

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
FARROUPILHA**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

CURSO ENGENHARIA AGRÍCOLA

**DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE PARA AERAÇÃO DE
GRÃOS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Clayton Prates Teixeira

Alegrete, 2018

DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE PARA AERAÇÃO DE GRÃOS

Clayton Prates Teixeira

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

Orientador: Prof. Dr. Ádamo de Sousa Araújo

Alegrete, RS, Brasil

2018

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha
Universidade Federal do Pampa
Curso de Engenharia Agrícola

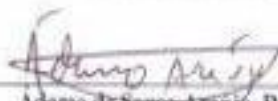
A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova o Trabalho de Conclusão de Curso

**DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE PARA AERAÇÃO DE
GRÃOS**

elaborado por
Clayton Prates Teixeira

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

COMISSÃO EXAMINADORA



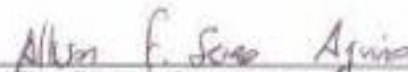
Adamo de Sousa Araújo, Dr. (Presidente/Orientador)



Eracilda Fontanela, Dra. (UNIPAMPA)



Juliana Calage Quevedo, (Engenheira Agrícola)



Allison Fernando Severo Aquino, (Engenheiro Agrícola)

Alegrete, 10 de dezembro de 2018.

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

T266d Teixeira, Clayton Prates
Desenvolvimento de software para aeração de grãos / Clayton
Prates Teixeira.
28 p.

Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação)-- Universidade
Federal do Pampa, ENGENHARIA AGRÍCOLA, 2018.
"Orientação: Ádamo de Sousa Araújo".

1. Sistemas de Aeração. 2. Armazenamento de grãos. 3.
Programação em Python. I. Título.

AGRADECIMENTOS

Expresso o meu profundo agradecimento à todos que participaram dessa longa jornada de graduação que começou no ano de 2010, especialmente gostaria de agradecer aos amigos Allison Severo, Fábio Kellerman e Luis Oneide que foram muito importantes nesse processo, pois me receberam como verdadeiros irmãos em uma cidade há alguns milhares de quilômetros de casa.

Gostaria de demonstrar a satisfação de ter a oportunidade de ter sido treinado por exímios mestres e doutores durante o curso de graduação em Engenharia Agrícola. Para representá-los, cito Professor Carlos Aurélio Dilli Gonçalves, que foi o primeiro a me receber no curso de Engenharia Agrícola, Professor Roberlaine Ribeiro Jorge que me acompanhou por vários anos durante o curso e Professor Edenir Luis Grimm pela compreensão e assistência na fase de conclusão do curso.

Sou grato pela paciência e compreensão da minha família pelos anos de distância e por todo o apoio, que foi incondicional. Um agradecimento especial à minha irmã Cileide Prates Teixeira, pela confiança inabalável da minha capacidade.

Agradeço a todos os desafios que tive que superar e que me fizeram amadurecer durante esses anos, também agradeço a Deus que sempre esteve ao meu lado me ajudando a superá-los e tornou tudo isso possível.

“Você nunca saberá imediatamente
os resultados das suas ações,
contudo se não fizer nada,
certamente não haverá resultados”
(Mahatma Gandhi)

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

DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE PARA AERAÇÃO DE GRÃOS

AUTOR: CLAYTON PRATES TEIXEIRA

ORIENTADOR: DR. ÁDAMO DE SOUSA ARAÚJO

Alegrete, 10 de dezembro de 2018

A cadeia produtiva de grãos atual no Brasil tem se preocupado em incorporar novas tecnologias para garantir o sucesso dos processos que ocorrem com os seus produtos, desde o preparo do solo, até a entrega do grão para o seu cliente. É notória a tecnologia de ponta embarcada em semeadoras precisas e cada vez mais rápidas, colhedoras com plataformas de colheitas que se ajustam ao terreno e veículos aéreos não tripulados que auxiliam na verificação da fitossanidade da lavoura e mapeamento da mesma. Contudo ainda existem alguns gargalos no processo que pode trazer grande prejuízo ao sistema, um deles está relacionado com o armazenamento de grãos na propriedade. A tomada de decisão para o sistema de aeração muitas vezes não segue critérios técnicos e coloca em risco a qualidade dos grãos armazenados assim como a perda indesejada de umidade que ocasiona grandes prejuízos. O presente trabalho propôs a criação de um software através de programa livre baseado nas equações de equilíbrio higroscópico utilizando linguagem de programação *Python* para o auxílio da tomada de decisão do acionamento do sistema de aeração para as culturas de soja, milho e arroz, visando a proficiência da operação, utilizando software simples, onde o mesmo atinge valores de umidade próximos ao encontrados na literatura, o que assegura a sua confiabilidade na execução.

Palavras-chave: Sistema de aeração; Armazenamento de grãos; Programação em *Python*.

ABSTRACT

Course Competition Assignment

Agricultural Engineering

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

Universidade Federal do Pampa, RS, Brazil

SOFTWARE DEVELOPMENT FOR GRAIN AERATION

AUTHOR: CLAYTON PRATES TEIXEIRA

SUPERVISOR: DR. ÁDAMO DE SOUSA ARAÚJO

Alegrete, dezembro 10th 2018.

The current grain production chain in Brazil has been concerned with incorporating new technologies to ensure the success of the processes that occur with its products, from the preparation of the soil, to the delivery of the grain to its customer. Notable is the state-of-the-art technology embedded in precise and increasingly fast seeders, combine harvesters with ground-level harvesting platforms and unmanned aerial vehicles that assist in crop planting and mapping. However there are still some bottlenecks in the process that can cause great damage to the system, one of them is related to the storage of grains in the property. Decision-making for the aeration system often does not follow technical criteria and jeopardizes the quality of stored grains as well as the undesired loss of moisture that causes major losses. The present work proposed the creation of a program through a free program based on the equations of hygroscopic equilibrium using Python programming language to aid in the decision making of the activation of the aeration system for the soy, maize and rice crops, aiming at the proficiency of the operation, using simple software, where it reaches values of humidity close to the one found in the literature, which assures its reliability in the execution.

Keywords: Aeration system; grain storage; programming in Python.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Distribuição das principais unidades armazenadoras de grãos do Brasil.	14
Figura 2- Componentes de um sistema de aeração em silos	16
Figura 3- Fenômeno de histerese: Isotermas de adsorção e dessorção.....	16
Figura 4- Comando para importar a biblioteca de funções matemáticas do software <i>Python</i> .	19
Figura 5- Menu de culturas inseridas no software <i>Python</i>	19
Figura 6 -Interação com o usuário para inserção de nova cultura	20
Figura 7- Comando para obtenção de dados de temperaturas e umidade relativa do software <i>Python</i>	20
Figura 8- Comando para atribuição de condições do software <i>Python</i>	20
Figura 9- Comando de fracionamento de equações do software <i>Python</i>	21
Figura 10- Comando para impressão do resultado no software <i>Python</i>	21
Figura 11- Tela inicial de execução no software <i>Python</i>	22
Figura 12- Escolha da cultura no software <i>Python</i>	22
Figura 13- Valores a serem inseridos no software <i>Python</i>	23
Figura 14- Impressão do resultado na tela.	23

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	Objetivos	11
1.1.1	Objetivo geral	11
1.1.2	Objetivos específicos	11
2	REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1	Armazenagem de grãos	12
2.2	Armazenagem de grãos no Brasil.....	12
2.3	Pragas de armazenamento	14
2.3.1	Pragas primárias	14
2.3.2	Pragas secundárias	15
2.4	Fatores que influenciam a armazenagem	15
2.4.1	Temperatura.....	15
2.4.2	Sistema de aeração.....	15
2.5	Componentes básicos do sistema de aeração	16
2.6	Potencial higroscópico	16
2.7	Sistemas de secagem	17
2.8	Linguagem <i>python</i>	18
3	MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1	Materiais utilizados	19
3.2	Procedimentos	19
3.2.1	Desenvolvimento das linhas de programação	19
3.3	Execução do programa	21
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	24
4.1	Programação.....	24
4.2	Operação.....	24
4.3	Utilização	24
4.4	Testes.....	24
4.5	Erros	24
5	CONCLUSÃO	25
6	REFERÊNCIAS	26

1 INTRODUÇÃO

Grãos, carnes e raízes sempre fizeram parte da dieta do ser humano, desde os seus primórdios, pois é a fonte de energia utilizada pelo corpo humano para manter as suas funções. Ter disponibilidade dessa fonte de energia, de acordo com a demanda e no tempo esperado, determinou prosperidade e/ou colapso de vários povos ao decorrer da história.

Civilizações, como a Egípcia, que se desenvolveram as margens do rio Nilo, no Egito, cultivavam seus cereais entre os meses de novembro e fevereiro e, para a sua sobrevivência e prosperidade de seu comércio, realizavam o armazenamento de grãos em celeiros cônicos cercados por altas muralhas e pintados de branco, para garantir a manutenção das características físico químicas de seus cereais até a próxima colheita. Outras técnicas de conservação de alimentos, como salga de carnes e pescado, defumação e imersão de alimentos no mel, argila e gordura são datadas há milênios antes de Cristo. Segundo Weber (2001), nos estudos de cientistas feitos sobre o comportamento da raça humana, a aprendizagem da armazenagem foi um dos fatores mais importantes para a sua sobrevivência.

A produção primária de alimentos sempre se concentrou no campo, primeiramente com a agricultura de subsistência. Entretanto, após a inserção de novas ferramentas e tecnologias, foi possível gerar um excedente de produção de alimentos que passou a ser comercializado nas cidades.

Segundo dados do IBGE (2010), mais de 50.000.000 de pessoas se mudaram do campo para a cidade no Brasil, entre os anos de 1950 e 2010. O êxodo rural, junto com o crescimento populacional do Brasil, impôs ao setor agropecuário uma responsabilidade de produzir uma maior quantidade de alimentos e armazenar esses produtos com segurança, preservando as suas características e qualidade.

Nos dias atuais, o Brasil é considerado um dos maiores exportadores de grãos do mundo, contudo, possui uma infraestrutura deficiente para o escoamento da sua safra, dependendo assim da sua capacidade estática de armazenamento.

Todavia, durante o período de armazenamento, os grãos podem ser atacados por insetos, fungos ou perderem qualidade devido ao alto grau de respiração, dependendo das condições de armazenamento. Para isso, é preciso que seja feito o controle a fim de minimizar ou impedir o ataque de pragas.

Tang et al. (1999), destacam a relevância do controle dos processos de deterioração e sua mensuração para definição do tempo que o material poderá ser armazenado, mantendo a sua qualidade. A deterioração causa perda no seu valor comercial, afeta a viabilidade econômica

da sua produção e resulta em prejuízos para o processo de produção. O processo de aeração é uma ferramenta utilizada na prevenção aos ataques de insetos e preservação dos grãos.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Desenvolver um software para auxílio na tomada de decisão para o acionamento de sistemas de aeração para colaborar na melhoria da qualidade dos grãos armazenados.

1.1.2 Objetivos específicos

Promover futuras melhorias em sistemas de aeração e secagem de grãos em pequenas e grandes unidades armazenadoras, além do interesse na aplicação da automação em acionamentos de sistemas que controlam a qualidade de grãos armazenados.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Armazenagem de grãos

Para CASEMG (2009), armazenagem é o ato de depositar ou guardar um produto por um tempo indeterminado com total segurança, com o objetivo de conservar as características qualitativas e quantitativas, durante o período da estocagem.

Puzzi (1977), define unidade de armazenamento de grãos como o local destinado a receber a produção agrícola, conservá-la em perfeitas condições técnicas e fazer a posterior redistribuição.

Em unidades armazenadoras nível fazenda, a localização é na própria propriedade rural, sendo de uso exclusivo do proprietário. Possuem alta capacidade de pré-limpeza e secagem, com sistemas de armazenagem compatíveis em capacidade e características necessárias à preservação do produto (HERNANDEZ, 2009).

De acordo com Cristiano et al. (2006), a maior parte do investimento em um sistema de armazenamento de grãos se refere a valores com pouca variabilidade, independentemente da quantidade a ser armazenada.

2.2 Armazenagem de grãos no Brasil

É crescente o aumento da participação do Brasil no cenário agrícola mundial, devido ao crescimento do uso de tecnologias no campo, além de parcerias entre grandes empresas, o que proporciona safras cada vez maiores, tornando lucrativo o negócio agrícola, principalmente em grandes fazendas localizadas nos principais polos agrícolas brasileiros. Contudo, esse crescimento não é acompanhado nas etapas seguintes à colheita, que correspondem principalmente ao transporte, recebimento, secagem e armazenagem de grãos em uma unidade armazenadora, causa prejuízos ao produtor e uma diminuição da competitividade das commodities agrícolas brasileiras no mercado exterior (AZEVEDO et al., 2008).

Segundo Devilla (2004), em diversos países como França, Argentina e Estados Unidos, a capacidade estática de armazenagem nas fazendas varia de 30 a 60 % das suas safras. A nível Brasil, estima-se que essa capacidade corresponda a 3,5 % da produção total de grãos, devido, em grande parte, ao fator econômico, pouca difusão de tecnologia gerada, assim como a falta de um correto planejamento da estrutura armazenadora.

De acordo com dados do Instituto de Economia Agrícola (JÚNIOR & NOGUEIRA, 2008), as tecnologias empregadas no campo proporcionaram uma maior produção e em melhor qualidade, utiliza áreas até então com baixo potencial produtivo, traz algumas mudanças, como a redução do intervalo entre cada colheita e, conseqüentemente, uma necessidade de modernização e adequação da atual capacidade de transporte e armazenagem da safra, para suprir a demanda da produção agrícola.

Para Weber (2005), a falta de silos no Brasil já pode ser considerada uma situação grave, podendo tornar-se gravíssima e é uma das maiores responsáveis pelas perdas crescentes que chegam à casa dos 20% e poderá aumentar, o que gera um obstáculo para o crescimento das frentes agrícolas.

O volume de grãos aumenta a cada safra, porém, a estrutura de armazenagem permanece constante. As perdas ocorrem principalmente nas etapas de beneficiamento, armazenagem e transporte de grãos (EMBRAPA, 2006).

A capacidade estática atual de armazenagem no Brasil gira em torno de 124 milhões de toneladas, para uma safra superior a 140 milhões de toneladas. Segundo Amaral (2007), o parâmetro ideal da capacidade estática deveria ser pelo menos 20% superior à produção de grãos do país.

Os dados da produção agrícola e capacidade estática de armazenagem sempre são comparados pelos analistas do setor, entretanto, é importante lembrar que nem toda a quantidade colhida é guardada, pois uma substancial parcela é exportada ou tem consumo imediato (NOGUEIRA & JÚNIOR, 2008).

Para Vanier et al. (2017), grande parte dos produtores investe alto capital na produção, e deixa para segundo plano a etapa da pós-colheita, o que acarreta em alguns prejuízos, pois o agricultor realiza a venda do produto na época da colheita, onde os preços são menores. Uma alternativa para essa situação é a utilização do armazenamento em nível fazenda, haja vista que ocorre uma diminuição dos custos com transporte e comercialização do produto em épocas de menor oferta, assegura um maior preço ao produto, bem como a garantia de oferta de um produto com maior qualidade, apto ao consumo e comercialização, além da utilização dos resíduos gerados nos processos de pré-limpeza e limpeza dos grãos, que podem ser utilizados na alimentação animal.

Ainda de acordo com Vanier et al. (2017), há também inúmeras vantagens para o consumidor, que irá adquirir um produto com maior qualidade e aptidão ao consumo e haverá maior oferta de produtos, causa uma diminuição do preço e um conseqüente aumento do consumo pela população.

O armazenamento de grãos em silos e armazéns que possuem sistemas avançados de termometria, aeração e sistemas de secagem é o meio mais utilizado em grandes fazendas, cooperativas, agroindústrias e grandes produtores. Se houver um correto dimensionamento e manejo, esse sistema de armazenagem também pode ser usado por pequenos e médios produtores.

O aumento das deficiências na armazenagem de grãos no Brasil deve-se, em grande parte, ao manejo muitas vezes inadequado em unidade armazenadoras de grãos, além da localização dessas unidades em locais afastados dos principais centros urbanos e terminais de exportação, causa aumento de custos e perdas no processo de secagem. (Figura 1).

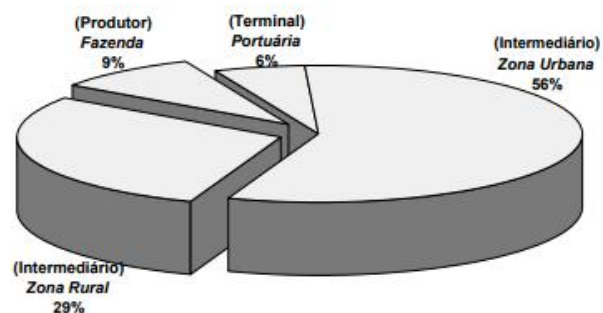


Figura 1- Distribuição das principais unidades armazenadoras de grãos do Brasil. Fonte: CONAB (2017).

2.3 Pragas de armazenamento

Os grãos armazenados em silos constituem uma enorme fonte de alimento disponível e estão sujeitos a ataques de pragas que, segundo Lorini (2008), podem ser divididas em:

2.3.1 Pragas primárias

Atacam grãos íntegros e sadios, perfuram o mesmo e consomem todo o tecido e as reservas da semente ou do grão e podem ser classificadas em:

Primárias internas: Quando perfuram os grãos e, além de se alimentar, penetram no mesmo para completar o seu ciclo de vida.

Primárias externas: Quando destroem o tegumento para se alimentar da parte interna, realizando isso somente para sua alimentação, citam-se como exemplo de pragas primárias as espécies *Rhyzoperha dominica*, *Siophilus oryzae* e *S. zeamae*.

2.3.2 Pragas secundárias

Atacam grãos quebrados e trincados devido ao processamento e dano mecânico do mesmo ou de ataques de pragas primárias e estão presentes desde a fase de recebimento, com reprodução de forma acelerada e alto potencial de gerar grandes prejuízos. Pode-se citar, como exemplo, as espécies *Cryptolestes ferrugineus*, *Oryzaephilus surinamensis* e *Tribolium castaneum*.

2.4 Fatores que influenciam a armazenagem

Uma grande gama de fatores favorece a perda de qualidade dos grãos, entre elas, pode-se destacar a influência da espécie, variedade, condições ambientais durante todo o seu desenvolvimento no campo, estágio de maturação no momento da colheita, procedimento de colheita, método de secagem e práticas utilizadas no armazenamento do produto (BROOKER et al. 1992).

2.4.1 Temperatura

Uma das causas do aumento de intensidade da respiração dos grãos está relacionada com o aumento da temperatura, aliado com umidade dos grãos maiores de 13%, o que acarreta uma deterioração acelerada do produto armazenado e diminuição da qualidade do mesmo (FARONI, 1998). O parâmetro crucial, tomado como base para o controle de insetos dentro da massa de grãos, é o equilíbrio entre umidade e temperatura que, em modos gerais, deve ser mantida a umidade relativa abaixo de 65% e temperatura abaixo de 21°C, para grãos de 14% à 16% de umidade em base molhada (CUNNINGTON, 1984).

2.4.2 Sistema de aeração

A aeração constitui-se da insuflação ou sucção de ar através da massa de grãos, com o objetivo da prevenção de problemas na conservação do produto, diminui a temperatura da massa de grãos, inibe a atividade de insetos e desenvolvimento da microflora, uniformiza a temperatura da massa de grãos e retira odores que podem estar presentes (SILVA, 2008).

2.5 Componentes básicos do sistema de aeração

Os componentes básicos de um sistema de aeração em silos estão ilustrados na figura 2, sendo eles: Cabos termométricos, dutos de aeração, ventilador, sensor de temperatura e painel de controle.

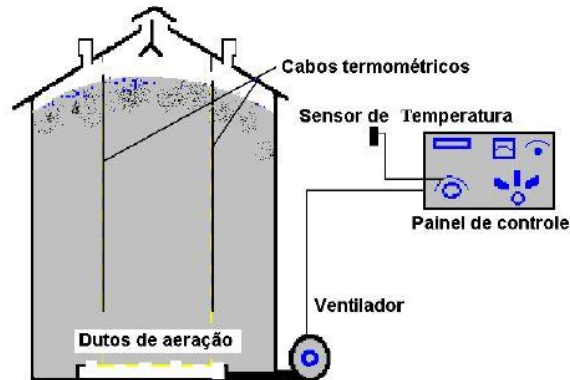


Figura 2- Componentes de um sistema de aeração em silos. Fonte: Silva (2008).

2.6 Potencial higroscópico

Em um ambiente com variação de umidade relativa do ar, os grãos irão absorver ou perder água para o meio, busca o ponto de equilíbrio, onde esse equilíbrio é obtido quando a pressão de vapor do ar é igual a pressão de vapor do grão. O vapor de água presente no ar atmosférico terá forte influência no comportamento fisiológico do grão (Figura 3), realiza interações com a umidade presente no seu interior (MARCOS FILHO, 2005).

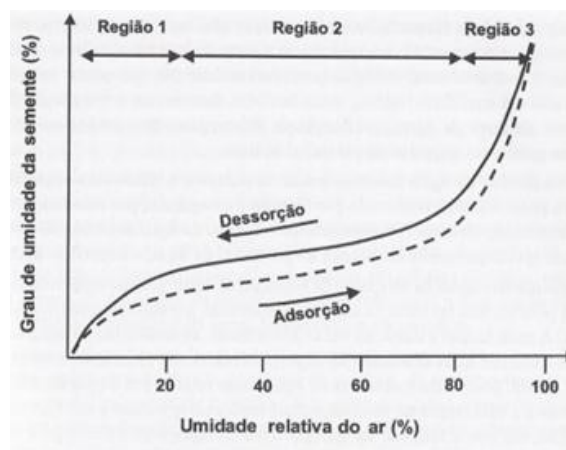


Figura 3- Fenômeno de histerese: Isotermas de adsorção e dessorção. Fonte: SUN (2002).

Por sua vez, a temperatura está diretamente associada a quantidade de vapor de água que o ar pode armazenar. (Quadro 1).

Temperatura °C	Umidade de Saturação (gramas de vapor de água.Kg ⁻¹ ar seco)
0	3,8
10	7,6
20	14,8
30	26,4

Quadro - 1. Variação da umidade de saturação em função da temperatura do ar. Fonte: Cunnington (1972).

Modelo de Henderson: Umidade de equilíbrio de Grãos (Quadro 2).

$$1 - UR = e^{-cT U e^n}$$

Equação1: Equilíbrio higroscópico.

UR = Umidade relativa do ar, decimal.

e = Base do logaritmo neperiano = 2,718

T = Temperatura absoluta (Kelvin)

Ue = Umidade de equilíbrio

C = constante que depende do material

n = Constante que depende do material

Produto	C	n
Milho	$1,98 \times 10^{-5}$	1,9
Trigo duro	$10,06 \times 10^{-7}$	3,03
Sorgo	$6,12 \times 10^{-6}$	2,31
Soja	$5,76 \times 10^{-5}$	1,52
Feijão	$3,72 \times 10^{-5}$	1,63

Quadro 02- Valores das constantes para determinados produtos. Silva, (2008).

2.7 Sistemas de secagem

Segundo Borém et al. (2008), a secagem pode ser definida como um processo simultâneo de transferência de energia e massa entre o produto e o ar de secagem, ocorre pela

convecção forçada do ar, o que permite a manutenção da sua qualidade durante o armazenamento, sendo influenciada pelo método de secagem, temperatura e umidade relativa do ar de secagem, velocidade do ar e tempo de secagem. Se ocorrer a falta de controle desses fatores, ocorre o comprometimento da qualidade final do produto.

A diferença de pressão de vapor d'água entre a superfície e o ar que o envolve, gera a redução do teor de água durante o processo de secagem, para isso, é necessário que a pressão de vapor d'água em sua superfície seja maior que a pressão parcial de vapor d'água (BORÉM et al. 2008).

De acordo com Afonso Júnior (1999), é através da simulação que se pode realizar estudos sobre sistemas de secagem, realizar seu correto dimensionamento, otimização e verificação da viabilidade de sua aplicação comercial, haja vista que a simulação utiliza um modelo matemático que representa satisfatoriamente a perda de água do produto na secagem.

2.8 Linguagem *python*

Python é uma linguagem de programação, desenvolvida por *Guido van Rossum* em 1991, sendo criada com o objetivo de simplificação de códigos, comparados com as linguagens já existentes (PYSCIENCE BRASIL,2017).

Suas características são:

- Baixo uso de caracteres especiais;
- Utilização de identificação para programar blocos;
- Linguagem livre e multiplataforma;
- Vasta biblioteca;
- Agilidade na programação.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Materiais utilizados

Os materiais utilizados para a elaboração do algoritmo do programa para o auxílio de decisão de utilização do sistema de aeração foram:

Notebook Dell Intel core i5 Windows 7 e software *Python* 3.6.

3.2 Procedimentos

3.2.1 Desenvolvimento das linhas de programação

Para inicializar o programa, é preciso importar uma biblioteca de funções preexistentes do software *Python*. Essa biblioteca permite que o algoritmo utilize funções exponenciais, logarítmicas, senoidais entre outras. O comando para importar essa biblioteca está representado na figura 4.

```
import math
# Biblioteca de funções Matemáticas.
```

Figura 4- Comando para importar a biblioteca de funções matemáticas do software *Python*. Fonte: TEIXEIRA (2017).

Para interagir com o usuário, indicando as opções de culturas que podem ser processadas, foi utilizado o comando *Print*, que tem a função de imprimir na tela um texto e/ou valor de uma variável definida pelo programador (Figura 5).

```
print(" 1 Milho   2 Trigo duro   3 Soja   4 Sorgo   5 Feijão ")
# Imprimir na tela as opções de culturas para a escolha do usuário.
```

Figura 5- Menu de culturas inseridas no software *Python*. Fonte: TEIXEIRA (2017).

Para o algoritmo interagir com o usuário, permitindo que o mesmo insira alguma informação, foi utilizado o comando *Input*, que permite a inserção de informações no algoritmo. A informação desejada está relacionada com o número da cultura que se pretende calcular e a unidade de equilíbrio higroscópico. Como as opções foram definidas entre os números inteiros de 1, 2, 3, 4 e 5, foi preciso utilizar o comando *Int*, que informa ao algoritmo que a informação recebida será um número inteiro (Figura.6).

```
x = int(input(" Insira o número correspondente a cultura:"))
# Comando do conjunto de números inteiros (int), comando de interação com o usuário (input).
```

Figura 6 -Interação com o usuário para inserção de nova cultura. Fonte: TEIXEIRA (2017).

As informações sobre umidade relativa, temperatura e acréscimo de temperatura do ar, devido ao sistema de aeração, por não constituírem obrigatoriamente apenas de números inteiros, foi utilizado o comando *Float*, para indicar ao algoritmo que a informação inserida constituirá-se de um valor em ponto flutuante.

Para a interação do usuário com o algoritmo, foi utilizado o comando *Int* (Figura 7).

```
y = float(input(" Insira o valor da umidade relativa em %:"))
# Comando para uso de números em ponto flutuante (float), comando de interação com o usuário (input).
z = float(input(" Insira o valor da temperatura em °C:"))
v = float(input(" Insira o acrescimo de temperaura devido as pás do ventilador em °C:"))
```

Figura 7- Comando para obtenção de dados de temperaturas e umidade relativa do software *Python*. Fonte: TEIXEIRA (2017).

Para a orientação do algoritmo na escolha das constantes *c* e *n* das culturas, foi utilizado o comando *If*, executando as escolhas de acordo com as condições que o algoritmo foi programado (Figura 8).

```
# Comando de condições (if), c e n são constantes para a utilização da equação de Henderson, variam de
# acordo com a cultura escolhida.

if x == 1:
    c=0.0000198

if x == 1:
    n=1.9
```

Figura 8- Comando para atribuição de condições do software *Python*. Fonte: TEIXEIRA (2017).

Após a determinação das constantes c e n , e dos valores de umidade relativa, temperatura e acréscimo de temperatura devido as pás do ventilador do sistema de aeração, a equação de Henderson foi fracionada para a simplificação dos cálculos e construção do algoritmo. (Figura 9).

```
# Equações obtidas a partir do fracionamento da
# equação de Henderson ( Ue = {ln(1-UR)/[-(c*T)]}^(1/n) )

e1 = math.log(1-(y/100))
e2 = (-1*c*(z+273.15+v))
#e2 = (-1*c*(z+273.15))
e3 = (e1/e2)
e4 = (e3**(1/n))
```

Figura 9- Comando de fracionamento de equações do software *Python*. Fonte: TEIXEIRA (2017).

Após, foi realizado o cálculo da umidade de equilíbrio, através das linhas e utilizou-se das informações inseridas no algoritmo e informações programadas. O comando *Print* foi utilizado para imprimir o valor na tela aliado ao marcador `%.2f`, para que o resultado fosse mostrado em duas casas decimais (Figura 10).

```
print(" A umidade de equilíbrio higroscópico corresponde a: %.2f " %e4, "%")
```

Figura 10- Comando para impressão do resultado no software *Python*. Fonte: TEIXEIRA (2017).

3.3 Execução do programa

Com o programa aberto na tela de programação, ao pressionar a tecla F5 do teclado do computador, notebook ou dispositivo eletrônico utilizado, abre-se uma nova tela com informações a serem seguidas pelo usuário para o cálculo da umidade de equilíbrio higroscópica. A mesma tela pode ser acessada através da janela *Run*, escolhe-se a opção *Run Module* (Figura 11).



Figura 11- Tela inicial de execução no software *Python*. Fonte: TEIXEIRA (2017).

Na tela de inserção da cultura pretendida, deve-se escolher entre as cinco culturas disponíveis do menu e informar o seu respectivo número e, ao final, pressionar a tecla *Enter* (Figura 12).

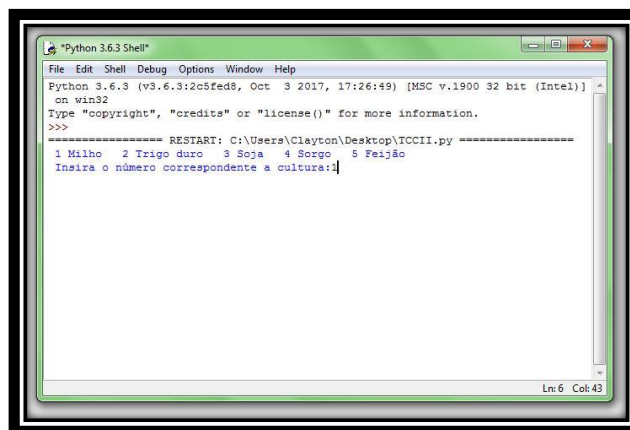
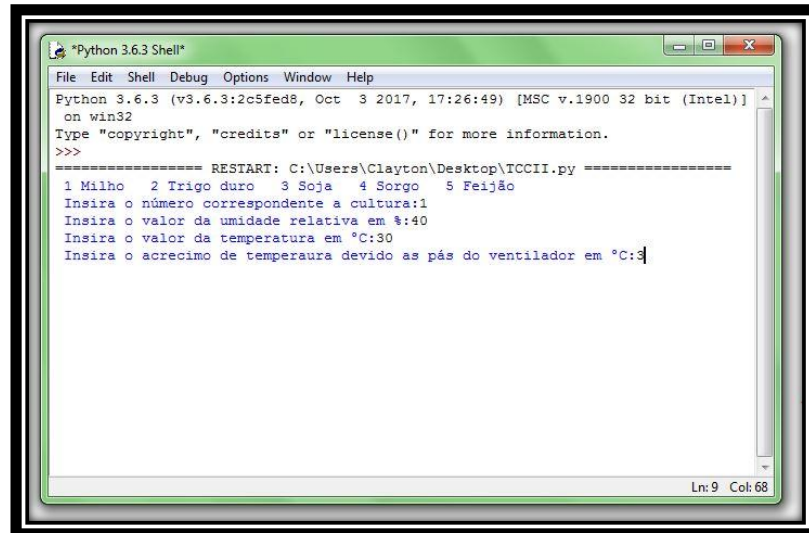


Figura 12- Escolha da cultura no software *Python*. Fonte: TEIXEIRA (2017).

Após a escolha da cultura, deve-se informar o valor da umidade relativa em porcentagem, temperatura em graus celsius e o valor de acréscimo de temperatura devido às pás do ventilador e pressionar a tecla *Enter* a cada informação inserida. (Figura 13).



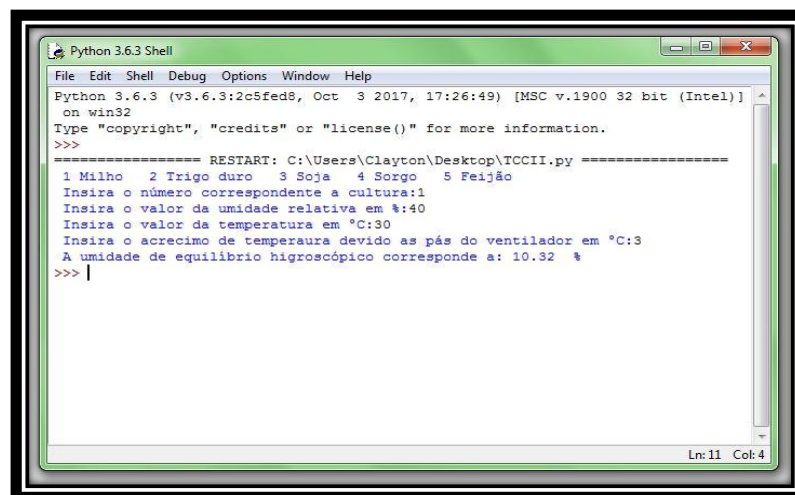
```

Python 3.6.3 Shell
File Edit Shell Debug Options Window Help
Python 3.6.3 (v3.6.3:2c5fed8, Oct 3 2017, 17:26:49) [MSC v.1900 32 bit (Intel)]
on win32
Type "copyright", "credits" or "license()" for more information.
>>>
===== RESTART: C:\Users\Clayton\Desktop\TCCII.py =====
1 Milho  2 Trigo duro  3 Soja  4 Sorgo  5 Feijão
Insira o número correspondente a cultura:1
Insira o valor da umidade relativa em %:40
Insira o valor da temperatura em °C:30
Insira o acrescimo de temperatura devido as pás do ventilador em °C:3

```

Figura 13- Valores a serem inseridos no software *Python*. Fonte: TEIXEIRA (2017).

Após o preenchimento das informações solicitadas pelo programa e, ao pressionar a tecla *Enter*, o algoritmo realizará a impressão do valor do resultado na tela (Figura14)



```

Python 3.6.3 Shell
File Edit Shell Debug Options Window Help
Python 3.6.3 (v3.6.3:2c5fed8, Oct 3 2017, 17:26:49) [MSC v.1900 32 bit (Intel)]
on win32
Type "copyright", "credits" or "license()" for more information.
>>>
===== RESTART: C:\Users\Clayton\Desktop\TCCII.py =====
1 Milho  2 Trigo duro  3 Soja  4 Sorgo  5 Feijão
Insira o número correspondente a cultura:1
Insira o valor da umidade relativa em %:40
Insira o valor da temperatura em °C:30
Insira o acrescimo de temperatura devido as pás do ventilador em °C:3
A umidade de equilíbrio higroscópico corresponde a: 10.32 %
>>> |

```

Figura 14- Impressão do resultado na tela. Fonte: TEIXEIRA (2017).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Programação

Os algoritmos elaborados foram de baixa complexibilidade facilitando o entendimento da programação pelo usuário. Ainda que possua um conhecimento básico da linguagem de programação *Python*, será capaz de implementar mudanças e atualizações no algoritmo, adaptando o programa as suas necessidades.

4.2 Operação

O programa elaborado possui uma interface simples, contendo informações ao usuário dos passos a serem seguidos. A realização da tarefa é rápida e o resultado é obtido de forma imediata após a inserção dos dados solicitados pelo algoritmo.

4.3 Utilização

O *Python* é um software livre, podendo ser obtido sem a necessidade da compra da sua licença, isso favorece a utilização da ferramenta desenvolvida para o cálculo da umidade de equilíbrio higroscópico, sem proporcionar custos adicionais ao operador.

4.4 Testes

Foram realizadas diversas rotinas no programa utilizando todas as suas opções e comparadas com cálculos manuais para comprovar a sua exatidão e confiabilidade dos resultados. Todos os resultados foram satisfatórios com rigor, diminuindo assim o tempo para a sua determinação.

4.5 Erros

Devido a simplicidade da sua programação, o algoritmo poderá apresentar erros caso o usuário não siga as instruções com relação aos dados que devem ser inseridos para executar a rotina do algoritmo.

5 CONCLUSÃO

Foi alcançado o objetivo proposto da criação de um programa para a determinação da umidade de equilíbrio higroscópico, com a finalidade de auxiliar nas tomadas de decisões do acionamento do sistema de aeração, além de colaborar com a melhoria da qualidade dos grãos armazenados. O programa tem como diferencial ser de simples utilização e pode ser obtido sem custos, onde seu algoritmo permite atualizações para melhor adaptação para situações diversas.

6 REFERÊNCIAS

AFONSO JUNIOR, P. C. Comparação de modelos matemáticos para descrição da cinética de secagem em camada fina de sementes de feijão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.3, n.3, p.349-353, 1999.

AMARAL, D. **Capacidade de armazenamento da safra brasileira está abaixo do nível de segurança. Nordeste Rural: Notícias do Campo**. Publicada em 02/12/2007. Disponível em: < <http://g1.globo.com/economia/agronegocios/globo-rural/noticia/2017/04/armazenagem-da-safra-preocupa-agricultores-em-varias-regioes-do-pais.html>.> Acesso em: 10 Nov. 2017.

AZEVEDO, L. F. et al. **A capacidade estática de armazenamento de grãos no Brasil**. Artigo do XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, RJ. p. 04-05, 2008.

BORÉM, F. M; ANDRADE, E. T. **Pós-colheita do café**. 1.ed. Lavras: Editora UFLA, 2008. 631 p.

BROOKER, D.B.; BAAKER-ARKEMA, F.W.; HALL, C.W. **Drying and Storage of Grain and Oilseeds**. New York. USA. 1992. 450p.

COMPANHIA DE ARMAZÉNS E SILOS DE MINAS GERAIS S.A.- CASEMG. 2009. Disponível em: < <http://www.casemg.gov.br/> >. Acesso em: 23 jul. 2018.

CONAB- Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível em: < <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1077&t=2> >. Acesso em: 09 Nov. 2017.

CRISTIANO, A. C. et al. Viabilidade econômica do armazenamento de soja na propriedade rural: Vantagem competitiva na redução de despesas e benefícios para a estratégia de comercialização. **Revista Análise Econômica**, Porto Alegre, ano 24, n. 45, p. 141-160, mar. 2006.

CUNNINGTON, A.M. **Resistance of the grain mite, *Acarus siro* L. (Acarina, Acaridae) to unfavourable physical conditions beyond the limit of the development**. *Agric. Ecosystems Environ.* 11: 319-339. 1984.

DEVILLA, I. A. **Projetos de unidades armazenadoras**. Anápolis, Universidade Estadual de Goiás, abr. 2004. Disponível em < https://editorarealize.com.br/revistas/conapesc/trabalhos/TRABALHO_EV070_MD4_SA17_I D1449_22042017141759.pdf >. Acesso em: 07 dez. 2017.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Conferência aborda escoamento de safra. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2043372/conferencia-ira-debater-logistica-e-seguranca-alimentar-de-graos-depois-da-colheita> > Acesso em: 10 nov. 2017.

FARONI, L. R. A. Efeito imediato e latente da fumigação com ozônio na qualidade dos grãos de milho. **Revista Brasileira de Armazenamento**, v. 32, n. 2, p. 100-110, 1998.

HERNANDEZ, T. F. **Rede e unidades armazenadoras**. Artigo publicado pela Unesp em 2009. Disponível em: < https://editorarealize.com.br/revistas/conapesc/trabalhos/TRABALHO_EV070_MD4_SA17_ID1449_22042017141759.pdf >. Acesso em: 14 set. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA- IBGE. 2010. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br> >. Acesso em: 15 out. 2018.

JUNIOR, S. N. & NOGUEIRA, E. A. **Centrais Regionais de Armazenagem como apoio à Comercialização de Grãos: Panorama do Mercado Agrícola**. Instituto de Economia Agrícola. Informações Econômicas, SP, V.37, n.7, Julho de 2003.

LORINI, I. **Manejo integrado de pragas de grãos de cereais armazenados**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2008. 72 p.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005, p. 495.

PUZZI, D. **Manual de armazenamento de grãos: Armazéns e Silos**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1977. 405 p.

PYSCIENCE-BRASIL, linguagem python. Disponível em: < <http://pyscience-brasil.wikidot.com/python:python-oq-e-pq> >. Acesso em: 05 Nov. 2017.

SILVA, J. S. **Secagem e armazenagem de produtos agrícola**. Ed: UFV. Viçosa, 2008.

SUN, W. Q. **Methods for the study of water relations under desiccation stress**. In: Black, M.; Pritchard, H. W. (ed). *Desiccation and survival in plants: drying without dying*. Wallingford: CABI Publishing, 2002. p. 48-83.

TANG, S.; T. D. M.; EGLI, D. B.; CORNELIUS, P. L. **Survival characteristics of corn seed during storage: II. Rate of seed deterioration**. *Crop Science*, v.39, p.1400-1406, 1999.

TEIXEIRA, C. P. **Arquivo Pessoal**. Banco de imagens da Linguagem *Python*, 2017.

VANIER, et al. **Tecnologias de Pré-armazenamento, armazenamento e conservação de grãos**. Material de apoio os cursos de graduação em Agronomia e Engenharia Agrícola-UFPEL. Disponível em: < <http://docplayer.com.br/12247185-Tecnologias-de-pre-armazenamento-armazenamento-e-conservacao-de-graos.html> >. Acesso em: 10 nov. 2017.

WEBER, E. **Armazenagem agrícola**. 2. ed., Guaíba: Agropecuária, 2001.

WEBER, E. **A excelência em beneficiamento e armazenamento de grãos**. Panambi: Salles, 2005. 586 p.