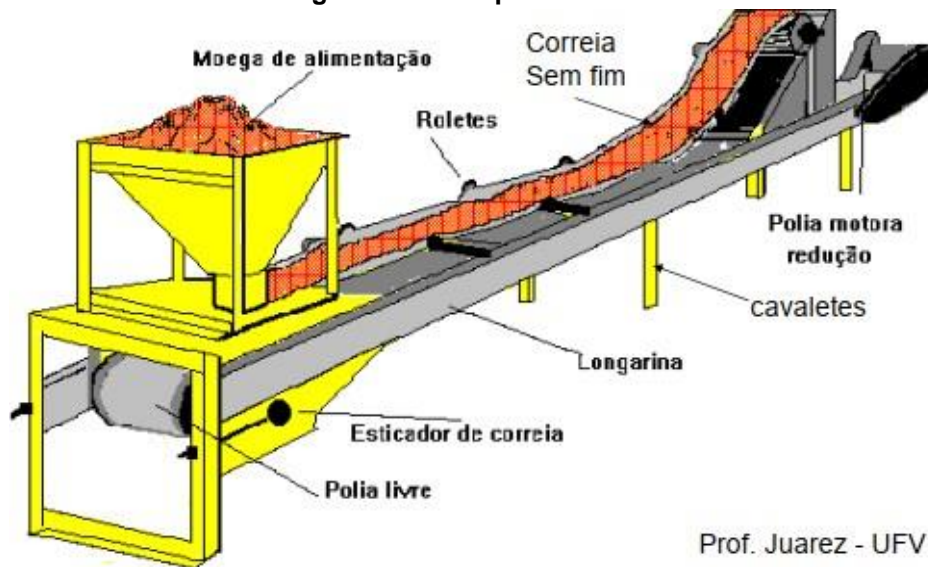
H: altura entre eixos do elevador (m);

D: diâmetro da polia (m).

2.7.2 Cálculo da potência demandada de um sistema de Transportador de Correia

Transportador de correia é um dispositivo projetado para transportar grandes massas de grãos a grandes distâncias. Tal processo de transporte é necessário para o armazenamento de grãos, tendo em vista que permite o transportador faz a descarga de grãos em qualquer ponto da correia, ideal para silos armazenadores disponibilizados em série. O transportador de correia é exemplificado na figura 25:

Figura 25: Transportador de Correias



Fonte: Silva *et al*, 2004

Para a distribuição uniforme da massa de grãos na correia, é necessário uma moega de alimentação, onde o grão é liberado sobre a correia. A correia é movimentada por um motor elétrico acoplado à polia que movimenta a correia. Ao longo do transportador, cavaletes com roletes distribuem o movimento da correia, movendo a massa de grãos e separadores realizam o direcionamento do grão ao longo do transportador para os locais de armazenamento do grão. Os procedimentos para dimensionamento e da potência demandada é dado a seguir.

2.7.2.1 Potência absorvida

A potência total demandada pelo sistema é dada pela equação 15:

$$P = P_1 + P_2 + P_3 \quad (15)$$

Onde:

P_1 : Potência para movimentar a correia;

P_2 : Potência para movimentar a carga de grãos;

P_3 : Potência para vencer o desnível.

2.7.2.2 Potência para movimentar a correia

A potência para movimentar a correia pelo sistema é dada pela equação 16:

$$P_1 = \frac{v.L.1,292[0,015+(0,000328*c)]}{100} \quad (16)$$

Onde:

P_1 : Potência absorvida pela correia horizontal para movimentar a correia (CV);

v : velocidade linear da correia (m/min);

L : Largura da correia (cm);

C : distância entre eixos da correia (m).

2.7.2.3 Potência para movimentar a carga

A potência para movimentar a carga pelo sistema é dada pela equação 17:

$$P_2 = \frac{Q[0,48+(0,0099*c)]}{100} \quad (17)$$

Onde:

P_2 : Potência absorvida pela correia horizontal para movimentar a carga (CV);

Q : Capacidade da correia (t/h);

C : distância entre eixos da correia (m).

A capacidade de carga é dada pela equação 18:

$$Q = 400(0,9B - 0,5)^2 v \cdot \gamma \quad (18)$$

Q : Capacidade da correia (t/h);

B : largura da correia (m);

v : velocidade linear da correia (m/s);

γ : Peso específico dos grãos (t/m³).

2.7.2.4 Potência para vencer o desnível

A potência para vencer o desnível da carga pelo sistema é dada pela equação 19:

$$P_3 = \frac{3,33.h.Q}{100} \quad (19)$$

Onde:

P_3 : Potência para vencer o desnível da carga (CV);

h : desnível vertical (m);

Q : Capacidade da correia (t/h).

2.8 Conclusão do Capítulo

O presente capítulo abordou com sua revisão bibliográfica a estrutura e importância do setor agropecuário em nível federal e estadual. Focando-se na Mesorregião Sudoeste Rio-Grandense (Campanha e Fronteira Oeste), mostra as características da região desde a concentração de estabelecimentos agropecuários de grande área, características de produção de grãos e demandas agroenergéticas para a irrigação de culturas de arroz e soja. Tal demanda de produção agrícola requer análise da atual armazenagem de grãos e a necessidade de planejamento e expansão de meios energéticos que disponibilizem a secagem e o armazenamento de grãos na Bacia do Rio Santa Maria.

Compreendendo suas características geográficas e de organização executiva por meio da AUSM, têm-se levantamento do déficit de abastecimento hidráulico devida à exploração excessiva de água da bacia para irrigação. Para mitigar tal efeito, a instalação de barragens de Jaguarí (122 hm³), Taquarembó (116 hm³) e canais de irrigação controlariam a vazão e disponibilidade hidráulica na bacia. Contudo, por localizar-se em uma região intermediária entre as principais concessionárias de energia do RS, há um déficit elétrico na região devida a insuficiente disponibilidade energética e elétrica, logo, é possível avaliar o potencial de crescimento da região ampliando a rede elétrica para os processos agrícolas envolvidos e a geração distribuída.

Revisando a legislação que envolve o uso e a aplicação da Geração Distribuída, observa-se que para a região do Rio Santa Maria, além do potencial energético, a necessidade de fonte segura e constante de energia elétrica para a secagem e armazenagem de grãos faz-se necessário. Examinando o processo de secagem de grãos e a necessidade de planejar o processo para ter maior qualidade na armazenagem e possibilidade de gerar lucros para o produtor, fundamenta-se os princípios que envolvem a secagem de grãos, os métodos de secagem, estruturação e cálculos de dimensionamento do processo de secagem, armazenamento de grãos e transporte por meio de elevadores e transportadores de correia. Tais conceitos aqui apresentados e proposta de método de cálculo serão de aporte para a metodologia e análise dos resultados.

3 METODOLOGIA

Neste capítulo, é apresentada a metodologia para a análise de perfil energético da região, sendo realizado o levantamento em campo das cargas que compõem a rede de distribuição ao longo do Rio Santa Maria e a organização de dados para a formação de um banco de informações para direcionamento de ações de exploração de fontes energéticas.

3.1 Prospecção de Dados

O trabalho em questão foi realizado em parceria com o Ministério de Desenvolvimento Regional (MDR), a Associação dos Usuários de Água da Bacia do Rio Santa Maria (AUSM) e Unipampa. A parceria possui a finalidade de levantamento de cargas com auxílio de pesquisa de campo, onde os dados utilizados para este trabalho adquiridos entre os dias 5 e 14 de janeiro de 2022. Assim, levantou-se informações com os proprietários e arrendatários das propriedades que são banhadas pelo Rio Santa Maria, para a prospecção de lavouras de soja e arroz que necessitem de irrigação, seja elas localizadas em várzea e/ou coxilha. O modo de irrigação foi levantado, pois observou-se uma diversificação da estratégia de irrigação, desde declividades que são irrigadas por pivôs a canais de fundo em regiões de várzea. Também, levantou-se informações de áreas de preservação permanente (APP) e a identificação de nascentes e cursos d'água para aproveitamento hidráulico, cruzando os dados com o Sistema de Outorga de Água (SIOUT) estabelecidos na região, informações georreferenciadas pela Agência Nacional de Águas – ANA, Cadastro Ambiental Rural – CAR e o banco de dados dos membros da AUSM.

Com as informações geográficas e de potencial elétrico, buscou-se levantar dados de localização de bombeamentos hidráulicos (elétrico, motor diesel e tracionado por trator) para posterior propostas de traçado de linhas de distribuição, extensão de alimentadores rurais até o ponto de consumo atuais e de futuras propostas que utilizem os traçados dos canais de irrigação do projeto do Polo de Irrigação da Bacia do Rio Santa Maria.

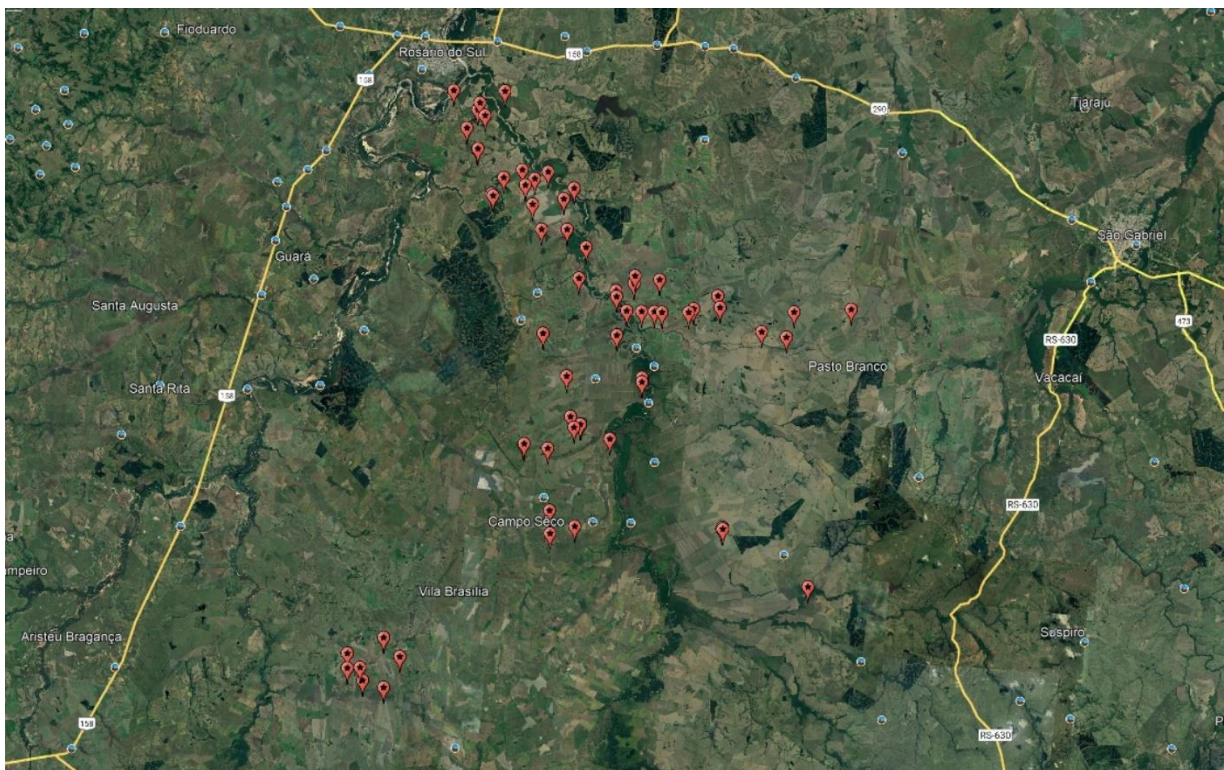
Paralelo ao levantamento de cargas elétricas, diesel e aproveitamentos energéticos, buscou-se a localização de transformadores de alimentação e grupo diesel geradores para secadores e silos, assim como informações sobre capacidade,

quantidade de motores de insufladores de ar, quantidade de elevadores, combustível da caldeira e acionamento elétrico. (CONTINUAR)

Com as informações georreferenciadas por GPS (Latitude, Longitude e UTM) e por localização no Google Earth® e no ArcGIS, é possível cruzar as informações fornecidas pelas concessionárias de energia (futuras propostas de traçado das linhas de distribuição para pontos de entrega de energia), SIOUT e AUSM.

A localização geográfica das cargas levantadas são apontadas na figura 26:

Figura 26: Levantamento de Pontos na Bacia do Rio Santa Maria



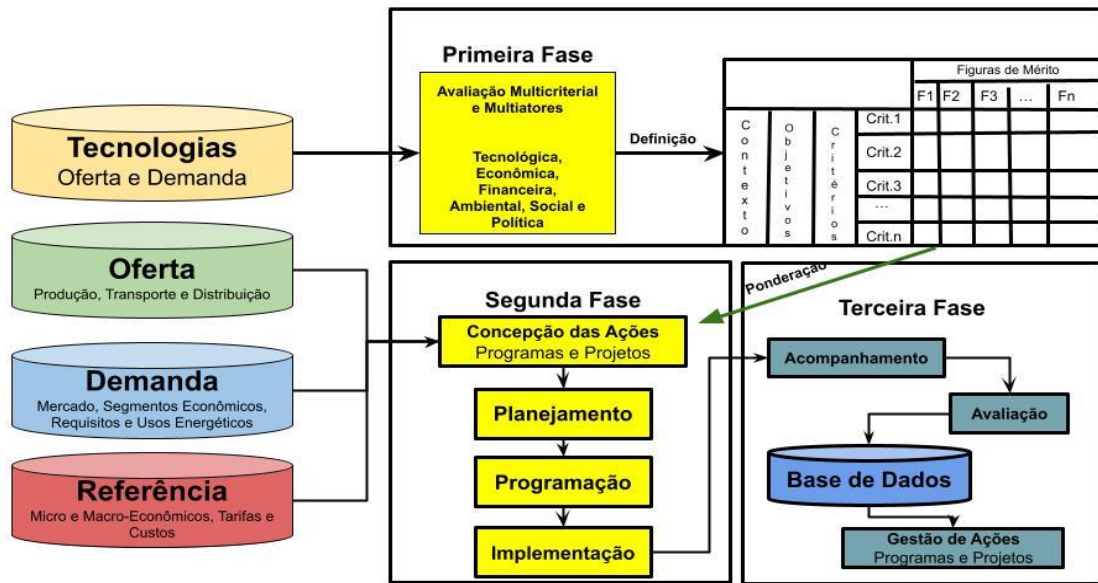
Fonte: Elaborado pelo autor.

3.2 Sistema Interligado de Apoio à Decisão

O Sistema Interligado de Apoio à Decisão (SIAD) consiste em uma ferramenta de tratamento de dados que direciona a pesquisa ao foco energético. Seu objetivo é a formulação de uma mancha energética que, aliada ao levantamento de dados elétricos (fornecendo-nos uma mancha elétrica de dados), direciona a ações de eficiência energética, aproveitamento de potencial energético, impacto técnico e econômico na região.

A Figura 27 apresenta a estruturação detalhada de cada aspecto que envolve o SIAD.

Figura 27: Estrutura Principal do SIAD



Fonte: Kaehler *et al.*, 2022.

A avaliação da situação atual consiste em prospectar a atual situação energética da região, desde sistemas de bombeamento de motores elétricos (potência elétrica nominal, níveis de tensão entregues, perdas por efeito joule, estrutura de motores etc.), motores diesel (potência do motor), Transformadores (instalação, potência fornecida, característica da carga etc.), grupo diesel gerador, silos (quantidade, armazenamento, aeração e elevadores) e secadores (capacidade de secagem, combustível, consumo energético etc).

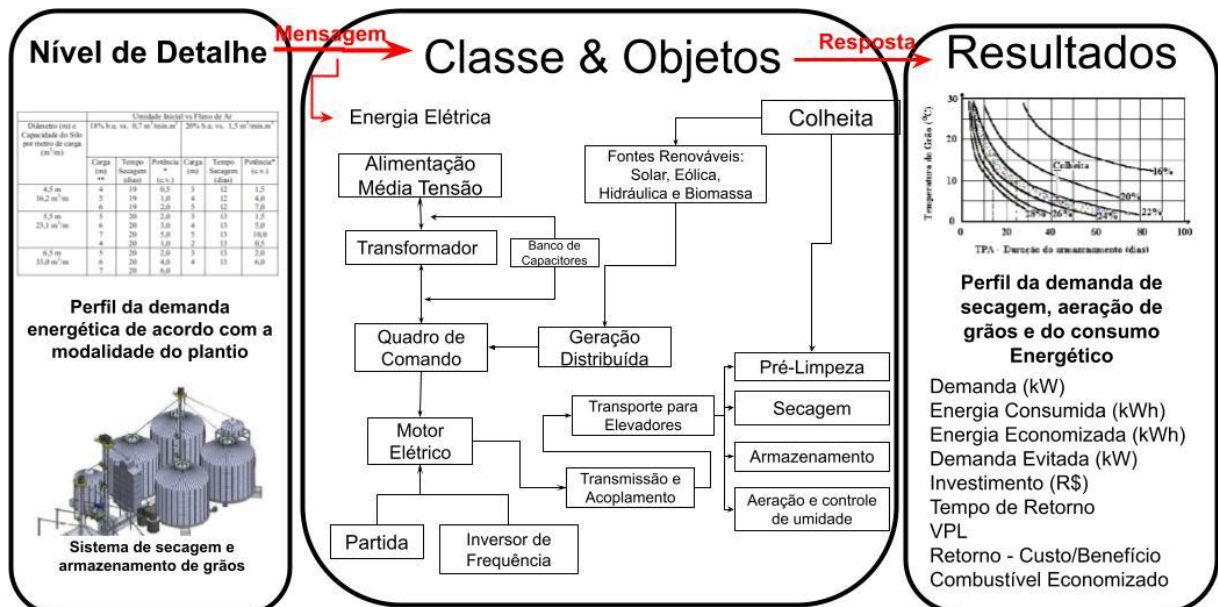
As informações que não são disponíveis no levantamento, seja pela falta de informação do produtor, ou por não existir a informação pertinente do secador ou silo por serem antigos, são levantadas por meio de catálogos disponíveis nos sites dos produtores de silos e secadores. Dessa forma, consegue-se uma estimativa de dados de potência e de capacidade para secagem e armazenamento de grãos.

Os dados colhidos foram organizados e classificados de acordo com o produtor visitado, sendo os mesmos escritos em Excel® para consulta por produtor e a visualização em Google Earth® de cada ponto levantado e fazenda visitada. Por serem programas computacionais de ampla empregabilidade e disponibilidade, optou-se utilizar em paralelo com o ArcGIS, sendo este último usado em projetos de rede de distribuição.

As bases de dados levantados formam um mosaico de informações que, ao

serem analisadas e classificadas, fornecem informações a respeito das características da carga a ser analisada. O desafio do levantamento de informações de cada proprietário é a particularidade de cada secador e armazenador de grão instalado na propriedade, que variam desde modelos antigos a modelos mais recentes de armazenadores e secadores de grãos. Com a disponibilidade de catálogos de secadores e aeradores de silos modernos, houve a necessidade de adaptação para a estimativa de consumo energético. Dessa forma, é possível estimar o consumo energético no tratamento pós-grãos em cada propriedade. A operacionalização do SIAD é ilustrada na Figura 28:

Figura 28:Operacionalização do SIAD para análise energética de secadores no Polo Irrigado do Rio Santa Maria.



Fonte: Kaehler *et al.*, 2022.

A operacionalização de um objeto de estudo, no caso, o sistema de secagem e armazenamento de grãos, consiste em um levantamento de dados que variam desde a definição da potência de ventilação (Insuflamento e/ou exaustão), de transporte por meio de elevadores/esteiras e de características do combustível para aquecimento nos secadores. A partir dessas informações, deve-se contabilizar o tempo para reduzir a umidade, logo, a potência e o tempo de operação são os dados que definirão o perfil do processo produtivo. Assim, é possível uma resposta de demanda de energia elétrica (kW), avaliação do consumo de energia elétrica,

caracterização de uma curva de carga do conjunto de secagem de grãos e as ações de eficiência energética para a economia e uso racional da energia elétrica.

3.3 Organização do banco de dados

A organização das informações dividiram-se em três partes distintas:

- Levantamento de informações de secadores por produtor;
- Capacidade de Armazenamento de silos planos e pulmão;
- Cálculo da demanda energética por secador e silo.

Com as informações adquiridas, é possível ir acrescentando os dados para cada componente encontrado nas tabelas de secadores e silos aeradores, sendo possível calcular os parâmetros que compõem o processo de secagem e armazenamento de grãos.

3.3.1 Levantamento de informações de secadores por produtor

Os dados de cada produtor que possui secador é apresentado na tabela 13:

Tabela 13: Classificação dos dados para levantamento de secadores por produtor

Ponto	Nome	Cidade	Coordenada GPS	Modelo (Secador)	Capacidade de Secagem		Capacidade Estática	Vazão de Ar	Potência Ventilador (CV)	Potência ventilador (kW)	Demais cargas	Potência da Carga Individual - Estimativa (kW)	Quantidade de calor	Consumo de Combustível		
					Soja	Arroz								Lenha	Óleo Diesel	Gás GLP

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na visita de campo ao produtor rural, é levantado dados sobre as coordenadas geográficas (Latitude, Longitude ou UTM), nome e cidade. As informações mais detalhadas referente aos secadores que estão na propriedade são adquiridas por meio de catálogos de secadores. Às vezes, estas não se encontram disponíveis, logo, se estima as características de secagem por meio de semelhança a um modelo de secador aproximado contido no catálogo. Estas informações levantadas: posição, demanda energética e capacidade de secagem são importantes, pois por meio delas calcula-se a demanda energética para secagem e estocagem de grãos.

3.3.2 Capacidade de Armazenamento de Silos planos e Pulmão

Um parâmetro necessário para calcular a demanda energética é conhecer a capacidade de armazenamento do produtor. Haja vista que tal necessidade requer conhecer a quantidade de massa de grão para o controle de temperatura e manter o grão em armazenamento seguro. As informações aqui adquiridas foram consultadas com os produtores e as dimensões de silos foram consultadas em tabelas de silos armazenadores. A tabela 14 quantifica as informações de capacidade de armazenamento por produtor com silo plano.

Tabela 14: Classificação dos dados para Capacidade de Armazenamento de Silos planos

Cidade	Coordenada GPS	Quantidade de Silos	Modelo (Silo Plano)	Diâmetro	Anel	Diâmetro Nominal	Altura corpo (m)	Altura teto (m)	Altura total (m)	Capacidade volumétrica		Capacidade (Incluindo 5% da compactação)			
										Nivelado (m ³)	Total (ângulo 28°) (m ³)	ARROZ 600 kg/m ³ nivelado (Tonelada)	SOJA 750 kg/m ³ (Tonelada)	ARROZ nivelado (saca - 50 kg)	SOJA nivelado (saca - 60 kg)

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para Silos pulmão, a classificação da capacidade se dá pela tabela 15:

Tabela 15: Classificação dos dados para Capacidade de Armazenamento de Silos Pulmão

Silos de fundo funil									
Modelo (silo funil)	Diâmetro	Anel	Ângulo do Funil	Diâmetro nominal	Altura Livre abaixo do funil	Altura total	Capacidade total (m ³)	Soja/milho 750 kg/m ³	Soja/milho (saca - 60kg)

Fonte: Elaborado pelo autor.

Com as informações adquiridas, é possível calcular a capacidade do produtor rural, assim como a demanda para o armazenamento do grão.

3.3.3 Cálculo de Demanda Energética por Secador e Silo

Para calcular os detalhes técnico do processo de secagem com as equações estabelecidas na revisão bibliográfica, no *software* Excel® os dados são organizados por produtor. Os dados por produtor são classificados por secador já catalogado, elevadores de caçamba, correia transportadora, dados de entrada do grão, secagem e armazenamento. Partindo de informações coletadas com produtores, como a cultura armazenada, área estimada plantada, foi possível calcular a potência elétrica necessária por produtor rural. A tabela 16 mostra a distribuição por produtor dos dados

catalogados e calculados:

Tabela 16: Cálculo de Demanda Energética por Secador e Silo por produtor rural

Cálculo de Demanda Energética por Secador e Silo		
Fazenda		Estabelecimento Agropecuário
		Cultura
		Massa específica
		Área Plantada (hectare)
		Produtividade (kg/ha)
Produtividade		Colheita (kg)
		Colheita (t)
		Colheita (Sacas)
Dados do Fabricante do secador	Secador	Modelo
		Capacidade (t/h)
		Capacidade Estática (m ³)
		Vazão de Ar
		Potência Ventilador (CV)
		Potência Ventilador (kW)
	Quantidade de Calor (kcal/h)	
	Combustível	Lenha
	Gás GLP	
Elevador de caçamba		Capacidade do Elevador (m ³)
		Volume da Caçamba (m ³)
		Diâmetro da Polia (m)
		Velocidade Tangencial da Polia
		Velocidade Linear da Polia
		Carga por Metro
		Potência do Motor Elétrico (CV)
		Potência do Motor Elétrico (kW)
Correia Transportadora		Comprimento (m)
		Capacidade da Correia (t/h)
		Desnível da correia (m)
		Largura (pol)
		Largura (mm)
		Velocidade Linear
		Velocidade de Rotação do Eixo
		Potência Absorvida 1
		Potência Absorvida 2
		Potência Absorvida 3
		Potência Absorvida Total
Dados de entrada do grão		Percentual de água Inicial
		Percentual de água Final
		Água a ser evaporada
Secagem		Massa de água a ser evaporada
		Calor Necessário para evaporar a água
		Quantidade de Lenha a ser utilizada
		Tempo de secagem - horas (lenha)

		Custo da Operação (lenha)
		GLP
		Tempo de secagem - horas (GLP)
		Operação Ventiladores
		Operação Elevadores
		Operação Transportador
		Total
Armazenamento	Dados da massa de grão	Quantidade de Silos
		Diâmetro
		Altura (Coluna de grãos)
		Volume da massa de grãos (m ³)
		Capacidade de grão (kg)
		Capacidade de grão (Toneladas)
	Sacas do grão	
	Aeração	Eficiência do sistema de aeração
		Fluxo de Ar Recomendado
		Vazão de Ar
		Vazão de Ar por m ² (m ³ de ar /min.m ²)
		Pressão estática
		Pressão Estática Total
		Potência necessária a injeção de ar no sistema (CV) - Silo único
		Potência necessária a injeção de ar no sistema (kW) - Silo único
		Tempo provável de Resfriamento (horas)
		Cargas diversas
		Total (único silo)
	Total (conjunto de silos)	
	Potência elétrica utilizada no processo	
Total por Propriedade		

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.4 Conclusão do Capítulo

A metodologia aqui apresentada para análise de perfil energético da região do Rio Santa Maria envolveu pesquisa de campo e levantamento de dados com produtores rurais e dados disponíveis de fabricantes de secadores e silos aeradores de grãos. As informações foram aglutinadas utilizando a metodologia SIAD, assim dando base metodológica para o acúmulo e tratamento de dados de silos e secadores. Por meio da mensagem fornecida que são os dados de secadores, silos, elevadores e esteiras transportadoras, é possível avaliar a dimensão de potência elétrica exigida, assim como as ações de eficiência energética e geração distribuídas. Estas questões serão abordadas no próximo capítulo.

4 APRESENTAÇÃO DA PESQUISA E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo, faz-se um comparativo dos resultados obtidos por meio dos cálculos desenvolvidos na revisão bibliográfica e apresentados na metodologia. Os levantamentos detalhados, cálculos e resultados de todos os produtores visitados se encontram anexo a obra. Aqui detalharemos graficamente e por tabelas os resultados encontrados.

4.1 Característica do consumo energético (Acrescentar anotação dos Anexos)

Conhecidas as potências individuais de carga dos secadores localizados nas respectivas propriedades, sendo as características levantadas no Apêndice A, é possível somar os resultados para calcular a demanda total de secadores das propriedades rurais na bacia do Rio Santa Maria e assim estimar seu impacto na demanda energética, sendo os cálculos organizados em tabela por produtor rural no Apêndice C. Como resultado total do levantamento, a tabela 17 mostra a energia demandada na secagem e aeração de grãos:

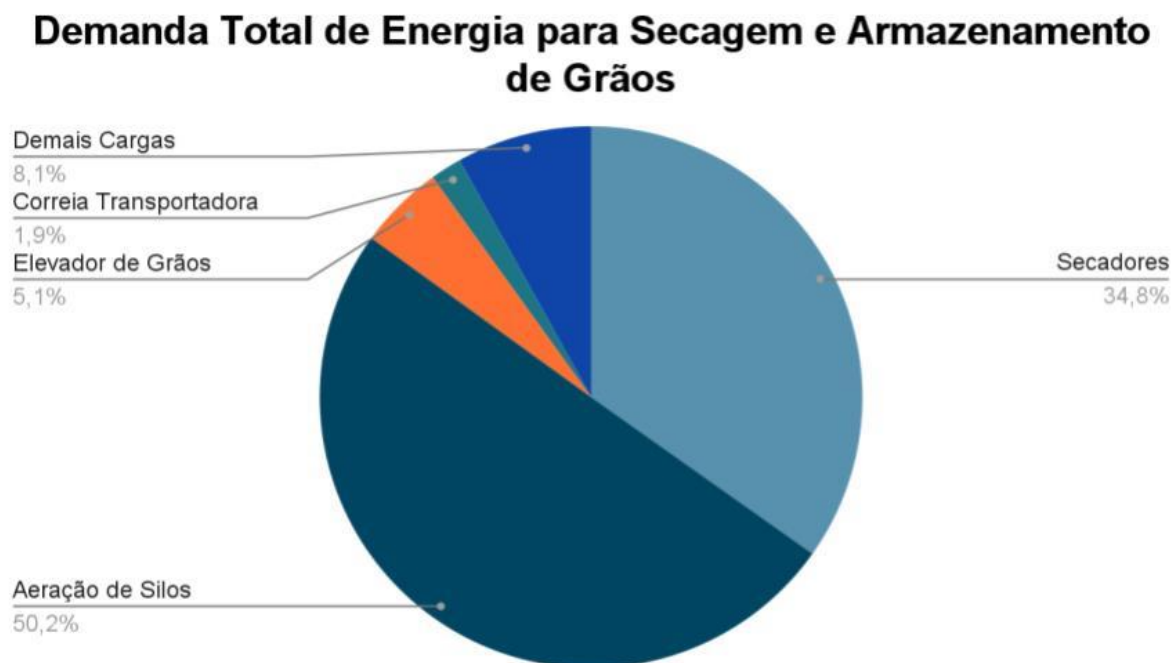
Tabela 17: Valores de demanda energética no processo de secagem e armazenamento de grãos nas propriedades com secadores e silos.

Demanda de Secadores	753,45 kW
Demanda de Aeração dos silos	1086,11 kW
Elevador	110,28 kW
Correia Transportadora	40,25 kW
Demais Cargas	153,9 kW
Total das propriedades	2143,99 kW

Fonte: Elaborado pelo autor.

A demanda total de energia, de acordo com a figura 29, é dividida em 34,8% demandada para secadores de grãos e para a aeração de silos é 50,2%. Os demais componentes do processo de secagem como o Elevador de grãos, Correia Transportadora e as demais cargas que compõem o processo de secagem e armazenamento de grãos contribuem, respectivamente 5,1%, 1,9% e 8,1%.

Figura 29: Distribuição percentual da energia demandada para a secagem de grãos e aeração de silos.



Fonte: Elaborado pelo autor.

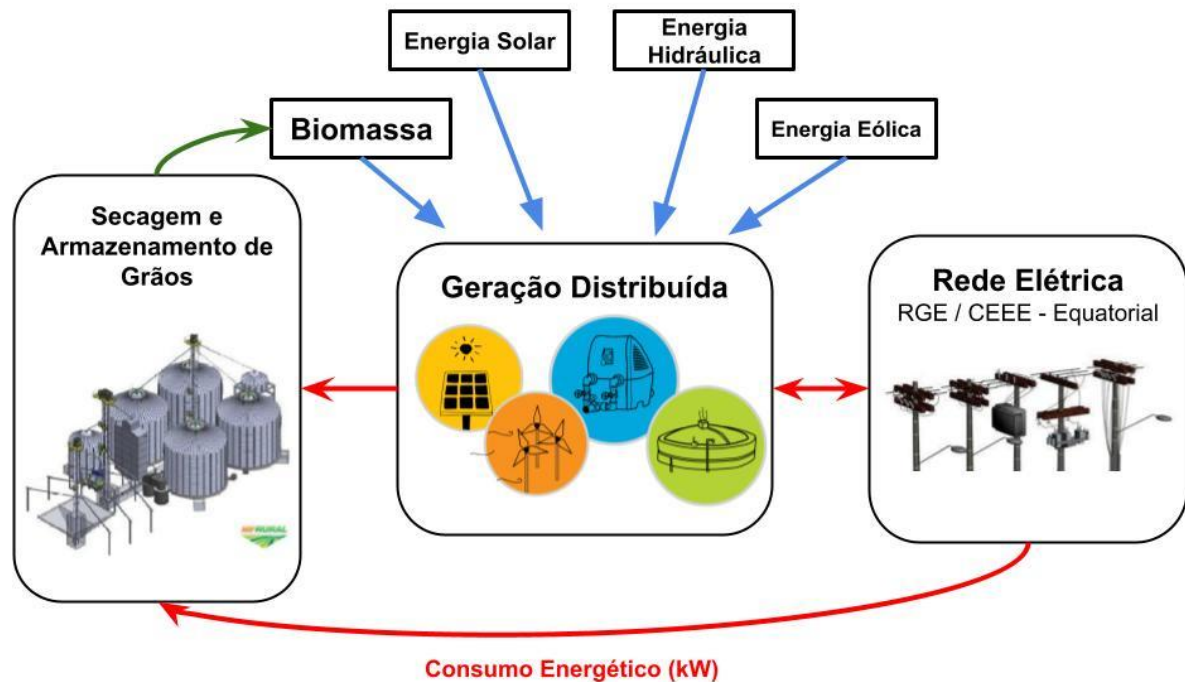
Grande parte da energia demandada por secadores é utilizada em ventiladores. Desde a injeção de ar no processo de secagem nos secadores até a aeração de silos armazenadores. Como uma forma de controle da umidade e qualidade do grão, a injeção de ar é um método eficiente para esse controle. Contudo, tal demanda energética é responsável por grande parte do consumo total de energia no processo de secagem e armazenamento de grãos. Logo, o levantamento proporciona esta reflexão e alternativas para a economia de energia demandada.

4.2 Possibilidades de expansão da Geração Distribuída

O impacto da GD em ambientes rurais é evidente. Cada vez mais produtores rurais tem aderido à ideia de implementar em suas propriedades rurais a instalação de sistemas de energia renovável, aproveitando o potencial solar, hidráulico, eólico e de biomassa. Com o Marco da GD, a procura por fontes renováveis é cada vez maior. Analisando os resultados de demanda energética, surgem oportunidades de

instalação de sistemas que utilizem energias renováveis. As demandas individuais de energia elétrica mostram a necessidade de GD, seja por meio da instalação particular de usina fotovoltaica ou por meio de sociedade de condomínios de minigeração. A proposta de expansão de microgeração e a interligação com silos e secadores é apresentada na figura 33:

Figura 33: Proposta de utilização de Geração Distribuída de diferentes fontes energéticas para suprimento de demanda de secadores e silos.



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.4 Conclusão

Com as características elétricas levantadas por meio de cálculos de dimensionamento, é possível verificar a demanda total exigida para secagem e armazenamento de grãos nas propriedades visitadas da Bacia do Rio Santa Maria. Uma solução que supre a demanda e dá disponibilidade de energia é a Geração Distribuída com fontes renováveis de energia. Pela demanda individual de cada propriedade, é viável a expansão e exploração das fontes renováveis de energia. Com as considerações finais, tem-se um resumo da obra e sugestões de trabalhos futuros para aprofundamento e estudo de caso para diversas aplicações.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, foram apresentadas a importância da agricultura como fonte geradora de recursos financeiros e desenvolvimento nos municípios que compõem a Bacia do Rio Santa Maria. Contudo, as características geográficas da bacia requerem que se faça um manejo de consumo de água e energia elétrica por meio de bombeamento hidráulico e para o processo de pós-colheita de grãos. Para controlar a vazão do rio, medidas como a construção de barragens de Jaguarí (122 hm³), Taquarembó (116 hm³), canais de irrigação e reforço e a expansão de linhas de distribuição de média tensão fazem-se necessárias.

Por meio de pesquisas de campo, questionamentos com os produtores rurais e o banco de dados dos membros da AUSM, foi possível traçar uma direção para o levantamento de informações energéticas e de potencial de geração distribuída. Coletando os dados técnicos de secadores e silos, foi possível montar uma metodologia que nos possibilite traçar um perfil energético de secadores e silos.

Tal metodologia nos apresenta um perfil de consumo de cada propriedade, assim nos possibilitando ações de aproveitamento energético e geração distribuída. Por meio de sistemas fotovoltaicos e de exploração de outras fontes renováveis, é possível amortizar o consumo de energia elétrica dos silos e secadores e despachar a energia em excesso para a rede de distribuição, gerando assim créditos e possibilidades de retorno financeiro aos produtores que tiverem a Geração Distribuída.

O presente trabalho sugere a continuidade das pesquisas, uma vez verificada o potencial de expansão e abordagem em diversas linhas de pesquisa, dentre as quais, pode-se destacar:

- Levantamento de Curva de Demanda Energética de Secadores e Silos Aeradores.
- Aplicação de Geração Distribuída utilizando fontes renováveis para injeção de energia elétrica em paralelo com sistemas de pós-colheita de grãos.

Por fim, espera-se que tal trabalho seja o precursor de um panorama energético para a região do Rio Santa Maria, cujo potencial energético deve ser explorado de forma correta e com cuidado com o meio ambiente.

REFERÊNCIAS

ANEEL. (2021). **Resolução Normativa nº 1000, de 7 de dezembro de 2021.**

Agência Nacional de Energia Elétrica, Rio de Janeiro.

AUSM – Associação dos Usuários de Água da Bacia do Rio Santa Maria. **Portal da AUSM: Objetivos.** Disponível em: <ausm.com.br>. Acesso em 18 de julho de 2022.

BRASIL. IBGE. **Painel de Indicadores.** Disponível em <
<https://www.ibge.gov.br/indicadores>>. Acesso em: 23 de maio de 2022.

_____. CONAB. **Situação da Armazenagem no Brasil.** Disponível em <
<https://www.conab.gov.br/aceso-a-informacao>>. Acesso em: 24 de maio de 2022.

_____. Decreto-lei nº 14300, de 6 de janeiro de 2022. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF.

DIAS, Edson D.; **Metodologia de Cálculo da Capacidade de Secagem dos Secadores de Coluna.** Orientador: Roger Schildt Hoffmann. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUÍ, Panambi, 2015. Disponível em: <https://bibliodigital.unijui.edu.br:8443/xmlui/handle/123456789/3238>. Acesso em: 23 de maio de 2022.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Colheita e Pós-Colheita.** Disponível em <spo.cnptia.embrapa.br> Acessado em 13 de junho de 2022.

_____. **Cultivo do Arroz: Armazenamento.** Disponível em <
<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/arroz/pos-producao/pos-colheita/armazenamento>> Acesso em 25 de julho de 2022.

INEE – Instituto Nacional de Eficiência Energética. **O que é Geração Distribuída?** 2013. Disponível em < http://www.inee.org.br/forum_ger_distrib.asp > Acessado em 26 de maio de 2022

MATTIUZI, Camila D. P.; **Gestão Integrada dos Recursos Hídricos: Alocação otimizada com uso conjunto de água superficial e subterrânea para redução da escassez hídrica na Bacia do Rio Santa Maria**. Dissertação de Mestrado Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, 2018. Disponível em < <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/178580>>. Acesso em 25 de julho de 2022.

KAEHLER, José Wagner M.; CHAGAS, Natalia B.; SCHEPKE, Claudio. **Nota Técnica GD de Valoração da GD: A Geração Distribuída nas propriedades rurais do Rio Grande do Sul com foco no Agronegócio: Cultura Orizícola**. Relatório de Programa – Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR). Unipampa, Alegrete, 2022.

KAEHLER, José Wagner M.; CHAGAS, Natalia B.; SCHEPKE, Claudio. **Planejamento e Gestão Energética na Bacia do Rio Santa Maria, RS: Exploração Integrada de Recursos Naturais**. XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO: Os desafios do Planejamento Energético. Itajubá, MG, 2022.

NUNES, José L. S; **Secagem, Beneficiamento e Armazenagem**. Disponível em < https://www.agrolink.com.br/sementes/tecnologia-sementes/secagem--beneficiamento-e-armazenagem_361343.html>. Acessado em 18 de julho de 2022.

RIO GRANDE DO SUL. SECRETARIA DE PLANEJAMENTO, GOVERNANÇA E GESTÃO. **Atlas Socioeconômico do Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, 2022.

_____. **Atlas Socioeconômico do Estado do Rio Grande do Sul. Participação no PIB do Brasil**. Disponível em < <https://atlassocioeconomico.rs.gov.br/participacao-do-pib-estadual>>. Acessado em: 23 de maio de 2022.

_____. **Atlas Socioeconômico do Estado do Rio Grande do Sul. VAB da Agropecuária.** Disponível em < <https://atlassocioeconomico.rs.gov.br/vab-da-agropecuaria> >. Acessado em: 23 de maio de 2022.

_____. **Atlas Socioeconômico do Estado do Rio Grande do Sul. Produção Agropecuária e Estrutura Fundiária.** Disponível em < <https://atlassocioeconomico.rs.gov.br/produção-agropecuaria-e-estrutura-fundiaria> > Acessado em: 23 de maio de 2022.

_____. **Atlas Socioeconômico do Estado do Rio Grande do Sul. Soja.** Disponível em < <https://atlassocioeconomico.rs.gov.br/participacao-do-pib-estadual>>. Acessado em: 23 de maio de 2022.

_____. **Atlas Socioeconômico do Estado do Rio Grande do Sul. Arroz.** Disponível em < <https://atlassocioeconomico.rs.gov.br/participacao-do-pib-estadual>>. Acessado em: 23 de maio de 2022.

SOCCOL, Francisco J.; PEREIRA, Adan, L.; CELESTE, Wanderley, C.; COURA, Daniel J. C.; CHAVES, Gisele, L. D.; **Desafios para Implementação da Geração Distribuída de Energia Elétrica no Brasil: Uma Revisão Integrativa da Literatura.** Jornal Brasileiro de Engenharia da Produção, Vol. 2, N° 3, p 31-43, Editora CEUNES/DETEC. São Mateus, UFES, 2016.

SILVA, Juarez de Souza e *et al.* **Secagem e Armazenagem de Produtos Agrícolas.** Universidade Federal de Viçosa - UFV, 2004

WEBER, E. A. **Excelência em beneficiamento e armazenagem de grãos**, 1ª Ed. Panambi, 2005.

WEBER, Kepler. **Manual do Proprietário: Secadores KW ADS.** Grupo Kepler Weber, Panambi, 2004.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Banco de Dados de Secadores e Silagem por propriedade dos Usuários do Rio Santa Maria (Catálogo).

APÊNDICE B – Banco de Dados de Silos e Capacidade de armazenamento de grãos dos Usuários do Rio Santa Maria (Catálogo).

APÊNDICE C - Cálculo de Demanda Energética por Secador e Silo.