

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA**

**VICTOR HUMBERTO SARTURI PONTE**

**ANÁLISE DAS ESTRUTURAS DE SECAGEM DE ARROZ NO MUNICÍPIO DE  
ALEGRETE**

**Alegrete**

**2022**

**VICTOR HUMBERTO SARTURI PONTE**

**ANÁLISE DAS ESTRUTURAS DE SECAGEM DE ARROZ NO MUNICÍPIO DE  
ALEGRETE**

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

Orientador: Vinícius dos Santos Cunha

**Alegrete**

**2022**

**VICTOR HUMBERTO SARTURI PONTE****ANÁLISE DAS ESTRUTURAS DE SECAGEM DE ARROZ NO MUNICÍPIO DE ALEGRETE**

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

Trabalho defendido e aprovado em: 21 de março de 2022.

Banca examinadora:

---

Prof. Dr. Vinícius dos Santos Cunha  
Orientador  
(UNIPAMPA)

---

Prof. Dr. Ádamos de Sousa Araújo  
(UFPEL)

---

Prof. Dr. José Gabriel Vieira Neto  
(UNIPAMPA)



Assinado eletronicamente por **JOSE GABRIEL VIEIRA NETO, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 23/03/2022, às 16:10, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **VINICIUS DOS SANTOS CUNHA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 23/03/2022, às 16:14, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **Ádamo de Sousa Araújo, Usuário Externo**, em 23/03/2022, às 17:06, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **0756875** e o código CRC **BF8ADFD8**.

## RESUMO

A secagem de grãos é uma das principais etapas do pós-colheita para manutenção da conservação dos grãos armazenados. No entanto, diariamente ocorrem erros na secagem que ocasionam a perda de grãos que são fundamentais para a sobrevivência humana, ou a perda de sementes. No presente momento, as estruturas de secagem são dispostas da seguinte maneira: pré-limpeza e secagem dos grãos em secadores dos tipos intermitentes ou contínuos. O presente trabalho tem como objetivo analisar o estado de conservação e funcionamento dos secadores, através dos métodos de amostragem, de determinação de umidade de entrada e saída dos grãos, vazão e temperatura do ar na secagem, tipos de ventiladores, estados de conservação dos secadores e os tipos de secadores utilizados no município. Concluiu-se que as unidades de secagem avaliadas no município de Alegrete atendem ao mínimo dos requisitos para se obter uma boa secagem e qualidade e rendimento de grãos.

**Palavras-chave:** Arroz; Estrutura de secagem; Secadores.

## **ABSTRACT**

The drying of grains is one of the main stages of postharvest to maintain the conservation of stored grains. However, daily errors occur during drying which cause the loss of grains that are fundamental for human survival, or the loss of seeds. At present, drying structures are arranged as follows: pre-cleaning and drying of grains in intermittent or continuous dryers. The present work has the objective of analyzing the state of conservation and functioning of the dryers, through the sampling methods, determination of the entrance and exit humidity of the grains, flow and temperature of the air in the drying, types of fans, states of conservation of the dryers and the types of dryers used in the city. It was concluded that the evaluated drying units at Alegrete satisfy the minimum requirements to obtain a good drying and grain quality and yield.

**Keywords:** Rice; Drying structure; Dryers machine.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Série histórica da produtividade de arroz em casca entre as safras de 2009/10 e 2021/22. ....	13
<b>Figura 2</b> – Exemplo de secador intermitente. ....	18
<b>Figura 3</b> – Exemplo de secador de fluxo contínuo.....	20
<b>Figura 4</b> – Gráfico psicrométrico.....	23
<b>Figura 5</b> – Ventilador centrífugo. ....	26
<b>Figura 6</b> – Ventilador axial. ....	26
<b>Figura 7</b> – Distribuição da amostragem em caminhões e vagões. ....	28
<b>Figura 8</b> – Parâmetros avaliados na unidade de secagem.....	30
<b>Figura 9</b> – Parâmetros de termometria.....	31
<b>Figura 10</b> – Aparelho que indica a temperatura do ar que passa pela massa de grãos em uma unidade.....	32
<b>Figura 11</b> – Medidor de umidade por capacitância elétrica. ....	33
<b>Figura 12</b> – Secador intermitente. ....	34
<b>Figura 13</b> – Temperatura de massa de grãos.....	36

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Teor de umidade (% b.u) para colheita mecanizada e armazenamento seguro. ....	22
<b>Tabela 2</b> – Perguntas realizadas ao responsável da unidade secadora.....	27

## **LISTA DE SIGLAS**

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.

IRGA – Instituto Rio Grandense do Arroz.



## Sumário

1.	INTRODUÇÃO .....	10
1.1	OBJETIVO GERAL.....	11
1.2.	Objetivo específico .....	11
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	12
2.1.	Arroz.....	12
2.2.	Sistemas de secagem.....	13
2.2.1.	Secagem Natural.....	15
2.2.2.	Secagem artificial .....	16
2.3.	Operação de secadores.....	17
2.3.1.	Intermitente .....	17
2.3.1.1.	Intermitente lento.....	18
2.3.3.2.	Intermitente rápido .....	19
2.3.2.	Contínuo.....	19
2.4.	Propriedades que influenciam a secagem.....	20
2.4.1.	Temperatura.....	21
2.4.2.	Teor de água nos grãos .....	21
2.5.	Psicrometria .....	22
2.6.	Instrumentação .....	23
2.6.1.	Termometria.....	24
2.6.2.	Medição de umidade de grãos.....	24
2.7.	Ventiladores.....	26
3.	MATERIAIS E MÉTODOS .....	27
3.1.	Amostragem .....	28
3.2.	Umidade de grãos .....	28
3.3.	Ventiladores.....	29
3.4.	Secadores .....	29
3.5.	Aquecimento do ar.....	29
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	30
6.	CONCLUSÃO.....	38
	REFERÊNCIAS.....	39

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um país em desenvolvimento com forte aptidão para produção agrícola, setor este que tem um papel fundamental na economia. A produção de grãos, por sua vez, representa parcela importante. O arroz é o principal componente da dieta básica da população mundial, sendo responsável por 20% da fonte de energia alimentar da população mundial, enquanto o trigo fornece 19% e o milho 5%. Nos países asiáticos, mais de dois bilhões de habitantes têm o arroz e seus derivados como fontes de 60 a 70% das calorias ingeridas diariamente. Este cereal é, portanto, um alimento de extrema importância para a segurança alimentar da população mundial (FAO, 2008).

Segundo o relatório de fevereiro de 2022 do Conselho Nacional de Abastecimento - CONAB, a previsão para a safra 2021/2022 para a produção de arroz irrigado no Brasil é de 9.762.600 toneladas (CONAB, 2022).

Com a evolução da pandemia de Covid-19 e consequente valorização no preço do arroz, a demanda interna e externa do arroz brasileiro cresceu. Na safra de 2021/22, a elevada produtividade das lavouras de arroz do Rio Grande do Sul, que representa 70,5% da produção nacional, vem possibilitando a retomada dos estoques do produto (CONAB, 2021).

No Rio Grande do Sul, principal produtor de arroz do país, as perspectivas (em cenário neutro) do CONAB apontam para um crescimento de 2,4% na área plantada, ao passo em que no país este crescimento é de 1,4%, impactado pelo aumento dos custos produtivos e incertezas de preço futuro. A tabela 1 apresenta a série histórica da produtividade (em mil kg/ha) de arroz, inclusive com a previsão para a safra 2021/22.

O Brasil é o maior produtor de arroz entre os países ocidentais. Apesar de algumas reduções em algumas safras, a produção de arroz vem apresentando uma tendência de crescimento devido ao incremento da produtividade. Apenas no estado do Rio Grande do Sul, segundo previsões do CONAB (2022) para a safra 2021/22, a área de produção estimada de arroz irrigado é de 957.400 hectares, ao passo em que a produção, também estimada, é de 7.424.600 toneladas.

Pelo fato de o arroz ser um produto sazonal, mas de demanda constante, é necessário que haja o domínio das tecnologias de secagem e armazenamento de forma a garantir melhor eficiência na produção e na utilização deste cereal. O processo de secagem de sementes e grãos, além de possibilitar a manutenção da qualidade fisiológica durante o armazenamento, contribui para a antecipação da colheita, evitando perdas de diversas naturezas durante o processo produtivo (GARCIA et al., 2004).

O principal componente que controla a atividade biológica dos produtos agrícolas é o teor de água contido neles. Assim, sua conservação está vinculada a redução desse teor de água através do processo de secagem. Esse processo é o mais utilizado para assegurar a qualidade e a estabilidade dos grãos e sementes pela redução na quantidade de água, atividade biológica e as mudanças químicas e físicas geradas no armazenamento. (MENEGETTI *et al.*, 2012)

No que tange a secagem, o processo pode ser do tipo natural, o qual usa condições de sol e vento (naturais) ou artificiais, fundamentado pelo controle das propriedades do fluxo de ar artificial, tais como temperatura e velocidade de movimentação. (PORTELLA e EICHELBERGER, 2001).

## **1.1 OBJETIVO GERAL**

O presente trabalho teve como objetivo avaliar estruturas de secagem de cinco unidades que secam e armazenam arroz no município de Alegrete - Rio Grande do Sul, tendo como base os padrões encontrados na literatura.

### **1.2. Objetivo específico**

Avaliar as condições de secagem, bem como realização de amostragem, temperatura e tempo de secagem, sentido do ar e tipo de ventilador utilizado, secador possui termometria, obtenção de aparelho para verificação de umidade, umidade de entrada e saída dos grãos, principais tipos secadores utilizados, capacidade do secador e principal matéria utilizada para gerar calor. Com esses dados colhidos será feito uma análise de quais dessas unidades estão em conformidade.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. Arroz**

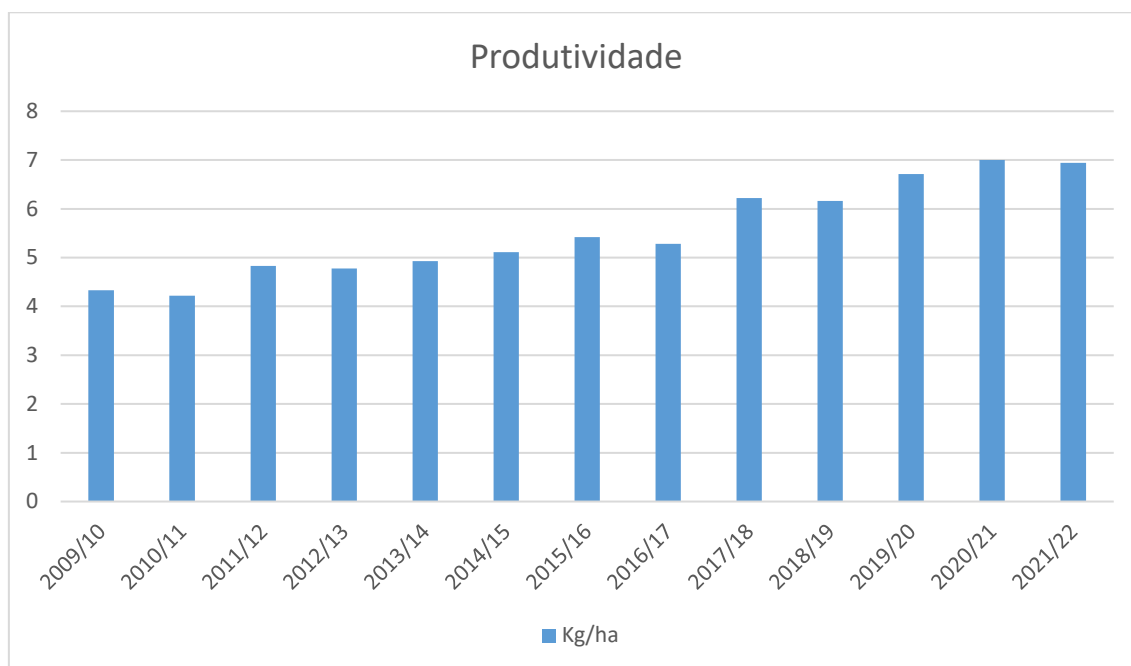
O grão de arroz tem, inicialmente, sua composição dada por casca, película, germe e endosperma. No beneficiamento do arroz, o germe e a película são retirados, por meio de polimento, dos grãos, tornando-se o farelo, o qual concentra as vitaminas e sais minerais do grão. Finalmente, o endosperma, composto de amido, é o produto que realmente é consumido pela população (BASINELLO e CASTRO, 2004).

Metade da população mundial consome arroz todos os dias, sendo esta porção representando 20% da fonte de energia alimentar da população (FAO, 2008). Mais de 2 bilhões de pessoas dependem dele para mais de 50% do seu consumo de calorias e sua produção precisa ser aumentada expressivamente, pelo menos a médio prazo. A importância do arroz na dieta alimentar é ainda mais relevante nos países em desenvolvimento, onde este grão fornece, por dia, 715 kcal, 27% dos carboidratos, 20% das proteínas e 3% dos lipídios, o que aponta para a importância do grão no contexto mundial.

Há uma necessidade em aumentar a produção de alimentos, projetos do IRGA, EMBRAPA e 10+, por exemplo, visam otimizar a produção de arroz, dada a quantidade restrita de terra para a agricultura. É preciso aumentar a produtividade de cada hectare cultivado, a fim de alimentar uma população crescente, e o arroz, neste contexto, é um grão que compõe a segurança alimentar do planeta, sendo fácil de cozinhar e muito versátil.

O Sistema de Produção Clearfield®, confere às plantas de arroz tolerância a herbicidas altamente efetivos no controle do arroz vermelho e de outras importantes plantas daninhas da cultura. É o sistema ideal para o melhor desenvolvimento do cultivo de arroz (BASF, 2019).

**Figura 1** – Série histórica da produtividade de arroz em casca entre as safras de 2009/10 e 2021/22.



Fonte: CONAB, 2021.

No Brasil, o consumo médio de arroz é de 108g por dia, sendo responsável por 14% dos carboidratos necessários para a dieta alimentar. Logo, fica evidente a importância do arroz no aspecto nutricional da população. (KENNEDY et al., 2002 apud WALTER et al., 2008)

A maior parte da produção nacional de arroz é utilizada para abastecer o mercado interno. Sendo importado apenas para regular os estoques, adquirindo os grãos principalmente do Uruguai, da Argentina e do Paraguai. Quando o arroz brasileiro é exportado, há um direcionamento na sua maior parte (cerca de 80%) para África do Sul, Nigéria, Senegal, Benin, Suíça, Gâmbia e Camarões (EPAGRI, 2013).

## 2.2. Sistemas de secagem

Os grãos e sementes são produtos higroscópicos, assim sendo capazes de se equilibrarem com a umidade relativa do ar que está ao seu redor, perdendo ou ganhando água. Esse equilíbrio depende da temperatura e umidade relativa do ar e do tipo de grão. Grãos com alto teor lipídeos se

equilibram com teores de água menores do que grãos com alto teor de carboidratos ou de proteínas, isso devido a questões hidrofóbicas dos lipídios (ALEIXO, 2021).

A secagem é a operação que tem por finalidade reduzir o teor de umidade do produto a nível adequado à sua estocagem por um período prolongado, mantendo ao máximo a sua qualidade. Por exemplo, a secagem dos grãos de arroz é realizada para que seja possível o armazenamento por longos períodos sem que o mesmo sofra ataques de pragas ou discriminação de doenças. A secagem dos grãos adequada ocorre pela circulação dos grãos pelo secador com temperaturas que variam de 80 a 100 °C até atingir a umidade ideal para o armazenamento. A operação correta dos secadores permite economizar tempo, mão de obra, combustível, e reduzir os riscos de incêndios. A umidade do produto após secagem deve ser de acordo com os valores recomendados para armazenagem. Para secar os grãos de maneira correta, é necessário fazer antes uma pré-limpeza do produto, objetivando retirar o excesso de impurezas e matérias estranhas do produto. Essa operação é importante porque as eliminações desses materiais vão permitir obter um maior rendimento do secador, maior economia de combustível e menores riscos de incêndios (CASEMG, 2016).

Na colheita do arroz, a umidade ideal é entre 18% e 23%, valores estes atingidos, geralmente, à época em que os grãos se encontram no término de sua maturação, porém esta faixa de umidade não é adequada para armazenamento longo período devido a ocorrências de fungos. Após a formação e amadurecimento dos grãos, se ocorrerem atrasos na colheita, pode haver perda na sua qualidade, com a oscilação do teor de água dos grãos, devido ao orvalho da noite e às horas de sol do dia. Além disso, no campo o arroz está sujeito a chuvas que podem ocorrer no final do período de maturação. Essas variações na umidade podem causar fissuras, que, por ocasião do beneficiamento, resultam em grãos quebrados. Por essas razões é necessário, para obter um grão de alta qualidade e bons rendimentos de inteiros, secá-lo até atingir o teor de umidade adequado, em torno de 13% (BRAGANTINI, 1999).

A utilização do sistema de secagem pode ser feita de várias formas e maneiras, sendo utilizada a classificação da seguinte forma: secagem natural e secagem forçada.

### **2.2.1. Secagem Natural**

Esse método utiliza como principal ferramenta de secagem a incidência solar, que causa uma redução do teor de umidade dos produtos aplicados, dependendo da faixa da temperatura em que o grão se encontra. Esse tipo de secagem é muito utilizado na cultura do café e cacau. A desvantagem desse método de secagem é que ele depende das condições climáticas (CASEMG, 2016).

Conforme Silva et al. (2008), o princípio desse processo ocorre no final da maturação fisiológica do grão, quando se contém um elevado teor de umidade. A movimentação do produto é um dos principais aceleradores da secagem. O ar se movimenta pela ação do vento e a energia para evaporação de umidade provém do potencial de secagem do ar e da incidência direta de calor.

A secagem natural começa na própria planta, a partir do momento em que a maturação é completada e a semente atinge a maturidade fisiológica. Contudo, apesar da economia de energia para secagem, são verificadas perdas quantitativas e qualitativas, devido à maior exposição do produto a agentes deteriorantes, principalmente oscilações de umidade e temperatura que ocorrem durante o dia (FRANCO e PETRINI, 2006).

A secagem na própria planta, assim como após a colheita, ocasiona contração das células externas dos grãos, produzindo tensão na superfície e compressão na parte central, levando a formação de fissuras. A estrutura, a textura e a composição química são variáveis nas diversas partes do grão. No arroz, o conteúdo de proteínas é maior na periferia do que no centro. Por essa razão, as células dessa região são fisicamente mais resistentes do que as demais (FRANCO e PETRINI, 2006).

### 2.2.2. Secagem artificial

A secagem artificial tem grande importância, pois possibilita o planejamento da colheita reduzindo as perdas no campo por deixar a cultura menos tempo exposta às intempéries, insetos, fungos entre outros (LUZ e LUZ, 2016).

A secagem artificial é realizada por meio de equipamentos denominados secadores que tem como principal objetivo reduzir umidade de massa de grãos a condições de garantir uma boa armazenagem. Tem como princípio o aumento da temperatura servindo como fluxo de ar aquecido de veículo de evaporação para que haja a retirada parcial da umidade dos grãos, conseqüentemente ocorrendo o rompimento do equilíbrio higroscópico transferindo umidade de dentro dos grãos para o ar (CONAB, 2020).

Dentre os métodos de secagem artificial, a secagem com altas temperaturas é a mais rápida e independente das condições climáticas locais. Normalmente, o fluxo de ar utilizado depende do tipo de secador, sendo geralmente superior a  $10 \text{ m}^3 \text{ min}^{-1} \text{ t}^{-1}$ . Como em outros sistemas de secagem, os seguintes parâmetros podem influenciar a taxa de secagem: temperatura e umidade relativa do ar ambiente, temperatura e fluxo de ar de secagem, umidade ideal do produto, fluxo do produto no secador (SILVA et al., 2008).

O aquecimento do ar na secagem, cujas finalidades são diminuir sua umidade relativa e aumentar sua entalpia e sua capacidade evaporativa, deve ser controlado dentro de limites determinados, em virtude dos danos físicos, químicos e biológicos que podem causar aos grãos (FRANCO e PETRINI, 2006).

Os principais danos causados aos grãos de arroz durante a secagem com ar aquecido são trincamento, formação de crosta periférica, alteração de coloração, desestruturação do amido e morte do próprio grão, que provocam reduções no rendimento industrial e no valor comercial, além de diminuir a conservabilidade durante o armazenamento e dificultar as operações de preparo para consumo. Os grãos de arroz são sensíveis aos choques térmicos, por isso a alternância do emprego de ar aquecido e ar ambiente aumenta o número de grãos trincados (FRANCO e PETRINI, 2006).



Para se evitar o choque térmico, a temperatura do ar de secagem deve ser aumentada gradualmente e a exposição do ar aquecido deve ser realizada por curtos espaços de tempo. O resfriamento deve ser realizado após os grãos terem atingido o equilíbrio energético, que pode ser alcançado após um período de repouso em uma câmara de equalização, sem circulação forçada de ar (FRANCO e PETRINI, 2006).

### **2.3. Operação de secadores**

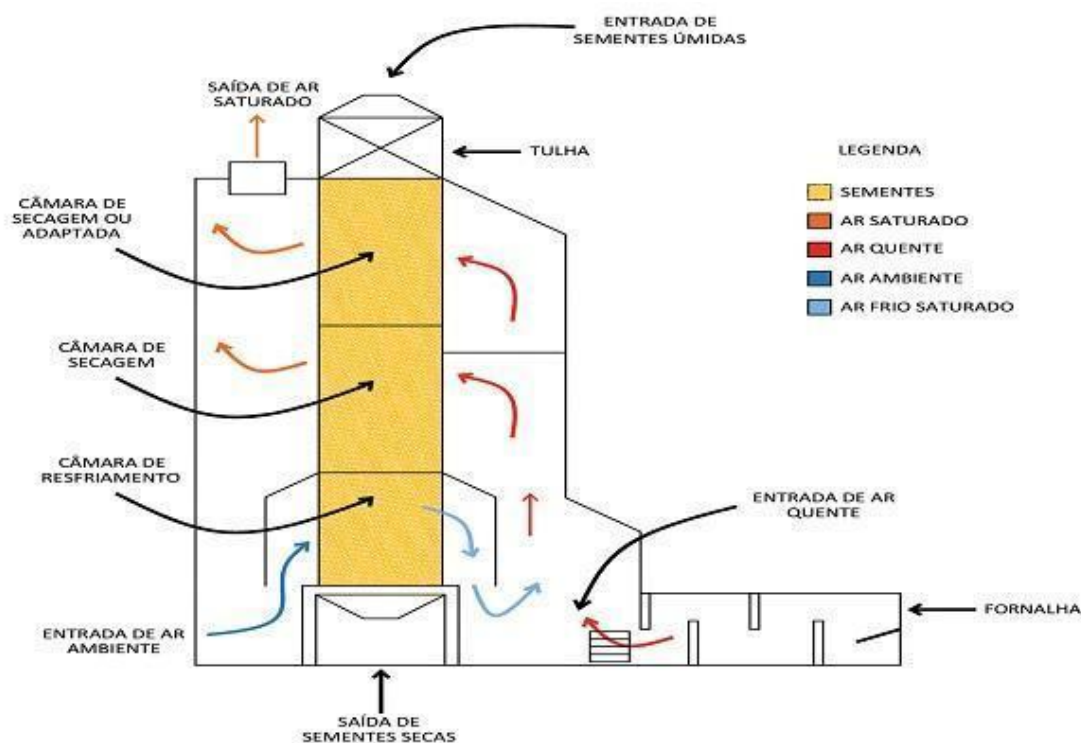
No cenário atual, existem no mercado de secagem de grãos dois tipos de secadores: intermitente e contínuo. Ainda, o intermitente é subdividido em intermitente lento e intermitente rápido.

#### **2.3.1. Intermitente**

O modelo de secagem intermitente é composto por câmaras de secagem, onde o grão fica em contato com o ar quente por curto período e volta para o topo do secador para o processo de equalização onde os grãos ficam por um tempo maior, para que a água do interior dos grãos saia para sua camada externa (SILVA et al., 2008).

Na secagem intermitente, como mostrado na figura 1, a operação se dá com movimentação dos grãos e do ar de secagem, mantendo períodos alternados de contato e de isolamento. Esse sistema necessita de maiores investimentos para a instalação e da aplicação de tecnologia mais sofisticada do que o estacionário. No entanto, os resultados deste processo podem ser bastante benéficos, principalmente em grãos com certa resistência a danos mecânicos e que sejam sensíveis a danos e choques térmicos, caso do grão de arroz. Neste sistema, a secagem apresenta boa uniformidade, uma vez que os grãos permanecem recirculando no interior do secador e o seu contato com o ar é descontínuo (FRANCO e PETRINI, 2006).

**Figura 2** – Exemplo de secador intermitente.



Fonte: FÁBRICA DE PROJETOS, 2018.

### 2.3.1.1. Intermitente lento

Esse método é utilizado para secagem de grãos em um processo de secagem que não tem temperaturas elevadas. No caso das sementes/grãos de arroz, o método intermitente lento exige, para que não haja perda na qualidade, que a secagem seja feita utilizando uma temperatura máxima de 70°C (PEREIRA et al., 2000).

Temperaturas muito elevadas no ar de secagem não são indicadas para sementes, e, mesmo para grãos, não podem ter uso indiscriminado, pois podem provocar elevação excessiva na taxa de remoção de água e/ou superaquecimento dos grãos, aumentando grandemente os danos térmicos, à medida que a massa de grãos se aquece. Temperaturas muito baixas do ar de secagem, por sua vez, exigem um substancial aumento do número de passagens dos grãos pelo conjunto secador-elevador, provocando aumentos de danificação mecânica, uma vez que sua ocorrência relativa é diretamente proporcional à movimentação dos grãos (FRANCO e PETRINI, 2006).

### **2.3.3.2. Intermitente rápido**

A secagem rápida de grãos ocorre quando estes passam por altas temperaturas de secagem, de modo que a força e o calor do ar aquecido retiram a umidade dos grãos mais rápidos.

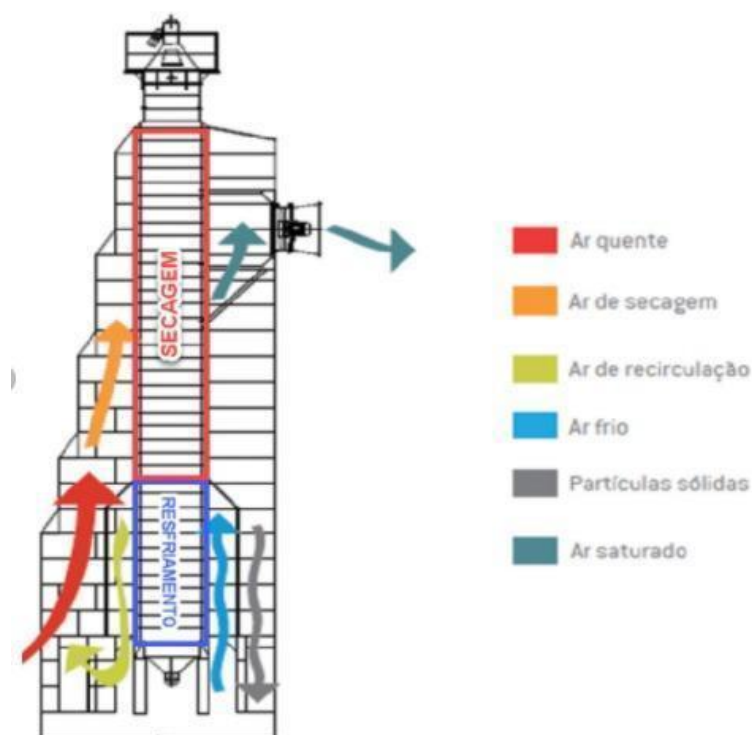
Na secagem de ar forçado é recomendável que se utilize temperaturas crescentes na hora da secagem para que não ocorra grandes danos aos grãos e choques térmicos. Os grãos que serão secados nos secadores devem passar pelo processo de pré-limpeza para que não seja interrompido a secagem e consequentemente o entupimento do secador.

Na secagem intermitente a operação ocorre com movimentação dos grãos e do ar de secagem, que mantém períodos alternados de contato e de isolamento. Este sistema exige maiores investimentos para a instalação e o uso de tecnologia mais sofisticada do que o estacionário, porém com resultados que podem ser bastante compensadores em grãos dotados de certa resistência a danos mecânicos e sensíveis a danos e choques térmicos, como os de arroz. Neste sistema, como os grãos permanecem recirculando no interior do secador e o seu contato com o ar é descontínuo, a secagem apresenta boa uniformidade.

### **2.3.2. Contínuo**

A secagem contínua, figura 2, comumente é realizada em secadores contínuos que tem como princípio duas câmaras de secagem, uma de secagem e a outra de resfriamento. Esse método tem como fundamento a passagem dos grãos uma vez pela câmara de secagem, de maneira que entrem úmidas no topo do secador e saiam secas. (FRANCO e PETRINI, 2006).

**Figura 3** – Exemplo de secador de fluxo contínuo.



Fonte: SMA METALÚRGICA LTDA, 2020.

O processo clássico de secagem seca-aração é constituído por duas fases. A primeira corresponde a uma secagem convencional inicial com temperatura do ar alta, que visa a secagem dos grãos 2 a 3% acima do desejado. Após essa fase, os grãos/sementes ficam em repouso, cuja duração varia de 4 a 12 horas, mantendo a ventilação forçada com ar ambiente (FRANCO e PETRINI, 2006).

#### **2.4. Propriedades que influenciam a secagem**

A porosidade é uma das propriedades dos grãos que influenciam no processo de secagem dos grãos; seu conceito trata dos espaços vazios de uma massa de grãos e quanto maior esse espaço mais fácil será a passagem do ar. O ar quanto mais rápido é forçado a passar através da massa, maior será a resistência do movimento do ar. A porosidade interfere diretamente na pressão estática (MATA & DUARTE, 2002).

Silva et al. (2008), destaca que a umidade dos grãos no arroz tem uma grande influência na sua secagem. O arroz por ter a casca, possui uma grande

dificuldade em retirar a umidade do grão. A umidade do arroz quanto mais próxima da umidade ideal de armazenamento, mais difícil de retirar do grão.

Principais propriedades que influenciam na secagem: teor inicial e final de água dos grãos; temperatura inicial e final dos grãos, propriedades térmicas dos grãos; resistência oferecida ao fluxo de ar; temperatura e umidade relativa do ar ambiente; características da fonte complementar de energia para o aquecimento do ar (CASEMG, 2016).

#### **2.4.1. Temperatura**

A temperatura de secagem pode variar de acordo com o que se espera do produto dependendo do fluxo de grãos e de ar quente para secagem. A secagem para sementes deve ocorrer de modo que não destrua o poder germinativo da espécie. O processo deve ser feito com a elevação da temperatura gradualmente até que atinja no máximo 39 °C na massa de grãos, pois se passar dessa temperatura já ocorre danificação da semente.

Os produtos que são beneficiados para consumo humano, com o arroz, são sensíveis a temperatura, então não podem sofrer choques térmicos para que não haja quebra dos grãos, então a temperatura deve ser elevada gradativamente.

Segundo Silva et al. (1995), no processo de secagem deve-se atentar à temperatura da massa de grãos e à temperatura do ar de secagem. Embora deva haver grande preocupação com a temperatura do ar de secagem em sistema de altas temperaturas, a temperatura, a temperatura atingida pelos grãos ou sementes é mais importante para a prevenção de danos. Quando se trata de semente esta preocupação deve ser ainda maior, devido aos danos ao embrião que pode ser causado por temperaturas excessivas.

#### **2.4.2. Teor de água nos grãos**

A água que contém nos grãos é representada por unidade de massa do grão úmido ou seco. Expresso pela quantidade de água e a massa seca ou entre a quantidade de água e a massa total.

O teor de água é um dos principais fatores que influenciam na sua prevenção na deterioração dos grãos, na prevenção de agentes externos, e principalmente na conservação do produtor por longos períodos.

**Tabela 1** – Teor de umidade (% b.u) para colheita mecanizada e armazenamento seguro.

Produto	Colheita		Ideal	Armazenamento seguro	
	máximo	ótimo		Após secagem	1 ano
Café	62	62	12	11	10
Milho	23	20 - 22	11	11	9 - 10
Arroz	21	17 - 19	11	11 - 12	9 - 11
Soja	-	-	-	11 - 12	9 - 10
Sorgo	26	23 - 26	9	11 - 12	9 - 10
Trigo	23	15 - 17	8	12 - 13	10 - 11

Fonte: SILVA et al. (2005).

Conforme Silva et al. (2005), o teor de umidade dos produtos interfere para que os fungos se desenvolvam em produtos cuja atividade de água varia de 0,60 a 0,90 e teor de umidade dos grãos na faixa de 14 a 22%. Por isto, na conservação de grãos é empregado o processo de secagem, o qual visa reduzir o teor de umidade dos produtos em níveis que a atividade de água não propicie a proliferação de fungos.

A secagem deve ser imediata ao máximo até 24 horas após a colheita, pois arroz recém-colhido com alto teor de umidade promove o aquecimento natural da massa dos grãos (fermentação). Uma secagem inadequada reduzirá drasticamente a qualidade dos grãos, principalmente se for semente, pois, poderá promover a morte da mesa (SOARES, 2004).

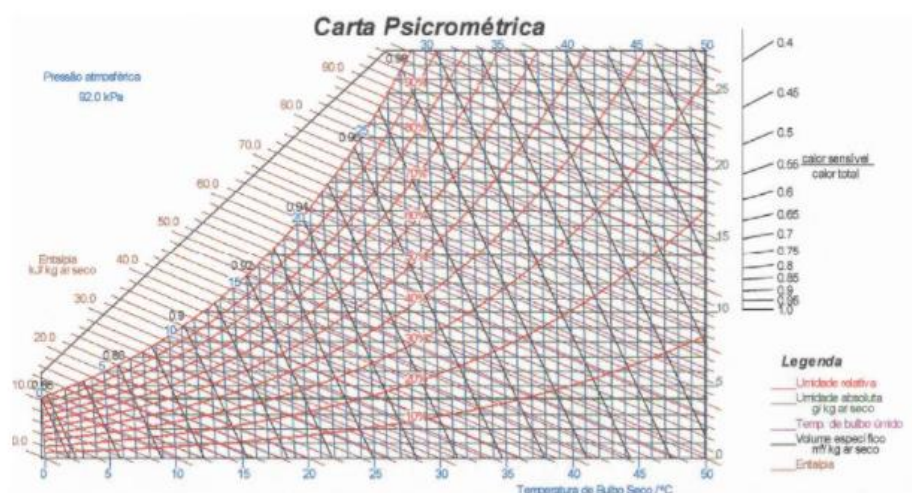
## 2.5. Psicrometria

A psicrometria é o estudo das misturas de ar e vapor d'água, isto é, o estudo do ar úmido. A aplicação pode ser feita com o controle do clima, em especial em condicionamento de ar para o conforto térmico, a condensação em superfícies frias.

Os gráficos, que expressam a capacidade de retenção de vapor de água pelo ar para diferentes temperaturas, são denominados psicrométricos ou carta psicrométrica, e fornecem, ainda, diversas outras propriedades denominadas condições psicrométricas, ou características psicrométricas, ou parâmetros psicrométricos.

A partir de duas variáveis não colineares, é possível ser determinado um ponto de estado, também denominado “ponto de estado higrométrico” ou “ponto de estado psicrométrico” do ar. São colineares entre si: a entalpia e a temperatura de bulbo úmido; a pressão de vapor e a umidade absoluta.

**Figura 4** – Gráfico psicrométrico.



Fonte: SILVA (2007).

## 2.6. Instrumentação

O secador de grãos é composto por vários instrumentos que realizam a secagem dos produtos. Um secador é composto de câmara de secagem, onde ocorre a retirada de água dos grãos e posterior ele é elevado e acondicionado na câmara de repouso onde fica por alguns minutos e assim logo após o grão passa pela câmara de secagem novamente e fica nesse processo até que seja atingida a umidade ideal para o armazenamento.

Para que ocorra a elevação do produto para o topo do secador, contém um elevador de canecas que é movido por um motor elétrico. O produto que

passa pelo secador é movido para o elevador por uma rosca ou uma fita transportadora.

Esse secador sendo ele intermitente ou contínuo é composto por uma fornalha e por uma ventilação forçada que pode ser positiva ou negativa, a mesma que passa na câmara de secagem para retirar a umidade dos grãos.

### **2.6.1. Termometria**

Importância da medição de temperatura da entrada do produto da unidade, pois é a partir desta umidade que se vai determinar a quantidade de “energia” necessária para secagem destes grãos.

A temperatura em grãos pode ser muito variável, principalmente em arroz, pois pode ser secado para fins de beneficiamento e para semente. A maneira a ser amostrada a temperatura pode ser de vários modos, mas o mais comum para secadores a nível fazenda e a retirada de uma amostra é colocado um termômetro para verificação da temperatura. Existem no mercado métodos que acompanham a temperatura do grão em tempo real, momento a momento.

### **2.6.2. Medição de umidade de grãos**

Os medidores de umidade por capacitância medem a constante dielétrica do grão colocado entre as duas placas de um capacitor. A constante dielétrica é dependente da umidade (LUZ, 2006).

A água presente nos grãos de arroz é quantitativamente o segundo maior constituinte, mas qualitativamente é o fator mais importante e determina não apenas sua qualidade, mas seu alto metabolismo e o de organismos a eles associados, os quais podem prejudicar seu valor. Sua avaliação deve ser feita antes mesmo da colheita, e continuar durante a armazenagem e após o beneficiamento.

Sabe-se que o tempo de armazenamento dos grãos diminui à medida que o conteúdo de umidade dos grãos aumenta, bem como que o conteúdo de umidade tem um efeito dominante no predomínio e na atividade de insetos e



fungos, durante o armazenamento. A ação destrutiva destas pragas de grãos aumenta à medida que o conteúdo de umidade também aumenta. Além disso, os grãos são vendidos tendo o peso como base, do qual a água faz parte.

A amostragem da umidade em uma unidade beneficiadora de grãos é feita com aparelhos conforme a norma regulamentadora que pode ser métodos indiretos e diretos.

Indiretos é a maneira mais rápida a ser amostrada a umidade, são feitas em aparelhos: G 600, G 800, G 900, Motomco e outros.

Métodos diretos são realizados em estufas, e calculados.

$$u = 100 \left( \frac{Pa}{Pt} \right)$$

Eq.1

Onde:

U= teor de umidade, %

Pa= peso da água

Pt= peso total da amostra

$$Pt = (Pms + Pa)$$

Eq. 2

Onde:

Pt= peso total da amostra

Pms= peso da matéria seca

Pa= peso da água

$$u' = 100 \left( \frac{Pa}{Pms} \right)$$

Eq.3

Onde:

U'= teor de umidade, %

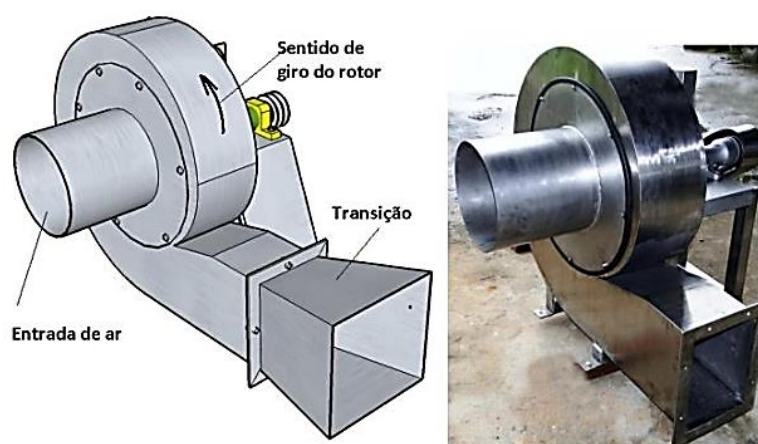
Silva et al. (2008).

## 2.7. Ventiladores

A ventilação é realizada por insuflação ou sucção de ar, essa ventilação é realizada para que seja retirada a água do grão em forma de umidade. Secadores intermitentes essa passagem de ar é realizada na parte inferior dos grãos, e secadores contínuos a passagem é realizada na parte superior.

Quanto à tipologia, os ventiladores podem ser centrífugos (figura 4) ou axiais (figura 5):

**Figura 5 – Ventilador centrífugo.**



Fonte: Silva et al. (2008).

**Figura 6 – Ventilador axial.**



Fonte: Silva et al. (2008).

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no município de Alegrete-RS, onde foram visitadas cinco unidades de secagem de arroz e avaliados os seguintes itens: equipamento de amostragem, medidor de umidade, tipo e capacidade do secador, presença ou não de termometria, temperatura utilizada na secagem, equipamentos que a unidade apresenta como o tipo de ventilador (centrífugo ou axial), se é por insuflação ou por sucção.

Posteriormente, foram analisados o estado de conservação e funcionamento dos secadores, através dos métodos de amostragem, de determinação de umidade de entrada e saída dos grãos, vazão e temperatura do ar na secagem, tipos de ventiladores, estados de conservação dos secadores e os tipos de secadores utilizados na região.

A presente pesquisa ocorreu nos dias 17 e 18 de janeiro de 2022, com visita a cinco unidades de secagem. Para a condução da pesquisa foi utilizado uma tabela com as perguntas a serem realizadas (tabela 2).

**Tabela 2 – Perguntas realizadas ao responsável da unidade secadora.**

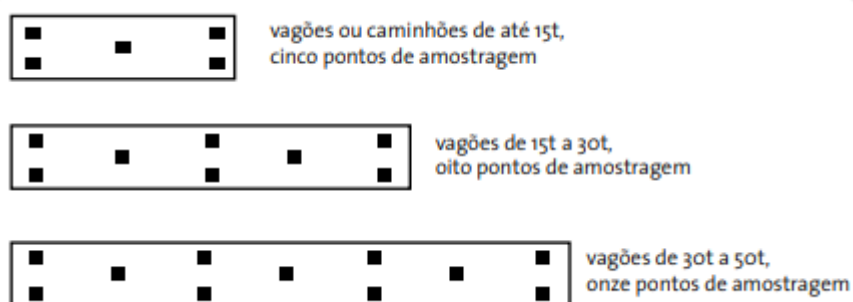
Local:			
Realização da amostragem:			
Tipo de secador:			
Qual o sentido do ar utilizado:	Sucção (.....)	Insuflação (.....)	
Capacidade do secador:			
Secador possui termometria:	Sim (.....)	Não (.....)	
Se sim, quantos pontos:			
Possui equipamento para verificação de umidade do grão:	Sim (.....)	Não (.....)	
Se sim, qual a umidade de chegada e saída dos grãos:			
Qual a temperatura utilizada para secagem:			
Qual o combustível para realizar a secagem:			

Fonte: O autor, 2022.

### 3.1. Amostragem

O sistema de amostragem foi avaliado quanto ao tipo de equipamento utilizado: calador manual ou calador pneumático. Também foi analisado se a amostra retirada é representativa devido ao número de pontos e suas distribuições na carga avaliada. Como parâmetro de referência para a amostragem, foi utilizado o relatório do CONAB (2015), que discorre sobre as instruções para amostragem de grãos: para cargas abaixo de 15 toneladas, 5 amostras; de 15 a 30 toneladas, 8 amostras; de 30 a 50 toneladas, 11 amostras, representados na figura 7 (CONAB, 2015).

**Figura 7** – Distribuição da amostragem em caminhões e vagões.



Fonte: CONAB, 2015.

### 3.2. Umidade de grãos

O sistema de medição de umidade foi avaliado de acordo com o equipamento utilizado: medidor universal, cujo funcionamento se dá com base na condutividade elétrica, ou seja, quanto maior a umidade maior também será a corrente elétrica que atravessa o grão; o método capacitivo, caracterizado por ser um método indireto cuja funcionalidade por sensores, que indicam a variação da capacitância com base no volume de água contido nos grãos; o método por destilação, classificado como direto, que mensura o teor de umidade removendo a água contida nos grãos. Além disso, também foram avaliados o método de calibração e sua periodicidade.

### **3.3. Ventiladores**

Para avaliação dos ventiladores, foram verificados os seguintes itens:

- Tipo de ventilador (centrífugo ou axial);
- Sentido de fluxo (insuflação ou sucção);

### **3.4. Secadores**

Os secadores foram avaliados com os seguintes itens:

- Tipo de secador (Intermitente lento, intermitente rápido ou contínuo).
- Tempo de secagem
- Capacidade de secagem
- Temperatura do ar de secagem

### **3.5. Aquecimento do ar**

O aquecimento do ar foi avaliado em relação ao combustível utilizado na fornalha à lenha, casca de arroz ou a gás. Foi avaliado também se contém trocador de calor na fornalha ou o ar aquecido passa direto pela massa de grãos.

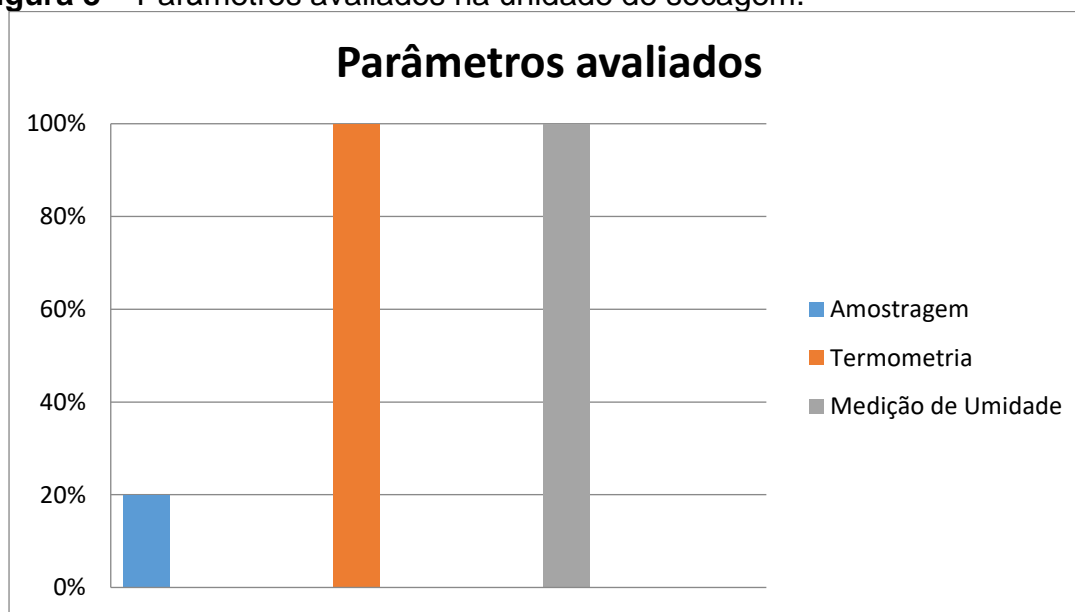
#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De forma a confrontar os resultados da pesquisa que serão apresentados abaixo, os parâmetros para avaliação de conformidade são dispostos em publicação do CONAB (2020), páginas 16 a 30, que trata dos princípios e técnicas de armazenagem, estabelecendo padrões de conformidade.

Constata-se que as unidades possuem uma capacidade total de secagem para 4100 sacas de arroz. Sendo uma unidade com capacidade de secagem para 1600 sacas a cada 7h, outra com capacidade de 750 sacas a cada 8h, outra com capacidade de 500 sacas a cada 10h, outra com capacidade de 1000 sacas a cada 8h e outra com capacidade de 250 sacas a cada 8h.

Após analisar os dados obtidos com a presente pesquisa, foi possível observar que as unidades de secagem atendem, em partes, aos requisitos que constam na literatura, não exatamente como a literatura indica. Analisando a figura 8 foi possível observar que apenas uma unidade de secagem faz a amostragem de acordo com a literatura. As outras unidades também realizam a amostragem, mas não como indicado na literatura.

**Figura 8 – Parâmetros avaliados na unidade de secagem.**



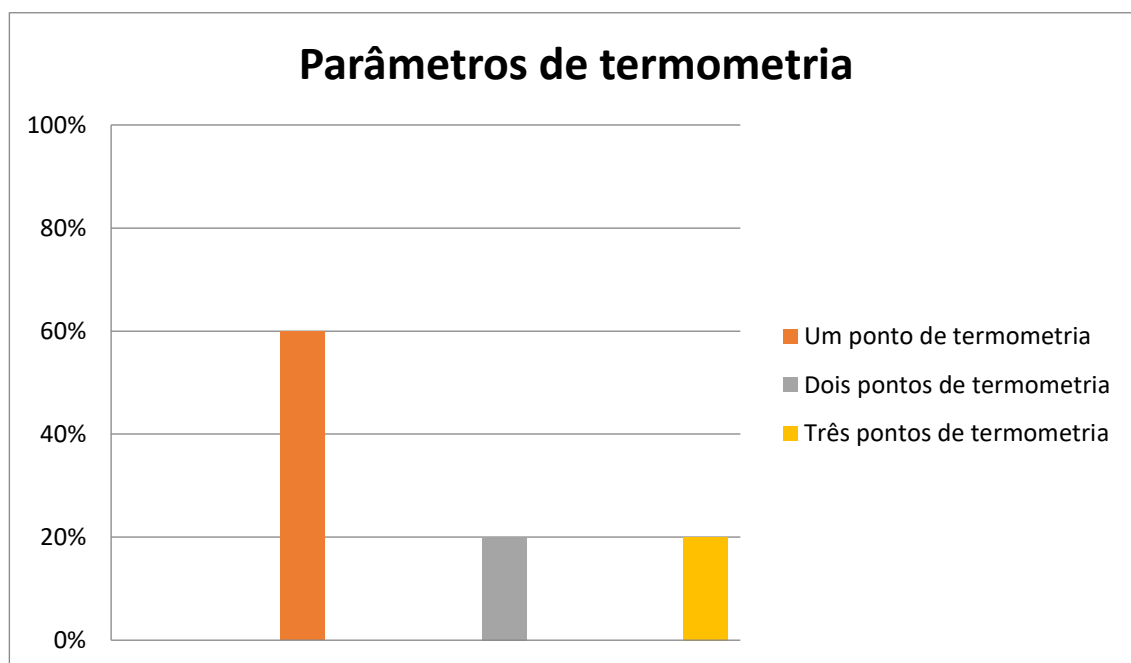
Fonte: O autor, 2022.

As avaliações da termometria foram realizadas conforme a unidade apresentava os pontos de medição da temperatura. Onde as unidades mais novas apresentaram termômetros digitais e mais de um ponto de verificação de umidade. Podemos analisar na figura 9 que temos três unidades com um ponto de termometria, uma unidade com dois pontos de termometria e uma unidade com três pontos de termometria.

Esses pontos estão localizados na câmara de secagem e na câmara de repouso. O ponto localizado na câmara de secagem é para se avaliar a temperatura que o ar está entrando na câmara e passando pela massa de grãos, pois essa temperatura não pode ser muito elevada para que não afete na qualidade dos grãos.

O ponto de termometria na câmara de secagem é para avaliar se o secador não está girando mais rápido do que deveria com o arroz, pois o grão do arroz precisa de um tempo de repouso para que a umidade do seu interior saia e se localize mais próximo da casca. As unidades de secagem mais antigas apresentaram apenas um ponto de termometria e com medição analógica. A figura 9 representa os parâmetros de termometria.

**Figura 9** – Parâmetros de termometria.



Fonte: O autor, 2022.

A figura 10 representa um aparelho que determina a temperatura do ar que entra na câmara de secagem e a temperatura da massa de grãos. Com esse aparelho é possível conciliar as duas temperaturas, assim resultando uma ótima qualidade de secagem. O aparelho foi visto apenas em uma das unidades visitadas.

**Figura 10** – Aparelho que indica a temperatura do ar que passa pela massa de grãos em uma unidade.



Fonte: O autor, 2022.

A coluna de ar aquecida que passa pela massa de grãos de um secador pode ser de forma com que esse ar seja de sucção ou insuflação. As unidades avaliadas têm como objetivo retirar a umidade do grão, então por esse motivo foram encontrados ventiladores do tipo axiais. Também as unidades apresentam diferentes formas de pressão de ar, as unidades mais novas apresentaram insuflação de ar, que representa 2/3 das propriedades



avaliadas e as unidades que são mais velhas utilizam sucção de ar, que é 1/3 das propriedades avaliadas.

A aeração por insuflação ou sucção podem apresentar eficiências equivalentes, desde que sejam corretamente dimensionadas. Exemplo clássico é o subdimensionamento do ventilador: na insuflação, que possibilita condensação na parte interna da cobertura do secador, enquanto na sucção pode haver obstrução dos furos da chapa perfurada sobre os dutos de aeração (ELIAS et al., 2017).

Em todas as unidades avaliadas, foram encontrados medidores de umidade do tipo por resistência elétrica (figura 10). Esse aparelho tem ampla utilização, apresenta fácil manuseio e rapidez na sua utilização, em que a condutividade elétrica de um material varia em função do seu teor de água, ou seja, este método indica o grau de umidade pela maior ou menor facilidade com que a corrente elétrica atravessa a massa de grãos (ELIAS et al., 2017).

**Figura 11** – Medidor de umidade por capacitância elétrica.



Fonte: O autor, 2022.

Secadores intermitentes são excelentes equipamentos para a secagem de grãos principalmente para grãos de arroz. Após analisar as cinco unidades de secagem obteve-se os dados necessários para a realização do estudo. Os secadores avaliados foram todos com secagem intermitente lenta, como mostra a figura 12.

**Figura 12 – Secador intermitente.**



Fonte: O autor, 2022.

Nesses secadores, a quantidade de água removida por unidade de tempo de secagem é consideravelmente maior do que quando a secagem é contínua. O rendimento de secagem aumenta porque o ar quente encontra a periferia dos grãos com teor de umidade mais elevada, em virtude da migração desta do centro para a periferia, durante o descanso do produto. Esta redistribuição de umidade, além de facilitar a secagem, diminui a possibilidade de ocorrência de trincas devido à distribuição de tensões internas nos grãos, conforme descrito por Silva et al. (2008).

A questão sobre qual secador (intermitente lento e rápido) é melhor para a secagem do grão foi levantada e avaliada com os produtores e os

responsáveis das unidades, e o porquê da escolha do secador intermitente lento, a resposta foi que o foco dos produtores e responsáveis das unidades é a qualidade dos grãos. E por isso eles preferem o secador intermitente lento para se obter um melhor rendimento de grão e uma ótima qualidade, com isso se consegue um melhor preço na hora da venda do arroz.

Em secadores intermitentes lentos é muito menor a quebra dos grãos do que em secadores intermitentes rápidos, devido que nestes secadores intermitentes rápidos é utilizado uma temperatura mais alta, levando a uma perda na qualidade do grão.

A temperatura ar de secagem varia muito de uma unidade de secagem para outra, isso acontece, pois, a velocidade com que o grão passa pelo secador se altera de um secador para outro, assim não temos como ter um padrão de temperatura de ar. Entretanto, é possível dizer que a temperatura da massa de ar altera de 70 a 90 °C.

O tempo de secagem não possui um parâmetro de duração, porque depende da umidade de chegada e saída do grão, assim sofrendo alteração de uma unidade de secagem para outra, pois a umidade com que os grãos chegam nas unidades pode variar de 19 a 24% de umidade. A umidade final com que o produtor deseja deixar os grãos também afeta muito no tempo de secagem. Ainda assim, é possível determinar que o tempo de secagem das unidades avaliadas variam de 5 a 12 horas.

No momento em que se estabeleceu uma relação de umidade de chegada e tempo de secagem, foi possível avaliar os grãos de arroz reduziram 1% de sua umidade por hora, até que o grão chegou a 15% de umidade, abaixo de 15% possui um tempo maior pois o é mais difícil de retirar a umidade, então abaixo de 15% consegue-se retirar 0,5% de umidade por hora de secagem. Com isso foi possível realizar o cálculo de secagem do grão que chega na unidade com 21% de umidade, irá demorar cerca de 12 horas até que atinja o percentual de 12%.

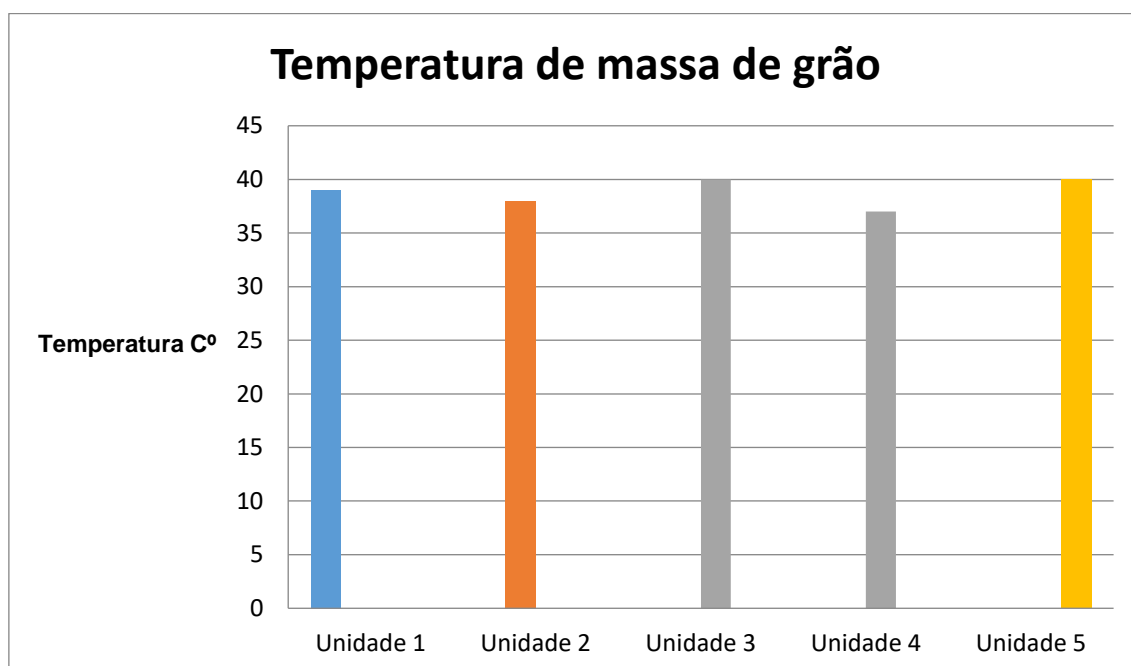
A umidade de saída dos grãos dos secadores para o armazenamento em silos nas unidades é de 12 por cento de umidade, pois essa umidade contribui muito para o armazenamento em longos períodos, sem ter interferência de agentes externos e aquecimento em pontos específicos do silo.

Para o armazenamento seguro, recomenda-se que o produto seja guardado com teor de umidade dos grãos ao redor de 13% (EIFERT, 2011).

A temperatura do ar na massa de grãos não deve ultrapassar 40°C para a secagem do arroz para processamento. Os choques térmicos, em que a temperatura de secagem é elevada ou abaixada muito rapidamente, devem ser reduzidos ao máximo, pois podem provocar maior incidência de grãos quebrados, depreciando o produto final (EIFERT, 2011).

A temperatura de massa de grão nas unidades foi muito uniforme dentre as unidades avaliadas como mostra na (figura 13), pois como citado acima não é indicado que ela ultrapasse 40°C. visto que a temperatura interfere diretamente no rendimento do grão inteiro e na qualidade do grão, deve-se evitar a troca de calor muito brusca para que não haja a quebra dos grãos, assim afetando a qualidade dos mesmos.

**Figura 13** – Temperatura de massa de grãos.



Fonte: O autor, 2022.

A avaliação do tipo de material utilizado para o aquecimento do ar para a secagem do grão é de que todas as unidades utilizam lenha de eucalipto. A

lenha de eucalipto é muito utilizada no município de Alegrete para secagem de grãos, pois é facilmente encontrada e tem um custo relativamente baixo.

## 6. CONCLUSÃO

Em virtude dos dados apresentados, vimos que as unidades avaliadas atendem os requisitos mínimos para uma boa secagem de grãos, onde todas as unidades contam com amostragem, termometria sendo ela digital ou analógica e aparelhos de verificação de umidade. Para se ter uma boa qualidade dos grãos todo o processo de secagem, desde a chegada dos grãos a unidade até o momento da retirada da umidade dos mesmos são importantes.

Para que esse processo aconteça, é de suma importância, que as unidades de secagem estejam atendendo os requisitos mínimos, como: possuir amostragens dos grãos, termometria e medidor de umidade de grãos. Também auxilia no processo de obtenção de uma melhor qualidade dos grãos a umidade que o mesmo chega à unidade, visto que a umidade ideal para o armazenamento é próxima a 12%, logo os grãos no início do processo de secagem chegam à unidade com uma umidade de 18 a 21% e assim o mesmo passa de 5 a 12 horas secando, o que gerará aos grãos mais danos e também diminuindo a qualidade.

Todas as unidades de secagem visitadas possuem secador intermitente lento, o que, auxilia muito na qualidade e no rendimento do grão inteiro, fazendo com que tenhamos um produto de ótima qualidade na prateleira do mercado.

O sistema de ventilação não se alterou entres as unidades, sendo ele axial, pois é um sistema que é mais comumente utilizado e por ser mais eficiente. A orientação da ventilação teve alteração entre unidades, pois algumas são de sucção e outras de insuflação.

## REFERÊNCIAS

- ALEIXO, R. H. X. **Princípios da secagem e armazenamento de grãos**. Arinos: Instituto Federal do Norte de Minas Gerais, 2021.
- BASINELLO, P. Z.; CASTRO, E. D. M. D. **Arroz como alimento**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 25, n. 222, p. 101-108, 2004.
- BASF, 2019. **Sistema de produção Clearfield® | O principal sistema de produção de arroz**. Disponível em <<https://agriculture.basf.com/br/pt/protecao-de-cultivos-e-sementes/produtos/clearfield.html>>. Acesso em: 22 mar. 2022.
- BRAGANTINI, C. Secagem e beneficiamento de sementes. In: Vieira, N. R. de A. Santos, A. B. dos; Sant'Ana, E. P. (ed.). A cultura do arroz no Brasil. Santo Antônio de Goiás: **Embrapa Arroz e Feijão**, 1999. p.515-538.
- CASEMG (Minas Gerais) (Org.). Companhia de Armazéns e Silos do Estado de Minas Gerais: **Secagem de Grãos. 2016**. Disponível em: <<http://www.casemg.gov.br>>. Acesso em: 18 jun. 2018.
- CONAB, 2015. **Instruções para amostragem de grãos**. Boletim Técnico, v. 1, n. 1, série armazenagem. Disponível em <[https://www.conab.gov.br/outras-publicacoes/item/download/2524\\_9df63280b3c06ef33808100e23c8089f](https://www.conab.gov.br/outras-publicacoes/item/download/2524_9df63280b3c06ef33808100e23c8089f)>. Acesso em: 15 fev. 2022.
- CONAB, 2020. **Armazenagem**. Disponível em <[https://www.conab.gov.br/images/arquivos/normativos/30000\\_sistema\\_de\\_operacoes/30.101\\_armazenagem-27-01-2020.pdf](https://www.conab.gov.br/images/arquivos/normativos/30000_sistema_de_operacoes/30.101_armazenagem-27-01-2020.pdf)>. Acesso em: 15 fev. 2022.
- CONAB, 2021. **Perspectivas para a Agropecuária - Volume 9 - Safra 2021/2022 - Edição Grãos**. Disponível em <<https://www.conab.gov.br/perspectivas-para-a-agropecuaria>>. Acesso em: 15 fev. 2022.
- CONAB, 2022. **Série histórica da safra de arroz irrigado**. Disponível em <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras>>. Acesso em: 15 fev. 2022.
- ELIAS, M. C.; OLIVEIRA, M. D.; VANIER, N. L. **Tecnologias de pré-armazenamento, armazenamento e conservação de grãos**. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 2017.
- EPAGRI – Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. **Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina 2012/2013**. Disponível em <[https://docweb.epagri.sc.gov.br/website\\_cepa/publicacoes/sintese\\_2013.pdf](https://docweb.epagri.sc.gov.br/website_cepa/publicacoes/sintese_2013.pdf)>. Acesso em: 20 fev. 2020.
- EIFERT, Eduardo da Costa. **Secagem, Armazenamento e Beneficiamento**. Embrapa, [S. l.], p. 130-134, 21 abr. 2011. Disponível em:

<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/657013/1/p129.pdf>. Acesso em: 16 mar. 2022.

FAO – *Food and Agriculture Organization of the United Nations 2008*. Disponível em: <http://fao.org>. Acesso em: 19 jun. 2018.

FRANCO, D. F.; PETRINI, J. A. **Secagem do arroz**. Pelotas: Embrapa, 2006.

GARCIA, D. C. *et al.* **A secagem de sementes**. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 34, n. 2, p.603-608, abr. 2004.

IRGA – Instituto Riograndense do Arroz. Disponível em: <<http://irga.rs.gov.br>>. Acesso em: 19 jun. 2018.

KENNEDY, G. *et al.* **Nutrient impact assessment of rice in major rice-consuming countries**. *International Rice Commission Newsletter*, v.51, p.33-42, 2002.

LUZ, M. L. G. S.; LUZ, C. A. S. **Operações agroindustriais para grãos e sementes**. Pelotas: Santa Cruz, 2016.

MATA, M. E. R. M. C; DUARTE, M. E. M. **Porosidade intergranular de produtos agrícolas**. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, Campina Grande, v. 4, n. 1, p. 79-93, 2002.

MENEGHETTI, V. L. *et al.* Modelos matemáticos para a secagem intermitente de arroz em casca. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [S.L.], v. 16, n. 10, p. 1115-1120, out. 2012.

MENEGHETTI, V. L. **Parâmetros industriais e qualidade de consumo do arroz na secagem e no armazenamento**. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 2008.

PEREIRA, F. T. F.; BAUDET, L.; PESKE, S. T. **Secagem intermitente de sementes com milho com alto teor de umidade**. Embrapa, 2000.

PORTELLA, J. A.; EICHELBERGER, L. **Secagem de grãos**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2001. 194 p.

SILVA, N. D. P. D. **Análise e redimensionamento de um sistema de climatização em uma indústria de equipamentos eletrônicos**. Taubaté: Universidade de Taubaté, 2007.

SILVA, J. S.; AFONSO, A. D. L.; GUIMARÃES, A. C. **Estudo dos processos de secagem – pré-processamento de produtos agrícolas**. Juiz de Fora: Instituto Maria, 1995.

SILVA, J. S.; AFONSO, A. D. L.; DONZELLES, S. M. L.; NOGUEIRA, R. M. **Secagem e Secadores**. In: JUAREZ DE SOUZA E SILVA (Ed.) *Secagem e armazenagem de produtos agrícolas*. Viçosa-MG: Aprenda Fácil, 2008.



SILVA, J. S.; NOGUEIRA, R. M.; ROBERTO, C. D. **Tecnologias de secagem e armazenagem para a agricultura familiar**. Viçosa: Suprema Gráfica e Editora, v.1, 138p, 2005.

SOARES, A. A. **Cultura do arroz**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2004.

SMA METALÚRGICA LTDA. **Secador de grãos convencional de fluxo contínuo**. Disponível em <[https://www.researchgate.net/figure/Figura-3-Secador-de-graos-convencional-de-fluxo-contínuo-Fonte-SMA-Metalurgica-Ltda\\_fig1\\_350168324](https://www.researchgate.net/figure/Figura-3-Secador-de-graos-convencional-de-fluxo-contínuo-Fonte-SMA-Metalurgica-Ltda_fig1_350168324)>. Acesso em: 15 jun. 2018.

WALTER, M.; MARCHEZAN, E.; AVILA, L. A. D. (Ed.). **Arroz: composição e características nutricionais: arroz, composição, carboidratos, proteínas, lipídios, compostos fenólicos**. Ciência Rural, Santa Maria, p.2-5, 2008.