

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
FARROUPILHA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA
CURSO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**ESTUDO DO RENDIMENTO DE ENGENHO DAS CULTIVARES 409,
PUITA E GURI DE ARROZ EM SECADOR PILOTO A 40°C**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Beatriz da Silveira Antunes

Alegrete, 2017

ESTUDO DO RENDIMENTO DE ENGENHO DAS CULTIVARES 409, PUITA E GURI DE ARROZ EM SECADOR PILOTO A 40°C

Beatriz da Silveira Antunes

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Agrícola, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha (IF Farroupilha) e da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), como requisito parcial para obtenção do grau de
Bacharel em Engenharia Agrícola

Orientador: Prof. Me. Carlos Aurélio Dilli Gonçalves
Co-orientadora: Prof^a. Dra. Eracilda Fontanela

**Alegrete, RS, Brasil
2017**

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
FARROUPILHA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA
CURSO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

A comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova o Trabalho de Conclusão de Curso

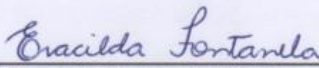
**ESTUDO DO RENDIMENTO DE ENGENHO DAS CULTIVARES 409,
PUITA E GURI DE ARROZ EM SECADOR PILOTO A 40°C**

elaborada por
Beatriz da Silveira Antunes

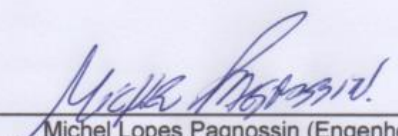
Como requisito parcial para a obtenção de grau de
Bacharel em Engenharia Agrícola

COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof. Me. Carlos Aurélio Dilli Gonçalves (Orientador - Unipampa)



Prof.ª Drª Eracilda Fontanela (Co-orientadora - Unipampa)



Michel Lopes Pagnossin (Engenheiro Agrícola)

Alegrete, 29 de junho de 2017.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais por me darem todo apoio que necessito e pelos sacrifícios feitos em prol de mim, a quem dedico esta conquista.

A meu namorado, Eduardo, por sempre me compreender e apoiar mesmo nos momentos mais difíceis da graduação.

Aos meus sogros, Leandro e Viviane, a quem considero como segundos pais, por me acolherem e me ampararem quando preciso.

Aos meus amigos e colegas que sempre estiveram presentes em todos os momentos, trazendo alegria, tranquilidade e apoio mesmo nas situações mais complicadas.

Ao professor Carlos Aurélio Dilli Gonçalves e à professora Eracilda Fontanela por me orientarem na execução desse trabalho.

Aos demais professores do curso por compartilharem seus conhecimentos, permitindo que nos tornássemos profissionais seguros e capacitados.

Ao Seu Claudio Alfonso dos Santos e todos os funcionários da Cerealista Fumacense, pelo auxílio concedido a mim durante o tempo de estágio e por cederem seu tempo e conhecimentos para que eu pudesse realizar meu trabalho da melhor maneira possível.

Ao Cesar Moutinho, pela atenção dedicada ao meu trabalho e pelas informações que me auxiliaram para que eu pudesse aprimorar meus conhecimentos teóricos e práticos.

E a todas as pessoas que direta ou indiretamente cooperaram ao longo da minha graduação.

RESUMO

Trabalho de Conclusão de Curso

Curso de Engenharia Agrícola

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha, RS, Brasil

Universidade Federal do Pampa, RS, Brasil

ESTUDO DO RENDIMENTO DE ENGENHO DAS CULTIVARES 409, PUITA E GURI DE ARROZ EM SECADOR PILOTO A 40°C

AUTORA: BEATRIZ DA SILVEIRA ANTUNES

ORIENTADOR: PROF. Me CARLOS AURELIO DILLI GONÇALVES

CO-ORIENTADORA: PROF.^a DR.^a ERACILDA FONTANELA

O arroz está entre os cereais mais produzidos e consumidos no mundo, pois tanto o produto quanto os subprodutos são utilizados comercialmente. No processamento agroindustrial possui diversos fatores que interferem na qualidade final do produto e um dos principais é a secagem, pois quando feita de forma inadequada favorece o aparecimento de trinca no grão, o que determina a perda de valor comercial do cereal, além de favorecer a degradação do grão. O objetivo deste estudo será indicar dentre as cultivares 409, PUITÁ e GURI a que possui melhor rendimento de engenho, a quantidade de grãos inteiros, acompanhar a umidade dos grãos à temperatura de 40°C em secador piloto. O trabalho será desenvolvido na Empresa Fumacense, em Alegrete, RS e será utilizado o delineamento inteiramente casualizados sendo os tratamentos representados pelas cultivares, com quatro repetições. Essa determinação será realizada em dois dias de três diferentes semanas, totalizando 72 unidades experimentais. As cultivares não apresentaram diferença significativa no rendimento de grãos inteiros quando comparadas, porém notou-se que quando a temperatura ambiente estava mais amena, para que a massa de grão atingisse 11,5% de umidade, o tempo necessário era maior.

Palavras chave: *Oryza sativa*, secagem, variedades, rendimento

ABSTRACT

Term paper

Agricultural Engineering course

Federal Institute of Education, Science and Technology Farroupilha, RS, Brazil

Federal University of Pampa, RS, Brazil

ENGENHO YIELD STUDY OF CULTIVARS 409, 424 and 417 RICE DRYER IN PILOT A 40° C

AUTHOR: BEATRIZ DA SILVEIRA ANTUNES

SUPERVISOR: PROF. Me CARLOS AURELIO DILLI GONÇALVES

CO- SUPERVISOR: PROF. DR^a. ERACILDA FONTANELA

Rice is among the most produced and consumed grains in the world, for both the product and by-products are used commercially. In the agro-industrial processing has several factors that affect the final product quality and a key is drying because when done improperly favors the appearance of cracks in the grain, which determines the loss of commercial value of the grain, in addition to promoting Grain degradation. The objective of this study will indicate among cultivars 409, 424 and 417 which has better milling yield, the amount of whole grain, the comparative performed before and after drying and monitoring of grain moisture at 40 ° C pilot dryer. The work will be developed in the Company Fumacense in Alegrete, RS and will be used a randomized block design with treatments represented by cultivars with four replications. This determination is performed on two different days to three weeks, a total of 72 experimental units. The cultivars showed no significant difference in the yield of whole grains when compared, but it was noticed that when the ambient temperature was more pleasant, for the grain mass to reach 11.5% moisture, the time required was greater.

Key words: *Oryza sativa* , drying, varieties , yield

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Características botânicas das plantas de Oryza Sativa.....	13
Figura 2- Fases fenológicas do arroz.	14
Figura 3- Constituição do grão de arroz.	14
Figura 4- Movimentação da água durante a secagem.....	17
Figura 5- Representação do fenômeno de histerese.....	17
Figura 6- Movimento da água durante a secagem do produto.	18
Figura 7 – Classificação dos sistemas de secagem.	19
Figura 8- Curva típica de Secagem.....	22
Figura 9- Fluxograma básico de uma unidade armazenadora.....	26
Figura 10- Fluxograma Fluxograma da utilização das amostras.	28
Figura 11- Secador piloto.....	29
Figura 12- Engenho de Prova.....	30
Figura 13-Croqui do Secador Piloto.....	31
Figura 14- Comparativo do tempo em horas transcorrido durante a secagem em cada unidade experimental e em diferentes dias e semanas.....	34
Figura 15- Variação de rendimento de grãos inteiros nas diferentes unidades experimentais.....	35
Figura 16- Variação de rendimento de grãos inteiros nas diferentes unidades experimentais.....	36
Figura 17- Variação de rendimento de grãos inteiros nas diferentes unidades experimentais.....	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Temperaturas máximas de secagem para alguns grãos segundo seu uso final	20
Tabela 2- Temperaturas de massa de grãos e condições climáticas durante a secagem	32
Tabela 3- Temperaturas de massa de grãos e condições climáticas durante a secagem	33
Tabela 4- Temperaturas de massa de grãos e condições climáticas durante a secagem	33
Tabela 5 – Análise estatística tendo como comparativo o rendimento de grãos inteiros entre as variedades	34
Tabela 6 – Análise estatística durante os dias de cada semana	35

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.2 Objetivos	10
1.2.1 Objetivo Geral	10
1.2.2 Objetivos específicos	11
2 REVISÃO DA LITERATURA	12
2.1 Origem do Arroz.....	12
2.2 Aspectos gerais do arroz.....	12
2.3 Estrutura do grão de arroz	14
2.4 Cultivares produzidas.....	15
2.4.1 Cultivar 409	15
2.4.2 Cultivar Puitá e Guri	15
2.5 Secagem.....	15
2.5.1 Processos de secagem	16
2.5.2 Métodos de secagem	18
2.5.3 Parâmetros de Secagem.....	19
2.5.4 Velocidade de secagem	21
2.5.5 Classificação dos secadores	22
2.6 Armazenamento	25
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	27
3.1 Localização	27
3.2 Material experimental.....	27
3.3 Métodos	28
3.3.1 Condições de Secagem	28
3.3.2 Determinações	29
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	32
5 CONCLUSÕES	38
REFERÊNCIAS	39

1 INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa*) é o alimento que tem maior capacidade de alimentar a população no mundo, pois é composto por proteína, minerais, cálcio, fósforo e ferro, que são elementos necessários para o desempenho do corpo humano (EMBRAPA, 2005).

A produção de arroz atingiu cerca de 13 mil toneladas no Brasil na safra de 2014/15, tendo uma produtividade média em torno de 5,4 ton/ha. Nesta mesma safra o Rio Grande do Sul, com 70% da produção brasileira do cereal, tornou-se o estado com maior produção do País (CONAB, 2015). A justificativa desses dados aponta que o aumento na produção do cereal é devido a tecnologias implantadas nas lavouras, desde a semeadura, secagem, armazenamento até a expedição. Pois estas, quando são inadequadas causam perdas na pós-colheita. Por outro lado, em nível comercial, além da boa produtividade, há a necessidade de manter a qualidade do grão, ou seja, o rendimento industrial.

Segundo a Normativa N°6 de 2009 do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA 2009), o rendimento da indústria depende principalmente da renda de grãos inteiros. Um relevante dano causado pela secagem artificial de grãos em alta temperatura é o trincamento do cereal que ocasiona atenuação no rendimento de engenho, conseqüentemente, causa decréscimo no valor comercial.

Portanto a secagem é um dos principais fatores que interferem na qualidade do grão para a industrialização do produto. Em altas temperaturas, deve-se ter cuidado e acompanhar diariamente o rendimento de engenho, a fim de reduzir ao máximo o índice de grãos quebrados.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

O presente trabalho tem como objetivo acompanhar o rendimento de engenho das cultivares de arroz 409, PUITA e GURI, com temperatura de secagem de 40°C no município de Alegrete-RS.

1.2.2 Objetivos específicos

- Indicar a cultivar com melhor rendimento de engenho quando submetida à secagem na temperatura de 40°C.
- Acompanhamento da umidade e temperatura de massa dos grãos durante a secagem.
- Comparativo do rendimento de engenho de cada cultivar em diferentes unidades experimentais do secador piloto e em diferentes dias.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Origem do Arroz

O gênero *Oryza* possui 23 espécies silvestres disseminadas livremente na Ásia, África e Américas. A espécie *O. sativa* é tido como o cruzamento natural, tendo como origem a Ásia (MILEER et al., 2007).

O arroz vem sendo cultivado, aproximadamente, há sete mil anos. Chegou no Brasil através dos portugueses por volta do século VII, tornando-se um dos alimentos mais consumidos no mundo e fazendo parte de vários pratos típicos de diversas culturas (NITZKE & BIEDRZYCKI, 2004).

2.2 Aspectos gerais do arroz

O arroz é uma planta herbácea pertencente à classe das Monocotiledôneas, ordem Poales, Família Poacea, gênero *Oryza*. Possuem caules ocos, flores reduzidas de cor verde e frutos (Figura 1) (PINHEIRO & HEINEMANN, 2000).

É uma gramínea anual, adaptada ao ambiente aquático, pois possui um tecido no colmo da planta chamado aerênquima. Este é responsável por viabilizar a passagem de oxigênio para o sistema radicular (NITZKE & BIEDRZYCKI, 2004).

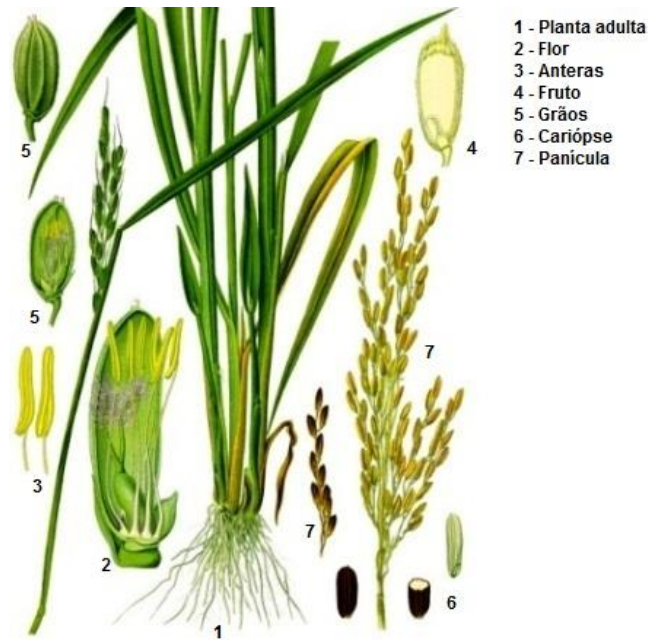


Figura 1- Características botânicas das plantas de *Oryza Sativa*. FONTE: NUNES, 2010

O ciclo de desenvolvimento do arroz é dividido em três fases principais: plântula, vegetativa e reprodutiva, tendo o ciclo de 100 a 120 dias (Figura 2). Na fase plântula ocorre a germinação e emergência da semente, através de absorção de água e das reservas presentes no grão, mantendo-se de 10 a 14 dias. A fase vegetativa acontece logo após o estabelecimento da fase inicial, desenvolvendo sua estrutura foliar, formando uma folha a cada nó. Após a diferenciação do primórdio da panícula, surge a fase reprodutiva com o alongamento do colmo e o crescimento elevado da planta, nesse período são definidos o número de grãos por panícula. A seguir ocorre a floração, o enchimento dos grãos, a maturação fisiológica e a maturação de colheita (NUNES, 2010).

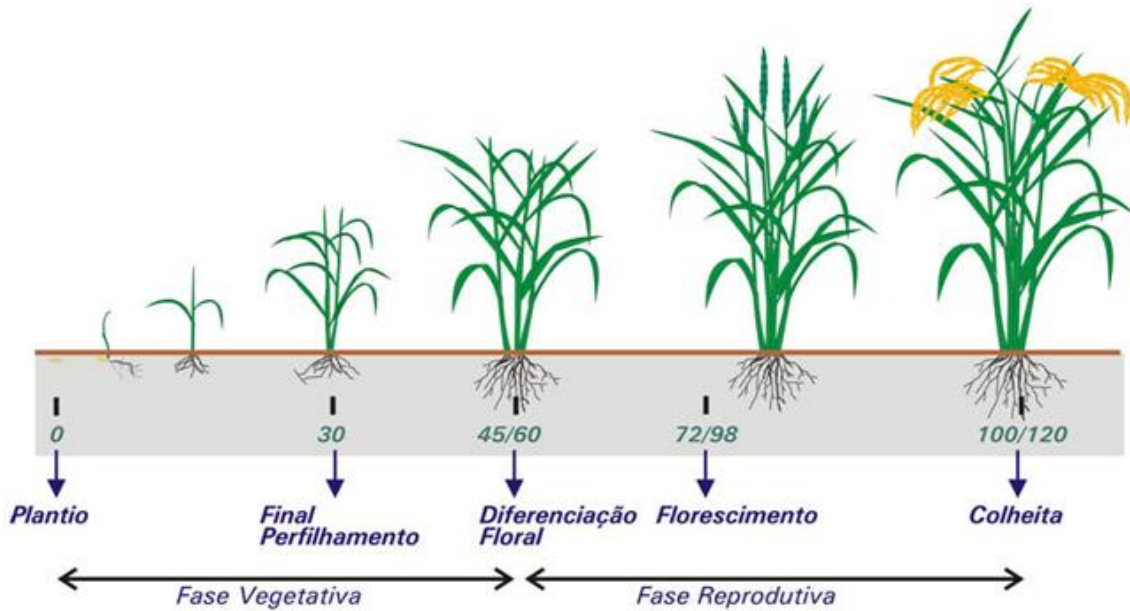


Figura 2- Fases fenológicas do arroz. FONTE: PINHEIRO & HEINEMANN, 2000

2.3 Estrutura do grão de arroz

O conhecimento sobre a estrutura do grão de arroz é de suma importância para uma melhor compreensão sobre o processo de secagem e o seu armazenamento (SILVA & LUCENA, 1995). O grão é constituído de casca, película, germe e endosperma (Figura 3). Quando polido a película e o germe são retirados, formando o farelo. Possui, em média, 22% de casca, 2% de proteína, 0,5% de gordura, 40% de fibras e 30% de carboidratos (BASSINELLO & CASTRO, 2004).

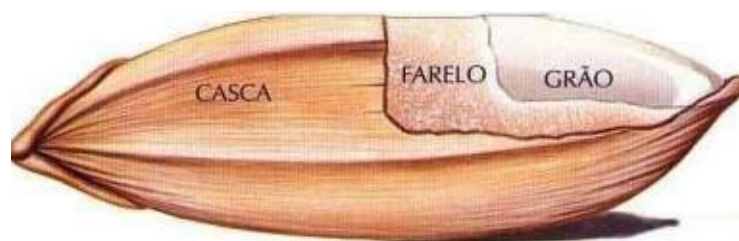


Figura 3- Constituição do grão de arroz. FONTE:UFRGS,2004

2.4 Cultivares produzidas

Existem diversas variedades de arroz, na sua maioria, produzidas e estudadas pelo Irga e Embrapa. Algumas dessas variedades se destacam pela produtividade e, ou ciclo de produção como é o caso das cultivares 409, Puitá e Guri lançadas nas décadas de 70 e 90.

2.4.1 Cultivar 409

A Cultivar 409 foi a primeira cultivar semi-anã do tipo moderno de planta, lançada em parceria pela EMBRAPA e IRGA no ano de 1979. É uma cultivar que possui alta abrasividade nas folhas e na casca e possui arista de tamanho variável em alguns grãos da extremidade da panícula (NUNES, 2010).

2.4.2 Cultivar Puitá e Guri

A cultivar Puitá derivou-se da IRGA 417 por mutagênese, e a Cultivar Guri derivou do cruzamento da variedade Camba INTA Proarroz e Puitá INTA-CL. Ambas possuem objetivo de controlar a incidência de arroz-vermelho. Sendo então consideradas de segunda geração. Destaca-se pela excelente qualidade e alto rendimento industrial (EMBRAPA, 2002; IRGA, 2012).

2.5 Secagem

A secagem tem por finalidade retirar parte da água contida nos grãos. É, definido como o processo de transferência de calor e massa entre o produto e o ar

de secagem. A umidade é removida de maneira que o grão e o ar ambiente do local de armazenagem entrem em equilíbrio, dessa forma preserva-se a qualidade do produto (SILVA et al., 1995).

2.5.1 Processos de secagem

No caso dos grãos, a eficiência da secagem relaciona-se com a qualidade do produto final, pois visa obter um teor de umidade uniforme e ideal para o armazenamento e expedição, baixa porcentagem de grãos quebrados e danificados, minimização da ocorrência de fungos e conservação das características nutricionais (VALENTINI, 1996; BRAGANTINI & VIEIRA, 2004).

Durante o processo de secagem, a umidade é removida devido a movimentação da água, resultante da diferença de pressão do vapor d'água com a superfície do grão, e o ar que o circunda (Figura 4).

Segundo Valentini (1996) quando a pressão do vapor do grão é maior que a pressão de vapor do ar, tem-se a secagem do produto ($P_g > P_{ar}$). Quando a pressão de vapor do grão é menor que a pressão de vapor do ar, ocorre o umedecimento do produto ($P_g < P_{ar}$). Quando a pressão de vapor do grão torna igual à pressão de vapor do ar, atingiu-se o equilíbrio higroscópico ($P_g = P_{ar}$).

A dessorção de água do grão é mais rápida que a absorção, conseqüentemente ocorre o fenômeno de histerese entre a curva de secagem e reumedecimento do produto (Figura 5) (SILVA et al., 1995).

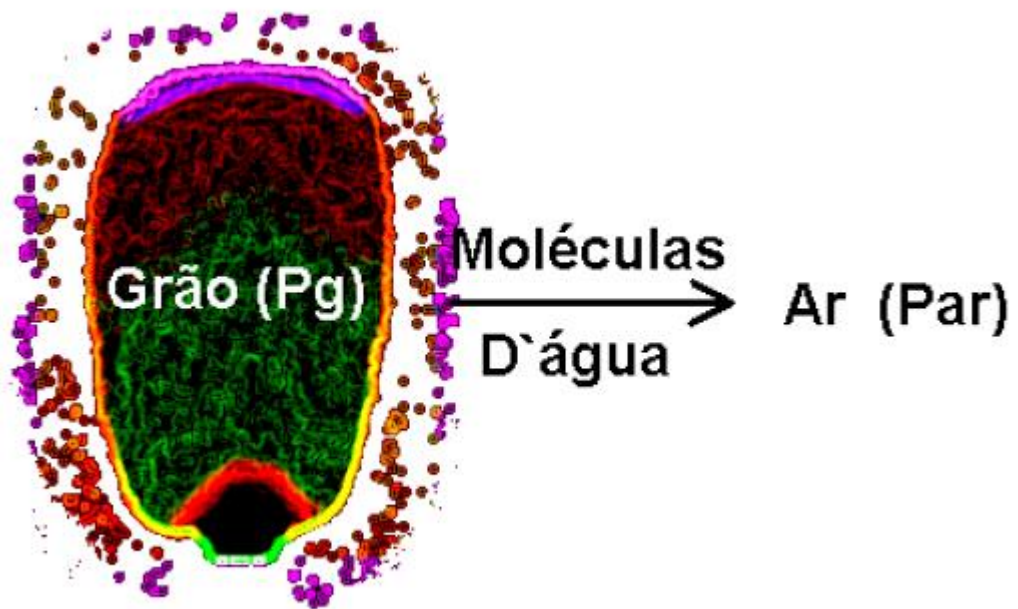


Figura 4- Movimentação da água durante a secagem. FONTE: SILVA et al., 2008

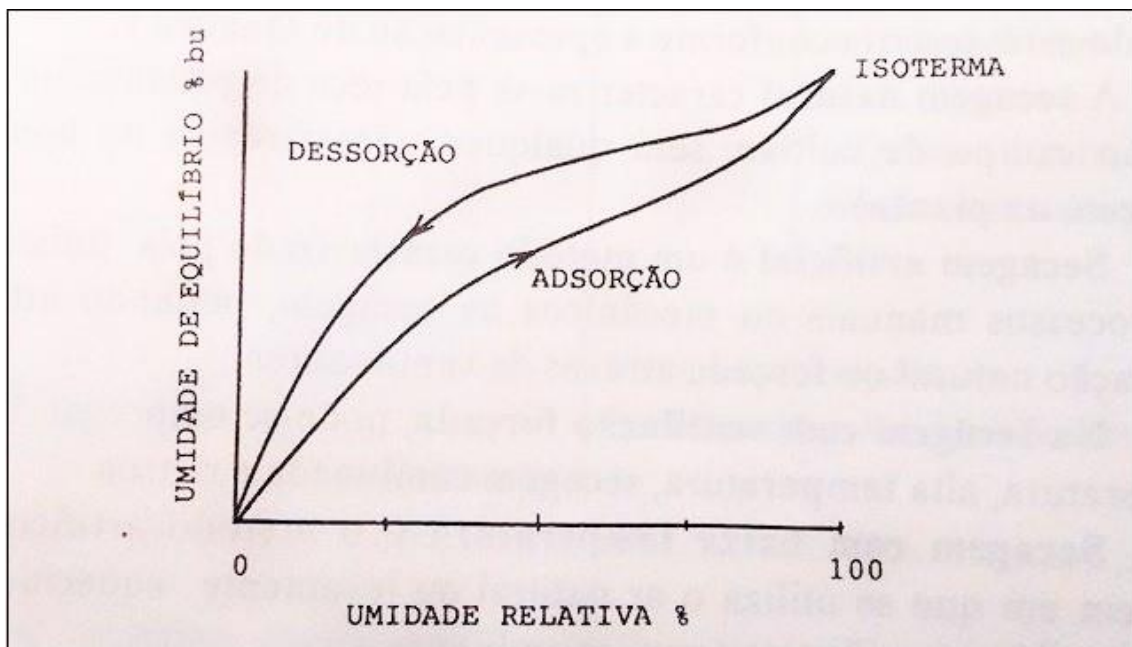


Figura 5- Representação do fenômeno de histerese. FONTE: SILVA et al., 1995

2.5.1.1 Processo de secagem no interior do grão

Esse processo divide-se em dois períodos, sendo o segundo período subdividido em três estádios (Figura 6):

- Período de razão constante: no início da secagem, o grão estando inteiramente úmido, a água escoava na fase líquida sob um gradiente hidráulico. Nesse momento os poros e capilares diminuem ocorrendo uma redução de volume do grão em torno do mesmo volume de água evaporada (SILVA et al., 1995).

- Período de razão decrescente: no primeiro estágio de razão decrescente, conforme a ocorrência da secagem, o teor de umidade diminui, fazendo com que a água na fase líquida forme ligação entre as partículas de sólido, constituindo pontes líquidas. O escoamento da água em forma de vapor continua. No segundo estágio acontece a migração da umidade, conduzida pelas paredes capilares com vaporização e condensação. No terceiro estágio, a pressão parcial de vapor diminui e a contração de volume do grão continua, mas em menor proporção. Ao fim deste processo acontece a secagem no interior do grão (VALENTINI, 1996).

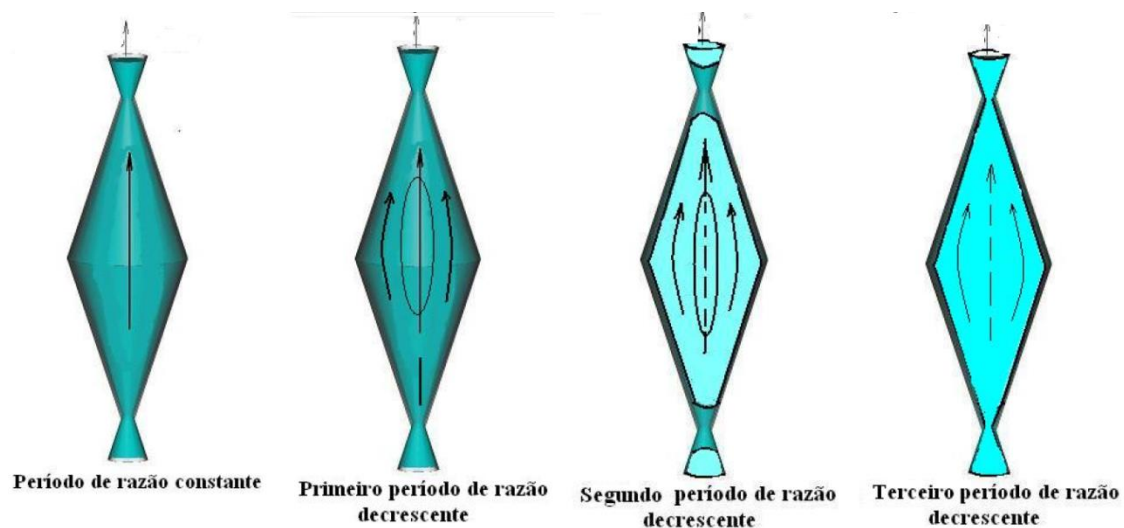


Figura 6- Movimento da água durante a secagem do produto. FONTE: SILVA et al., 2008

2.5.2 Métodos de secagem

Os sistemas de secagem dividem-se em secagem natural e secagem artificial (Figura 7).

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

Figura 7 – Classificação dos sistemas de secagem. FONTE: SILVA et al., 2008

A secagem natural do produto ocorre sem a interferência do homem, ou seja, o produto é seco naturalmente na lavoura. Por outro lado, a secagem artificial do grão possui interferência do homem, por meio de processos manuais ou mecânicos, em que utiliza ventilação natural ou forçada.

Para a secagem de grãos o mais utilizado é a secagem em altas temperaturas, uma vez que não há a necessidade de manter o poder germinativo, como no caso da semente. É o método com menor tempo de secagem e praticamente independe das condições climáticas. Neste processo o ar aquecido ultrapassa 10°C ou mais sobre a temperatura ambiente. (SILVA et al., 1995; VALENTINI, 1996).

2.5.3 Parâmetros de Secagem

Segundo Valentini (1996), a união dos parâmetros de secagem controla a taxa de secagem, sendo eles a temperatura de ar de secagem, a umidade relativa do ar de secagem, o fluxo do ar de secagem e o teor de umidade inicial e final.

2.5.3.1 Temperatura de ar de secagem

A temperatura do ar de secagem tem efeito significativo sobre a qualidade do grão. Elevando a temperatura dos grãos acima dos níveis necessários para retirar a umidade ocorrerá danos físicos (quebras e trincas), entre outros. Com isso essa temperatura deve ser determinada conforme o uso final do grão, o teor de umidade inicial do produto e o tipo de produto (Tabela 1) (VALENTINI, 1996).

Tabela 1- Temperaturas máximas de secagem para alguns grãos segundo seu uso final. FONTE: SILVA et al., 1992 apud VALENTINI, 1995

Produtos	Temperatura máxima do ar em contato com o produto, conforme a finalidade de uso (°C)			Espessura da camada de produto (m)	Intervalo de tempo para revolver o produto (h)	
	Semente	Indústria	Alimentação animal		Semente	Indústria
Amendoim em casca	30	35	---	1,2-1,8	---	---
Arroz casca	40	45	---	0,25-0,45	2	2
Aveia	40	60	80	0,4-0,6	---	---
Café	---		---	0,4-0,5	---	---
Cevada	40	40	80	0,4-0,6	---	---
Feijão a granel	40	45	---	0,4-0,5	---	---
Feijão em rama	40	45	---	0,6-1,0	---	1
Milho debulhado	40	55	80	0,4-0,6	---	---
Raspas de mandioca	---	50	60	0,3-0,4	---	2
Soja	40	50	---	0,25-0,45	2	2

2.5.3.2 Umidade relativa do ar de secagem

Para que ocorra a secagem, a pressão de vapor do ar tem que ser menor que a pressão de vapor do grão, ou seja, a umidade relativa do ar de secagem tem que ser menor que aquela que o grão encontra-se em equilíbrio. A umidade relativa do ar é minimizada quando este é aquecido (VALENTINI, 1996).

2.5.3.3 Fluxo do ar de secagem

A eficácia da secagem resulta da precisão do dimensionamento do fluxo do ar. Para isso, se faz necessário o conhecimento do tipo de secagem (alta ou baixa temperatura), a movimentação ou não do produto, a altura da camada de grãos, o teor de impurezas e a perda de carga. Desse modo é possível definir o tipo de ventilador e sua potência (VALENTINI, 1996).

2.5.3.4 Teor de umidade inicial e final

O teor de umidade inicial do grão é uma condição decisiva para determinar a temperatura de secagem, na qual deve ocorrer de maneira que a velocidade da água evaporada do grão seja condizente com a migração de umidade do interior para a superfície do produto (VALENTINI, 1996).

2.5.4 Velocidade de secagem

O grão estando com umidade relativamente alta, acima de 15%, há menor necessidade de tempo de secagem para retirar o mesmo percentual de água do que quando está com umidade mais baixa (Figura 8) (VALENTINI, 1996).

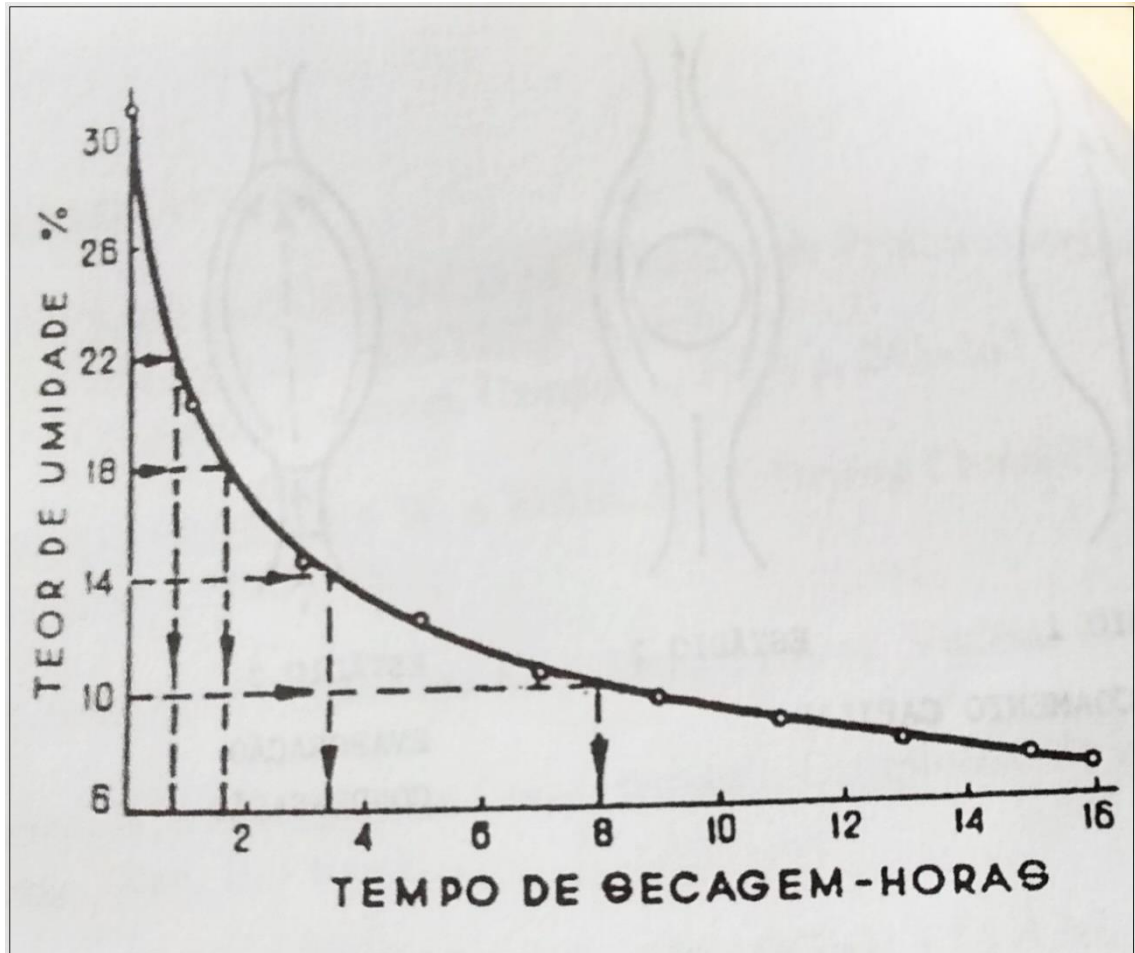


Figura 8- Curva típica de secagem. FONTE: WEBER,1995 apud VALENTINI,1996

2.5.5 Classificação dos secadores

Na secagem em alta temperatura os secadores são classificados conforme o fluxo do produto e a operação.

2.5.5.1 Secadores conforme o fluxo do produto

2.5.5.1.1 Secador de camada fixa horizontal

O ar de secagem passa pela camada de grãos que está em um silo de fundo perfurado, o secador distribui o ar uniformemente (SILVA et al., 1995).

2.5.5.1.2 Secador em camada fixa vertical (coluna) e secador de fluxos cruzados

O produto mantém-se em colunas verticais, estas constituídas por chapas perfuradas, e são submetidos a um fluxo de ar perpendicular à camada de grãos, porém quando estes estão em movimento, é denominado secador de fluxos cruzados (SILVA et al., 1995).

2.5.5.1.3 Secador de fluxos contracorrente

Ocorre geralmente em silos secadores onde o produto flui ao contrário do ar de secagem. Nesse caso, a frente de secagem permanece próxima ao fundo perfurado e, conforme a massa de grãos vai descendo, a temperatura vai aumentando até ficar próximo a temperatura do ar de secagem (SILVA et al., 1995)

2.5.5.1.4 Secador de fluxo concorrente

O grão e o ar de secagem movimentam-se no mesmo sentido. O ar com temperatura elevada se depara com o grão úmido, por consequência, as altas taxas de evaporação acontecem na parte superior da camada (SILVA et al., 1995).

2.5.5.1.5 Secador em cascata

Possui uma série de calhas invertidas em forma de V, dispostas em linhas alternadas dentro das estruturas do secador. Os grãos fluem para baixo e entre as calhas, sob ação da gravidade. O ar de secagem entra numa linha de calhas e sai nas outras imediatamente adjacentes, superiores e inferiores, desse modo, os grãos movem-se de forma concorrente, contracorrente e em fluxo cruzado ao ar de secagem (SILVA et al., 1995).

2.5.5.1.6 Secador rotativo

São secadores formados por um cilindro tubular horizontal ou ligeiramente inclinado que gira em torno de seu eixo, o produto úmido chega à parte mais elevada e sai na parte mais baixa (SILVA et al., 1995).

2.5.5.1.7 Secador de Leito Fluidizado

O ar de secagem atravessa uma placa perfurada, provocando turbulência no produto que se encontra sobre ela. Esta placa é denominada leito fluidizado (SILVA et al., 1995).

2.5.5.1.8 Secador por convecção

Estes secadores dispensam o uso de ventiladores, pois utilizam a troca de calor entre o ar de secagem e o ar de exaustão, em virtude do gradiente de pressão gerado pela diferença de temperatura e umidade entre o ar de secagem e o ar ambiente (SILVA et al., 1995).

2.5.5.2 Secadores quanto à operação

2.5.5.2.1 Secadores contínuos

O grão permanece em fluxo constante no interior do secador até atingir a umidade desejada, sendo que ao mesmo tempo há o carregamento de grãos úmidos e a descarga de grãos secos (SILVA et al., 1995).

2.5.5.2.2 Secadores Intermitentes

Os grãos sofrem ação do calor em pequenos intervalos de tempo intercalados por períodos de repouso, com isso o produto percorre o interior do secador até cumprir a secagem (SILVA et al., 1995).

2.6 Armazenamento

Os grãos de arroz são armazenados no sistema convencional, em sacarias, em graneleiros ou no sistema a granel, em silos. Esse é o mais adequado para

volumes elevados. Nesse período se faz necessário controlar a temperatura diariamente através da termometria (EMBRAPA, 2005).

Na cadeia produtiva de grãos, as unidades armazenadoras devem apresentar-se adequadamente projetadas, estruturadas e gerenciadas para a recepção, limpeza, secagem, armazenagem e expedição do produto. As empresas armazenadoras devem dispor de silo-pulmão, moegas, secador, máquinas de pré-limpeza e limpeza, silos destinados à armazenagem e posterior expedição. Além disso, completando a estrutura, devem dispor de laboratório para análises dos grãos e de uma balança rodoviária, seguindo o fluxo operacional, conforme figura 9 (SILVA, 2010).

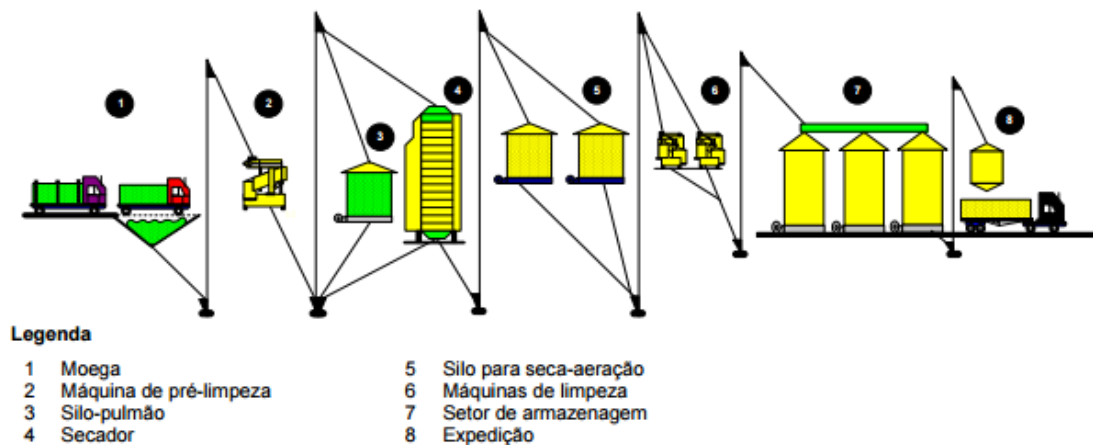


Figura 9- Fluxograma básico de uma unidade armazenadora. FONTE: SILVA, 2010

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização

O trabalho foi realizado no laboratório da Cerealista Fumacense LTDA, localizada na Br 290, km 576 em Alegrete-RS, Brasil, possuindo coordenadas geográficas de latitude 29° 46' 59"S, longitude 55° 47' 31"O e altitude de 102 m.

3.2 Material experimental

Utilizou-se grãos de arroz em casca (*Oryza Sativa*), de três cultivares 409, Puitá e Guri, produzidos no município, recebidos pela empresa durante a safra 2015/2016.

A colheita do arroz transcorreu de forma mecânica, com umidade elevada em torno de 20%. As amostras, com aproximadamente quatro quilogramas, coletadas manualmente, do caminhão, no momento da descarga na moega, sendo 12,5% da massa de grãos para determinar a impureza e para realizar a secagem no secador piloto e 5% para determinar a umidade (figura 10).

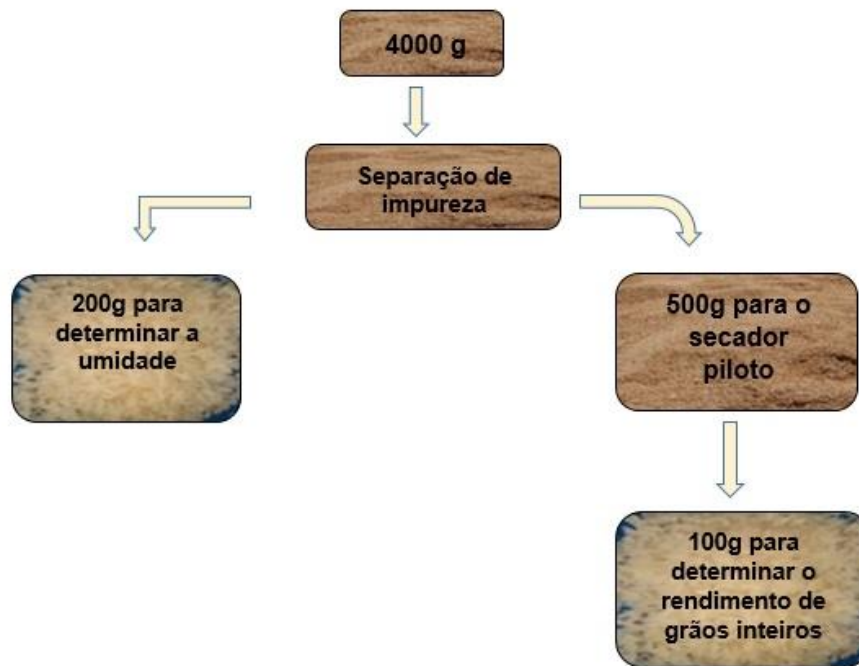


Figura 10- Fluxograma da utilização das amostras. FONTE: ANTUNES, B.S, 2017

3.3 Métodos

3.3.1 Condições de Secagem

Após a amostragem, a mesma foi conduzida à máquina de ar e peneira piloto para a separação das impurezas. Nesse processo de pré-limpeza, as amostras foram submetidas ao quarteador, separando 500 g do total de cada variedade. Na sequência, essas foram conduzidas ao secador piloto de fundo horizontal (figura 11), semelhante ao secador de camada fixa horizontal, com temperaturas de secagem correspondente aos secadores da unidade (em torno de 40°). A duração da secagem ocorreu conforme o tempo que levou para que a umidade alcance, aproximadamente, 11%, considerada, pela unidade, ideal para o armazenamento.



Figura 11- Secador de piloto. FONTE: ANTUNES, B.S, 2015

3.3.2 Determinações

3.3.2.1 Umidade

Acompanhou-se o teor de umidade e temperatura de massa dos grãos antes e durante a secagem, através do aparelho Motomco.

3.3.2.2 Rendimento de engenho

Com as amostras secas, as mesmas permaneceram em repouso por um período de tempo de 24 horas, retornando a máquina de limpeza para que o

restante da impureza fosse retirada, após foram submetidas ao quarteador até obter 100 gramas. Conduziu-se essas ao engenho de prova (figura 12), onde os grãos foram descascados e separados os inteiros dos quebrados. O rendimento de engenho foi determinado pela pesagem dos grãos separados. Para isso, utilizou-se uma balança de precisão, com duas casas decimais.



Figura 12-Engenho de prova. FONTE: ANTUNES, B.S, 2015

3.3.3 Análises

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado sendo os tratamentos representados pelas cultivares, com quatro repetições. Essa determinação ocorreu em dois dias de três diferentes semanas, totalizando 72 unidades experimentais, conforme croqui experimental (figura 13), onde cada letra representa uma unidade experimental do secador de prova.

Para cada unidade experimental foram sorteadas as repetições (denominadas como 1, 2, 3 e 4) das cultivares, nos diferentes dias do experimento.

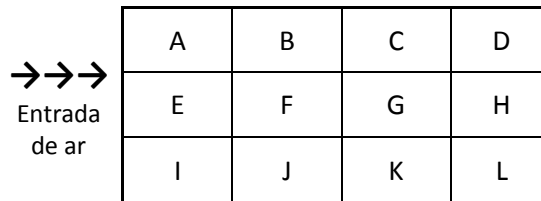


Figura 13 - Croqui do Secador de Prova. FONTE: ANTUNES, B.S,2017

Para a análise dos dados, aplicou-se o teste de Tuckey a 5% de probabilidade de erro, para comparação de médias utilizando o *software* estatístico livre ASSISTAT®.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nas tabelas 2, 3 e 4 acompanhou-se as temperaturas de massa dos grãos durante a secagem, para as três diferentes semanas, até a massa obter 11,5% de umidade.

Nota-se que nos dias em que estava nublado, chovendo e/ou com temperatura ambiente mais amena, a temperatura da massa se manteve mais baixa, conseqüentemente ocorreu variações no tempo de secagem, ou seja, nesses dias careceu de um maior tempo de secagem (figura 14). Observou-se também que as unidades experimentais que estão mais próximas da entrada de ar externa demandaram mais tempo para a massa de grãos atingir a umidade ideal (figura 13).

Devido ao grão de arroz possuir característica higroscópica, ou seja, busca manter o equilíbrio entre a sua umidade e a umidade relativa do ambiente, quando a temperatura do ar é mantida estável, a umidade relativa é diretamente proporcional ao teor de umidade do grão em equilíbrio com o ar ambiente. Em contrapartida, tendo a umidade relativa contínua, a temperatura é inversamente proporcional ao teor de umidade de equilíbrio. Destaca-se que quanto maior a umidade relativa do ar, menor seu poder de secagem (CASTRO et al., 1999).

Tabela 2- Temperaturas de massa de grãos e condições climáticas durante a secagem para a semana 1.

CULTURA	SEMANA 1							
	DIA 1				DIA 2			
	Condição climática	TEMP. MÍNIMA (°C)	TEMP. MÁXIMA (°C)	RENDA**	Condição climática	TEMP. MÍNIMA (°C)	TEMP. MÁXIMA (°C)	RENDA
GURI	SOL	38	42	62	SOL	41	41	62
PUITÁ	UR=75%	36	40	64	UR=51%	38	40	65
409	31°C*	37	40	63	31°C*	38	42	63

FONTE: BEATRIZ, B.S, 2017

*Temperatura média

**Rendimento de grãos inteiros

Tabela 3- Temperaturas de massa de grãos e condições climáticas durante a secagem para a semana 2.

SEMANA 2								
CULTURA	DIA 1			RENDA**	DIA 2			RENDA
	Condição climática	TEMP. MINIMA (°C)	TEMP. MAXIMA (°C)		Condição climática	TEMP. MINIMA (°C)	TEMP. MAXIMA (°C)	
GURI	Nublado	35	40	62	Parcialmente	36	41	62
PUITÁ	UR=45%	36	41	60	Nublado	36	41	60
409	20°C*	36	38	61	UR=58 % 24°C*	36	41	62

FONTE: BEATRIZ, B.S, 2017

*Temperatura média

**Rendimento de grãos inteiros

Tabela 4- Temperaturas de massa de grãos e condições climáticas durante a secagem para a semana 3.

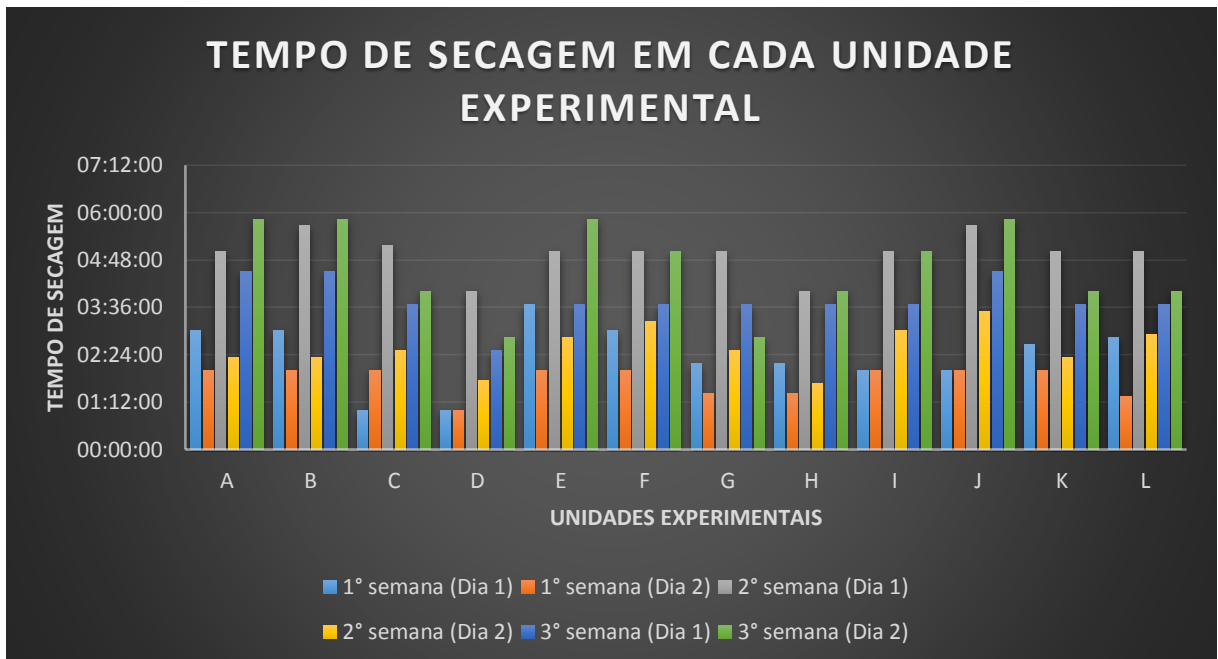
SEMANA 3								
CULTURA	DIA 1			RENDA**	DIA 2			RENDA
	Condição climática	TEMP. MINIMA (°C)	TEMP. MAXIMA (°C)		Condição climática	TEMP. MINIMA (°C)	TEMP. MAXIMA (°C)	
GURI	SOL	36	38	61	CHUVA	34	41	61
PUITÁ	UR=84%	36	41	65	UR=90 %	34	36	65
409	25°C*	37	41	62	22°C*	35	37	62

FONTE: BEATRIZ, B.S, 2017

*Temperatura média

**Rendimento de grãos inteiros

Figura 14-Comparativo do tempo em horas transcorrido durante a secagem em cada unidade experimental e em diferentes dias e semanas. FONTE: ANTUNES,B.S,2017



Na tabela 5, observa-se que estatisticamente utilizando uma temperatura de secagem de 40°C não há diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade de erro entre as variedades, porém a que obteve um melhor rendimento médio foi a cultivar Puitá.

Tabela 5 – Análise estatística tendo como comparativo o rendimento de grãos inteiros entre as variedades. FONTE: ANTUNES, B.S,2017

Cultura	Rendimento	Fcrit	F	p	CV(%)
Guri	61.66667 a	3,6823	1,4252	0,2712	2,47
Puita	63.16667 a				
409	62.50000 a				

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro

Quando analisado cada cultivar separadamente (tabela 6), nota-se que a cultivar 2 e 3 apresentaram diferença de significância mínima de 1% de probabilidade entre as médias dos tratamentos, para os diferentes dias.

Tabela 6 – Análise estatística durante os dias de cada semana. FONTE: ANTUNES, B.S,2017

Dia	RENDIMENTOS DE GRÃOS INTEIROS		
	Cultivar 1- Guri	Cultivar 2- Puitá	Cultivar 3- 409
14/mar	61.50000 a	63.5000 ab	63.00000 b
16/mar	62.00000 a	65.00000 a	62.0000 bc
24/mar	61.50000 a	60.00000 c	61.0000 cd
28/mar	62.00000 a	62.0000 bc	60.00000 d
06/abr	61.00000 a	65.00000 a	62.2500 bc
08/abr	61.00000 a	62.25000 b	65.00000 a

As médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro

Analisando as figuras 15, 16 e 17 nota-se que a posição das unidades experimentais no secador piloto não ocasionou diferença nos rendimentos dos grãos inteiros.

Figura 15-Variação de rendimento nas diferentes unidades experimentais. FONTE: ANTUNES,B.S,2017

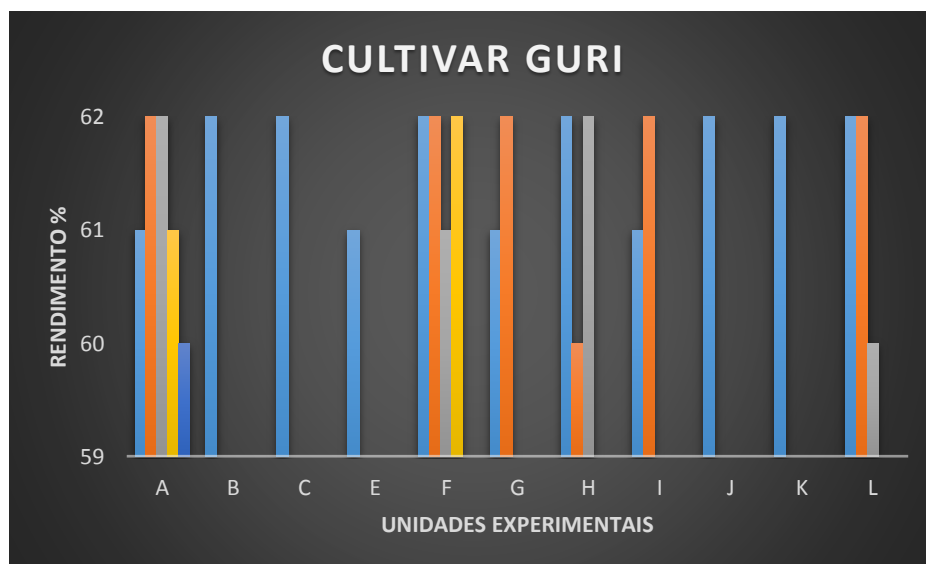


Figura 16-Variação de rendimento nas diferentes unidades experimentais. FONTE: ANTUNES,B.S,2017

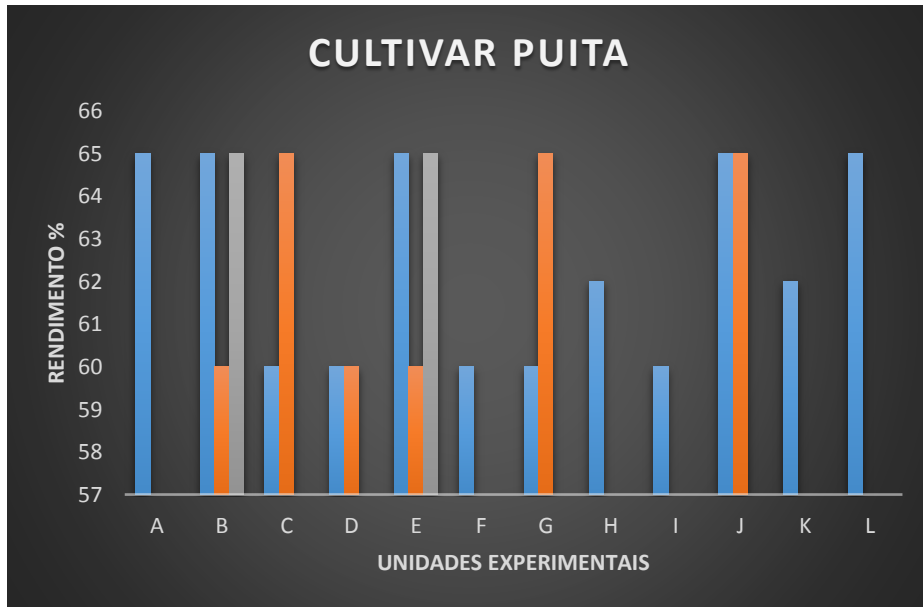
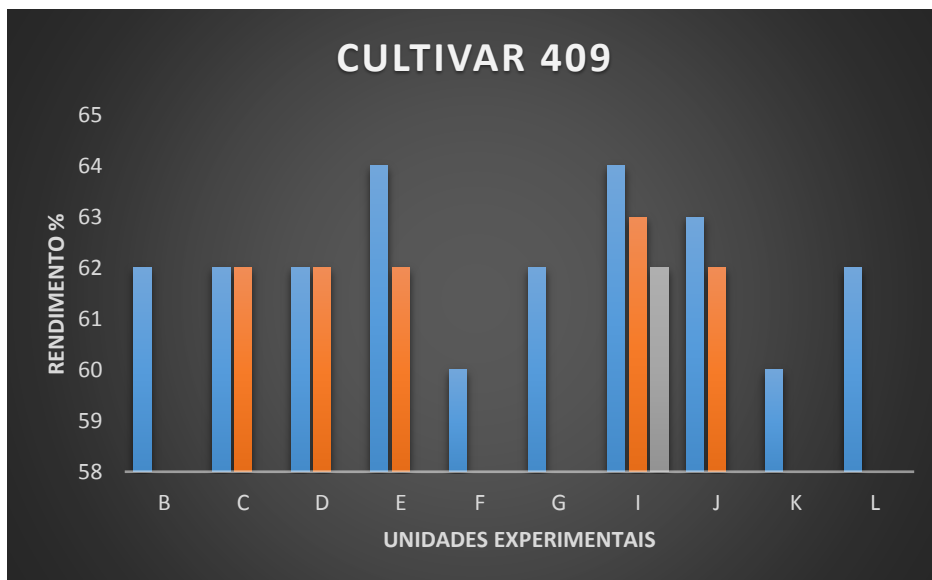


Figura 17-Variação de rendimento nas diferentes unidades experimentais. FONTE: ANTUNES,B.S,2017



A variação de rendimento numa mesma cultivar ocorre porque ainda na lavoura pode acontecer a reidratação dos grãos posterior a obtenção de uma unidade abaixo de um determinado ponto crítico, este variando de cultivar para cultivar. Essa reidratação é crucial para o aparecimento de trincas nos grãos ainda

na lavoura, que após colhidos, secos e beneficiados essas trincam se rompem diminuindo o índice de grãos inteiros. A reidratação geralmente decorre das chuvas, orvalho ou da umidade relativa do ar muito elevada (CASTRO et al., 1999).

Outros fatores de grande influência na qualidade do rendimento dos grãos é a fertilidade, condições de colheita, diferentes manejos, irrigação e seleção de cultivares (GHOSH et al., 2004). Podendo também interferir no índice de grãos inteiros a regulagem do engenho de prova, pois quando feita de maneira incorreta, ocorre uma sobre pressão nos grãos gerando as trincas e posterior a quebra dos grãos inteiros.

5 CONCLUSÕES

1- Comparando as análises constatou-se que o percentual de grãos inteiros nas amostras não obteve influência das condições climáticas e das disposição das repetições no secador piloto. O rendimento dos grãos possui interferência da genética de cada cultivar, das condições de plantio e ambientais da lavoura. Devido a esses fatores a cultivar que possui estatisticamente um rendimento homogêneo foi a variedade 409 e um maior rendimento médio de grãos inteiros a cultivar Puitá.

2- Devido ao secador piloto sugar o ar externo para a secagem dos grãos, influencia no tempo de secagem, principalmente nas gavetas que ficam mais próximas a entrada de ar. Seria necessário mantê-lo em um ambiente fechado, para que a temperatura e umidade relativa do ar permanecesse uniforme e constante.

3- Quando tem-se o conhecimento da genética da cultivar a ser semeada, o manejo durante o plantio e irrigação ocorre de maneira correta, o produto é colhido na época correta e as condições de secagem são ideais há então a perfeita combinação para que se obtenha um ótimo rendimento de grãos inteiros.

REFERÊNCIAS

BASSINELLO, Priscila; CASTRO, Emilio. **Arroz como Alimento**. ISSN 1679-8869 versão eletrônica, 2004. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/212777/1/BassinelloIA.pdf>>. Acesso em: 6 de out.2015, 16:47.

BRAGANTINI, Claudio; VIEIRA, Edson. **Secagem, Armazenamento e Beneficiamento**, Informe agropecuário, Belo Horizonte, v.25, n.222, p.101-108, 2004. Disponível em: <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozIrrigadoTocantins/secagem_armaz_beneficiamento.htm>. Acesso em: 08 de dez.2015, 01:02.

CASTRO, Emilio et al. **Qualidade de Grãos em Arroz**, Embrapa Arroz e Feijão, circular técnica, 34, 1999. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/circ_34_000fxellcv702wyiv80soht9hyuxkqdv.pdf>. Acesso em: 06 de jun.2017, 20:53.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira**. Boletim V.12, safra 2014/15. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_09_11_10_42_03_boletim_graos_setembro_2015.pdf>. Acesso em: 7 de out. 2015, 09:53.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias, 2002, **CULTIVARES**. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/arroz/arvore/CONT000fojvokoc02wyiv80bhgp5povqqj3b.html>>. Acesso em: 27 de set.2015, 18:36.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias. **Cultivo do Arroz Irrigado no Brasil**. ISSN 1806-9207, versão eletrônica, 2005. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozIrrigadoBrasil/cap16.htm>>. Acesso em: 6 de out.2015, 20:14.

IRGA, Instituto Rio Grandense do Arroz. **Arroz Irrigado: Recomendações Técnicas da Pesquisa para o Sul do Brasil**. Boletim do arroz irrigado, 2012. Disponível em: <http://www.irga.rs.gov.br/upload/20140724143610boletim_arroz_irrigado_2012.pdf>. Acesso em: 21 de abr. 2017, 15:28.

GHOSH, M.; MANDAL, B. K.; LODH, S. B.; DASH, A. K. **The effect of planting date and nitrogen management on yield and quality of aromatic rice (*Oryza sativa* L.)**. The Journal of Agricultural Science, Cambridge, v. 142, n. 2, p. 183-191, 2004.

MAPA, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução **Normativa nº 6, de 16 de Fevereiro de 2009**. Disponível em: <http://www.codapar.pr.gov.br/arquivos/File/pdf/ArrozInstrucaoNormativa06_09.pdf>. Acesso em: 7 de out. 2015, 10:38.

MILLER, Paul et al. **Origem do Arroz**, 2007. Disponível em: <http://www.sindarrozsc.com.br/default.php?pg=conteudo_2010&area=Hist%F3ria>. Acesso em: 28 de set. 2015, 15:52.

NITZKE, Julio; BIEDRZYCKI, Aline. **Terra do Arroz**. ICTA, Instituto de Ciências Terra do Arroz, Universidade federal do Rio Grande do Sul, 2004. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/alimentus1/terraearroz/index.htm>>. Acesso em: 6 de out.2015, 18:00.

NUNES, José. **Características do Arroz**, 2010. Disponível em: <<http://www.agrolink.com.br/culturas/arroz/caracteristicas.aspx>>. Acesso em: 28 de set.2015, 15:30.

_____. **Cultivares de Arroz**, 2010. Disponível em: <<http://www.agrolink.com.br/culturas/arroz/cultivares.aspx>>. Acesso em: 07 de dez.2015, 17:17.

PINHEIRO, Beatriz; HEINEMANN, Alexandre. **Características Morfológicas do Arroz**, 2000. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/arroz/arvore/CONT000fe75wint02wx5eo07qw4xeclgdt.html>>. Acesso em: 6 de out.2015, 19:23.

SILVA, Luis. **Estrutura para Armazenagem de Grãos a Granel**. Boletim técnico, AG 02/10, 2010. Disponível em: <http://www.agais.com/manuscript/ag0210_armazenagem_granel.pdf>. Acesso em:6 de out.2015, 20:21.

SILVA, Juarez et al. **Pré-processamento de Produtos Agrícolas**. Juiz de Fora, MG: Instituto Mariz,1995. p. 105-140.

_____. **Pré-processamento de Produtos Agrícolas**. Juiz de Fora, MG: Instituto Mariz, 2008. 208p.

SILVA, J.S.; LUCENA, E.M.P. Estrutura, composição e propriedades das sementes. In: SILVA, J.S. (Ed.). **Pré-processamento de produtos agrícolas**. Juiz de Fora, MG: Instituto Maria, 1995. p. 23-32.

UFRGS, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Terra do Arroz. ICTA, 2004. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/alimentus1/terrardearroz/grao/gr_divisao.htm>. Acesso em: 7 de out.2015, 18:32.

VALENTINI, S.R.T. **Princípios de Armazenagem**. Curso geral de armazenagem, 1ª ed. Campinas, CEPEC/ITAL, 1996.