



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA  
COPEAG - COORD. DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENG. AGRÍCOLA



# **PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

## **Dissertação de Mestrado**

**SIMULAÇÃO DE DANOS EM SEMENTES DE  
MILHO DURANTE O BENEFICIAMENTO  
PÓS-COLHEITA SOB CONDIÇÕES  
CONTROLADAS**

**EURICO JOSÉ RODRIGUES LOPES**

**Campina Grande  
Paraíba**



*UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE*  
*CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS*  
*CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA*



Centro de tecnologia  
e recursos naturais

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO**  
**PROCESSAMENTO E ARMAZENAMENTO DE PRODUTOS**  
**AGRÍCOLAS**

**SIMULAÇÃO DE DANOS MECÂNICOS EM SEMENTES**  
**DE MILHO DURANTE O PROCESSO DE BENEFICIAMENTO**  
**PÓS-COLHEITA**

**EURICO JOSÉ RODRIGUES LOPES**

**ORIENTADORES**

**Prof. Dr. Mario Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti Mata**

**Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Maria Elita Martins Duarte**

**CAMPINA GRANDE – PB**  
**2011**

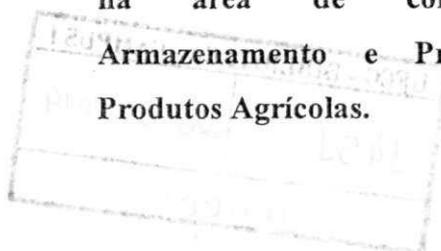


*UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE*  
*CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS*  
*CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA*



**SIMULAÇÃO DE DANOS EM SEMENTES DE MILHO DURANTE O  
BENEFICIAMENTO PÓS-COLHEITA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola na área de concentração em Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas.



**ORIENTADORES**

**Prof. Dr. Mario Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti Mata**

**Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Maria Elita Martins Duarte**



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA



**PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**EURICO JOSÉ RODRIGUES LOPES**

**SIMULAÇÃO DE DANOS EM SEMENTES DE MILHO DURANTE O  
BENEFICIAMENTO PÓS-COLHEITA SOB CONDIÇÕES CONTROLADAS**

**BANCA EXAMINADORA**

**PARECER**

\_\_\_\_\_  
Dr. Mario Eduardo R. Moreira Cavalcanti Mata – Orientador

*M. Elita Martins Duarte*  
\_\_\_\_\_  
Dra. Maria Elita Martins Duarte – Orientadora

*Ana Paula Trindade Rocha*  
\_\_\_\_\_  
Dra. Ana Paula Trindade Rocha – Examinadora

*Renato Fonseca Aragão*  
\_\_\_\_\_  
Dr. Renato Fonseca Aragão – Examinador

\_\_\_\_\_  
*APROVADO*

\_\_\_\_\_  
*APROVADO*

\_\_\_\_\_  
*APROVADO*

SETEMBRO - 2011

**DIGITALIZAÇÃO:**

**SISTEMOTECA - UFCG**

## AGRADECIMENTOS

A meu pai (em memória) minha fonte de inspiração, força e segurança. Estará sempre presente em minha vida, pensamento e por meio da saudade;

A minha família, mãe, irmãs, companheira e filhos que, sempre próximos me apoiaram, se doaram em prol da realização dos trabalhos, incentivando-me, e torcendo pelo meu sucesso;

Ao meu orientador, professor Dr. Mario Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti Mata, pela valiosa orientação, apoio, incentivo, ajuda e pela confiança em mim depositada;

À minha orientadora, professora Dr<sup>a</sup>. Maria Elita Martins Duarte, pelo apoio, sugestão e conhecimentos transmitidos durante o curso;

Aos demais professores do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da UFCG, pela paciência, tolerância e conhecimentos transmitidos durante o curso;

Ao Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA) que, gentilmente, nos disponibilizou a Unidade de Beneficiamento de Sementes, localizada no município de Ibimirim, e sua equipe técnica, para que pudéssemos conduzir o experimento I da pesquisa;

Ao colega de trabalho, professor Carlos Alberto Brasileiro Campos, pelo apoio, ajuda e colaboração durante a realização da pesquisa;

À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE), pela concessão da Bolsa de Estudo;

A Clébson Lúcio da Silva, pela ajuda e, a título de colaboração à pesquisa, desenvolveu um marcador de linhas para que a semeadura ocorresse de maneira uniforme;

A todos os colegas do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, pelo companheirismo, solidariedade, perseverança e esforço que, juntos, compartilhamos, galgando, a cada etapa do curso, a vitória, apesar das dificuldades encontradas no decorrer desta jornada;

A todos que, de algum modo, contribuíram para a realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS</b> .....	vi
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	vii
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	viii
<b>RESUMO</b> .....	xi
<b>ABSTRACT</b> .....	xii
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	1
1.1 Objetivo geral.....	2
1.1.1 Objetivos específicos.....	2
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	4
2.1 Aspectos relacionados à cultura do milho.....	4
2.2 Análise de sementes.....	6
2.3 Beneficiamento e danos mecânicos.....	7
2.4 Armazenamento.....	10
2.5 Qualidade dos grãos.....	11
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	14
3.1 Experimento I.....	15
3.1.1 Análise das sementes.....	17
3.1.1.1 Qualidade física das sementes.....	17
3.1.1.2 Qualidade fisiológica das sementes.....	19
3.2 Experimento II.....	24
3.2.1 Simulação.....	24
3.2.2 Secagem das sementes.....	25
3.3 Experimento III.....	26
3.4 Experimento IV.....	27
3.5 Análise Estatística.....	27
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	28
4.1 Parâmetro da Unidade de Beneficiamento de Sementes.....	28
4.2 Secagem.....	30
4.3 Teor de água.....	34
4.4 Análise da qualidade física das sementes.....	35
4.4.1 Pureza física.....	35
4.4.2 Peso de mil sementes.....	35

4.4.3 Massa específica real.....	37
4.4.4 Massa específica aparente.....	40
4.4.5 Porosidade.....	42
4.4.6 Danos mecânicos.....	43
4.5 Qualidade fisiológica das sementes.....	45
4.5.1 Germinação.....	45
4.5.2 Vigor.....	46
4.5.2.1 Primeira contagem.....	46
4.5.2.2 Comprimento de plântulas.....	47
4.5.2.3 Matéria seca das plântulas.....	48
4.5.3 Velocidade de germinação.....	50
4.5.4 Índice de velocidade de germinação.....	51
4.5.5 Condutividade elétrica.....	52
<b>5 CONCLUSÕES.....</b>	<b>54</b>
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>56</b>
<b>APÊNDICES.....</b>	<b>64</b>

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CV	Coeficiente de Variação
DMS	Diferença Mínima Significativa
IFPE	Instituto Federal de Pernambuco
IPA	Instituto Agrônômico de Pernambuco
IVG	Índice de Velocidade de Germinação
MAP	Máquina de Peneira e Ar (sigla deriva do termo em inglês)
MG	Mesa de Gravidade
RAS	Regras de Análise de Sementes
SAS	Semente após Secagem
SUAR	Semente Úmida antes da Recepção
TEST	Amostra controle – Testemunha
UBS	Unidade de Beneficiamento de Sementes
UFCG	Universidade Federal de Campina Grande
VG	Velocidade de Germinação

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Produção nacional de milho distribuída por região – safra 2010/2011 Adaptado da CONAB – Levantamento: Setembro/2011 .....	04
Figura 2.2 – Produção nacional de milho no nordeste – Safra 2010/2011. adaptado da CONAB – levantamento – setembro/2011 .....	05
Figura 2.3 – Unidade de beneficiamento de sementes – UBS, do Instituto Agrônômico de Pernambuco IPA, Ibimirim – PE .....	08
Figura 3.1 – Fluxograma de operação da Usina de Beneficiamento de sementes localizada no município de Ibimirim – PE .....	16
Figura 3.2 – Bandejas plásticas contendo o substrato, apenas, e bandeja no início da semeadura com as sementes de milho .....	20
Figura 3.3 – Imagem das plântulas emergidas ao quarto dia após semeadura .....	21
Figura 3.4 – Plântulas emergidas ao final do experimento após corte rente ao substrato.....	22
Figura 3.5 – Plântulas emergidas ao final do teste de germinação .....	23
Figura 3.6 – Equipamento utilizado para simular os danos mecânicos causados as sementes durante o processo de beneficiamento .....	25
Figura 3.7 – Estufa com circulação de ar forçado e controle de temperatura, desenvolvida na Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola da UFCG .....	26
Figura 4.1 – Cinética de secagem de milho nas temperaturas de 25, 35 e 45°C ajustados pela equação de Cavalcanti Mata .....	31
Figura 4.2 – Cinética de secagem de milho nas temperaturas de 25, 35 e 45°C ajustados pela equação de Page .....	31
Figura 4.3 – Cinética de secagem de milho nas temperaturas de 25, 35 e 45°C ajustados pela equação de Logaritmo .....	32

## LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 –	Dados referentes aos equipamentos utilizados na UBS – Ibimirim – PE	28
Tabela 4.2 –	Tabela de tempo de operação do simulador e rpm do rotor do Simulador UBS-PF para cada etapa.....	30
Tabela 4.3 –	Parâmetros e coeficientes de determinação, $R^2$ , das Equações de Cavalcanti Mata, Page e Logaritmo, obtidos da cinética de secagem do milho a 45°C.....	33
Tabela 4.4 –	Parâmetros e coeficientes de determinação, $R^2$ , das Equações de Cavalcanti Mata, Page e Logaritmo, obtidos da cinética de secagem do milho a 35°C.....	33
Tabela 4.5 –	Parâmetros e coeficientes de determinação, $R^2$ , das Equações de Cavalcanti Mata, Page e Logaritmo, obtidos da cinética de secagem do milho a 25°C.....	33
Tabela 4.6 –	Teor de água inicial das sementes submetidas a secagem nas temperaturas de 25, 35 e 45°C.....	34
Tabela 4.7 –	Porcentagem de pureza das sementes trabalhadas no processo de beneficiamento e nas etapas de secagem realizadas nas temperaturas de ambiente (média de 25°C), 25, 35 e 45°C.....	35
Tabela 4.8 –	Peso de mil sementes obtidos durante as fases de Beneficiamento da UBS com secagem a temperatura ambiente (média de 25°C) e durante o processo de simulação do beneficiamento com secagem nas temperaturas de 25, 35 e 45°C.....	36
Tabela 4.9 –	Massa específica real das sementes de milho em cada fase da UBS em função do teor de água inicial e após secagem a temperatura ambiente (média de 25°C).....	38
Tabela 4.10 –	Massa específica real das sementes de milho em cada fase da UBS em função do teor de água inicial e após secagem a temperatura de 25°C.....	38
Tabela 4.11 –	Massa específica real das sementes de milho em cada fase da UBS em função do teor de água inicial e após secagem a temperatura de 35°C.....	39
	Massa específica real das sementes de milho em cada fase da	

Tabela 4.12 –	UBS em função do teor de água inicial e após secagem a temperatura de 45°C.....	39
Tabela 4.13 –	Massa específica real das sementes de milho obtidos durante as fases de beneficiamento da UBS com secagem a temperatura ambiente (média de 25°C) e durante o processo de simulação do beneficiamento com secagens nas temperaturas de 25, 35 e 45°C.	40
Tabela 4.14 –	Massa específica aparente das sementes de milho obtidos durante as fases de beneficiamento da UBS com secagem a temperatura ambiente (média de 25°C) e durante o processo de simulação do beneficiamento com secagens nas temperaturas de 25, 35 e 45°C.....	41
Tabela 4.15 –	Porosidades das sementes de milho obtidos durante as fases de beneficiamento da UBS com secagem a temperatura ambiente (média de 25°C) e durante o processo de simulação do beneficiamento com secagens nas temperaturas de 25, 35 e 45°C.	42
Tabela 4.16 –	Danos mecânicos das sementes de milho obtidos durante as fases de beneficiamento da UBS com secagem a temperatura ambiente (média de 25°C) e durante o processo de simulação do beneficiamento com secagens nas temperaturas de 25, 35 e 45°C.	43
Tabela 4.17 –	Germinação da semente de milho, obtidas durante as fases de beneficiamento da UBS com secagem a temperatura ambiente (média de 25°C) e durante o processo de simulação do beneficiamento com secagem de 25, 35 e 45°C.....	46
Tabela 4.18 –	Vigor da semente de milho expresso pela primeira contagem do teste de germinação, obtidos durante as fases de beneficiamento da UBS com secagem a temperatura ambiente (média de 25°C) e durante o processo de simulação do beneficiamento com secagem de 25, 35 e 45°C.....	47
Tabela 4.19 –	Dados experimentais para comprimento de plântulas obtidos dos tratamentos na UBS e nas temperaturas de 25, 35 e 45°C.....	48

Tabela 4.20 –	Vigor da semente de milho expresso pelo peso de matéria seca, obtidas durante as fases de beneficiamento de uma UBS com secagem realizada a temperatura ambiente (média de 25°C) e durante a simulação do processo nas temperaturas de 25, 35 e 45°C.....	49
Tabela 4.21 –	Vigor da semente de milho expresso por velocidade de germinação, obtidas durante as fases de beneficiamento de uma UBS com secagem realizada a temperatura ambiente (média de 25°C) e durante a simulação do processo nas temperaturas de 25, 35 e 45°C.....	50
Tabela 4.22 –	Vigor da semente de milho expresso pelo índice de velocidade de germinação (IVG), obtidos durante as fases de beneficiamento de uma UBS com secagem realizada a temperatura ambiente (média de 25°C) e durante a simulação do processo nas temperaturas de 25, 35 e 45°C.....	51
Tabela 4.23 –	Dados experimentais relativos a condutividade elétrica das sementes.....	52

# SIMULAÇÃO DE DANOS EM SEMENTES DE MILHO DURANTE O BENEFICIAMENTO PÓS-COLHEITA

## RESUMO

Neste trabalho se avaliaram os danos mecânicos das sementes de milho (*Zea mays* L.), submetidas às diferentes etapas de beneficiamento em uma UBS (Unidade de Beneficiamento de Sementes) e também quando foram submetidas a um processo de simulação utilizando-se o equipamento Simulator UBS-PF, sendo esta parte da pesquisa conduzida no Laboratório do Instituto Federal de Pernambuco – *Campus* Belo Jardim (IFPE). Foram realizados quatro experimentos com sementes de milho híbrido, cultivar Zeneca 84, AG 1051, coletadas em campo de produção do IFPE – *Campus* Belo Jardim, safra de julho/2011. Para cada experimento foi utilizado tratamento de secagem diferente. No experimento I as sementes foram beneficiadas na UBS do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), localizada no município de Ibimirim, PE, e a secagem feita na temperatura ambiente de  $25 \pm 2^\circ\text{C}$  de um teor de água inicial de 24,8% (b.u.) até 12% (b.u.); Os experimentos II, III e IV foram realizados com o equipamento simulador de impactos em uma UBS; no experimento II as sementes de milho foram submetidas às condições de secagem artificial na temperatura de  $25^\circ\text{C}$  de um teor de água inicial de 25,49% (b.u.) até 12% (b.u.) e, em seguida submetidas a simulação das condições de beneficiamento da UBS de Ibimirim, PE; os experimentos III e IV foram semelhantes ao experimento II, alterando-se a temperatura de secagem e o teor de água inicial, no experimento III a temperatura foi de  $35^\circ\text{C}$  e o teor de água inicial foi 25,81% (b.u.) e no experimento IV temperatura foi de  $45^\circ\text{C}$  e o teor de água inicial de 25,14% (b.u.). Em todos os experimentos as sementes foram analisadas quanto à qualidade física (pureza física, massa de 1000 sementes, massa específica real, massa específica aparente, porosidade e danos mecânicos) e fisiológica (teste de germinação, teste de vigor [primeira contagem do teste de germinação, comprimento das plântulas (parte aérea), massa seca das plântulas], condutividade elétrica e índice de velocidade de germinação). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com três repetições. O beneficiamento das sementes de milho na UBS melhora o lote dessas sementes e o aumento da temperatura de secagem fazem com que ocorra uma diminuição na sua qualidade fisiológica.

**Palavras-chave** Simulação de danos, secagem de milho, beneficiamento de sementes

# SIMULATION OF DAMAGE IN CORN SEED PROCESSING DURING POST-HARVEST

## ABSTRACT

This paper evaluated the mechanical damage to corn seeds (*Zeamays L.*) submitted to different processing stages in an SPU (Seed Processing Unit), and subjected to a simulation process using the SPU-PF simulator in an experiment conducted at the Laboratory of the Federal Institute of Pernambuco (IFPE) - Belo Jardim Campus. Four experiments were performed with Zeneca 84, AG 1051 hybrid corn seed cultivars, collected in the production field of IFPE - Belo Jardim Campus, July/2011 harvest. A different drying treatment was used for each experiment. In the first experiment, seeds were processed at the SPU of the Agronomy Institute of Pernambuco (IPA), located in Ibimirim - PE. Drying was performed at a room temperature of  $25 \pm 2$  ° C, reducing moisture content from 24.8% (wb) to 12% (wb); Experiments II, III and IV were conducted with an impact simulator in an SPU. In experiment II, corn seeds were artificially dried at 25 ° C, decreasing initial moisture content from 25.49% (wb) to 12% (wb), and then subjected to processing conditions simulating those found at the SPU of Ibimirim - PE; Experiments III and IV were similar to Experiment II, altering drying temperature and initial moisture content. In experiment III the temperature was 35 ° C and initial moisture content was 25.81% (wb), while in Experiment IV they were 45 ° C and 25.14% (wb), respectively. In all experiments, seeds were analyzed for physical (purity, weight of 1000 seeds, specific mass, density, porosity and mechanical damage) and physiological quality (germination test, vigor test [first germination count, seedling length (shoot), seedling dry weight], electrical conductivity and germination speed index). A completely randomized experimental design with three replications was used. Corn seed processing in an SPU improved the seed lot and an increase in temperature decreased seed vigor.

**Keywords** Damage simulation, corn drying, seed processing

## 1 INTRODUÇÃO

O milho é um dos cereais básicos na alimentação humana; juntamente com o trigo e o arroz, vem sendo amplamente difundido e produzido pelos mais diversos povos no mundo. Destaca-se por sua diversidade de utilidades e aplicações, sobretudo na alimentação humana e animal, tendo importância socioeconômica fundamental no Brasil, por estar presente em todos os níveis tecnológicos de nossa agricultura, variando da “agricultura de subsistência”, até imensas áreas cultivadas sob “agricultura de precisão” (SANTOS et al., 2002).

Em todos esses níveis tecnológicos deve estar presente a qualidade das sementes com vista à obtenção de alta produtividade. Na obtenção de sementes de alta qualidade é de fundamental importância considerar as ações de controle no campo durante a colheita, transporte, beneficiamento, armazenamento e tratamento (SILVA & SOARES, 2003).

Frequentemente, sementes de milho são colhidas com teores de água acima dos níveis compatíveis ao seu manuseio ou armazenamento seguro; Após a colheita as sementes devem ser submetidas a secagem.

A secagem de sementes, além de contribuir para a preservação da qualidade fisiológica durante o armazenamento possibilita a antecipação da colheita, evitando perdas de natureza diversa, durante o processo produtivo. A secagem pode ser realizada de forma natural ou artificial. Na escolha do método de secagem o volume de sementes é fator limitante. Para grandes quantidades de sementes é imprescindível a utilização de secagem artificial cujos custos de operação estão diretamente relacionados com o volume, a velocidade de secagem e a temperatura do ar (GARCIA et al., 2004).

A semente de milho apresenta uma película protetora de característica elástica, que a envolve. Essa película evita o ataque de insetos, reduz os efeitos dos impactos causados na debulha e demais processamentos. De acordo com RUFFATO et al. (2001) quanto mais seco se encontra o grão/semente menor a elasticidade tornando-o vulnerável aos danos provenientes da ação dos equipamentos.

O beneficiamento de sementes de milho é altamente especializado quando comparado com o de outras culturas. Depois de colhidas as espigas são despalhadas e submetidas a debulha para, posteriormente, sofrerem os processos de prelimpeza, limpeza e classificação, devido à grande variação de tamanho, forma, peso e qualidade das sementes na própria espiga (MENEZES et al., 2002).

Conforme PORTELLA (2003) o processo, a época de colheita e a debulha têm prejudicado a qualidade genético-industrial da cultura do milho apresentando perdas por problemas mecânicos. FESSEL et al. (2003) afirmam que todo equipamento que manipula as sementes pode ser considerado fonte potencial de danos mecânicos, enquanto PAIVA et al. (2000) destacam a etapa de classificação como a de maior fonte de danos mecânicos.

Menezes et al. (2002) observaram que 40% dos danos mecânicos são ocasionados na colheita, 50% durante o processo de beneficiamento, 4% no armazenamento, 2% no transporte e 4% na semeadura ratificando, assim, o que afirmaram PAIVA et al. (2000) e BRANDÃO et al. (1999) que a maioria dos danos mecânicos nas sementes de milho ocorrem na colheita mecanizada e nas etapas de beneficiamento.

Procurou avaliar neste trabalho, como objetivo geral, as alterações da qualidade fisiológica (germinação e vigor) e das características físicas (peso de mil sementes, massa específica real e massa específica aparente e porosidade) das sementes de milho, causadas por danos mecânicos decorrentes das diversas etapas do processo de beneficiamento em uma Unidade de Beneficiamento de Sementes real (UBS de Ibimirim, PE) e os simulados por um equipamento (Simulador UBS-PF) com estudo de diferentes temperaturas na etapa de secagem (25, 35 e 45°C) cujos objetivos específicos são:

- Determinar as alterações da germinação e do vigor (índice de velocidade de germinação, peso da matéria seca das plântulas e condutividade elétrica) da semente de milho decorrentes de danos mecânicos sofridos em cada etapa do processo de beneficiamento simulados por um equipamento (Simulador UBS-PF) com estudo de diferentes temperaturas na etapa de secagem (25, 35 e 45°C);
- Determinar as alterações da germinação e do vigor das sementes de milho descritos no item anterior, em uma Unidade de Beneficiamento de Sementes real (UBS de Ibimirim, PE); sendo a etapa de secagem foi feita a temperatura ambiente ( $26 \pm 3^{\circ}\text{C}$ );
- Determinar as alterações das características físicas (peso de mil sementes, massa específica real e massa específica aparente e porosidade) e do teor de água das sementes em cada etapa do processo de beneficiamento, decorrentes dos danos

mecânicos levando-se em considerações os procedimentos dos dois itens anteriores, ou seja, utilizando-se o simulador UBS-PF com secagens a 25, 35 e 45°C e na UBS de Ibimirim, PE, com etapa de secagem feita a temperatura ambiente ( $26 \pm 3^\circ\text{C}$ );

- Estudar, na etapa de secagem, os modelos de Page, Logaritmo e Cavalcanti Mata, determinando-se o que melhor representa este processo;
- Determinar a quantidade de danos mecânicos nas sementes de milho após cada etapa do processo de beneficiamento, quer sejam os realizados pelo simulador ou na UBS de Ibimirim, PE.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Aspectos relacionados à cultura do milho

O milho é uma monocotiledônea pertencente à família Poaceae, subfamília Panicoideae, gênero *Zea* e espécie *Zea mays L.* (SILOTO, 2002). É uma espécie diploide e alógama, originada há aproximadamente sete a dez mil anos, no México e na América Central. É considerada uma das plantas cultivadas mais antigas e um dos vegetais superiores mais estudados apresentando caracterização genética mais detalhada, dentre as espécies cultivadas (GUIMARÃES, 2007; MENEZES, 2007).

A produtividade da plantação está condicionada a alterações de diversos fatores, dentre eles o clima, o manejo de nutrientes, a produtividade do solo, as práticas culturais/potencial genético e o manejo de pragas (HOEFT, 2003). O nível tecnológico da cultura está entre o médio e o alto. O cultivo é idealmente mecanizado e se beneficia bastante da técnica de plantio direto (PORKWORLD, 2010).

A produção nacional do milho em grão esperada para a safra 2010/2011, passa a ser de 57.514,20 milhões de toneladas. Resultado da soma de 35.925,9 milhões de toneladas produzidas na primeira safra, que já se encontra colhida em sua totalidade e 21.588,3 milhões de toneladas esperados para a segunda safra. A área total cultivada com milho somando-se as duas safras, chega a 13.838,7 mil hectares, apresentando crescimento de 6,5% em relação à safra anterior (CONAB, 2011).

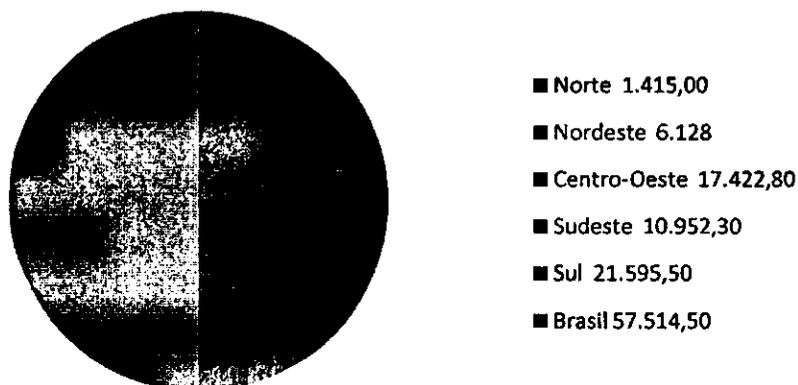


Figura 2.1 - Produção nacional de milho distribuída por região - Safra 2010/2011. Adaptado de CONAB - Levantamento: Setembro/2011

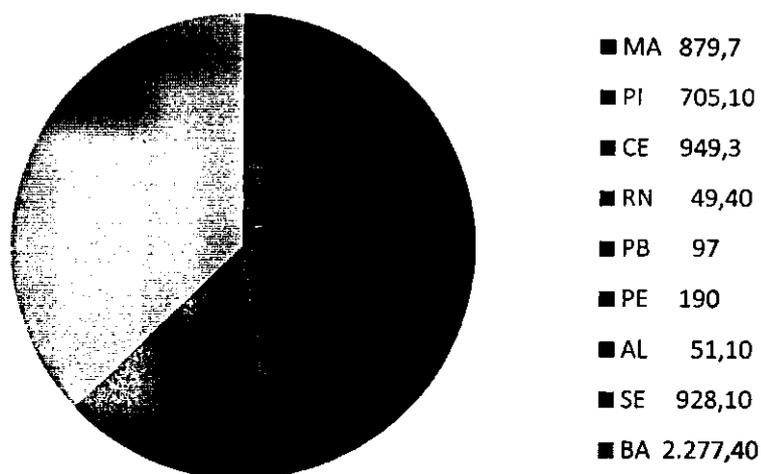


Figura 2.2 - Produção nacional de milho no Nordeste - Safra 2010/2011. Adaptado do CONAB  
Levantamento: Setembro/2011

Apesar de estar entre os três maiores produtores (MENEZES et al., 2007) o Brasil não se destaca entre os países com maior nível de produtividade devido ao grande número de pequenos produtores que cultivam esse cereal. A importância desta cultura ainda está relacionada ao aspecto social pois a maioria dos produtores não utiliza técnicas adequadas e não possuem grandes extensões de terras porém dependem desta produção para viver (DUARTE et al., 2005).

A produção de milho no Brasil tem grande importância social, econômica e geográfica podendo ser encontrada em todas as regiões do País, sendo destinada à alimentação humana, animal e industrial. Em Santa Catarina, mais precisamente na região oeste, que produz cerca de dois terços da produção estadual, a produção de milho tem uma relação histórica construída ao longo de meio século, com a agricultura familiar (WORDELL FILHO & ELIAS, 2010).

Segundo SANTOS et al. (2002) o milho constitui parte essencial da base alimentar dos seres humanos, seja pelo seu consumo direto na forma de milho verde, em conserva, pipoca, fubá, farinha, amido e outros, ou pelo consumo indireto como produtos de origem animal. Pode ser consumido diretamente ou como componente para a fabricação de balas, biscoitos, pães, chocolates, geleias, sorvetes, maionese e até cerveja. Apesar de ser usado para fazer pão o milho não contém a proteína glúten fazendo com que os assados de milho não sejam especialmente nutritivos, como é o caso dos assados feitos de trigo (ABIMILHO, 2002).

FANCIELLI & DOURADO-NETO (2003) afirmam que a composição química, o valor nutritivo e o potencial produtivo tornam o milho um dos cereais mais importantes cultivados e consumidos no mundo. Apesar desta importância, apenas uma pequena parcela de agricultores consegue explorar ao máximo o potencial produtivo da cultura em virtude da ausência de recursos naturais que condicionam elevados desempenhos.

Durante o processo maturação de sementes de milho ocorre a progressiva solidificação do endosperma leitoso, devido à conversão da sacarose em amido formando uma linha conhecida como “linha do leite”, que é uma camada externamente visível na face oposta ao embrião, que limita a matriz sólida e líquida do endosperma; é também um marcador interessante para acompanhamento do processo de maturação de sementes de milho (VILLELA & FILHO, 2003).

O monitoramento dos estágios finais de maturação permite conhecer o comportamento dos genótipos nesta fase do desenvolvimento, que é importante para o momento adequado da colheita (VILLELA, 2004).

## **2.2 Análise de sementes**

Conforme PESKE & BARROS (2003) a semente é um veículo de disseminação de patógenos, os quais podem, às vezes, causar surtos de doenças nas plantas, visto que pequenas quantidades de inóculo na semente podem ter uma grande significância epidemiológica. Os patógenos transmitidos pela semente incluem bactérias, fungos, nematoides e vírus, sendo os fungos os mais frequentes.

A principal finalidade da análise de sementes é determinar a qualidade de um lote de sementes e, conseqüentemente, seu valor para a semeadura. A análise é caracterizada pelo exame pormenorizado e crítico de uma amostra, com o objetivo de avaliar sua qualidade. A análise, ainda, é utilizada em trabalhos de pesquisa e na identificação de problemas de qualidade e suas causas (NETTO et al., 2008). A avaliação da qualidade das sementes é um dos últimos aspectos no processo de produção (MARTIN et al., 2007).

De acordo com FRIGERI (2007) a avaliação do potencial fisiológico das sementes é fundamental como base para os processos de produção, distribuição e comercialização dos lotes de sementes. Assim, as empresas produtoras e os laboratórios

de análise de sementes devem utilizar testes que ofereçam resultados reproduzíveis, confiáveis e que indiquem, com segurança, a qualidade de um lote de sementes, sobretudo no que se refere ao vigor.

A análise de sementes é ferramenta importante no controle de qualidade, principalmente a partir do final do período de maturação quando as sementes atingem a maturidade fisiológica. Portanto, a seleção de testes de vigor deve atender aos objetivos específicos, sendo importante a identificação das características avaliadas pelo método e sua relação com o comportamento das sementes diante de situações específicas como, por exemplo, desempenho após a secagem, potencial de armazenamento, resposta a injúrias mecânicas e as condições climáticas (BAALBAKI et al., 2009).

### **2.3 Beneficiamento e danos mecânicos**

CARVALHO & NAKAGAWA (2000) definem o beneficiamento como um conjunto de operações que visam melhorar as características de um lote de sementes eliminando impurezas, sementes de outras espécies, sementes da própria espécie com características indesejáveis e a posterior separação em frações mais uniformes. Material inerte e sementes de diferentes tamanhos afetam o fluxo nas máquinas, inclusive nas semeadoras, além de favorecerem a formação de um ambiente propício ao desenvolvimento de insetos e micro-organismos, comprometendo conseqüentemente o armazenamento. Já outras impurezas, como sementes de plantas daninhas e de outras plantas cultivadas, podem afetar a qualidade dos lotes subsequentes (SILVA & SOARES, 2003).

O beneficiamento de sementes é parte essencial da tecnologia envolvida na produção de sementes de alta qualidade e tem, como objetivo, separar dos lotes de sementes os materiais indesejáveis como impurezas, sementes de invasoras, imaturas, mal-formadas e deterioradas, além das atacadas por fungos e insetos. Esta separação se torna possível quando existem diferenças de características físicas entre as sementes e o material indesejável. Sendo assim, o beneficiamento pode imprimir características de qualidade aos lotes de sementes, seja de melhoria na qualidade física, fisiológica ou sanitária (DESCHAMPS, 2006).

O beneficiamento de sementes de milho é uma operação bastante especializada do ponto de vista operacional, quando comparado com o de outras espécies de grandes culturas (FERREIRA, 2010).

Segundo (RUFFATO et al., 2001a) durante o processamento, grãos de milho são submetidos a forças de compressão devido, em geral, a impactos que resultam em distribuições dinâmicas de tensões e de deformações no seu interior. A realização de testes de impacto é, portanto, interessante em programas de melhoramento de milho para caracterização quanto à resistência a danos mecânicos tendo em vista que existem variações entre híbridos de milho.

As máquinas utilizadas no beneficiamento de sementes realizam as separações com base em diferenças físicas entre os componentes do lote, como tamanho, peso específico, forma, cor e textura (MARTIN et al., 2007) e, para que as operações sejam realizadas de maneira eficaz, é necessário o uso de um ou mais equipamentos especializados que permitam a remoção de materiais indesejáveis promovendo um efetivo aprimoramento da qualidade dos lotes, em termos de germinação e vigor (MARTINS et al., 2005). Para PESKE & VILLELA (2003), a prelipeza otimiza a secagem, facilita o transporte das sementes pelos elevadores, operação das máquinas subsequentes, reduz o volume a armazenar além de minimizar o pó na unidade de beneficiamento. A limpeza, semelhante à operação de prelipeza, no entanto mais precisa, constando de uma separação mais rigorosa de todo material indesejado que acompanha as sementes da espécie de interesse (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000).

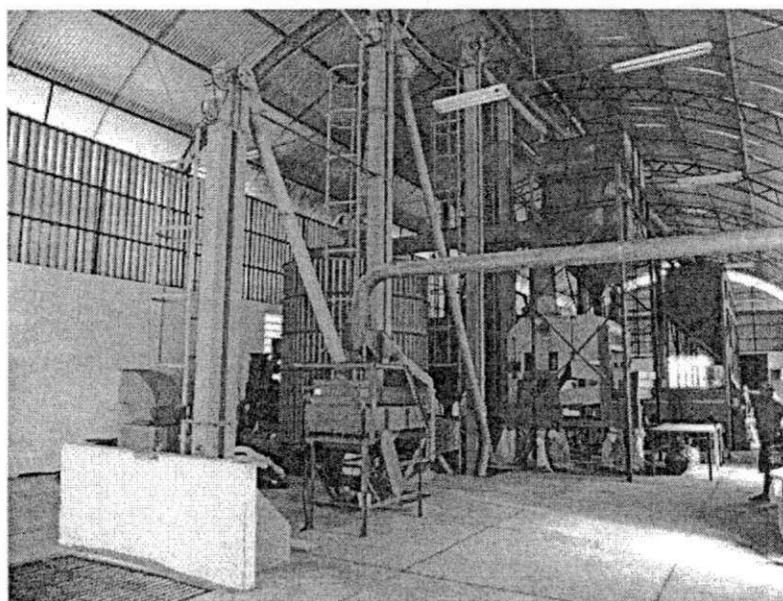


Figura 2.3 - Unidade de Beneficiamento de Sementes - UBS, do Instituto Agrônomo de Pernambuco IPA, Ibimirim, PE

Segundo FERREIRA (2010) a classificação é necessária em virtude da grande variação em tamanho, forma e qualidade das sementes, em função da posição na espiga.

Além disto, a separação por densidade pode ser recomendada como acabamento para melhorar a qualidade fisiológica (germinação e vigor) do lote de sementes e de atender aos padrões mínimos de comercialização pré-estabelecidos pelas normas legais vigentes (PESKE & BAUDET, 2003).

Entre os fatores que influenciam a ocorrência de injúrias mecânicas em sementes se destacam suas próprias características, como tamanho, forma, espessura do tegumento, tipo de tecido de reserva e posição do eixo embrionário (CARVALHO, NAKAGAWA, 2000).

De acordo com RUFFATO et al. (2001) o pericarpo do grão de milho apresenta características elásticas quando os teores de água são baixos porém a dissipação da energia de impacto sobre os grãos é maior quando eles apresentam umidades maiores, ou seja, o amortecimento dos impactos é diretamente proporcional ao teor de água no grão. Desta forma, quanto menor for o percentual de água no grão maior será a susceptibilidade aos danos promovidos pela ação dos equipamentos.

Conforme ARAÚJO et al. (2002) o dano mecânico se refere à injúria causada por agentes físicos no manuseio das sementes, na forma de quebraduras, trincas, cortes e abrasões podendo ter, como consequência, a redução da sua qualidade fisiológica logo após a injúria (efeito imediato) e/ou após determinado período de armazenamento (efeito latente). MENEZES et al. (2002) afirmam que a danificação mecânica de sementes é aquela causada por processos físicos provocados por choques ou abrasões contra superfícies duras na colheita ou beneficiamento ou mesmo contra outras sementes.

Os danos latentes nada mais são do que a evolução das trincas em danos mais severos, por ação dos impactos sofridos pelos grãos durante as etapas de secagem e de beneficiamento ou, ainda, mesmo pela ação das temperaturas do ar de secagem e de resfriamento (ALVES et al., 2001a, 2001b; JORGE et al. 2005).

MENEZES et al. (2002) afirmam que os danos mecânicos podem destruir estruturas essenciais das sementes, aumentar a suscetibilidade a micro-organismos e a sensibilidade a fungicidas, além de reduzir a germinação, vigor, potencial de armazenamento e o desempenho em campo. A capacidade de uma semente produzir uma planta normal pode ser reduzida ou anulada por danificações mecânicas causadas durante o beneficiamento.

## 2.4 Armazenamento

Os problemas de conservação de produtos agrícolas constituem objeto de estudo permanente visando prolongar, ao máximo, a qualidade dos produtos armazenados, sejam eles semente ou grão para consumo (BRAGANTINI, 2005).

O armazenamento se constitui em uma etapa essencial na produção de sementes de alta qualidade. A semente precisa ser armazenada adequadamente, caso contrário, os esforços para o desenvolvimento do material e as técnicas culturais para a produção podem ser perdidos (GRISI & SANTOS, 2007).

De acordo com SILVA et al. (2000) para um armazenamento seguro do milho pelo período de 12 meses, a faixa ideal de umidade deve estar entre 12 a 13% b.u., sendo a tolerância máxima de 14% b.u., quando é aplicada de forma correta a técnica de aeração.

O armazenamento das sementes é iniciado na maturidade fisiológica e o maior está em se conseguir que as sementes, após certo período, ainda apresentem elevada qualidade fisiológica. Assim sendo, o objetivo é manter a qualidade das sementes durante o período em que ficam armazenadas visto que seu melhoramento se encontra sob condições ideais (VILLELA e PERES, 2004).

Os fungos estão presentes no armazenamento constituindo-se, juntamente com os insetos, as principais causas de deterioração e perdas (SANTOS, 2006). O controle de fungos em sementes de *Phaseolus vulgaris* tem sido feito com extratos de sucupira onde ocorre à eliminação dos fungos *Aspergillus flavus* e *Aspergillus niger* das sementes tratadas. Da mesma forma, extratos de *Ateleia glazioviana* e *Sesbania punicea* inibiram significativamente os fungos associados às sementes de canafistula (*Peltophorum dubium*) (CAMARGO et al., 2004).

O armazenamento de sementes constitui problema quanto à multiplicação de patógenos pelo fato de que as mesmas condições de armazenamento que permitem a manutenção da viabilidade das sementes podem, também, favorecer a sobrevivência de muitos patógenos importantes para a cultura (TANAKA et al., 2001).

O expurgo pode ser considerado a principal etapa de armazenamento pois uma população residual de insetos, formada por poucos espécimes, pode transformar-se em alta infestação inutilizando-se o lote armazenado (PÜZZI, 2000). Destacam-se, como exemplo, a redução na potencialidade de armazenamento em função da redução da massa específica e a formação de micotoxinas promovidas pelo ataque de insetos e de

fungos, respectivamente (ALVES et al., 2001a, 2001b; RUFFATO; COUTO; QUEIROZ, 2001; MARCHI et al., 2006).

Nas regiões tropicais o armazenamento é uma das maiores limitações à manutenção da qualidade fisiológica das sementes. Vários são os fatores que influenciam a conservação da viabilidade e o vigor das sementes durante o armazenamento: qualidade inicial da semente, vigor da planta-mãe, condições climáticas durante a maturação, danos mecânicos, condições de secagem, teor adequado de umidade, umidade relativa do ar, temperatura de armazenamento, ação de fungos e insetos, tipos de embalagem e duração do armazenamento (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000).

A qualidade de sementes não pode ser melhorada durante o armazenamento, mas pode ser preservada quando as condições de conservação são favoráveis. De acordo com PÁDUA & VIEIRA (2001) lotes de sementes com porcentagens de germinação semelhantes, mas com diferentes níveis de vigor, podem apresentar desempenho diferenciado em relação à deterioração dependendo das condições de armazenamento. O tempo de armazenagem dos produtos agrícolas danificados por impactos é um fator importante considerando-se que os danos por eles sofridos se agravarão com o decorrer do tempo, afetando o potencial de armazenagem do produto (ARAÚJO et al., 2002).

O armazenamento de sementes é parte da cultura tradicional dos agricultores familiares que, por meio de tecnologias de baixo custo econômico e ambiental, mantêm a biodiversidade e garante a segurança alimentar. Tais características têm atraído a atenção dos pesquisadores agroecologistas, nos últimos anos (PELWING, et.al, 2008).

## **2.5 Qualidade dos grãos**

Na cultura do milho (*Zea mays* L.) a demanda por sementes híbridas, com alta qualidade, tem aumentado significativamente nos últimos anos, devido, principalmente, à alta competitividade do mercado, fazendo com que, muitas vezes, as empresas produtoras de sementes adotem padrões de qualidade mais rígidos que os estabelecidos por órgãos oficiais (GOMES et al., 2000).

A avaliação da qualidade fisiológica de sementes, para fins de semeadura e comercialização tem sido baseada, fundamentalmente, no teste de germinação, o qual

tem fornecido resultados que superestimam o potencial fisiológico das sementes, por ser conduzido sob condições controladas (BARROS et al., 2002; OLIVEIRA et al., 2009).

A obtenção de sementes de alta qualidade representa a meta prioritária do seu processo de produção. Neste contexto, o beneficiamento se constitui numa etapa essencial dentro do programa de produção de sementes visto que o lote de sementes necessita ser beneficiado e manipulado de forma adequada; caso contrário, os esforços anteriores com a fase de produção das sementes podem ser anulados (FERREIRA, 2010).

Segundo (SILVA, 2005) para obtenção de sementes de alta qualidade é de fundamental importância considerar as ações de controle no campo durante a colheita, transporte, beneficiamento, armazenamento e tratamento.

De acordo com (GOMES et al., 2009) a mecanização agrícola pode atuar negativamente na qualidade das sementes, em virtude da ocorrência de danos no momento da colheita; entretanto, é uma operação essencial nessa etapa final da cadeia, razão pela qual os equipamentos devem ser regulados de maneira a evitar perdas no momento da colheita.

PESKE & BARROS (2003) afirmam que a semente é um veículo de disseminação de patógenos os quais podem, às vezes, causar surtos de doenças nas plantas, visto que pequenas quantidades de inóculo na semente podem ter grande significância epidemiológica. Os patógenos transmitidos pela semente incluem bactérias, fungos, nematoides e vírus, sendo os fungos os mais frequentes.

A deterioração de sementes pode ter início antes da colheita, após a maturidade fisiológica das sementes e continuar durante a colheita, processamento e armazenamento, sofrendo grande influência da genética, processo de produção e fatores ambientais (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000).

A perda do vigor das sementes está relacionada com os eventos iniciais da sequência de deterioração a qual proporciona alterações fisiológicas, bioquímicas, físicas e citológicas, culminando com a morte da semente (MARCOS FILHO, 2005).

Alguns autores afirmam que a qualidade dos lotes de sementes, além de outros fatores, também está relacionada com sua uniformidade, de modo que sementes pequenas apresentam uma quantidade menor de substâncias de reserva, o que contribui para um lento desenvolvimento inicial das plântulas acarretando, conseqüentemente, um crescimento desuniforme (GIOMO et al., 2001; MENEZES et al., 2002). Porém a maior parte das análises de sementes se concentra nas características fisiológicas

considerando-se, como atributo fisiológico, aquele que envolve o metabolismo da semente para expressar seu potencial, sendo eles germinação, dormência e vigor (PESKE & BARROS, 2003).

De acordo com (PESKE & BARROS, 2003) a qualidade genética envolve a pureza varietal, potencial produtivo, resistência a pragas e moléstias, precocidade, qualidade do grão e resistência a condições adversas de solo e clima, entre outros. Essas características são, em maior ou menor grau, influenciadas pelo meio ambiente.

Conforme CARVALHO & NAKAGAWA (2000) as sementes de maior tamanho ou aquelas que apresentam maior densidade são as que, normalmente, possuem embriões bem formados e com maiores quantidades de reservas, sendo potencialmente as mais vigorosas.

FERREIRA & BORGHETTI (2004) classificam os testes de vigor em diretos quando realizados a campo ou em laboratório porém em condições que simulem as adversidades do campo e indiretos, quando realizados em laboratório avaliando características físicas, fisiológicas e bioquímicas que expressam a qualidade das sementes.

Conforme PEREIRA et al. (2008) é possível buscar características que possibilitem maior qualidade fisiológica, maior vigor e melhor desempenho das sementes e, por conseguinte, uniformidade na emergência para a produção das plantas em condições de campo. Essas características normalmente não têm sido avaliadas em programas de melhoramentos de milho comum.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados quatro experimentos com sementes de milho (*Zea mays* L.) híbrido, cultivar Zeneca 84, AG 1051, coletadas em campo de produção do Instituto Federal de Pernambuco – *Campus* Belo Jardim (IFPE – *Campus* Belo Jardim), safra de julho/2011. Para cada experimento foi realizado com diferentes temperaturas de secagem, em que no experimento I as sementes foram submetidas à secagem na temperatura ambiente de  $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ; no experimento II, a secagem a  $25^{\circ}\text{C}$ ; experimento III secagem a  $35^{\circ}\text{C}$  e experimento IV secagem a  $45^{\circ}\text{C}$ . Com exceção do experimento I, que foi conduzido na Unidade de Beneficiamento de Sementes (UBS) do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA) localizada no município de Ibimirim, PE, os demais foram conduzidos no IFPE – *Campus* Belo Jardim.

As análises das sementes foram realizadas em laboratório do IFPE – *Campus* Belo Jardim montado exclusivamente para atender aos objetivos específicos desta pesquisa.

#### *Matéria-prima*

O plantio, foi totalmente mecanizado situado em uma área com aproximadamente dois hectares. A colheita, prevista para ser realizada quando as sementes atingissem um teor de água de aproximadamente 25% b.u., foi antecipada em razão das altas precipitações pluviométricas e da umidade elevada, ocorridas na região durante os meses de junho e julho. As espigas foram colhidas e despalhadas manualmente, em datas diferentes, divididas em quatro lotes.

#### *Determinação do teor de água*

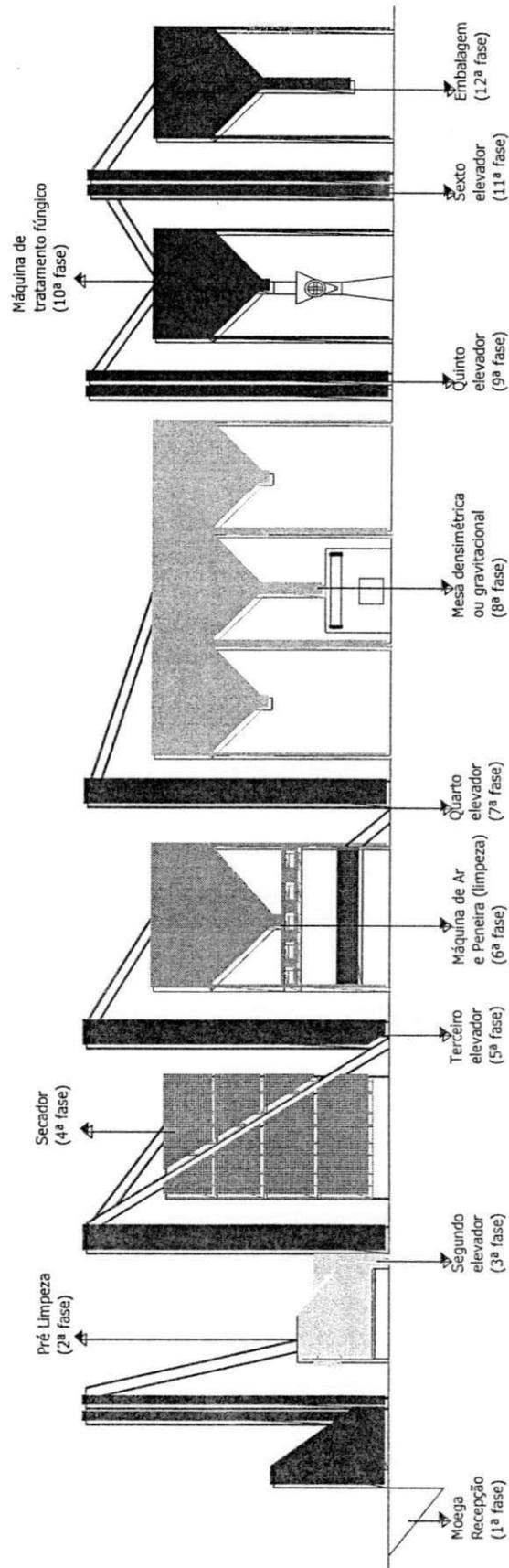
As espigas de milho foram colhidas com teor de água inicial de 30%, determinado por ocasião da colheita, utilizando-se estufa elétrica com ventilação forçada de ar a  $105^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ , durante 24 horas, com quatro subamostras de 10g de sementes por repetição, conforme metodologia prescrita nas Regras para Análise de Sementes – RAS (BRASIL, 2009); em seguida, as espigas foram colocadas espalhadas em ambiente arejado, protegido e acompanhadas diariamente até atingirem o teor de água de 25,81% (1º lote, colheita em 19/07/11), 25,49% (2º lote, colheita em 20/07/11), 25,14% (3º lote, colheita em 21/07/11) e 24,80% (4º lote, colheita em 22/07/11).

### 3.1 Experimento I

Foram utilizadas espigas provenientes do 4º lote, depois de feita a debulha manual para obtenção de sementes em quantidade suficiente, a fim de se obter 200 kg de amostras. As sementes, independente dos lotes, antes de serem encaminhadas para o beneficiamento, foram pré-processadas quanto às impurezas, chegando aos experimentos com impureza acima de 99,0%. Na UBS foram utilizadas, inicialmente, sementes com teor de água de 24,80% base úmida (b.u.), as quais foram submetidas às primeira e segunda fases do beneficiamento, respectivamente, antes da recepção (1ª fase) pós primeiro elevador (2ª fase), e pós limpeza (3ª fase); em seguida, foram submetidas às condições de secagem natural até atingirem o teor de água de 12% (b.u.). A diminuição do teor de água foi acompanhada conforme as RAS e confirmada pelo medidor de teor de água GehakaAgri, modelo G-600, ano de fabricação 2008, existente na UBS. Na sequência, retirou-se uma amostra de 1,5 kg de sementes (Semente Após Secagem – SAS, 4ª fase) e as restantes foram submetidas novamente às demais etapas de beneficiamento da UBS, ou seja, pós segundo elevador (5ª fase), pós terceiro elevador (6ª fase), pós limpeza - MAP (7ª fase), pós quarto elevador (8ª fase), pós mesa dessimétrica ou gravitacional (9ª fase), pós quinto elevador (10ª fase), pós tratamento (11ª fase) e pós embalagem (12ª fase). Ao decorrer do beneficiamento foram coletadas amostras de 1,5 kg após cada fase. No processo, como um todo, coletaram-se sementes antes e após o beneficiamento, inclusive a testemunha (TEST - sementes colhidas e debulhadas manualmente, antes da secagem e do processo de beneficiamento da UBS) a ser utilizada como ferramenta para comparação dos resultados.

A sequência de operações que compõem o beneficiamento de sementes na UBS pode ser visualizada no fluxograma mostrado na Figura 3.1.

A coleta das amostras na UBS foi realizada no dia 20 de agosto de 2011 as quais foram armazenadas em sacos devidamente identificados de acordo com as respectivas fases do beneficiamento.



UNIDADE DE BENEFICIAMENTO DE SEMENTES - UBS - IPA DE IBIMIRIM - PE

Figura 3.1 – Fluxograma de operação da Usina de Beneficiamento de Sementes localizada no município de Ibimirim, PE

### 3.1.1 Análise das sementes

As amostras de sementes foram analisadas quanto à qualidade física e fisiológica, através dos testes descritos a seguir. Antes do início dessas determinações determinou-se, em cada fase do beneficiamento, o teor de água das sementes.

#### *Teor de água*

O teor de água foi determinado conforme as RAS (BRASIL, 2009) descritos anteriormente.

#### 3.1.1.1 Qualidade física das sementes

##### *Análise de pureza física*

A análise de pureza física consiste em determinar valor percentual baseado em peso, das sementes puras pertencentes à espécie de grão estudada. A definição de semente pura para cada tipo de grão é informada na RAS (BRASIL, 2009). Para este estudo a análise foi realizada com duas subamostras, de 500g cada uma, coletadas antes do beneficiamento na UBS. Em laboratório as sementes de cada subamostra foram espalhadas sob uma bancada de fundo branco, sobre a qual foi possível identificar e separar possíveis sementes ‘impuras’ e material inerte (palhas, restos de culturas, etc.). Pesou-se todo o material puro e se calculou o percentual de pureza com base no peso de cada subamostra conforme a Equação 1.

$$\% \text{ Pureza} = \left( \frac{P_{\text{Sementes puras}}}{P_{\text{Sub-amostras}}} \right) \times 100 \quad (1)$$

##### *Massa de 1000 sementes*

As subamostras, livres de impureza, foram contadas individualmente e pesadas em balança analítica, modelo ILA 2104, Quimis, com quatro casas decimais.

### *Massa específica real*

A massa específica real foi determinada pela Equação 5, relação entre a massa da semente e seu volume, expresso em  $\text{kgm}^{-3}$ . O volume da semente foi determinado pelo método do deslocamento de fluido, conforme DUARTE et al, (2006).

$$\rho_r = \frac{m}{V_r} \quad (5)$$

em que:

$\rho_r$  = massa específica real

m = massa

$V_r$  = volume (volume real, sem considerar a porosidade intergranular)

### *Massa específica aparente*

A massa específica aparente foi determinada pela relação entre a massa de uma quantidade de semente e o volume ocupado por essas sementes, expresso em  $\text{kgm}^{-3}$ , Equação 6. Utilizou-se um recipiente de volume conhecido e o teste foi conduzido com quatro repetições, conforme DUARTE et al.(2006).

$$\rho_a = \frac{m}{V_a} \quad (6)$$

em que:

$\rho_a$  = massa específica aparente

m = massa das sementes que ocupam um certo recipiente

V = volume do recipiente que contém a amostra de sementes

### *Porosidade*

A porosidade da massa intergranular das sementes foi determinada pela relação entre as massas específicas reais e aparente, através da Equação 7.

$$\varepsilon = \left[ 1 - \left( \frac{\rho_a}{\rho_r} \right) \right] \quad (7)$$

em que:

$\varepsilon$  - porosidade da massa granular (%);

$\rho_a$  - massa específica aparente ( $\text{kg.m}^{-3}$ )

$\rho_r$  - massa específica real ou unitária ( $\text{kg.m}^{-3}$ )

### ***Danos Mecânicos***

Estudou-se o percentual de danos mecânicos com objetivo de se obter o resultado em função do peso das sementes que apresentaram danos em relação às demais sementes da subamostra. Os tipos de danos mecânicos podem estar relacionados com fissuras, rachaduras ou rompimentos do tegumento. A identificação e a separação das sementes com danos mecânicos foram realizadas em bancada com fundo branco e com o auxílio de lâmpada fluorescente com a finalidade de melhorar a visualização. A expressão matemática utilizada nos cálculos se baseia no peso das sementes danosas e no peso da subamostra, conforme a Equação 2.

$$\% \text{ Danos} = \left( \frac{P_{\text{Sementes Danosas}}}{P_{\text{Sub-amostras}}} \right) \times 100 \quad (2)$$

#### **3.1.1.2 Qualidade fisiológica das sementes**

##### ***Teste de germinação***

O teste de germinação foi realizado segundo as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009) utilizando-se bandejas plásticas (20 x 40 x 7 cm) com 1,2 kg de substrato vegetal previamente peneirado em peneira de malha fina, com orifícios de 0,05 mm, homogeneizado e esterilizado em estufa a  $130 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5$  por 4 horas. Em cada bandeja foram colocadas 50 sementes dispostas sobre o substrato (Figura 3.2). Para que a semeadura ocorresse de maneira uniforme utilizou-se um marcador de linhas, confeccionado em madeira com perfuradores em metal espaçados com 2 cm entre linhas.

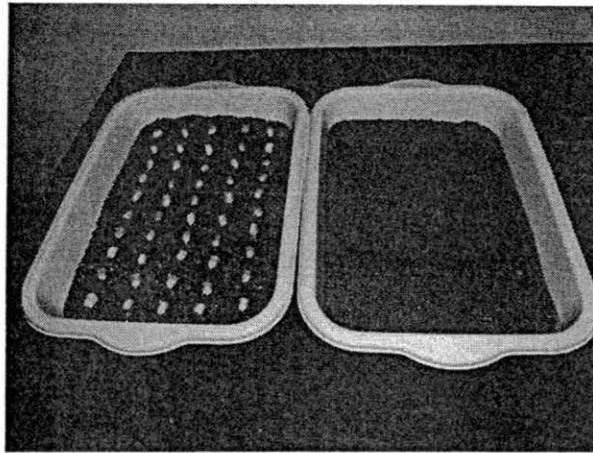


Figura 3.2 - Bandejas plásticas contendo apenas o substrato e bandeja, no início da semeadura com as sementes de milho

As sementes foram cobertas com uma camada de substrato com aproximadamente 1 cm de espessura. O substrato foi umedecido com água destilada em quantidade suficiente para atingir 60% da capacidade de retenção (BRASIL, 2009). Irrigações diárias foram realizadas a fim de manter a umidade do substrato próximo à capacidade de campo. As bandejas foram mantidas em ambiente protegido, a uma temperatura de aproximadamente 25 °C, durante sete dias.

### **Teste de Vigor**

#### ***- Primeira contagem do teste de germinação***

A primeira contagem do teste de germinação foi realizada através da contagem do número total de plântulas normais emergidas aos quatro dias (Figura 3.3) após o início da germinação, sendo os dados expressos em porcentagem, conforme critérios prescritos na RAS (Brasil, 2009).



Figura 3.3 - Imagem das plântulas emergidas ao quarto dia após sementeira

#### ***- Comprimento das plântulas***

No oitavo dia após a avaliação da percentagem de germinação, as plântulas de cada repetição foram cortadas rentes ao substrato, com o auxílio de uma lâmina; em seguida, realizou-se a medição da parte aérea das plântulas (coleóptilo) em centímetros com o auxílio de uma régua graduada; os resultados de cada plântula foram expressos em centímetros.

#### ***- Massa da matéria seca das plântulas***

A massa seca das plântulas foi obtida a partir das amostras provenientes do teste de comprimento; após o corte e a medição as plântulas (Figura 3.4) foram colocadas separadamente uma das outras e por repetições, em sacos de papel em que, após serem pesadas (matéria fresca) foram levadas à estufa a  $\pm 60^{\circ}\text{C}$ , por 72 horas, até atingirem massa constante (VIANA et al., 2005). Em seguida, as amostras foram retiradas da estufa, colocadas para esfriar em dessecador e pesadas em balança com precisão de 0,0001 g determinando-se, assim, o peso da massa seca das plântulas; os resultados foram expressos em mg/plântula.

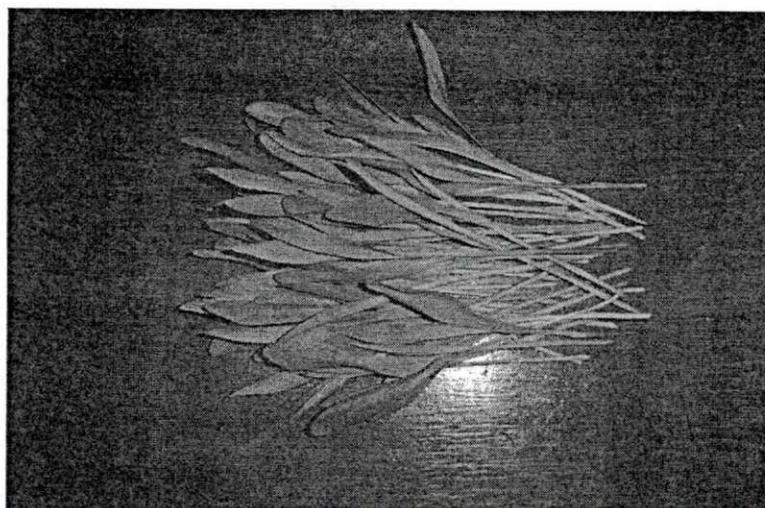


Figura 3.4 – Plântulas emergidas ao final do experimento após corte rente ao substrato

#### *- Velocidade de germinação*

A velocidade de germinação (VG) foi obtida através da Equação 3 (BRASIL, 2009).

$$VG = \frac{(N_1G_1) + (N_2G_2) + \dots + (N_nG_n)}{G_1 + G_2 + \dots + G_n} \quad (3)$$

em que:

$G_1, G_2, G_3$  e ....  $G_n$  = número de plântulas normais emergidas ou sementes germinadas no dia de observação;

$N_1, N_2, N_3$  e ... $N_n$  = número de dias contados da semeadura ao dia de observação;

#### *- Índice de velocidade de germinação*

Foi realizado concomitante com o teste de germinação, fazendo-se uma contagem diária do número de plântulas emergidas tendo, como início da contagem, o primeiro dia das plântulas germinadas até o sétimo dia (Figura 3.5) momento em que houve estabilização do ensaio e quando foi calculado o índice de velocidade de germinação – IVG, empregando-se a equação 4 (BRASIL, 2009).

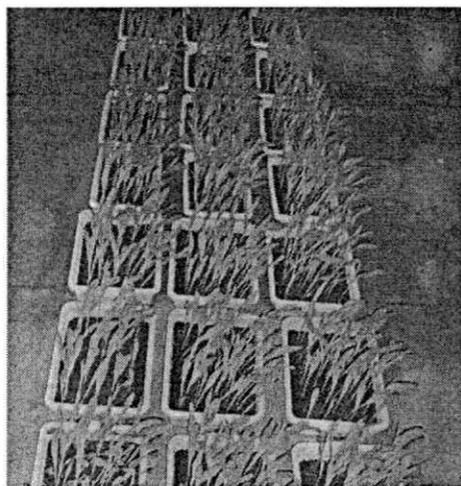


Figura 3.5 – Plântulas emergidas ao final do teste de germinação

$$IVG = \frac{G_1}{N_1} + \frac{G_2}{N_2} + \dots + \frac{G_n}{N_n} \quad (4)$$

em que:

$G_1, G_2, G_3$  e ....  $G_n$  = número de plântulas normais computadas na primeira contagem, na segunda contagem e na última contagem;

$N_1, N_2, N_3$  e ...  $N_n$  = número de dias da sementeira à primeira, segunda e última contagem.

#### **- Condutividade elétrica**

A condutividade elétrica foi determinada colocando-se três amostras, por repetição, de 50 sementes previamente pesadas, colocadas para embeber em copos plásticos com capacidade de 200 mL, contendo 75 mL de água deionizada durante o tempo de 24 horas, a temperatura de 25°C (FESSEL et al., 2010; SILVA, 2009; ARAÚJO et al., 2002). Após este período realizou-se a leitura em condutivímetro portátil, modelo CD - 880, marca Instrutherm, ano de fabricação 2011, devidamente calibrado. Antes de cada leitura os recipientes foram agitados suavemente para remover bolhas. Após cada medição o eletrodo foi lavado com água destilada e secado com papel toalha. O resultado final foi expresso em  $\mu\text{S}/\text{cm}^3$  (microSiemens por centímetros cúbico). Os resultados de condutividade lidos no aparelho foram divididos pela massa de 50 sementes de cada repetição e expressos em termos de  $\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$ .

O resultado final foi obtido pela média dos valores determinados em cada repetição.

## 3.2 Experimento II

Foram utilizadas espigas provenientes do 2º lote, depois de feita a debulha manual, para obtenção de sementes em quantidade suficiente para se obter 20 kg de amostras. No laboratório do IFPE as sementes com teor de água inicial de 25,49% foram submetidas à simulação das condições de beneficiamento da UBS, primeira, segunda e terceira fases do beneficiamento, respectivamente, antes da recepção; pós primeiro elevador e pós prelimpeza. A descrição do simulador se encontra no tópico 3.2.1 logo a seguir. Na sequência, as sementes foram submetidas à secagem artificial de 25 °C até atingirem o teor de água de 12% b.u., descrita no item 3.2.2. A seguir, retirou-se uma amostra de 1,0 kg de sementes (semente após secagem – SAS, 4ª fase) e as restantes foram submetidas novamente à simulação das demais etapas de beneficiamento da UBS: pós segundo elevador (5ª fase), pós terceiro elevador (6ª fase), pós limpeza - MAP (7ª fase), pós quarto elevador (8ª fase), pós mesa densimétrica ou gravitacional (9ª fase), pós quinto elevador (10ª fase), pós tratamento (11ª fase) e pós embalagem (12ª fase). Ao decorrer do beneficiamento foram coletadas amostras de 1,0 kg após cada uma das fases acima descritas. No processo, como um todo, coletaram-se sementes antes e após o beneficiamento, inclusive a semente com teor de água inicial antes da recepção (TEST - sementes colhidas e debulhadas manualmente, antes da secagem e do Beneficiamento).

### 3.2.1 Simulação

Para realização desta etapa da pesquisa foi projetado e desenvolvido, no Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, um equipamento (Figura 3.6) para simular as condições de beneficiamento de uma UBS. O simulador foi construído com motor de 0,5 CV, com controlador digital de tempo e velocidade e copo em aço inox, com capacidade de 8 litros. No interior do copo foram adaptadas hastes de inox com paletas cilíndricas segas, soldadas alternadamente ao longo da mesma. Este equipamento recebeu a denominação de Simulator UBS-PF.



Figura 3.6 - Equipamento utilizado para simular os danos mecânicos causados às sementes durante o processo de beneficiamento

Para à elaboração da pesquisa, foi necessário adequar o simulador às reais condições de operação da UBS. Na Unidade de Beneficiamento de Ibimirim foram coletados as medidas, em metro, da altura dos elevadores e tubos de descida, e também os tempos relativos de cada etapa de operação do beneficiamento (em segundos/metro) e a rotação dos motores (em rotações/minuto - rpm).

Os dados reais de operação da UBS de Ibimirim foram coletados e organizados em tabelas, descritos no Apêndice A.

### 3.2.2 Secagem das sementes

As sementes com teores de água iniciais de 25,49% foram submetidas à secagem artificial em estufa com circulação de ar forçado e controle de temperatura, com seis bandejas em aço inox removíveis, com base telada, desenvolvida na Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola da UFCG, Figura 3.7. Durante o processo de secagem foram retiradas amostras para medir a massa de água evaporada e a massa do produto calculando-se, com esses dados, o % do teor de água da semente a cada tempo. O intervalo de tempo de leituras desses dados durante as primeiras duas horas foi de 10 minutos; após este período foram realizados em intervalos regulares de 30 minutos, até se alcançar teor de água de 12% em b.u.

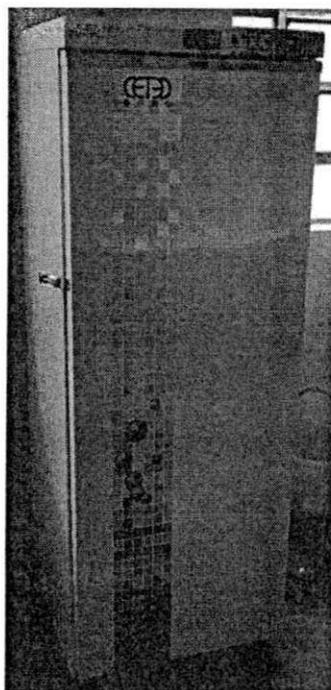


Figura 3.7 – Estufa com circulação de ar forçado e controle de temperatura desenvolvida na Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola da UFCG

Analizou-se a cinética de secagem das sementes de milho, conforme metodologia de CAVALCANTI MATA (2006).

### **3.3 Experimento III**

Foram utilizadas espigas provenientes do 1º lote, depois de feita a debulha manual, para obtenção de sementes em quantidade suficiente a fim de se obter 20 kg de amostras.

As análises físicas e fisiológicas das sementes foram realizadas conforme descrito no item 3.1.1, para o experimento I. A exceção ocorre para a determinação da massa seca das plântulas que, ao contrário do descrito para o experimento I, foi realizada no 15ª dia.

A secagem das sementes foi realizada do mesmo modo que o descrito no experimento II, com exceção da temperatura de secagem das sementes que, neste caso, foi realizada a 35°C.

A simulação ocorreu conforme os itens 3.2.1 e 3.2.2.

### **3.4 Experimento IV**

Foram utilizadas espigas provenientes do 3º lote, debulhadas manualmente até atingir 20 kg de sementes.

As análises físicas e fisiológicas das sementes foram realizadas conforme descrito no item 3.1.1, para o experimento I, com exceção da massa seca das plântulas cuja determinação foi realizada no 15ª dia.

A secagem das sementes de milho neste experimento foi realizada de acordo com o descrito no experimento II alterando-se a temperatura de secagem para 45°C.

A simulação ocorreu conforme os itens 3.2.1 e 3.2.2.

### **3.5 Análise Estatística**

Para o tratamento dos dados experimentais foi utilizado o software Assistat 7.6 beta (SILVA et al., 2009). O delineamento estatístico empregado foi inteiramente casualizado, com arranjo fatorial representado por 12 etapas de beneficiamento versus 4 temperaturas de secagem, e três repetições por tratamento. Realizaram-se a análise de variância e a comparação das médias dos fatores utilizando-se o teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Para determinação dos coeficientes das equações de Page, Cavalcanti Mata e Logarítmica, utilizou-se o programa computacional Statistica 7.0.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Parâmetro da Unidade de Beneficiamento de Sementes

Na Tabela 4.1 se encontram os dados referentes à determinação de tempo e velocidade de cada etapa de operação durante o beneficiamento de sementes da espécie milho (*Zea mays* L.) cultivar zeneca 84 ag 1051, na UBS do IPA de Ibimirim, PE.

**Tabela 4.1** – Dados referentes aos equipamentos utilizados na UBS- Ibimirim

1ª ETAPA: SUAR					
Semente úmida antes da recepção					
2ª ETAPA: Recepção/1º elevador até a máquina de prelimpeza.	1º elevador, altura (em metro) (m)	Comprimento do tubo de descida do elevador até máquina de prelimpeza(metro)	Distância percorrida (em metro)	Tempo gasto (cronometrado em segundos) (s)	Velocidade (m/segundo) (m/s)
	6,90	3,80	10,70	06	1,78
3ª ETAPA: Máquina de prelimpeza até o 2º elevador					
Máquina de prelimpeza, comprimento (em metro)	Comprimento do tubo de descida da prelimpeza até o 2º elevador (em metro)	Distância percorrida em (m)	Tempo gasto em segundos	Velocidade (m/segundo)	
1,50	1,20	2,70	10	0,27	
4ª ETAPA: Secador					
5ª ETAPA: 2º elevador até o 3º elevador					
2º elevador, altura (em metro)	Tubo de descida do 2º elevador até a moega do 3º elevador	Distância percorrida (em metro)	Tempo gasto (cronometrado em segundos)	Velocidade (m/segundo)	
7,80	9,10	16,90	12	1,40	
6ª ETAPA: 3º elevador até a máquina de limpeza					
3º elevador, altura (em metro)	Comprimento do tubo de descida do 3º elevador até a máquina de limpeza ( metro)	Distância percorrida (em metro)	Tempo gasto (cronometrado em segundos)	Velocidade (m/segundo)	
9,90	6,20	16,10	51	0,31	
7ª ETAPA: Máquina de limpeza até o 4º elevador					
Máquina de limpeza, comprimento (em metro)	Comprimento do tubo de descida da maquina de limpeza até o 4º elevador ( metro)	Distância percorrida (em metro)	Tempo gasto (cronometrado em segundos)	Velocidade (m/segundo)	
2,50	2,20	4,70	16	0,29	
8ª ETAPA: 4º elevador até a mesa de gravidade					
4º elevador, altura (em metro)	Comprimento do tubo de descida do 4º elevador até mesa de gravidade (metro)	Distância percorrida (em metro)	Tempo gasto (cronometrado em segundos)	Velocidade (m/segundo)	
10,30	11,60	21,90	24	0,91	

Continuação .....

**Tabela 4.1 – Dados referentes aos equipamentos utilizados na UBS- Ibimirim**

<b>9ª ETAPA:</b> Mesa de gravidade até o 5º elevador	Mesa de gravidade, comprimento (em metro)	Comprimento do tubo de descida da máquina de gravidade até o 5º elevador (em metro)	Distância percorrida (em metro)	Tempo gasto (cronometrado em segundos)	Velocidade (m/segundo)
	2,45	1,85	4,30	96	0,04
<b>10ª ETAPA:</b> 5º elevador até a máquina de tratamento fúngico	5º elevador, altura (em metro)	Comprimento do tubo de descida do 5º elevador até máquina de tratamento (em metro)	Distância percorrida (em metro)	Tempo gasto (cronometrado em segundos)	Velocidade (m/segundo)
	7,80	6,30	14,10	14	1,00
<b>11ª ETAPA:</b> Máquina de tratamento fúngico até o 6º elevador	Máquina de tratamento, comprimento (em metro)	Comprimento do tubo de descida da máquina de tratamento até o 6º elevador (em metro)	Distância percorrida (em metro)	Tempo gasto (cronometrado em segundos)	Velocidade (m/segundo)
	1,00	1,00	2,00	4	0,5
<b>12ª ETAPA:</b> 6º elevador até o ensaque	6º elevador, altura (em metro)	Comprimento do tubo de descida do 6º elevador até o ensaque (em metro)	Distância percorrida (em metro)	Tempo gasto (cronometrado em segundos)	Velocidade (m/segundo)
	6,30	6,20	12,50	12	1,04

Utilizaram-se os dados das velocidades de operação e a rotação por minuto (rpm) das máquinas, em cada etapa do processo de uma Unidade de Beneficiamento de Sementes, para serem utilizadas na máquina desenvolvida em que essas velocidades e as rpm simulam a passagem dessa semente pela UBS.

Na Tabela 4.2 se encontram os dados utilizados no Simulador UBS-PF, equipamento que simula a Unidade de Beneficiamento de Sementes em cada etapa do processo real.

**Tabela 4.2** – Tabela de tempo de operação do simulador e rpm do rotor do Simulador UBS-PF para cada etapa

ETAPAS	TEMPO (s)	VELOCIDADE (m/s)	RPM
1ª Semente úmida antes da recepção			
2ª - Recepção (moega) 1º elevador até a máquina de prelimpeza.	6	1,78	160
3ª - Máquina de prelimpeza até o 2º elevador	10	0,27	450
4ª – Secador			
5ª - 2º elevador para o 3º elevador	12	1,40	160
6ª - 3º elevador até a máquina de limpeza	51	0,31	160
7ª - Máquina de limpeza até o 4º elevador	16	0,29	470
8ª - 4º elevador até a mesa de gravidade	24	0,91	160
9ª - Mesa de gravidade até o 5º elevador	96	0,04	130
10ª - 5º elevador até a máquina de tratamento fúngico	14	1,00	160
11ª - Máquina de tratamento fúngico até o 6º elevador	4	0,5	130
12ª - 6º elevador até o ensaque	12	1,04	160

## 4.2 Secagem

Nas Figuras de 4.1 a 4.3 estão expressos os resultados do razão do teor de água em função do tempo para as diferentes temperaturas de secagem (25, 35 e 45°C), respectivamente. Nessas figuras se encontram os dados experimentais e calculados com os modelos propostos por Cavalcanti Mata, Page e Logaritmo. As planilhas desses dados se acham no Apêndice A.

Foi possível notar, nas tabelas que, à medida em que se aumenta a temperatura de secagem, diminui-se o tempo para que as sementes atinjam o teor de água de 12% (b.u.). Este fato também foi relatado por LEITE et al. (2005) quando estudaram a secagem de milho e encontraram resultados semelhantes aos aqui obtidos. CORRÊA et al. (2001), também fizeram esta afirmação, ao estudar a secagem do milho-pipoca e apresentou gráficos com comportamento muito similar.

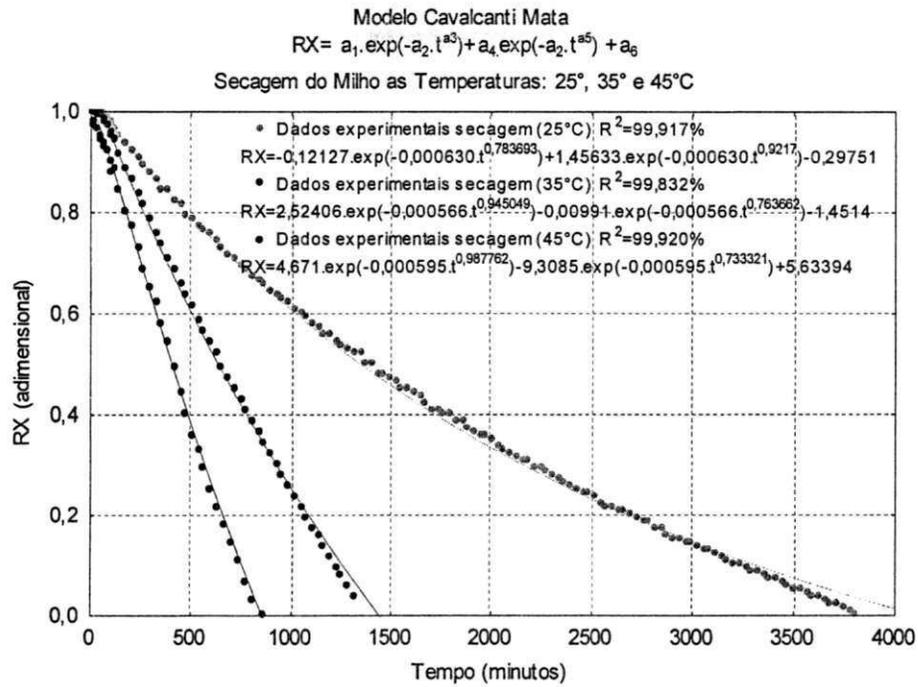


Figura 4.1 – Cinética de secagem de milho nas temperaturas de 25, 35 e 45°C ajustadas pela equação de Cavalcanti Mata

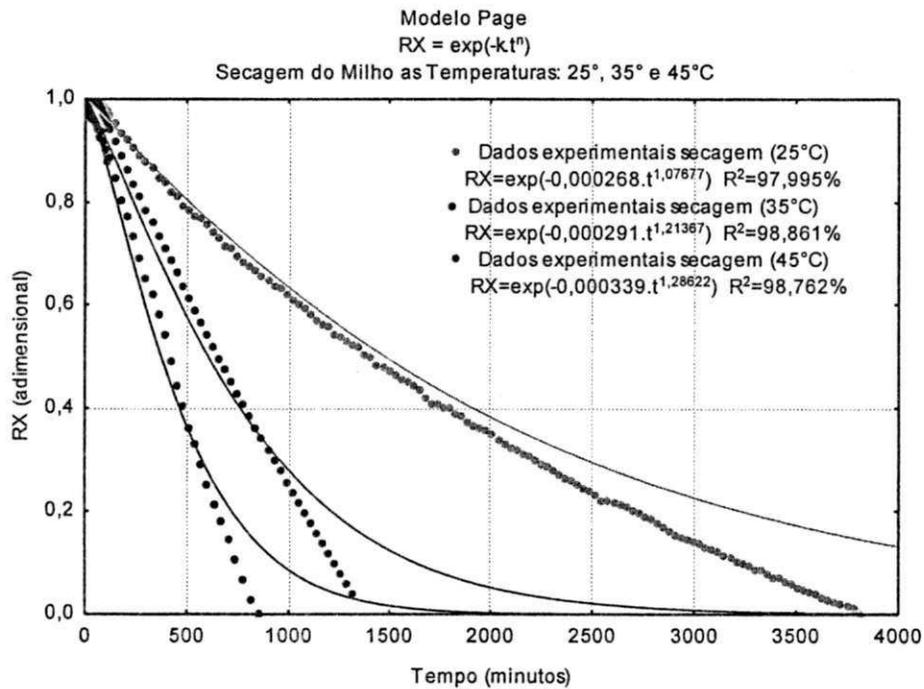
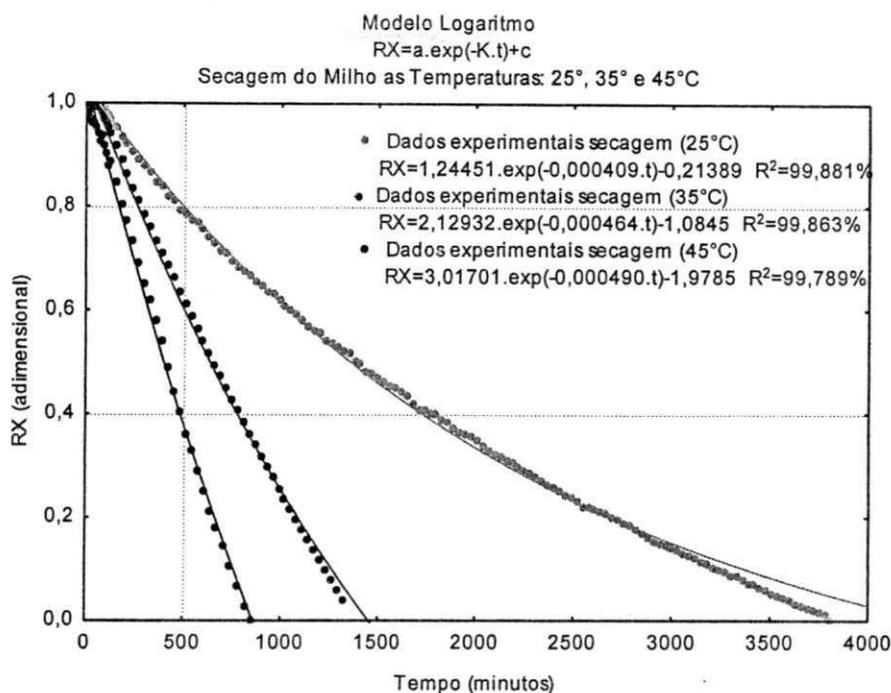


Figura 4.2 – Cinética de secagem de milho nas temperaturas de 25, 35 e 45°C ajustadas pela equação de Page



**Figura 4.3** – Cinética de secagem de milho nas temperaturas de 25, 35 e 45°C ajustadas pela equação de Logaritmo

Ressalta-se, com base na análise dessas figuras, que os modelos que melhor se ajustaram aos dados experimentais, foram os propostos por Cavalcanti Mata e o modelo Logarítmico pois se percebe no modelo proposto por Page, desvios acentuados entre os dados experimentais e esta equação. Verifica-se, na Figura 4.2, que para a secagem feita na temperatura de 25°C a curva predita pelo modelo se distancia dos dados experimentais a partir da Razão do teor de água (RX) de 0,4. Para a temperatura de 35°C este distanciamento é observado na Razão do teor de água (RX) de 0,3 e para a temperatura de 45°C na Razão do teor de água (RX) de 0,2. Os resultados gráficos obtidos estão de acordo com diversos autores (CORRÊA et al., 2001; CAVALCANTI MATA, 1996; REZENDE et al., 2008), ao encontrarem curvas com decaimento mais rápido para as temperaturas maiores e onde o tempo de secagem é inversamente proporcional ao aumento de temperatura, ou seja, quanto maior a temperatura de secagem menor é o tempo para realização da secagem da semente.

Nas Tabelas 4.3, 4.4 e 4.5, se encontram os valores para os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e os parâmetros de ajuste para os modelos propostos por Cavalcanti Mata, Page e Logaritmo, obtidos da cinética de secagem de sementes de milho para as temperaturas de 45, 35 e 25 °C.

**Tabela 4.3** – Parâmetros e coeficientes de determinação,  $R^2$ , das Equações de Cavalcanti Mata, Page e Logaritmo, obtidos da cinética de secagem do milho a 45°C

Secagem a 45°C								
	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$	$a_5$	$a_6$	$R^2$	
Cavalcanti Mata	4,671001	0,000595	0,987762	-9,30853	0,733321	5,633935	0,99920	
	K	N						$R^2$
Page	0,000339	1,286219						0,98762
	A	K	C					$R^2$
Logaritmo	3,017007	0,000490	-1,97851					0,99789

**Tabela 4.4** – Parâmetros e coeficientes de determinação,  $R^2$ , das Equações de Cavalcanti Mata, Page e Logaritmo, obtidos da cinética de secagem do milho a 35°C

Secagem a 35°C								
	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$	$a_5$	$a_6$	$R^2$	
Cavalcanti Mata	2,524064	0,000566	0,945049	-0,009908	0,763662	-1,45137	0,99832	
	K	N						$R^2$
Page	0,000291	1,213668						0,98861
	A	K	C					$R^2$
Logaritmo	2,129318	0,000464	-1,08446					0,99863

**Tabela 4.5** – Parâmetros e coeficientes de determinação,  $R^2$ , das Equações de Cavalcanti Mata, Page e Logaritmo, obtidos da cinética de secagem do milho a 25°C

Secagem a 25°C								
	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$	$a_5$	$a_6$	$R^2$	
Cavalcanti & Mata	0,121275	0,000630	0,783693	1,456328	0,921700	-0,297505	0,99917	
	K	N						$R^2$
Page	0,000268	1,076768						0,97995
	A	K	C					$R^2$
Logaritmo	1,244508	0,000409	-0,213893					0,99881

Analisando as Tabelas 4.3 a 4.5, verifica-se que tanto na equação Logarítmica como na equação de Cavalcanti Mata, os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) são de 0,99 e podem ser consideradas equações equivalentes; contudo, neste estudo a equação proposta por Page tem um coeficiente de determinação de 0,98, inferior, portanto, ao de outras duas equações. Assim, para expressar secagem de sementes de milho, nas

temperaturas de 25 a 45°C, os melhores modelos são os de Cavalcanti Mata e a Logarítmica.

Quanto aos parâmetros da equação de Cavalcanti Mata percebe-se que, de maneira geral, os coeficientes “a<sub>1</sub>” e “a<sub>3</sub>” diminuem com a redução de temperatura, ao contrário do que ocorre com os coeficientes “a<sub>4</sub>” e “a<sub>5</sub>” que aumentam com a diminuição da temperatura; já os coeficientes “a<sub>2</sub>” e “a<sub>6</sub>”, apresentam comportamento aleatório. Quanto aos parâmetros da equação Logarítmica percebe-se que “A” e “K”, diminuem com a redução de temperatura e o “C” aumenta com a redução da temperatura.

### 4.3 Teor de água

O teor de água inicial das sementes submetidas aos tratamentos de secagem para as temperaturas ambiente (25 °C ± 3 °C), 25, 35, 45 °C se encontram na Tabela 4.6, na qual se observa-se que o teor de água médio das sementes não diferiu estatisticamente quando as secagens foram conduzidas nas temperaturas de 25 e 35 °C, contudo essas médias diferem das sementes de milho quando beneficiadas na UBS; constata-se, também, uma diferença significativa do teor de água médio entre o beneficiamento conduzido com a secagem feita na temperatura 35 °C e a de 45 °C. Verificou-se, nesta análise, que o teor de água inicial médio foi de 25,31% e o final de 11,96% base úmida.

Os valores médios em porcentagem do teor de água (b.u.) das sementes de milho durante o beneficiamento na UBS, temperatura ambiente (média 25°C) e simulação nas temperaturas de 25, 35 e 45°C em cada fase, se encontram na Tabela 4.7.

Observa-se, na Tabela 4.6, que o teor de água das sementes não apresentou diferenças significativas em nível de 1% de probabilidade pelo teste de Tuckey da 1ª à 3ª fase, bem como da 4ª fase até a 12ª fase. Nas três primeiras fases as sementes foram beneficiadas antes de serem submetidas ao tratamento de secagem o que ocorreu na 4ª fase. Após o processo de secagem o teor de água das sementes foi reduzido para aproximadamente 12% b.u. e se constatou que as sementes de milho apresentam diferença significativa no teor de água, quando comparadas as três primeiras fases com as fases seguintes de 4 a 12.

**Tabela 4.6** – Valores médios (%) do teor de água (b.u.) das sementes de milho durante as fases de beneficiamento da UBS com secagem na temperatura ambiente (média de 25°C) e durante o processo de simulação do beneficiamento com secagens nas temperaturas de 25, 35 e 45°C

Tratamentos	UBS	Temperatura			Média
		25°C	35°C	45°C	
1ª Fase	24,80 aC	25,49 a AB	25,81 aA	25,14 aBC	<b>25,31 a</b>
2ª Fase	24,76 aC	25,51 a AB	25,81 aA	25,15 aBC	<b>25,30 a</b>
3ª Fase	24,78 aC	25,48 a AB	25,80 aA	25,12 aBC	<b>25,29 a</b>
4ª Fase	12,02 bA	12,01 bA	12,00 bA	11,99 bA	<b>12,00 b</b>
5ª Fase	11,97 bA	11,99 bA	12,00 bA	12,01 bA	<b>11,99 b</b>
6ª Fase	11,98 bA	11,99 bA	11,98 bA	12,02 bA	<b>11,99 b</b>
7ª Fase	11,96 bA	11,98 bA	11,99 bA	11,96 bA	<b>11,97 b</b>
8ª Fase	11,96 bA	11,97 bA	11,98 bA	11,98 bA	<b>11,97 b</b>
9ª Fase	11,99 bA	11,98 bA	11,98 bA	11,96 bA	<b>11,98 b</b>
10ª Fase	11,98 bA	11,98 bA	11,97 bA	11,96 bA	<b>11,97 b</b>
11ª Fase	12,01 bA	11,96 bA	11,96 bA	11,97 bA	<b>11,98 b</b>
12ª Fase	11,96 bA	11,96 bA	11,95 bA	11,96 bA	<b>11,96 b</b>
<b>Média</b>	<b>15,18 c</b>	<b>15,36 ab</b>	<b>15,44 a</b>	<b>15,27 bc</b>	
DMS para colunas = 0,64 DMS para linhas = 0,50 CV% = 1,53					
Média Geral = 15,31					

Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade

\*CV%= Coeficiente de variação em %

\*DMS= Diferença mínima significativa

#### 4.4 Análise da qualidade física das sementes

##### 4.4.1 Pureza física

As sementes de milho apresentaram, Tabela 4.7, porcentagem de pureza acima do mínimo exigido pelas normas de sementes (mínimo de 99%) descrito nas Regras para Análises de Sementes – RAS, conforme (BRASIL, 2009) obtendo-se uma média de 99,74% de pureza.

Observa-se que os valores de DMS (diferenças mínima estatísticas) são muito pequenos indicando que as variações também foram pequenas e que uma pequena variação na pureza do material se apresenta como diferença significativa.

Esses dados indicam, portanto, que o material trabalhado era um material limpo estando dentro de um padrão adequado que facilitou as operações de beneficiamento das sementes de milho e cujas diferenças ocorrem dentro da variabilidade estatística de um produto biológico.

**Tabela 4.7** – Valores médios (%) de pureza física das sementes de milho trabalhadas durante o beneficiamento e o processo de simulação nas diferentes fases, na temperatura ambiente (UBS-média 25°C), 25, 35 e 45°C

Tratamentos	UBS		Temperatura			Média
			25°C	35°C	45°C	
1ª Fase	99,19	eB	99,85 aA	99,96 aA	99,94 aA	99,74 cde
2ª Fase	99,17	eB	99,86 aA	99,96 aA	99,94 aA	99,73 de
3ª Fase	99,71	bcdB	99,84 aA	99,94 abA	99,93 aA	99,85 a
4ª Fase	99,68	cdB	99,82 abA	99,93 abA	99,86 abA	99,82 ab
5ª Fase	99,66	cdC	99,78 abcB	99,94 abA	99,82 abB	99,80 abcd
6ª Fase	99,65	dC	99,76 abcBC	99,89 abcA	99,81 abAB	99,78 bcd
7ª Fase	99,79	abcdA	99,78 abcA	99,87 abcA	99,79 bcA	99,81 abc
8ª Fase	99,80	abcAB	99,74 abcdBC	99,85 abcdA	99,66 cdC	99,76 bcde
9ª Fase	99,85	abA	99,68 bcdB	99,84 abcdA	99,56 deC	99,73 de
10ª Fase	99,84	abA	99,64 cdB	99,81 bcdA	99,48 efC	99,69 ef
11ª Fase	99,86	aA	99,60 deC	99,72 dB	99,42 fD	99,65 f
12ª Fase	99,85	abA	99,46 eB	99,75 cdA	99,19 gC	99,56 g
<b>Média</b>	<b>99,67 c</b>		<b>99,73 b</b>	<b>99,87 a</b>	<b>99,70 c</b>	

DMS para colunas = 0,1421 DMS para linhas = 0,1111 CV% = 0,05

Média Geral = 99,74

Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade

\*CV%= Coeficiente de variação em %

\*DMS= Diferença mínima significativa

Na Tabela 4.7 verificou-se que a menor média do percentual de pureza física foi das sementes de milho submetidas ao beneficiamento na UBS quando comparadas com as dos tratamentos de simulação nas temperaturas de 25, 35 e 45°C, fato ocorrido devido à manipulação das sementes durante o processo de secagem natural. Ao decorrer das fases do beneficiamento da UBS, principalmente após passar pela máquina de limpeza (7ª fase) o percentual de pureza física aumentou significativamente. Ferreira (2010), observou, estudando as sementes de milho amiláceo, que após a operação de limpeza as sementes já atenderiam aos valores adequados de pureza, exigidos.

Após passar por todas as fases do tratamento na UBS houve um aumento na pureza de 0,66% enquanto as sementes submetidas aos tratamentos de simulação nas temperaturas de 25, 35 e 45°C apresentaram redução no percentual de pureza. Esses resultados mostram que o tratamento na UBS promoveu redução na quantidade de impurezas e nos tratamentos de simulação houve um acúmulo de impurezas visto que nesses tratamentos as sementes não passam por máquinas de separação.

#### 4.4.2 Peso de mil sementes

Em relação ao peso de mil sementes observou-se que entre o valor médio do início do beneficiamento, ou seja, 2º etapa, e o valor final, não existe diferença significativa em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tuckey, embora existam diferenças significativas entre as fases intermediárias, implicando dizer que o peso de 1000 sementes pode estar sendo afetado por parte do processo de beneficiamento, mas quando ocorrem as etapas de seleção das sementes esses valores praticamente retornam aos valores iniciais. Na Tabela 4.8 também se verifica que a massa média obtida para as amostras beneficiadas na UBS é maior que as dos tratamentos submetidos à simulação de beneficiamento no laboratório.

**Tabela 4.8** – Peso de mil sementes obtido durante as fases de beneficiamento da UBS com secagem na temperatura ambiente (média de 25°C) e durante o processo de simulação do beneficiamento com secagens nas temperaturas de 25, 35 e 45°C

Tratamentos	UBS	Temperatura			Média
		25°C	35°C	45°C	
1ª Fase	408,35 aA	355,85 aB	353,22 aB	353,84 abB	367,82 a
2ª Fase	379,80 abcA	345,68 aB	343,54 abB	352,22 abAB	355,31 ab
3ª Fase	387,89 abA	329,24 abBC	310,98 bcC	359,49 aAB	346,90 bc
4ª Fase	343,44 cdeA	323,35 abAB	308,59 bcB	325,23 abB	325,15 de
5ª Fase	333,00 deA	321,88 abA	309,82 bcA	325,27 abA	322,49 de
6ª Fase	327,30 eA	300,44 bA	319,55 abcA	323,28 abA	317,64 e
7ª Fase	335,74 deA	324,64 abA	326,29 abcA	314,26 bA	325,23 de
8ª Fase	340,98 cdeA	327,59 abA	287,51 cdB	322,32 abA	319,60 de
9ª Fase	352,22 bcdA	321,77 abA	249,62 dB	323,20 abA	311,70 e
10ª Fase	347,73 bcdeA	331,49 abA	317,39 abcA	331,62 abA	332,06 cde
11ª Fase	369,80 abcdA	251,59 cC	321,83 abcB	327,71 abB	317,73 e
12ª Fase	385,25 abbA	335,86 abB	311,01 bcB	325,32 abB	339,36 bcd
<b>Média</b>	<b>359,29 a</b>	<b>322,45 c</b>	<b>313,28 c</b>	<b>331,98 b</b>	
DMS para colunas = 41,44 DMS para linhas = 32,41 CV% = 4,57					
Média Geral = 331,75					

Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade

\*CV%= Coeficiente de variação em %

\*DMS= Diferença mínima significativa

De acordo com a Tabela 4.8, os dados da massa de mil sementes do tratamento Ibirimir (UBS) apontam que diferem entre si porém se evidencia que a partir da primeira até a sexta fase do beneficiamento, ocorreu redução gradativa de 19,85% da massa comprovando o dano relativo ao processo. A partir da sétima fase, ou seja, das

operações subsequentes à limpeza, mesa gravitacional e sementes prontas para ensaio, verificou-se um valor significativamente maior da massa das sementes analisadas.

Os resultados se encontram de acordo com os dados obtidos por FERREIRA (2010) que ressalta que, a partir das máquinas de separação por espessura, os danos diminuíram significativamente. Em comparação com o tratamento de 25°C, por simulação até a sexta fase, ocorreu uma redução gradativa de 15,57% da massa. A partir das fases subsequentes os resultados foram aleatórios visto que o comportamento esperado para o resultado deste tratamento seria com redução gradativa da massa, ocasionada pela operação de rotação aplicada sobre as sementes. Em relação aos tratamentos 25, 35 e 45°C, ambos apresentaram comportamento semelhante.

Nota-se que, em termos de média, o peso de mil sementes varia significativamente entre o valor inicial (1ª fase) e a terceira fase, que é a fase de prelimpeza, no entanto, a partir da 4ª fase até a 11ª fase, que é o tratamento fúngico o peso de mil sementes não varia estatisticamente apesar do ensaio ter sido realizado com sementes provenientes de lotes com teores de água diferentes. Analisando as fases do beneficiamento nas temperaturas de secagem ambiente 25°C (UBS), 25, 35 e 45°C quanto ao peso de mil sementes, constata-se que as médias são significativas a nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ). Observa-se que o peso médio das mil sementes quando conduzido seu beneficiamento com secagem a 25 e 35 °C, não difere significativamente entre si; no entanto, apresenta diferenças quando a secagem é conduzida na temperatura de 45 °C e a temperatura ambiente de 25 °C. Torna-se necessário esclarecer que, quando feita na temperatura ambiente, a secagem tem uma média de 25 °C; no entanto, ela variou entre 18 °C e 32°C, explicando essa diferença entre os tratamentos.

Ressalta-se, também, que o peso de mil sementes não se relaciona com o teor de água da amostra (RODRIGUES, 2007) mas, sim, com o seu tamanho (GASPAR & NAKAGAWA, 2002).

Neste estudo também foi possível relacionar a massa de mil sementes com a temperatura de secagem das amostras, em que as temperaturas de secagem de 25, 35, e 45°C (II, III e IV experimentos) implicaram em maior perda de massa das sementes ao longo do processamento em relação ao da UBS. Conforme a bibliografia, temperaturas elevadas de secagem contribuem para o agravamento de trincas favorecido pela diminuição de elasticidade do pericarpo (CARNEIRO et al. 2005; MARQUES et al., 2011).

#### 4.4.3 Massa específica real

Nas Tabelas 4.9, 4.10, 4.11 e 4.12 se encontram os valores da massa específica real em cada fase do beneficiamento, em função do teor de água inicial e após secagem, obtidos do tratamento das sementes de milho nas temperaturas: ambiente (UBS - média de 25 °C), 25, 35 e 45 °C.

**Tabela 4.9** – Massa específica real das sementes de milho em cada fase da UBS em função do teor de água inicial e após secagem a temperatura ambiente (média de 25 °C)

Teor de Água (%)	FASES	MASSA ESPECÍFICA REAL
24,80	1ª Fase	1,168
24,80	2ª Fase	1,188
24,80	3ª Fase	1,175
12	4ª Fase	1,163
12	5ª Fase	1,160
12	6ª Fase	1,164
12	7ª Fase	1,164
12	8ª Fase	1,164
12	9ª Fase	1,205
12	10ª Fase	1,174
12	11ª Fase	1,142
12	12ª Fase	1,164

**Tabela 4.10** – Massa específica real das sementes de milho em cada fase da simulação do seu beneficiamento em função do teor de água inicial e após secagem na temperatura de 25°C

Teor de Água (%)	FASES	MASSA ESPECÍFICA REAL
25,49	1ª Fase	1,186
25,49	2ª Fase	1,193
25,49	3ª Fase	1,170
12	4ª Fase	1,195
12	5ª Fase	1,183
12	6ª Fase	1,182
12	7ª Fase	1,181
12	8ª Fase	1,182
12	9ª Fase	1,182
12	10ª Fase	1,182
12	11ª Fase	1,190
12	12ª Fase	1,182

**Tabela 4.11** – Massa específica real das sementes de milho em cada fase da simulação do seu beneficiamento em função do teor de água inicial e após secagem na temperatura de 35°C

Teor de Água (%)	FASES	MASSA ESPECÍFICA REAL
25,81	1ª Fase	1,171
25,81	2ª Fase	1,152
25,81	3ª Fase	1,136
12	4ª Fase	1,132
12	5ª Fase	1,208
12	6ª Fase	1,025
12	7ª Fase	1,130
12	8ª Fase	1,131
12	9ª Fase	1,150
12	10ª Fase	1,136
12	11ª Fase	1,138
12	12ª Fase	1,321

**Tabela 4.12** – Massa específica real das sementes de milho em cada fase da simulação do seu beneficiamento em função do teor de água inicial e após secagem na temperatura de 45°C

Teor de Água (%)	FASES	MASSA ESPECÍFICA REAL
25,14	1ª Fase	1,191
25,14	2ª Fase	1,169
25,14	3ª Fase	1,182
12	4ª Fase	1,179
12	5ª Fase	1,181
12	6ª Fase	1,181
12	7ª Fase	1,159
12	8ª Fase	1,186
12	9ª Fase	1,203
12	10ª Fase	1,182
12	11ª Fase	1,181
12	12ª Fase	1,176

Na Tabela 4.13 se encontram os dados experimentais da massa específica real obtidos durante o tratamento na unidade de beneficiamento de sementes na temperatura ambiente (média de 25°C) e nos tratamentos de simulação do beneficiamento das sementes com secagem nas temperaturas de 25, 35 e 45°C,

**Tabela 4.13** – Massa específica real das sementes de milho obtidas durante as fases de beneficiamento da UBS com secagem a temperatura ambiente (média de 25°C) e durante o processo de simulação do beneficiamento com secagens nas temperaturas de 25, 35 e 45°C

Tratamentos	UBS	Temperatura			Média
		25°C	35°C	45°C	
1ª Fase	1,168 aA	1,186 aA	1,171 abcA	1,191 aA	<b>1,179 a</b>
2ª Fase	1,188 aA	1,193 aA	1,152 bcA	1,169 aA	<b>1,176 a</b>
3ª Fase	1,175 aA	1,170 aA	1,136 bcA	1,182 aA	<b>1,166 a</b>
4ª Fase	1,163 aA	1,195 aA	1,132 bcA	1,179 aA	<b>1,167 a</b>
5ª Fase	1,160 aA	1,183 aA	1,208 abA	1,181 aA	<b>1,183 a</b>
6ª Fase	1,164 aA	1,182 aA	1,025 cB	1,181 aA	<b>1,138 a</b>
7ª Fase	1,164 aA	1,181 aA	1,130 bcA	1,159 aA	<b>1,159 a</b>
8ª Fase	1,164 aA	1,182 aA	1,133 bcA	1,186 aA	<b>1,166 a</b>
9ª Fase	1,205 aA	1,182 aA	1,150 bcA	1,203 aA	<b>1,185 a</b>
10ª Fase	1,174 aA	1,182 aA	1,136 bcA	1,181 aA	<b>1,168 a</b>
11ª Fase	1,142 aA	1,190 aA	1,138 bcA	1,181 aA	<b>1,163 a</b>
12ª Fase	1,164 aB	1,182 aB	1,321 aA	1,176 aB	<b>1,211 a</b>
<b>Média</b>	<b>1,169 a</b>	<b>1,184 a</b>	<b>1,153 a</b>	<b>1,181 a</b>	
DMS para colunas = 0,161    DMS para linhas = 0,126    CV% = 5,03					
Média Geral = 1,172					

Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente entre si, Foi aplicado o teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade

\*CV%= Coeficiente de variação em %

\*DMS= Diferença mínima significativa

Observa-se, na Tabela 4.13, que as médias da massa específica real não diferem estatisticamente entre si no decorrer das doze fases, quanto às temperaturas de 25° ambiente (UBS) e nas do beneficiamento simulação com secagem nas temperaturas de 25° e 45°C. Percebe-se, no beneficiamento simulado com secagem, que na temperatura de 35°C existem algumas diferenças mas que, entre o valor inicial e o valor após o beneficiamento, as médias da massa específica real não diferem significativamente entre si. Os resultados são diferentes dos obtidos por CORRÊA et al. (2006) que, avaliando grãos de trigo, encontraram aumento da massa específica real com a diminuição do teor de água. Esses resultados também diferem dos encontrados por RUFFATO et al. (1999) quando avaliaram grãos de milho pipoca (*Zea mays*) das cultivares Zélia e CMS 43 e calcularam a massa específica real, observando que a massa específica real diminui com o aumento do teor de água.

#### 4.4.4 Massa específica aparente

Estão apresentados, na Tabela 4.14, os valores médios da massa específica aparente para as sementes estudadas durante o processo de beneficiamento, com a secagem realizada a temperatura ambiente (UBS – média de 25 °C) e simulação dos beneficiamentos das sementes pelo equipamento Simulator UBS-PF, com as secagens conduzidas nas temperaturas de 25, 35 e 45 °C.

**Tabela 4.14** – Massa específica aparente das sementes de milho obtidas durante as fases de beneficiamento da UBS com secagem a temperatura ambiente (média de 25°C) e durante o processo de simulação do beneficiamento com secagens nas temperaturas de 25, 35 e 45°C

Tratamentos	UBS	Temperatura			Média
		25°C	35°C	45°C	
1ª Fase	0,609 dC	0,775 bcA	0,679 gB	0,797 bcdeA	<b>0,715</b> g
2ª Fase	0,626 cdD	0,756 cdB	0,725 fC	0,795 bcdeA	<b>0,725</b> fg
3ª Fase	0,657 bcC	0,795 abA	0,727 fB	0,788 deA	<b>0,742</b> ef
4ª Fase	0,710 aC	0,804 abA	0,745 defB	0,777 eA	<b>0,759</b> bcde
5ª Fase	0,714 aD	0,821 aA	0,760 cdefC	0,791 cdeB	<b>0,771</b> bc
6ª Fase	0,715 aC	0,742 cdBC	0,771 bcdeAB	0,788 deA	<b>0,754</b> cde
7ª Fase	0,713 aB	0,736 dB	0,740 efB	0,831 abA	<b>0,755</b> cde
8ª Fase	0,705 aD	0,736 dC	0,781abcdB	0,826 abcA	<b>0,762</b> bcd
9ª Fase	0,721 aB	0,727 dB	0,726 fB	0,825 abcdA	<b>0,750</b> de
10ª Fase	0,688 abC	0,738 cdB	0,797abcA	0,816 bcdA	<b>0,759</b> bcde
11ª Fase	0,711 aD	0,741 cdC	0,800abB	0,853 aA	<b>0,776</b> ab
12ª Fase	0,710 aC	0,800 abB	0,810aB	0,859 aA	<b>0,794</b> a
<b>Média</b>	<b>0,69 d</b>	<b>0,76 b</b>	<b>0,75 c</b>	<b>0,81 a</b>	
DMS para colunas = <b>0,036</b> DMS para linhas = <b>0,029</b> CV% = <b>1,42</b>					
Média Geral = <b>0,755</b>					

Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade

\*CV%= Coeficiente de variação em %

\*DMS= Diferença mínima significativa

Dentre as faixas de temperatura utilizadas, ou seja, com secagem a temperatura ambiente (média de 25°C) e durante o processo de simulação do beneficiamento com secagens nas temperaturas de 25, 35 e 45°C, os valores de massa específica aparente variaram de 0,609 a 0,859.

Analisando as fases do beneficiamento nas temperaturas de secagem ambiente 25°C (UBS), 25, 35 e 45°C quanto à massa específica aparente, constata-se que as médias são significativas a nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ). Comparando a massa específica aparente quando conduzida a secagem nas temperaturas de 25 e 35 °C, com a secagem conduzida a temperatura de 45°C, observa-se um aumento da massa

específica aparente observando-se que as maiores médias da massa específica aparente ocorreram nas sementes secadas na temperatura de 45°C.

Por meio dos resultados obtidos pode-se observar que as médias de massa específica aparente do tratamento na UBS, 25, 35 e 45° aumentam a partir da 4ª fase, ou seja, quando o teor de água das sementes diminuiu. Esses resultados estão de acordo com os encontrados por CORRÊA et al (2006) que verificaram o mesmo comportamento na redução da massa específica aparente com o aumento do teor de água para os grãos de trigo.

#### 4.4.5 Porosidade

Na Tabela 4.15 os resultados obtidos da porosidade das sementes de milho mostram que para as médias de interação entre as fases do beneficiamento e as temperaturas de secagem constataam diferenças significativas a nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,001$ ).

**Tabela 4.15** – Porosidade das sementes de milho obtida durante as fases de beneficiamento da UBS com secagem a temperatura ambiente (média de 25°C) e durante o processo de simulação do beneficiamento com secagens nas temperaturas de 25, 35 e 45°C

Tratamentos	UBS	Temperatura			Média
		25°C	35°C	45°C	
1ª Fase	47,85 aA	34,66 aB	41,98 aA	33,10 aB	39,40 a
2ª Fase	47,30 abA	36,65 aB	37,11 abB	31,96 aB	38,26 ab
3ª Fase	44,10 abcA	32,07 aB	35,95 abB	33,28 aB	36,35 abc
4ª Fase	38,93 bcA	32,62 aA	34,24 abA	34,12 aA	34,98 bc
5ª Fase	38,48 cA	30,59 aB	36,69 abAB	32,99 aAB	34,68 bc
6ª Fase	38,56 cA	37,19 aA	24,78 cB	33,25 aA	33,45 c
7ª Fase	38,51 cA	37,66 aA	34,50 abA	27,49 aB	34,54 bc
8ª Fase	39,43 abcA	37,71 aAB	31,04 bcBC	30,36 aC	34,63 bc
9ª Fase	40,02 abcA	38,47 aA	36,89 abAB	31,43 aB	36,70 abc
10ª Fase	41,40 abcA	37,54 aAB	29,90 bcC	30,96 aBC	34,95 bc
11ª Fase	37,64 cA	37,69 aA	29,68 bcB	27,78 aB	33,20 c
12ª Fase	39,03 bcA	32,34 aAB	37,00 abA	26,98 aB	33,84 c
<b>Média</b>	<b>40,94 a</b>	<b>35,49 b</b>	<b>34,15 b</b>	<b>31,14 c</b>	
DMS para colunas = 8,73    DMS para linhas = 6,82    CV% = 9,02					
Média Geral = 35,41					

Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade

\*CV%= Coeficiente de variação em %

\*DMS= Diferença mínima significativa

Observa-se, ainda na 4.15, que a porosidade das sementes de milho em média variou de 40,94% para as sementes submetidas à secagem natural (beneficiadas na UBS) para 31,14% quando foram submetidas ao beneficiamento simulado com secagem a 45 °C. Verifica-se que, em termos médios, a porosidade diminui com as fases do beneficiamento. RUFFATO et al. (1999) encontraram, pesquisando sobre sementes de milho *Zeamays* L, e variações da porosidade com a variação de água, valores que variam entre 37,63% para a menor umidade de sementes (10,2%) e 43,76% para a maior umidade (19,4%).

Os resultados apontam para uma diminuição da porosidade sempre que os danos aumentam em decorrência da passagem das sementes pelas fases do beneficiamento. O aumento do nível de impurezas também pode alterar a porosidade dos grãos reduzindo a porosidade da massa de produto (CORRÊA et al., 2001a),

A menor resposta em relação à porosidade foi encontrada para as sementes beneficiadas pelo processo de simulação com secagem a temperatura de 45 °C; por sua vez, a maior porosidade foi obtida para as sementes beneficiadas na UBS podendo indicar um efeito da diminuição da porosidade com o aumento da temperatura de secagem implicando em um dano maior causado às sementes quando elas são submetidas a secagem a essa temperatura.

#### **4.4.6 Danos mecânicos**

Os dados experimentais dos danos mecânicos obtidos durante o beneficiamento das sementes de milho em uma Unidade de Beneficiamento de Sementes e por simulação de processo de beneficiamento com secagens nas temperaturas de 25, 35 e 45°C, se encontram na Tabela 4.16.

De acordo com a Tabela 4.16, as primeira, segunda e terceira fases do experimento do beneficiamento na UBS, têm danos mecânicos próximos e não são diferentes significativamente entre si, em termos de valores médios. Após a secagem os resultados apresentaram acréscimo do percentual de dano coincidindo com as afirmações de RUFFATO et al, (2001) ou seja, quanto mais seco se encontra o grão/semente menor a elasticidade, tornando-o vulnerável aos danos decorrentes da ação dos equipamentos.

**Tabela 4.16** – Danos mecânicos das sementes de milho obtidos durante as fases de beneficiamento da UBS com secagem a temperatura ambiente (média de 25°C) e durante o processo de simulação do beneficiamento com secagens nas temperaturas de 25, 35 e 45°C

Tratamentos	UBS	Temperatura			Média
		25°C	35°C	45°C	
1ª Fase	10,15 cA	5,77 fBC	3,55 hC	6,75 gB	<b>6,55 h</b>
2ª Fase	10,71 cA	5,83 fBC	3,53 hC	6,71 gB	<b>6,69 h</b>
3ª Fase	10,65 cA	8,83 efA	5,33 ghB	8,25 gA	<b>8,26 h</b>
4ª Fase	11,11 bcAB	9,73 eB	8,48 fgB	12,83 fA	<b>10,53 g</b>
5ª Fase	14,61 aA	10,16 eB	11,27 efB	14,54 efA	<b>12,64 f</b>
6ª Fase	14,49 abAB	14,10 dAB	13,46 deB	16,31 deA	<b>14,59 e</b>
7ª Fase	14,73 aB	14,88 cdAB	15,40 dAB	17,48 deA	<b>15,62 e</b>
8ª Fase	15,33 aB	16,50 cdB	19,39 cA	19,43 cdA	<b>17,66 d</b>
9ª Fase	15,36 aB	17,73 bcB	22,17 bcA	22,69 bcA	<b>19,49 c</b>
10ª Fase	16,31 aB	18,34 bcB	23,46 abA	25,72abA	<b>20,96 bc</b>
11ª Fase	15,50 aC	20,16 abB	25,41 abA	26,16aA	<b>21,81ab</b>
12ª Fase	15,90 aC	23,12 aB	26,35 aA	28,66aA	<b>23,51a</b>
<b>Média</b>	<b>13,74 c</b>	<b>13,76 c</b>	<b>14,81 b</b>	<b>17,13 a</b>	
DMS para colunas = 3,47 DMS para linhas = 2,71 CV% = 8,54					
Média Geral = 14,86					

Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade

\*CV%= Coeficiente de variação em %

\*DMS= Diferença mínima significativa

Durante as fases subsequentes, isto é, da 4ª até a 12ª fase, ocorreu aumento progressivo de danos mecânicos das sementes; observa-se, entretanto, que entre a 9ª e a 12ª fase, que correspondem, respectivamente, à mesa de gravidade e ao ensaque das sementes, existem alguns danos mecânicos que não diferem significativamente entre si. Os resultados se encontram de conformidade com os dados obtidos por FERREIRA (2010) ao ressaltar que a partir das máquinas de separação por espessura os danos diminuiram significativamente.

As sementes beneficiadas com o tratamento com secagem a temperatura de 25°C, através do equipamento (simulador) apresentaram comportamento diferente aos das amostras processadas na UBS, em relação à ocorrência de aumento do percentual de danos mecânicos que, neste caso, foi totalmente progressivo; este fato está coerente pois as fases de beneficiamento simuladas em laboratório não proporcionaram forma alguma de seleção ou separação de sementes. FERREIRA (2010) afirma que numa UBS os danos diminuem a partir da mesa de gravidade devido à retenção de sementes danificadas provenientes das operações anteriores de beneficiamento, melhorando significativamente a qualidade do produto final.

O beneficiamento das sementes na UBS foi iniciado com teor de danos mais elevado que as sementes provenientes do beneficiamento simulado com secagem nas temperaturas de 25° e 35°C, fato passível de ter sido influenciado pela forma a qual as sementes foram submetidas quando do tratamento de secagem; neste caso, as sementes foram submetidas a secagem natural na temperatura de  $\pm 25^{\circ}\text{C}$  ambiente e manuseada constantemente a fim de acelerar o processo de secagem com o auxílio de pás, espalhando e revolvendo as sementes.

Em relação aos resultados obtidos para os danos nas sementes de milho beneficiadas pelo simulador e secadas na temperatura de 35 °C, é possível verificar um aumento no percentual de danos mecânicos, ao final do beneficiamento proposto; este resultado retrata a influência direta da temperatura de secagem com o percentual dos danos ao final do processo de beneficiamento das sementes de milho; no experimento II ocorre um aumento gradativo dos danos mecânicos com o decorrer das fases de beneficiamento, tal como ocorreu com o beneficiamento simulado com sementes submetidas a secagem na temperatura de 25°C; no experimento IV, realizado com secagem na temperatura de 45 °C, verifica-se um aumento maior do percentual de danos mecânicos do que as demais sementes submetidas aos tratamentos I, II e III, o que pode ser relacionado, não só ao beneficiamento simulado, mas também, ao processo de secagem na temperatura de 45°C; da mesma forma das outras duas simulações, o aumento do percentual de danos foi gradativamente expresso com o decorrer do beneficiamento.

Comparando todos os tratamentos de beneficiamento das sementes com as diferentes temperaturas de secagem é possível afirmar que a secagem provocou uma elevação do percentual de danos mecânicos proporcionais à elevação da temperatura de secagem, ou seja, as sementes submetidas à secagem de maior temperatura apresentaram incidência maior de danos o que, conforme a bibliografia, corrobora com a literatura, que afirma que temperaturas elevadas de secagem contribuem para o aumento no teor de danos favorecidos pela diminuição de elasticidade do pericarpo (CARNEIRO et al., 2005; MARQUES et al., 2011).

## 4.5 Qualidade fisiológica das sementes

### 4.5.1 Germinação

Na Tabela 4.17 se encontram os resultados experimentais relativos à germinação das sementes de milho quando beneficiadas na UBS de Ibimirim. Através dela pode-se afirmar que o processo de beneficiamento da UBS não alterou significativamente seu percentual de germinação, o que pode ser afirmado devido a não se detectar variações estatísticas significativas entre os resultados obtidos para as distintas fases de beneficiamento.

A germinação avaliada com referência às diferentes fases de beneficiamento não apresentou diferenças significativas para os tratamentos a 25, 35°C nem para as sementes da UBS; o mesmo foi encontrado por PAIVA et al (2000), ao afirmarem que a germinação é a última característica de viabilidade das sementes a expressar algum sinal de deterioração.

**Tabela 4.17** – Germinação da semente de milho, obtida durante as fases de beneficiamento da UBS com secagem a temperatura ambiente (média de 25°C) e durante o processo de simulação do beneficiamento com secagens nas temperaturas de 25, 35 e 45°C

Tratamentos	UBS	Germinação (%)			Média
		25°C	35°C	45°C	
1ª Fase	94,7 aA	96,7 aA	98,0 aA	97,3 abA	96,7 a
2ª Fase	94,0 aA	94,0 aA	94,0 aA	99,3 aA	95,3 a
3ª Fase	93,3 aA	96,7 aA	94,7 aA	98,7 aA	95,8 a
4ª Fase	96,0 aA	95,3 aA	95,3 aA	95,3 abcA	95,5 a
5ª Fase	95,3 aA	96,0 aA	95,3 aA	96,0 abcA	95,7 a
6ª Fase	97,3 aA	98,7 aA	98,7 aA	92,0 abcA	96,7 a
7ª Fase	95,3 aA	98,0 aA	95,3 aA	94,0 abcA	95,7 a
8ª Fase	94,7 aAB	98,0 aA	93,3 aAB	89,3 bcB	93,8 a
9ª Fase	97,3 aA	100,0 aA	96,0 aA	94,0 abcA	96,8 a
10ª Fase	95,3 aA	94,7 aA	99,3 aA	93,3 abcA	95,7 a
11ª Fase	92,0 aAB	97,3 aA	96,0 aAB	90,0 bcB	93,8 a
12ª Fase	95,3 aA	94,7 aAB	97,3 aA	88,0 cB	93,8 a
Média	95,0 ab	96,7 a	96,1 a	93,9 b	
DMS para colunas = 8,6    DMS para linhas = 6,7    CV% = 3,3					
Média Geral = 95,4					

Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade

\*CV%= Coeficiente de variação em %

\*DMS= Diferença mínima significativa

## 4.5.2 Vigor

### 4.5.2.1 Primeira contagem do teste de germinação

Os resultados experimentais do vigor expresso pela primeira contagem do teste de germinação, obtido no beneficiamento realizado na UBS com secagem a temperatura ambiente (média 25°C) e da simulação do beneficiamento do milho com secagem nas temperaturas de 25, 35 e 45°C se encontram na Tabela 4.18.

**Tabela 4.18** – Vigor da semente de milho expresso pela primeira contagem do teste de germinação obtida durante as fases de beneficiamento de uma UBS com secagem realizada a temperatura ambiente (média de 25 °C) e durante a simulação do processo de beneficiamento com secagens nas temperaturas de 25, 35 e 45 °C

Tratamentos	Primeira Contagem (unidades)				Média
	UBS	25°C	35°C	45°C	
1ª Fase	22,0 aA	11,7 aA	15,7 abA	16,7 bcA	16,5 bc
2ª Fase	25,0 aA	16,7 aA	30,0 aA	17,7 bcA	22,3 abc
3ª Fase	27,3 aAB	26,0 aAB	17,0 abB	31,3 abA	25,4 a
4ª Fase	22,3 aB	23,3 aB	17,0 abB	38,7 aA	25,3 ab
5ª Fase	30,3 aA	25,7 aAB	13,0 abB	21,3 abcAB	22,6 abc
6ª Fase	26,3 aA	26,7 aA	24,0 abA	22,3 abcA	24,8 abc
7ª Fase	26,0 aA	24,7 aAB	11,7 bB	13,0 cAB	18,8 abc
8ª Fase	26,0 aAB	27,7 aA	12,7 abBC	11,7 cC	19,5 abc
9ª Fase	23,3 aA	23,3 aA	9,0 bB	11,7 cAB	16,8 abc
10ª Fase	26,3 aA	26,7 aA	22,7 abA	14,3 bcA	22,5 abc
11ª Fase	17,7 aA	17,3 aA	17,7 abA	12,0 cA	16,2 c
12ª Fase	17,7 aA	17,7 aA	18,0 abA	10,7 cA	16,0 c
<b>Média</b>	<b>24,2 a</b>	<b>22,3 ab</b>	<b>17,4 c</b>	<b>18,4 bc</b>	
DMS para colunas = 17,8 DMS para linhas = 13,9 CV% = 31,6					
Média Geral = 20,6					

Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade

\*CV%= Coeficiente de variação em %

\*DMS= Diferença mínima significativa

Observa-se, na primeira contagem do teste de germinação na Tabela 4.18, que as médias de primeira contagem não diferem estatisticamente entre si no decorrer das doze fases quanto à temperatura ambiente (média de 25°C - UBS) e à temperatura de simulação de 25°C, resultado este semelhante aos observados para germinação da semente de milho, podendo-se afirmar que o processo de beneficiamento da UBS não alterou significativamente o vigor de germinação, expresso através do teste de primeira contagem. Neste teste a germinação das sementes na temperatura de 35°C obteve a

menor média de vigor das sementes, durante o teste de primeira contagem, podendo-se observar também, nesta temperatura, a menor média de unidades de primeira contagem (9,0). Quanto à temperatura de 45°C, inicialmente (1ª e 2ª fases), antes da prelipeza, apresentou valores de primeira contagem semelhantes e inferiores aos valores da prelipeza até a 6ª fase diminuindo porém a partir da mesa de limpeza.

Observou-se, logo após as sementes passarem pela mesa de gravidade (9ª fase) ocorreu um aumento na média de primeira contagem de germinação; FESSEL et al. (2003) observaram, ao encontrar resultados semelhantes, que a mesa de gravidade interfere positivamente na qualidade fisiológica, ao remover as sementes de menor densidade, quebradas e atacadas por patógenos proporcionando, desta forma, um desempenho fisiológico melhor das sementes.

#### 4.5.2.2 Comprimento de plântulas

Os resultados dos dados experimentais obtidos no tratamento realizado na UBS e no beneficiamento simulado com secagens nas temperaturas de 25, 35 e 45°C se encontram na Tabela 4.19.

**Tabela 4.19** – Dados experimentais para comprimento de plântulas obtidos dos tratamentos na UBS nas temperaturas de 25, 35 e 45°C

Tratamentos	Comprimento de Plântulas				Média
	UBS	25°C	35°C	45°C	
1ª Fase	6,5 aB	4,3 aC	8,4 aA	7,6 cA	6,8 a
2ª Fase	6,0 abB	4,3 aC	9,0 aA	8,6 bcA	7,0 a
3ª Fase	4,9 bB	4,3 aB	8,9 aA	8,9 abA	6,8 a
4ª Fase	6,0 abB	4,5 aC	8,6 aA	9,0 abA	7,0 a
5ª Fase	5,0 bC	4,2 aC	8,3 aB	9,8 aA	6,8 a
6ª Fase	6,0 abB	4,5 aC	8,5 aA	9,3 abA	7,1 a
7ª Fase	6,1 abC	4,4 aD	8,5 aB	10,0 aA	7,2 a
8ª Fase	5,3 abB	4,0 aC	8,6 aA	9,5 abA	6,9 a
9ª Fase	5,7 abB	4,6 aC	9,1 aA	9,2 abA	7,1 a
10ª Fase	5,9 abB	4,1 aC	9,1 aA	9,7 abA	7,2 a
11ª Fase	5,3 abB	4,1 aC	9,1 aA	9,4 abA	7,0 a
12ª Fase	5,9 abB	3,9 aC	9,1 aA	9,3 abA	7,0 a
<b>Média</b>	<b>5,7 c</b>	<b>4,2 d</b>	<b>8,8 b</b>	<b>9,2 a</b>	
DMS para colunas = 1,2 DMS para linhas = 1,0 CV% = 6,6					
Média Geral = 7,0					

Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade

\*CV%= Coeficiente de variação em %

\*DMS= Diferença mínima significativa

Para os resultados de comprimento da parte aérea das plântulas (Tabela 4.19) e quanto às fases do beneficiamento, não houve diferença significativa ao se observar médias dos comprimentos das plântulas. FERREIRA (2010) verificou, estudando sementes de milho doce, que o comprimento da parte aérea não diferiu ao longo das etapas de beneficiamento, com exceção das sementes coletadas após limpeza, que possuíam o maior comprimento. Em relação às temperaturas dos tratamentos na UBS ambiente (média 25°C) e às de simulação de 25, 35 e 45°C, observa-se que houve diferença significativa nas médias do comprimento das plântulas, a nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ). Com base nos resultados dos valores médios do comprimento total das plântulas para as diferentes temperaturas de secagem constatou-se, para tratamento a temperatura de 25°C, a menor média de comprimento de plântulas; em contrapartida, nas temperaturas de 35°C e 45°C se observaram as maiores médias de comprimento de plântulas.

#### **4.5.2.3 Matéria seca das plântulas**

Na Tabela 4.20 estão os valores do vigor expresso pela matéria seca das plântulas, realizados na unidade de beneficiamento das sementes (UBS) e no beneficiamento simulado com secagens nas temperaturas de 25, 35 e 45 °C. Observa-se, nesta tabela, que os valores médios da matéria seca das plântulas, expressos em mg/plântulas, tem menor valor de matéria seca 14,78 mg/plântulas quando as sementes são submetidas ao beneficiamento com secagem a temperatura de 25°C, ou seja, em relação ao resultado obtido para o beneficiamento na UBS com valor médio de 24,28 mg/plântulas, para o beneficiamento das sementes com secagem nas temperaturas de 35 e 45°C. Verifica-se também que o milho secado com maior temperatura (45°C) apresentou média superior de matéria seca por plântula, 60,17 mg/plântulas, em relação à secagem de 35 °C com 53,51 mg/plântulas.

Segundo NERY (2005) plântulas com menos matéria seca se apresentam com menos vigor, ou seja, são menos resistentes às condições adversas de campo.

**Tabela 4.20** – Vigor da semente de milho expresso pelo peso de matéria seca, obtido durante as fases de beneficiamento de uma UBS com secagem realizada a temperatura ambiente (média de 25°C) e durante a simulação do processo de beneficiamento com secagens nas temperaturas de 25, 35 e 45 °C

Tratamentos	Matéria Seca das Plântulas				Média
	UBS	25°C	35°C	45°C	
	8º DIA		15º DIA		
1ª Fase	28,813 aC	13,730 aC	53,950 abB	70,670 aA	41,791 ab
2ª Fase	29,910 aB	10,750 aC	67,700 aA	69,940 aA	44,575 a
3ª Fase	23,183 aB	17,513 aB	59,287 abA	72,150 aA	43,033 ab
4ª Fase	23,257 aB	15,427 aB	58,790 abA	69,723 aA	41,799 ab
5ª Fase	20,910 aB	17,097 aB	48,250 abA	64,210 aA	37,617 abc
6ª Fase	27,237 aB	18,190 aB	50,407 abA	57,630 abA	38,366 abc
7ª Fase	25,533 aB	16,267 aB	48,833 abA	57,207 abA	36,960 abc
8ª Fase	21,027 aB	12,610 aB	47,450 abA	42,027 bA	30,778 c
9ª Fase	24,720 aB	17,557 aB	58,680 abA	53,620 abA	38,644 abc
10ª Fase	24,033 aB	14,977 aB	43,147 bA	56,693 abA	34,712 abc
11ª Fase	18,477 aB	11,633 aB	52,760 abA	54,343 abA	34,303 bc
12ª Fase	24,260 aB	11,660 aB	52,917 abA	53,893 abA	35,682 abc
<b>Média</b>	<b>24,280 c</b>	<b>14,784 d</b>	<b>53,514 b</b>	<b>60,175 a</b>	
DMS para colunas = 20,441 DMS para linhas = 15,983 CV% = 19,58					
Média Geral = 38,199					

Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade

\*CV%= Coeficiente de variação em %

\*DMS= Diferença mínima significativa

Relacionando os resultados experimentais obtidos ao longo do processo de beneficiamento da UBS – Ibimirim, e o beneficiamento da semente de milho com secagem a temperatura de 25°C, verifica-se que as fases de operação não alteraram significativamente, o peso da matéria seca por plântulas, da 1ª fase do beneficiamento até a 12ª fase. Diferente do resultado no processo de simulação do beneficiamento das sementes com secagem as temperaturas de 35 e 45°C, as diferenças entre a 1ª fase e a 12ª fase também não diferem significativamente embora apresentem algumas poucas diferenças entre as fases intermediárias de beneficiamento.

No caso das sementes beneficiadas pelo simulador com secagem a 35°C observa-se que não existem diferenças significativas entre si, ao longo das fases simuladas, exceto na segunda e na nona fases, o que pode ter sido ocasionado por erro de amostragem. Este também é observado na simulação do beneficiamento com secagem a temperatura de 45°C, constatando-se que entre a 1ª fase e a 5ª fase não existem diferenças estatisticamente, o mesmo ocorrendo ao longo das fases 6ª, a 12ª, com exceção para a 8ª fase.

### 4.5.3 Velocidade de germinação

Na Tabela 4.21 está o vigor das sementes de milho, expresso pela velocidade de germinação (VG) das plântulas, quando submetidas ao processo de beneficiamento em uma UBS com secagem feita a temperatura ambiente e por um simulador de beneficiamento de sementes com secagens nas temperaturas de 25, 35 e 45°C.

Nesta Tabela 4.21 se observa que as médias do vigor realizadas pela velocidade de germinação durante as fases do beneficiamento e dos efeitos das temperaturas de secagem diferem significativamente a nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ) ou seja, exerceram influência significativa no vigor, quantificado pela velocidade de germinação. Verifica-se também que após as sementes passarem pela mesa de gravidade ocorreu diminuição na velocidade de germinação aumentando nas fases seguintes, diferente dos resultados obtidos por FESSEL et al. (2003) ao verificarem um aumento na velocidade de germinação das sementes, após passarem pela mesa de gravidade.

**Tabela 4.21** – Vigor da semente de milho expresso pela velocidade de germinação, obtida durante as fases de beneficiamento de uma UBS com secagem realizada a temperatura ambiente (média de 25 °C) e durante a simulação do processo de beneficiamento com secagens nas temperaturas de 25, 35 e 45 °C

Tratamentos	Velocidade de Germinação (VG)				Média
	UBS	25°C	35°C	45°C	
1ª Fase	5,85 aA	6,19 abA	6,04 abA	5,99 abA	6,03 ab
2ª Fase	5,77 aA	6,00 abA	5,66 bA	6,00 aA	5,86 b
3ª Fase	5,68 aA	5,81 bA	6,02 abA	5,65 abA	5,80 b
4ª Fase	5,85 aAB	5,85 abAB	5,98 abA	5,49 bB	5,79 b
5ª Fase	5,66 aB	5,82 bAB	6,10 abA	5,88 abAB	5,86 ab
6ª Fase	5,77 aA	5,87 abA	5,82 abA	5,83 abA	5,82 b
7ª Fase	5,81 aA	5,88 abA	6,16 aA	6,08 aA	5,98 ab
8ª Fase	5,71 aB	5,77 bAB	6,11 abA	6,10 aAB	5,92 ab
9ª Fase	5,86 aA	5,93 abA	6,24 aA	6,13 aA	6,04 ab
10ª Fase	5,77 aA	5,80 bA	5,85 abA	6,03 aA	5,86 ab
11ª Fase	6,00 aA	6,05 abA	5,99 abA	6,09 aA	6,03 ab
12ª Fase	6,01 aA	6,33 aA	5,98 abA	6,12 aA	6,11 a
<b>Média</b>	<b>5,81 b</b>	<b>5,94 a</b>	<b>6,00 a</b>	<b>5,95 a</b>	
DMS para colunas = 0,50 DMS para linhas = 0,39 CV% = 3,07					
Média Geral = 5,92					

Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade

\*CV%= Coeficiente de variação em %

\*DMS= Diferença mínima significativa

#### 4.5.4 Índice de velocidade de germinação

Na Tabela 4.22 estão os valores médios referentes ao vigor das sementes de milho, expresso pelos índices de velocidade de germinação em função de cada fase do processo de beneficiamento e da influência das temperaturas na etapa de secagem (temperatura ambiente 25°C (UBS), beneficiamento no simulador com temperaturas de 25, 35 e 45°C na etapa de secagem) tal como a interação entre esses fatores.

**Tabela 4.22** – Vigor da semente de milho expresso pelo índice de velocidade de germinação (IVG), obtido durante as fases de beneficiamento de uma UBS com secagem realizada a temperatura ambiente (média de 25 °C) e durante a simulação do processo de beneficiamento com secagens nas temperaturas de 25, 35 e 45 °C

Tratamentos	Índice de Velocidade de Germinação (IVG)				Média
	UBS	25°C	35°C	45°C	
1ª Fase	22,52 aA	18,40 aA	20,81 abA	21,09 bcA	20,70 abc
2ª Fase	23,54 aA	20,36 aA	25,08 aA	21,63 abcA	22,65 abc
3ª Fase	23,41 aAB	23,31 aAB	20,19 abB	26,37 abA	23,32 ab
4ª Fase	22,84 aB	22,74 aB	20,65 abB	28,31 aA	23,64 a
5ª Fase	25,47 aA	23,02 aAB	19,32 abB	22,51 abcAB	22,58 abc
6ª Fase	24,37 aA	23,72 aA	24,03 abA	22,40 abcA	23,63 a
7ª Fase	23,25 aA	22,21 aA	18,72 abA	19,54 cA	20,93 abc
8ª Fase	24,47 aA	24,01 aAB	18,85 abBC	18,41 cC	21,44 abc
9ª Fase	22,93 aA	22,36 aA	17,93 bA	18,90 cA	20,53 abc
10ª Fase	23,72 aA	22,67 aA	23,57 abA	19,45 cA	22,35 abc
11ª Fase	19,46 aA	19,80 aA	21,02 abA	18,63 cA	19,73 c
12ª Fase	20,38 aA	20,61aA	21,22 abA	17,75 cA	19,99 bc
<b>Média</b>	<b>23,03 a</b>	<b>21,93 ab</b>	<b>20,95 b</b>	<b>21,25 b</b>	
DMS para colunas = 6,70 DMS para linhas = 5,24 CV% = 11,24					
Média Geral = 21,79					

Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade

\*CV%= Coeficiente de variação em %

\*DMS= Diferença mínima significativa

Constata-se, analisando os valores médios de IVG na linha, que as sementes foram submetidas a secagem na temperatura ambiente 25°C (UBS) têm média de velocidade de germinação maior do que aquelas que foram submetidas às temperaturas de 35 e 45°C. Analisando os dados nas colunas observa-se que nas fases de beneficiamento das sementes com secagens a temperatura ambiente de 25 e 35°C, elas não diferem significativamente entre si considerando-se a 1ª e a 12ª fases do beneficiamento; contudo, este fato não se verifica na temperatura de 45°C em que se

constata que o índice de velocidade de germinação crescente ao longo das fases de beneficiamento, embora entre algumas fases esta diminuição não seja significativa. FESSEL et al. (2003) observaram que após as sementes passarem pela mesa de gravidade ocorreu um aumento no IVG, fato também foi observado neste experimento, Tabela 4.22, 10ª fase.

#### 4.5.5 Condutividade elétrica

O vigor das sementes foi avaliado pelo teste de condutividade elétrica através do qual foi possível relacionar os efeitos causados pelas fases de beneficiamento da UBS sobre a qualidade fisiológica das sementes conforme dados na Tabela 4.23.

Após a debulha constatou-se variação no vigor das sementes, em função do tamanho e da forma visto que, a partir deste ponto, ocorreram danos mecânicos; o menor vigor foi encontrado nas duas fases anteriores à secagem, para todos os tratamentos térmicos utilizados; tais resultados confirmam o que foi proposto por PAIVA et al, (2000), que afirmam que os danos causados pelo beneficiamento causam uma lixiviação maior de exsudatos, facilitada pela ruptura do pericarpo.

**Tabela 4.23** – Dados experimentais relativos à condutividade elétrica das sementes

Tratamentos	Condutividade Elétrica				Média
	UBS	25°C	35°C	45°C	
1ª Fase	9,727 bcB	11,733 aA	10,753 aAB	9,607 dB	10,450 a
2ª Fase	5,773 fC	6,793 bBC	8,320 bcdA	7,257 eAB	7,036 e
3ª Fase	5,503 fB	6,187 bB	7,620 dA	7,627 eA	6,734 e
4ª Fase	7,467 eC	6,740 bC	9,693 abB	11,180 bcA	8,770 cd
5ª Fase	8,863 cdeB	7,550 bC	9,223 bcB	10,630 cdA	9,066 bcd
6ª Fase	8,657 cdeB	6,793 bC	8,593 bcdB	10,740 cdA	8,696 cd
7ª Fase	7,920 deBC	6,837 bC	8,340 bcdB	11,450 abcA	8,637 d
8ª Fase	10,640 abA	7,123 bB	7,810 cdB	10,997 bcdA	9,142 bcd
9ª Fase	9,193 bcdB	6,947 bC	8,683 bcdB	12,837 aA	9,415 bc
10ª Fase	10,523 abB	7,570 bC	8,163 cdC	12,133 abcA	9,597 b
11ª Fase	11,410 aA	6,680 bC	8,507 bcdB	12,387 abA	9,746ab
12ª Fase	9,803 bcB	7,493 bC	8,393 bcdC	12,013 abcA	9,426 bc
<b>Média</b>	<b>8,790 b</b>	<b>7,370 c</b>	<b>8,675 b</b>	<b>10,738 a</b>	
DMS para colunas = 1,507 DMS para linhas = 1,178 CV% = 6,200					
Média Geral = 8,893					

Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade

\*CV%= Coeficiente de variação em %

\*DMS= Diferença mínima significativa

PERES (2010) encontrou, estudando a qualidade de milho híbrido nas cidades de Piracicaba, Jaboticabal e Fernandópolis, valores para a condutividade elétrica das sementes entre 22,16 e 27,00  $\mu\text{S},\text{cm}^{-1},\text{g}^{-1}$ ; valores entre 11,77 e 19,28  $\mu\text{S},\text{cm}^{-1},\text{g}^{-1}$  foram encontrados por GOTARDO et al. (2001) para sementes de milho híbrido Dina 657, coerentes com os obtidos neste trabalho.

O valor médio de condutividade variou entre 7,37 até 10,73  $\mu\text{S},\text{cm}^{-1},\text{g}^{-1}$ , respectivamente, para sementes beneficiadas com tratamentos de secagem nas temperaturas de 25 e 45°C, sendo que esses dados estão bem mais próximos aos obtidos por VIANA et al. (2005) que obtiveram o valor de 6,09  $\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$  para sementes de milho cultivadas com adubação.

## 5 CONCLUSÕES

- Com base nos resultados obtidos neste trabalho de análise das características físicas e de sua qualidade fisiológica das sementes de milho quando submetidas às diferentes etapas do beneficiamento em uma UBS real e um simulador dessas etapas de beneficiamento, é possível concluir que:
- Na etapa de secagem, realizada nas temperaturas de 25, 35 e 45 °C, os modelos que melhor representam este processo são o de Cavalcanti Mata e o Modelo Logarítmico;
- O teor de água das sementes de milho foi, em média, de 25,31 %, nas etapas de beneficiamento que antecedem a secagem e de 12 % após a secagem e esses teores de água não diferem nos experimentos conduzidos nas diferentes temperaturas de secagem (25, 35 e 45 °C);
- A pureza das sementes de milho foi, em média, de 99,74%, em virtude dessas sementes terem entrado na UBS após um pré-processamento no campo e suas alterações significativas ocorrerem devido à variabilidade das amostras;
- A massa específica real das sementes de milho não se altera durante o processo de beneficiamento mas a massa específica aparente aumenta, em média, durante o beneficiamento, enquanto o peso de mil sementes e a porosidade, em média, diminuem;
- Os danos mecânicos causados nas sementes de milho, aumentam, em média, de 6,55% para 23,51 % ao final do processo de beneficiamento; esta diminuição ocorre no beneficiamento realizado pelo equipamento simulador de uma UBS ou na UBS de Ibimirim, PE;
- A germinação das sementes de milho não foi alterada significativamente durante o seu beneficiamento, quer seja este processo feito pelo equipamento Simulador UBS-PF com etapa de secagem realizada nas temperatura de 25, 35 e 45°C ou em uma Unidade de Beneficiamento de Semente real (Ibimirim, PE);

- O vigor da semente de milho expresso pela primeira contagem do teste de germinação, comprimento de plântula, matéria seca das plântulas, velocidade de germinação e índice de velocidade de germinação, não foi alterado significativamente durante o beneficiamento, quer seja este processo feito pelo equipamento Simulador UBS-PF com etapa de secagem realizada nas temperatura de 25 e 35 °C ou em uma Unidade de Beneficiamento de Semente real (Ibimirim, PE);
- O vigor da semente de milho expresso pela primeira contagem do teste de germinação e pelo índice de velocidade de germinação, foi alterado significativamente durante o beneficiamento realizado pelo equipamento Simulador UBS-PF com etapa de secagem realizada nas temperatura de 45 °C;
- O vigor da semente de milho expresso pela condutividade elétrica não foi alterado significativamente quando beneficiada na UBS real de Ibimirim, PE, e diminuiu significativamente quando beneficiada pelo equipamento Simulador UBS-PF com etapa de secagem realizada nas temperatura de 25 e 35°C e aumenta com as etapas de beneficiamento.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIMILHO. Associação Brasileira das Indústrias do Milho, **Milho: o cereal que enriquece a alimentação humana 2002**. Disponível em: <<http://www.abimilho.com.br/milho.htm>> Acesso em: 03 nov. 2010.

ALVES, W. M.; FARONI, L. R. A.; CORRÊA, P. C.; QUEIROZ, D. M.; TEIXEIRA, M. M. Influência dos teores de umidade de colheita na qualidade do milho (*ZeamaysL.*) durante o armazenamento. *Revista Brasileira de Armazenamento, Viçosa*, v. 26, n. 2, p. 40-45, 2001a

ALVES, W. M.; FARONI, L. R. A.; QUEIROZ, D. M.; CORRÊA, P. C.; GALVÃO, J. C. C. Qualidade dos grãos de milho em função da umidade de colheita e da temperatura de secagem. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande*, v. 5, n. 3, p. 469-474, 2001b.

ARAÚJO, E. F.; MIRANDA, G. V.; Galvão, J. C. C.; Araújo, R. F. Qualidade fisiológica de sementes de milho-doce submetidas à debulha, com diferentes graus de umidade. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo, Sete Lagoas*, v. 1, n. 2, p. 101-110, 2002.

BAALBAKI, R.; ELIAS, S.; MARCOS FILHO, J.; McDONALD, M. B. **Seed vigor testing handbook**, Association of Official Seed Analysts. (Contribution, 32 to the Handbook on Seed Testing), 2009. 346 p.

BARROS, D. I.; NUNES, H. V.; DIAS, D. C. F. S.; BHERING, M. C. Comparação entre testes de vigor para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de tomate. *Revista Brasileira de Sementes*, v.4, n.2, p.12-16, 2002.

BRAGANTINI, C. **Alguns aspectos do armazenamento de sementes e grãos de feijão**. Documentos 187. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. 28p.

BRANDÃO-JUNIOR, D. S.; DINIZ, A. R.; CARVALHO, M. L. M.; VIEIRA, M. G. G. C.; OLIVEIRA, M. S.; OLIVEIRA, J. A. **Avaliação de danos mecânicos e seus efeitos na qualidade fisiológica de sementes de milho**. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 21, n. 2, p.53-58, 1999.

BRASIL, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Determinações adicionais – peso de mil sementes. In: **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNAD/DNDV/CLAV, 2009. Cap. 8, p.194-195.

CAMARGO, R. F.; AVILA, A. L.; ETHUR, L.; CHEROBINI, E. A. I.; MUNIZ, M. N. F. B.; BLUME, E. Utilização de extratos vegetais e controle biológico como tratamento de sementes da espécie vegetal *Peltophorum dubium* (canafistula). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PATOLOGIA DE SEMENTES, 8, 2004, **Anais,,** João Pessoa: Palestras e Resumos, 2004, p. 155.

CARNEIRO, L. M. T. A.; BIAGI, J. D.; FREITAS, J. G.; CARNEIRO, M. C.; FELÍCIO, J. C. Diferentes épocas de colheita, secagem e armazenamento na qualidade de grãos de trigo comum e duro. *Bragantia*, Campinas, v.64, n.1, p.127-137, 2005.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588 p.

CAVALCANTI MATA, M. E. R. M.; ALMEIDA, F. A. C.; DUARTE, M. E. M. Secagem de Sementes. In: ALMEIDA, F. A. C.; DUARTE, M. E. M.; CAVALCANTI MATA, M. E. R. M. (Ed(s)). **Tecnologia de Armazenamento em Sementes**. Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande, 2006 p. 273-362.

CAVALCANTI MATA, M. E. R. M. **Efeitos da secagem em altas temperaturas por curtos períodos de tempo, em camada estacionária, sobre a armazenabilidade de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), variedade “carioca”: Avaliação experimental, modelagem e simulação**. 1996. 229 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – UNICAMP – São Paulo.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento: **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, décimo segundo levantamento, setembro 2011**. Brasília : Conab, 2011. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11\\_09\\_19\\_09\\_49\\_47\\_boletim\\_setembro-2011..pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11_09_19_09_49_47_boletim_setembro-2011..pdf)>. Acesso em: 18 set. 2011.

CORRÊA, P. C.; MACHADO, P. F.; ANDRADE, E. T. Cinética de secagem e qualidade de grãos de milho-pipoca. *Ciências Agrotécnicas*. Lavras. V.25, n.1, p.134-142, 2001.

CORRÊA, P. C.; GUIMARÃES, W. T.; AFONSO JÚNIOR, P. C. Efeito do nível e do tamanho de impurezas nas propriedades físicas da massa granular de feijão. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. Campina Grande, v.5, n.1, p.97-100, 2001a.

CORRÊA, P. C.; RIBEIRO, D. M.; RESENDE, O.; BOTELHO, F. M. Determinação e modelagem das propriedades físicas e da contração volumétrica do trigo, durante a secagem. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 10, n. 3, 2006. Disponível em [http://www.scielo.br/scielo.phpscript=sci\\_arttext&pid=S1415-4366200](http://www.scielo.br/scielo.phpscript=sci_arttext&pid=S1415-4366200). Acesso em: 02 set. 2011.

DESCHAMPS, L. H. **Qualidade da semente de soja e de seu repasse beneficiados em mesa de gravidade**. 2006, 46f. Dissertação (Mestrado). Ciência e Tecnologia de Sementes. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2006.

DUARTE, J. A.; CRUZ, J. C.; GARCIA, J. C.; MATTOSO, M. J. **Cultivo do milho: economia da produção**. 2006. Disponível em <http://www.enpms.embrapa.br>. Acesso em: 03 nov. 2010.

DUARTE, J. de O.; MATTOSO, M. J.; GARCIA, J. C. Milho: importância socioeconômica. 2005. Disponível em: [www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01\\_8\\_168200511157.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01_8_168200511157.html). Acesso em: 18 set. 2011.

FANCELLI, A. L.; DOURADO-NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360p.

FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: ARTMED, 2004. 323p.

FERREIRA, R. L. **Etapas do beneficiamento na qualidade física e fisiológica de sementes de milho**. 2010. 50 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Faculdade de Engenharia – UNESP – Campus de Ilha Solteira, São Paulo 2010.

FESSEL, S. A.; SADER, R.; PAULA, R. C.; GALLI, J. A. Avaliação da qualidade física, fisiológica e sanitária de sementes de milho durante o beneficiamento. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.25, n.2, p.70-76, 2003.

FESSEL, S. A.; PANOBIANCO, M.; SOUZA, C. R.; VIEIRA, R. D. Teste de condutividade elétrica em sementes de soja armazenadas sob diferentes temperaturas. **Bragantia**. Campinas, v.69, n.1, p.207-214, 2010.

FRIGERI, T. **Interferência de patógenos nos resultados dos testes de vigor em sementes de feijoeiro**. 2007. 77f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2007.

GARCIA, D. C.; BARROS, A. C. S. A.; PESKE, S. T.; MENEZES, N. L. A secagem de sementes. **Ciência Rural**, v.34, n.2, p.603-608, 2004.

GASPAR, C. M.; NAKAGAWA, J. Influência do tamanho na germinação e no vigor de sementes de milheto (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke). **Revista Brasileira de Sementes**. Brasília. v.24, n.1, p.339-344, 2002.

GIOMO, G. S.; RAZERA, L. F.; GALLO, P. B. Beneficiamento de sementes de café (*Coffea arabica* L.) em máquina de ar e peneiras e mesa de gravitacional. In: II SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, Vitória, 2001, **Resumos...** Vitória, 2001.

GOMES, D. P.; KRONKA, A. Z.; BARROZO, L. M.; Da SILVA, R. P.; SOUZA, A. L.; SILVA, B. M. S.; PANÍZZI, R. de C. Efeito da colhedora, velocidade e ponto de

coleta na contaminação de sementes de soja por fungos. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.31, n.3, p.160-166, 2009.

GOMES, M. S.; VON PINHO, E. V. R.; VON PINHO, R.G.; VIEIRA, M. G. G. C. Efeito da heterose na qualidade fisiológica de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.22, n.1, p.7-17, 2000.

GOTARDO, M.; VIEIRA, R. D.; PEREIRA, L. M. A. Teste de condutividade elétrica em sementes de milho. **Revista Ceres**, v.48, n.277, p.333-340, 2001.

GRISI, P. U.; SANTOS, C. M. Influência do armazenamento, na germinação das sementes de girassol. **Horizonte Científico**, Uberlândia, v.1, n.7, 14p, 2007,.

GUIMARÃES, P. S. **Desempenho de híbridos simples de milho (Zeamays L.) e correlação entre heterose e divergência entre as linhagens parentais**. Campinas, 2007, 111p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, 2007.

HOEFT, R. G. Desafios para obtenção de altas produtividades de milho e soja nos EUA. **Informações Agronômicas**, v.104, p.1-4, 2003.

JORGE, M. H. A.; CARVALHO, M. L. M.; VON PINHO, E. V. R.; OLIVEIRA, J. A. Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de milho colhidas e secas em espigas. **Bragantia**, Campinas, v.64, n.4, p.679-686, 2005.

LEITE, J. C. A.; SOUSA, R. F.; SILVA, A. S.; GOUVEIA, J. P. G.; SILVA, M. S.; SOUSA, A. G. Simulação de secagem de milho (*Zea mays* L.) utilizando o modelo matemático de Thompson. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.5, n.2, p.122, 2005.

MARCHI, J. L.; MENTEN, J. O. M.; MORAES, M. H. D.; CÍCERO, S. M. Relação entre danos mecânicos, tratamento fungicida e incidência de patógenos em sementes de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.5, n.3, p.351-358, 2006.

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

MARQUES, O. J.; DALPASQUALE, V. A.; VIDIGAL FILHO, P. S.; SCAPIM, C. A.; RECHE, D. L. Danos mecânicos em grãos híbridos comerciais de milho em função da umidade de colheita. **Revista de Ciências Agrárias**, Londrina, v.32, n.2, p.565-576, 2011.

MARTIN, T. N.; TOMAZELLA, A. L.; CÍCERO, S. M.; NETO, D. D.; FAVARIN, J. L.; JÚNIOR, P. A. V. Questões relevantes na produção de sementes de milho segunda parte. **Revista da FZVA**, Uruguaiana, v.14, n.2, p. 80-101, 2007.

MARTINS, G. N.; SILVA, R. F.; ARAÚJO, E. F.; PEREIRA, M. G.; VIEIRA, H. D.; VIANA, A. P. Influencia do tipo de fruto, peso específico das sementes e período de armazenamento na qualidade fisiológica de sementes de mamão do grupo formoso. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.27, n.2, p.12-17, 2005.

MENEZES, N. L.; LERSCH-JUNIOR, I.; STORCK, L. Qualidade física e fisiológica de sementes de milho após o beneficiamento. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.24, n.1, p.97-102, 2002.

MENEZES, B. B.; SCOPEL, I.; PEIXINHO, D.; MARIANO, Z. F.; ASSUNÇÃO, H. F.; LEMOS, R. E.; SOUSA, M. S. Produtividade potencial do milho “de safrinha” no município de Jataí (2005-2006). In: CONGRESSO DE EDUCAÇÃO DO SUDESTE GOIANO. Jataí – GO. **Anais... Jatai**: [s.n.], 2007.

NETTO, D. A. M.; MENDES, M. D. L.; COELHO, R. R.; RIBEIRO, P. E. A.; MARION, M. L. P. Acreditação do laboratório de análises de sementes da EMBRAPA milho e sorgo pela ISO 17025. **Informativo da EMBRAPA**. Brasília. p.1-5, 2008.

OLIVEIRA, M. T. R. de; BERBERT, P. A.; VIEIRA, H. D.; THIÉBAUT, J. T. L.; CARLESSO, V. de O.; PEREIRA, R. de C. Avaliação do vigor de sementes de carambola em função da secagem e do armazenamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.4, p.477-482, 2009.

PÁDUA, G. P.; VIEIRA, R. D. Deterioração de sementes de algodão durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.23, n.2, p.255-262, 2001.

PAIVA, L. E.; MEDEIROS FILHO, S.; FRAGA, A. C. Beneficiamento de sementes de milho colhidas mecanicamente em espigas: efeitos sobre danos mecânicos e qualidade fisiológica. **Ciência Agrotecnológica**, Lavras, v.24, n.4, p.846-856, out/dez, 2000.

PELWING, A. B.; FRANK, L. B.; BARROS, I. I. B. de. Sementes crioulas: o estado da arte no Rio Grande do Sul. **Revista de Economia & Sociologia Rural**, Piracicaba, SP, v.46, n.2, p.391-420, 2008. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/rest/v46n2/v46n2a05.pdf>>. Acesso em: 01 out. 2011.

PEREIRA, A. F.; MELO, P. G. S.; OLIVEIRA, J. P.; ASSUNÇÃO, A.; BUENO, L. G. Qualidade fisiológica de sementes e desempenho agrônômico de milho doce. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.4, n.38, p.249-261, 2008.

PERES, W. L. R. **Testes de vigor em sementes de milho**. 2010. 61 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista – UNESP – Campus de Jaboticabal. Jaboticabal. 2010.

PESKE, S. T.; BARROS, A. C. S. A. **Produção de sementes**. In: PESKE, S. T.; ROSENTHAL, M. D.; ROTA, G. R. M. Sementes: Fundamentos científicos e tecnológicos. Pelotas: Editora Universitária -UFPel, 2003. 418 p.

PESKE, S. T.; BAUDET, L. **Treinamento em beneficiamento de sementes para encarregados de UBS da Coopervale**. Abelardo Luz: Coopervale, 2003,.45p.

PESKE, S. T.; VILLELA, F. A. **Beneficiamento de sementes**. In: PESKE, S. T.; ROSENTHAL, M. D.; ROTA, G. R. M. Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos. Pelotas: Editora Universitária -UFPel, 2003. 418 p.

PORKWORLD ESTATÍSTICAS, **Quem é quem na produção de milho no mundo**. Disponível em: [http://www.porkworld.com.br/estatisticas/produção\\_milho\\_soja.html](http://www.porkworld.com.br/estatisticas/produção_milho_soja.html). Acesso em: 03 nov. 2010.

PORTELLA, J. A. **Influência do ponto de colheita nas perdas de grãos de milho**. Disponível em: <file:///A:/colheita%20E%20Umidade.htm>. Acesso em: 09 set. 2011.

PUZZI, D. **Abastecimento e armazenagem de grãos**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola. 2000,.666 p.

RESENDE, O.; CORRÊA, P. C.; GONELI, A. L. D.; BOTELHO, F. M.; RODRIGUES, S. Modelagem matemática do processo de secagem de duas variedades de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.10, n.1, p.17-26, 2008.

RODRIGUES, A. B. **Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de milho de classes de tamanho misturadas para fins de semeadura fluidizada**. 45 f. 2007. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal, Jaboticabal, 2007.

RUFFATO, S.; CORRÊA, P. C.; MARTINS, J. H.; MANTOVANI, H. M.; SILVA, J. N. Influência do processo de secagem sobre a massa específica aparente, massa específica unitária e porosidade do milho-pipoca. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande – PB, v.3, n.1, p.45-48, 1999.

RUFFATO, S.; COUTO, S. M.; QUEIROZ, D. M. Análise de impactos em grãos de milho pelo método de elementos finitos. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v.26, n.1, p.21– 27, 2001.

RUFFATO, S.; COUTO, S. M.; QUEIROZ, D. M. Módulo de elasticidade de grãos de milho submetidos a impactos mecânicos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.5, p.101- 106, 2001a.

SANTOS, C.; BELING, R. R.; KIST, B.; REETZ, E. Anuário Brasileiro do Milho 2002. Romar Rudolfo Beling (ed.). **Gazeta Grupo de Comunicações**, 2002, 136p.

SANTOS, J. P. Controle de pragas durante o armazenamento de milho. Sete Lagoas: **EMBRAPA-CNPMS**. 2006. 20p. (Circular técnica, 84).

SILOTO, R. C. **Danos e biologia de *Spodoptera frugiperda*** (J, E, Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuide) em genótipos de milho. 93 f. 2002. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, 2002.

SILVA, J. C. A. da. **Beneficiamento e avaliação da qualidade de sementes de milho**. 2005. 40f. Dissertação ( Mestrado em Agronomia). Universidade Federal da Paraíba. Areia.

SILVA, J. G. da; SOARES, D. M. Abanadoras de sementes para pequenas lavouras. Santo Antônio de Goiás, GO: **EMBRAPA**, 2003. 6p. (EMBRAPA, Circular Técnica, 59).

SILVA, J. S.; AFONSO, A. D. L.; DONZELLES, S. M. L. Secagem e secadores In: SILVA, J. S. **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2000, p.107-138.

SILVA, R. P. **Qualidade fisiológica de sementes de cultivares de soja durante o beneficiamento na região do Centro-Oeste**. 2009. 51 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Estadual de Goiás. Anápolis.

TANAKA, M. A. S.; MAEDA, J. A.; ALMEIDA, I. H. Microflora fúngica de sementes de milho em ambientes de armazenamento. **ScientiaAgricola**, Piracicaba, v.58, n.3, p.501, 2001.

VIANA, J. S.; BRUNO, R. L. A.; OLIVEIRA FILHO, J. O. T.; SILVA NETO, L. F.; SOUZA, C. Emergência e crescimento de plântulas de milho procedentes de sementes produzidas em sistemas de manejo de solo com e sem adubação mineral. **Revista Ciência Agronômica**, v.36, n.3, p.316-321, 2005. Disponível em: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/1953/195317500012.pdf>. Acesso em: 02 ago. 2011.

VILLELA, F. A.; FILHO, J. M.; NOVENBRE, A. D. L. C. Estado Energético da Água na Semente de Milho no Processo de Germinação. **Revista Brasileira de Sementes**, v.25, n.1, p.95–100, 2003.

VILLELA, F. A.; PERES, W. B. Coleta, beneficiamento e armazenamento. In: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. (Orgs). **Germinação do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p.266.

VILLELA, M. A. R. F.; VON PINHO, R. G.; VON PINHO, E. V. R.; GUIMARÃES, R. M.; FREITAS, F. E. O. Germinabilidade e tolerância a dessecação em sementes de milho colhidas em diferentes estádios de maturação. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.3, n.2, p.276–289, 2004.

WORDELL FILHO, J. A.; ELIAS, H. T. **A Cultura do milho em Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 2010. 480p.

## APÊNDICES

**Apêndice A – Dados referentes aos equipamentos utilizados na UBS- Ibimirim.**

<b>1ª ETAPA:</b> SUAR					
Semente úmida antes da recepção					
<b>2ª ETAPA:</b> Recepção/1º elevador até a máquina de limpeza.	1º elevador, altura (em metro) (m)	Comprimento do tubo de descida do elevador até máquina de limpeza (em metro)	Distância percorrida (em metro)	Tempo gasto (cronometrado em segundos) (s)	Velocidade (m/segundo) (m/s)
	6,90	3,80	10,70	06	1,78
<b>3ª ETAPA:</b> Máquina de limpeza até o 2º elevador					
Máquina de limpeza, comprimento (em metro)	Comprimento do tubo de descida da limpeza até o 2º elevador (em metro)	Distância percorrida em (m)	Tempo gasto em segundos	Velocidade (m/segundo)	
1,50	1,20	2,70	10	0,27	
<b>4ª ETAPA:</b> Secador					
<b>5ª ETAPA:</b> 2º elevador até o 3º elevador					
2º elevador, altura (em metro)	Tubo de descida do 2º elevador até a moega do 3º elevador	Distância percorrida (em metro)	Tempo gasto (cronometrado em segundos)	Velocidade (m/segundo)	
7,80	9,10	16,90	12	1,40	
<b>6ª ETAPA:</b> 3º elevador até a máquina de limpeza					
3º elevador, altura (em metro)	Comprimento do tubo de descida do 3º elevador até a máquina de limpeza (em metro)	Distância percorrida (em metro)	Tempo gasto (cronometrado em segundos)	Velocidade (m/segundo)	
9,90	6,20	16,10	51	0,31	
<b>7ª ETAPA:</b> Máquina de limpeza até o 4º elevador					
Máquina de limpeza, comprimento (em metro)	Comprimento do tubo de descida da máquina de limpeza até o 4º elevador (em metro)	Distância percorrida (em metro)	Tempo gasto (cronometrado em segundos)	Velocidade (m/segundo)	
2,50	2,20	4,70	16	0,29	
<b>8ª ETAPA:</b> 4º elevador até a mesa de gravidade					
4º elevador, altura (em metro)	Comprimento do tubo de descida do 4º elevador até mesa de gravidade (em metro)	Distância percorrida (em metro)	Tempo gasto (cronometrado em segundos)	Velocidade (m/segundo)	
10,30	11,60	21,90	24	0,91	

<b>9ª ETAPA:</b> Mesa de gravidade até o 5º elevador	Mesa de gravidade, comprimento (em metro)	Comprimento do tubo de descida da maquina de gravidade até o 5º elevador (em metro)	Distância percorrida (em metro)	Tempo gasto (cronometrado em segundos)	Velocidade (m/segundo)
	2,45	1,85	4,30	96	0,04
<b>10ª ETAPA:</b> 5º elevador até a máquina de tratamento fúngico	5º elevador, altura (em metro)	Comprimento do tubo de descida do 5º elevador até máquina de tratamento (em metro)	Distância percorrida (em metro)	Tempo gasto (cronometrado em segundos)	Velocidade (m/segundo)
	7,80	6,30	14,10	14	1,00
<b>11ª ETAPA:</b> Máquina de tratamento fúngico até o 6º elevador	Máquina de tratamento, comprimento (em metro)	Comprimento do tubo de descida da maquina de tratamento até o 6º elevador (em metro)	Distância percorrida (em metro)	Tempo gasto (cronometrado em segundos)	Velocidade (m/segundo)
	1,00	1,00	2,00	4	0,5
<b>12ª ETAPA:</b> 6º elevador até o ensaque	6º elevador, altura (em metro)	Comprimento do tubo de descida do 6º elevador até o ensaque (em metro)	Distância percorrida (em metro)	Tempo gasto (cronometrado em segundos)	Velocidade (m/segundo)
	6,30	6,20	12,50	12	1,04

**Apêndice B – Dados estatísticos referentes ao teor de água**

---

---

ASSISTAT Versão 7.6 beta (2011) - Homepage <http://www.assistat.com>

Por Francisco de A. S. e Silva DEAG-CTRN-UFCG - Atualiz.30/07/2012

---

---

Arquivo Resultado: **Teor de Água\_fases.txt**

EXPERIMENTO FATORIAL

QUADRO DE ANÁLISE

---

FV	GL	SQ	QM	F
Fator1(F1)	11	4793.08313	435.73483	7935.8532 **
Fator2(F2)	3	1.33577	0.44526	8.1093 **
Int. F1xF2	33	4.00572	0.12139	2.2107 **
Tratamentos	47	4798.42462	102.09414	1859.3972 **
Resíduo	96	5.27108	0.05491	
Total	143	4803.69570		

---

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ )

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $.01 \leq p < .05$ )

ns não significativo ( $p \geq .05$ )

Fator 1 = Fases do Beneficiamento

Fator 2 = Temperaturas de Secagem