

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS ARARANGUÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS, TECNOLOGIAS E SAÚDE
DEPARTAMENTO DE ENERGIA E SUSTENTABILIDADE
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ENERGIA

Aline Crepaldi

**Mapeamento e avaliação comparativa dos silos secadores e armazenadores de grãos
instalados na região sul catarinense**

Araranguá

2022

Aline Crepaldi

**Mapeamento e avaliação comparativa dos silos secadores e armazenadores de grãos
instalados na região sul catarinense**

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia de Energia do Centro de Ciências, Tecnologias e Saúde da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito para a obtenção do título de Engenheira de Energia.

Orientador: Prof.^a Elaine Virmond, Dra.

Araranguá

2022

Aline Crepaldi

Mapeamento e avaliação comparativa dos silos secadores e armazenadores de grãos instalados na região sul catarinense

O presente Trabalho de Conclusão de Curso, do Curso de Engenharia de Energia, foi avaliado e aprovado pela banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Elaine Virmond, Dra.
Universidade Federal de Santa Catarina

César Cataldo Scharlau, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Douglas George de Oliveira, Eng. Agr.
Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina

Certificamos que essa é a versão original e final do trabalho que foi julgado adequado para obtenção do título de Engenheira de Energia.

Prof. Luciano Lopes Pfitscher, Dr.
Coordenador do Curso

Prof.^a Elaine Virmond, Dra.
Orientadora

Aline Crepaldi
Autora

Araranguá, 11 de março de 2022.

Este trabalho é dedicado aos meus pais Salésio
Crepaldi e Maria Zanete Roman Crepaldi.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por ser meu guia, fortaleza e criador.

Aos meus pais Salésio e Maria Zanete, por gerarem a minha vida e dedicarem seu tempo e recursos para minha educação; além do incentivo, amor e paciência que tiveram comigo durante todos esses anos.

Ao Padre Aguiar, por ter ajudado a encontrar meu caminho quando nada mais fazia sentido.

Às minhas irmãs Rosane e Rosângela, por terem me apoiado nos momentos em que precisei.

Às minhas amigas Monike e Julia, por suas palavras de incentivo.

Às minhas amigas Gardênia Eduarda e Marina, pela companhia, cuidado e por dividirem comigo as tristezas e alegrias durante os anos morando juntas em Araranguá.

À prima Angela, por ser minha influência e também modelo de profissional.

À UFSC, pela oportunidade de aprender e adquirir uma profissão.

À Prof.^a Dra. Elaine Virmond, pela orientação, apoio, paciência e empatia que teve comigo, além de todos os conselhos e auxílio prestados durante a graduação.

À EPAGRI, especialmente ao extensionista Douglas pela oportunidade de desenvolver meu trabalho de conclusão de curso.

Ao Cereais Célia, especialmente ao Sr. Raul Olivo, pela maravilhosa receptividade, e ao Sr. Domingos Casagrande, por dividir comigo seu grande conhecimento sobre a indústria de arroz.

Ao Sr. Roger Bortolotto, pelo incentivo e auxílio no fornecimento de dados para a realização deste estudo.

Ao Sr. Cesar Fagundes, por ter aberto as portas de sua propriedade e colaborado com seu conhecimento sobre o manuseio do silo de alvenaria.

Ao Sr. Tiago Damiani e Sr. Charles pela prestatividade e indicação de contatos que foram fundamentais para este trabalho.

Ao Sr. Digiovani Mondardo, pelo incentivo e compreensão nos momentos em que me fiz ausente do trabalho para desenvolver este estudo.

E a todos os professores e colegas que contribuíram para minha formação pessoal e profissional nesses anos de graduação.

Aquilo que não se pode medir, não se pode
melhorar.

(William Thomson)

RESUMO

A maior parte da produção de grãos no Brasil é proveniente de pequenos e médios produtores. O armazenamento de grãos em propriedades rurais comumente acontece sem secagem eficiente, em locais tecnicamente deficientes e sujeitos a ataques de insetos, roedores, fungos e pragas. Como consequência, ocorre o estímulo do metabolismo do grão, provocando deteriorações, formação de micotoxinas, e reduzindo a qualidade do produto agrícola. Alternativamente, os produtores recorrem às indústrias e cooperativas para armazenar ou vender sua produção nas piores condições para comercialização, sujeitando-se a descontos de impureza, secagem, pagamento de taxas de armazenamento e diminuindo seus ganhos com a colheita. As tecnologias mais recentes de silos secadores de alvenaria armada utilizam ar natural na secagem forçada dos grãos. A técnica tem se mostrado ao alcance dos produtores, podendo representar ganhos expressivos por meio de uma adequada estocagem de suas safras. Nesse sentido, a presente pesquisa teve como objetivo mapear e avaliar de forma comparativa os silos secadores armazenadores instalados na região sul de Santa Catarina por meio da análise do estado da arte e também da análise de conteúdo das entrevistas realizadas. O resultado foi positivo para o uso do silo secador de alvenaria armada na propriedade rural desde que o proprietário realize a pré-limpeza dos grãos, tenha adequado controle das propriedades psicrométricas do ar usado na secagem e realize expurgo adequadamente, oportunizando otimizar os custos do produtor e diminuir perdas quantitativas e qualitativas.

Palavras-chave: Desenvolvimento rural. Eficiência energética. Sistema de armazenamento de grãos. Secagem de grãos.

ABSTRACT

Most of the grain production in Brazil comes from small and medium producers. The production is commonly stored on the property without efficient drying, in technically deficient places and subject to attacks by insects, rodents, fungi and pests. As a consequence, grain metabolism is stimulated, causing deterioration, mycotoxins and reducing the quality of the agricultural product. Alternatively, producers resort to industries and cooperatives to store or sell their production in the worst conditions for commercialization, subjecting themselves to impurity discounts, drying, payment of storage fees and reducing their harvest earnings. The most recent technologies of reinforced masonry drying silos use natural air in the forced drying of the grains. The technique has proved to be within the reach of producers and can represent significant gains through adequate storage of their crops. In this sense, the present research aimed to map and comparatively evaluates storage silos in the southern region of Santa Catarina through the analysis of the state of the art and also the analysis of the content of the collected interviews. The result was positive for the use of the reinforced masonry dryer silo on the rural property as long as the owner performs the pre-cleaning of the grains, has adequate control of the psychrometric properties of the air used in drying and performs purge properly, favoring to optimize the producer costs and to reduce quantitative and qualitative losses.

Keywords: Rural development. Energy efficiency. Grain storage system. Grain drying.

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|---|----|
| Gráfico 1 – Produção de grãos com maior notabilidade na região da AMESC | 66 |
| Gráfico 2 – Produção de grãos com maior notabilidade na região da AMREC..... | 67 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 – Comparativo de área, produtividade e produção de grãos (*)..... | 2 |
| Tabela 2 – Produção e participação de Santa Catarina no Brasil | 4 |
| Tabela 3– Principais produtos de Santa Catarina – Safras: 2019/2020 e 2020/2021 | 5 |
| Tabela 4 – Grau de umidade do grão (%) no armazenamento | 13 |
| Tabela 5 – Conteúdo máximo de vapor de água do ar, ao nível do mar, para várias temperaturas | 15 |
| Tabela 6 – Número de dias permitidos para secagem sem deterioração do milho..... | 21 |
| Tabela 7 – Formas de carregamento do silo para secagem com ar natural ou baixa temperatura | 22 |
| Tabela 8 – Influência do resfriamento na perda de matéria seca, considerando 1.000 t de milho a 15% de umidade e tempo de armazenamento de 30 dias | 33 |
| Tabela 9 – Quantificação das Perdas Econômicas de Grãos no Brasil em 2015..... | 46 |
| Tabela 10 – Características da população da AMESC | 62 |
| Tabela 11 – Características da população e dos domicílios pertencentes à AMESC..... | 63 |
| Tabela 12 – Características da população da AMREC..... | 63 |
| Tabela 13 – Características da população e dos domicílios pertencentes à AMREC | 64 |
| Tabela 14 – Produção de grãos com maior notabilidade na região da AMESC | 65 |
| Tabela 15 – Produção de grãos com maior notabilidade na região da AMREC | 66 |
| Tabela 16 - Média de hectares por estabelecimento agropecuário na região da AMESC..... | 68 |
| Tabela 17 - Média de hectares por estabelecimento agropecuário na região da AMREC | 69 |
| Tabela 18 – Simulação de secagem..... | 71 |
| Tabela 19 – Silos de alvenaria armada no sul catarinense. | 79 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|--|----|
| Quadro 1 – Classificação dos sistemas de secagem | 19 |
| Quadro 2 – Codinome dado aos entrevistados. | 58 |
| Quadro 3 – Fluxograma operacional de uma indústria de arroz..... | 81 |
| Quadro 4 – Análise FOFA..... | 91 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 – Unidades de Gestão Técnica da EPAGRI em Santa Catarina..... | 6 |
| Figura 2 – Diagrama de conservação de grãos | 12 |
| Figura 3 – Diagrama de aeração de grãos..... | 12 |
| Figura 4 – Representação da fixação da água no grão | 14 |
| Figura 5 – Movimentação de vapor de água da superfície do grão e do ar que o envolve..... | 14 |
| Figura 6 – Teor de água no silo | 17 |
| Figura 7 – Curva típica de secagem. | 17 |
| Figura 8 – Distribuição radial do fluxo de ar em silo-secador para sementes..... | 23 |
| Figura 9 – Silo com equipamento para revolvimento do produto | 23 |
| Figura 10 – Silo equipado com recirculador de grãos | 24 |
| Figura 11 – Vista geral de um secador de camada fixa | 24 |
| Figura 12 – Esquemas de funcionamento de um secador de fluxos cruzados..... | 26 |
| Figura 13 – Sistema de armazenamento com silo-secador em fluxos contracorrentes | 26 |
| Figura 14 – Secador de fluxos contracorrentes | 26 |
| Figura 15 – Secador de fluxos concorrentes..... | 26 |
| Figura 16 – Comportamento da temperaturas em secador de fluxo concorrente | 27 |
| Figura 17 – Secador de fluxos mistos ou em cascata com calhas alternadas transversalmente..... | 27 |
| Figura 18 – Detalhes de um secador em cascata com calhas circulares..... | 27 |
| Figura 19 – Secador rotativo com tambor horizontal, para secagem em lotes..... | 28 |
| Figura 20 – Corte longitudinal de um secador por convecção natural | 28 |
| Figura 21– Detalhes de um secador de leito fluidizado..... | 29 |
| Figura 22 – Secador de fluxos mistos com calhas paralelas e com sistema de reutilização de parte do ar de exaustão | 29 |
| Figura 23 – Sistema de seca-aeração | 30 |
| Figura 24 – Página inicial da planilha de dimensionamento de silo de alvenaria armada | 51 |
| Figura 25 - Colagem dos tijolos com argamassa polimérica..... | 52 |
| Figura 26 – Alvenaria armada | 52 |
| Figura 27 - Construindo o fundo em madeira | 53 |
| Figura 28 – Análise FOFA. | 60 |
| Figura 29 – O silo secador armazenador | 71 |
| Figura 30 - Custos de construção de um silo com capacidade de 1161 sacos..... | 73 |
| Figura 31 – Unidade com quatro silos de 3000 sacos de capacidade..... | 74 |

| | |
|--|----|
| Figura 32 – Unidade com um silo de 250 sacos de capacidade | 74 |
| Figura 33 – Unidade com um silo de 5000 sacos de capacidade | 74 |
| Figura 34 – Maior rendimento na produção de farinha de milho | 77 |
| Figura 35 – À direita, grãos de milho considerados como impureza | 78 |

LISTA DE EQUAÇÕES

| | |
|---|----|
| Equação 1 – Combustão completa da glicose | 11 |
|---|----|

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|-----------------|---|
| AMESC | Associação dos Municípios do Extremo Sul Catarinense |
| AMREC | Associação dos Municípios da Região Carbonífera |
| ABA | Cadastro Nacional de Unidades de Abastecimento |
| AG | Agricultor proprietário de um silo de alvenaria armada |
| CONAB | Companhia Nacional de Abastecimento |
| CETRAR | Centro de Treinamento de Araranguá |
| CEPEA | Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada |
| CNA | Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil |
| COOPERA | Cooperativa Pioneira de Eletrificação |
| CEPA | Centro de Socioeconomia e Planejamento Agrícola |
| CV | Cavalos-vapor |
| EPAGRI | Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina |
| EMATER | Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Rio Grande do Sul |
| EMBRAPA | Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária |
| EP | Extensionista da EPAGRI |
| FOFA | Forças, Oportunidades, Fraquezas e Ameaças |
| FAO | Organização para a Alimentação e Agricultura |
| FS | Frente de Secagem |
| ha | Hectares |
| HPAs | Hidrocarbonetos Poli aromáticos |
| IA | Indústria de arroz que presta serviços de secagem e armazenamento de grãos |
| INFOAGRO | Informações Agropecuárias da Secretaria de Estado da Agricultura e da Pesca de Santa Catarina |
| IEA | Instituto de Economia Agrícola |
| IBGE | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística |
| MAPA | Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento |
| CO ₂ | Dióxido de Carbono |
| O ₂ | Oxigênio |
| PAP | Plano Agrícola e Pecuário |
| PIB | Produto Interno Bruto |
| PCA | Programa para Construção e Ampliação de Armazéns |
| Pg | Pressão parcial de vapor da superfície do grão |

| | |
|-------|--|
| Par | Pressão parcial de vapor do ar |
| SENAR | Serviço Nacional de Aprendizagem Rural |
| SECEX | Secretaria de Comércio Exterior |
| TG | Sociedade não personificada de transporte de grãos |
| t | Tonelada |
| UGT | Unidade de Gestão Técnica |

SUMÁRIO

| | | |
|--------------|--|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 1 |
| 1.1 | PRODUÇÃO DE GRÃOS NO BRASIL | 1 |
| 1.1.1 | Produção de grãos em Santa Catarina | 3 |
| 1.1.1.1 | <i>Produção de grãos no sul catarinense</i> | 5 |
| 1.2 | OBJETIVOS | 7 |
| 1.2.1 | Objetivo Geral..... | 7 |
| 1.2.2 | Objetivos Específicos | 7 |
| 2 | REFERENCIAL TEÓRICO | 9 |
| 2.1 | OPERAÇÕES PÓS-COLHEITA DE GRÃOS | 9 |
| 2.2 | SECAGEM DE GRÃOS | 10 |
| 2.2.1 | Propriedades da secagem | 11 |
| 2.2.2 | Curva de secagem | 16 |
| 2.3 | MÉTODOS DE SECAGEM | 18 |
| 2.3.1 | Secagem natural..... | 19 |
| 2.3.2 | Secagem artificial..... | 20 |
| 2.3.2.1 | <i>Secagem com ar natural ou baixa temperatura</i> | 20 |
| 2.3.2.1.1 | Classificação dos secadores | 20 |
| 2.3.2.2 | <i>Secagem com altas temperaturas</i> | 24 |
| 2.3.2.2.1 | Classificação dos secadores | 25 |
| 2.3.2.3 | <i>Secagem combinada</i> | 30 |
| 2.3.2.4 | <i>Seca-aeração</i> | 30 |
| 2.3.3 | Boas práticas pós-secagem..... | 31 |
| 2.3.3.1 | <i>Aeração.....</i> | 31 |
| 2.3.3.2 | <i>Resfriamento de grãos</i> | 32 |
| 2.4 | ARMAZENAMENTO DE GRÃOS..... | 33 |
| 2.4.1 | Sistemas de armazenamento..... | 34 |
| 2.4.1.1 | <i>Sistema convencional.....</i> | 34 |
| 2.4.1.2 | <i>Sistema semi-hermético ou a granel.....</i> | 35 |
| 2.4.1.3 | <i>Sistema hermético.....</i> | 37 |
| 2.4.1.4 | <i>Sistema de refrigeração</i> | 38 |
| 2.4.1.5 | <i>Sistema de atmosfera modificada</i> | 39 |
| 2.4.2 | Sistemas automatizados | 40 |

| | | |
|------------------|--|-----------|
| 2.4.3 | Capacidade estática do Brasil..... | 42 |
| 2.4.4 | Capacidade estática de Santa Catarina | 43 |
| 2.4.5 | Armazenamento nas propriedades rurais | 45 |
| <i>2.4.5.1</i> | <i>O silo secador armazenador.....</i> | <i>49</i> |
| <i>2.4.5.1.1</i> | <i>Construção de silos secadores</i> | <i>51</i> |
| <i>2.4.5.1.2</i> | <i>Orientações de colheita e pós-colheita</i> | <i>54</i> |
| 3 | METODOLOGIA..... | 56 |
| 3.1 | SISTEMAS E MÉTODOS DE SECAGEM E ARMAZENAMENTO DE GRÃOS DISPONÍVEIS NA LITERATURA..... | 56 |
| 3.2 | MAPEAMENTO DAS UNIDADES ARMAZENADORAS DE GRÃOS | 57 |
| 3.3 | COLETA DE DADOS DA OPERAÇÃO DE SILOS SECADORES E ARMAZENADORES DE GRÃOS INSTALADOS NO SUL CATARINENSE | 58 |
| 3.4 | ANÁLISE DE DADOS E COMPARAÇÃO DA OPERAÇÃO DE SILOS SECADORES E ARMAZENADORES DE GRÃOS INSTALADOS NO SUL CATARINENSE | 59 |
| 3.5 | ANÁLISE DE FORÇAS, OPORTUNIDADES, FRAQUEZAS E AMEAÇAS .. | 60 |
| 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 62 |
| 4.1 | MAPEAMENTO DAS UNIDADES ARMAZENADORAS DE GRÃOS | 62 |
| 4.2 | DADOS DA OPERAÇÃO DE SILOS SECADORES E ARMAZENADORES DE GRÃOS INSTALADOS NO SUL CATARINENSE | 70 |
| 4.2.1 | Coleta de dados na EPAGRI | 70 |
| 4.2.2 | Coleta de dados em uma pequena propriedade rural | 79 |
| 4.2.3 | Coleta de dados na transportadora de grãos | 80 |
| 4.2.4 | Coleta de dados na indústria de arroz | 81 |
| 4.3 | ANÁLISE DE DADOS E COMPARAÇÃO DA OPERAÇÃO DE SILOS SECADORES E ARMAZENADORES DE GRÃOS INSTALADOS NO SUL CATARINENSE | 83 |
| 4.3.1 | Quanto à conservação da qualidade do produto | 84 |
| 4.3.2 | Quanto à diminuição da perda quantitativa | 86 |
| 4.3.3 | Quanto à redução de custos para o produtor..... | 87 |
| 4.3.4 | Quanto ao aumento da competitividade | 88 |
| 4.4 | ANÁLISE FOFA | 90 |
| 5 | CONCLUSÃO..... | 92 |
| 5.1 | SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS..... | 93 |

| | |
|--|------------|
| REFERÊNCIAS..... | 94 |
| Apêndice A – Entrevista realizada com extensionista rural da EPAGRI.... | 104 |
| Apêndice B – Entrevista realizada com agricultor responsável por uma unidade armazenadora coletora..... | 105 |
| Apêndice C – Entrevista realizada com responsável por uma indústria de arroz | 106 |
| Apêndice D – Entrevista realizada com o responsável por uma sociedade não personificada de transporte de grãos..... | 107 |
| Anexo A – Produção de grãos na unidade de gestão técnica 8 da EPAGRI | 108 |
| Anexo B - Interface de dimensionamento do silo de alvenaria armada | 114 |
| Anexo C – Planta baixa e corte de um silo padrão de alvenaria armada..... | 115 |
| Anexo D - Desenvolvimento da análise de conteúdo..... | 116 |

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, o agronegócio é um dos setores mais promissores para fomentar o desenvolvimento nas próximas décadas. Segundo Azevedo e colaboradores (2008, p. 2) “[...] o Brasil é um dos países que mais se destaca no cenário mundial da agricultura devido à sua crescente expansão na produção de grãos”, ressaltando a importância do país para a produção de alimentos.

Avaliando a atuação do setor nos últimos 44 anos, verifica-se que entre 1975 e 2019 a produção de grãos passou de 38,1 milhões de toneladas para 232,6 milhões de toneladas, aumento equivalente de 510% (EMBRAPA, 2021).

Mesmo em meio à crise sanitária de COVID-19, o desempenho do Produto Interno Bruto (PIB) do agronegócio brasileiro se mostrou em ascensão. A respeito disso, o Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA) esclarece que:

O PIB do agronegócio, calculado pelo Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (Cepea) em parceria com a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA), avançou importantes 24,3% no ano passado, alcançando participação considerável de 26,1% do PIB brasileiro. Pesquisa do Cepea, realizada com base nos dados da Secretaria de Comércio Exterior (Secex), mostra que o agronegócio atingiu recordes de volume e de receita com as exportações, com respectivos crescimentos de 10% e de 4% em relação a 2019 (CEPEA, 2021).

O avanço do PIB do setor de janeiro a setembro de 2021 com relação ao mesmo período de 2020 foi de 10,79%. Esse aumento na parcial de 2021 foi ligado ao ramo agrícola, com ascensão de 17,06%. Já o setor pecuário apresentou resultados negativos de janeiro a setembro, com queda de 4,76%. Considerando-se os desempenhos do agronegócio e da economia brasileira, a participação do setor no PIB total pode ficar em torno de 28% no ano de 2021 (CEPEA, 2021).

1.1 PRODUÇÃO DE GRÃOS NO BRASIL

No que diz respeito ao levantamento e avaliação das safras brasileiras de grãos, fibras, café e cana-de-açúcar a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), por meio da Lei nº 8.171 de 17/01/1991, foi instituída responsável pelo fornecimento das Tabelas de Dados e Boletins de Levantamento e Avaliação de Safras, a fim de monitorar as condições de desenvolvimento das principais culturas do país e auxiliar a compreensão dos resultados,

produzindo subsídios para a formulação de políticas públicas e auxiliando a tomada de decisão dos produtores rurais (CONAB, 2019).

O 12º Levantamento da Safra Brasileira de Grãos, último da safra 2020/21, informa que, ao contrário do esperado, a produção de grãos no país é estimada em 252,3 milhões de toneladas, número 1,8% menor em comparação com a safra passada devido às condições climáticas inadequadas e pragas nas lavouras, sendo considerada a safra mais difícil dos últimos trinta anos (CONAB, 2021; GOV, 2021).

Segundo o portal Gov (2021), apesar da queda na produção total da safra, algumas culturas apresentaram crescimento. A soja, por exemplo, teve uma produção 8,9% maior em relação à safra 2019/20, recorde estimado em 135,9 milhões de toneladas. Por sua vez, o volume de arroz estimado nesta safra é de 11,75 milhões de toneladas, 5% maior que o produzido na safra anterior. A área plantada das culturas de inverno, aveia, canola, centeio, cevada, trigo e triticale, tem projeção de aumento de 13,1% e a estimativa de produção é de 8,15 milhões de toneladas.

Os volumes de produção de 85,75 milhões de toneladas de milho e 2,86 milhões de toneladas de feijão resultaram na redução de 16,4% e 11,4% da produção de milho e feijão, respectivamente, em relação à safra 2019/20 devido às intempéries climáticas (GOV, 2021).

A Tabela 1 apresenta um comparativo de área, produtividade e produção da safra 2019/20 e 2020/21 de todos os estados brasileiros. Conforme a mesma tabela, a região sul, composta pelos estados Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, apresentou a maior variação positiva de produção na safra 2020/21 em relação à safra 2019/20 comparado a outras regiões do Brasil.

Tabela 1 – Comparativo de área, produtividade e produção de grãos (*)

| Região/UF | Área (mil ha) | | | Produtividade (kg/ha) | | | Produção (mil t) | | |
|-----------------|----------------|----------------|-------------|-----------------------|--------------|--------------|------------------|-----------------|------------|
| | Safra 19/20 | Safra 20/21 | VAR. % | Safra 19/20 | Safra 20/21 | VAR. % | Safra 19/20 | Safra 20/21 | VAR. % |
| | (a) | (b) | (b/a) | (c) | (d) | (d/c) | (e) | (f) | (f/e) |
| NORTE | 3.293,2 | 3.643,7 | 10,6 | 3.537 | 3.357 | (5,1) | 11.649,6 | 12.233,0 | 5,0 |
| RR | 76,6 | 98,8 | 29,0 | 4.103 | 3.786 | (7,7) | 314,3 | 374,1 | 19,0 |
| RO | 602,5 | 657,3 | 9,1 | 3.992 | 3.953 | (1,0) | 2.405,3 | 2.598,4 | 8,0 |
| AC | 47,5 | 48,3 | 1,7 | 2.147 | 2.551 | 18,8 | 102,0 | 123,2 | 20,8 |
| AM | 18,7 | 21,7 | 16,0 | 2.230 | 2.525 | 13,2 | 41,7 | 54,8 | 31,4 |
| AP | 24,4 | 8,5 | (65,2) | 2.574 | 1.847 | (28,2) | 62,8 | 15,7 | (75,0) |
| PA | 963,4 | 1.181,3 | 22,6 | 2.979 | 2.995 | 0,5 | 2.870,1 | 3.537,6 | 23,3 |
| TO | 1.560,1 | 1.627,8 | 4,3 | 3.752 | 3.397 | (9,5) | 5.853,4 | 5.529,2 | (5,5) |
| NORDESTE | 8.187,7 | 8.478,5 | 3,6 | 2.823 | 2.747 | (2,7) | 23.109,9 | 23.293,1 | 0,8 |

| | | | | | | | | | |
|-----------------------|-----------------|-----------------|------------|--------------|--------------|---------------|------------------|------------------|--------------|
| MA | 1.605,1 | 1.656,2 | 3,2 | 3.489 | 3.576 | 2,5 | 5.600,2 | 5.922,6 | 5,8 |
| PI | 1.535,2 | 1.629,8 | 6,2 | 3.282 | 3.077 | (6,2) | 5.038,5 | 5.015,3 | (0,5) |
| CE | 913,1 | 942,9 | 3,3 | 875 | 629 | (28,0) | 798,7 | 593,5 | (25,7) |
| RN | 118,3 | 98,0 | (17,2) | 538 | 510 | (5,1) | 63,6 | 50,0 | (21,4) |
| PB | 212,9 | 193,4 | (9,1) | 649 | 436 | (32,7) | 138,1 | 84,4 | (38,9) |
| PE | 465,2 | 464,6 | (0,1) | 676 | 536 | (20,7) | 314,4 | 249,1 | (20,8) |
| AL | 78,2 | 87,8 | 12,3 | 1.331 | 2.585 | 94,2 | 104,1 | 227,0 | 118,1 |
| SE | 162,5 | 172,2 | 6,0 | 5.843 | 4.178 | (28,5) | 949,5 | 719,5 | (24,2) |
| BA | 3.097,2 | 3.233,6 | 4,4 | 3.261 | 3.226 | (1,1) | 10.102,8 | 10.431,7 | 3,3 |
| CENTRO-OESTE | 28.480,6 | 29.491,7 | 3,6 | 4.349 | 3.903 | (10,3) | 123.866,9 | 115.114,6 | (7,1) |
| MT | 17.212,4 | 17.721,2 | 3,0 | 4.351 | 4.088 | (6,1) | 74.898,9 | 72.437,2 | (3,3) |
| MS | 5.029,5 | 5.430,4 | 8,0 | 4.085 | 3.350 | (18,0) | 20.548,0 | 18.190,2 | (11,5) |
| GO | 6.074,3 | 6.173,7 | 1,6 | 4.535 | 3.845 | (15,2) | 27.547,2 | 23.735,2 | (13,8) |
| DF | 164,4 | 166,4 | 1,2 | 5.309 | 4.519 | (14,9) | 872,8 | 752,0 | (13,8) |
| SUDESTE | 5.855,0 | 6.260,4 | 6,9 | 4.214 | 3.698 | (12,2) | 24.671,6 | 23.151,3 | (6,2) |
| MG | 3.492,8 | 3.837,4 | 9,9 | 4.401 | 3.767 | (14,4) | 15.371,3 | 14.457,0 | (5,9) |
| ES | 26,0 | 21,9 | (15,8) | 1.823 | 1.986 | 9,0 | 47,4 | 43,5 | (8,2) |
| RJ | 2,7 | 2,2 | (18,5) | 2.000 | 2.227 | 11,4 | 5,4 | 4,9 | (9,3) |
| SP | 2.333,5 | 2.398,9 | 2,8 | 3.963 | 3.604 | (9,1) | 9.247,5 | 8.645,9 | (6,5) |
| SUL | 20.108,1 | 21.059,7 | 4,7 | 3.666 | 3.728 | 1,7 | 73.718,2 | 78.519,4 | 6,5 |
| PR | 9.807,2 | 10.289,8 | 4,9 | 4.166 | 3.315 | (20,4) | 40.854,0 | 34.106,0 | (16,5) |
| SC | 1.287,0 | 1.348,5 | 4,8 | 5.075 | 4.459 | (12,1) | 6.530,9 | 6.012,8 | (7,9) |
| RS | 9.013,9 | 9.421,4 | 4,5 | 2.921 | 4.076 | 39,5 | 26.333,3 | 38.400,6 | 45,8 |
| NORTE/NORDESTE | 11.480,9 | 12.122,2 | 5,6 | 3.028 | 2.931 | (3,2) | 34.759,5 | 35.526,1 | 2,2 |
| CENTRO-SUL | 54.443,7 | 56.811,8 | 4,3 | 4.082 | 3.816 | (6,5) | 222.256,7 | 216.785,3 | (2,5) |
| BRASIL | 65.924,6 | 68.934,0 | 4,6 | 3.899 | 3.660 | (6,1) | 257.016,2 | 252.311,4 | (1,8) |

Legenda: (*) Produtos selecionados: Carvão de algodão, amendoim (1ª e 2ª safras), arroz, aveia, canola, centeio, cevada, feijão (1ª, 2ª e 3ª safras), gergelim, girassol, mamona, milho (1ª, 2ª e 3ª safras), soja, sorgo, trigo e triticale

Nota: Estimativa em setembro/2021.

Fonte: Conab (2021).

1.1.1 Produção de grãos em Santa Catarina

Santa Catarina têm, na maioria das vezes, índices positivos de produtividade agropecuária, sendo um dos destaques nacionais na produção de alimentos, embora a sua área represente apenas 1,1% do território nacional.

De acordo com a Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina:

A agricultura catarinense se caracteriza pelo modo de produção familiar, pela pequena propriedade e pela diversidade produtiva, com expressão na produção de grãos, frutas, mel, leite, carnes e produtos florestais. A busca pela inovação e aplicação de

tecnologias produtivas e sustentáveis tem historicamente elevado a produtividade e a qualidade de seus produtos alimentícios, deixando o estado bem posicionado em diversas culturas e criações no ranking da produção nacional agropecuária (EPAGRI, 2021).

A Tabela 2 apresenta a produção das lavouras de Santa Catarina e a respectiva posição no ranking nacional, de acordo com o cultivar.

Tabela 2 – Produção e participação de Santa Catarina no Brasil

| Produtos | Brasil (t) | Santa Catarina | | |
|----------------|-------------|----------------|-----------------|-----------------|
| | | (t) | Part. no BR (%) | Posição |
| Cebola | 1.556.885 | 457.221 | 29,37 | 1 ^a |
| Arroz | 10.368.611 | 1.062.159 | 10,24 | 2 ^a |
| Fumo | 769.801 | 192.269 | 29,98 | 2 ^a |
| Maçã | 1.222.979 | 585.790 | 47,9 | 2 ^a |
| Palmito | 113.313 | 28.434 | 25,09 | 2 ^a |
| Pera | 16.722 | 4.989 | 29,74 | 2 ^a |
| Erva-mate | 517.779 | 89.909 | 17,36 | 3 ^a |
| Alho | 131.523 | 15.434 | 11,73 | 3 ^a |
| Maracujá | 593.429 | 44.934 | 7,57 | 3 ^a |
| Pêssego | 183.132 | 17.338 | 9,46 | 3 ^a |
| Banana | 6.812.708 | 723.435 | 10,62 | 4 ^a |
| Trigo | 5.604.158 | 146.039 | 2,61 | 5 ^a |
| Uva | 1.485.292 | 58.975 | 3,97 | 5 ^a |
| Caqui | 168.658 | 2.732 | 1,62 | 6 ^a |
| Batata-inglesa | 3.696.930 | 117.483 | 3,17 | 7 ^a |
| Tomate | 3.917.967 | 161.948 | 4,13 | 7 ^a |
| Feijão | 2.906.508 | 108.976 | 3,75 | 8 ^a |
| Milho | 101.138.617 | 2.767.069 | 2,74 | 8 ^a |
| Soja | 114.269.692 | 2.270.512 | 1,99 | 10 ^a |
| Tangerina | 984.897 | 6.892 | 0,7 | 11 ^a |
| Laranja | 17.073.593 | 25.794 | 0,15 | 12 ^a |
| Mandioca | 17.497.115 | 348.412 | 1,99 | 16 ^a |

Fonte: IBGE (2019).

O Centro de Socioeconomia e Planejamento Agrícola (CEPA), unidade de pesquisa da EPAGRI, é responsável pelo monitoramento das safras e do mercado agrícola no Estado (TORESAN, 2021).

A finalidade do acompanhamento é disponibilizar informações em tempo hábil para monitorar o mercado e a produção. A evolução das safras e dos preços são informações

estratégicas para os agricultores e organizações, além desses dados serem essenciais para a formulação de políticas públicas (CONAB, 2019).

A Tabela 3 apresenta informações dos principais produtos cultivados em Santa Catarina. Os dados utilizados são das safras 2019/20 e 2020/21.

Tabela 3– Principais produtos de Santa Catarina – Safras: 2019/2020 e 2020/2021

| Produto | Área plantada (ha) | Produção (t) | Rend. médio (kg/ha) |
|-------------------------------|---------------------------|---------------------|----------------------------|
| Arroz ⁽¹⁾ | 149.458 | 1.254.139 | 8.391 |
| Batata-inglesa ⁽¹⁾ | 2.636 | 71.455 | 27.107 |
| Cebola ⁽²⁾ | 17.432 | 389.941 | 22.369 |
| Cevada ⁽²⁾ | 492 | 2.690 | 1.323 |
| Feijão ⁽¹⁾ | 60.683 | 94.350 | 1.554 |
| Fumo ⁽¹⁾ | 93.058 | 205.747 | 2.210 |
| Milho Grão ⁽¹⁾ | 334.070 | 2.580.879 | 7.725 |
| Milho Silagem ⁽¹⁾ | 219.606 | 8.794.516 | 40.046 |
| Soja ⁽¹⁾ | 686.100 | 2.294.939 | 3.344 |
| Tomate ⁽¹⁾ | 2.035 | 142.011 | 69.784 |
| Trigo ⁽²⁾ | 58.432 | 172.078 | 2.944 |

⁽¹⁾Safra 2019/2020.

⁽²⁾Safra 2020/2021.

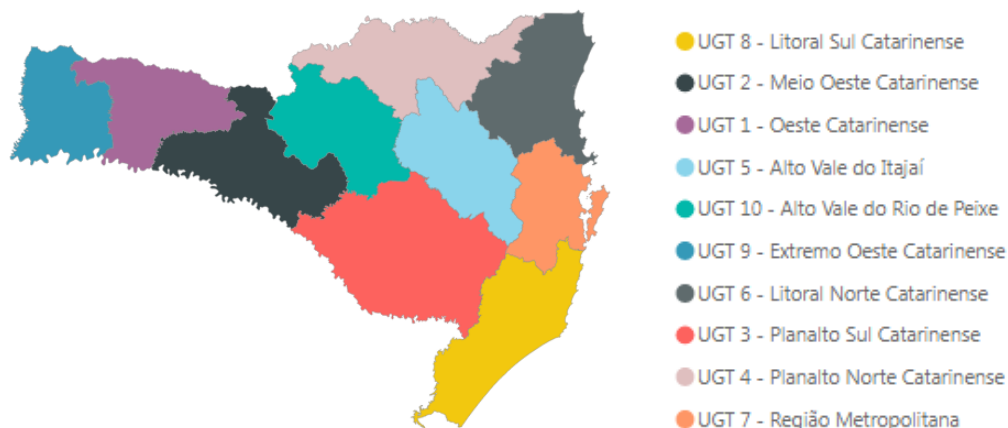
Fonte: Epagri/Cepa (2021).

1.1.1.1 Produção de grãos no sul catarinense

O Sistema Integrado de Informações Agropecuárias da Secretaria de Estado da Agricultura e da Pesca de Santa Catarina (InfoAgro/SC) é uma plataforma que concentra todos os dados do setor agrícola e pecuário catarinense, disponibilizando informações atualizadas sobre safras, desempenho da produção, preços agrícolas e de terras, políticas públicas para o meio rural, entre outras.

As informações podem ser disponibilizadas por município, por região ou por Unidade de Gestão Técnica (UGT) da EPAGRI. A região de interesse deste estudo está contida na UGT 8 – Litoral Sul Catarinense, representada pela região de cor amarela na Figura 1.

Figura 1 – Unidades de Gestão Técnica da EPAGRI em Santa Catarina



Fonte: Conab (2021).

Os resultados encontrados na plataforma do InfoAgro/SC para todas as cidades compreendidas pela UGT 8 - Litoral Sul Catarinense referente a safra de grãos de verão 2020/21 foram de 130.837,00 áreas plantadas em hectares (ha), produção de 1.004.204,04 em toneladas (t), e rendimento médio de 7.675,23 quilogramas por hectare (kg/ha). A pesquisa completa pode ser conferida no Anexo A.

Apesar da alta produção, constatam-se elevados índices de perdas dos produtos agrícolas entre a colheita e o armazenamento, principalmente devido à falta de tecnologias específicas de conservação e estruturas de secagem deficientes. Este fato reduz nos agricultores o estímulo de investir na atividade e acabam optando geralmente por aplicar os recursos na etapa de produção, minimizando ou eliminando os investimentos no pós-colheita. Com a diminuição dos cuidados nesta última etapa, entregam um produto com baixo valor comercial, o que lhes diminui as receitas e cria um círculo vicioso (ELIAS; RUBIN, 2020). Com isso, grande parte do que poderia ser o lucro da atividade acaba indo para os intermediários (ELIAS *et al.*, 2017).

A CONAB (2021) explica que enquanto a capacidade de armazenamento instalada nas fazendas em países como Argentina, Canadá e Estados Unidos atinge patamares de 40%, 85% e 65% respectivamente, no Brasil este índice permanece próximo a 14% ao longo de 10 anos. Segundo o mesmo autor, o armazenamento dos grãos em silo próprio, pode refletir em ganhos de até 55% para os produtores.

A produção da agricultura familiar deve primar pela qualidade para conquistar mercados cada vez mais exigentes, já que não tem escala de produção. Para tanto, surge a necessidade do uso de tecnologias sustentáveis, que economizem mão de obra, de fácil manejo, a fim de buscar mudanças na cadeia produtiva de grãos (EPAGRI, 2021).

Nesse sentido, a EPAGRI vem buscando inovações tecnológicas de secagem e armazenamento de grãos de baixa complexidade e de custo reduzido juntamente à EMATER. As tecnologias mais recentes de silos secadores de alvenaria que utilizam ar ambiente na secagem dos grãos têm se demonstrado ao alcance dos produtores e podem representar ganhos expressivos por meio de uma adequada estocagem de suas safras (MARTINS *et al.*, 2013).

O presente trabalho foi estruturado em cinco seções, sendo que nesta primeira seção foram apresentados uma introdução ao tema e os objetivos a serem alcançados no final do estudo. A segunda seção apresentou o estado da arte. A terceira seção discorreu a respeito da metodologia empregada para atingir os resultados, os quais foram apresentados e discutidos na quarta seção. Ademais, a quinta seção apresentou as considerações finais e sugestões para trabalhos futuros.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

O intuito deste estudo foi mapear e avaliar comparativamente os diferentes tipos de silos secadores e armazenadores de grãos instalados na região sul catarinense a fim de verificar oportunidades de otimização para o armazenamento e condicionamento de grãos.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Estudar comparativamente os principais métodos de secagem e armazenamento de grãos disponíveis na literatura;
- Mapear unidades produtoras e quantificar a capacidade de secagem e armazenamento de grãos no sul catarinense;
- Coletar e analisar dados de operação de silos secadores e armazenadores de referência instalados na região sul catarinense;
- Avaliar comparativamente os silos secadores e armazenadores instalados na região sul catarinense e estudar opções para otimizar a operação.

Este trabalho demandou diversos conhecimentos adquiridos no curso de Engenharia de Energia, que foram importantes para a construção da abordagem e para a discussão dos

resultados obtidos. Por exemplo, conceitos como volume de controle foram utilizados para analisar os métodos de armazenamento e secagem de grãos de milho e arroz dentro e fora da propriedade rural; tipos de sistemas de secagem e processos de transferência de calor e massa durante a secagem de grãos; a geração de calor, e a formação de contaminantes como os Hidrocarbonetos Poliaromáticos na secagem por meio do ar aquecido, bem como a emissão de dióxido de carbono no transporte e na respiração da massa de grãos durante o armazenamento; e a busca pelo controle e pela eficiência energética em todas as etapas do processo visando à sustentabilidade econômica, financeira e ambiental.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 OPERAÇÕES PÓS-COLHEITA DE GRÃOS

O processo produtivo em uma propriedade rural não termina quando a colheita se encerra. A maior parte dos grãos, depois de colhidos, possui características inadequadas ao armazenamento, em razão principalmente do alto conteúdo de água na época da colheita e da presença de impurezas e matérias estranhas necessitando, portanto, de tratamentos pós-colheita a fim de garantir a preservação de um produto economicamente valorizado e qualitativamente competitivo (PORTELLA; EICHELBERGER, 2001; FARONI *et al.*, 2005)

Os grãos podem ser colhidos quando atingem a maturação fisiológica, mas esse processo é restrito, pois não permite a debulha mecanizada. Assim, os grãos permanecem nas lavouras até atingirem um teor de umidade adequado para permitir a debulha mecânica. Nesse período entre a maturação e a colheita, denominado período crítico, os grãos permanecem expostos às intempéries, como chuvas, oscilações de temperatura e ataques de pragas, podendo alterar sua qualidade. A primeira medida a ser adotada nesse contexto é a redução do tempo entre a maturação e a colheita, que deve ser realizada assim que as culturas atingirem o teor de umidade adequado para a colheita mecanizada (MARES; MRVA, 2008).

Ao entrarem nas unidades de armazenamento, os grãos são avaliados quanto à qualidade. Dentre as diversas formas de entrada dos grãos nas unidades, eles podem chegar: (a) secos e sujos; (b) secos e limpos e; (c) úmidos e sujos. Assim, são necessárias etapas pós-colheita adequadas para manter a qualidade dos grãos e várias medidas devem ser adotadas nas unidades de armazenamento e processamento de grãos, antes e durante o armazenamento (NEME; MOHAMMED, 2017).

A avaliação da qualidade dos grãos no momento do recebimento ou expedição das unidades armazenadoras é fundamental para determinar seu valor de mercado e também para decidir quais atividades de manutenção pós-colheita deverão ser realizadas. Assim, no momento do recebimento nas unidades de armazenamento, é necessário realizar procedimentos de amostragem, homogeneização e avaliação dos grãos, além de coletar informações como cultivar, local de produção, sistema de coleta e época de colheita, o que facilita a tomada de decisão dentro da unidade de armazenamento. Análises obrigatórias devem ser realizadas para determinar o teor de umidade, matéria estranha e impurezas; identificar defeitos e estabelecer a tipificação final, todos descritos em um procedimento operacional padrão (ZIEGLER; PARAGINSKI; FERREIRA, 2021).

A avaliação dos grãos realizada na recepção em uma unidade de armazenamento pode determinar se esses grãos precisam passar por etapas de pré-limpeza e limpeza. A limpeza é caracterizada como o processo de remoção de corpos estranhos e impurezas da massa de grãos, e precisa ser realizada antes do armazenamento para uniformizar a massa de grãos (GUEDES *et al.*, 2011).

Para armazenamento, recomenda-se que os teores de matérias estranhas e impurezas sejam inferiores a 1%, pois porcentagens mais altas podem favorecer o desenvolvimento de microrganismos, além de dificultar o processo de aeração dos silos. As etapas de pré-limpeza e limpeza devem ser realizadas com máquinas de ar, que utilizam o princípio do fluxo de ar, e/ou com peneiras de diferentes tamanhos para obter o nível de limpeza desejado (JIAN; NARENDRAN; JAYAS, 2019).

Por sua vez, a secagem é uma etapa fundamental na conservação de todos os grãos, tendo em vista que a umidade é o principal fator que altera as propriedades dos grãos e torna o ambiente favorável ao desenvolvimento de insetos, microrganismos e a alteração na composição e perda de massa devido ao aumento do metabolismo dos próprios grãos. O teor de umidade permitido nos grãos para armazenamento depende da espécie e do período de armazenamento dos grãos. Além do teor de umidade dos grãos, fatores como temperatura, umidade relativa do ar, pragas e doenças podem interferir na qualidade dos grãos (ZIEGLER; PARAGINSKI; FERREIRA, 2021).

2.2 SECAGEM DE GRÃOS

É preferível que os grãos sejam colhidos com umidade mais elevada a fim de evitar perdas quantitativas e qualitativas devido aos riscos de ocorrência de intempéries e também devido ao maior tempo de uso da terra. Para tanto, faz-se necessária secagem dos grãos a fim de permitir o armazenamento dos produtos agrícolas por períodos mais longos, sem o perigo de deterioração por microrganismos e insetos, além de preservar o poder germinativo (ELIAS *et al.*, 2017; MÖHLER, 2010).

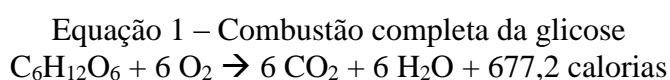
De acordo com Portella e Eichelberger (2001):

Quando se colhe com umidade elevada, a atividade metabólica de respiração dos grãos e dos microrganismos presentes na massa ocorre em elevadas taxas, levando ao aquecimento da massa, devido à liberação de energia calórica. Essa condição também é propícia ao desenvolvimento de fungos e de insetos, conduzindo à rápida

deterioração. Através da remoção do excesso de água pela secagem, e com uma correta armazenagem, torna-se possível a conservação de produtos agrícolas.

A atividade metabólica de respiração acontece quando o oxigênio é absorvido e os carboidratos se transformam em gás carbônico, água e calor (667,2 cal/mol de glicose), havendo perda de matéria seca e, conseqüentemente, perda de peso. Logo, a produção de calor e a intensidade da respiração dependem da temperatura e do teor de umidade do grão (MÖHLER, 2010).

A combustão completa da glicose produz a Equação 1.



Para Möhler (2010) “a oxidação da glicose, fruto do processo de respiração, é um processo exotérmico e libera calor que aquece o ambiente de armazenamento, acelerando, por sua vez, o processo de respiração com o aumento da temperatura”.

2.2.1 Propriedades da secagem

Para Harrington (1972), a umidade ideal para conservação de grãos situa-se entre 10 a 13%. A partir de 14% os grãos ainda respiram de forma ativa e acima de 18% o processo de respiração é intensamente acelerado, podendo ocasionar fermentação e podridão bacteriana. Acima de 35% pode ocorrer a germinação.

A Figura 2 apresenta a relação da temperatura e umidade da massa de grãos com as principais problemáticas enfrentadas pós-colheita.

Nota-se que a Figura 2 considera a umidade e a temperatura dos grãos, enquanto suas relações com a umidade e temperatura do ar são apresentadas no diagrama de aeração de grãos, na Figura 3.

Figura 2 – Diagrama de conservação de grãos

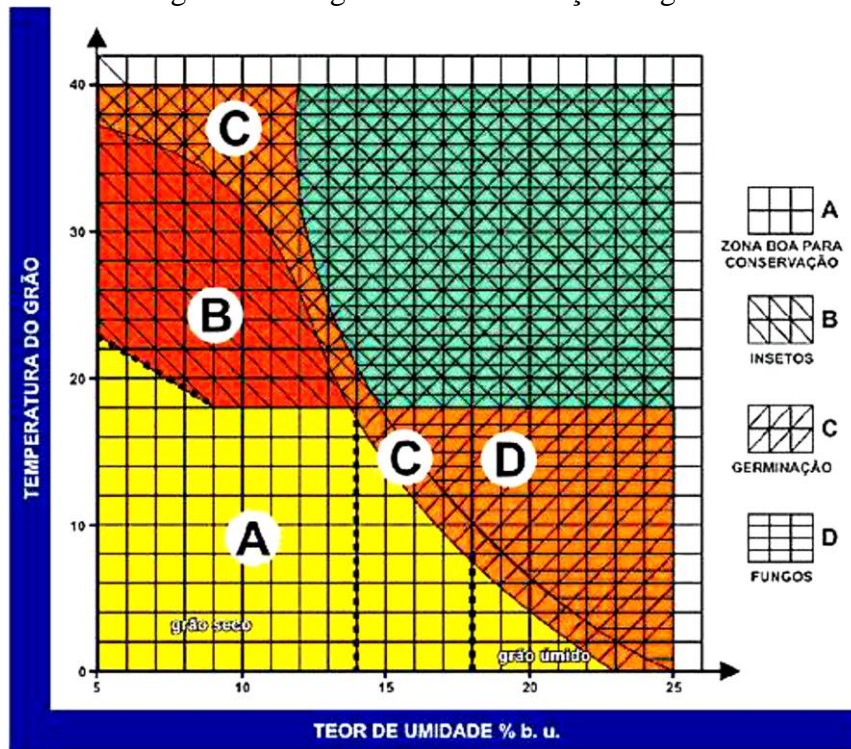
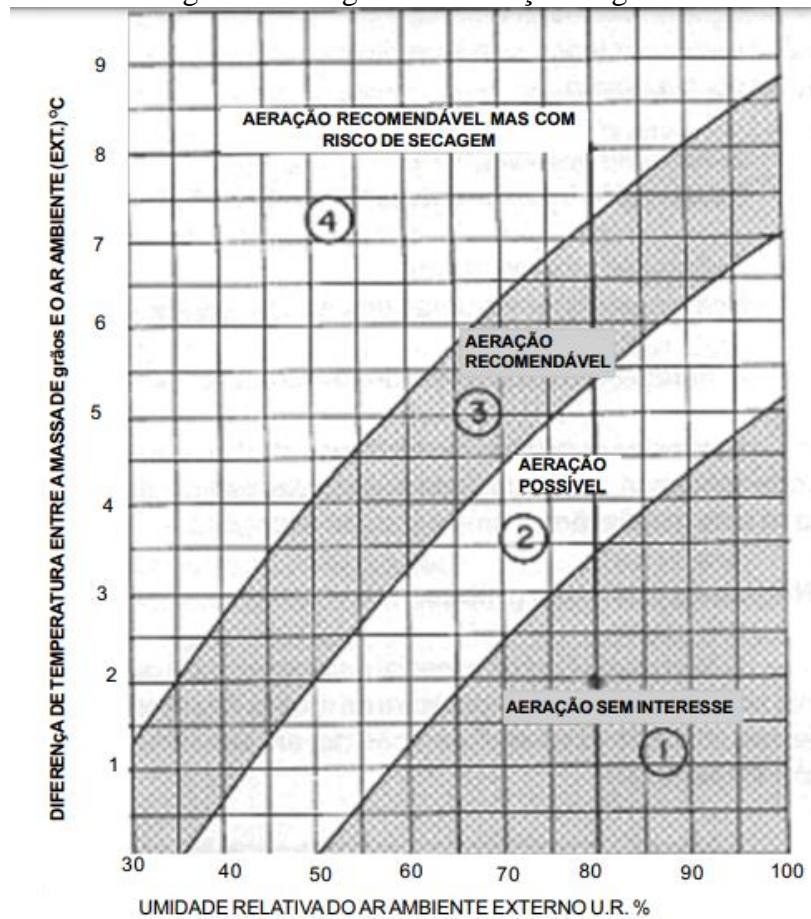


Figura 3 – Diagrama de aeração de grãos



A Tabela 4 apresenta o grau de umidade do grão durante o armazenamento para a conservação de algumas culturas de importância econômica.

Tabela 4 – Grau de umidade do grão (%) no armazenamento

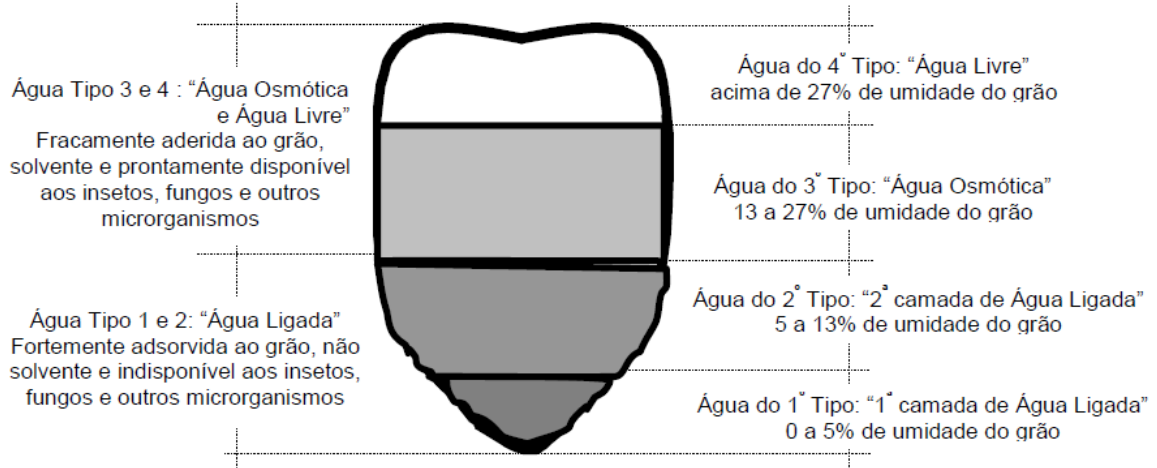
| Espécie | Período de conservação | |
|----------|------------------------|---------------|
| | Até 1 ano | Mais de 1 ano |
| Milho | 12-13 | 10-11 |
| Arroz | 13-14 | 11-12 |
| Soja | 11 | 9-10 |
| Sorgo | 12 | 10-11 |
| Algodão | 11 | 9-10 |
| Feijão | 12 | 10-11 |
| Trigo | 12-13 | 11 |
| Aveia | 13-14 | 12 |
| Cevada | 13 | 11 |
| Amendoim | 9 | 7-8 |
| Girassol | 9 | 8 |
| Café | 12 | 11 |
| Canola | 9 | 8 |

Fonte: Portella e Eichelberger (2001).

A umidade é um dos principais fatores que afetam a qualidade dos grãos. Entretanto, conforme conceito de atividade de água, nem toda umidade do grão colabora para sua deterioração. A atividade de água faz referência à disponibilidade da água no alimento, ou seja, com quão força de atração a água se encontra ligada aos diferentes componentes do grão, podendo encontrar-se fortemente ligada, isto é, combinada formando grupos químicos ou ligada aos compostos orgânicos, o que representa o teor de umidade até 13%, ou ainda livre e osmótica, isto é, água com leve atração ou fracamente retida, podendo permitir reações enzimáticas e o crescimento dos microrganismos, o que ocorre no teor de umidade acima de 13% (PORTELLA; EICHELBERGER, 2001; MÖHLER, 2010).

A Figura 4 demonstra os diferentes tipos de águas fixadas nos grãos, e seus respectivos níveis de umidade.

Figura 4 – Representação da fixação da água no grão

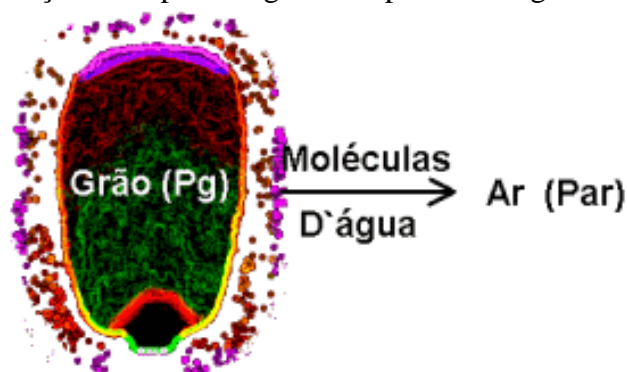


Fonte: Streck *et al.* (2010).

Por ser água biologicamente ativa, a existência de água livre e osmótica é o objetivo da secagem, pois minimizando a disponibilidade da água excedente, geram-se condições desfavoráveis ao desenvolvimento de microrganismos no produto, além de tornar o ambiente desfavorável para as atividades metabólicas das pragas (PORTELLA; EICHELBERGER, 2001).

O mecanismo de secagem é constituído de duas etapas hidrotérmicas distintas e complementares, o da difusão, isto é, o movimento da água do interior do grão para a periferia e o da evaporação, definido pela retirada da água do grão para o meio ambiente, sendo a primeira etapa endotérmica e a segunda isoentálpica. A particularidade da secagem, comparada com outras técnicas de separação, é que a remoção das moléculas de água é obtida por uma movimentação de vapor de água em razão da diferença entre as pressões parciais de vapor da superfície do grão (P_g) e do ar que o envolve (P_{ar}), conforme Figura 5 (ELIAS *et al.*, 2017; PORTELLA; EICHELBERGER, 2001; ROCKENBACH, 2018).

Figura 5 – Movimentação de vapor de água da superfície do grão e do ar que o envolve



Fonte: Silva (2018).

Para ELIAS *et al.* (2017) o que determina a direção do fluxo da água é a relação entre a pressão de vapor do ar e da superfície do grão. Assim, se:

Par > P_g: ocorre o umedecimento dos grãos. É o que se chama de sorção.

Par < P_g: ocorre a secagem, ou perda de água. É o que se chama de dessorção.

Par = P_g: o intercâmbio de água torna-se nulo. É o que se chama de ponto de equilíbrio higroscópico.

As trocas de calor e água entre o grão e o ar ambiente são dinâmicas e contínuas até o limite da obtenção do equilíbrio higroscópico, em determinadas condições de temperatura.

Segundo ELIAS *et al.* (2017)

Se a pressão de vapor do ar for menor do que a pressão de vapor na periferia do grão, a água periférica sofre evaporação e se forma um desequilíbrio interno de umidade, que gera um gradiente hídrico e faz ocorrer um processo de movimentação da água por difusão, do interior para a periferia, através dos poros. Quando atinge a periferia e nela se acumula, formando novos gradientes de pressão, entre o interior e a periferia dos grãos e entre a periferia e o ar, ocorre mais evaporação, formando um novo gradiente hídrico, que provoca uma nova difusão, e assim prossegue, até que se equilibre a distribuição interna da água no grão com a periferia e a pressão de vapor desta com o ar circundante, quando entram em equilíbrio ar e grãos, cessando o processo. Esse é o mecanismo de secagem por ar não aquecido ou ar ambiente.

A elevação da temperatura aumenta a capacidade do ar de conter mais massa de vapor de água, conforme pode ser visto na Tabela 5.

Tabela 5 – Conteúdo máximo de vapor de água do ar, ao nível do mar, para várias temperaturas

| Temperatura (°C) | Vapor de água (g/m ³) |
|------------------|-----------------------------------|
| -10 | 2,16 |
| 0 | 4,8 |
| 5 | 6,8 |
| 10 | 9,4 |
| 12 | 11,0 |
| 15 | 13,0 |
| 20 | 17,0 |
| 40 | 51,0 |
| 100 | 600,0 |

Fonte: Portella e Eichelberger (2001).

No grão, o aumento de temperatura causa um aumento de energia cinética sem que haja expansão do grão, fazendo com que aumente a pressão interna no grão e, conseqüentemente, aumente também a velocidade de difusão, que proporciona aumento de umidade na periferia, intensificando a evaporação.

Portanto é a pressão de vapor do ar que vai definir se uma determinada massa de grãos vai absorver ou perder água.

Para Portella e Eichelberger (2001), “além do gradiente hídrico formado pela evaporação da água da periferia, como ocorre na secagem com ar não aquecido, no mecanismo de secagem com ar aquecido há a ocorrência simultânea de outro fator que promove a difusão: o gradiente de pressão interna, causado pelo acúmulo de calor no interior do grão”.

É importante apontar a diferença entre a umidade de armazenamento para a conservação dos grãos e a umidade de comercialização. No Brasil, a umidade padrão para a comercialização de grãos é de 14%. A venda e entrega de grãos com umidade abaixo de 14% significa prejuízo econômico para o produtor ou armazenista, pois representa perda de matéria seca e conseqüentemente, perda de peso (PORTELLA; EICHELBERGER, 2001).

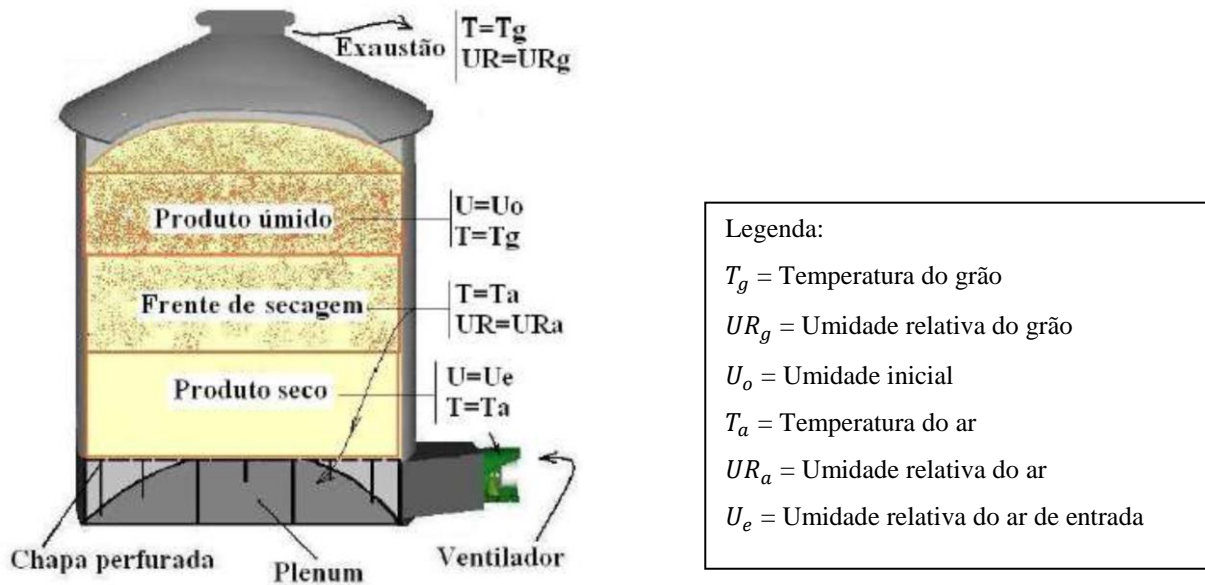
2.2.2 Curva de secagem

A secagem é um processo que envolve fenômenos de transferência de calor e massa (água) entre o produto e o ar de secagem. Tais fenômenos podem ser equacionados e agrupados em modelos matemáticos como o Modelo de Hukill, Modelo de Thompson, Modelo de Morey e Modelo de Michigan (MELO, 2011).

Conforme a Figura 6, três camadas com valores de propriedades distintos são verificadas na secagem de grãos com ar natural ou baixa temperatura.

De modo geral, o calor sensível fornecido pelo ar é igual ao calor latente de vaporização necessário para evaporar a água contida no produto até o teor final de água desejado. Assim, calor sensível é convertido em calor latente.

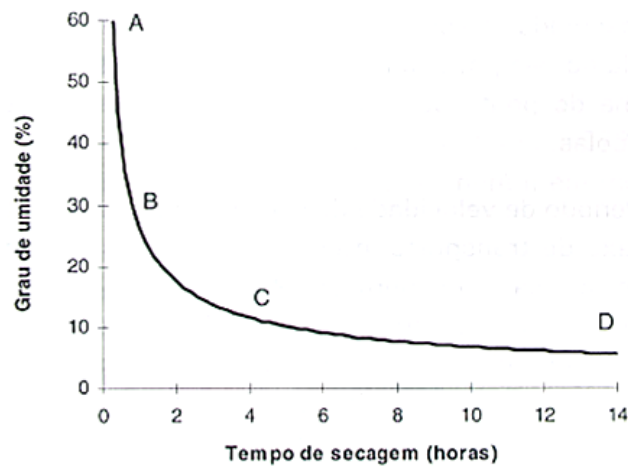
Figura 6 – Teor de água no silo



Fonte: Melo (2011).

Para Portella e Eichelberger (2001), considerando-se temperatura e fluxo de ar constantes, o processo de secagem pode ser dividido em duas fases, conforme a Figura 7:

Figura 7 – Curva típica de secagem.



Fonte: Puzzi (1986).

a) Período de velocidade de secagem constante (AB): Nesse período, a taxa de transporte interno da água é no mínimo igual à taxa de evaporação. Como a evaporação é inferior ao transporte de água do interior para a superfície do grão, o processo é isentálpico. A quantidade de energia que chega até o grão é igual àquela que sai do grão. A temperatura do ar de secagem na saída do secador tende para a temperatura ambiente. A transferência de calor e massa é equivalente e, portanto, a velocidade de secagem é constante. Esse período estende-se enquanto a taxa de migração de água do interior até a superfície do grão se mantém suficiente para

acompanhar a perda por evaporação de água da superfície do grão. Essa fase geralmente não é observada na secagem artificial de grãos, pois ocorre ainda no campo, quando o teor de água dos grãos está acima do ponto de colheita, na maioria das espécies agrícolas.

b) Período de velocidade de secagem decrescente (BD): a taxa de transporte interno da água passa a ser inferior à taxa de evaporação. Não existe água na superfície da semente para ser evaporada. A quantidade de energia que chega até o grão é superior àquela que sai do grão. A transferência de calor não é compensada pela transferência de massa. O fator limitante nessa fase é a taxa de migração de umidade do interior para a superfície do grão. A temperatura do grão aumenta, tendendo para a temperatura do ar de secagem. Quando a umidade do grão atinge o ponto de equilíbrio em relação à umidade relativa do ar de secagem, o processo é encerrado. Esse período pode ser dividido em dois outros. No período BC, a velocidade de secagem é **decrescente rápida**, ou seja, a perda de água por unidade de tempo ainda é elevada, apesar de a velocidade de descolamento da água do interior do grão ser inferior à taxa de evaporação. No período CD, a perda de água por unidade de tempo é baixa, por isso denominada de velocidade **decrescente lenta**. Nessa fase, a quantidade de energia que chega ao grão é elevada em relação à que deixa o grão por transferência de massa, resultando em baixo rendimento térmico. Isso é importante na decisão do término do processo de secagem com vistas a um maior rendimento térmico do secador, reduzindo o custo de secagem. Os limites de cada período são dependentes da temperatura de secagem usada. Quanto mais elevada a temperatura, esses limites ocorrem com umidade mais baixa. O mesmo acontece com o fluxo de ar, porém em menor escala.

A secagem dos grãos acontece por meio de equipamentos usados para a redução de umidade, conhecidos como secadores de grãos. No Brasil, os secadores comercialmente mais usados são os do tipo cascata com capacidade de secagem variável, construídos com quantidades expressivas de componentes metálicos e de elevado custo.

2.3 MÉTODOS DE SECAGEM

O principal fator influente em qualquer processo de armazenamento é o teor de umidade do grão. Reações de deterioração ocorrem em altos níveis de umidade, especialmente hidrólise enzimática e oxidação de lipídios, no entanto, essas reações ocorrem com menos frequência com baixo teor de umidade. Por isso, o teor de umidade dos grãos deve ser controlado durante o armazenamento (FURQUIM *et al.*, 2014).

Os principais parâmetros que influenciam a velocidade de secagem atuam interdependentes: a) a temperatura e umidade relativa do ar ambiente; b) temperatura e fluxo de ar de secagem; c) umidade inicial do produto agrícola e; d) fluxo do produto no secador.

No Brasil, não há normas oficiais de classificação para métodos de secagem. Por essa razão, e na tentativa de facilitar o entendimento do assunto, os métodos de secagem são classificados e estudados segundo a sequência apresentada no Quadro 1, a seguir:

Quadro 1 – Classificação dos sistemas de secagem

| | | | | |
|---------------------|---------------------------------------|--------------------|--|----------------|
| Sistemas de secagem | Natural - no campo, na própria planta | | | |
| | Artificial | Ventilação natural | Terrenos e paióis Secagem solar, etc. | |
| | | Ventilação forçada | Ar natural | |
| | Baixas temperaturas | | Processo estático | |
| | | | Revolvimento do produto | |
| | Altas temperaturas | | Quanto ao fluxo | Camada fixa |
| | | | | Cruzados |
| | | | | Contracorrente |
| | | | | Concorrente |
| | | | | Cascata |
| Rotativo | | | | |
| Convecção | | | | |
| Quanto à operação | Fluidizado | | | |
| | Contínuos Intermitentes | | | |
| Sistemas combinados | | | | |
| Seca-aeração | | | | |

Fonte: Adaptado, Silva (2018).

2.3.1 Secagem natural

A secagem natural é caracterizada pela secagem do produto no campo, na própria planta, sem a interferência humana na temperatura e nem no fluxo do ar. O início da secagem ocorre após a maturação fisiológica do produto, quando este apresenta elevado teor de umidade. A movimentação do ar é feita pela ação do vento e a energia para evaporação de umidade provém do potencial de secagem do ar e da incidência da energia solar (SILVA, 2018; ELIAS *et al.*, 2017).

Embora os investimentos para realizá-la sejam mínimos, a secagem natural é uma técnica não aconselhável, pois o produto fica sujeito ao ataque de pragas, ao tombamento de plantas e às intempéries, que contribuem para acarretar grandes perdas e afeta a qualidade do

produto. Uma grande desvantagem da secagem natural no campo é que o terreno fica ocupado por muito tempo, retardando as operações de preparo do solo para um novo cultivo (SILVA, 2018; ELIAS *et al.*, 2017).

2.3.2 Secagem artificial

Na secagem artificial existe a interferência do homem, acelerando e melhorando o processo, podendo ser realizada com ventilação natural ou forçada.

A ventilação natural difere da secagem natural pelo fato de o produto agrícola ser retirado da planta e espalhado em camadas de espessura inferior a cinco centímetros em pátio de concreto, asfalto, alvenaria ou de terra batida. A remoção do excesso de água é realizada por meio da radiação solar e da entalpia do ar. É totalmente dependente das condições ambientais e não há controle técnico sobre a operação (SILVA, 2018).

Na secagem com ventilação forçada, a movimentação do ar ocorre por meio da ação de ventiladores e/ou exaustores e há controle das condições térmicas do ar, o qual pode ser usado nas condições ambientais, em baixas temperaturas ou após ser aquecido. É também entendida como secagem durante o armazenamento, pois, após a secagem, o produto pode permanecer armazenado no mesmo ambiente (SILVA, 2018).

2.3.2.1 Secagem com ar natural ou baixa temperatura

Na secagem com ar natural o potencial de secagem do ar ambiente e o pequeno aquecimento provocado pelo ventilador (2 °C a 3 °C) são suficientes para propiciar a obtenção do teor de umidade final recomendado para um armazenamento seguro. A secagem em baixas temperaturas utiliza ar natural até 10 °C acima da temperatura ambiente. Sistemas de secagem com ar natural e em baixas temperaturas devidamente projetados e manejados são métodos econômicos e tecnicamente eficientes (SILVA, 2018; SILVA, 2004).

Silva (2004) diz que os secadores dessa modalidade se apresentam como silos e possuem como características: a) fundo perfurado; b) capacidade estática máxima de 5000 sacos; c) altura de cilindro máxima de 6 metros; d) fluxo de ar entre 1,0 e 10 m³/min.tonelada de produto e; e) área de suspiros equivalente a 1,0 m² para cada 300 m³/min de ar insuflado.

2.3.2.1.1 Classificação dos secadores

a) Processo estático: É possível dividir o processo de secagem com baixas temperaturas conforme a movimentação do produto. No caso do processo estático, os grãos permanecem parados enquanto o ar é movimentado durante a secagem. O processo inicia-se na camada inferior do silo e vai progredindo até atingir a última camada, na parte superior. A pequena quantidade de ar por unidade de massa de grão torna o processo lento (SILVA, 2018).

Durante o período de secagem distinguem-se três camadas de umidade, conforme pode ser visto na Figura 11. Na primeira camada, formada pelos grãos secos, o produto já atingiu o equilíbrio higroscópico com o ar. Na segunda, nomeada frente de secagem (FS), ocorre transferência de umidade do produto para o ar. A espessura desta faixa varia geralmente de 30 a 60 centímetros (SILVA, 2018).

A terceira faixa é formada por grãos úmidos, cujo teor de umidade está próximo ao inicial, pois, ao passar por essa camada, o ar está com sua capacidade de secagem esgotada. A temperatura nesta camada normalmente é inferior à temperatura do *plenum*, indicado na Figura 6, pois o ar é resfriado devido à troca de calor com o produto na frente de secagem (SILVA, 2018).

O cálculo da vazão do ar de secagem e a escolha dos equipamentos devem ser feitos com muita cautela. A vazão deve ser tal que permita à frente de secagem alcançar as camadas superiores antes da ocorrência de deterioração. Para o caso do milho, a Tabela 6 mostra o tempo permissível de armazenamento para que o grão com diferentes teores de umidade permaneça no processo à baixa temperatura sem a ocorrência de deterioração (SILVA, 2018).

Tabela 6 – Número de dias permitidos para secagem sem deterioração do milho

| Temperatura (°C) | Umidade do produto (% base úmida) | | | | | | | |
|------------------|-----------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|
| | 16 | 18 | 20 | 22 | 24 | 26 | 28 | 30 |
| 10 | 150 | 75 | 50 | 30 | 20 | 15 | 10 | 7 |
| 15 | 70 | 40 | 25 | 15 | 10 | 7 | 4 | 2 |
| 20 | 40 | 25 | 15 | 10 | 7 | 4 | 2 | 1 |
| 25 | 30 | 20 | 12 | 8 | 5 | 3 | 2 | 1 |

Fonte: Silva (2018).

Durante o processo de secagem, o tempo de funcionamento do ventilador depende do teor de umidade do produto no silo e do clima da região. É recomendável manter o ventilador ligado continuamente enquanto o produto agrícola estiver com teor de umidade inicial acima de 16%, mesmo à noite, pois embora a umidade relativa seja maior, o fato de a temperatura ser baixa causa o resfriamento da massa de grãos. Por sua vez, o ar, ao retirar calor dos grãos, eleva

sua temperatura e diminui a umidade relativa e, dependendo desta última, pode promover a secagem dos grãos mais úmidos (SILVA, 2018).

Caso a umidade dos grãos seja inferior a 16%, o ventilador deverá permanecer ligado desde que a umidade relativa média do ar ambiente seja inferior a 75%. Além disso, faz-se necessário o monitoramento diário do processo de secagem, que consiste na inspeção da temperatura e umidade da massa de grãos, para verificar se o produto está seco e/ou em processo de deterioração (SILVA, 2018).

O tempo de secagem pode ser reduzido elevando-se a temperatura do ar de secagem ou sua vazão. O aquecimento do ar praticamente não altera a velocidade de deslocamento da frente de secagem, no entanto, pode gerar supersecagem nas camadas inferiores e aceleração do processo de deterioração nas camadas superiores. Em geral, o aquecimento do ar só é recomendado nas regiões em que o potencial de secagem do ar natural é insuficiente para atingir o teor de umidade final desejado (SILVA, 2018; SILVA 2004).

O carregamento de um silo, durante a secagem com ar natural ou baixa temperatura, pode ser conduzido de três formas diferentes: camada única (até 1,0 metro de espessura), enchimento em uma etapa (carregamento em até cinco dias) ou enchimento por camadas. Nesse caso, uma nova camada só é adicionada se a última estiver parcialmente seca. A Tabela 7 apresenta as formas de carregamento do silo para secagem com ar natural ou baixa temperatura.

Tabela 7 – Formas de carregamento do silo para secagem com ar natural ou baixa temperatura

| Diâmetro (m) e Capacidade do silo por metro de carga (m ³ /m) | Umidade inicial vs. fluxo de ar | | | | | |
|--|---|----------------------------------|--------------------|---|----------------------------------|--------------------|
| | 18% b.u. vs. 0,7 m ³ /min.m ³ | | | 20% b.u. vs. 1,5 m ³ /min.m ³ | | |
| | Carga (m) ** | Tempo de secagem (dias) | Potência * (CV) | Carga (m) | Tempo de secagem (dias) | Potência * (CV) |
| 4,5 m 16,2 m ³ /m | 4 | 19 | 0,5 | 3 | 12 | 1,5 |
| | 5 | 19 | 1,0 | 4 | 12 | 4,0 |
| | 6 | 19 | 2,0 | 5 | 12 | 7,0 |
| 5,5 m 23,1 m ³ /m | 5 | 20 | 2,0 | 3 | 13 | 1,5 |
| | 6 | 20 | 3,0 | 4 | 13 | 5,0 |
| | 7 | 20 | 5,0 | 5 | 13 | 10,0 |
| | 4 | 20 | 1,0 | 2 | 13 | 0,5 |
| 6,5 m 33,0 m ³ /m | 5 | 20 | 2,0 | 3 | 13 | 2,0 |
| | 6 | 20 | 4,0 | 4 | 13 | 6,0 |
| | 7 | 20 | 6,0 | | | |

* Para potências superiores a 3 c.v., recomenda-se a utilização de ventiladores centrífugos.

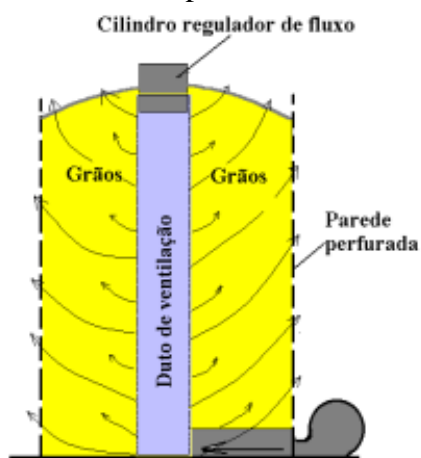
** Recomenda-se atingir a altura estabelecida em, no máximo, três dias.

Fonte: Silva (2018).

Este método é subordinado ao teor de umidade do produto agrícola, conforme visto na Tabela 6. Exemplificando o uso da Tabela 7, supõe-se um silo de 4,5 m de diâmetro e capacidade de 16,2 m³/m de carga, a ser carregado com produto agrícola a 18% de umidade, em base úmida, pelo método de enchimento por camadas. O fluxo de ar recomendado, em função da umidade do produto, é de 0,7 m³ de ar/min.m³ de grão. Logo, as primeiras camadas receberão maiores fluxos de ar de secagem devido à menor espessura em comparação às últimas camadas do enchimento. No caso de um silo com capacidade de até quatro cargas, recomenda-se o uso de um ventilador de 0,5 CV para atingir o tempo de secagem da massa de grãos em até 19 dias.

A quantidade de grãos a ser colocada em cada camada do enchimento dependerá da velocidade da frente de secagem, do teor de umidade inicial dos grãos e da temperatura do ar que sai da zona de secagem. Por sua vez, procede-se desta maneira até atingir a altura-limite estabelecida pela capacidade do silo e pelo fluxo do ar de secagem.

Figura 8 – Distribuição radial do fluxo de ar em silo-secador para sementes



Fonte: Silva (2018).

Figura 9 – Silo com equipamento para revolvimento do produto



Fonte: Silva (2018).

Em secagem de sementes, os métodos que usam baixas temperaturas resultam em melhor qualidade final do produto. A Figura 8 elucida um secador para sementes em que o ar é insuflado radialmente através da massa de grãos.

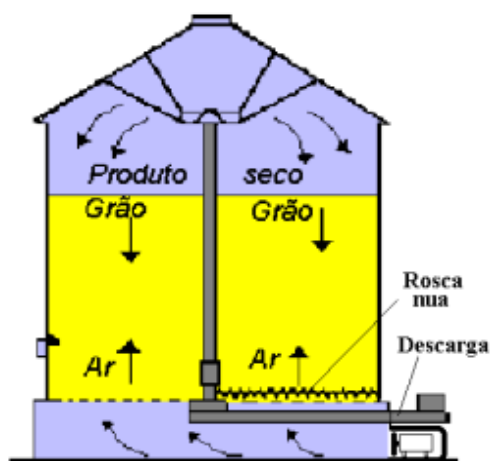
b) Revolvimento do produto: Indicado para regiões de umidade relativa média inferior a 60% ou em locais em que é necessário aquecer o ar de secagem. Nessa condição, pode ocorrer supersecagem da massa de grãos na camada inferior do silo. Para tanto, indica-se o revolvimento do produto por meio de uma rosca transportadora nua, com o objetivo de

destruir a frente de secagem, homogeneizando e elevando as camadas inferiores secas para a parte superior do silo (SILVA, 2018).

A Figura 9 apresenta o equipamento revolvente, formado por uma rosca vertical que se movimenta radialmente do centro para a parede do silo e vice-versa, misturando o produto verticalmente (SILVA, 2018).

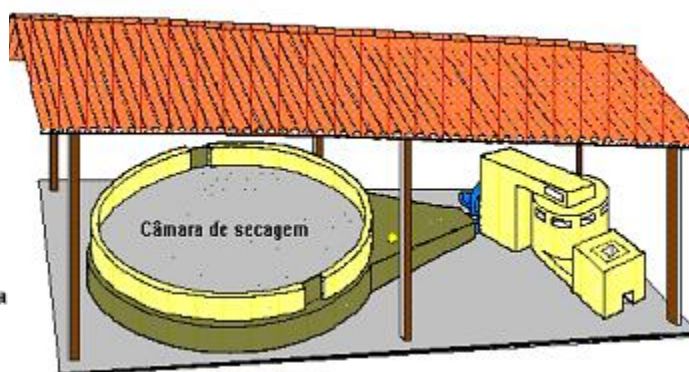
Outra maneira de se obter o revolvimento do produto próximo ao piso para o topo da massa é por meio da recirculadores de grãos, conforme Figura 10. A camada de grãos é movida à medida que a frente de secagem é parcialmente formada e assim, a frente de secagem não se estabelece completamente na parte inferior (SILVA, 2018).

Figura 10 – Silo equipado com recirculador de grãos



Fonte: Silva (2018).

Figura 11 – Vista geral de um secador de camada fixa



Fonte: Silva (2018).

Em geral, as vantagens desse método são pouca danificação mecânica, não prejudica o grão por elevação da temperatura, evitando fissuras, susceptibilidade à fratura, descoloração e perda do poder germinativo (SILVA, 2018).

As desvantagens desse método são pouca rapidez e a desuniformidade de secagem; altos teores de umidade inicial aumentariam a susceptibilidade do produto à deterioração, enquanto condições atmosféricas desfavoráveis implicariam a utilização de ventiladores e aquecedores mais potentes, inviabilizando economicamente o método (SILVA, 2018).

2.3.2.2 Secagem com altas temperaturas

Também um método de ventilação artificial forçada, a secagem com altas temperaturas é aquela em que o ar de secagem é aquecido a uma temperatura superior a 10 °C

acima da temperatura ambiente, a fim de aumentar a temperatura do ar úmido e consequentemente diminuir a umidade relativa, aumentando a capacidade do ar em absorver umidade. Por sua vez, o fluxo de ar (geralmente superior a $10 \text{ m}^3/\text{min.t}$) é forçado a passar através do secador por meio de um ventilador (SILVA, 2018).

Destaca-se que a secagem com uso de fornalhas de fogo direto que utilizam a lenha como combustível tem levado a contaminações dos grãos com aromáticos pesados, os hidrocarbonetos poliaromáticos (HPAs) que são compostos formados em processos de combustão incompleta com características mutagênicas e carcinogênicas comprovadas. É quase impossível evitar a contaminação dos produtos com fuligem e cinzas volantes, que, às vezes, também causam incêndios em secadores (MARTINS, 2019).

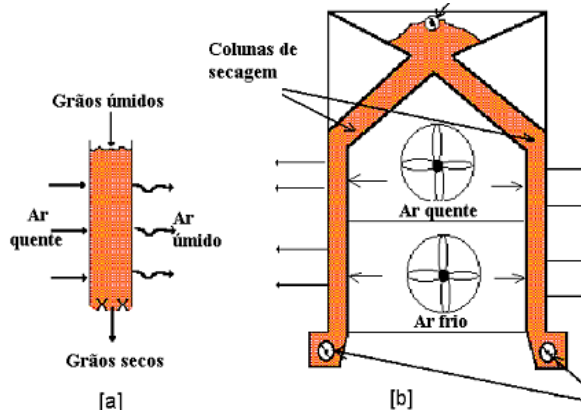
2.3.2.2.1 Classificação dos secadores

Classificação quanto ao fluxo:

a) Secador de camada fixa horizontal: na secagem em camada fixa, o produto permanece em uma estrutura com fundo perfurado, por onde passa o ar de secagem, insuflado por um ventilador de alta capacidade. Na secagem em camada fixa, a temperatura do ar é, no mínimo, $10 \text{ }^\circ\text{C}$ superior à temperatura ambiente. Ademais, a camada de grãos deve se situar entre 0,4 e 0,6 metros de altura e ser movimentada em intervalos regulares de tempo para evitar a desuniformidade na umidade final do produto, conforme Figura 11 (SILVA, 2018).

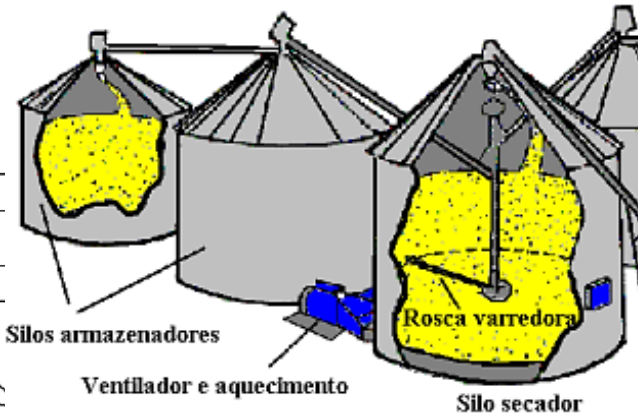
b) Secador em camada fixa vertical (coluna) e secador de fluxo cruzado: neste caso, o produto permanece em colunas verticais construídas em chapas perfuradas e são submetidas a um fluxo de ar que é perpendicular à camada do produto. No momento em que os grãos estão se movimentando, o secador é denominado de fluxo cruzado. A Figura 12 demonstra o funcionamento dos secadores de fluxo cruzados (a) e um modelo que pode trabalhar de forma contínua (b) (SILVA, 2018).

Figura 12 – Esquemas de funcionamento de um secador de fluxos cruzados



Fonte: Silva (2018).

Figura 13 – Sistema de armazenamento com silo-secador em fluxos contracorrentes



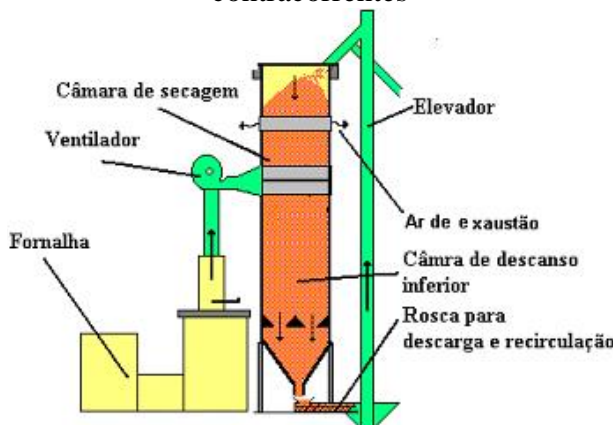
Fonte: Silva (2018).

c) Secador de fluxos contracorrentes: a secagem em fluxos contracorrentes acontece em silos em que os grãos e o ar de secagem movimentam-se em sentido contrário, conforme se observa na Figura 10 e 13 (SILVA, 2018).

Nesse secador, a frente de secagem permanece sempre próxima do fundo perfurado. O produto seco é conduzido para o centro por meio de uma transportadora helicoidal, que varre toda a seção transversal do silo. No centro, uma segunda rosca retira o produto e o conduz para a parte superior ou então para um silo armazenador, passando a funcionar de forma contínua. A ativação do sistema de movimentação do produto é coordenada por um termostato colocado a 0,5 metros acima da chapa perfurada. Para evitar danos nos grãos, a temperatura de secagem não deve ultrapassar os 70 °C (SILVA, 2018).

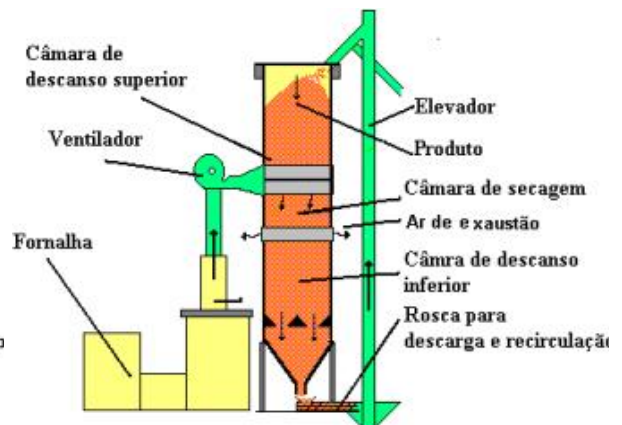
A Figura 14 apresenta um secador em torre, de fluxo contracorrente, utilizando o sistema de aquecimento e ventilação abaixo dos tubos de saída do ar de secagem.

Figura 14 – Secador de fluxos contracorrentes



Fonte: Silva (2018).

Figura 15 – Secador de fluxos concorrentes

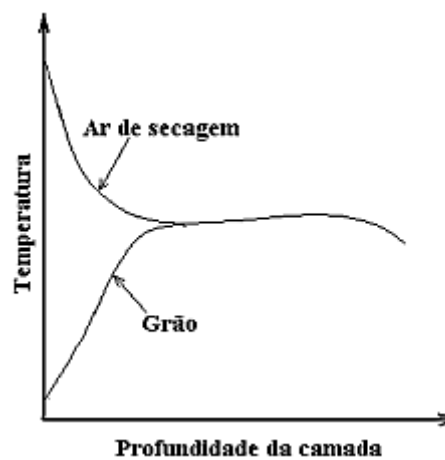


Fonte: Silva (2018).

d) Secador de fluxos concorrentes: ar e produto flui no mesmo sentido dentro do secador, conforme Figura 15. O ar mais quente encontra o produto mais úmido na parte superior da camada, local onde acontecem as taxas mais altas de evaporação (SILVA, 2018).

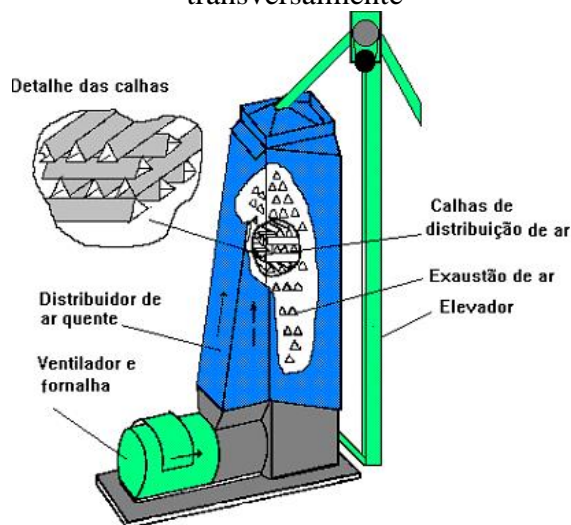
A única diferença estrutural do modelo contracorrente é a posição dos dutos de exaustão. Todavia, a temperatura do produto permanece consideravelmente abaixo da temperatura inicial do ar de secagem devido às trocas intensas de energia e massa entre o ar e produto na entrada do secador, conforme Figura 16 (SILVA, 2018).

Figura 16 – Comportamento da temperaturas em secador de fluxo concorrente



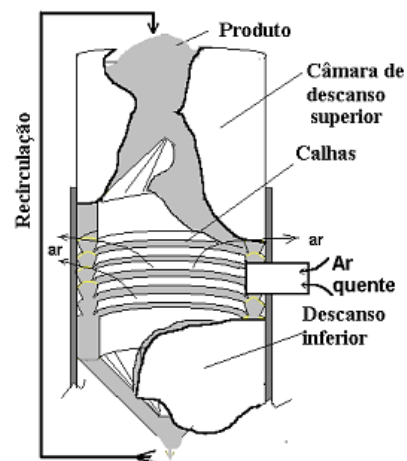
Fonte: Silva (2018).

Figura 17 – Secador de fluxos mistos ou em cascata com calhas alternadas transversalmente



Fonte: Silva (2018).

Figura 18 – Detalhes de um secador em cascata com calhas circulares



Fonte: Silva (2018).

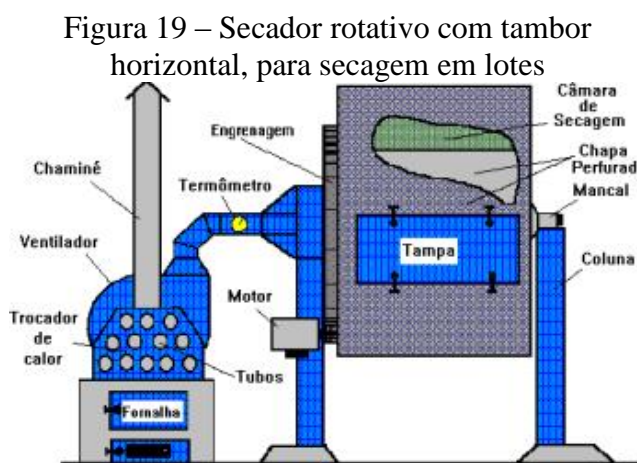
e) Secador em cascata ou de fluxos mistos: é formado por uma série de calhas em forma de V, invertidas e dispostas em linhas alternadas paralela ou transversalmente, dentro da

estrutura do secador, conforme Figura 17. Neste caso, os grãos se movimentam para baixo e entre as calhas, sob a ação da gravidade (SILVA, 2018).

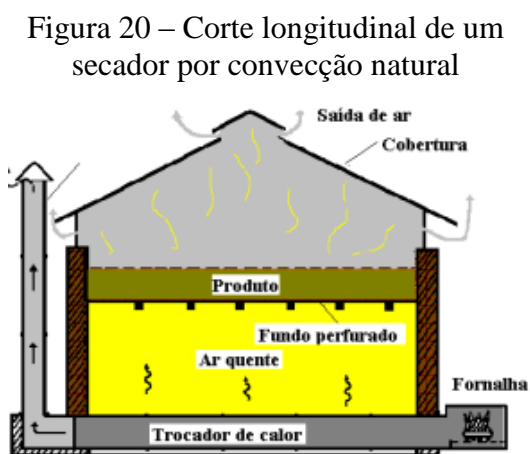
Quando bem projetados, o secador da Figura 17 utiliza menor fluxo de ar do que os secadores contínuos de fluxo cruzado. Isso acontece porque o ar de secagem entra em uma linha de calhas e sai nas outras adjacentes, superior ou inferior. Com isso, ao descer pelo secador, os grãos são submetidos à ação do movimento do ar de secagem nos sentidos contracorrente, cruzado e concorrente (SILVA, 2018).

Outro modelo de secador de fluxo misto é apresentado na Figura 18. Muito utilizado na secagem de arroz, os grãos passam por dentro das calhas, retas ou circulares, abertas e dispostas uma sobre as outras. Os grãos estarão sob a ação do fluxo de ar nas três formas: cruzado, concorrente e contracorrente (SILVA, 2018).

Nesse sentido, há também os secadores de coluna. Esse tipo de secador veio em substituição aos tradicionais secadores de cascata ou de fluxos mistos. Neste dispositivo há menor revolvimento do produto no corpo do secador, promovendo uma secagem mais homogênea e com até 4% de impurezas na massa de grãos (CONAB, 2021).



Fonte: Silva (2018).

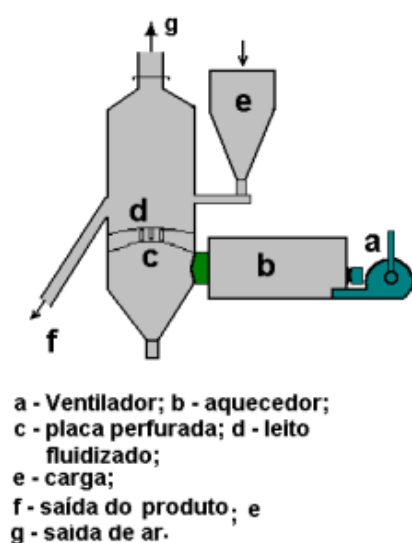


Fonte: Silva (2018).

f) Secador rotativo: é formado por um cilindro tubular horizontal ou ligeiramente inclinado que gira em torno do próprio eixo longitudinal a uma velocidade de 1 a 15 rotações por minuto. A Figura 19 apresenta um equipamento utilizado como pré-secador ou secador para café. Neste caso, o ar de secagem é injetado em uma câmara situada no centro do tambor horizontal não inclinado, no qual atravessa a massa de grãos em sentido perpendicular ao eixo do secador (SILVA, 2018).

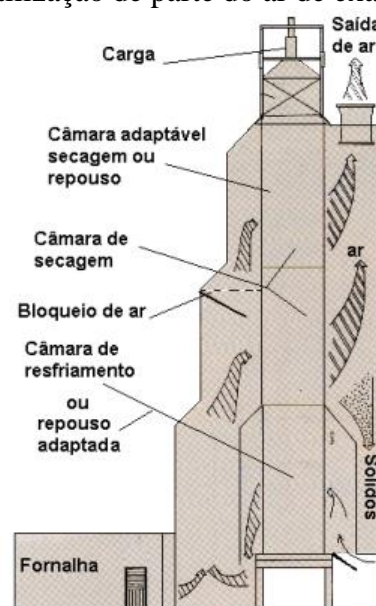
g) Secador por convecção natural: conforme Figura 20, os secadores por convecção utilizam trocadores de calor, que transferem o calor recebido dos gases de combustão de uma fornalha para o ar de secagem que entra lateralmente na estrutura por meio de aberturas na parte inferior das paredes do secador. Esse tipo de secador dispensa o uso de ventiladores. O ar atravessa a massa de grãos devido ao gradiente de pressão, consequência da diferença de temperatura entre o ar de secagem e o ar ambiente (SILVA, 2018).

Figura 21– Detalhes de um secador de leito fluidizado



Fonte: Silva (2018).

Figura 22 – Secador de fluxos mistos com calhas paralelas e com sistema de reutilização de parte do ar de exaustão



Fonte: Silva (2018).

h) Secador de leito fluidizado: Neste secador, a intensidade do ar de secagem deve ser tal para que atravesse a placa perfurada, provocando uma turbulência na massa de grãos a fim de o produto flutuar e ser despejado para fora do secador, conforme pode-se averiguar na Figura 21 (SILVA, 2018).

Classificação quanto à operação:

i) Secadores contínuos: neste caso, há um fluxo constante de produto: grãos úmidos entrando, grãos em fase de secagem e grãos secos e frios sendo descarregados, conforme Figura 22. O grão fica constantemente sob a ação do calor até que seu teor de umidade atinja o valor desejado. Após, o produto é atravessado por um fluxo de ar com temperatura ambiente, com o objetivo de resfriá-lo (SILVA, 2018).

j) Secadores intermitentes: neste caso, a quantidade de água removida por unidade de tempo é maior que o secador de secagem contínua, pois o produto passa várias vezes pelo interior do secador, assim o grão sofre a ação do calor por menor tempo e com intervalos de repouso, ou seja, a massa de grãos não entra em contato com o ar quente durante este período. Assim, o ar quente encontra a periferia dos grãos com teor de umidade elevado devido à redistribuição de umidade do centro para a periferia durante o período de descanso (SILVA, 2018).

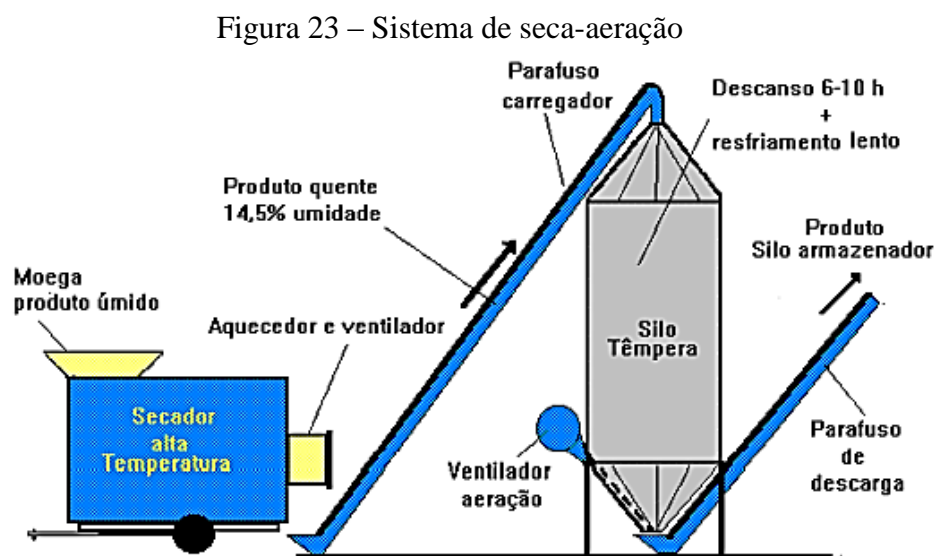
Estes secadores são constituídos por duas colunas de secagem e um depósito acima dessas colunas para que o produto fique em repouso antes de entrar novamente na coluna de secagem, conforme podem ser vistos nas Figuras 14 e 15.

2.3.2.3 Secagem combinada

A secagem combinada consiste em utilizar secadores em altas temperaturas na fase em que o produto apresenta alto teor de umidade. A partir de um determinado teor de umidade, função das condições ambientais, o produto é transferido ainda quente para um sistema de baixa temperatura, onde a secagem será finalizada (SILVA, 2018).

2.3.2.4 Seca-aeração

O processo de seca-aeração, ilustrado na Figura 23, consiste em associar duas estruturas de secagem e em duas etapas.



Fonte: Silva (2018).

A primeira é realizada em secador contínuo para diminuir o teor de umidade dos grãos até valores entre 16 a 17% e temperatura da massa de grãos próxima a 40°C. Ainda quente, o produto é despejado no silo-secador e permanece descansando para redistribuição da umidade do interior para a periferia do grão, caracterizando a segunda etapa, de modo a facilitar a retirada da umidade residual por meio de uma aeração com baixos fluxos de ar. O processo só termina quando o produto atingir a temperatura do ar ambiente, antes de ser transferido para o armazenamento (SILVA, 2018; Elias *et al*, 2018).

2.3.3 Boas práticas pós-secagem

2.3.3.1 Aeração

A aeração pode ser definida como a prática de ventilar os grãos com determinado fluxo de ar para promover redução e uniformidade da temperatura na massa de grãos armazenada. O objetivo é conservar os grãos, reduzindo sua atividade metabólica e a dos organismos associados (LOPES *et al.*, 2005).

Grãos com umidade adequada e uniformemente distribuída por toda a massa podem permanecer armazenados com segurança por longo período de tempo. Para tanto, a aeração exerce uma função essencial, pois sem havê-la a umidade migra de um ponto para outro, em função da diferença de temperatura da massa de grãos, provocando correntes de convecção de ar, criando pontos de alta umidade relativa e alto teor de umidade no grão e, portanto, pontos com condições favoráveis para o desenvolvimento de insetos e fungos (LOPES; MARTINS; MELO; MONTEIRO, 2006).

Quando a temperatura fora do silo é maior ou quando há um aumento de temperatura dentro do silo em dias quentes, os grãos e o ar próximos às paredes aquecem mais do que os grãos em direção ao centro da massa, fazendo com que se formem correntes ascendentes de ar perto da parede devido à diminuição da densidade, enquanto as moléculas de ar no centro do silo formam uma corrente descendente de ar frio (LOPES; MARTINS; MELO; MONTEIRO, 2006).

As moléculas de ar que circulam são insaturadas (têm capacidade de receber moléculas de água) e quando passam por regiões mais quentes absorvem calor e sua entalpia aumenta, aumentando assim sua capacidade de trocar energia térmica com as moléculas de água dos grãos por onde passam. Após um período de correntes convectivas, na região central do terço inferior do silo, no ponto mais frio da massa de grãos, ocorre a condensação da água. Os

grãos localizados nesta região umidificam e sofrem deterioração na qualidade (LOPES; MARTINS; MELO; MONTEIRO, 2006).

Da mesma forma, quando a temperatura ambiente é menor, o ar próximo à parede do silo esfria e forma uma corrente convectiva descendente, causando uma corrente convectiva ascendente de ar no centro da massa de grãos. Isso resulta em uma região de condensação no topo do silo, uma vez que a tampa do silo está fria, e então uma zona de condensação é formada na região do cone do silo. Em climas temperados, fenômenos de transferência de calor acontecem todos os dias (LOPES; NETO, 2019).

A aeração periódica é essencial para evitar que essas mudanças na temperatura do ar no silo alterem as características e a qualidade da massa de grãos. Os ventiladores, que precisam ser dimensionados corretamente, permitem que o ar alcance todas as partes do silo, com vazão e pressão estática adequada. Essa operação requer tempo e precisa ser realizada quando o ar apresenta condições psicrométricas adequadas, como baixas temperatura e umidade relativa do ar. Ela pode ser realizada de forma contínua ou em intervalos de tempo determinados, considerando-se faixas de temperatura ideal, ou mesmo baseando-se na diferença entre a temperatura do ar ambiente e temperatura dos grãos (EMBRAPA, 2007).

Deve-se ter atenção, pois o fluxo de ar quente e úmido na massa de grãos pode causar aquecimento e alta umidade ao longo do tempo, o que acelera o processo respiratório dos grãos e facilita o desenvolvimento de insetos e fungos na massa de grãos, comprometendo a qualidade destes. (LOPES; NETO, 2019).

2.3.3.2 Resfriamento de grãos

Outra ação de proteção contra insetos e pragas e redução de perdas fisiológicas pela respiração é o processo de resfriamento dos grãos. Nesse caso, o ar frio e seco tem sua passagem forçada pela massa de grãos armazenados. Uma vez reduzida, a temperatura da massa de grãos permanece nessa condição por vários meses, dependendo da estrutura de armazenamento (EMBRAPA, 2007).

A atividade e multiplicação dos insetos são suspensas em torno de 13 °C, fato que impacta positivamente a estabilidade da matéria seca. De acordo com a Tabela 8, o resfriamento dos grãos pode reduzir a perda de matéria seca em torno de 80% a 90%.

Tabela 8 – Influência do resfriamento na perda de matéria seca, considerando 1.000 t de milho a 15% de umidade e tempo de armazenamento de 30 dias

| Condições ambientais | Temperatura | Perda matéria seca |
|------------------------------|--------------------|---------------------------|
| Temperatura ambiente – alta | 35 °C | 0,54% (= 5,4 t) |
| Temperatura ambiente – média | 25 °C | 0,12% (= 1,2 t) |
| Grãos resfriados | 10 °C | 0,02% (= 0,2 t) |

Fonte: Heinrich (1989) retirado de EMBRAPA (2007).

2.4 ARMAZENAMENTO DE GRÃOS

Para que os produtos agrícolas sejam utilizados posteriormente, é necessário realizar o processo de armazenagem, o qual se baseia em reunir e guardar um volume de grãos por um determinado período, preservando as características próprias de cada tipo de cultivar, evitando fungos, pragas, umidade excessiva e entre outros (SILVA *et al.*, 2012).

No Brasil, o armazenamento iniciou com os ciclos extrativistas. Na época, o objetivo era proteger produtos como madeira, minérios e borracha contra furtos. Após o início dos ciclos produtivos, da cana-de-açúcar, café e gado, época marcada pela agricultura de subsistência e venda de excedentes, as unidades armazenadoras eram exclusivamente convencionais, utilizando produtos embalados. Só mais recentemente o contexto é alterado e além de garantir a disponibilidade de um produto sazonal e suprir as demandas de consumo, o armazenamento visa preservar a qualidade física e química do grão, até que o produto chegue ao consumidor final (ELIAS *et al.*, 2017).

Para Conab (2022) “o sistema de armazenagem é um dos componentes da Política Agrícola e Pecuária (PAP) instituída pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), cuja finalidade principal é garantir o fluxo de abastecimento constante, proporcionando maior estabilidade de preços e de mercado”.

Dentre as perdas observadas durante o armazenamento dos grãos, as quantitativas são representadas pela perda de peso e teor de umidade dos grãos, causadas pelo processo de respiração dos grãos e busca do equilíbrio higroscópico, respectivamente. Em termos de perdas qualitativas, há perda de sabor, odor, valor nutricional, metabólitos, parâmetros fisiológicos (germinação e vigor) e aumento do risco de micotoxinas, além da desvalorização do mercado (MOHAPATRA; KUMAR; KOTWALIWALE; SINGH, 2017; MUTUNGI; MUTHONI; BEKUNDA; GASPAR; KABULA; ABASS, 2019; MOBOLADE; BUNINDRO; SAHOO; RAJASHEKAR, 2019).

Diversos tipos de micotoxinas produzidas a partir do metabolismo de fungos em grãos armazenados deteriorados, não conseguem ser totalmente eliminadas na agroindústria e

podem, assim, contaminar os seres humanos que consumirem esses alimentos (CONAB, 2021). Consequentemente, esses fatores acabam comprometendo o uso dos grãos para consumo e até mesmo para industrialização, caso não sejam adotadas técnicas adequadas e métodos eficientes de conservação (MOHAPATRA; KUMAR; KOTWALIWALE; SINGH, 2017; MUTUNGI; MUTHONI; BEKUNDA; GASPAR; KABULA; ABASS, 2019; MOBOLADE; BUNINDRO; SAHOO; RAJASHEKAR, 2019).

2.4.1 Sistemas de armazenamento

Os sistemas de armazenamento são agrupados de acordo com a aplicação prática, em não herméticos (convencionais), semi-herméticos ou a granel (silos horizontais, silos verticais e armazéns), herméticos, refrigerados e em atmosfera modificada.

2.4.1.1 Sistema convencional

O sistema não hermético, também conhecido como sistema convencional, é aquele em que os grãos são armazenados dentro de embalagens, geralmente sacos feitos com diferentes materiais e de diferentes tamanhos. A utilização de embalagens maiores, que armazenam até 1000 kg de grãos, vêm aumentando em locais com maior produção, e são facilmente transportadas com auxílio de equipamentos mecânicos desenvolvidos por empresas agrícolas. As unidades de armazenamento desse sistema são paióis, galpões e armazéns convencionais, este último usado para armazenamento em maior quantidade, principalmente por produtores de cereais e cooperativas que armazenam várias espécies de grãos simultaneamente em uma mesma unidade (MOBOLADE; BUNINDRO; SAHOO; RAJASHEKAR, 2019; Elias *et al.*, 2017).

O sistema de armazenamento convencional permite o armazenamento de vários grãos em um mesmo armazém, e grãos de maior qualidade podem ser separados de grãos de menor qualidade durante o armazenamento. No entanto, para que os grãos sejam armazenados nesse sistema, a umidade precisa ser reduzida a níveis abaixo da umidade tradicionalmente indicada para armazenamento, devido à maior área de possíveis trocas hídricas e térmicas com o ambiente durante o armazenamento. A conservação dos grãos, já secos, ocorre por ventilação não forçada, através de convecção natural do ar ambiente, não aquecido. Quando pragas se desenvolvem dentro desses sacos, a purga dos grãos dentro dos sacos deve ser realizada com fosfina (MOBOLADE; BUNINDRO; SAHOO; RAJASHEKAR, 2019).

Este sistema requer o uso de estrados para facilitar a ventilação da parte inferior e dificultar a condensação de umidade e, conseqüentemente, reduzir a qualidade dos grãos ao final do período de armazenamento. Além disso, a maior dimensão horizontal de uma pilha não deve ultrapassar 19 metros, devendo ser espaçados entre si e da parede em 0,5 m. Também é necessário um corredor central que permita a passagem de equipamentos mecânicos para transporte. Por fim, considerando que a altura dos paletes é de aproximadamente 25 centímetros acima do piso, essas restrições resultam em uma redução de aproximadamente 20% do espaço de armazenamento, quando comparado a um sistema de armazenamento a granel (ELIAS *et al.*, 2017).

2.4.1.2 Sistema semi-hermético ou a granel

O sistema de armazenamento semi-hermético, também chamado de sistema a granel, é caracterizado por permitir trocas gasosas entre o interior da massa de grãos e o meio ambiente de forma controlada (CORADI; OLIVEIRA; CARNEIRO; SOUZA; ELIAS; BRACKMANN; TEODORO, 2020). Trata-se de um sistema altamente técnico, com baixo custo de manutenção, pois dispensa sacos e paletes. No entanto, só permite o armazenamento de uma única espécie de grão. Medidas de manutenção ou controle de qualidade, como controle de temperatura, são realizadas indiretamente, como por termometria (TEFERA; KANAMPIU; GROOTE; HELLIN; MUGO; KIMENJU; BEYENE; BODDUPALLI; SHIFERAW; BANZIGER, 2011).

Nas unidades do sistema de armazenagem a granel não há necessidade de espaço interno para movimentação de pessoas, máquinas e/ou equipamentos, mas sim um espaço não preenchido na parte superior de 1,5 m abaixo do teto superior do silo. Este espaço é necessário, pois em dias quentes, e principalmente nas horas mais quentes do dia, as paredes e tampa do silo recebem calor e a temperatura no interior do silo aumenta. Se não houver espaço livre entre o teto e a superfície da massa de grãos, ou mesmo se a distância entre eles for inferior a 1,5 m, as oscilações de temperatura durante o dia podem resultar em condensação de água no teto, comprometendo a qualidade dos grãos (ELIAS *et al.*, 2017).

Os silos de armazenamento vertical e os armazéns a granel são os principais exemplos desse sistema de armazenamento. Para garantir a conservação dos grãos pré-secos utilizam-se das técnicas: ventilação forçada com ar ambiente, não aquecido, por meio da ação de ventiladores, em um processo conhecido como aeração, ou transilagem se houver movimentação total dos grãos armazenados de uma unidade para outra, ou intra-silagem se

houver movimentação parcial dos grãos dentro de uma mesma unidade. As condições internas da massa de grãos podem ser medidas por sistemas de termometria (Elias *et al.*, 2017).

A busca pela redução das perdas qualitativas dos grãos armazenados em silos ocorre, além da aeração forçada, pela utilização de exaustores eólicos posicionados no topo do silo, onde o próprio vento e as diferenças de pressão entre o interior e o exterior do silo giram as aletas que sugam o ar de dentro do silo, reduzindo o consumo de energia para aeração (SILVA; VANIER; ZIEGLER; OLIVEIRA; DIAS; ELIAS, 2014).

Outras formas de promover a ventilação dos grãos são por meio da transilagem e da intra-silagem. Na primeira, ocorre a transferência total de todos os grãos de um silo para outro. Na segunda, há passagem de parte dos grãos por um elevador, com retorno para o mesmo silo. Na aeração, o ar é forçado através da massa de grãos com o auxílio de um ventilador, dependendo do sistema, enquanto na transilagem e intra-silagem, os grãos passam pelo ar, com auxílio de um elevador (ZIEGLER; PARAGINSKI; FERREIRA, 2021).

A transilagem é uma prática que deve ser realizada durante o carregamento dos silos, principalmente nos verticais e armazéns a granel. Quando a massa de grãos carregada atinge um terço da altura máxima do silo, os grãos da parte central da massa devem ser retirados, onde se concentram principalmente grãos quebrados e impurezas. Os grãos removidos devem ser limpos antes de serem colocados novamente no topo da massa de grãos. Em seguida, o carregamento continua e, quando atinge dois terços da altura do silo, é realizada outra transilagem, retirando os grãos da parte central da massa de grãos. O carregamento continua e, quando o carregamento do terço superior do silo é concluído, uma nova etapa de transilagem é realizada e os grãos removidos são colocados de volta no topo da massa de grãos no silo (JIAN; NARENDRAN; JAYAS, 2019).

A remoção de grãos quebrados, matérias estranhas e impurezas, que se acumulam no centro da massa de grãos, auxilia no processo de aeração e na conservação dos grãos. Durante a aeração, a presença de grãos quebrados aumenta a pressão estática do ar, que é necessária para que o ar atinja a superfície dos grãos. O ar sempre procura regiões onde a resistência é menor, e assim não passa pelas regiões onde a concentração dos grãos quebrados é alta. Além disso, grãos quebrados são mais suscetíveis ao desenvolvimento de fungos e ataque de insetos, pois a integridade física dos grãos fica comprometida. O processo de respiração é maior em grãos quebrados, o que aumenta a quebra da matéria seca dos grãos, por degradação de lipídios, proteínas e carboidratos, resultando em um menor peso dos grãos, o que é incorretamente denominado como “quebra técnica”. No entanto, com processos e técnicas de

armazenamento adequadas, essas perdas podem ser eliminadas (JIAN; NARENDRAN; JAYAS, 2019).

2.4.1.3 Sistema hermético

O sistema hermético, não se aplica a grandes volumes. Pipas, tambores e outros recipientes são usados para pequenas quantidades, os silos plásticos para quantidades um pouco maiores, enquanto em emergências, os modelos mais utilizados são os silos bolsa (ZIEGLER; PARAGINSKI; FERREIRA, 2021).

Esse método baseia-se no princípio de reduzir o oxigênio disponível no ecossistema de armazenamento a níveis letais ou limitantes para os organismos vivos associados. Essa redução pode ser alcançada espontaneamente através do processo respiratório dos grãos e organismos existentes, pela exaustão do ar ou pela queima de materiais dentro do ambiente hermético, o que reduz o nível de oxigênio (O₂) e aumenta o nível de dióxido de carbono (CO₂). A atividade respiratória dos organismos vivos cria uma atmosfera contendo cerca de 1-2% de oxigênio e cerca de 20% de dióxido de carbono (WHITE, JAYAS, 2003), criando um efeito conservador em condições herméticas, com ação inibitória sobre a atividade enzimática dos grãos e organismos associados, causando a morte dos microrganismos (GOVEREH; MUCHETU; MVUMI; CHUMA, 2019; ODJO; BURGUEÑO; RIVERS; VERHULST, 2020).

O sucesso do controle de insetos devido aos tratamentos de armazenamento hermético é comparável aos fumigantes convencionais (mais de 99,9% de morte), e as perdas devido à atividade do inseto são mínimas (0,15% de perda de peso por um período de armazenamento de 15 meses) (NAVARRO *et al.*, 1984; VARNAVA, 2002). Ambientes com baixo teor de O₂ e alto CO₂ matam pragas como insetos e ácaros e impedem o crescimento de fungos aeróbicos (WEINBERG *et al.*, 2008; ODJO *et al.*, 2020; ODJO; BURGUEÑO; RIVERS; VERHULST, 2020).

O metabolismo incompleto dos carboidratos presentes nos grãos juntamente com a presença de bactérias e leveduras, leva à formação de álcool etílico e de ácidos orgânicos de cadeia curta como ácido acético, ácido lático e ácido butírico. Esses produtos têm um efeito secundário de conservação, mas também podem alterar algumas características dos grãos armazenados, como odor e sabor, que nem sempre são removidos ao final do processo de armazenamento (BARIBUTSA; NJOROGE, 2020).

Um parâmetro técnico muito importante a ser considerado no planejamento de estruturas herméticas para armazenamento de grãos é que a produção de CO₂ resulta em um

considerável excesso de pressão interna nas estruturas de armazenamento, que por sua vez, é diretamente proporcional ao grau de umidade dos grãos armazenados. A obtenção e manutenção da estanqueidade são os principais aspectos técnicos para a eficiência do sistema, pois um espaço simples que permite a troca gasosa, compromete a eficiência do sistema e, conseqüentemente, resulta em grãos de baixa qualidade ao final do período de armazenamento (BARIBUTSA; NJOROGÉ, 2020).

Esse tipo de sistema de armazenamento é uma alternativa para pequenos produtores, principalmente agricultores familiares, pois podem utilizar embalagens plásticas (PET), que foram descartadas após o uso para reciclagem. Essas embalagens devem ser lavadas e secas após o consumo de seus produtos originais, e completamente preenchidas com os grãos para permitir que a menor quantidade de ar permaneça no interior. Durante o processo respiratório dos grãos, o oxigênio presente será consumido, resultando em um ambiente hermético, o que melhora a preservação da cor e das características dos grãos durante o armazenamento e antes do consumo, quando comparado ao sistema convencional de armazenamento em sacos (BARIBUTSA; NJOROGÉ, 2020; SCARIOT; RADÜNZ; DIONELLO; TONI; MOSSI; JÔNOR, 2018; MLAMBO; MVUMI; STATHERS; MUBAYIWA; NYABAKO, 2017).

2.4.1.4 Sistema de refrigeração

O resfriamento artificial é uma das principais tecnologias desenvolvidas para o armazenamento de grãos e é alcançada com equipamentos que reduzem a temperatura e a umidade absoluta do ar, antes que ele entre em contato com a massa de grãos. A redução da temperatura, de aproximadamente 25 °C para cerca de 15 °C, diminui as alterações nos grãos causadas pelo processo respiratório e a proliferação de insetos é reduzida devido a taxa de desenvolvimento que cai perto de zero em temperaturas abaixo de 17 °C. O processo de resfriamento é lento, pois, como ocorre na aeração, há uma frente de resfriamento. Assim, toda a massa precisa ser refrigerada, o que pode variar de acordo com a capacidade e principalmente a altura dos silos (FERREIRA; ZIEGLER; LINDEMANN; HOFFMANN; VANIER; OLIVEIRA, 2018; ZIEGLER; MARINI; FERREIRA; BERTINETTI; SILVA; GOEBEL; OLIVEIRA; ELIAS, 2016).

Essa tecnologia pode ser incluída durante o armazenamento de grãos por meio de empresas que prestam esse serviço. Como os grãos são bons isolantes, podem ser refrigerados e a baixa temperatura será mantida por um longo período, o que depende das condições

psicrométricas do ar na unidade de armazenamento. No entanto, a refrigeração constante não é necessária. Assim, um silo pode ser resfriado em um local e o equipamento de refrigeração pode ser transferido para outro local, retornando após certo período de tempo para um repetido resfriamento dos grãos. O aumento e as variações na temperatura da massa de grãos podem ser observados com o auxílio de sistemas de termometria (ZIEGLER; MARINI; FERREIRA; BERTINETTI; SILVA; GOEBEL; OLIVEIRA; ELIAS, 2016).

2.4.1.5 *Sistema de atmosfera modificada*

O sistema de armazenamento em atmosfera modificada consiste em transformar a atmosfera tradicional de armazenamento de grãos secos ou úmidos, reduzindo os níveis de oxigênio disponíveis no ecossistema de armazenamento para níveis letais ou limitantes para os organismos vivos associados, e também reduzindo o processo respiratório do grão. Essas condições são obtidas forçosamente com o uso de nitrogênio (N_2) e/ou dióxido de carbono (CO_2), juntamente com a supressão de oxigênio (O_2) (MONCINI; SIMONE; ROMI; CAI; GUERRIERO; WHITTAKER; BENEDETTELLI; BERNI, 2020; JAYAS; JEYAMKONDAN, 2002).

O uso de nitrogênio no lugar do dióxido de carbono é o mais indicado, pois altos níveis de dióxido de carbono podem colocar em risco a vida dos trabalhadores devido à sua alta toxicidade. Além disso, o uso de N_2 é isento de poluentes, sendo um método ecologicamente correto (MONCINI; SIMONE; ROMI; CAI; GUERRIERO; WHITTAKER; BENEDETTELLI; BERNI, 2020; JAYAS; JEYAMKONDAN, 2002).

O uso de uma atmosfera controlada é conhecido por melhorar a qualidade final do grão armazenado, tendo em vista que auxilia na redução do escurecimento e endurecimento dos grãos e previne o desenvolvimento de insetos dentro da massa de grãos. Além disso, garante a obtenção de valores de mercado mais elevados do que os grãos tradicionalmente armazenados em sistemas convencionais. Algumas empresas já se especializam na construção de silos metálicos com capacidade inferior aos tradicionalmente construídos, geralmente com capacidade de 300 mil kg, o que permite um melhor controle do comportamento dos grãos durante o período de armazenamento (RUPOLLO; VANIER; ZAVAREZE; OLIVEIRA; PEREIRA; PARAGINSKI; DIAS; ELIAS, 2011).

O uso deste método também ajuda a manter as propriedades físico-químicas dos grãos. Constata-se, após o cozimento de grãos de feijão armazenados em atmosfera modificada, maior teor de sólidos totais no caldo, maior solubilidade de proteínas e melhor textura do que

em grãos armazenados convencionalmente. São características que aumentam o valor comercial dos grãos e, conseqüentemente, a renda do produtor no momento da comercialização (RUPOLLO; VANIER; ZAVAREZE; OLIVEIRA; PEREIRA; PARAGINSKI; DIAS; ELIAS, 2011).

Atualmente, o gás nitrogênio pode ser facilmente adquirido nos varejistas. Uma alternativa ao uso dessa tecnologia pelos produtores é a utilização de sacos de polietileno desenvolvidos por empresas especializadas. Esses sacos de maior espessura são considerados herméticos, pois não possuem permeabilidade a gases. São embalados por máquinas que retiram o oxigênio e adicionam nitrogênio às embalagens, garantindo a manutenção da atmosfera modificada durante o armazenamento (RUPOLLO; VANIER; ZAVAREZE; OLIVEIRA; PEREIRA; PARAGINSKI; DIAS; ELIAS, 2011).

2.4.2 Sistemas automatizados

A aeração é o método de controle mais difundido na preservação de grãos armazenados. No entanto, se não for bem gerenciada, pode causar perdas ao armazenista por aquecimento da massa de grãos, fermentação e perda excessiva de teor de umidade, condições altamente dependentes das condições climáticas locais. Assim, a eficiência de um sistema de aeração está centrada na obtenção de um fluxo de ar uniforme em todas as regiões do silo. Outro objetivo da aeração é evitar a migração e condensação da umidade que ocorre sempre que há aquecimento em algum ponto da massa de grãos (LUIZ, 2012).

A secagem de grãos é a operação mais dispendiosa em energia e cara no processamento pós-colheita, pois requer grandes quantidades de combustível ou energia elétrica para operar os secadores. O problema está na determinação precisa da umidade do grão durante a secagem em fluxo contínuo, considerando a complexidade do projeto e o preço do dispositivo, tendo em vista que a secagem excessiva de grãos leva ao desperdício de uma grande quantidade de energia térmica, cerca de 58,3 MJ por 1% da umidade excessivamente evaporada de uma tonelada de grãos secos (VOLKHONOV *et. al.*, 2018).

O gerenciamento da aeração está diretamente relacionado a uma estratégia de controle, assim como o acionamento dos ventiladores com base na temperatura e umidade do grão e do ar (LOPES *et al.*, 2005; LOPES *et al.*, 2008). Diante da necessidade de controlar e otimizar o processo de aeração dos grãos armazenados, visa-se automatizar o sistema de aquisição de dados e, conseqüentemente, reduzir o custo do processo de armazenamento de grãos (LAWRENCE, MAIER, 2011; RIGO *et al.*, 2012).

Antunes e colaboradores (2016) avaliaram, por meio de um sistema automatizado, estratégias de controle climático para armazenamento de grãos: a) ventilação contínua; b) controle climático do ar; c) aeração noturna e; d) controle via diferença de temperatura entre os grãos e o ambiente.

As melhores estratégias de aeração automatizada para a região de Anápolis, em Goiás, foram (d) controlando a aeração por meio da diferença de temperatura entre o grão e o ar ambiente, sendo a mais econômica em termos de consumo de energia elétrica, visto que o resfriamento da massa de grãos foi concluído com 60 horas de ventilação. A aeração noturna (c) também foi econômica, totalizando 73 horas para reduzir a temperatura a uma faixa adequada para conservação da massa de grãos. Resultados semelhantes foram encontrados por Lawrence e Maier (2011), quando avaliaram diversos controles para aeração de grãos armazenados e concluíram que vazões de $0,1 \text{ m}^3/\text{min.t}$ combinadas com estratégias de controle de temperatura culminam em menor consumo de energia.

Stanga e colaboradores (2017) utilizaram o *software* ScadaBR e comunicação pelo protocolo Modbus a fim de supervisionar o armazenamento e visualizar os dados de temperatura e umidade. O sistema fornece alarmes e envio de e-mail para os usuários cadastrados quando atingidas temperaturas pré-determinadas, assim permitindo ao operador do silo a tomada de decisão.

Referências como Melo (2011), Faria (2009), Mata, Dantas e Braga (1999) apresentam uma análise do comportamento dos grãos submetidos a fluxos de ar em condições termodinâmicas variadas, o que torna interessante a implementação de um sistema de controle capaz de promover um gerenciamento termodinâmico do processo, ou seja, monitorar as taxas de transferência de calor e água entre os grãos e o ar de secagem em tempo real, promovendo ajustes na intensidade do fluxo de ar de secagem, como Anton (2016) em seu estudo sobre a eficiência energética na aeração utilizando lógica Fuzzy.

Ademais, existe o conceito da “Agricultura 4.0”, onde enormes bancos de dados são criados a partir da leitura em sensores digitais e gerenciados por programação por meio de informação enviada sem fio para essas estações de trabalho. Dentre algumas melhorias no processo de secagem e armazenamento, pode-se citar: a) uso de determinadores automáticos do teor de água do produto no secador; b) uso de sensores digitais de temperatura de grãos para secador; c) uso de sensores de CO_2 na massa de grãos; d) recirculador de fosfina; e) automação e gerenciamento da aeração/refrigeração utilizando sensores digitais etc. (CONAB, 2021).

Fica evidente que melhorar o nível de automação do sistema de monitoramento é a chave para garantir a segurança do armazenamento de grãos. Sistema de monitoramento

baseado em rede de sensores sem fio (RUPOLLO; VANIER; ZAVAREZE; OLIVEIRA; PEREIRA; PARAGINSKI; DIAS; ELIAS, 2011), redes neurais (ZHANG; YANG; MITTAL; YI, 2002), sistema de aeração automática e estrutura à prova de roedores (ROY; CHHABRA, 2016), uso de controladores automáticos, acionadores de frequência variável e monitores para rastrear estoques, movimentar grãos (JONES, 2016), são oportunidades para aumentar o controle do ambiente de secagem, o que minimiza as perdas e melhora o armazenamento dos grãos (NGUNZI *et al.*, 2017), além de tornar a secagem mais eficiente e uniforme, economizando energia, reduzindo custos e atendendo as necessidades do usuário (SINGH *et al.*, 2014).

2.4.3 Capacidade estática do Brasil

O Brasil conta com um total de 17.516 unidades armazenadoras, sendo 3% da rede oficial, 21% em cooperativas e 76% são armazéns privados. Desse total, 6.236 unidades são de armazéns convencionais e 11.280 são armazéns granéis. Ao analisar o tipo de armazém observa-se que 36% das unidades de armazenamento do Brasil, representando 23.680.322 toneladas, são de estruturas convencionais e os armazéns granéis sólidos totalizam 64% das unidades armazenadoras, comportando 130.589.657 toneladas. Portanto, o Brasil possui 15% da capacidade estática de armazenagem de grãos em estruturas convencionais e 85% da capacidade estática em unidades granéis (CONAB, 2018).

O Brasil é um dos maiores produtores de grãos do mundo devido ao avanço da tecnologia no meio rural, à possibilidade de expansão de área de cultivo e ao clima favorável. (CONAB, 2020; ELIAS; RUBIN, 2020).

Para o Instituto de Economia Agrícola:

Embora crescentes, nos últimos anos os investimentos em infraestrutura de armazenagem no Brasil não tem acompanhado o dinamismo da agricultura, afetando o sistema logístico para a movimentação das safras de grãos, provocando congestionamento nas estradas, nos portos e, sobretudo, nos pátios das instalações para recepção das mercadorias a serem guardadas (IEA, 2022).

De acordo com o levantamento realizado pela CONAB, dados apontam um déficit do sistema de armazenagem de grãos bastante significativo em relação à produção nacional. A Organização para a Alimentação e Agricultura (FAO) recomenda que a capacidade estática ideal de armazenamento de um país deveria ser 20% maior que produção anual. Entretanto,

constata-se um déficit de armazenagem acima de 30% com relação à produção total de grãos no Brasil (CABRAL, 2018; FAEP/SENAR-PR, 2022).

O MAPA anunciou no PAP 2021/22, a destinação de R\$ 4,12 bilhões para o Programa para Construção e Ampliação de Armazéns (PCA) com taxa de juros prefixada de 5,5% ao ano vigente até 30 de junho de 2022, aporte para um aumento de até 5 milhões de toneladas, valor longe de ser o suficiente para anular o déficit histórico de armazenagem no país (BNDES, 2021).

Estima-se que no Brasil, 20% da produção anual de grãos é perdida entre a colheita e o armazenamento (CAMPOS, 2008). Somente no armazenamento podem ocorrer perdas de cerca de 15% dos grãos, causados por diversos fatores, como: pragas, qualidade dos grãos ou pelas instalações físicas das unidades armazenadoras que muitas vezes estão em péssima qualidade (LIMA JÚNIOR *et al.*, 2012).

Segundo o Boletim Logístico divulgado pela CONAB, o Serviço Nacional de Aprendizado Rural (SENAR) indica que o armazenamento dos grãos em silo próprio, realizando a comercialização na entressafra, pode refletir em ganhos de até 55% para os produtores (CONAB, 2021).

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) esclarece que:

Os estabelecimentos rurais com menos de 50 hectares são alvo de problemas crônicos ligados a recursos financeiros e tecnológicos e seus proprietários enfrentam inúmeras dificuldades para colocar os produtos no mercado. Dependem de intermediários, sujeitando-se às desvantajosas condições por eles impostas, reduzindo a rentabilidade econômica. Frequentemente, são obrigados a vender seus produtos na safra, quando, historicamente, preços são menores (EMBRAPA, 2021).

Sistemas de armazenamento, quando instalados na propriedade, oferecem uma série de vantagens ao produtor rural: diferencial de preço obtido pela venda no momento oportuno, segregação e controle da qualidade dos grãos, venda direta a consumidores, redução de custos de transporte e perdas, controle da colheita e da comercialização, beneficiamento do grão, etc. (CABRAL, 2018; FAEP/SENAR-PR, 2022).

2.4.4 Capacidade estática de Santa Catarina

Apesar de nos últimos anos a preocupação com a capacidade estática de armazenamento ter aumentado e, com isso, tenham sido realizados investimentos nessa área, ainda assim a capacidade de armazenagem não consegue acompanhar a evolução da agricultura,

que é favorecida por muitos fatores, como o avanço da tecnologia e a expansão das áreas plantadas (LEITE, 2013). Segundo Maia *et al.* (2013) “[...] os estados do Sul e do Sudeste são, aparentemente, os menos afetados por problemas relacionados à armazenagem”.

Por sua vez, a distribuição da armazenagem no estado catarinense é desigual entre as mesorregiões, pois cada região exerce diferentes atividades agrícolas e a armazenagem pode cumprir diferentes funções, como o suporte da produção em si ou para indústrias de beneficiamento de grãos e setores agroindustriais.

Segundo a Conab (2018), as mesorregiões catarinenses que apresentam os maiores déficits de armazenagem são: Serrana, Vale do Itajaí e Oeste. A primeira devido à expansão de lavouras temporárias, mas sem o crescimento da armazenagem gerando um déficit de 635 mil toneladas. A Mesorregião Vale do Itajaí também apresentou expansão da produção de milho, soja e cereais de inverno, gerando um déficit de 212 mil toneladas pelo mesmo motivo da anterior. A capacidade de armazenagem é fundamental para o processamento de rações na mesorregião Oeste, que responde por cerca de 80% da produção de suínos e aves (EPAGRI, 2020) e, por sua vez, apresenta um déficit de armazenagem de 192 mil toneladas.

A Mesorregião Norte Catarinense apresenta um superávit de 162 mil toneladas, em função da capacidade de armazenamento existente no Porto de São Francisco do Sul e da presença de indústrias de beneficiamento de arroz na região. Apesar disso, a Microrregião de Canoinhas, quando considerada separadamente, apresenta maior defasagem em relação à média da produção total de grãos, com déficit de 257 mil toneladas (ELIAS; RUBIN, 2020).

“A Mesorregião Sul Catarinense é a que apresenta o maior superávit entre as mesorregiões, com 244 mil toneladas, em função das indústrias de beneficiamento de arroz instaladas na região, que têm capacidade de armazenagem superior à produção de grãos” (ELIAS; RUBIN, 2020).

Em maioria, os grãos no sul do país são produzidos nas pequenas e médias propriedades. Nessa região, a par das elevadas tecnologias de produção empregadas em algumas culturas, condições climáticas adversas e a concomitância das épocas de colheita, os aspectos peculiares das diferentes safras, a falta de tecnologias específicas de conservação e as estruturas de secagem deficientes, principalmente, provocam elevados índices de perdas de produtos, o que reduz nos agricultores o estímulo ao aumento de produção, com diminuição de cuidados com alguns aspectos de qualidade dos produtos oferecidos para o consumo e seu valor comercial, conseqüentemente (ELIAS; RUBIN, 2020).

A despeito disto, ELIAS *et al.*, (2017) esclarece que:

Ao reduzir os investimentos na atividade, geralmente os produtores acabam optando por aplicarem seus recursos na etapa de produção, deixando de lado a de pós-colheita. Esse procedimento cria um círculo vicioso: por não terem adequadas estruturas de limpeza/seleção, secagem e armazenamento, os agricultores acabam vendendo sua produção na safra, quando a oferta de produtos é grande e os preços são menores, o que lhes diminui as receitas, também porque não limpando, secando e nem selecionando os grãos, não lhes agregam valor; por não terem receitas suficientes, não investem em estruturas de pós-colheita na propriedade rural. Com isso, grande parte do que poderia ser o lucro da atividade acaba indo para os intermediários, que então dominam o mercado, ditando os preços de compra (dos produtores) e de venda (aos consumidores). Nessa ciranda, perde o produtor e perde o consumidor, ou seja, perde a sociedade.

A armazenagem da produção na propriedade pode representar vantagens para o agricultor, por exemplo, a redução dos custos de transporte ou de frete, a comercialização do produto em épocas de menor oferta e de maior demanda (entressafra), com melhor remuneração e aproveitamento dos recursos disponíveis na propriedade para a secagem e o armazenamento adequados, conseqüentemente entregando produtos com mais qualidade. Também, o aproveitamento dos resíduos das operações de pré-limpeza e limpeza dos grãos, na alimentação animal, se tratados adequadamente, pode agregar valor ao complexo produtivo (ELIAS *et al.*, 2017).

2.4.5 Armazenamento nas propriedades rurais

Dados da CONAB (2021) demonstram que apenas 15% de todo o volume de grãos produzidos no país encontram-se armazenados junto à unidade produtora, estando o restante (85%) depositado em locais relativamente distantes de onde foram produzidos. Se comparar esse índice com o de outros grandes produtores como Argentina, Austrália, Canadá, Estados Unidos e Europa a capacidade estática de armazenamento em fazendas é de 40; 35; 85; 65 e 50%, respectivamente. Alguns fatores que favorecem para este baixo índice no Brasil são a dificuldade de difusão da tecnologia e a falta de planejamento econômico.

Armazenamento em silos ou em armazéns dotados de adequado sistema de termometria, aeração e/ou outros recursos para manutenção de qualidade dos grãos, são as formas mais empregadas por cooperativas, agroindústrias e grandes produtores. Se adequadamente dimensionados e manejados corretamente, esses sistemas podem ser empregados também por médios e pequenos produtores (ELIAS *et al.*, 2017).

Armazenar na propriedade propicia ao agricultor possibilidade de garantir melhor conservação do produto e diminuir os custos de transporte. No período de safra, devido aos entraves enfrentados no escoamento rodoviário, o frete tem seus preços inflacionados. Em

relação à comercialização, esta pode ser realizada em um momento mais adequado, conforme a valorização do produto. Assim, o produtor passa a ter maior lucratividade, pois no período de colheita as cotações agrícolas têm grande tendência de retração (CABRAL, 2018).

Considerando a cadeia de suprimento de grãos, as perdas totais superam 10% do volume colhido, segundo dados do MAPA. Esta carência de infraestrutura adequada ao armazenamento dos grãos é evidenciada em pequenas propriedades (JÚNIOR, NETO; 2021). Estes aspectos apontam a necessidade de se realizar pesquisas envolvendo o desenvolvimento de tecnologias de armazenamento adaptadas às pequenas propriedades (COIMBRA *et al.*, 2006).

As perdas para o caso dos grãos soja e milho no Brasil, em 2015, atingiram 2,38 milhões de toneladas, aproximadamente 1,3% da produção, incidindo em perdas econômicas decorrentes do custo de oportunidade com vendas perdidas e de gastos logísticos desnecessários na ordem de R\$ 2,04 bilhões (US\$ 610,78 milhões) (PERA, 2017). Por outro lado, os custos dos processos de armazenagem registram crescimento, o que tem aumentado a procura dos produtores familiares de pequeno e médio porte por projetos para secar e armazenar as safras colhidas nas propriedades (MARTINS, 2019).

Pera (2017) realizou uma análise da quantificação das perdas físicas, econômicas e ambientais na logística de soja e milho Brasil para o ano de 2015, apresentada na Tabela 9. As perdas de grãos totalizaram 2,3 milhões de toneladas (1,3% da produção), incorrendo em perdas econômicas na ordem de R\$ 2 bilhões (94,3% decorrentes de custos de oportunidades com vendas perdidas e o restante com gastos logísticos desnecessários).

Tabela 9 – Quantificação das Perdas Econômicas de Grãos no Brasil em 2015

| Indicadores | Soja | Milho | Grãos (soja e milho) |
|--|--|---|--|
| Perdas físicas (milhão t) | 1,076 | 1,304 | 2,381 |
| Perdas físicas (% produção) | 1,102 | 1,535 | 1,303 |
| Perdas econômicas (milhão R\$) | 1317 (95,6% custos de oportunidade e 4,4% custos logísticos) | 722 (92% custos de oportunidade e 8% custos logísticos) | 2039 (94,3% custos de oportunidade e 5,7% custos logísticos) |
| Perdas ambientais (toneladas de CO ₂ adicionadas) | 21.533 | 17.368 | 39.901 |
| Perdas ambientais (% de CO ₂ adicionadas) | 1,53% | 1,15% | 1,33% |

Fonte: PÉRA (2017).

Do total das perdas de grãos no país em 2015, por volta de 45,53% ocorreram na atividade logística de armazenagem; 21,67% no transporte rodoviário da fazenda ao armazém; 13,31% no transporte rodoviário; 1,62% no transporte multimodal hidroviário; 8,24% no transporte multimodal ferroviário; por fim, 9,04% no porto (PERA, 2017).

Conforme observado por Maia e colaboradores (2013):

Os processos pós-colheita compõem uma parte não desprezível dos custos de produção de grãos. Esse custo específico tem aumentado nos últimos anos, o que pode ser atribuído aos próprios armazéns [...]. A partir de 2010, os custos dos processos de armazenagem registraram crescimento, e os itens que mais contribuíram para isso foram recebimento/limpeza/secagem e a armazenagem propriamente dita (valor do aluguel do armazém por um mês).

Dispor de estrutura para armazenagem de grãos colhidos permite aos agricultores independência e flexibilidade na comercialização do resultado de suas lavouras, (COSTA, TOSTA; 1995), redução de custos de transportes e perdas, venda direta a consumidores, segregação e controle da qualidade dos grãos, etc. (BOCCA, 2012), o que pode influenciar largamente nos ganhos do empreendedor rural.

Nesse sentido, a EPAGRI tem um programa de apoio e orientação técnica para construção de silos para secagem e armazenamento de grãos com estimativa de armazenar um volume superior a cem mil sacas em 138 unidades de armazenagem. O objetivo do programa é dar autonomia para o produtor de grãos, reduzir custos e melhorar a qualidade do grão usado para consumo e, em alguns casos, na alimentação dos animais na própria unidade de produção (ELIAS; RUBIN, 2020).

Esse programa é justificado quando se considera as dimensões da sustentabilidade econômica, social, cultural e ambiental. Na dimensão econômica, busca-se melhorar a qualidade do produto, pois quando o agricultor não dispõe de um silo secador, ele realiza o processo de secagem e guarda dos grãos na própria propriedade, geralmente em paióis, expondo-os aos animais (roedores e insetos) e a doenças causadas pelas condições inadequadas de armazenamento (Streck *et. al.*, 2010). Segundo dados da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Rio Grande do Sul (EMATER/RS), esses problemas chegam a causar perda de 20% da produção.

Além disso, os secadores geralmente ficam distantes das propriedades, o que onera o produtor com frete e tempo de deslocamento. Quando o agricultor leva o grão para secar em um silo industrial, as unidades “fora do padrão” são rejeitadas, ocasionando perdas para o mesmo. Ao processar na sua propriedade, estes grãos podem ser reaproveitados para alimentação animal. Ademais, em um silo industrial, o agricultor paga taxas de armazenamento,

o que acelera a decisão do agricultor em retirar o produto. Desta forma, ele perde a oportunidade de venda entressafra, quando os preços estão mais atrativos (PERA, 2017).

Nas dimensões social, cultural e ambiental, propõem-se promover a autonomia do agricultor, tendo em vista que a partir da disponibilização de um silo ele tem domínio de todas as fases do processamento do grão. Além disso, possuir um silo na propriedade, de fácil manutenção, eficiente energeticamente e com tecnologia que permite o monitoramento do processo de secagem e armazenamento, valoriza o trabalho e diminui a dependência de atores externos, bem como elimina o consumo de combustíveis fósseis no deslocamento dos grãos até os silos industriais para secagem, tendo em vista que essa atividade será realizada no próprio local de cultivo (PERA, 2017).

Considerando a baixa capacidade de armazenagem em nível de fazenda e a consequente movimentação do centro produtor até as unidades armazenadoras, normalmente presenciavam-se no país enormes filas de caminhões na recepção dos grãos nas unidades em épocas de safra. A intensa recepção de produtos em épocas de pico de safra provoca uma aceleração dos processos que os grãos são submetidos após a recepção. Com isso, não é incomum perdas qualitativas e quantitativas devido à amostragem fora dos padrões recomendados pelo MAPA nas cargas recebidas, com consequente elevação dos descontos para produtores, devido ao teor de água, defeitos e impurezas no produto acima do tolerado (CONAB, 2021).

Na mesma direção, o volume elevado de produto recebido para processamento promove situações onde a pré-limpeza é negligenciada, a secagem realizada com elevadas temperaturas, o produto direcionado para os silos e graneleiros com teor de água inadequado, além de aeração ineficiente. Vale ressaltar que as possíveis perdas ocorridas durante o período de pré-armazenagem poderão ser acentuadas durante o período de processamento e armazenamento, nos casos em que esses processos também sejam efetuados de forma inadequada (CONAB, 2021).

Visando minimizar a carência de infraestrutura adequada ao armazenamento dos grãos, a EMATER/RS desenvolveu um modelo de silo para pequenas propriedades, projetado com baixo custo de construção, de fácil operação e com bons resultados (MARTINS *et. al.*, 2013). Como o método de secagem é condição essencial para a boa conservação dos grãos, esta é feita com ar natural. No modelo atual, o ventilador é ligado e desligado manualmente pelo operador, o que impacta nos custos com energia elétrica e nem sempre está adequado às condições ambientais favoráveis ao funcionamento do sistema. Na região sul de Santa Catarina, o Centro de Treinamento da EPAGRI de Araranguá (CETRAR) possui um destes silos em

funcionamento, com capacidade para armazenamento de 420 sacos, que serve como modelo para visitação de agricultores.

2.4.5.1 O silo secador armazenador

Os silos são conceituados como unidades armazenadoras de grãos, caracterizadas por células ou compartimentos estanques, cuja função consiste em permitir o mínimo de incidências ou trocas de influências entre o meio externo e o ambiente de estocagem (EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA, 2021).

A partir da necessidade de tecnologias de fácil acesso e baixo custo envolvendo armazenamento e secagem de grãos nas pequenas propriedades, a EMATER/RS, em meados da década de 2000, desenvolveu o silo armazenador e secador de grãos com ar natural por meio da ventilação forçada, de modo a proporcionar aos produtores uma forma de secagem e armazenagem de grãos eficiente e aliada à relação custo *versus* benefício (EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA, 2021).

A secagem com ar natural em silos segue as seguintes características, de acordo com Martins e colaboradores (2013): o processo de secagem é lento; o conteúdo inicial de umidade é normalmente limitado na faixa de 22% a 24%; os resultados de secagem são conseguidos forçando o ar sem aquecimento, através dos grãos em taxas de fluxo de ar entre 1,13 a 2,26 m³/min.t; a secagem e a armazenagem ocorrem no mesmo silo, minimizando a movimentação do produto; os silos são equipados com fundo totalmente perfurado, um ou dois ventiladores de alta capacidade, um distribuidor de grãos e escadas; e máquinas de limpeza devem ser usadas para remoção de grãos quebrados e finos.

Para Martins e colaboradores (2013):

Os silos secadores são manejados dependendo do produto e da região: em secagem com enchimento em uma única vez para silos de menor porte, ou em camadas, para silos de maior porte. Para o milho, o limite de sacos para um silo com secagem em camada única é de 2.500 sacos. Para o arroz, pode ser de até 3.000 sacos, mas é aconselhável que o produtor construa silos de menor porte. Em secagem e armazenagem de qualidade, o melhor é ser pequeno. O estudo da região onde o silo secador vai ser instalado é de fundamental importância, somente após análise técnica detalhada é que se têm condições de definir o projeto [...]. Como o consumo elétrico está diretamente ligado ao volume de ar produzido pelas pás do ventilador e a pressão total a ser vencida pelo ar no sistema, quanto mais alta for a camada de grãos no silo, tanto maior será a pressão estática requerida e maior será o consumo energético.

A secagem e a armazenagem, principalmente do milho em silos secadores na propriedade têm qualificado o produto no mercado, bem como levado a melhores desempenhos das criações (MARTINS, 2019). Pode-se citar o caso dos irmãos Damo, criadores de suínos em ciclo completo, com plantel de 350 matrizes. Eles relatam que enfrentaram, por aproximadamente quinze anos, sérios problemas com a qualidade da ração fabricada na propriedade, tendo em vista que terceirizavam a secagem e armazenagem do milho colhido pela família (EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA, 2021).

Por sua vez, os índices reprodutivos do plantel da propriedade eram: retorno ao cio das matrizes suínas de 24% e o número de abortos nas fêmeas, 50 ao ano. A conversão alimentar nas fases de crescimento e terminação estava em 2,73 kg de ração consumida/kg peso vivo, além da necessidade do uso contínuo de sequestrantes de toxinas nas rações. Logo no primeiro ano de implantação do projeto os índices diminuíram: o retorno ao cio passou para 6,7% e os abortos quase inexistentes, enquanto que a conversão alimentar passou para 2,30 kg de ração por quilo de peso vivo, e o uso dos sequestrantes ficou muito reduzido (MARTINS *et al.*, 2013).

Para o caso da farinha de milho, o rendimento de farinha de um milho seco em silo secador é maior que os secos em secadores convencionais. Um saco de 60 kg de milho processado em silos rende de 7-10 kg a mais de farinha, e é por isso, que o produtor que seca em silos recebe ao redor de R\$5,00 a mais por saco de milho vendido (MARTINS *et al.*, 2013).

Outro exemplo é da família Kessler, que cultivava arroz irrigado no município de Santa Cruz do Sul e construíram dois silos de alvenaria armada, um com capacidade para 6000 sacos e outro com capacidade para 600 sacos de arroz. Esses dois exemplos mostram quão versátil é esse equipamento. O silo com maior capacidade utiliza um ventilador com motor de 20 cavalos-vapor (CV), e seca o produto em camadas durante um período de 40 dias. Por sua vez, o silo menor usa um motor de 3 CV no ventilador e seca o arroz com enchimento em uma única vez, em 14 dias. O primeiro necessita de rede trifásica, já o segundo pode ser ligado à rede monofásica (MARTINS *et al.*, 2013).

Antes de implantar o projeto dos silos secadores, os Kessler secavam e armazenavam o produto fora da propriedade, em um cerealista, e obtinham uma média de 58% de grãos inteiros. Agora dificilmente baixam de 60% de grãos inteiros. Estes 2% a mais de rendimento de grãos inteiros implica num acréscimo de R\$2,00 a mais por saco entregue em virtude da qualidade. É importante lembrar que a quantidade de grãos inteiros do arroz que o produtor entrega aos cerealistas depende do processo de secagem. O produtor ganha menos em virtude do processamento deficiente, que não é dele, mas sim de quem compra. É, pois,

duplamente penalizado, recebe pouco pelo seu produto e recebe menos ainda pelo trabalho que não fez (MARTINS *et al.*, 2013).

Assim, nota-se que quanto maior forem os depósitos dos grãos, menor tende a ser a qualidade apresentada pelos produtos neles estocados. Assim, o produtor colhe um produto de excelente qualidade, mas ao levar para as unidades de secagem o seu produto perde a identidade. E quando o produtor necessita do produto ele normalmente recebe um grão em piores condições, principalmente pelo excesso de grãos trincados e quebrados e que resultam em menor conservação do produto (MARTINS *et al.*, 2013).

2.4.5.1.1 Construção de silos secadores

Para facilitar a realização dos projetos, a EMATER/RS desenvolveu uma planilha eletrônica em Excel que calcula os materiais, o ventilador e fornece as plantas para construção dos silos nas propriedades. Na Figura 24, mostra-se a página inicial da planilha e as várias etapas da construção do silo secador de alvenaria armada (EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA, 2021).

O dimensionamento do silo de alvenaria armada e o projeto completo contendo planta baixa e corte de um silo de alvenaria armada padrão pode ser visto no Anexo B e Anexo C, respectivamente.

Figura 24 – Página inicial da planilha de dimensionamento de silo de alvenaria armada



Fonte: Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (2021).

A estrutura dos silos projetados é redonda, com o fundo plano, e sem “tampa”. Por não ter “tampa”, o silo deve ser construído numa área coberta, como um galpão.

Os tijolos para elevação do silo são colados com argamassa polimérica (Figura 25) e após, a alvenaria é armada com malha POP 20 x 20 cm, em toda a circunferência do silo (Figura 26). Na lateral fica um ventilador, que tem o motor acoplado diretamente no eixo, utilizado para fazer a ventilação forçada dos grãos que vão secar (EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA, 2021).

Figura 25 - Colagem dos tijolos com argamassa polimérica



Fonte: Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (2021).

Figura 26 – Alvenaria armada



Fonte: Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (2021).

Sobre o fundo de concreto do silo, deve ser colocado um fundo falso, construído em madeira (Figura 27). Ele é feito de ripas trançadas sobre pilastras de madeira para ficar elevado do solo. Essa estrutura de ripamento, a altura dos pilares e o diâmetro são calculados de acordo com as dimensões do silo e a capacidade de armazenamento. Sobre o ripamento ainda vai uma tela tipo sombrite ou galvanizada, com o objetivo de o grão não passar por ela (EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA, 2021).

Figura 27 - Construindo o fundo em madeira



Fonte: Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (2021).

É esse fundo falso que vai permitir a circulação do ar promovida pelo ventilador. A estrutura do fundo deve ser construída dentro do silo, depois que as paredes foram levantadas, para que fique mais ajustada. Ela não deve ser construída fora e depois colocada dentro do silo, pois isso iria dificultar sua instalação e comprometer o ajuste em relação ao silo (EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA, 2021).

Os grãos devem ser colocados pela parte de cima do silo, com a ajuda de um elevador ou um caracol. Após o término do enchimento, mesmo que seja parcial, o agricultor deve deixar os grãos em um nível plano, para que a pressão estática seja idêntica em todas as partes e o ar saia com fluxo equivalente em todos os locais (MARTINS *et al.*, 2013).

O uso da argamassa polimérica para elevação dos tijolos do silo diminui o desperdício de materiais, além de diminuir o custo da construção. Algumas vantagens com esta prática são: maior rapidez na elevação das paredes de tijolos, realizando o serviço em um terço do tempo do sistema tradicional com argamassa, e não necessita de profissional especializado; a parede colada é 30% mais leve que a tradicional; usa-se menos cimento – a produção de 1 kg de cimento libera 600 gramas de dióxido de carbono (CO₂) para atmosfera; usa-se menos areia, evitando a constante mineração nos leitos dos rios; economia de 30% em relação ao sistema tradicional; sem perdas, diminui o entulho e mantém a obra limpa; não requer cal, água ou betoneira (MARTINS *et al.*, 2013).

Dessa forma, a secagem e a armazenagem são realizadas no mesmo silo, com menor movimentação dos grãos, diminuindo, com isso, a quantidade de fragmentos nos produtos estocados. O custo de secagem e aeração dos grãos é menor em virtude da menor capacidade estocada de produto por silo. O uso de ar natural preserva as qualidades dos produtos colhidos, seja para consumo humano ou animal. O gasto com transporte dos grãos fica menor, porque

normalmente o custo do frete é maior durante a época da colheita. O produtor que estoca em casa consegue preços médios mais compensadores ao longo do ano do que os praticados à época da colheita. Outras vantagens são uma menor perda por ataque de pragas, principalmente de insetos, e uma menor contaminação por fungos; conseqüentemente, diminui o risco de produção de micotoxinas nos grãos que serão utilizados no consumo humano e na fabricação de rações (MARTINS *et al.*, 2013).

Todo o silo secador é, potencialmente, um controlador de insetos dos grãos armazenados de alta eficiência. Como os fluxos de ar utilizados na secagem são bastante elevados e para aeração bem inferiores, se for utilizado um fluxo de 2,5 m³/min.t, pode-se secar milho, em aproximadamente 15 dias e completar uma dose de aeração em 10 horas (MARTINS *et al.*, 2013).

2.4.5.1.2 Orientações de colheita e pós-colheita

Deve-se observar a umidade adequada para a colheita e secagem no silo. Esta prática pode evitar perdas por mudanças climáticas, ataques de pragas e doenças, desocupando a área mais cedo.

É importante manter o local de armazenagem limpo, bem como realizar a pré-limpeza cuidadosa dos grãos, eliminando todos os quebrados tendo em vista que as partes que formam o grão reagem com o ambiente de forma diferente: a casca praticamente não reage com a umidade e com o oxigênio contido no ar ambiente, o interior é altamente reativo com a umidade e com o oxigênio contido no ar ambiente. A armazenagem, por exemplo, de milho com excesso de grãos quebrados pode conduzir a uma maior contaminação por micotoxinas (MARTINS *et al.*, 2013).

Grãos fragmentados não podem ser secos em silos secadores que utilizam ar natural na secagem. Em períodos de alta umidade do ar é possível observar desenvolvimento de fungos nos grãos quebrados, o que não ocorre naqueles grãos que mantiveram sua integridade física. Aerar grãos de milho que contenham excesso de grãos quebrados diminui o volume de ar dos ventiladores pelo aumento da pressão estática, e cria caminhos preferenciais na massa de grãos, criando pontos de maior temperatura e, portanto, de deterioração (MARTINS *et al.*, 2013).

Segundo a Associação Rio-Grandense de Empreendimentos de Assistência Técnica e Extensão Rural (2022), após a secagem, deve-se proceder a aeração dos grãos para manter os produtos com baixa temperatura (ideal entre 15 °C a 20 °C).

Existem várias recomendações que, se colocadas em ação, mitigariam muitas das perdas de pós-colheita experimentadas no Brasil, resultado de dificuldades de transporte e de uma situação problemática de armazenamento. A produção da agricultura familiar, por sua vez, deve primar pela qualidade para conquistar mercados cada vez mais exigentes, já que não tem escala de produção. Para tanto, deve-se utilizar tecnologias limpas, sustentáveis e que economizam mão de obra; além de fácil manejo, adequado à construção, manutenção e reparos locais (EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA, 2021).

Neste contexto, este estudo apresenta o mapeamento de unidades produtoras e a quantificação da capacidade de secagem e armazenamento de grãos no sul catarinense, realizando uma avaliação comparativa de diferentes tipos de dispositivos de armazenamento localizados nessa região do Brasil.

3 METODOLOGIA

Nesta seção, apresentam-se os meios empregados para atingir os objetivos específicos citados na primeira seção, a fim de alcançar o objetivo geral deste trabalho. Além de um extenso estudo bibliográfico, as entrevistas foram essenciais para capturar diversos pontos de vista referentes ao armazenamento na propriedade rural, através da metodologia de análise de conteúdo.

3.1 SISTEMAS E MÉTODOS DE SECAGEM E ARMAZENAMENTO DE GRÃOS DISPONÍVEIS NA LITERATURA

O objetivo de estudar comparativamente os principais métodos de secagem e armazenamento de grãos disponíveis na literatura foi alcançar uma visão ampla sobre o tema analisado a fim de observar o atual estado da arte das pesquisas científicas sobre o objeto de estudo, realizar um melhor planejamento, analisar os avanços e os retrocessos em relação ao objeto de pesquisa e, assim, possibilitar a identificação de novas perspectivas de enfrentamento dos problemas que circundam a temática, evitando erros e a repetição de experimentos.

A presente pesquisa, direcionada ao entendimento e otimização de um segmento do agronegócio, foi estruturada partindo de um extenso estudo bibliográfico geral e do estado da arte em artigos científicos, dissertações de mestrado e teses de doutorado localizados em plataformas digitais como o Google Scholar, repositório de universidades, bem como o portal da EMBRAPA, da EPAGRI, da EMATER, do IEA, do MAPA e do SENAR.

As análises realizadas derivam do banco de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Por sua vez, os dados de armazenamento utilizados neste estudo permanecem fiéis ao Cadastro Nacional de Unidades de Abastecimento (ABA), criado e mantido pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). Todas as informações coletadas nesta etapa foram imprescindíveis para enquadrar os parâmetros construtivos e operacionais importantes para este estudo, a fim de disseminar tecnologias eficientes e eficazes para a secagem e armazenamento de grãos no sul catarinense e, assim, contribuir para o desenvolvimento agrícola brasileiro.

3.2 MAPEAMENTO DAS UNIDADES ARMAZENADORAS DE GRÃOS

O mapeamento das unidades produtoras e a quantificação da capacidade de secagem e armazenamento de grãos foram necessários para entender o cenário presente no sul catarinense em relação às demandas do produtor rural. Pretendeu-se verificar se a capacidade de secagem e armazenamento de grãos satisfaz e supre as necessidades dos agricultores da região de forma quantitativa, ou seja, analisando a produtividade das unidades rurais, as variedades cultivadas e a correspondente capacidade de secagem e armazenagem estática ofertadas no sul do estado.

O objeto de estudo desta pesquisa consistiu na região sul catarinense, compreendendo as microrregiões da Associação dos Municípios do Extremo Sul Catarinense (AMESC) e também da Associação dos Municípios da Região Carbonífera (AMREC).

Localizada entre a serra geral e o litoral atlântico catarinense, a AMESC se destaca pela diversidade cultural e geográfica, resultado de diferentes correntes migratórias que povoaram a região, primeiramente os luso-brasileiros e depois, no século XIX os italianos, germânicos, poloneses e outras etnias. Como resultado, atualmente quinze municípios compõem o Extremo Sul Catarinense: Araranguá, Balneário Arroio do Silva, Balneário Gaivota, Ermo, Jacinto Machado, Maracajá, Meleiro, Morro Grande, Passo de Torres, Praia Grande, Santa Rosa do Sul, São João do Sul, Sombrio, Timbé do Sul e Turvo, totalizando 204 mil habitantes (AMESC, 2020).

Por sua vez, a AMREC, fundada em 25 de abril de 1983, é uma associação que tem como objetivo ampliar e fortalecer a capacidade administrativa, econômica e social dos doze municípios da região carbonífera associados: Balneário Rincão, Cocal do Sul, Criciúma, Forquilha, Içara, Lauro Müller, Morro da Fumaça, Nova Veneza, Orleans, Siderópolis, Treviso e Urussanga, somando mais de 440 mil habitantes e se destacando como um importante polo econômico do estado (AMREC, 2021).

No que concerne ao mapeamento das unidades produtoras e a quantificação da capacidade de secagem e armazenamento das regiões da AMREC e da AMESC, as principais fontes consultadas foram o IBGE, a EPAGRI e os dados disponibilizados pela CONAB. Os dados coletados foram analisados com o intuito de verificar a necessidade de avaliação de modelos de armazéns mais sustentáveis voltados à agricultura familiar para o sul catarinense.

3.3 COLETA DE DADOS DA OPERAÇÃO DE SILOS SECADORES E ARMAZENADORES DE GRÃOS INSTALADOS NO SUL CATARINENSE

A coleta de dados foi realizada por meio de pesquisas de campo feitas de modo presencial. Nesta etapa pretendeu-se obter informações de referência das operações ligadas à secagem e ao armazenamento de grãos na região sul catarinense.

Selecionou-se como atores deste estudo a EPAGRI, um agricultor que possui um silo de pequena escala instalado em sua propriedade, uma indústria de arroz que presta serviços de secagem e armazenamento de grãos em grande escala e uma sociedade não personificada de transporte de grãos. Um codinome foi atribuído a cada entrevistado, forma pela qual são identificados no capítulo de resultados e discussão, conforme Quadro 1.

Quadro 2 – Codinome dado aos entrevistados.

| Entrevistado | Codinome |
|---|-----------------|
| Engenheiro agrônomo extensionista rural da EPAGRI | EP |
| Agricultor que possui um silo de alvenaria armada instalado em sua propriedade | AG |
| Indústria de arroz que presta serviços de secagem e armazenamento de grãos em grande escala | IA |
| Sociedade não personificada de transporte de grãos | TG |

Fonte: Da autora (2022).

A coleta das informações foi realizada por meio da aplicação de questionários estruturados, tomando-se como base os dados referentes à safra de grãos de 2020/2021.

Com relação à EPAGRI, empresa pública vinculada ao Governo do Estado de Santa Catarina por meio da Secretaria de Estado da Agricultura, da Pesca e do Desenvolvimento Rural criada em 1991, a pesquisa de campo foi realizada no dia 06/12/2021 em formato presencial com um Engenheiro Agrônomo extensionista rural que atua no Centro de Treinamento de Araranguá (EP), o maior do estado. A Empresa, que une os trabalhos de pesquisa e extensão rural e pesqueira, busca a competitividade da agricultura catarinense frente a mercados globalizados, aliando conhecimento, tecnologia e extensão para o desenvolvimento sustentável do meio rural (EPAGRI, 2021).

Um proprietário rural (AG), cuja propriedade está localizada em Nova Veneza/SC, foi alvo da pesquisa de modo presencial no dia 29/12/2021. AG possui um silo de pequena escala construído de forma totalmente manual em 2019 que auxilia a família com o armazenamento dos grãos de milho produzidos na propriedade, garantindo a durabilidade e a

qualidade dos grãos que antes eram guardados no armazém, sem controle adequado de temperatura e exposto a pragas.

Outra entrevista foi efetuada no dia 06/12/2021 com o gerente de produção de uma indústria de arroz (IA) que tem unidade instalada em Meleiro/SC. Além de beneficiamento de arroz parboilizado, produção de arroz integral, arroz para cães e de farelo para ração animal, a unidade presta serviços de secagem e armazenamento de grãos para os produtores da região, somando dez silos com capacidade individual de 1500 toneladas de grãos.

Por sua vez, a sociedade não personificada de transporte de grãos (TG) entrevistada dispõe de dois caminhões que atuam nas regiões da AMESC e AMREC desde 2020. Desde então, já transportaram 7095,76 toneladas de grãos, principalmente arroz e milho. A entrevista foi realizada presencialmente na propriedade localizada no bairro São Bento Baixo, distrito de Nova Veneza/SC, no dia 06/12/2021.

Os questionários desenvolvidos e aplicados ao representante da EPAGRI (EP), ao agricultor proprietário de um silo de pequena escala (AG), à prestadora de serviço de secagem e armazenamento (IA) e à sociedade não personificada de transporte de grãos (TG) constam nos apêndices A, B, C e D, respectivamente.

3.4 ANÁLISE DE DADOS E COMPARAÇÃO DA OPERAÇÃO DE SILOS SECADORES E ARMAZENADORES DE GRÃOS INSTALADOS NO SUL CATARINENSE

A técnica utilizada para analisar o que foi dito nas entrevistas e observado pela pesquisadora foi a análise de conteúdo, definida como um conjunto de instrumentos metodológicos que se presta a analisar diferentes fontes de conteúdo (verbais e não verbais). É uma técnica que exige do pesquisador disciplina, dedicação, paciência e tempo, jamais se esquecendo do rigor e da ética, que são fatores essenciais (SILVA; FOSSÁ, 2013).

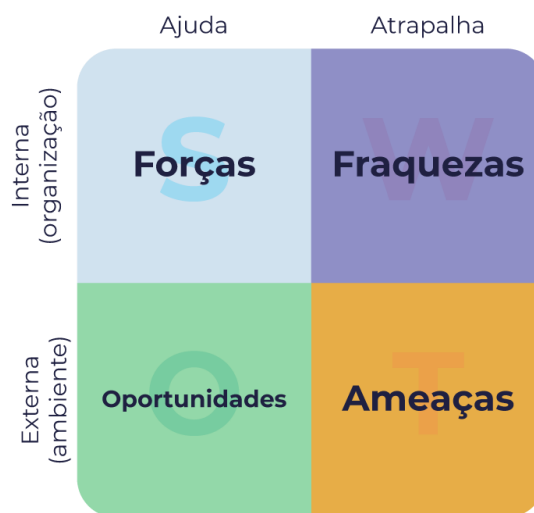
A condução da análise dos dados abrange várias etapas, a fim de que se possa conferir significado aos dados coletados. As etapas técnicas propostas por Bardin (1977): pré-análise, exploração do material e tratamento dos resultados, inferência e interpretação foram tomadas como referência neste estudo. O desenvolvimento completo da análise de conteúdo consta no Anexo D.

3.5 ANÁLISE DE FORÇAS, OPORTUNIDADES, FRAQUEZAS E AMEAÇAS

Nesta etapa os resultados foram apresentados com o objetivo de entender qual o desempenho alcançado atualmente por cada categoria e de demonstrar, por meio da matriz de Forças, Oportunidades, Fraquezas e Ameaças (FOFA) (Figura 28), quais as maneiras de se obter maior eficiência nos processos e, conseqüentemente, desenvolver metodologias que garantam a sustentabilidade dos negócios agrícolas e do meio ambiente.

A matriz FOFA foi criada por Kenneth Andrews e Roland Cristensen, professores da Harvard Business School, e possibilita analisar a competitividade de uma metodologia por meio de quatro variáveis: Forças, Fraquezas, Oportunidades e Ameaças (BESEN, 2018).

Figura 28 – Análise FOFA.



Fonte: Santaella (2022)

A análise interna tem por objetivo evidenciar as deficiências e qualidades intrínsecas do produto. Os componentes de análise interna são compostos pelos pontos fortes, variáveis controláveis que propiciam uma condição favorável e devem ser identificadas e maximizadas; e os pontos fracos, que também são variáveis controláveis mas que provocam situações desfavoráveis. Naturalmente esses pontos devem ser minimizados, sendo necessário direcionar esforços para identificar uma solução (BESEN, 2018).

Já o ambiente externo é composto por oportunidades, as quais são variáveis não controláveis que podem criar condições favoráveis para as mesmas desde que sejam capazes de identificá-las e possuam condições e interesse em desfrutá-las; e as ameaças são variáveis também não controladas, que podem gerar aspectos desfavoráveis (BESEN, 2018).

Após a determinação dos pontos fortes e fracos, ameaças e oportunidades, procura-se estabelecer os pontos críticos, que por sua vez demonstram aspectos controláveis com maior ou menor complexidade. O estabelecimento desses pontos críticos é importante para que se definam as ações que podem ser utilizadas para seu aperfeiçoamento (BESEN, 2018).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 MAPEAMENTO DAS UNIDADES ARMAZENADORAS DE GRÃOS

A Tabela 10 apresenta dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) sobre a população dos municípios integrantes da AMESC em 2010 e 2021 (estimada).

Tabela 10 – Características da população da AMESC

| Município | População no último censo [2010] | População estimada [2021] | Aumento percentual (%) |
|---------------------------|----------------------------------|---------------------------|------------------------|
| Araranguá | 61.310 | 69.493 | 11,78 |
| Balneário Arroio do Silva | 9.586 | 13.782 | 30,45 |
| Balneário Gaivota | 8.234 | 11.537 | 28,63 |
| Ermo | 2.050 | 2.059 | 0,44 |
| Jacinto Machado | 10.609 | 10.337 | -2,63 |
| Maracajá | 6.404 | 7.461 | 14,17 |
| Meleiro | 7.000 | 6.989 | -0,16 |
| Morro Grande | 2.890 | 2.884 | -0,21 |
| Passo de Torres | 6.627 | 9.269 | 28,50 |
| Praia Grande | 7.267 | 7.305 | 0,52 |
| Santa Rosa do Sul | 8.054 | 8.397 | 4,08 |
| São João do Sul | 7.002 | 7.332 | 4,50 |
| Sombrio | 26.613 | 31.084 | 14,38 |
| Timbé do Sul | 5.308 | 5.338 | 0,56 |
| Turvo | 11.854 | 13.080 | 9,37 |
| Total | 175.500 | 206.347 | 14,95 |

Fonte: IBGE (2021).

A partir dos números totais da população em 2010 e em 2021, calculou-se o aumento percentual respectivo a cada município da Tabela 10. Como resultado, o aumento percentual total da população que vive nas cidades que compõem a AMESC totaliza quase 15%.

O IBGE também oferece dados sobre a situação domiciliar referente a cada município com base no censo de 2010. Aplicando o aumento percentual calculado na Tabela 10, estimou-se a quantidade de pessoas que vivem no meio urbano e rural das cidades em questão no ano de 2021, conforme Tabela 11.

Tabela 11 – Características da população e dos domicílios pertencentes à AMESC

| Município | População no último censo [2010] | | População estimada [2021] | |
|---------------------------|----------------------------------|---------------|---------------------------|---------------|
| | Urbana | Rural | Urbana | Rural |
| Araranguá | 50.526 | 10.784 | 56.476 | 12.054 |
| Balneário Arroio do Silva | 9.391 | 195 | 12.250 | 254 |
| Balneário Gaivota | 6.363 | 1.871 | 8.185 | 2.407 |
| Ermo | 619 | 1.431 | 622 | 1.437 |
| Jacinto Machado | 5.133 | 5.476 | 4.998 | 5.332 |
| Maracajá | 4.256 | 2.148 | 4.859 | 2.452 |
| Meleiro | 3.649 | 3.351 | 3.643 | 3.346 |
| Morro Grande | 756 | 2.134 | 754 | 2.130 |
| Passo de Torres | 5.873 | 754 | 7.547 | 969 |
| Praia Grande | 4.297 | 2.970 | 4.319 | 2.985 |
| Santa Rosa do Sul | 3.746 | 4.308 | 3.899 | 4.484 |
| São João do Sul | 1.572 | 5.430 | 1.643 | 5.674 |
| Sombrio | 19.638 | 6.975 | 22.463 | 7.978 |
| Timbé do Sul | 1.845 | 3.463 | 1.855 | 3.482 |
| Turvo | 7.915 | 3.939 | 8.657 | 4.308 |
| Total | 125.579 | 55.229 | 142.170 | 59.293 |

Fonte: IBGE (2021).

Por meio desses resultados, observou-se que 29,43% da população que integra a AMESC vivem em território rural e 70,57% em território urbano.

Por sua vez, de acordo com o IBGE, a estimativa de crescimento da população pertencente à AMREC foi de 9,41% nos últimos onze anos, conforme Tabela 12.

Tabela 12 – Características da população da AMREC

| Município | População no último censo [2010] | População estimada [2021] | Aumento percentual (%) |
|------------------|----------------------------------|---------------------------|------------------------|
| Balneário Rincão | | 13.129 | |
| Cocal do Sul | 15.159 | 16.956 | 10,60 |
| Criciúma | 192.308 | 219.393 | 12,35 |
| Forquilha | 22.548 | 27.621 | 18,37 |
| Içara | 58.833 | 58.055 | -1,34 |
| Lauro Müller | 14.367 | 15.380 | 6,59 |
| Morro da Fumaça | 16.126 | 18.095 | 10,88 |
| Nova Veneza | 13.309 | 15.515 | 14,22 |
| Orleans | 21.393 | 23.161 | 7,63 |
| Siderópolis | 12.998 | 14.176 | 8,31 |

| | | | |
|--------------|----------------|----------------|-------------|
| Treviso | 3.527 | 4.002 | 11,87 |
| Urussanga | 20.223 | 21.419 | 5,58 |
| Total | 390.791 | 431.387 | 9,41 |

Fonte: IBGE (2021).

De maneira semelhante, o IBGE apresenta informações referentes à situação domiciliar de cada município com base no censo de 2010. Aplicando o aumento percentual calculado para as cidades em questão na Tabela 12, estimou-se a quantidade de pessoas que vivem no meio urbano e rural em 2021, conforme Tabela 13.

Tabela 13 – Características da população e dos domicílios pertencentes à AMREC

| Município | População no último censo [2010] | | População estimada [2021] | |
|------------------|----------------------------------|---------------|---------------------------|---------------|
| | Urbana | Rural | Urbana | Rural |
| Balneário Rincão | | | | |
| Cocal do Sul | 12.696 | 2.463 | 14.042 | 2.724 |
| Criciúma | 189.630 | 2.678 | 213.041 | 3.009 |
| Forquilha | 18.426 | 4.122 | 21.810 | 4.879 |
| Içara | 53.913 | 4.920 | 53.191 | 4.854 |
| Lauro Müller | 11.106 | 3.261 | 11.837 | 3.476 |
| Morro da Fumaça | 13.863 | 2.263 | 15.371 | 2.509 |
| Nova Veneza | 8.927 | 4.382 | 10.196 | 5.005 |
| Orleans | 16.084 | 5.309 | 17.312 | 5.714 |
| Siderópolis | 10.051 | 2.947 | 10.886 | 3.192 |
| Treviso | 1.833 | 1.694 | 2.051 | 1.895 |
| Urussanga | 11.405 | 8.818 | 12.042 | 9.310 |
| Total | 347.934 | 42.857 | 380.677 | 46.890 |

Fonte: IBGE (2021).

A porcentagem da população que vive em situação domiciliar no meio rural foi de 10,97% e 89,03% da população em situação domiciliar em meio urbano da AMREC.

O município de Balneário Rincão, criado em outubro de 2003 segundo a Lei nº 12.668, não possui histórico completo das informações pesquisadas no *website* do IBGE. Dessa forma, não foi possível calcular o aumento percentual da população total e nem da situação domiciliar (SANTA CATARINA, 2003).

Enfim, constatou-se que a região da AMREC possui maior quantidade total de habitantes, porém, seu crescimento populacional nos últimos onze anos foi menor que o registrado na região da AMESC. Ademais, a população da AMESC que reside no meio rural

(29,43%) é maior em comparação com a população vivendo no meio rural da AMREC (10,97%).

Em 2017, o IBGE realizou o último Censo Agropecuário no Brasil com o intuito de investigar as informações sobre os estabelecimentos agropecuários e as atividades agropecuárias neles desenvolvidas. A partir desses dados, elegeram-se cinco grãos com maior notabilidade nas regiões da AMESC e AMREC - arroz com casca, feijão preto, milho e soja - a fim de selecionar os cultivares com maior notabilidade como objeto de estudo deste trabalho, apresentados na Tabela 14 e Tabela 15, a seguir. Os espaços em branco denotam ausência de informação no *website* do IBGE.

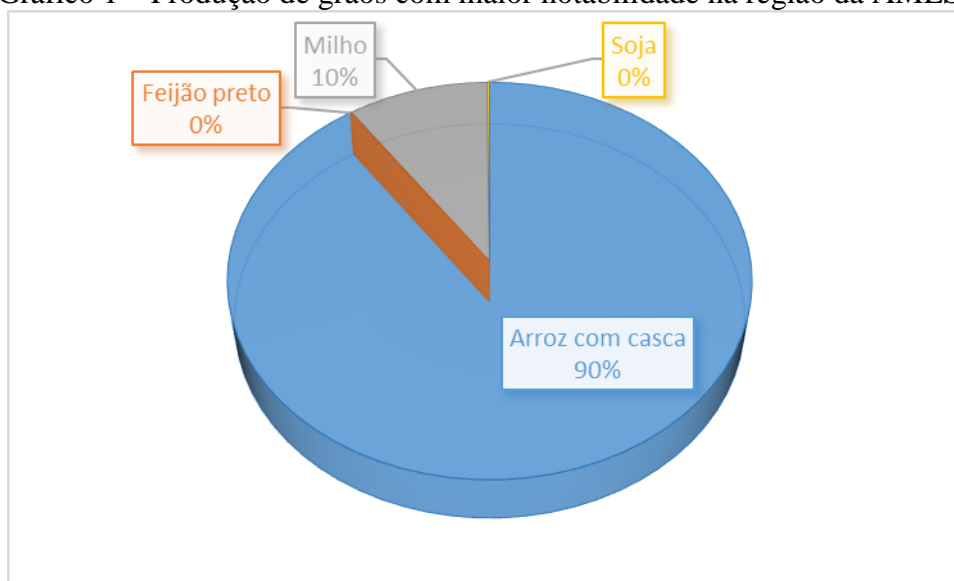
Tabela 14 – Produção de grãos com maior notabilidade na região da AMESC

| Município | Quantidade produzida [toneladas] | | | |
|---------------------------|----------------------------------|--------------|---------------|------------|
| | Arroz com casca | Feijão preto | Milho | Soja |
| Araranguá | 30.491 | 27 | 5.161 | 586 |
| Balneário Arroio do Silva | | | 13 | |
| Balneário Gaiivota | | 1 | 281 | |
| Ermo | 20.955 | 18 | 1.838 | |
| Jacinto Machado | 44.936 | 19 | 3.244 | |
| Maracajá | 11.413 | 19 | 1.339 | |
| Meleiro | 67.756 | 109 | 4.390 | 43 |
| Morro Grande | 20.650 | 22 | 1.693 | |
| Passo de Torres | 2.566 | | 117 | |
| Praia Grande | 21.098 | 5 | 1.347 | |
| Santa Rosa do Sul | 5.137 | 10 | 1.424 | |
| São João do Sul | 25.753 | 3 | 1.541 | |
| Sombrio | 9.323 | 23 | 2.652 | |
| Timbé do Sul | 13.312 | 37 | 3.221 | |
| Turvo | 66.819 | 75 | 7.632 | 45 |
| Total | 340.209 | 368 | 35.893 | 674 |

Fonte: IBGE (2021).

Nota-se que o arroz com casca e o milho são as culturas com maior produção, em toneladas, na região da AMESC. No Gráfico 1 são apontados os resultados da Tabela 14 em porcentagem.

Gráfico 1 – Produção de grãos com maior notabilidade na região da AMESC



Fonte: Da autora (2021).

Comprova-se a prevalência da produção de arroz com casca na região da AMESC, conforme Gráfico 1.

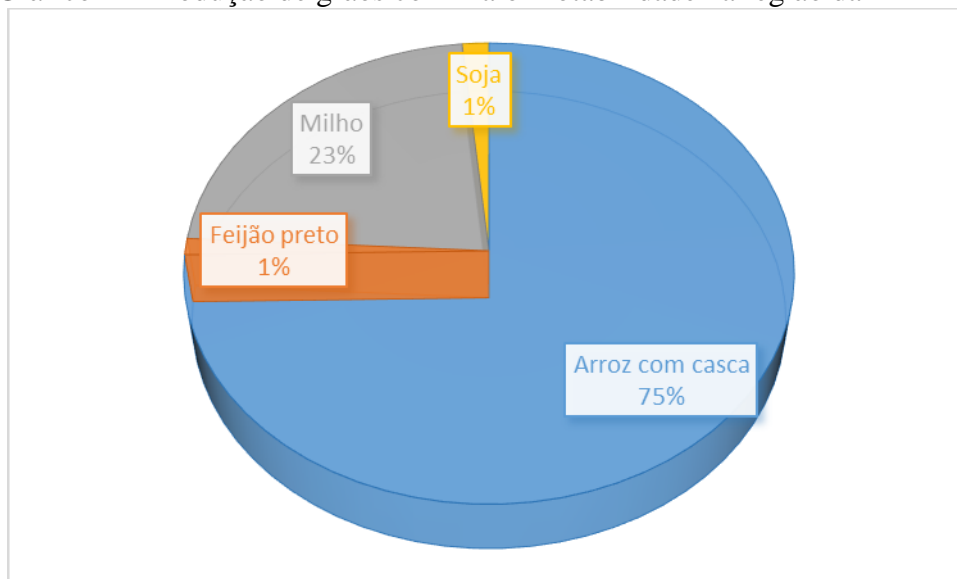
Tabela 15 – Produção de grãos com maior notabilidade na região da AMREC

| Município | Quantidade produzida [toneladas] | | | |
|------------------|----------------------------------|--------------|---------------|--------------|
| | Arroz com casca | Feijão preto | Milho | Soja |
| Balneário Rincão | | 25 | 184 | |
| Cocal do Sul | 480 | 90 | 1.670 | 39 |
| Criciúma | 1.038 | 364 | 7.357 | 980 |
| Forquilha | 71.996 | 149 | 9.560 | 1.374 |
| Içara | 13.053 | 1.220 | 9.673 | 322 |
| Lauro Müller | | 19 | 1.475 | |
| Morro da Fumaça | 2.083 | 100 | 1.797 | 340 |
| Nova Veneza | 57.217 | 98 | 4.680 | |
| Orleans | 3 | 76 | 3.848 | |
| Siderópolis | 404 | 35 | 1.652 | |
| Treviso | | 3 | 631 | |
| Urussanga | 41 | 60 | 1.659 | |
| Total | 146.315 | 2.239 | 44.186 | 3.055 |

Fonte: IBGE (2021).

Notou-se que a produção de feijão preto e soja cresceram em relação à produção desses mesmos grãos contabilizada na região da AMESC, porém continuam tendo menores resultados em relação ao arroz com casca e o milho que, por sua vez, novamente são os cultivares com maior produção, em toneladas, também na região da AMREC. No Gráfico 2 são apontados os resultados da Tabela 15 em porcentagem.

Gráfico 2 – Produção de grãos com maior notabilidade na região da AMREC



Fonte: Da autora (2021).

A prevalência da produção de arroz com casca é novamente notável, de acordo com o Gráfico 2, desta vez para a região da AMREC. É possível observar também um aumento da produção de milho com relação à AMESC, passando de 10% para 23% na região da AMREC.

De acordo com o Sistema Nacional de Cadastro Rural (2021), subordinado ao MAPA, a classificação dos imóveis rurais é definida pela Lei nº 8.629, de 25 de fevereiro de 1993, considerando o tamanho unitário do módulo fiscal de cada município, expresso em hectares (ha). As classificações relativas ao tamanho da área, atualizadas com as alterações previstas na Lei nº 13.465 de 2017, são:

Minifúndio: imóvel rural com área inferior a Fração Mínima de Parcelamento;

Pequena propriedade: imóvel com área entre a Fração Mínima de Parcelamento e 4 módulos fiscais;

Média propriedade: imóvel rural de área superior a 4 e até 15 módulos fiscais;

Grande propriedade: imóvel rural de área superior a 15 módulos fiscais (Sistema Nacional de Cadastro Rural, 2021).

Conforme dados do último censo agropecuário do IBGE, em 2017, estimou-se a quantidade média de hectare por número de lavouras de grãos nas regiões de estudo, a fim de poder classificá-las com relação ao tamanho da área, de acordo com o módulo fiscal de cada município presente na Tabela de Índices Básicos do Sistema Nacional de Cadastro Rural.

Os resultados encontrados para a região da AMESC e AMREC são apresentados, respectivamente, na Tabela 16 e Tabela 17. Ressalta-se que os espaços em branco denotam ausência de informação no *website* do IBGE.

Tabela 16 - Média de hectares por estabelecimento agropecuário na região da AMESC

| Município | Módulo fiscal (ha) | Arroz com casca | | | Milho | | |
|---------------------------|--------------------|--------------------------------|-------------------|-------|--------------------------------|-------------------|-------|
| | | Estabelecimentos agropecuários | Área colhida (ha) | Média | Estabelecimentos agropecuários | Área colhida (ha) | Média |
| Araranguá | 20 | 129 | 4.116 | 31,91 | 292 | 850 | 2,91 |
| Balneário Arroio Do Silva | 20 | | | | 15 | 5 | 0,33 |
| Balneário Gaivota | 20 | | | | 44 | 59 | 1,34 |
| Ermo | 18 | 87 | 2.837 | 32,61 | 107 | 333 | 3,11 |
| Jacinto Machado | 18 | 272 | 6.608 | 24,29 | 284 | 621 | 2,19 |
| Maracajá | 20 | 49 | 1.587 | 32,39 | 90 | 238 | 2,64 |
| Meleiro | 18 | 308 | 9.390 | 30,49 | 197 | 685 | 3,48 |
| Morro Grande | 18 | 130 | 2.922 | 22,48 | 149 | 304 | 2,04 |
| Passo De Torres | 20 | 7 | 583 | 83,29 | 14 | 28 | 2,00 |
| Praia Grande | 18 | 115 | 3.128 | 27,20 | 147 | 248 | 1,69 |
| Santa Rosa Do Sul | 20 | 28 | 809 | 28,89 | 121 | 256 | 2,12 |
| São João Do Sul | 20 | 143 | 3.717 | 25,99 | 173 | 291 | 1,68 |
| Sombrio | 20 | 61 | 1.333 | 21,85 | 181 | 519 | 2,87 |
| Timbé Do Sul | 18 | 66 | 1.840 | 27,88 | 229 | 564 | 2,46 |
| Turvo | 18 | 387 | 9.058 | 23,41 | 368 | 1.167 | 3,17 |

Fonte: IBGE (2021), Sistema Nacional de Cadastro Rural (2021).

Tabela 17 - Média de hectares por estabelecimento agropecuário na região da AMREC

| Município | Módulo fiscal (ha) | Arroz com casca | | | Milho | | |
|-----------------|--------------------|--------------------------------|-------------------|-------|--------------------------------|-------------------|-------|
| | | Estabelecimentos agropecuários | Área colhida (ha) | Média | Estabelecimentos agropecuários | Área colhida (ha) | Média |
| Cocal Do Sul | 14 | 3 | 60 | 20,00 | 49 | 236 | 4,82 |
| Criciúma | 14 | 8 | 150 | 18,75 | 160 | 1.145 | 7,16 |
| Forquilha | 14 | 289 | 9.378 | 32,45 | 247 | 1.334 | 5,40 |
| Içara | 20 | 21 | 1.977 | 94,14 | 433 | 1.571 | 3,63 |
| Lauro Müller | 14 | 1 | | | 147 | 367 | 2,50 |
| Morro Da Fumaça | 14 | 8 | 279 | 34,88 | 52 | 297 | 5,71 |
| Nova Veneza | 18 | 204 | 7.570 | 37,11 | 175 | 629 | 3,59 |
| Orleans | 14 | 3 | 2 | 0,67 | 398 | 782 | 1,96 |
| Siderópolis | 14 | 3 | 57 | 19,00 | 144 | 281 | 1,95 |
| Treviso | 14 | 1 | | | 79 | 94 | 1,19 |
| Urussanga | 14 | 4 | 8 | 2,00 | 221 | 387 | 1,75 |

Fonte: IBGE (2021), Sistema Nacional de Cadastro Rural (2021).

A partir dos resultados observados em ambas as regiões, os estabelecimentos agropecuários com características de minifúndios cultivam milho. Por sua vez, os estabelecimentos que configuraram pequena propriedade cultivam lavouras de arroz com casca, tomado como referência neste estudo de mapeamento ao lado do milho.

Na região sul do Brasil são produzidos 11 milhões de toneladas de milho, sendo as pequenas e médias propriedades responsáveis por 80% dessa produção. O destino do produto dos pequenos estabelecimentos rurais é quase totalmente a alimentação de suínos, aves e gado leiteiro. Normalmente, o armazenamento é na forma de espiga em condições que favorecem o ataque de insetos, roedores e o desenvolvimento de fungos, o que tem ocasionado perdas na quantidade e qualidade do produto estocado (OLIVEIRA; MARTINS, 1991).

Por sua vez, a produção catarinense de arroz é a segunda maior do país, chegando na safra 2019/2020 a 1.254.139 t, o que representa 11% do total nacional. A produtividade média foi de 8,4 toneladas por hectare, um incremento de aproximadamente 9% em relação ao período agrícola anterior (CIDASC, 2021).

O arroz irrigado é produzido em 93 municípios catarinenses, concentrado principalmente no Litoral Sul (61,9%), além das regiões do médio/baixo Vale do Itajaí e litoral Norte (25,2%), alto vale do Itajaí (9,04%) e litoral centro (3,9%). Esse cereal é o alimento-base de mais de 3 bilhões de pessoas no mundo (CIDASC, 2021).

4.2 DADOS DA OPERAÇÃO DE SILOS SECADORES E ARMAZENADORES DE GRÃOS INSTALADOS NO SUL CATARINENSE

A coleta de dados se deu por meio de entrevistas realizadas pessoalmente com um extensionista da EPAGRI (EP), um agricultor que possui um silo de alvenaria armada instalado em sua propriedade (AG), uma indústria de arroz que presta serviços de secagem e armazenamento de grãos em grande escala (IA) e uma sociedade não personificada de transporte de grãos (TG), conforme especificado no Quadro 2 do item 3.3 da metodologia.

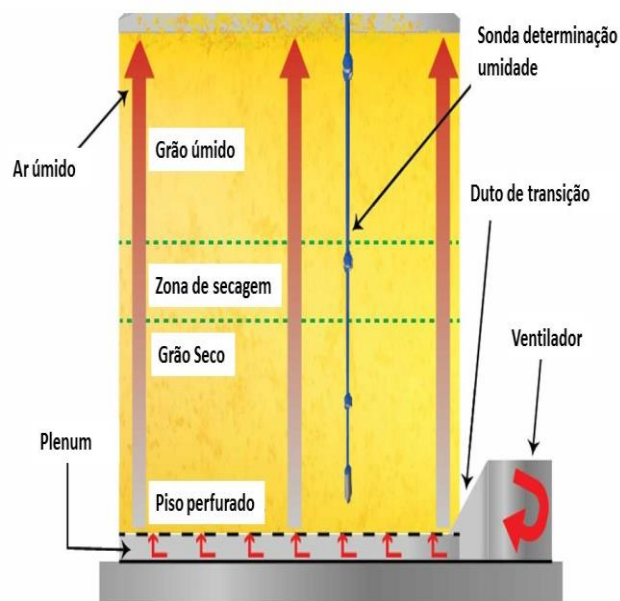
4.2.1 Coleta de dados na EPAGRI

A EPAGRI de Santa Catarina, por meio de seus extensionistas rurais, tem conduzido e disseminado junto aos agricultores da região uma tecnologia de baixo custo que visa ao beneficiamento e armazenamento de grãos na propriedade rural: o silo secador armazenador de grãos. A entrevista feita ao EP aconteceu dia 06/12/2021 no CETRAR, em Araranguá/SC. O entrevistado realizou uma apresentação sobre o objeto de estudo deste trabalho e indiretamente respondeu às perguntas contidas no Apêndice A.

Segundo EP, o silo é uma circunferência feita de alvenaria dita armada devido ao recebimento de cintas de reforço feitas de malha de ferro pelo lado externo da construção, o que garante segurança estrutural. O metabolismo do grão e conseqüentemente a perda de massa aumenta conforme aumenta a temperatura e/ou a umidade, por isso o silo secador armazenador trabalha diminuindo essas duas variáveis: temperatura e umidade. O ventilador insufla ar frio no fundo falso do silo, chamado *plenum*, esse ar sobe e passa através da massa de grãos, arrastando consigo a umidade. Assim, é fácil perceber que a parte inferior da massa de grãos fica mais seca e a parte superior mais úmida. Nessa última, mesmo úmidos, os grãos não se deterioram por causa da ventilação.

As principais partes de um silo secador armazenador de grãos podem ser vistas na Figura 29.

Figura 29 – O silo secador armazenador



Fonte: Empresa De Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural De Santa Catarina (2021).

“A ideia principal do silo secador armazenador é ser uma tecnologia fácil, viável e barata para o agricultor; de estrutura simples e baixo custo de construção, a qual o produtor mesmo possa fazer”, complementou EP durante a apresentação.

EP simulou a produção de 76500 kg de milho e discriminou os gastos que o agricultor teria ao terceirizar a secagem de sua produção ou de utilizar um silo secador em sua propriedade. Os dados foram apresentados na Tabela 18.

Tabela 18 – Simulação de secagem

| Descrição | Terceirizando a secagem | Silo próprio |
|---|-------------------------|--------------|
| Massa inicial bruta (kg) | 76500 | 76500 |
| Umidade | | |
| Umidade ideal na colheita (%) | 20 | 20 |
| Umidade requerida com a secagem (%) | 14 | 14 |
| Alíquota para o milho (1,15 de umidade + 0,45 quebra técnica) | 1,6 | 1,15 |
| Desconto de umidade total (%) | 9,6 | 6,9 |
| Desconto sobre massa bruta (kg) | 7344 | 5278,5 |
| Secagem | | |
| Custo de secagem (%) | 7 | 0,875 |
| Desconto sobre massa bruta (kg) | 5355 | 669,375 |
| Impureza | | |
| Impureza total (2% máquina + 2,5% grão quebrado) (%) | 4,5 | 2 |
| Grãos quebrados | 0,025 | uso imediato |
| Desconto sobre massa bruta (kg) | 1912,5 | - |
| Desconto | | |
| Total de descontos (kg) | 14611,5 | 5947,875 |
| Quantidade de sacos perdidos | 243,525 | 99,13125 |
| Valor (R\$80,00/saco) | R\$ 19.482,00 | R\$ 7.930,50 |

| Produção líquida | | |
|-----------------------------------|----------------------|-----------|
| Massa líquida (kg) | 61888,5 | 70552,125 |
| Quantidade de sacos (líquido) | 1031,48 | 1175,87 |
| Diferença (sacos de 60 kg) | 144,39 | |
| Diferença (R\$) | R\$ 11.551,50 | |

Fonte: Empresa De Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural De Santa Catarina (2021).

No item “secagem”, o custo de secagem de 7% corresponde ao valor cobrado pela indústria para o caso da terceirização da secagem. Ao considerar o silo próprio, o valor de 0,875% corresponde ao custo de energia para a secagem dos grãos, com um ventilador de 5 CV.

Observou-se que secando a produção em um silo de alvenaria armada próprio, o agricultor teria R\$11.551,50 de lucro, considerando o valor de R\$80,00 por saco de 60 kg de milho.

Elaborada também por EP, a Figura 36 demonstra os custos de construção de um silo secador armazenador com capacidade para 1161 sacos. Os itens essenciais somaram o valor de R\$22.088,95 e os itens extras, destinados a facilitar a operação de silos maiores (capacidade maior que 450 sacos), somaram o valor de R\$25.259,00. A instalação elétrica não foi contabilizada.

Figura 30 - Custos de construção de um silo com capacidade de 1161 sacos

| Discriminação dos itens | Quantidade | Valor Unit. | Valor Total | % por item |
|---|------------|-------------|--------------------|------------------|
| Blocos cerâmicos de vedação (milheiro) largura = 11 cm altura = 15 cm comprimento = 20 | 2,70 | 870,00 | 2.349,00 | 9,68 |
| Cimento (sacos) | 57 | 33,00 | 1.881,00 | 7,75 |
| Areia (m³) | 7 | 100,00 | 700,00 | 2,88 |
| Massa / Cola (embalagem) 3 kg | 37 | 21,00 | 777,00 | 3,20 |
| Arame recozido (kg) bitola = 18 | 3 | 7,30 | 21,90 | 0,09 |
| Tela soldada POP (uni.) malha 20 x 20 Φ do fio 3,4 x 3,4 altura tela = 2 compr. tela = 3 | 27 | 109,00 | 2.943,00 | 12,12 |
| Guias (metros lineares) largura = 2,5 cm altura = 15 cm | 141 | - | - | 0,00 |
| Ripas (metros lineares) largura = 2,5 cm altura = 5 cm | 697 | - | - | 0,00 |
| Pregos nos Apoios (kg) 18 x 30 | 2 | 10,00 | 20,00 | 0,08 |
| Pregos nas Vigotas (kg) 17 x 27 | 2 | 10,00 | 20,00 | 0,08 |
| Pregos das Ripas (kg) 17 x 27 | 5 | 10,00 | 50,00 | 0,21 |
| Sombrite ou tela arame galvanizado (m²) | 46 | 5,00 | 230,00 | 0,95 |
| Apoios (unidades) diâmetro = 13 cm altura = 74 cm | 114 | 3,00 | 342,00 | 1,41 |
| Brita 1 e 2 mistura (m³) | 4 | 100,00 | 400,00 | 1,65 |
| Ferros horizontais: | | | | |
| 5.0 barras CA60 | 32 | 26,50 | 848,00 | 3,49 |
| 5.0 barras CA60 | 16 | 26,50 | 424,00 | 1,75 |
| 4.2 barras CA60 | 12 | 23,80 | 285,60 | 1,18 |
| Ferros verticais: | | | | |
| --- | - | - | - | 0,00 |
| Ventilador Vazão (m³/h) 10608 PE (mmCA) 63 | 1 | 5700,00 | 5.700,00 | 23,48 |
| Mão de Obra (Porcentagem sobre o valor dos materiais) | 30 | - | 5.097,45 | 30,00 |
| | | | Total Silo: | 22.088,95 |

| Extras | Quantidade | Valor Unit. | Valor Total |
|---|------------|-------------|-------------------------------|
| Caracol - retirada grãos - Comp. Até a boca saída caracol 3,75 m Φ 15 cm | 1 | 3200,00 | 3.200,00 |
| Caracol para encher o silo grãos - Comprimento 5,80 m Φ 20 cm | 1 | 7650,00 | 7.650,00 |
| Termômetro Temperatura Interna e Externa | 1 | 85,00 | 85,00 |
| Medidor de umidade | 1 | 439,00 | 439,00 |
| Pré - limpeza | 1 | 13000,00 | 13.000,00 |
| Lona própria p/ Expurgo - 300 micra 8 x 8 m: 884,00 8 x 10: ##### | 1 | 885,00 | 885,00 |
| | | | - |
| | | | Total Extras 25.259,00 |

Fonte: Empresa De Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural De Santa Catarina (2021).

Portanto, de acordo com EP, o custo do silo fica em torno de R\$40,78 por saco armazenado e o *payback* gira em torno de 4 a 5 anos. Quanto maior o tamanho do silo, menor o custo por saco armazenado. EP esclarece que essa tecnologia é viável para diferentes propriedades, como pode ser verificado nas Figuras 37, 38 e 39. O perfil do produtor rural que terá vantagens competitivas com essa tecnologia deve ter em média 3 a 4 hectares e produtividade de 90 a 100 sacos por hectare.

A Figura 31 caracteriza uma propriedade com quatro unidades com capacidade para secar e armazenar 3000 sacos, totalizando doze mil sacos. A unidade conta com uma moega, onde o trator despeja os grãos após a colheita, um caracol que encaminha os grãos para a pré-limpeza e, por fim, os encaminha para o armazenamento.

Figura 31 – Unidade com quatro silos de 3000 sacos de capacidade



Fonte: Empresa De Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural De Santa Catarina (2021).

A Figura 32 caracteriza um silo com capacidade para 250 sacos sob uma estrutura simples conhecida como paiol. A Figura 33 apresenta um silo com capacidade para 5000 sacos.

Figura 32 – Unidade com um silo de 250 sacos de capacidade



Fonte: Empresa De Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural De Santa Catarina (2021).

Figura 33 – Unidade com um silo de 5000 sacos de capacidade



Fonte: Empresa De Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural De Santa Catarina (2021).

Para EP, o objetivo atual é desenvolver um sistema ainda mais eficiente na utilização da energia elétrica, baseando-se no monitoramento da qualidade do ar e das propriedades do grão em tempo real com o intuito de verificar se em um determinado momento compensa aerar e em qual velocidade, de forma a monitorar o uso da potência do ventilador.

EP também comentou que nenhum silo que o CETRAR acompanha possui a tecnologia de monitoramento da qualidade do ar ou do grão atualmente. Em unidades maiores, como na indústria de arroz, existem sistemas de termometria que disponibilizam a temperatura em tempo real, por meio do computador, de diversos pontos ao longo da altura da massa de grãos no interior do silo. O sistema consiste em cabos presos em locais diferentes do teto do silo e ao longo de seu comprimento, até o fundo do silo, contendo sensores de temperatura.

Na situação atual, o ventilador do silo secador armazenador fica ligado 24 horas por dia (inclusive no horário de pico) a partir do momento que o grão é introduzido no silo, geralmente durante 15 dias para o milho e 25 dias para o arroz. EP destaca que, no geral, mesmo em dias de chuva, ainda é possível fazer a secagem, já que a temperatura do ar é mais baixa e assim o ar iria, ao menos, resfriar a massa de grãos. Nesse caso, seria interessante se o ventilador pudesse trabalhar com cargas mais baixas, por meio de um inversor de frequência no motor.

Um momento crítico para a secagem de grãos no silo secador armazenador, comenta EP, é durante o fenômeno conhecido como cerração, pois é sinônimo de uma grande quantidade de umidade disponível na atmosfera, ou seja, o ar já está saturado. Esse evento costuma acontecer durante a madrugada, quando o produtor está dormindo e seria um momento interessante para que o ventilador tivesse sua velocidade diminuída drasticamente, gerando também economia de energia.

EP sugere que os parâmetros meteorológicos e climáticos poderiam ser captados da Estação Meteorológica do CETRAR da EPAGRI/SC a fim de avaliar o comportamento do ar disponível para secar os grãos e decidir, automaticamente e em tempo real, se é viável ou não realizar a secagem. Para tanto, deve-se estabelecer a curva de secagem para cada grão (secagem é mais rápida no início), com o objetivo de montar uma base de dados comparativa com os dados a serem recolhidos da estação meteorológica, baseado em indicadores (propriedades psicométricas do ar) para estabelecer o regime operacional.

O processo de automação a ser implantado deve levar em consideração somente as condições do ar na entrada do ventilador e do ar que passa por entre a massa de grãos, verificando a localização da frente de secagem, por exemplo. EP lembra que a condição de umidade do grão só seria possível de ser observada se a aeração parasse até que a umidade do

interior do grão migrasse para a periferia. A transferência de calor ocorre somente entre o ar e o grão, não ocorrendo troca de umidade entre os grãos.

Existem dois casos a serem abordados neste projeto: os silos secadores armazenadores de milho (a granel) e os de arroz (com casca). De forma geral, o produtor despacha esse grão após a colheita e o armazena em indústrias privadas, engenho ou cooperativa. Para o caso do milho, muitos produtores realmente vendem para a indústria após a colheita e outros apenas armazenam e retiram aos poucos para utilização na propriedade. Isso traz algumas características interessantes como a questão do custo de frete: do campo para a indústria e da indústria para a propriedade; além de que o grão retirado da indústria nunca é o mesmo grão que o produtor depositou.

Diferentemente do milho, o agricultor não beneficia os grãos de arroz ou utiliza na propriedade para outro fim. Por isso, quando o produtor envia para armazenamento na indústria, ele normalmente o vende para a indústria. Por enquanto não existe silo secador armazenador para grãos de arroz na região sul catarinense, a não ser a unidade do CETRAR, utilizado para secar e armazenar grãos de arroz para sementes. Duas razões são levantadas para esse fato: a primeira é que não há falta de armazenagem; a segunda, que não há garantia de melhor remuneração para o caso de armazenar o arroz e comercializá-lo na entressafra.

Em 2021, por exemplo, o preço do saco de arroz (50 kg) durante a safra era de R\$93,00 e na entressafra R\$60,00. Então quem armazenou na propriedade ou na indústria, “perdeu” dinheiro da mesma forma. EP completa dizendo que a cada dez anos de produção, o agricultor consegue ganhar dinheiro em sete, igualar despesas e lucros em dois anos e em um ano o agricultor perde dinheiro.

Para o caso do silo secador armazenador de arroz, o agricultor se torna independente. Por outro lado, ao levar o produto agrícola para o armazém o agricultor fica à mercê dos descontos e preços cobrados pela indústria, o que torna inviável a retirada de produto de uma indústria para vender em outra, por exemplo, que porventura venha a propor preços melhores. Por isso que, logo após a colheita, o agricultor distribui a produção entre as indústrias em seu entorno, a fim negociar no momento da comercialização com diferentes atores.

No caso do milho, o produtor tem a opção de venda direta aos seus vizinhos, às atafonas, como também pode prestar serviços de secagem aos produtores de sua vizinhança se dispuser de silos. Leva-se também em consideração o peso do saco na hora da venda. Ao vender para o engenho, o preço estabelecido é para um saco de 60 kg, mas quando um comprador, por exemplo, adquire um saco de milho em agropecuárias ele compra um saco que equivale ao peso de 50 kg e, normalmente, o valor de comercialização nas agropecuárias é 20% a 25% maior do

que o valor do engenho sem considerar que “ganham” 10 kg pela diferença do peso do saco. Tendo o milho em sua propriedade, o agricultor pode decidir comercializar diretamente para os consumidores finais e ele mesmo obter maiores lucros com a venda.

Por sua vez, os proprietários de atafonas procuram milhos secos com ar natural, pois os métodos que habitualmente envolvem a secagem com altas temperaturas acabam diminuindo aspectos quantitativos e qualitativos do milho, como rendimento, sabor, odor, afetando aspecto e qualidade de produtos finais como a polenta, por exemplo, fato que não ocorre com o milho seco no silo secador armazenador. Também há relatos de maior produtividade de gado leiteiro (Figura 34) e de maior ganho de peso dos animais que consomem o grão de silo secador e armazenador.

Figura 34 – Maior rendimento na produção de farinha de milho



Fonte: Empresa De Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural De Santa Catarina (2021).

Grãos bem armazenados e secos a ar frio, com baixo índice de impurezas, produzem menos micotoxinas, que melhoram também a alimentação de animais, diminuindo o uso de sequestrantes de micotoxinas nas rações e utilizando as impurezas moídas para fabricação de ração animal no momento da pré-limpeza. Para o milho, considera-se impureza um grão que possua menos da metade do tamanho de um grão inteiro.

Quando não se realiza a pré-limpeza, a impureza é armazenada no silo em conjunto com os grãos inteiros. A casca do grão praticamente não reage com a umidade e com o oxigênio contido no ar ambiente. O interior do grão, por sua vez, é altamente reativo com a umidade e com o oxigênio contido no ar ambiente, além de que várias pragas atacam preferivelmente grãos

partidos. A Figura 35 apresenta grãos que foram armazenados em um silo secador armazenador de alvenaria. Pode-se perceber a importância da pré-limpeza para retirada das impurezas, pois os grãos inteiros não possuem indícios de fungos (micotoxinas) que, por sua vez, alteram a qualidade do grão.

Figura 35 – À direita, grãos de milho considerados como impureza



Fonte: Empresa De Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural De Santa Catarina (2021).

Com referência ao expurgo, torna-se mais fácil e possivelmente mais eficiente realizá-lo nos silos de alvenaria armada, utilizando lona de expurgo para cobrir a parte superior exposta e o ventilador, do que nos silos metálicos das indústrias de arroz devido à maior hermeticidade do sistema e, conseqüentemente, maior concentração de fosfina.

Grãos de milho são mais facilmente atacados por pragas, como gorgulho, do que grãos de arroz. Porém, segundo EP, ainda não foi relatado algum problema quanto a pragas nos silos de alvenaria armada.

Os resultados de secagem alcançados pelo silo secador armazenador de alvenaria armada na unidade CETRAR foram de 13,5% de umidade para grãos de arroz para sementes. Na região oeste do estado catarinense os resultados foram ainda melhores devido às condições de ar “mais seco” daquele local do que em Araranguá, litoral sul catarinense.

A Tabela 19 apresenta os silos de alvenaria armada e sua respectiva situação nas cidades das regiões AMESC e AMREC.

Tabela 19 – Silos de alvenaria armada no sul catarinense.

| Município | Qtde | Capacidade total | Grão | Ano | Situação |
|------------------|-------------|-------------------------|-----------------|------------|---------------------|
| Turvo | 1 | 400 | Milho | 2020 | Operante |
| Timbé do sul | 1 | 400 | Milho | 2020 | Operante |
| Nova Veneza | 1 | 600 | Milho | 2020 | Operante |
| Araranguá | 1 | 420 | Arroz (semente) | 2020 | Operante |
| Urussanga | 1 | 330 | Milho | 2020 | Operante |
| Treviso | 1 | 1164 | Milho | 2021 | Em construção |
| Jacinto Machado | 1 | 1500 | Arroz | 2020 | Projetando |
| Meleiro | 1 | 2000 | Arroz | 2020 | Projetando |
| Içara | 1 | 1500 | Milho | 2020 | Desistiu |
| Nova Veneza | 1 | 314 | Milho | 2021 | Operante |
| Urussanga | 1 | 986 | Milho | 2021 | Operante |
| Jaguaruna | 1 | 478 | Milho | 2021 | Operante |
| Criciúma | 1 | 480 | Milho | 2021 | Aguardando execução |
| Pedras Grandes | 1 | 1164 | Milho | 2021 | Em construção |
| Siderópolis | 1 | 701 | Milho | 2021 | Em construção |

Fonte: Empresa De Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural De Santa Catarina (2021).

4.2.2 Coleta de dados em uma pequena propriedade rural

O proprietário de um silo de alvenaria armada com capacidade para 600 sacos em Nova Veneza, titulado de AG, foi alvo de uma entrevista, que pode ser conferida no Apêndice B, no dia 29/12/2021. Ele cultiva milho em 10 hectares próprios e é arrendatário de outros 15 hectares, também de milho.

O plantio do cultivar inicia no mês de agosto e a cada quinze dias o produtor planta 4-5 hectares, a fim de obter tempo hábil de colher certa quantidade compatível com a capacidade de seu silo próprio e secá-lo adequadamente com o objetivo de vendê-lo antes que os próximos 4-5 hectares estejam prontos para colheita e o ciclo se repita. Nesse sistema, o período de colheita inicia no final de janeiro e termina em abril.

AG construiu o silo de alvenaria armada em 2019 com a ajuda de um financiamento sem juros de R\$20.000,00 e cinco anos para pagar. Todavia, com a pandemia causada de COVID-19, o motor de 1,5 CV a ser utilizado como ventilador não estava disponível para compra. Somente em 2020, quando também a equipe da Cooperativa Pioneira de Eletrificação (COOPERA) instalou a rede trifásica no local, o motor foi finalmente instalado. Desde então,

o produtor já secou três bateladas de 600 sacos de milho, totalizando 1800 sacos e diz que o investimento “já se pagou”.

Ao ser questionado quanto aos custos de operação, AG comentou que não ultrapassam 10% do valor total da produção. Quanto ao aumento no valor da conta de energia elétrica, enquadrada no subgrupo tarifário B2 da COOPERA, disse que corresponde ao preço de dois sacos de milho, aproximadamente R\$180,00 por mês na época da secagem. Após esse período realiza somente aeração corretiva. AG também explica que se fizesse a pré-limpeza, o tempo de secagem diminuiria 5 dias, passando de 15 para 10 dias de aeração durante 24 horas por dia, fato que reduziria o valor da conta de energia elétrica.

AG relatou ainda que “99,9% das pessoas me diziam que ia dar errado, me colocavam para baixo. Mas ao visitar o silo no CETRAR e conversar com o extensionista da EPAGRI percebi que era necessário evoluir. Eu estava cansado de levar meu milho para os outros e perder 25%”. AG também complementa, “se eu trabalhasse com arroz, com certeza eu colocaria o silo para retirar a umidade em casa. Quando o produto está com a gente, eles [a indústria] pagam R\$5,00 mais caro [por saco] e ainda pagam o frete”.

Antes de implantar o silo de alvenaria armada na propriedade, AG comercializava diretamente com a indústria e perdia 25% da produção com descontos de umidade, impurezas, frete, etc. Tendo em vista que os gastos operacionais envolvendo o silo secador armazenador giram em torno de 10%, o produtor ganha 15% a mais do que se comercializasse diretamente com a indústria. Além disso, AG começou a ser procurado por proprietários de atafonas devido à qualidade de seu grão e ausência de odor de fumaça, recebendo propostas de até R\$5,00 a mais no valor do saco de milho.

Ao fim, AG relatou dificuldades para retirar o produto agrícola de dentro do silo: “quando o milho chega na metade, alguém tem que entrar lá dentro [do silo] e puxar pra fora”, disse ainda que estava pensando em fazer alguma alteração na parte de descarga, porém, ainda não havia recebido o aval da EPAGRI para a realização das mudanças.

4.2.3 Coleta de dados na transportadora de grãos

Na terceira entrevista realizada dia 06/12/2021, conforme questões do Apêndice D, a TG informa que opera com dois caminhões, totalizando 790 sacos de capacidade, e os grãos transportados com maior frequência são de arroz e milho. Alguns produtores de milho, segundo TG, procuram o serviço de frete para buscar seu produto armazenado nos engenhos ou cooperativas e levá-los novamente à propriedade de origem.

Por sua vez, a procura pelo frete nas regiões que a TG atende, AMESC e AMREC, aumenta entre os meses de fevereiro e abril. O valor do frete é tabelado de acordo com a distância, sendo custeado pelo engenho no caso do arroz e no caso do milho pago pelo produtor. Em geral, o valor cobrado é de R\$1,30 por saco transportado.

Ao ser questionado sobre acidentes durante o transporte, a TG afirma ter ocorrido um acidente em que 370 sacos de arroz tiveram de ser recolhidos após o caminhão cair em um valo e tombar. Na ocasião, aproximadamente dois sacos de arroz foram perdidos e a transportadora pagou o valor correspondente ao produtor.

Por fim, a TG relatou fazer 4 fretes por dia durante a safra, com duração de 3 horas por frete: duas horas de deslocamento e uma hora de permanência nos engenhos ou cooperativas, totalizando 12 horas de funcionamento dos caminhões. O preço do diesel, combustível utilizado pelos caminhões, é de R\$5,05 por litro, conforme relatado pela TG no dia da entrevista.

Sabendo que o entrevistado TG também é agricultor e produtor de milho e arroz, a pesquisadora perguntou a opinião dele sobre o silo secador armazenador. Como resposta, o agricultor disse que se tivesse recurso suficiente iria construir e operar o silo para que tivesse como barganhar os preços com o arroz e o milho na propriedade.

4.2.4 Coleta de dados na indústria de arroz

Na data 06/12/2021 foi realizada a entrevista também com IA, conforme Apêndice C, na qual foi mapeado todo o processo dentro da agroindústria de arroz, dividido nas operações por etapa apresentadas no Quadro 3. Cada operação tem suas características e o objetivo em comum de preparar o arroz para o armazenamento e/ou industrialização.

Quadro 3 – Fluxograma operacional de uma indústria de arroz

| Operação | Fluxograma |
|---------------------------------|--|
| Pré-Armazenamento | Recepção → Moega → Pré-limpeza (peneira) |
| Armazenamento | Carregamento → Secagem → Aeração Corretiva + Expurgo |
| Industrialização (Integral) | Limpeza → Encharcamento → Gelatinização → Secagem → Seleção por Integridade e por Defeitos → Tipificação → Embalagem |
| Industrialização (Parboilizado) | Limpeza → Encharcamento → Gelatinização → Secagem → Descascamento → Polimento → Seleção por Integridade e por Defeitos → Tipificação → Embalagem |

Fonte: Da autora (2022).

A unidade visitada em Meleiro/SC produz arroz integral e parboilizado, enquanto a unidade de Osório/RS produz arroz do tipo branco devido às variedades mais adequadas a este tipo serem plantadas no Rio Grande do Sul, portanto, não foi incluída neste estudo.

Ao chegar na indústria, o arroz é submetido a análises de determinação de umidade e impureza presentes na carga, além da coleta de informações sobre variedade e rendimento. Após, o caminhão é direcionado até a plataforma tombadora e descarrega os grãos na moega que, através de uma transportadora helicoidal, encaminha os grãos até a pré-limpeza, operação realizada por meio de peneiras.

Depois da pré-limpeza, os grãos são encaminhados até o silo secador, o qual, como o próprio nome diz, armazena os grãos enquanto ventiladores insuflam ar natural ou frio por debaixo da massa de grãos a fim de manter temperatura e umidade adequadas ao armazenamento. Normalmente os ventiladores ficam ligados de fevereiro até maio durante o dia inteiro, desligando apenas durante o horário de pico de energia elétrica, entre 18:30 e 21:30.

Havendo aquecimento da massa de grãos, conforme as indicações da termometria, o sistema de aeração deve ser ligado até reduzir e uniformizar a temperatura em todo o silo. Ademais, para auxiliar a IA com o gerenciamento de energia, a empresa conta com um *software* que controla a demanda usada com o objetivo de não ultrapassar a demanda contratada pela IA.

Durante as noites geladas de inverno, a IA realiza aeração corretiva para que a temperatura fria do ar insuflado auxilie na manutenção da temperatura da massa de grãos, colaborando para a retirada de umidade bem como no controle de insetos. Esses últimos, juntamente com possíveis pragas como o gorgulho, podem ser controlados também por meio do emprego de fosfina (6 g/m^3). Todavia, a não hermeticidade dos silos metálicos resulta na ineficiência do expurgo com fosfina, tendo que ser utilizado outro método como a fumigação.

É importante salientar a realização da limpeza dos silos, que ocorre uma vez por ano, na qual acontece o jateamento total da estrutura e a aplicação de óleo mineral com inseticida apenas no lado interno do silo a fim de controlar a criação de insetos no local de armazenamento.

Na operação de industrialização o arroz é primeiramente limpo, após segue para o encharcamento, tratamento térmico realizado em altas temperaturas, a fim de hidratar o grão de arroz ainda com casca para que uma parte das vitaminas e dos sais minerais presentes no pericarpo penetre no grão ao absorver a água. Na gelatinização, o grão ainda úmido é exposto a uma temperatura bastante elevada, sofrendo uma compactação e as vitaminas e minerais que haviam penetrado no grão são realmente fixados nele. Por fim, o arroz passa pela secagem e descascamento. O polimento ocorre apenas no caso do arroz parboilizado.

A última etapa para ambos os tipos é a de seleção em seletoras pneumáticas, tipificação e embalagem. Ademais, todos os resíduos do processo são reaproveitados, pois os grãos removidos são comercializados como arroz para cães; já a casca de arroz é moída na unidade e usada na produção de ração animal.

Ao ser indagado sobre o silo secador armazenador, o entrevistado respondeu negativamente quanto ao sucesso do projeto devido à possível falta de preparo do agricultor para lidar com as adversidades causadas por insetos e pragas, podendo causar a perda total da produção. Ademais, lembrou a pesquisadora dos controles de processo empregados na secagem e armazenagem na indústria de arroz e comparou com os controles de processo empregados no silo secador atualmente na propriedade rural, que são totalmente empíricos.

4.3 ANÁLISE DE DADOS E COMPARAÇÃO DA OPERAÇÃO DE SILOS SECADORES E ARMAZENADORES DE GRÃOS INSTALADOS NO SUL CATARINENSE

As entrevistas individuais e presenciais possibilitaram o alcance de diferentes impressões e percepções no que tange à implantação do silo secador armazenador destinado aos pequenos agricultores em detrimento à venda do produto agrícola úmido ou à armazenagem em terceiros.

Os dados das entrevistas ou *corpus* de análise foram coletados de maneira que cada entrevistado expressasse livremente seu ponto de vista sobre o tema analisado. As informações capturadas durante as entrevistas foram analisadas e categorizadas de forma a organizar, separar, unir, classificar e validar as respostas encontradas pelo instrumento de coleta de dados, conforme instruído por Bardin (1977).

A priori, cogitou-se a inferioridade da qualidade dos grãos, maiores despesas e a ineficiência energética condicionada à secagem e ao armazenamento fora da propriedade rural em que os grãos foram cultivados em comparação aos grãos que passaram pelo processo de secagem e armazenamento em silos na mesma propriedade em que foram produzidos.

A construção progressiva das categorias de análise, resultado do diagnóstico das entrevistas, resultou nos seguintes indicadores: a) conservação da qualidade do produto; b) diminuição da perda quantitativa; c) redução de custos para o produtor; d) aumento da competitividade, tendo como referências as opções de terceirizar o processo de secagem/armazenamento ou a comercialização dos grãos úmidos em contraponto à implantação dos silos secadores e armazenadores nas pequenas propriedades rurais do sul catarinense.

4.3.1 Quanto à conservação da qualidade do produto

Pode-se citar como características do armazenamento em um silo secador armazenador em detrimento à terceirização da secagem e do armazenamento fora da propriedade rural:

- Martins e colaboradores (2013) observaram que quanto maiores forem os depósitos dos grãos, menor tende a ser a qualidade apresentada pelos produtos neles estocados. No caso do arroz, a armazenagem concomitante à secagem de diferentes lotes de produção e conseqüentemente diferentes teores de umidade no mesmo silo metálico resulta em obstáculos para a eficiência da aeração, conforme entrevista com IA, facilitando a formação de correntes de convecção dentro do ambiente interno como consequência da diferença de temperatura provocada pelo metabolismo dos grãos e assim, causar a deterioração de toda a massa armazenada;
- Nos silos metálicos, local de armazenamento nas indústrias de arroz, ocorre a convecção também devido a diferença de temperatura da massa de grãos provocada pela mudança na temperatura do ambiente externo, tendo em vista que o metal é um bom condutor de calor, diferentemente do material usado nos silos de alvenaria armada. No caso do material metálico, ao aumentar a temperatura externa, o calor passa facilmente para a massa de grãos localizada próxima à estrutura metálica mesmo. Nesse caso, a convecção irá se formar ascendendo pela parte externa e retornando como corrente de ar úmido pelo centro da massa de grãos, provocando sua deterioração;
- Conforme lembra Martins e colaboradores (2013), o uso de ar natural na secagem de grãos preserva a qualidade dos produtos colhidos. De acordo com AG, os grãos de milho armazenados no silo de alvenaria armada e secos por meio de ar natural apresentaram maior procura por proprietários de atafonas, devido ao maior rendimento por saco na produção de farinha de milho e um produto final mais saboroso, sem os odores típicos da secagem envolvendo fornalhas, bem como ausência de HPAs, aromáticos com características carcinogênicas presentes na combustão incompleta consequente da secagem por fornalhas. Dessa forma, o preço do produto agrícola armazenado e seco no silo de alvenaria armada tende a aumentar devido a conservação da qualidade do produto, trazendo ganhos ao produtor rural;

- Mohapatra e colaboradores (2017) lembra que a boa conservação dos grãos garante a manutenção das características como sabor, odor, valor nutricional, metabólitos, parâmetros fisiológicos (germinação e vigor). Dito isso, entende-se o melhor desempenho das criações na produção leiteira após consumir ração derivada dos grãos de milho armazenados na propriedade por meio do silo de alvenaria armada, conforme mencionou EP, devido também ao uso de ar natural na secagem.
- Ainda para o caso do milho, TG descreveu a solicitação de frete para levar os grãos até as cooperativas de armazenamento e secagem como também o retorno do produto agrícola até a propriedade de origem. Todavia, o produto que retorna nunca é o mesmo do produzido inicialmente, podendo conter micotoxinas ou excesso de grãos trincados e quebrados, diminuindo a conservação do produto;
- Lima Júnior e colaboradores (2012) lembraram que 15% das perdas dos grãos são causadas por fatores como pragas, baixa qualidade dos grãos ou pelas instalações físicas das unidades armazenadoras que muitas vezes estão em péssima qualidade. Quando o produtor tem a unidade de armazenamento e secagem na propriedade ele mesmo detém o controle do processo, com devido treinamento, para a conservação de sua produção até a comercialização.

Segundo Martins e colaboradores (2013), todo o silo secador é, potencialmente, um controlador de insetos dos grãos armazenados de alta eficiência tendo em vista que os silos metálicos empregados na indústria apresentam diversas aberturas entre as chapas, local onde insetos costumam procurar para procriar por ser mais escuro, quente e úmido. Ainda assim é interessante oferecer a técnica do expurgo aos agricultores que tenham um silo secador de alvenaria em sua propriedade. Para tanto, a EP deve acompanhar a eficiência dessa ação, verificar se o agricultor está realizando a forma de vedação correta e se os resultados esperados estão sendo alcançados.

O entrevistado AG comentou que não realizou a pré-limpeza antes do armazenamento. É importante salientar que os grãos podem ser armazenados sem pré-limpeza, entretanto, por menor período e assumindo-se possível perda de qualidade devido ao desenvolvimento de fungos nos grãos quebrados, além de que excesso de grãos quebrados diminui o volume de ar dos ventiladores pelo aumento da pressão estática, e cria caminhos preferenciais na massa de grãos, criando pontos de maior temperatura e, portanto, de deterioração, conforme lembra Martins e colaboradores (2013).

A alvenaria empregada na construção dos silos pode ser alvo de umidade ascendente ou ainda nas laterais devido à verticalidade da chuva nos temporais com presença de vento. Para tanto, duas soluções comerciais atualmente disponíveis poderão ser empregadas na construção dos silos de alvenaria armada: a utilização do produto *Ultraprotec Blocker* no contrapiso e borracha *Thermo Protec* pelo lado externo das paredes.

O *Ultraprotec Blocker* é um impermeabilizante indicado para bloquear pressões negativas por umidade ascendente e promover ancoragem em superfícies com alto índice de umidade. Já a borracha *Thermo Protec* é uma borracha líquida especialmente concebida para impermeabilização sem contaminar os grãos e ainda atua como isolante térmico devido à alta refletividade e emissividade, comprovadas por laudo técnico.

Diversos tipos de micotoxinas produzidas a partir do metabolismo de fungos em grãos armazenados deteriorados não conseguem ser totalmente eliminadas na agroindústria e podem, assim, contaminar os seres humanos que consumirem esses alimentos (CONAB, 2021). Sendo assim, é interessante que a EPAGRI/SC conscientize os agricultores a adquirirem a máquina de pré-limpeza ou ainda que a empresa tenha uma máquina que possa emprestar ou alugar aos agricultores para que esses realizem essa ação tão importante no momento do armazenamento.

IA lembrou que o armazenamento em silos ou em armazéns dotados de adequado sistema de termometria, aeração e/ou outros recursos para manutenção de qualidade dos grãos, são as formas mais empregadas. Para garantir a boa conservação dos grãos. Portanto, faz-se necessário adequar esses sistemas para serem empregados também por médios e pequenos produtores nos silos secadores armazenadores.

4.3.2 Quanto à diminuição da perda quantitativa

Pode-se citar como características da armazenagem em um silo secador armazenador em detrimento à terceirização da secagem e ao armazenamento fora da propriedade rural:

- Evita perdas econômicas devido ao transporte dos grãos ainda verdes, ou seja, com teor de umidade e impurezas elevadas. Ao serem processados pela unidade de armazenamento e secagem na propriedade, o agricultor irá transportar apenas os grãos mesmo no momento da comercialização. Ademais, segundo AG, quando o grão se encontra armazenado na propriedade, as indústrias que o compram costumam arcar com os custos do frete;

- Considerando a baixa eficiência dos veículos utilizados na movimentação dos grãos entre a unidade produtora e a unidade armazenadora, verificou-se a maior taxa de consumo de combustível e, portanto, maior dependência energética, causando perdas ambientais. Há também a diminuição da perda do grão por km rodado, pois em alguns casos as péssimas condições das estradas, a pressa para descarregar, a longa distância do armazém ou ainda a ocorrência de acidentes, conforme contou TG, ocasionam perda de grãos pela estrada;
- O preço do frete costuma ser menor no período entressafra, beneficiando os agricultores proprietários de silos secadores armazenadores na propriedade devido a possibilidade de escolher o melhor momento para movimentação de sua produção, bem como a escolha do melhor momento para venda de sua produção para quando os preços estão mais atrativos;
- Ao processar na propriedade, o agricultor aproveita os grãos rejeitados na pré-limpeza para alimentação animal. Ademais, em um silo industrial, o agricultor paga taxas de armazenamento, o que acelera sua decisão em retirar o produto;
- Deve-se considerar também o volume elevado de produtos agrícolas recebidos para processamento nas indústrias no período de safra, conforme mencionou IA. Existem casos, segundo a Conab (2021), de perdas qualitativas e quantitativas devido à amostragem fora dos padrões recomendados pelo MAPA nas cargas recebidas, com conseqüente elevação dos descontos para produtores.

Por fim, conforme observado por Maia e colaboradores (2013), os custos pós-colheita têm aumentado nos últimos anos. Desde 2010, os custos dos processos de armazenamento registraram crescimento e os itens que mais contribuíram para isso foram recebimento/limpeza/secagem e o armazenamento propriamente dito.

4.3.3 Quanto à redução de custos para o produtor

Pode-se citar como características do armazenamento em um silo secador armazenador em detrimento à terceirização da secagem e do armazenamento fora da propriedade rural:

- A redução de custos dessas operações;
- A minimização de perdas;

- A economia no transporte;
- A melhoria na gestão da propriedade.

A etapa que merece especial atenção a fim de garantir a redução de custos para o produtor rural é a secagem. O monitoramento em tempo real do processo, averiguando as propriedades psicrométricas do ar de secagem, emitindo avisos através de aparelho celular e permitindo o controle remoto do acionamento e desligamento do ventilador é a chave para que este sistema se dissemine no sul catarinense. No entanto, um treinamento específico de acordo com o grão armazenado deve ser feito com o agricultor proprietário do silo secador armazenador, a fim de que ele e a EPAGRI entrem em sinergia para o sucesso do projeto.

Atualmente, a inspeção da secagem é feita apenas de modo sensorial, de modo que o agricultor mantém o ventilador em funcionamento até o momento da chegada de um nevoeiro que pode ocorrer durante a madrugada quando, por exemplo, o produtor está dormindo. Neste caso, é evidente que melhorar o nível de automação do sistema de monitoramento é a chave para garantir a segurança do armazenamento de grãos, além de tornar a secagem mais eficiente e uniforme, economizando energia, reduzindo custos e atendendo as necessidades do usuário

No modelo atual de silo secador e armazenador de grãos, o ventilador é ligado e desligado manualmente pelo operador, o que impacta nos custos com energia elétrica já que nem sempre a secagem está adequada às condições ambientais favoráveis ao funcionamento do sistema, sendo essencial a automatização e controle deste processo. Além disso, o produtor rural pode adicionar em seu projeto de financiamento o uso de energia solar fotovoltaica a fim de diminuir os custos com a secagem, visto que o período de secagem se dá durante o verão, estação com maior incidência de radiação solar e, conseqüentemente, maior eficiência do sistema.

4.3.4 Quanto ao aumento da competitividade

Pode-se citar como características do armazenamento em um silo secador armazenador em detrimento à terceirização da secagem e do armazenamento fora da propriedade rural:

- Servindo-se de infraestrutura, o produtor rural pode programar sua colheita na época mais adequada, técnica e comercialmente;

- Os custos de produção diminuem, evitando-se o pagamento de transporte no pico da safra, oportunizando ao agricultor a obtenção de maiores lucros vendendo seu produto por melhor preço;
- O aproveitamento dos resíduos das operações de pré-limpeza e limpeza dos grãos, na alimentação animal, se tratados adequadamente, pode agregar valor ao complexo produtivo, além da possibilidade de renda na prestação de serviços de armazenagem e beneficiamento para produção de terceiros.

EP confirmou que a região sul catarinense apresenta o maior superávit de armazenagem do estado em função das indústrias de beneficiamento de arroz instaladas na região, que têm capacidade de armazenagem superior à produção de grãos. Esse é o principal fator para que os produtores de arroz não tenham interesse em instalar um silo em sua propriedade. Ademais, o silo de alvenaria se torna um concorrente às indústrias de arroz que perderiam a soberania na determinação dos preços do grão, já que eles detêm todo o grão colhido pelos agricultores.

Essas perdas devido ao desconto na hora da secagem e do armazenamento terceirizados acarretam redução de lucro líquido para os produtores rurais. Apesar disso, Elias e colaboradores (2017) esclareceram que os produtores costumam aplicar seus recursos na etapa de produção, deixando de lado a de pós-colheita. Neste caso, por não possuírem adequadas estruturas de limpeza/seleção, secagem e armazenamento, os agricultores acabam vendendo sua produção na safra, quando a oferta de produtos é grande e os preços historicamente são menores.

Dessa forma, não limpando, secando e nem selecionando os grãos, a comercialização dos grãos ocorre no momento em que estão com menor valor agregado, e por não terem receitas suficientes, o agricultor não investe em estruturas de pós-colheita na propriedade rural, criando um círculo vicioso. Com isso, grande parte do que poderia ser o lucro da atividade acaba indo para os intermediários, que então dominam o mercado, ditando os preços de compra e de venda.

Na prática, a perspectiva de sucesso do projeto pelo ponto de vista da IA foi extremamente baixa. No entanto, quando a pesquisadora confrontou TG, que além de transportar grãos próprios e de terceiros também é produtor de milho e arroz, e AG sobre a viabilidade do projeto, pode-se perceber a grande possibilidade de transfundir o armazenamento das mãos da indústria, que domina os preços do mercado, para o próprio produtor. Adicionalmente, apesar dos obstáculos iniciais do projeto, com o sistema de monitoramento de

secagem, as oportunidades de ganho dos produtores com a conservação dos próprios produtos agrícolas na propriedade deixou TG com muita expectativa e AG extremamente satisfeito com os resultados, pois segundo este último, deixou de perder 15% de sua produção de milho, demonstrando assim a importância do serviço da EPAGRI para disseminação de novas tecnologias sustentáveis para os produtores rurais do estado catarinense.

4.4 ANÁLISE FOFA

Por meio da matriz de Forças, Oportunidades, Fraquezas e Ameaças (FOFA), ferramenta de diagnóstico e de formulação de estratégias, foi possível entender quais as maneiras de se obter maior eficiência nos processos para o caso do silo secador armazenador de alvenaria armada e, conseqüentemente, desenvolver metodologias que garantam a sustentabilidade dos negócios agrícolas e do meio ambiente. Como resultado, a ferramenta diagnosticou variáveis controláveis e não controláveis que auxiliam positivamente ou negativamente a implantação desse sistema em pequenas propriedades rurais no sul catarinense, conforme Quadro 4.

Quadro 4 – Análise FOFA

| | Forças | Fraquezas |
|-------------------------|--|--|
| Ambiente interno | <ol style="list-style-type: none"> 1) Tecnologia fácil, barata, e segura estruturalmente; 2) Melhor qualidade e maior procura pelo grão seco na ausência de fumaça e melhores preços aos grãos secos com ventilação forçada a ar natural; 3) Soberania do produtor rural na decisão sobre a área a ser plantada, momento apropriado da colheita e comercialização no momento oportuno, como na entressafra; 4) Preço disponível pela verdadeira produção, com valor agregado aos produtos pelas operações de beneficiamento (pré-limpeza e secagem) na propriedade; 5) Oportunidade de renda na prestação de serviços de secagem e armazenamento ou compra da produção de terceiros; 6) Redução de custos, minimizando perdas, economizando no transporte e melhorando a gestão da propriedade; 7) Comercialização de produtos residuais destinados à ração e renda adicional com isso. | <ol style="list-style-type: none"> 1) Risco de perda da produção no caso de o agricultor não realizar adequadamente pré-limpeza, bem como técnicas de expurgo e aeração corretiva; 2) Ausência ou baixa oferta de tecnologia de automação e controle das condições de armazenamento e secagem (temperatura, umidade relativa, medidor de concentração de CO₂, etc.); 3) Uso da energia elétrica 24 horas por dia, inclusive nos horários de pico, quando o preço está maior; |
| | Oportunidades | Ameaças |
| Ambiente externo | <ol style="list-style-type: none"> 1) A busca pelo aumento da produtividade agrícola para atender à crescente demanda por alimentos e garantir a segurança alimentar por meio do aumento da capacidade instalada nas propriedades rurais; 2) Pauta sobre desperdício de alimentos presente nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Organização das Nações Unidas (ONU), visando reduzir as perdas de alimentos ao longo das cadeias de produção e abastecimento, incluindo as perdas pós-colheita; 3) Destinação de R\$4,12 bilhões para o PCA com taxa de juros prefixada de 5,5% ao ano. | <ol style="list-style-type: none"> 1) Indústria de arroz desestimula o produtor a armazenar na propriedade; 2) Baixa oferta ou ausência de tecnologia de automação e controle comparativamente à empregada no armazenamento industrial; 3) No caso do arroz, insegurança do produtor agrícola até que o primeiro indivíduo implante a tecnologia e possa dar seu “testemunho positivo”; 4) Não há garantias de preços melhores na entressafra. |

Fonte: Da autora (2022).

5 CONCLUSÃO

A pesquisa foi desenvolvida com o intuito de mapear e avaliar comparativamente os diferentes tipos de silos secadores e armazenadores de grãos instalados na região sul catarinense, especificamente nas regiões da AMESC e AMREC, a fim de verificar oportunidades de otimização para o armazenamento e condicionamento de grãos.

A população que compõe a AMESC se aproxima de 200 mil pessoas e 30% dela vive em ambiente rural. Por outro lado, o número de pessoas que habita a região da AMREC ultrapassa 430 mil, e 11% vive em áreas rurais. Em ambos os casos, os cultivos de maiores produções de grãos são o milho e o arroz.

Sob o ponto de vista da literatura, cogitou-se a inferioridade da qualidade dos grãos, as maiores despesas e a ineficiência energética condicionada à secagem e ao armazenamento fora da propriedade rural em que os grãos foram cultivados em comparação aos grãos que passaram pelo processo de secagem e armazenamento em silos na mesma propriedade em que foram produzidos.

Como esperado, o silo de alvenaria armada é a opção de secagem e armazenamento que mais se aproxima da realidade econômica dos proprietários de pequenas propriedades, valendo-se inclusive de programas de incentivo governamental; além de ser passível de adaptação tecnológica, podendo-se compará-lo com as técnicas de conservação que a indústria utiliza.

Entretanto, deve-se implantar a automação e o controle no sistema estudado, abordando principalmente a secagem e as técnicas de armazenamento seguro para grãos de milho e arroz. Em ambos os casos, o treinamento dos produtores rurais é imprescindível para adequado manejo do silo de alvenaria armada a fim de garantir a estocagem das safras com qualidade e também de modo eficiente energeticamente. Para esse último quesito, sugere-se o incremento de um sistema fotovoltaico no projeto do silo de alvenaria armada com o objetivo de reduzir o custo da secagem para o produtor rural, que poderá usufruir do sistema para gerar energia para sua residência familiar também.

No que tange às regiões de estudo, a EPAGRI relatou a operação de sete silos de alvenaria armada e a construção de três silos para estocagem de milho, demonstrando ser uma tecnologia bem aceita pelos agricultores. Para o caso do arroz, apenas um silo está em operação, o próprio silo modelo do CETRAR/EPAGRI, e três encontram-se em construção. Esse fato decorre do superávit de armazenamento na região sul catarinense provido pelas indústrias de arroz localizadas na região.

Como resultado da análise comparativa dos resultados das entrevistas com os dados da literatura sobre a conservação dos grãos armazenados, verificou-se que quanto maior o depósito de grãos, menor tende a ser a qualidade apresentada pelo produto estocado, especialmente no caso do milho, tendo em vista que a secagem com ar natural usada pelo silo de alvenaria preserva as características do grão, diferentemente dos métodos empregados para a secagem do milho em escala industrial.

De modo geral, a competitividade do silo secador de alvenaria armada em comparação ao armazenamento em terceiros é bem aceita para os produtores de milho. No caso do arroz, faz-se ainda mais necessário incrementar tecnologias na arquitetura do silo de alvenaria armada a fim de prover a mesma segurança que os rizicultores têm ao estocarem suas safras na indústria, e orientar os produtores sobre as perdas que deixariam de ter no transporte e na comercialização do produto verde e sujo, agregando valor durante o armazenamento e trazendo poder de barganha para comercialização da produção na entressafra quando, historicamente, o valor do frete diminui e o valor do produto agrícola aumenta.

Para ambos os casos, deve-se aperfeiçoar o processo de secagem utilizando controles adequados, orientando os produtores rurais a realizarem a pré-limpeza dos grãos, bem como acompanhando a eficiência do expurgo com o objetivo de assegurar uma safra de qualidade para os agricultores, diminuindo perdas quantitativas – auferindo renda extra na secagem para terceiros, uso das impurezas do milho na ração animal, diminuição de emissão de CO₂ por uso otimizado do transporte, poder de barganha para comercialização na entressafra – e qualitativas – vigor, poder de germinação da semente, manutenção das características do grão, resultando em um produto final mais saboroso – e ainda, contribuindo para a segurança alimentar.

5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Automação e monitoramento remoto dos silos secadores armazenadores nas propriedades rurais, garantindo secagem eficiente;
- Estudo da viabilidade econômica da implantação de um sistema fotovoltaico para secagem de grãos e bombeamento de água para rizicultores;
- Estudo da sazonalidade do preço dos grãos de arroz e milho no sul catarinense e abordagem detalhada das tabelas de descontos aplicadas pela indústria para cada grão visando abordar os benefícios econômicos da comercialização na entressafra com o uso do silo secador armazenador pelo produtor rural.

REFERÊNCIAS

- AMESC. **A História da Região**. 2020. Disponível em: <https://www.amesc.com.br/cms/pagina/ver/codMapaItem/71130>. Acesso em: 26 nov. 2021.
- AMREC. **Associação dos Municípios da Região Carbonífera**. Disponível em: <https://www.amrec.com.br/>. Acesso em: 29 nov. 2021.
- AZEVEDO, Loianne Faria et al. **A capacidade estática de armazenamento de grãos no Brasil**, Rio de Janeiro, outubro de 2008. Disponível em: <http://abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_TN_STP_069_492_11589.pdf>. Acesso em 05 de fev. 2022.
- Associação Rio-Grandense de Empreendimentos de Assistência Técnica e Extensão Rural. **Elaborar Projetos de Silos Secadores**. Disponível em: <https://www.rs.gov.br/carta-de-servicos/servicos?servico=1179>. Acesso em: 24 jan. 2022.
- ANTON, André Antônio. **EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA AERAÇÃO DE ARMAZENADORES DE GRÃOS UTILIZANDO LÓGICA FUZZY**. 2016. 63 f. TCC (Graduação) - Curso de Curso de Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Pampa, Alegrete, 2016.
- ANTUNES, Arlindo Modesto *et al.* **Desenvolvimento de um Sistema de Aeração Automatizado para Armazenamento de Grãos**. 2016. 1 v. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, 2016.
- BOCCA, Lucas Scatulin. **Auxílio multicritério à decisão aplicado à implantação de sistema de armazenamento de grãos na propriedade rural**. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2012.
- BARDIN L. **L'Analyse de contenu**. Editora: Presses Universitaires de France, 1977.
- BESEN, Camila de Oliveira. **DIAGNÓSTICO ORGANIZACIONAL: UMA ANÁLISE EM UMA EMPRESA ATACADISTA DE MATERIAIS DE ESCRITÓRIO E SUPRIMENTOS DE INFORMÁTICA**. 2018. 97 f. TCC (Graduação) - Curso de Administração, Departamento de Ciências da Administração, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.
- BNDES. **PCA - Programa para Construção e Ampliação de Armazéns**. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/produto/pca>. Acesso em: 23 dez. 2021.
- BARIBUTSA, D.; NJOROGI, A.W.. The use and profitability of hermetic technologies for grain storage among smallholder farmers in eastern Kenya. *Journal Of Stored Products Research*, [S.L.], v. 87, p. 101618, maio 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jspr.2020.101618>
- CEREAIS CÉLIA. **História**. Disponível em: <https://cereaiscelia.com.br/historia/#boxzilla-830>. Acesso em: 02 dez. 2021.

Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB): Acompanhamento da safra brasileira de grãos. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras>, fevereiro 2021. Acessado em 01/04/2021

COIMBRA, L. B.; PARRÉ, J. L.; DALPASQUALE, V. A. **Análise Espacial da Capacidade Estática de Armazenagem no Estado do Paraná**. Anais. IV Encontro de Economia Paranaense - ECOPAR: PR, 2006.

CAMPOS, T. B. **A importância do instituto biológico no desenvolvimento dos estudos sobre pragas de grãos e produtos armazenados**. Instituto Biológico, Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Sanidade Vegetal. São Paulo, p.85-86, 2008.

COSTA, Ricardo Coelho Da; TOSTA, Edmar José. **Armazenagem: diagnóstico e perspectivas**. Revista de Política Agrícola, 4(3), 18-27, 1995.

CEPEA. PIB DO AGRONEGÓCIO BRASILEIRO. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx>. Acesso em: 17 dez. 2021.

CONAB. Acompanhamento da Safra Brasileira. 2019. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras>. Acesso em: 16 dez. 2021.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos, Brasília, DF, v. 8, safra 2020/21, n. 12 décimo segundo levantamento, setembro. 2021.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Perdas em transporte e armazenagem de grãos: panorama atual e perspectivas. Brasília, DF: Conab, 2021. 197 p. Organizadores: MACHADO JÚNIOR, Paulo Cláudio; REIS NETO, Stelito Assis dos.

CONAB. Boletim Logístico: Índice de armazenamento de fazenda permanece próximo a 14%. 2021. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/4026-boletim-logistico-indice-de-armazenamento-de-fazenda-permanece-proximo-a-14>. Acesso em: 03 dez. 2021.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. V. 5 - SAFRA 2017/18 - N. 12 – décimo segundo, 150p., fevereiro 2018 c.

CONAB. Armazenagem. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/armazenagem>. Acesso em: 17 jan. 2022.

CORADI, Paulo Carteri; OLIVEIRA, Marília Boff de; CARNEIRO, Letícia de Oliveira; SOUZA, Guilherme Abreu Coelho de; ELIAS, Moacir Cardoso; BRACKMANN, Auri; TEODORO, Paulo Eduardo. Technological and sustainable strategies for reducing losses and maintaining the quality of soybean grains in real production scale storage units. Journal Of Stored Products Research, [S.L.], v. 87, p. 101624, maio 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jspr.2020.101624>.

CABRAL, Gécica Maria Teodoro. AVALIAÇÃO TEMPORAL DO SISTEMA DE ARMAZENAGEM DE GRÃOS NO BRASIL. 2018. 38 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Agrícola e Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso - Ufmg, Sinop, 2018.

CIDASC. **Santa Catarina alcança o maior valor de produção agropecuária da história.** 2021. Disponível em: <http://www.cidasc.sc.gov.br/blog/2021/04/14/santa-catarina-alcanca-o-maior-valor-de-producao-agropecuaria-da-historia/>. Acesso em: 15 fev. 2022.

Edemar Valdir Streck, Antônio Carlos de Souza Guimarães, Fernando Kuhl, Mari Carmen Dartora, Ademar Antônio Dágios, Antônio Tadeu Pandolfo, Cezar da Rosa, Cláudio Roberto Kochhann, Dilson Walmor Formenton e Waldir Machado: **Qualidade em armazenagem de grãos**, páginas 1–66. EMATER, Secretaria de Agricultura, Pecuária, Pesca e Agronegócio do Estado do Rio Grande do Sul, 2010.

EPAGRI. **Quem somos: Uma história de sucesso e relevância para Santa Catarina.** Disponível em: <https://www.epagri.sc.gov.br/index.php/a-epagri/quem-somos/>. Acesso em: 02 dez. 2021.

EMBRAPA. VII Plano Diretor da Embrapa: a agricultura brasileira. Disponível em: <https://www.embrapa.br/vii-plano-diretor/a-agricultura-brasileira>. Acesso em: 20 dez. 2021.

EMBRAPA. Plano Diretor - PDE: agricultura: oportunidades e desafios. Agricultura: oportunidades e desafios. Disponível em: <https://www.embrapa.br/vii-plano-diretor/agricultura-oportunidades-e-desafios>. Acesso em: 26 nov. 2021.

EPAGRI/CEPA. Nº 001/2021: Conceitos e métodos aplicados à gestão de empreendimentos rurais e custos de produção nos programas da Epagri. Florianópolis: Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, 2021.

EPAGRI. Relatório Técnico de Atividades – 2019/2020. Documentos, [S. l.], n. 328, 2021. Disponível em: <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/DOC/article/view/1107>. Acesso em: 19 fev. 2022.

EPAGRI. Números da agropecuária catarinense - 2021. Florianópolis, SC, 2021.62p. (Epagri. Documentos, 340)

EPAGRI.SANTA CATARINA. Síntese Agropecuária. 2020. Disponível em: <https://www.epagri.sc.gov.br/index.php/tag/sintese-anual-da-agricultura-de-santa-catarina/>. Acesso em: 26 jan. 2022.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA (Santa Catarina). **Silos Secadores e Armazenadores com Ar Natural.** Araranguá: Secretaria de Estado da Agricultura e da Pesca, 2021. 22 slides, color.

ELIAS, Haroldo Tavares; RUBIN, Cezar Augusto. Diagnóstico e análise da armazenagem de grãos em Santa Catarina. Conjuntura: Agropecuária Catarinense, Florianópolis, v. 33, n. 1, p. 7-10, jan. 2020.

ELIAS et al. (Brasil). TECNOLOGIAS DE PRÉ-ARMAZENAMENTO, ARMAZENAMENTO E CONSERVAÇÃO DE GRÃOS. Capão do Leão, Rs: Pólo de

Inovação Tecnológica em Alimentos da Região Sul Corede-Sul * Sct-Rs * Ufpel, 2017. Disponível em: <http://labgraos.com.br/manager/uploads/arquivo/material---prova-1.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2021.

EMBRAPA. Colheita e Pós-colheita. 2007. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio_sisal/arvore/CONT000fckl80cd02wx5eo0a2ndxynhaexhv.html. Acesso em: 06 dez. 2021.

Furquim LC, Castro CFDS, Resende O, Campos JMC (2014). Efeito da secagem e do armazenamento das sementes de Pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) na qualidade do óleo. *Rev. Científica* 33:51-70.

FAEP/SENAR-PR, Comunicação Social – Sistema. Com produção aquecida, agricultores investem em complexos de armazenagem. Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/noticias/com-producao-aquecida-agricultores-investem-em-complexos-de-armazenagem>. Acesso em: 12 jan. 2022.

FARONI, Lêda R. A. et al. Influência do conteúdo de umidade de colheita e temperatura de secagem na qualidade do feijão. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 10, n. 1, p. 148-154, 03 out. 2005.

FARIA, A. E. SISTEMA PNEUMÁTICO DE SECAGEM DE GRÃOS COM GERENCIAMENTO TERMODINÂMICO DO PROCESSO. 2009. 124 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá.

FERREIRA, Cristiano Dietrich; ZIEGLER, Valmor; LINDEMANN, Igor da Silva; HOFFMANN, Jessica Fernanda; VANIER, Nathan Levien; OLIVEIRA, Maurício de. Quality of black beans as a function of long-term storage and moldy development: chemical and functional properties of flour and isolated protein. *Food Chemistry*, [S.L.], v. 246, p. 473-480, abr. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.11.118>.

Guedes, M.A., Mata, M.E.R.M.C., Duarte, M.E.M., Farias, P.A., 2011. Caracterização física de grãos de soja utilizando-se processamento digital de imagens. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais* 13, 279e294.

GOV. Produção de grãos na safra 2020/21 deve chegar a 252,3 milhões de toneladas. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/agricultura-e-pecuaria/2021/09/producao-de-graos-na-safra-2020-21-deve-chegar-a-252-3-milhoes-de-toneladas>. Acesso em: 27 dez. 2021.

GOVEREH, Jones; MUCHETU, Rangarirai G.; MVUMI, Brighton M.; CHUMA, Teresa. Analysis of distribution systems for supply of synthetic grain protectants to maize smallholder farmers in Zimbabwe: implications for hermetic grain storage bag distribution. *Journal Of Stored Products Research*, [S.L.], v. 84, p. 101520, dez. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jspr.2019.101520>.

HARRINGTON, J. F. Seed storage and longevity. In: KOZLOWSKI, T. T. (Ed.). **Seed biology**. New York: Academic Press, 1972. v. 3, p. 145-245.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/pt/inicio.html>. Acesso em: 28 nov. 2021.

IEA, Instituto de Economia Agrícola. Pontos críticos da armazenagem de grãos no Brasil. Disponível em: <http://www.iea.sp.gov.br/out/LerTexto.php?codTexto=12111>. Acesso em: 10 jan. 2022.

SILVA, Andressa Hennig; FOSSÁ, Maria Ivete Trevisan. Análise de Conteúdo: Exemplo de Aplicação da Técnica para Análise de Dados Qualitativos. In: ENCONTRO DE ENSINO E PESQUISA EM ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE, 4 ed., 2013, Brasília - Df. **EnEPQ**. Brasília: Enepq, 2013. p. 1-14.

JONES, Carol L. Grain handling automation and controls. 2016. Disponível em: https://scholar.google.com.br/scholar?q=Grain+Handling+Automation+and+Controls&hl=pt-BR&as_sdt=0&as_vis=1&oi=scholart. Acesso em: 10 jan. 2022.

JIAN, Fuji; NARENDRAN, Ramasamy B.; JAYAS, Digvir S.. Segregation in stored grain bulks: kinematics, dynamics, mechanisms, and minimization ⚡: a review. *Journal Of Stored Products Research*, [S.L.], v. 81, p. 11-21, mar. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jspr.2018.12.004>.

JAYAS, D.s.; JEYAMKONDAN, S.. PH—Postharvest Technology. *Biosystems Engineering*, [S.L.], v. 82, n. 3, p. 235-251, jul. 2002. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1006/bioe.2002.0080>.

LUIZ, Marcia Ramos. **Estudo teórico e experimental de secagem de tomate (*Lycopersicon esculentum*)**. 2012. 1 v. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa - PB, 2012.

LOPES, Daniela Decarvalho *et al.* AIRE -PROGRAMA COMPUTACIONAL PARA O DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS DE AERAÇÃO. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 13, n. 3, p. 202-209, jul. 2005.

LOPES, Daniela de Carvalho *et al.* Aeration strategy for controlling grain storage based on simulation and on real data acquisition. **Computers And Electronics In Agriculture**, [S.L.], v. 63, n. 2, p. 140-146, out. 2008. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compag.2008.02.002>.

LOPES, Daniela de Carvalho; MARTINS, José Helvecio; MELO, Evandro de Castro; MONTEIRO, Paulo Marcos de Barros. Aeration simulation of stored grain under variable air ambient conditions. *Postharvest Biology And Technology*, [S.L.], v. 42, n. 1, p. 115-120, out. 2006. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.postharvbio.2006.05.007>.

Lopes, D.C., Steidle Neto, A.J., 2019. Effects of climate change on the aeration of stored beans in Minas Gerais State, Brazil. *Biosyst. Eng.* 188, 155e164.

LAWRENCE, J.; MAIER, D. E.. Aeration Strategy Simulations for Wheat Storage in the Sub-Tropical Region of North India. **Transactions Of The Asabe**, [S.L.], v. 54, n. 4, p. 1395-1405, 2011. American Society of Agricultural and Biological Engineers (ASABE). <http://dx.doi.org/10.13031/2013.39008>.

LEITE, Guilherme Leão. **Capacidade de armazenamento e escoamento de grãos do estado do Mato Grosso**, Brasília, março de 2013. Disponível em:

<http://bdm.unb.br/bitstream/10483/4739/1/2013_GuilhermeLe%C3%A3oDiasLeite.pdf>.

Acesso em 09 de fev. 2022.

SANTA CATARINA. Lei nº 12.668, de 03 de outubro de 2003. Florianópolis, 03 out. 2003.

LIMA, J. A. F.; OLIVEIRA, I. P.; ROSA, S. R. A.; SILVA, A. J. S.; MORAIS, M. M. **Controle De Pragas De Grãos Armazenados: Uso E Aplicação De Fosfetos**. Revista Faculdade Montes Belos, v. 5, n. 4, p.180-184, 2012.

LASSERAN, J. C. Aeração de grãos. Viçosa: CENTREINAR, 1981

MLAMBO, Shaw; MVUMI, Brighton M.; STATHERS, Tanya; MUBAYIWA, Macdonald; NYABAKO, Tinashe. Field efficacy of hermetic and other maize grain storage options under smallholder farmer management. *Crop Protection*, [S.L.], v. 98, p. 198-210, ago. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2017.04.001>.

MOHAPATRA, Debabandya; KUMAR, Sunil; KOTWALIWALE, Nachiket; SINGH, Krishna Kumar. Critical factors responsible for fungi growth in stored food grains and non-Chemical approaches for their control. *Industrial Crops And Products*, [S.L.], v. 108, p. 162-182, dez. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.06.039>.

MUTUNGI, Christopher; MUTHONI, Francis; BEKUNDA, Mateete; GASPAS, Audifas; KABULA, Esther; ABASS, Adebayo. Physical quality of maize grain harvested and stored by smallholder farmers in the Northern highlands of Tanzania: effects of harvesting and pre-storage handling practices in two marginally contrasting agro-locations. *Journal Of Stored Products Research*, [S.L.], v. 84, p. 101517, dez. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jspr.2019.101517>.

MOBOLADE, Adesina Jacobs; BUNINDRO, Nameirakpam; SAHOO, Dinabandhu; RAJASHEKAR, Yallappa. Traditional methods of food grains preservation and storage in Nigeria and India. *Annals Of Agricultural Sciences*, [S.L.], v. 64, n. 2, p. 196-205, dez. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aoas.2019.12.003>.

MONCINI, Lorenzo; SIMONE, Gabriele; ROMI, Marco; CAI, Giampiero; GUERRIERO, Gea; WHITTAKER, Anne; BENEDETTELLI, Stefano; BERNI, Roberto. Controlled nitrogen atmosphere for the preservation of functional molecules during silos storage: a case study using old Italian wheat cultivars. *Journal Of Stored Products Research*, [S.L.], v. 88, p. 101638, set. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jspr.2020.101638>.

MARTINS, Ricardo Ramos *et al.* A armazenagem sustentável como inovação para a pequena propriedade. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, Porto Alegre, v. 6, n. 1/2, p. 8-25, nov. 2013.

MAIA, Guilherme Baptista da Silv. *et al.* **Panorama da armazenagem de produtos agrícolas no Brasil**. Revista do BNDES, n. 40, p. 161-194, dezembro de 2013. Disponível em:

<<http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndespt/Galerias/Arquivos/conhecimento/revista/rev4005.pdf>>. Acesso em 09 de fev. 2022.

MARTINS, Ricardo Ramos. Projetos de extensão com técnicas para redução de perdas de grãos no armazenamento. **Perdas em Transporte e Armazenagem de Grãos: Panorama Atual e Perspectivas**, Brasília, DF: 2019.

MATA, Mario Eduardo R. M. Cavalcanti; DANTAS, Luís A.; BRAGA, Maria Elita Duarte. PROGRAMA COMPUTACIONAL PARA SIMULAÇÃO DE SECAGEM DE GRÃOS. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande, v. 1, n. 1, p. 33-50, ago. 1999.

MARES, Daryl; MRVA, Kolumbina. Late-maturity α -amylase: low falling number in wheat in the absence of preharvest sprouting. Journal Of Cereal Science, [S.L.], v. 47, n. 1, p. 6-17, jan. 2008. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcs.2007.01.005>.

MÖHLER, Bruno Cardozo. Avaliação das Características de Secagem dos Grãos de Soja. 2010. 35 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

Melo, E.C. O Programa Computacional GRAPSI. Edição do autor. 2011.

MELO, Prof. Evandro de Castro. **Secagem em Camada Espessa**. Viçosa: Ppt, 2011. 28 slides, color.

NEME, Kumera; MOHAMMED, Ali. Mycotoxin occurrence in grains and the role of postharvest management as a mitigation strategies. A review. Food Control, [S.L.], v. 78, p. 412-425, ago. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.03.012>.

NGUNZI, V. K. et al.. SIMULATION MODEL FOR PREDICT DRYING IN THE AUTOMATED GRAIN DRYER. 2017. Disponível em: <http://ir.jkuat.ac.ke/handle/123456789/3354>. Acesso em: 10 jan. 2022.

NAVARRO S, DONAHAYE E, KASHANCHI Y, PISAREV V and BULBUL O (1984). Airtight storage of wheat in a PVC covered bunker. In BE Ripp et al., (Eds.). Controlled Atmosphere and Fumigation in Grain Storages. Amsterdam, Elsevier, 601-614.

ODJO, Sylvanus; BURGUEÑO, Juan; RIVERS, Ariel; VERHULST, Nele. Hermetic storage technologies reduce maize pest damage in smallholder farming systems in Mexico. Journal Of Stored Products Research, [S.L.], v. 88, p. 101664, set. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jspr.2020.101664>.

OLIVEIRA, Paulo Armando V. de; MARTINS, Ricardo Ramos. **SILO DE ALVENARIA PARA ARMAZENAMENTO DE MILHO**. 181. ed. Concórdia: Embrapa–Cnpsa, 1991. 3 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/436061/1/CUsersPiazzonDocuments181.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2022.

PERA, T.G. Modelagem das perdas na agrologística de grãos no Brasil: uma aplicação de programação matemática. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas Logísticos) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.11606/D.3.2017.-17072017-160658>.

Paulo Cláudio Machado Júnior e Stelito Assis dos Reis Neto (org): Perdas em transporte e armazenagem de grãos: panorama atual e perspectivas. Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), Brasília, 2021.

PORTELLA, José Antonio; EICHELBERGER, Luiz. Secagem de grãos. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2001. 194 p.

PUZZI, D. Abastecimento e armazenamento de grãos. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1986. 603 p.

RUPOLLO, Galileu; VANIER, Nathan Levien; ZAVAREZE, Eleessandra da Rosa; OLIVEIRA, Maurício de; PEREIRA, Juliane Mascarenhas; PARAGINSKI, Ricardo Tadeu; DIAS, Alvaro Renato Guerra; ELIAS, Moacir Cardoso. Pasting, morphological, thermal and crystallinity properties of starch isolated from beans stored under different atmospheric conditions. *Carbohydrate Polymers*, [S.L.], v. 86, n. 3, p. 1403-1409, ago. 2011. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2011.06.055>.

ROY, Riya; CHHABRA, Deepti. Implementing Automation in Conventional Grain Storages. *Ijste - International Journal Of Science Technology & Engineering*. [S.I.], p. 896-900. maio 2016.

RIGO, AD, RESENDE, O, OLIVEIRA, DEC, DEVILLA, IA (2012). Estratégias de controle para o processo de aeração de grãos em protótipos de silos metálicos. *Global Sci. Technol.* 5:47-55.

ROCKENBACH, Bruno Artur. Efeitos do tempo de espera, temperatura de secagem e tempo de armazenamento sobre propriedades tecnológicas e compostos fenólicos de grãos de arroz com pericarpo vermelho. 2018. 121 f. Monografia (Especialização) - Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2018.

SILVA, Wagner Schellin Vieira da; VANIER, Nathan Levien; ZIEGLER, Valmor; OLIVEIRA, Maurício de; DIAS, Alvaro Renato Guerra; ELIAS, Moacir Cardoso. Effects of using eolic exhausters as a complement to conventional aeration on the quality of rice stored in metal silos. *Journal Of Stored Products Research*, [S.L.], v. 59, p. 76-81, out. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jspr.2014.05.006>.

SILVA, Angélica Leme da. et al. Um estudo acerca da capacidade de armazenagem de grãos no município de Palmital-SP, Palmital, 2012. Disponível em: <http://www.etecpalmital.com.br/_biblioteca/_tcc/_logistica/_2012/_arquivos/UMESTUDOACERCADACAPACIDADEDEARMAZENAGEMDEGRAOSNOMUNICIPIODEPALMITAL.pdf>. Acesso em 5 de fev. 2022.

SILVA, Luís César da. Secagem de Grãos. *Grãos Brasil: Da Semente ao Consumo*, Alegre - Es, v. 14, n. 3, p. 10-14, maio 2004.

Sistema Nacional de Cadastro Rural. **Módulo Fiscal**. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/incra/pt-br/assuntos/governanca-fundiaria/modulo-fiscal>. Acesso em: 05 dez. 2021.

SANTAELLA, José. **TUDO sobre MATRIZ SWOT: o que é, passo a passo e dicas para aplicar no planejamento estratégico.** Disponível em:

<https://www.euax.com.br/2020/03/matriz-swot/>. Acesso em: 13 fev. 2022.

SINGH, Gurmeet et al. PLC based automation of grain dryer. 2013 International Conference On Control, Automation, Robotics And Embedded Systems (Care), Jabalpur, India, v. 1, n. 1, p. 1-5, 10 fev. 2014. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/care.2013.6733725>.

STANGA, Guilherme de Cezaro et al. Sistema para o Monitoramento da Temperatura e Umidade de um Silo utilizando Hardware de Baixo Custo e ScadaBR. IX Computer On The Beach, Curitiba, v. 1, n. 1, p. 761-770, nov. 2017.

SILVA, Juarez de Sousa e. Secagem e Secadores. In: SUL, Governo Rio Grande do. Secagem e Armazenagem de Produtos Agrícolas. Porto Alegre: Agricultura-Rs, 2018. p. 107-138. Disponível em: <https://www.agricultura.rs.gov.br/upload/arquivos/201811/23093833-secagem-e-armazenagem-cap5.pdf>. Acesso em: 29 nov. 2021.

SCARIOT, Maurício Albertoni; RADÜNZ, Lauri Lourenço; DIONELLO, Rafael Gomes; TONI, Josiel Ricardo; MOSSI, Altemir José; REICHERT JÚNIOR, Francisco Wilson. Quality of wheat grains harvested with different moisture contents and stored in hermetic and conventional system. Journal Of Stored Products Research, [S.L.], v. 75, p. 29-34, jan. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jspr.2017.11.005>.

STRECK, Edegar Valdir et al. QUALIDADE EM ARMAZENAGEM DE GRÃOS. Porto Alegre: Emater/Rs, 2010. 66 p.

TORESAN, L.; PADRÃO, G.A.; GOULART JUNIOR, R.; ALVES, J.R.; MONDARDO, M. Indicadores de desempenho da agropecuária e do agronegócio de Santa Catarina: 2019 e 2020. Florianópolis, SC: Epagri, 2021. 76p. (Boletim Técnico, nº 198)

TEFERA, Tadele; KANAMPIU, Fred; GROOTE, Hugo de; HELLIN, Jon; MUGO, Stephen; KIMENJU, Simon; BEYENE, Yoseph; BODDUPALLI, Prasanna M.; SHIFERAW, Bekele; BANZIGER, Marianne. The metal silo: an effective grain storage technology for reducing post-harvest insect and pathogen losses in maize while improving smallholder farmers' food security in developing countries. Crop Protection, [S.L.], v. 30, n. 3, p. 240-245, mar. 2011. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2010.11.015>.

VARNAVA A (2002). Hermetic storage of grain in Cyprus. In Batchelor TA, Bolivar JM (Eds). Proc. Int. Conf. on Alternatives to Methyl Bromide, Sevilla, Spain, March 5-8, 163-168.

Volkhonov M. Desenvolvimento do método de controle de exposição de secagem de grãos em secadores de alta temperatura / M. Volkhonov, I. Jabbarov, V. Soldatov, I. Smirnov // East-European Journal of Advanced Technologies. - 2018. - № 3 (3). - P. 22-29. - Disponível em <[http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vejpte_2018_3\(3\)_4](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vejpte_2018_3(3)_4)>. Acesso em: 05 fev. 2022.

Weinberg ZG, Yan Y, Chen Y, Finkelman S, Ashbell G and Navarro S (2008). The effect of moisture level on highmoisture maize (*Zea mays* L.) under hermetic storage conditions-in vitro studies. Journal of Stored Products Research, 44: 136-144.

White NDG and Jayas DS (2003). Quality changes in grain under controlled atmosphere storage. In: Navarro S; Donahaye E (Eds). Proceedings of the International Conference on Controlled Atmosphere and Fumigation in Grain Storages. Caspit Press Limited, Jerusalem, Israel, 205-214.

ZHANG, Qinghua; YANG, Simon X.; MITTAL, Gauri S.; YI, Shujuan. AE—Automation and Emerging Technologies. Biosystems Engineering, [S.L.], v. 83, n. 3, p. 281-290, nov. 2002. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1006/bioe.2002.0123>.

ZIEGLER, Valmor; MARINI, Leornor João; FERREIRA, Cristiano Dietrich; BERTINETTI, Ismael Aldrighi; SILVA, Wagner Schellin Vieira da; GOEBEL, Jorge Tiago; OLIVEIRA, Maurício de; ELIAS, Moacir Cardoso. Efeitos da temperatura e umidade durante o armazenamento semi-hermético sobre parâmetros de avaliação da qualidade dos grãos e do óleo de soja. Semina: Ciências Agrárias, [S.L.], v. 37, n. 1, p. 131, 29 fev. 2016. Universidade Estadual de Londrina. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2016v37n1p131>.

ZIEGLER, Valmor; PARAGINSKI, Ricardo Tadeu; FERREIRA, Cristiano Dietrich. Grain storage systems and effects of moisture, temperature and time on grain quality - A review. Journal Of Stored Products Research, [S.L.], v. 91, p. 101770, mar. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jspr.2021.101770>.

Apêndice A – Entrevista realizada com extensionista rural da EPAGRI

| |
|---|
| 1) Quais grãos são produzidos no sul de Santa Catarina, qual a produtividade e a produção média? |
| 2) Existe uma tendência em produzir determinados grãos dependendo da escala da propriedade? |
| 3) Existe uma classificação quanto ao tamanho da propriedade rural (em hectares) de pequenas, médias e grandes propriedades. Quais são os limites de área dessa classificação e qual o número de produtores correspondentes? |
| 4) Ainda quanto à questão anterior, qual o destino do grão produzido para cada classificação? Ex.: produzem para alimentação de animais, consumo próprio, venda nos engenhos ou armazenamento estático em cooperativa ou na propriedade rural familiar? |
| 5) Qual a participação da agricultura familiar na produção de grãos do estado de Santa Catarina? |
| 6) Em média, quanto tempo os grãos ficam armazenados nas cooperativas? |
| 7) Como é dividida (em toneladas) a capacidade estática de armazenagem em Santa Catarina? São concentradas em algum local específico do Estado? |
| 8) Alguma parte do Estado sofre com a falta de capacidade na armazenagem de grãos? Se sim, qual local e qual cultura é afetada? |
| 9) Quais os principais métodos de secagem utilizados nos silos de pequena e grande escala em Santa Catarina? Quais as principais vantagens e desvantagens de cada um? |
| 10) Quais os parâmetros de qualidade do grão que influenciam no preço final? Como controlá-los? |
| 11) Em relação à escala de armazenamento, quanto menor, melhor? |
| 12) Os métodos de armazenamento utilizados em grande escala aqui no Estado são os silos metálicos? E na pequena escala de produção, quais os métodos que os agricultores utilizam? |
| 13) Como e por que a EMATER entrou em contato com a EPAGRI para implantar o silo de pequena escala para os produtores catarinenses? |
| 14) No sul catarinense, quantas propriedades possuem o silo de alvenaria colada? |
| 15) Qual o perfil do produtor rural que terá vantagens em construir esse empreendimento em sua propriedade? |
| 16) Falando em questões econômicas, a EPAGRI já realizou estudos sobre a viabilidade econômica do negócio? Se sim, podemos ter acesso? Se não: |
| a) qual o volume de produção necessário para garantir a viabilidade? |
| b) qual o investimento total da construção, incluindo juros e taxas diversas? |
| c) qual o <i>payback</i> do investimento? |
| d) qual a depreciação dos equipamentos? |
| 17) A construção pode amenizar a comercialização antecipada dos grãos (caso o agricultor armazenar em terceiros)? |
| 18) Quanto à secagem e armazenamento de grãos, existe alguma problemática que afete os agricultores do Estado e não foi citada nessa entrevista? |

Apêndice B – Entrevista realizada com agricultor responsável por uma unidade armazenadora coletora

| |
|---|
| 1) Qual(is) grão(s) a propriedade produz e em quê quantidade por ano? |
| 2) Quantos silos secadores e armazenadores de grãos há na propriedade e qual a capacidade nominal de cada um? |
| 3) Quando não havia silo secador e armazenador instalado na propriedade, o que era feito? |
| 4) Qual o tipo de estrutura foi utilizada para construção do silo secador? |
| 5) Como é feita a secagem dos grãos nesse sistema? |
| 6) Quais os equipamentos elétricos ou térmicos utilizados no processo de secagem e armazenamento? |
| 7) Qual o gasto de energia elétrica do sistema de secagem? |
| 8) Como os grãos são despejados no silo? |
| 9) Como e com qual frequência o silo é esvaziado e limpo? |
| 10) Que tipo de manutenção deve ser realizada no silo no decorrer do ano? |
| 11) Quais cuidados devem ser tomados com relação a pragas e roedores? |
| 12) Quais os problemas de operação e quais oportunidades de melhoria para o sistema? |
| 13) Qual o custo com a mão de obra durante o ano? |
| 14) Quais benfeitorias já precisaram ser feitas neste silo? |
| 15) Há quanto tempo está construído? |
| 16) Qual o custo de manutenção? O que costuma dar problema? |
| 17) Quais os benefícios observados desde a implantação do silo secador na propriedade? |

Apêndice C – Entrevista realizada com responsável por uma indústria de arroz

| |
|---|
| 1) Qual(is) grão(s) a empresa armazena e qual a capacidade total de secagem e armazenamento? |
| 2) Qual o tipo de silo secador e armazenador de grãos da empresa, quantos silos e qual a capacidade nominal de cada um? |
| 3) Como é feita a secagem do grão nesse sistema? |
| 4) Quais os equipamentos elétricos ou térmicos utilizados no processo? |
| 5) Qual o gasto de energia elétrica desses equipamentos? |
| 6) Como os grãos são despejados no silo? |
| 7) Como e com qual frequência o silo é esvaziado e limpo? |
| 8) Quais os custos para o produtor que pretende secar e armazenar seus grãos no silo de grande escala? |
| 9) Por que é mais comum ocorrer a comercialização antecipada dos grãos nesse tipo de armazenagem? |
| 10) A empresa possui frete próprio? |
| 11) Como a empresa garante a conservação da qualidade do produto no(s) silo(s) da empresa? |
| 12) Como funciona a precificação dos grãos vendidos para a empresa? |

Apêndice D – Entrevista realizada com o responsável por uma sociedade não personificada de transporte de grãos

| |
|---|
| 1) Qual grão é transportado com maior frequência? |
| 2) Em que época do ano há maior procura do serviço de frete? |
| 3) Como é calculado o valor do frete da lavoura até a prestadora de serviço de secagem e armazenamento? |
| 4) O preço do frete costuma mudar com frequência durante a safra? |
| 5) Qual a maior causa de perda no transporte de grãos? |
| 6) Com que frequência acontecem acidentes durante a safra? Ocorre perda total dos grãos transportados? |
| 7) Se sim para a pergunta anterior, quem paga o prejuízo? Se não, a avaliação da qualidade do grão é prejudicada de que forma? |
| 8) Qual o perfil de produtores atendidos: pequenos, médios ou grandes produtores? |
| 9) Qual o destino dos grãos na maior parte das vezes: cooperativa ou engenho? Qual serviço mais solicitado para cada um deles? |
| 10) Quem opta por armazenamento em cooperativa procura novamente o serviço de frete para trazer o grão novamente à propriedade, para uso familiar? Em que época do ano e para qual fim? |
| 11) Quais cidades a transportadora atende? |
| 12) Qual é o tempo de espera nos engenhos ou cooperativas durante a safra? |
| 13) Qual é o tempo, em média, que o caminhão fica ligado durante um dia? |
| 14) Qual o custo, em média, de diesel usado na última safra? |
| 15) Com quantos caminhões operam? |
| 16) Qual a capacidade de grãos suportada pela caçamba do caminhão? |
| 17) Em algum momento do ano falta lugar para armazenamento de grãos? |

Anexo A – Produção de grãos na unidade de gestão técnica 8 da EPAGRI

| UFT / Município / Cultura | Área Atual Plant (ha). | Qtde Atual Prod (t). | Rend Médio Atual (kg/ha). |
|--|-----------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|
| UGT 8 - Litoral Sul Catarinense | 130.837,00 | 1.004.204,04 | 7.675,23 |
| Araranguá | 7.099,00 | 55.773,80 | 7.856,57 |
| Arroz | 5.527,00 | 48.670,76 | 8.806,00 |
| Feijão 2a Safra | 132 | 85,8 | 650,00 |
| Milho Grão 1a Safra | 930 | 5.384,70 | 5.790,00 |
| Soja 1a safra | 270 | 834,3 | 3.090,00 |
| Soja 2a safra | 240 | 798,24 | 3.326,00 |
| Armazém | 404,00 | 1.597,47 | 3.954,13 |
| Feijão 1a Safra | 78 | 72,93 | 935,00 |
| Feijão 2a Safra | 78 | 66,3 | 850,00 |
| Milho Grão 1a Safra | 248 | 1.458,24 | 5.880,00 |
| Balneário Gaivota | 90 | 419,01 | 4.655,67 |
| Feijão 2a Safra | 10 | 6,21 | 621,00 |
| Milho Grão 1a Safra | 80 | 412,8 | 5.160,00 |
| Braço do Norte | 240,00 | 1.316,04 | 5.483,50 |
| Feijão 2a Safra | 25 | 17,45 | 698,00 |
| Milho Grão 1a Safra | 215 | 1.298,59 | 6.039,95 |
| Capivari de Baixo | 1.499,00 | 14.192,53 | 9.468,00 |
| Arroz | 1.499,00 | 14.192,53 | 9.468,00 |
| Cocal do Sul | 461 | 2660,33 | 5.770,78 |
| Arroz | 86 | 800,48 | 9.307,91 |
| Feijão 1a Safra | 25 | 29,12 | 1.164,80 |
| Feijão 2a Safra | 85 | 57,88 | 680,94 |
| Milho Grão 1a Safra | 265 | 1.772,85 | 6.690,00 |
| Criciúma | 3.531,00 | 18.188,54 | 5.151,10 |
| Arroz | 518 | 3.532,76 | 6.820,00 |
| Feijão 1a Safra | 218 | 255,06 | 1.170,00 |
| Feijão 2a Safra | 35 | 23,52 | 672,00 |
| Milho Grão 1a Safra | 1.660,00 | 10.989,20 | 6.620,00 |
| Soja 1a safra | 1.100,00 | 3.388,00 | 3.080,00 |
| Ermo | 3.948,00 | 32.942,76 | 8.344,16 |
| Arroz | 3.424,00 | 30.275,00 | 8.842,00 |
| Feijão 2a Safra | 12 | 6,7 | 558,33 |
| Milho Grão 1a Safra | 442 | 2.444,26 | 5.530,00 |

| | | | |
|------------------------|------------------|-------------------|-----------------|
| Soja 1a safra | 50 | 152 | 3.040,00 |
| Soja 2a safra | 20 | 64,8 | 3.240,00 |
| Forquilha | 12.317,00 | 102.396,17 | 8.313,40 |
| Arroz | 9.623,00 | 90.138,64 | 9.367,00 |
| Feijão 1a Safra | 120 | 139,44 | 1.162,00 |
| Feijão 2a Safra | 74 | 52,09 | 703,92 |
| Milho Grão 1a Safra | 1.100,00 | 7.502,00 | 6.820,00 |
| Soja 1a safra | 1.400,00 | 4.564,00 | 3.260,00 |
| Garopaba | 154 | 855,12 | 5.552,73 |
| Arroz | 140 | 840 | 6.000,00 |
| Feijão 1a Safra | 14 | 15,12 | 1.080,00 |
| Grão Pará | 570,00 | 2.914,52 | 5.113,19 |
| Feijão 2a Safra | 40 | 24,72 | 618,00 |
| Milho Grão 1a Safra | 430 | 2.476,80 | 5.760,00 |
| Milho Grão 2a Safra | 100 | 413 | 4.130,00 |
| Gravatal | 416 | 2844,92 | 6.838,75 |
| Arroz | 392 | 2.822,40 | 7.200,00 |
| Feijão 1a Safra | 8 | 9,39 | 1.173,75 |
| Feijão 2a Safra | 16 | 13,13 | 820,63 |
| Içara | 6.406,00 | 31.347,52 | 4.893,46 |
| Arroz | 2.204,00 | 13.565,62 | 6.155,00 |
| Feijão 1a Safra | 170 | 195,16 | 1.148,00 |
| Feijão 2a Safra | 590 | 413 | 700,00 |
| Milho Grão 1a Safra | 1.842,00 | 11.733,54 | 6.370,00 |
| Milho Grão 2a Safra | 180 | 754,2 | 4.190,00 |
| Soja 1a safra | 1.420,00 | 4.686,00 | 3.300,00 |
| Imaruí | 2.898,00 | 21.280,10 | 7.343,03 |
| Arroz | 2.712,00 | 20.627,47 | 7.606,00 |
| Feijão 1a Safra | 28 | 27,49 | 981,79 |
| Feijão 2a Safra | 32 | 17,82 | 556,88 |
| Milho Grão 1a Safra | 126 | 607,32 | 4.820,00 |
| Imbituba | 2.020,00 | 15.663,37 | 7.754,14 |
| Arroz | 1.974,00 | 15.484,05 | 7.844,00 |
| Feijão 1a Safra | 12 | 11,7 | 975,00 |
| Milho Grão 1a Safra | 34 | 167,62 | 4.930,00 |
| Jacinto Machado | 9.104,00 | 73.820,34 | 8.108,56 |
| Arroz | 8.056,00 | 66.526,44 | 8.258,00 |
| Feijão 2a Safra | 48 | 26,3 | 547,92 |
| Milho Grão 1a Safra | 904 | 6.843,28 | 7.570,00 |
| Milho Grão 2a Safra | 96 | 424,32 | 4.420,00 |

| | | | |
|------------------------|------------------|-------------------|-----------------|
| Jaguaruna | 4.316,00 | 35.973,21 | 8.334,85 |
| Arroz | 4.116,00 | 35.187,68 | 8.549,00 |
| Feijão 1a Safra | 20 | 18,55 | 927,50 |
| Feijão 2a Safra | 30 | 16,98 | 566,00 |
| Milho Grão 1a Safra | 150 | 750 | 5.000,00 |
| Laguna | 1.202,00 | 7.638,12 | 6.354,51 |
| Arroz | 1.192,00 | 7.628,80 | 6.400,00 |
| Feijão 1a Safra | 10 | 9,32 | 932,00 |
| Lauro Muller | 234 | 1189,59 | 5.083,72 |
| Feijão 2a Safra | 34 | 21,59 | 635,00 |
| Milho Grão 1a Safra | 200 | 1.168,00 | 5.840,00 |
| Maracajá | 2.223,00 | 18.283,65 | 8.224,76 |
| Arroz | 1.850,00 | 16.463,15 | 8.899,00 |
| Feijão 2a Safra | 13 | 6,95 | 534,62 |
| Milho Grão 1a Safra | 310 | 1.649,20 | 5.320,00 |
| Soja 2a safra | 50 | 164,35 | 3.287,00 |
| Meleiro | 11.985,00 | 106.497,88 | 8.885,93 |
| Arroz | 10.975,00 | 101.332,17 | 9.233,00 |
| Feijão 1a Safra | 14 | 13,58 | 970,00 |
| Feijão 2a Safra | 84 | 47,37 | 563,93 |
| Milho Grão 1a Safra | 690 | 4.333,20 | 6.280,00 |
| Milho Grão 2a Safra | 72 | 306 | 4.250,00 |
| Soja 1a safra | 110 | 332,2 | 3.020,00 |
| Soja 2a safra | 40 | 133,36 | 3.334,00 |
| Morro da Fumaça | 1.235,00 | 8.060,76 | 6.526,93 |
| Arroz | 423 | 4.073,06 | 9.628,98 |
| Feijão 1a Safra | 22 | 25,6 | 1.163,64 |
| Feijão 2a Safra | 10 | 6,7 | 670,00 |
| Milho Grão 1a Safra | 420 | 2.742,60 | 6.530,00 |
| Milho Grão 2a Safra | 50 | 196 | 3.920,00 |
| Soja 1a safra | 310 | 1.016,80 | 3.280,00 |
| Morro Grande | 3.560,00 | 28.748,36 | 8.075,38 |
| Arroz | 3.092,00 | 25.641,95 | 8.293,00 |
| Feijão 2a Safra | 48 | 23,61 | 491,88 |
| Milho Grão 1a Safra | 420 | 3.082,80 | 7.340,00 |
| Nova Veneza | 10.059,00 | 85.031,09 | 8.453,23 |
| Arroz | 8.860,00 | 78.712,24 | 8.884,00 |
| Feijão 1a Safra | 90 | 105,75 | 1.175,00 |
| Feijão 2a Safra | 90 | 64,08 | 712,00 |
| Milho Grão 1a Safra | 824 | 5.504,32 | 6.680,00 |

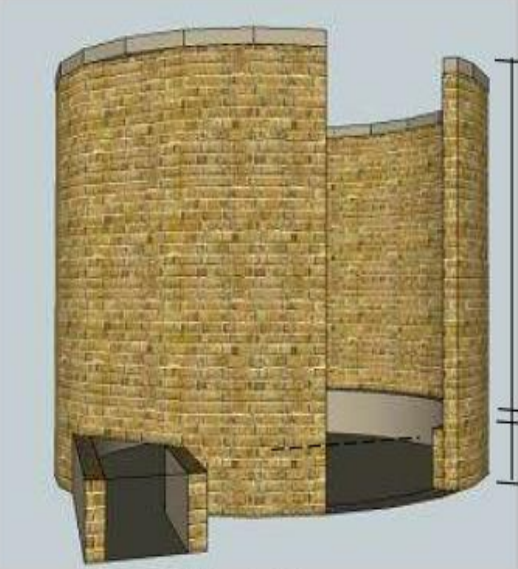
| | | | |
|---------------------------|-----------------|------------------|-----------------|
| Milho Grão 2a Safra | 45 | 173,7 | 3.860,00 |
| Soja 1a safra | 150 | 471 | 3.140,00 |
| Orleans | 1.037,00 | 5.636,39 | 5.435,28 |
| Feijão 1a Safra | 20 | 23,4 | 1.170,00 |
| Feijão 2a Safra | 72 | 46,94 | 651,94 |
| Milho Grão 1a Safra | 945 | 5.566,05 | 5.890,00 |
| Passo de Torres | 722 | 5338,5 | 7.394,04 |
| Arroz | 692 | 5.190,00 | 7.500,00 |
| Milho Grão 1a Safra | 30 | 148,5 | 4.950,00 |
| Paulo Lopes | 1.209,00 | 6.835,29 | 5.653,67 |
| Arroz | 1.204,00 | 6.830,29 | 5.673,00 |
| Feijão 1a Safra | 5 | 5 | 1.000,00 |
| Pedras Grandes | 2.400,00 | 8.821,16 | 3.675,48 |
| Feijão 1a Safra | 490 | 668,36 | 1.364,00 |
| Feijão 2a Safra | 780 | 491,4 | 630,00 |
| Milho Grão 1a Safra | 1.130,00 | 7.661,40 | 6.780,00 |
| Praia Grande | 4.832,00 | 38.225,53 | 7.910,91 |
| Arroz | 4.536,00 | 36.596,44 | 8.068,00 |
| Feijão 1a Safra | 6 | 5,6 | 933,33 |
| Feijão 2a Safra | 10 | 5,09 | 509,00 |
| Milho Grão 1a Safra | 280 | 1.618,40 | 5.780,00 |
| Rio Fortuna | 195,00 | 1.099,80 | 5.640,00 |
| Milho Grão 1a Safra | 195 | 1.099,80 | 5.640,00 |
| Sangão | 683 | 4899,15 | 7.172,99 |
| Arroz | 683 | 4.899,15 | 7.172,99 |
| Santa Rosa de Lima | 0 | 0,00 | 0,00 |
| Santa Rosa do Sul | 1.141,00 | 8.441,80 | 7.398,60 |
| Arroz | 820 | 6.833,88 | 8.334,00 |
| Feijão 1a Safra | 6 | 5,77 | 961,67 |
| Feijão 2a Safra | 50 | 28,05 | 561,00 |
| Milho Grão 1a Safra | 265 | 1.574,10 | 5.940,00 |
| São João do Sul | 4.891,00 | 36.068,88 | 7.374,54 |
| Arroz | 4.159,00 | 32.086,68 | 7.715,00 |
| Feijão 1a Safra | 12 | 11,7 | 975,00 |
| Feijão 2a Safra | 30 | 16,8 | 560,00 |
| Milho Grão 1a Safra | 690 | 3.953,70 | 5.730,00 |
| São Ludgero | 0 | 0,00 | 0,00 |
| São Martinho | 202 | 689,09 | 3.411,34 |
| Feijão 1a Safra | 48 | 56,54 | 1.177,92 |
| Feijão 2a Safra | 54 | 36,55 | 676,85 |

| | | | |
|----------------------|------------------|-------------------|-----------------|
| Milho Grão 1a Safra | 100 | 596 | 5.960,00 |
| Siderópolis | 403 | 2480,11 | 6.154,12 |
| Arroz | 114 | 912,34 | 8.002,98 |
| Feijão 1a Safra | 25 | 29,25 | 1.170,00 |
| Feijão 2a Safra | 14 | 8,52 | 608,57 |
| Milho Grão 1a Safra | 250 | 1.530,00 | 6.120,00 |
| Sombrio | 2.707,00 | 20.114,57 | 7.430,58 |
| Arroz | 1.479,00 | 13.667,43 | 9.240,99 |
| Feijão 1a Safra | 7 | 6,77 | 967,14 |
| Feijão 2a Safra | 45 | 28,98 | 644,00 |
| Milho Grão 1a Safra | 940 | 5.508,40 | 5.860,00 |
| Milho Grão 2a Safra | 136 | 590,24 | 4.340,00 |
| Soja 1a safra | 90 | 279 | 3.100,00 |
| Soja 2a safra | 10 | 33,75 | 3.375,00 |
| Timbé do Sul | 3.102,00 | 22.547,18 | 7.268,59 |
| Arroz | 2.339,00 | 19.357,56 | 8.276,00 |
| Feijão 2a Safra | 40 | 26,72 | 668,00 |
| Milho Grão 1a Safra | 638 | 2.775,30 | 4.350,00 |
| Milho Grão 2a Safra | 85 | 387,6 | 4.560,00 |
| Treviso | 30 | 194,4 | 6.480,00 |
| Milho Grão 1a Safra | 30 | 194,4 | 6.480,00 |
| Treze de Maio | 2.250,00 | 16.103,19 | 7.156,97 |
| Arroz | 1.030,00 | 8.546,94 | 8.298,00 |
| Feijão 1a Safra | 20 | 23,8 | 1.190,00 |
| Feijão 2a Safra | 26 | 18,85 | 725,00 |
| Milho Grão 1a Safra | 1.174,00 | 7.513,60 | 6.400,00 |
| Tubarão | 4.965,00 | 34.106,40 | 6.869,37 |
| Arroz | 4.000,00 | 30.468,00 | 7.617,00 |
| Feijão 1a Safra | 19 | 21,58 | 1.135,79 |
| Feijão 2a Safra | 28 | 20,1 | 717,86 |
| Milho Grão 1a Safra | 268 | 1.685,72 | 6.290,00 |
| Soja 1a safra | 650 | 1.911,00 | 2.940,00 |
| Turvo | 13.362,00 | 119.202,11 | 8.920,98 |
| Arroz | 11.899,00 | 110.077,64 | 9.251,00 |
| Feijão 1a Safra | 8 | 7,4 | 925,00 |
| Feijão 2a Safra | 80 | 53,12 | 664,00 |
| Milho Grão 1a Safra | 1.140,00 | 8.310,60 | 7.290,00 |
| Soja 1a safra | 210 | 667,8 | 3.180,00 |
| Soja 2a safra | 25 | 85,55 | 3.422,00 |
| Urussanga | 735,00 | 3.765,29 | 5.122,84 |

| | | | |
|---------------------|-----|----------|----------|
| Feijão 1a Safra | 12 | 13,9 | 1.158,33 |
| Feijão 2a Safra | 78 | 48,04 | 615,90 |
| Milho Grão 1a Safra | 495 | 3.143,25 | 6.350,00 |
| Milho Grão 2a Safra | 90 | 368,1 | 4.090,00 |
| Soja 1a safra | 60 | 192 | 3.200,00 |

Fonte: CONAB (2021).

Anexo B - Interface de dimensionamento do silo de alvenaria armada



Silo OK

Altura com grãos m

Altura estrado m

Altura plenum m

Altura total silo m

Relação H/D

Diâmetro interno m

Comprimento duto: m

Diâmetro externo m

DIMENSÕES SILO

Produto armazenado: CAPACIDADE sacos

Tempo secagem dias

Tempo de aeração horas

Ventilador: Vazão ventilador m³/h

Velocidade de descarga do ventilador m/s

Fluxo do ar m³/min/t

Pressão estática mmCA

Potência motor CV

Parâmetro:

| | | | |
|-----------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----|
| rendimento (%) | <input type="text" value="80"/> | <input type="text" value="80"/> | OK! |
| largura boca descarga (m) | <input type="text" value="0,36"/> | <input type="text" value="0,36"/> | OK! |
| altura boca de descarga (m) | <input type="text" value="0,48"/> | <input type="text" value="0,48"/> | OK! |

Sentido de rotação do ventilador:

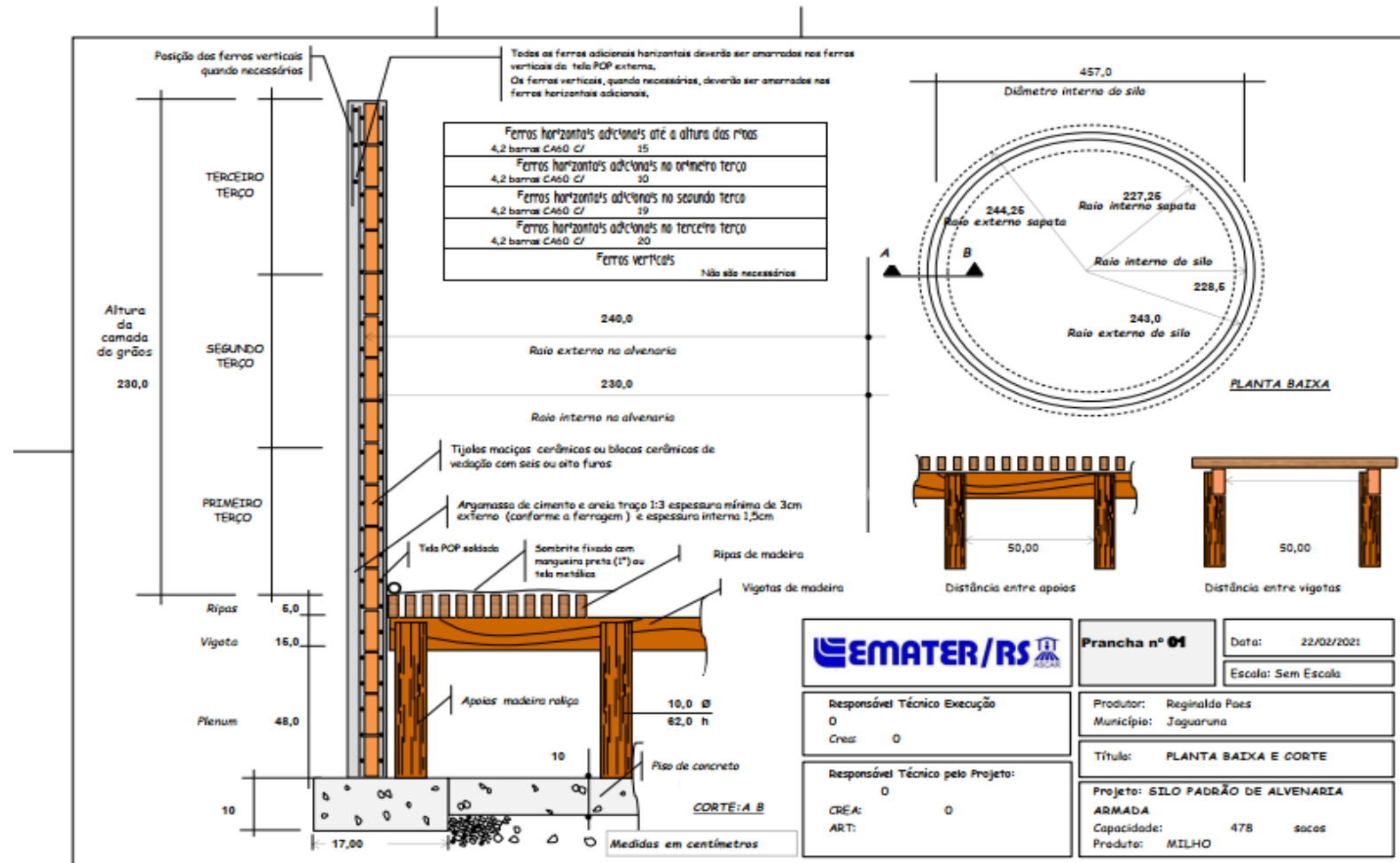
Rede elétrica:

Tração dos cabos termométricos:

| | | | |
|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| Diâmetro dos cabos termométricos: | <input type="text" value="2"/> cm | Força de tração no cabo, kgf/cm² | <input type="text" value="44,8"/> |
| Número de cabos: | <input type="text" value="2"/> | Força de tração nos cabos, kgf/cm² | <input type="text" value="89,7"/> |

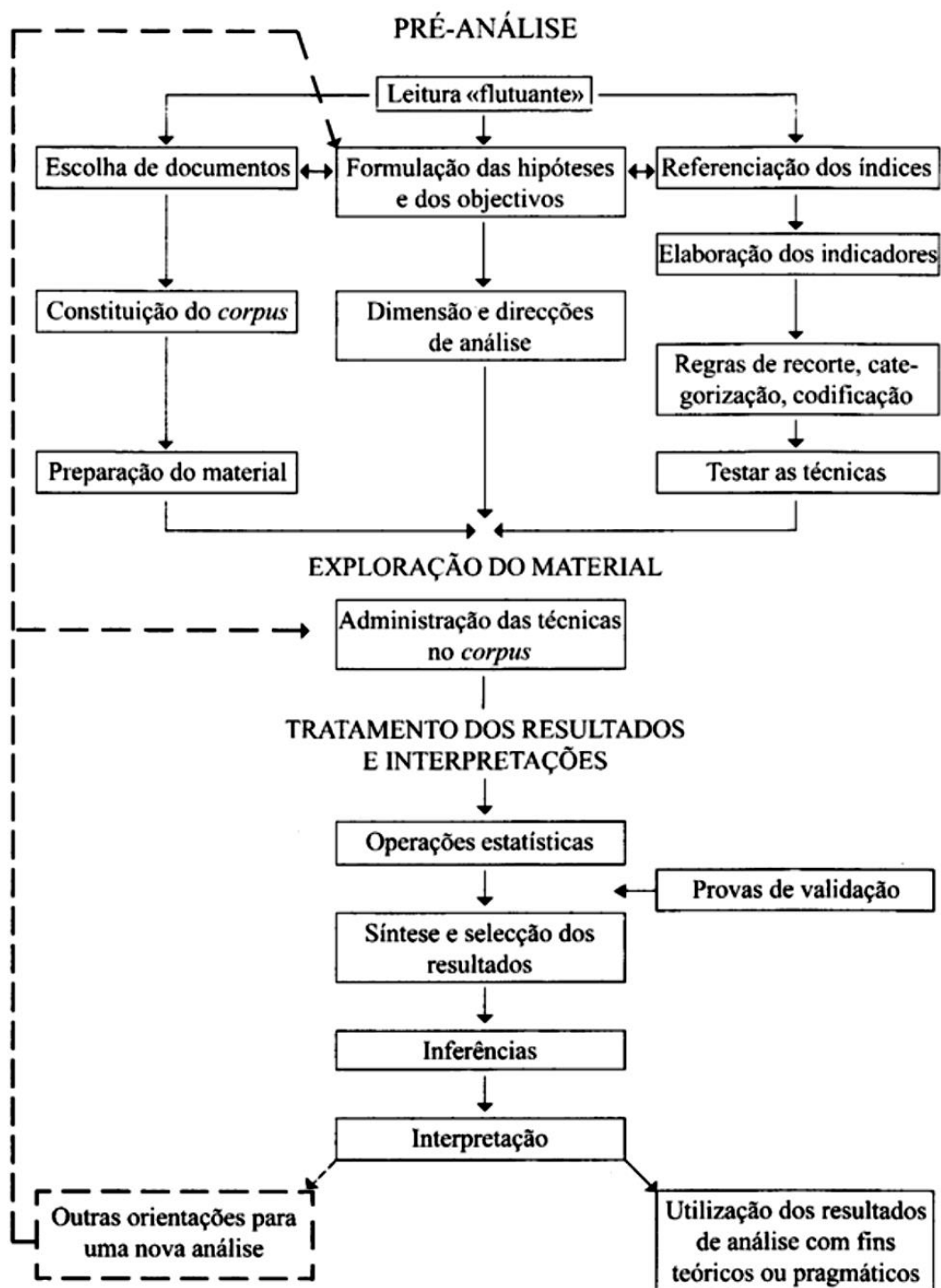
Fonte: Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (2021).

Anexo C – Planta baixa e corte de um silo padrão de alvenaria armada



Fonte: Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (2021).

Anexo D - Desenvolvimento da análise de conteúdo

Desenvolvimento de uma análise

Fonte: Bardin (1977).