

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**PERDA DE MATÉRIA SECA EM GRÃOS DE MILHO SUBMETIDOS A
SISTEMAS DE SECAGEM NATURAL E ARTIFICIAL**

DIEGO DE LIRA EIRAS

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da Unesp – Campus de
Botucatu, para obtenção do título de Mestre em
Agronomia (Energia na Agricultura)

BOTUCATU-SP
Janeiro - 2013

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**PERDA DE MATÉRIA SECA EM GRÃOS DE MILHO SUBMETIDOS A
SISTEMAS DE SECAGEM NATURAL E ARTIFICIAL**

DIEGO DE LIRA EIRAS

Orientador: Prof. Dr. Marco Antonio Martin Biaggioni

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da Unesp – Campus de
Botucatu, para obtenção do título de Mestre
em Agronomia (Energia na Agricultura)

BOTUCATU - SP

Janeiro – 2013

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO -
SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA
- LAGEADO - BOTUCATU (SP)

E35e Eiras, Diego de Lira, 1986-
Perda de matéria seca em grãos de milho submetidos a sistemas de secagem natural e artificial / Diego de Lira Eiras.- Botucatu : [s.n.], 2013
viii, 60 f. : il., color., grafs., tabs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2013
Orientador: Marco Antonio Martin Biaggioni
Inclui bibliografia

1. Milho - Qualidade. 2. Milho - Secagem. 3. Milho - Grãos - Modelos matemáticos. I. Biaggioni, Marco Antonio Martin. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "PERDA DE MATÉRIA SECA EM GRÃOS DE MILHO SUBMETIDOS A
SISTEMAS DE SECAGEM NATURAL E ARTIFICIAL"

ALUNO: DIEGO DE LIRA EIRAS

ORIENTADOR: PROF. DR. MARCO ANTONIO MARTIN BIAGGIONI


Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. MARCO ANTONIO MARTIN BIAGGIONI



PROF. DR. SAMIR PAULO JASPER



PROF. DR. RENI SAATH

Data da Realização: 29 de janeiro de 2013.

Aos meus pais
Solange e José Roberto
pelo exemplo de
honestidade, dignidade e
que levarei pelo resto da
minha vida.

AGRADEÇO

A minha futura esposa
Angeliza Lourençon
Damico.

DEDICO

A minha vó Conceição,
minha irmã Daniela e as
famílias Lourençon e
Damico.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Omnipotens Deus, infinitum gratiam; Regina Caelis – Totus Tuus, ego sum indignus famulus tuus, gratias.

Ao professor Dr. **Marco Antonio Martin Biaggioni** pela oportunidade concedida e pela orientação e ensinamentos.

Ao professor Dr. **Paulo Roberto Arbex Silva** por sua amizade, por seu exemplo e sua dedicação à docência.

Aos amigos de pós-graduação: **Eng. Agr Saulo F. Gomes de Sousa, Eng. Agr Tiago Correia, Msc. Eng. Agríc Leandro Tavares, Msc. Eng. Agr Neilor Richetti** pela ajuda prestada no campo, e por seus conhecimentos agronômicos sem a qual não seria possível a realização deste trabalho e também pela amizade que nasceu entre nós.

Aos professores: **Dr Carlos Roberto Padovani e Dr^a Marta Maria Mischan** pela ajuda na realização da análise estatística dos dados.

Ao **Dr Samir Jasper** do Departamento de Gestão Agroindustrial que de alguma forma contribuiu para melhorar este trabalho e minha formação acadêmica.

Ao supervisor do setor de produção vegetal da Fazenda de Ensino Pesquisa e Produção Téc. Agric. Mario de Oliveira Munhoz pela disponibilização de máquinas e equipamentos durante a execução do trabalho no campo, sem as quais seria impossível a realização do experimento.

Ao então residente de Máquinas Agrícolas e Grandes Culturas **Eng. Agr. Vinicius Paludo** por seu auxílio e ajuda prestada em todos os momentos.

Aos demais funcionários da Fazenda de Ensino Pesquisa e Produção: Carlos Humberto Barbosa, Aparecido Bessa Ramon, Flavio César Galhardo, Luciano Alves, Dirceu Ferreira de Jesus e Antônio Rodrigues pela colaboração na realização do trabalho.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Rural Dejair Martiniano Ribeiro, Rita de Cássia Miranda Gomes, Gisele Aparecida Lúcio, Maury Torres da Silva, Silvio Sabatini Simonetti Scolastici, Emanuel Rangel Spadim, Ailton de Lima Lucas e Gilberto Winckler.

A todas as funcionarias da seção de Pós-Graduação pela atenção e orientação em todos os atendimentos durante o curso.

Ao meu confessor **Frei Afonso Maria Lorenzon OFMCap** (*in memoriam*) por suas orações, amizade, convivência e incentivo durante a realização desse trabalho.

Aos estagiários de agronomia que auxiliaram nas atividades de campo: Chicó, Holandês Voador, Game-Over, Burro e Pilaku.

Ao amigos de longa data Adilson Ricardo Miraglia e Roberto Katsunori Iwasaki.

Ao Eng. Agr. Tacimar Bertozo, funcionário da Dow Agrosience pelo fornecimento do cultivar.

Ao Grupo de Plantio Direto.

Sumário

II	
LISTA DE FIGURAS	VII
LISTA DE TABELAS	VIII
1 RESUMO	1
2 SUMMARY	3
3 INTRODUÇÃO	5
4 REVISÃO DE LITERATURA	7
4.1 Importância Econômica do Milho	7
4.2 Componentes da produção de milho	9
4.3 Secagem de Grãos / Sementes	11
4.3.1 Secagem natural	16
4.3.2 Secagem em secador com ar natural	17
4.3.3 Secagem artificial em alta temperatura	19
4.3.3.1. Danos Térmicos	20
4.3.4 Qualidade de secagem	21
4.4 Fatores Climáticos	23
4.5 Regressão Linear Múltipla	26
4.5.1 Correlação	26
5 MATERIAIS E MÉTODOS	29
5.1 Campo experimental	29
5.2 Tipo de solo	29
5.3 Máquinas e implementos	29
5.4 Agrotóxicos e Fertilizantes	30
5.5 Sementes e Semeadura	31
5.6 Tratamentos de Secagem	31
5.6.1 Secagem à sombra com ventilação natural (Testemunha)	31
5.6.2 Secagem artificial com ar aquecido	32
5.6.3 Secagem artificial com ar não aquecido	33
5.6.4 Secagem na planta (campo)	33
5.7 Análise de Qualidade	33
5.8 Caracterização do Material Experimental	36
5.8.1 População inicial e final de plantas	36

5.8.2.	Índice de sobrevivência das plantas	36
5.8.3.	Altura de plantas e inserção de espigas e diâmetro do colmo	36
5.8.4.	Comprimento e diâmetro de espigas e número de fileiras de grãos	36
5.8.5.	Produtividade de grãos	37
5.9	Análise estatística dos dados	37
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
6.1	Caracterização do campo de produção de grãos	39
6.2	Caracterização dos tratamentos de secagem	40
6.3	Avaliação da qualidade dos grãos durante a secagem.....	42
6.4	Ajuste do modelo de regressão para perda de matéria seca durante a secagem na planta	44
7	CONCLUSÃO	52
8	BIBLIOGRAFIA	53

LISTA DE FIGURAS

Figuras	Página
Figura 1: Curva de secagem (Fonte: Park, 1988).	14
Figura 2: Climatologia total mensal no período em que foi conduzido o experimento.	39
Figura 3: Comparação entre as curvas de Perda de Matéria Seca (PMS), experimental e calculada, no ano agrícola de 2011/2012, no município de Botucatu.	51

LISTA DE TABELAS

Tabelas	Páginas
Tabela 1- Produção Brasileira de Milho (1ª e 2ª Safras) – 2011/2012	8
Tabela 2: Produção Mundial de Grãos-USDA/2011	8
Tabela 3: Coeficientes e Tipos de Correlação	26
Tabela 4: Valores médios do teor de água, do tempo de secagem, das temperaturas do ar ambiente, do ar de secagem e do grão, além da umidade relativa do ambiente obtida durante os processos de secagem.....	40
Tabela 5: Resultado do teste de Tukey para os valores médios obtidos nas análises de Perda de Matéria Seca (PMS), Perda de Peso de Mil Grãos (PPMG) e Peso Hectolítrico (PH), segundo os diferentes sistemas de secagem.	42
Tabela 6: Matriz de correlação entre as variáveis climáticas e taxa de secagem dos grãos na planta na safra verão 2012.	45
Tabela 7: Tabela de significância das variáveis climáticas, obtidas por meio da regressão linear múltipla.....	46
Tabela 8: Coeficientes do modelo da regressão ajustada que estima a taxa de secagem de milho na planta em função da temperatura, durante a safra verão 2012.	47
Tabela 9: Matriz de correlação da perda matéria seca, com todas as variáveis climáticas (menos temperatura) para a secagem de milho na planta na safra verão 2012.	48
Tabela 10: Coeficientes do modelo da regressão ajustada para a perda de matéria seca de milho na planta incluindo todas as variáveis climáticas (exceto temperatura da safra verão 2012).....	48
Tabela 11: Resumo da regressão com os seus coeficientes e os valores do teste t, p-valor e VIF.....	50

1 RESUMO

A permanência de grãos na lavoura, após a maturação fisiológica, é causa importante de perdas, tanto sob aspecto quantitativo quanto qualitativo. Por cessar o aporte de substâncias assimiladas para os grãos, a partir da maturação fisiológica as reações de síntese são superadas pelas de respiração, responsáveis pela manutenção dos tecidos vivos dos grãos, e que ocorrem à custa de reservas acumuladas durante a formação do grão. Somam-se, ainda, perdas decorrentes de ataque de fungos e insetos e de condições climáticas desfavoráveis.

O avanço tecnológico ocorrido nas últimas décadas, disponibilizando secadores de grãos com capacidades e eficiências variadas, tem propiciado a retirada antecipada do produto do campo, ainda úmido, reduzindo a sua deterioração. Por outro lado, o uso de sistemas artificiais de secagem pode representar um custo importante para o produtor.

Assim, o presente trabalho teve por objetivo estudar o efeito de métodos de secagens natural e artificial sobre a perda de matéria seca em grãos de milho, para as condições de Botucatu-SP. O campo de produção do grão de milho foi instalado na Fazenda Experimental Lageado e os tratamentos experimentais foram conduzidos no Laboratório de Processamento de Produtos Agrícolas, pertencente ao Departamento de Engenharia Rural, onde se testou os sistemas de secagem, à sombra (testemunha), artificial com ar aquecido, artificial com ar não aquecido e secagem na planta. Foram realizadas as seguintes análises para monitoramento de qualidade: peso hectolítrico, peso de mil grãos, e massa de matéria seca dos grãos. Os resultados obtidos mostraram perda significativa na

qualidade dos grãos secos na planta, tanto pela avaliação da perda de matéria seca como pela variação do peso dos grãos. A análise de peso hectolítrico indicou, porém, o pior desempenho para a secagem em alta temperatura.

O uso de técnicas para modelagem matemática para a perda de matéria seca, visando determinar equações matemáticas que descrevam a perda de matéria seca e ajustar o modelo matemático aos valores experimentais analisados.

A partir dos dados experimentais obtidos durante a secagem na planta, foi possível ainda ajustar um modelo de regressão que estimasse a perda de matéria seca para a secagem de milho na lavoura, para as condições climáticas de Botucatu durante a safra 2011/2012.

PALAVRAS CHAVES: *Zea Mays*, secagem de grãos, análise de qualidade, modelagem matemática.

LOSS OF DRY MATTER IN GRAIN CORN DRYING SYSTEMS SUBJECT TO NATURAL AND ARTIFICIAL. Botucatu, 2013. p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: DIEGO DE LIRA EIRAS

Adviser: MARCO ANTONIO MARTIN BIAGGIONI

2 SUMMARY

The permanence of the grain crop, after maturation, is an important cause of loss, both in quantitative and qualitative aspect. By ceasing the intake of substances assimilated to the grains from the physiological maturity synthesis reactions are overcome by breathing, responsible for the maintenance of the living tissues of the grains, and occur at the expense of reserves accumulated during grain formation. There are also losses due to fungi and insects and adverse weather conditions.

Technological advances in recent decades, delivering grain dryers with varied capacities and efficiencies, has led to the early withdrawal of the product from the field, still damp, reducing spoilage. Moreover, the use of artificial drying systems can represent a significant cost to the producer.

Thus, the present study aimed to study the effect of drying methods of natural and artificial about the loss of dry matter in grain corn, for Botucatu-SP. The field production of corn grain was installed at the Experimental Farm Lageado and experimental treatments were conducted in the Laboratory of Agricultural Products Processing, belonging to the Department of Rural Engineering, where he tested the drying systems, the shade (control), artificial with heated air, artificial air unheated and drying the plant. The following analyzes were conducted for quality monitoring: test weight, thousand grain weight, dry matter and grain. The results showed significant loss in quality of the plant dried grains, both

the evaluation of the loss of dry matter as by varying the weight of grains. The analysis indicated hectoliter weight, however, worse performance for drying at high temperature.

The use of mathematical modeling techniques to the loss of dry matter, to determine mathematical equations that describe the loss of dry matter and adjust the mathematical model to the experimental values analyzed.

From the experimental data obtained during drying plant was still possible to fit a regression model to estimate the dry matter loss for drying corn in the field, for the climatic conditions in Botucatu during the 2011/2012 season.

KEYWORDS: corn, grain drying, quality analysis, mathematical modeling.

3 INTRODUÇÃO

O milho é um dos cereais mais cultivados no Brasil e no mundo, em função do valor nutritivo e das produtividades alcançadas.

A produtividade média de milho no Brasil ainda é muito baixa. Apesar de toda tecnologia gerada, a eficiência fotossintética tem se mantido por décadas. O melhoramento genético tem modificado basicamente a variação temporal de fotoassimilados. Genótipos potencialmente mais produtivos são aqueles que apresentam uma maior alocação para produção de folhas e dos órgãos produtivos em detrimento da produção de raiz.

Os produtos agrícolas como o milho, são colhidos após o ponto de maturidade fisiológica, quando os grãos atingem teor de água entre 32 e 38% e apresentam teores máximos de amido, proteínas e óleo. A colheita na época oportuna, tão logo o grão de milho atinja os teores de água adequada (20 a 24% para a colheita mecânica e 18 a 22% para a colheita em espiga), reduz as perdas pelo ataque de roedores, insetos e fungos e diminui os problemas de pós-colheita, pela melhor qualidade do produto e menor grau de infestação.

Atualmente, procura-se colher os produtos com teores de água mais elevados, pois existe uma correlação negativa entre as perdas na lavoura e o teor de água, na qual a “secagem na lavoura” acontece com grande perda de matéria seca. As perdas serão menores na medida em que os grãos forem colhidos com mais umidade, permanecendo menos tempo na planta e, portanto, menos sujeito ao ataque de insetos e fungos, que encontram no ambiente quente e úmido, condições ideais para o seu desenvolvimento. O clima favorece, ainda, a respiração que, juntamente com o metabolismo e as reações químicas denominadas oxidação, são as grandes responsáveis pela “quebra”, que é a perda de peso dos grãos.

Por outro lado, a colheita antecipada demanda a utilização de sistemas artificiais de secagem, com ar aquecido ou não, que representam uma parte significativa dos custos energético e econômico envolvidos no processo. Ao mesmo tempo, dependendo da época e da região onde o cultivo é conduzido, a secagem não antecipada, processada naturalmente na própria planta (“secagem na lavoura”), poderá proporcionar grãos secos, com um mínimo de perda no peso, além do menor consumo de energia e dinheiro.

Considerando a influência que o teor de matéria seca acumulada nos grãos secos tem sobre os retornos econômico e energético da cultura, o presente trabalho tem

por objetivo estudar o efeito de métodos de secagem natural e artificial sobre a perda de matéria seca em grãos de milho, para as condições de Botucatu-SP, bem como ajustar um modelo de regressão para perda de matéria seca dos mesmos durante a secagem na planta.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Importância Econômica do Milho

A produção brasileira de milho vem aumentando nos últimos anos e esse aumento se deve principalmente à agregação de valor a esse produto, e à sua utilização em vários setores, sendo que estes vão desde a alimentação humana à produção de óleo vegetal, da participação desse produto no setor de alimentação animal.

A produção mundial de milho em 2011/2012 é estimada pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos da América (USDA) em 868,06 milhões de toneladas, superior em 4,9% à safra anterior. Os EUA deverão colher nesta safra de 2012 cerca de 313,92 milhões de toneladas de milho, participando com 36,16% da produção mundial. Ainda de acordo com o USDA, o consumo mundial de milho deve atingir 860,8 milhões de toneladas, enquanto os estoques mundiais estão estimados em 128,14 milhões de toneladas para a temporada de 2012.

A produção de milho segunda safra 2011/2012 deve registrar aumento de 60,9%, de acordo com pesquisa divulgada, pela Companhia Nacional de Abastecimento (Conab). A colheita deve chegar a 34,57 milhões de toneladas na safra de verão, ante 21,48 milhões de toneladas colhidas na mesma temporada do ano anterior. Conforme o órgão, o destaque se deve às condições favoráveis da cultura nas áreas de maior produção. Já a estimativa para as safras consolidadas (primeira e segunda safras) apresenta um crescimento de 21% ou de 12,07 milhões de toneladas, atingindo 69,48 milhões de toneladas. A área cultivada na segunda safra do grão, de acordo com o levantamento, cresceu 22,7 % ou 1,3 milhão de hectares.

A tabela 01 mostra a previsão da safra de milho de 2011/2012 no Brasil e no Estado de São Paulo, que de um ano agrícola para outro sofreu um aumento de 8,7% na área plantada, um aumento de 1,5% no rendimento e um aumento de produção de 7%. Considerando as duas safras, a produtividade estimada é de 4.016 kg/ha, com decréscimo de 3,4%. Este número pode variar para mais ou para menos, dado ao longo período decorrente desde a semeadura da primeira safra (agosto de 2011), até a colheita da segunda safra (agosto de 2012). Produção – A produção brasileira de milho esperada para a safra 2011/12 deverá ficar em 61.703 mil toneladas, com variação de 7,5% em relação à safra passada, quando foram colhidas 57.406 mil toneladas. Esta estimativa é baseada em uma safra normal, e as

variações para mais ou para menos, estarão relacionadas à maior ou menor influência dos fatores de produção durante o transcurso de todo o ciclo produtivo.

Tabela 1- Produção Brasileira de Milho (1ª e 2ª Safras) – 2011/2012

Estado	Área Plantada (mil ha ⁻¹)	Produção (mil t ⁻¹)	Rendimento (kg ha ⁻¹)
São Paulo	937,1	4.519,7	4.823
Brasil	14.900.129	62.518.242	4.196

Fonte: CONAB –2011/2012

Segundo Garcia et al (2011) na América do Sul, na Argentina, estimativas oficiais dão conta de um incremento de cerca de 7% na área plantada, uma clara resposta ao nível internacional dos preços (a Argentina exportou 12,9 milhões de toneladas de milho na safra 2010/11, cerca de 60% de sua produção).

O milho se tornou o principal produto alimentício que é no mundo, superando o trigo (BRANDALIZZE, 2009) (Tabela 2).

Tabela 2: Produção Mundial de Grãos-USDA/2011

Produção mundial de grãos (m.ton)	2007/2008	2008/2009	2009/2010	2010/2011
Milho (<i>Zea mays</i>)	791	787	785	820
Trigo (<i>Triticum aestivum</i>)	609	682	657	672
Arroz (<i>Oryza sativa</i>)	433	443	448	452
Soja (<i>Glycine max</i>)	221	212	241	263
Feijão (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	19,5	19	19,5	19,7

Fonte: USDA (2011).

Segundo Pracucho (2006), o produto brasileiro ainda agrega o conceito de um milho não transgênico, o que facilita a sua entrada no cenário europeu e em alguns polos de consumo. Os principais mercados para o milho brasileiro são a Espanha, Coreia do Sul e Irã. O país também exporta para Arábia Saudita, Japão, Marrocos e Portugal. Embora a quebra de safra dos EUA tenha transferido uma parte importante da demanda global

para a América do Sul, ela ilustra o potencial que o Brasil tem nesse mercado, com consumo mundial crescente.

Igreja et al. (2005) consideram que a cultura do milho, além da incorporação de inovações tecnológicas, com significativos aumentos de produtividade, vem sofrendo outras modificações nos últimos anos, como o deslocamento espacial para outras regiões e deslocamento temporal, com a semeadura do milho como uma segunda safra, em sucessão a uma cultura de verão. Segundo o mesmo autor, com os expressivos ganhos de produtividade da cultura do milho no Brasil, houve reversão dos episódios de crises de escassez, levando o país a participar do competitivo mercado internacional de grãos, uma conjunção propícia de fatores, como a desvalorização do dólar, a queda dos preços internos e a alta dos preços externos permitiram a exportação de 5,6 milhões de toneladas, tornando o Brasil o quarto maior exportador mundial, superado apenas pelos Estados Unidos, Argentina e China.

4.2- Componentes da produção de milho

A produtividade de milho depende basicamente dos seguintes componentes de produção que são o peso de grãos e número de grãos por hectare e são determinados por fatores genéticos e ambientais. O peso de grãos é definido de acordo com o peso específico e o tamanho de grãos. O número de grãos por hectare é definido pelo número de grãos por espiga e o número de espigas por hectare. O número de grãos por espiga varia em função da porcentagem de fertilização, número e comprimento das fileiras de grãos. O número de espigas por hectare varia em função da população de plantas e do número de espigas encontradas por planta e por área. Os sistemas produtivos podem refletir diferentes formas de manejo da cultura, com reflexos nos indicadores econômicos de produção (BORGHI et al, 2004).

A obtenção do número de grãos de milho é influenciada por eventos ocorridos entre a emissão da 4ª e 10ª folhas, além daqueles evidenciados no florescimento (FANCELLI, 2000). Já a confirmação do número de fileiras de grãos da espiga ocorre entre o período correspondente à emissão da 7ª e 9ª folhas completamente expandidas, devido às transformações ocorridas na gema axilar que dará origem à espiga (FANCELLI, 2000).

Os componentes da espiga e as correlações entre si e com a produtividade são principalmente afetados por condições ambientais (HATFIELD et al., 1965). Noldin, Mundstock (1988) observaram que produtividade de grãos, número de fileiras de grãos por espiga, peso seco de 100 grãos, número de óvulos por fileira e por espiga e número de fileiras de óvulos por espiga foram afetados pela época de semeadura, porém, isso não ocorreu com prolificidade, número de grãos por fileira e de grãos por espiga.

A produtividade tende a aumentar linearmente com a elevação do número de plantas por área até um determinado ponto que é considerado a densidade ótima de semeadura. A partir desse ponto, a produtividade decresce com o aumento da densidade. O aumento da densidade de semeadura causa a redução do tamanho de espigas e no número de espigas por planta, havendo uma compensação na produtividade devido ao aumento do número de plantas na área (PEREIRA et al., 1991).

Yiridoe et al. (2000), ao analisarem o risco e a renda de sistemas de produção de milho e soja, verificaram que a rentabilidade econômica média são semelhantes e que o lucro líquido entre as duas culturas pode diferir por dois fatores, o tipo de terra e os custos de máquinas, principalmente na operação de colheita.

Pode-se atribuir aos preços dos insumos importante parcela na formação da renda bruta do produtor e, portanto na saída de capitais, item fundamental na mensuração da eficiência econômica. Assim, a rentabilidade da produção está sujeita à volatilidade e incerteza dos preços no mercado (MOSCHINI; HENNESSY, 2001).

Segundo Nogueira Junior et al. (2008), no Brasil, além da variação dos preços, os custos de transporte e a reduzida capacidade de armazenagem na propriedade forçam a rápida comercialização da produção de milho em período de preços baixos por efeito da época de safra diminuindo assim os lucros dos produtores.

Kwansoo e Chavas (2003), ao analisarem a mudança tecnológica e administração de risco, para a produção de milho, indicaram que mudanças tecnológicas têm contribuído na redução de risco de produção, embora não os eliminando completamente, dado o caráter biológico da produção.

4.3 Secagem de Grãos / Sementes

O objetivo básico na secagem de produtos alimentícios é a remoção da água do sólido até certo nível em que a atividade microbiana e reações químicas de deterioração são minimizadas (KROKIDA et al., 2003).

Muito embora a secagem constitua o método mais antigo para a conservação de alimentos provenientes da terra e/ou água, o desenvolvimento maior da agricultura, depois de seu surgimento, deu-se na região do “Crescente Fértil” hoje chamado de Oriente Médio, que compreende do Egito à Mesopotâmia, razão pela qual esta região é considerada como o “berço da civilização”. A baixa umidade relativa do ar teria sido fator pelo qual os agricultores daquela região sempre contavam com sementes de boa qualidade fisiológica. Sementes conservadas secas são sementes que conservam em alto nível sua qualidade fisiológica (CARVALHO, 1994).

A secagem é uma operação de transferência simultânea de calor e massa em que umidade (água) é removida do grão e carregada pelo ar quente, mas nem sempre os tratos de lavoura são bem conduzidos, nem a operação e a regulação das colhedoras são bem realizadas, e tudo isso faz com que os grãos cheguem para a secagem com elevados índices de impureza, trazendo grandes dificuldades para as operações de secagem e aeração (SOGI et al., 2003; MILMAN, 2002).

A taxa de secagem resulta da velocidade de evaporação da água do grão, relacionada à velocidade de movimentação da água do seu interior para a superfície, e depende fundamentalmente, da umidade, da temperatura e do fluxo de ar empregado paralelamente. É influenciada também pela espessura e permeabilidade do pericarpo, pelo genótipo, pelo estágio de maturação e pelo teor de água (VON PINHO, 1998).

A qualidade dos grãos tem-se tornado um aspecto muito importante, tanto para comercialização interna como para exportação. Dos processos pós-colheita, a secagem é determinante para a manutenção da qualidade dos grãos, além de ser a fase em que o consumo de energia é mais significativo (DEVILLA, 1999).

De acordo com Brooker et al. (1992) a qualidade dos grãos de milho depende de vários fatores, como as características da espécie e da variedade, as condições

ambientes durante a produção, período e procedimento da colheita, métodos de secagem e armazenagem.

De forma geral, a colheita dos grãos de milho é realizada com os grãos ainda com umidade alta (de 30 a 25% de umidade), sendo necessário fazer a secagem do produto até o conteúdo de água adequado, para se ter uma segurança no armazenamento do produto em torno de 13% (Alves et al., 2001).

Segundo Corrêa et al. (1999), a semente atinge uma condição de baixo conteúdo de água logo após a secagem que varia em função das condições de secagem. Para os produtores, a secagem é a operação mais importante no pós colheita de grãos, a qual tem por objetivo reduzir a umidade até níveis que permitam a conservação de sua qualidade (MENEGETTI, 2008).

A secagem artificial mecânica é realizada a partir de estruturas específicas construídas para esse fim, onde o ar é forçado a passar pela massa de grãos, possibilitando a secagem de grandes quantidades de grãos em curtos espaços de tempo, independentemente das condições de temperatura e umidade relativa do ar ambiente (AOSANI, 2007).

O milho colhido deve ser secado imediatamente. Umidade elevada dá condições ao desenvolvimento de micro-organismos e aumenta as perdas de peso devido ao aceleração do processo respiratório dos grãos, causando elevação da temperatura e deterioração do produto. Recomenda-se utilizar uma temperatura de secagem de 90°C. Com essa temperatura o grão atinge um aquecimento em torno de 45°C, o que não causa nenhum dano a sua integridade. Temperaturas mais elevadas até 140°C podem causar injúrias como quebras e fissuras nos grãos, prejudicando a qualidade de estocagem. A umidade recomendada para o armazenamento é de 13 a 14% quando a granel. (LIMA, 2001).

Na literatura encontram-se diversas definições para o processo de secagem ou dessecação de sementes. Podem ser feitas divisões nestes processos de acordo com o enfoque que se deseja dar. Na secagem com enfoque nos estudos teóricos dá-se ênfase aos mecanismos de transferência de calor e massa. Dalpasquale (1984) citado por Carlesso (2005) definiu a secagem como um processo no qual ocorrem transferências simultâneas de energia e massa entre o produto e o meio utilizado para seca-lo, que geralmente, e o ar e Amaral e Dalpasquale, (2000) complementam que como atividade econômica, a secagem e

um processo artificial e mecânico destinado a remover o excesso de água, levando o produto a um padrão exigido por cada espécie com a responsabilidade de não alterar as propriedades físicas, químicas e biológicas, mantendo a qualidade das sementes desenvolvidas durante os estados de campo.

A secagem mecânica pode ser entendida como a atividade destinada a diminuir artificialmente o teor de água dos grãos, até 13,0 ou 14,5%, sem comprometer as suas propriedades naturais (WEBER, 2001). As três formas de umidade nos grãos, de interesse na secagem mecânica é a; (i) umidade superficial, simplesmente aderida externamente; (ii) umidade intersticial, sem função biológica, existe livre entre as moléculas dos grãos e é mantida por forças capilares e pelo diferencial da pressão osmótica; (iii) umidade de constituição, existente nas moléculas dos grãos e que se encontra quimicamente ligada, possuindo função biológica.

A secagem para o armazenamento dos grãos se faz necessária por dois fatores principalmente, que segundo ROSSI e ROA (1980) são de evitar a proliferação de insetos, fungos e micro-organismos que deterioram grãos em estoque e permitir a estocagem das sementes por longos períodos sem que estas venham a germinar.

Quando a retirada de água é feita de forma muito acelerada, podem ocorrer danos irreversíveis nos grãos. Os danos mais frequentes, causados quando a secagem por ar aquecido não é convenientemente controlada, são alterações de cor, formação de crosta periférica, perda de matéria seca, redução da integridade física dos grãos, diminuição da digestibilidade das proteínas, desestruturação do amido, suscetibilidade à incidência de defeitos e redução da conservabilidade, além do desperdício de tempo e de energia (ELIAS, 2002).

Schuh (2010) diz que a operação de secagem pode ser mais rápida ou mais lenta, dependendo dos seguintes fatores de teor de água inicial e final das sementes; localização da maior parte de água a ser removida se interna ou superficial; avanço da “frente de secagem” interna na semente, classificando segundo a literatura onde a umidade presente nas sementes em três formas diferentes que é a umidade superficial ou, simplesmente, a água aderida externamente; umidade intersticial, sem função biológica, existe livre entre as células das sementes. É mantida por forças capilares e pelo diferencial da pressão osmótica; e por último a umidade de constituição, existente nas moléculas das sementes e que se encontra quimicamente ligada, possuindo função biológica.

Bihain (2011) diz que a secagem é um processo físico onde ocorre o processo simultâneo de energia (calor) e massa (umidade) e o mesmo decorre que para haver secagem a pressão de vapor nos grãos deverá ser maior do que a pressão de vapor no ar para que haja secagem do produto, e se for menor ocorrerá umedecimento, e se for igual ocorrerá equilíbrio higroscópico no ambiente onde será armazenado, preservando assim sua qualidade física e química.

Segundo (Park et al., 2007), a evolução destas transferências simultâneas de calor e de massa no decorrer da operação de secagem, faz com que esta seja dividida esquematicamente em três períodos descritos na figura.

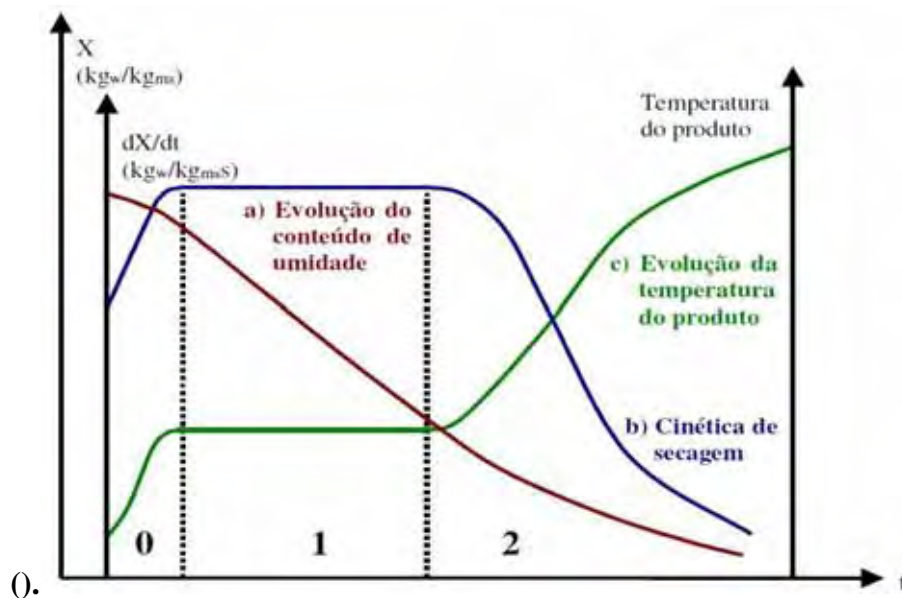


Figura 1: Curva de secagem (Fonte: Park, 1988).

Bihain (2011) faz a descrição da figura nesses termos:

A curva (a) representa a diminuição do teor de água do produto durante a secagem (conteúdo de umidade do produto, $X = X_{bs}$, em relação à evolução do tempo de secagem t), isto é, a curva obtida pesando o produto durante a secagem numa determinada condição de secagem.

A curva (b) representa a velocidade (taxa) de secagem do produto (variação do conteúdo de umidade do produto por tempo, dX/dt em relação à evolução do tempo t), isto é, a curva obtida diferenciando a curva (a).

A curva (c) representa a variação da temperatura do produto durante a secagem (variação da temperatura do produto T em relação à evolução do tempo t), isto é, a curva obtida medindo a temperatura do produto durante a secagem.

O período 0 no início os grãos estão mais frios que o ar, a pressão parcial de vapor da água na superfície do produto é muito pequena e, conseqüentemente, a transferência de massa e a velocidade de secagem são lentas. Esse fenômeno ocorre até que a transferência de calor compense exatamente a transferência de massa. Período 1 nesse período a taxa de secagem é constante. A água que evapora é água livre. A transferência de calor e massa são equivalentes e a velocidade de secagem constante. Esse período continua enquanto houver água livre na massa de grãos. O período 2 tem a taxa de secagem é decrescente e a velocidade de secagem diminui, por que a água na superfície é escassa. No final desse período o produto estará em equilíbrio com o ar ($X = X_{eq}$) e a velocidade de secagem é nula.

A secagem, como atividade econômica, é um processo artificial, mecânico, destinado a remover o excesso de água, levando o produto a um padrão exigido por cada espécie, com a responsabilidade de não alterar as suas propriedades físicas, químicas e biológicas (AMARAL, 2000).

Alves et al., (2001) citam que existem ainda no país muitos pontos que necessitam ser aprimorados afim de melhor atender às exigências dos mercados interno e externo, quanto à qualidade dos grãos, de forma que as práticas adotadas para a colheita e o armazenamento sejam as mais adequadas, pois a secagem e a armazenagem estão diretamente ligadas ao nível de qualidade final do milho produzido. A qualidade deste produto tem sido também amplamente discutida entre os especialistas, ressaltando os benefícios da qualidade mesmo na produção de ração animal, e seus reflexos em ganho produtividade, e aspectos sanitários.

No Brasil perdas nas etapas de pós-colheita de grãos estão entre 25 e 30% do que é produzido (LORINI; MIKE; SCUSSEL, 2002) e programas de investimento para a secagem do produto nas regiões de produção e consumo são fundamentais para aumentar a eficiência da comercialização (SARTORI, 2001).

Portella e Martins (2000) complementam que no sistema produtivo, a qualidade dos grãos tem se destacado, e a parcela que cabe ao processo de secagem tem sido reconhecida, mas podem custar até 15% do custo total das atividades relativas à pós-colheita.

Baseado na capacidade do ar fornecer calor e na necessidade de aumentar a temperatura do ar, segundo Villela (1991) e Silva et al. (1995; 2000) e Elias (2007), a secagem com altas temperaturas consiste em aquecer o ar a temperaturas iguais ou superiores a 8 a 10 °C acima da temperatura ambiente; já a secagem com baixa temperatura, utiliza-se do ar natural ou aquecido, variando de 1 a 8°C acima da temperatura ambiente e também afirma que a secagem em secadores é uma técnica que visa à preservação da qualidade do produto, considerando que ele é colhido com um teor de água ainda alto para a armazenagem, porém, com alta qualidade e alto teor de matéria seca.

4.3.1 Secagem natural

A secagem natural é feita em duas etapas. A primeira etapa do processo de secagem natural ocorre logo após a maturação fisiológica do produto ainda no campo, quando esse apresenta elevado teor de água. A movimentação do ar é feita pela ação do vento e a energia para evaporação de umidade provém do potencial de secagem do ar e da incidência direta da energia solar (Silva, 2008).

O método de secagem natural consiste na exposição do produto úmido ao sol ou à sombra em um ambiente seco a fim de que parte da água seja removida por evaporação, usando energia solar e eólica, disposto em fileiras, tabuleiros perfurados ou peneiras. Esta prática vem sendo adotada quando as sementes são colhidas com uma baixa umidade e em regiões de clima mais seco, sem riscos de chuva repentina, e orvalho intenso (Carambula, 1981).

Segundo Zoccoler (2005) afirma que a secagem natural é um método amplamente utilizado em regiões tropicais subdesenvolvidas e/ou em desenvolvimento. Várias razões justificam essa utilização, como o desconhecimento de técnicas mais modernas pela maioria dos agricultores. Normalmente, as condições climáticas nestas regiões permitem a secagem natural; além disso, os investimentos para realizá-la são mínimos.

Segundo Peske e Baudet (1993), a melhor secagem é aquela que se faz com as condições naturais, com o sol, o vento, sendo que para Reis (1990), é o procedimento mais utilizado no mundo e Puzzi (1977) informa que o método é amplamente difundido no Brasil. Martins et al. (1999) acredita que 80% da produção nacional de cereais e grãos

leguminosos são secadas de forma natural, pois é sabido que a maior parte da produção brasileira é proveniente de pequenos e médios produtores (cerca de 75%). Uma grande desvantagem da secagem natural no campo é que este fica ocupado por muito tempo, retardando as operações de preparo do solo para novo cultivo. No caso de culturas perenes como o café, o retardamento da colheita provoca um ciclo bianual de produtividade. Além de facilitar o desenvolvimento e ataque de pragas, o trabalho de colheita fica dificultado, e, no caso de colheita mecânica, o baixo teor de umidade do produto faz com que, durante a colheita e a debulha, apareçam grandes quantidades de danos mecânicos e perdas no campo.

De acordo com a FAO (2006), nos países em desenvolvimento as perdas nas etapas de pós-colheita de cereais e leguminosas variam de 10 a 15% da produção total. Essas perdas incluem a falta de secagem adequada desses grãos. Como exemplo tem-se, a secagem natural dos grãos de milho, onde a planta permanece no campo e o produto fica sujeito a condições ambientais e fatores adversos, tais como altas temperaturas e incidência de insetos, pássaros, roedores e micro-organismos que irão ocasionar a sua deterioração. De acordo com isso, se percebe a importância de estudos no aperfeiçoamento e melhoramento dos métodos de secagem e armazenagem, mais adequados ao milho, permitindo reduzir as perdas na pós-colheita.

4.3.2 Secagem em secador com ar natural

A secagem estacionária em secador ou leito fixo consiste, basicamente, em forçar um fluxo de ar através da massa de grãos que permanecerá em repouso. A secagem estacionária ocorre da base para o topo da camada de grãos, em um secador de fundo falso perfurado, e do centro para a periferia, em secador de tubo central perfurado. Ocorre por camadas, em virtude da formação da zona de secagem, que corresponde à região onde se efetiva o intercâmbio de água do grão para o ar. (LORINI et al., 2002).

É um processo de secagem bastante lento, devido principalmente ao pequeno fluxo de ar insuflado na massa de grãos e à capacidade de secagem que é dependente das condições do ar. Por esse motivo, precisa ser realizado com atenção para que não ocorra deterioração dos grãos durante a secagem, quando o produto encontra-se com elevada umidade. Por ser realizada em silo, é também entendida como secagem durante o

armazenamento, pois, após a secagem, o produto pode permanecer armazenado no mesmo local de secagem. Pode ser realizada em silos metálicos ou de concreto armado (SILVA et al., 2000).

A secagem estacionária em secador com ar natural ocorre em camadas, em função da formação da frente de secagem. Nesse método de secagem, a pressão estática refere-se à resistência imposta ao deslocamento do ar forçado ao atravessar a massa de grãos, como consequência há perda de água (MORAES, 2000). Conforme Elias e Oliveira (2009), este é o único sistema, dentre os tecnificados, que pode utilizar ar sem aquecimento, embora nesse sistema predominem os métodos que usam aquecimento do ar na operação. Pouca rapidez e desuniformidade de secagem são as características mais indesejáveis da secagem estacionária. Por outro lado, a pouca danificação aos grãos e a necessidade de baixos investimentos são as características positivas desse sistema e Vitorino et al. (2007) conclui que secagem de grãos em baixa temperatura é uma das alternativas de secagem dentro da cadeia de produção.

Garcia et al (2004) afirma que a secagem com ar ambiente forçado é um método simples, porém, somente viável em regiões ou épocas de clima seco quando as condições de umidade relativa do ar são inferiores àquelas em que as sementes alcançam o equilíbrio, ou seja, 70 e 75% para que esse sistema for devidamente projetado e manejado, poderá tornar-se econômica e tecnicamente eficiente, uma vez que possibilita a obtenção de um produto seco e de alta qualidade.

Este tipo de secagem é energeticamente eficiente e resulta em um produto final de boa qualidade, devido à baixa movimentação dos grãos no silo e pelo fato do produto não sofrer choques térmicos e hídricos. Além disso, exige um menor investimento inicial em relação à secagem realizada em sistemas que utilizam altas temperaturas, como por exemplo, com uso do GLP. (ELIAS et al., 2009)

A secagem em baixas temperaturas é um processo lento, visto que utiliza baixas vazões de ar por unidade de massas de grãos e temperatura do ar de secagem até 5°C acima da temperatura ambiente. Por esse motivo, o processo de secagem em baixas temperaturas precisa ser realizado com atenção para que não ocorra a deterioração dos grãos, que pode ocorrer durante a secagem quando o produto encontra-se com elevada umidade (VALENTE et al., 2003).

4.3.3 Secagem artificial em alta temperatura

Os efeitos dos secadores e os métodos de secagem de grãos sobre a qualidade do produto final têm sido assunto de grande importância entre os pesquisadores, processadores e fabricantes de equipamentos. A boa qualidade do produto é fator de grande importância na sua comercialização, e o processo de secagem é importante na obtenção de um produto de boa qualidade, portanto, a escolha do melhor método de secagem torna-se fundamental, mas quando a retirada de água é feita de forma muito acelerada, podem ocorrer danos irreversíveis nos grãos. O aquecimento do ar de secagem, com a finalidade de diminuir sua umidade relativa, aumentar sua entalpia e sua capacidade evaporativa, deve ser controlado dentro de limites determinados, em virtude dos danos físico-químicos e biológicos que podem causar aos grãos (MILMAN, 2002).

A temperatura do ar de secagem é o parâmetro de maior flexibilidade em um sistema de secagem em altas temperaturas influenciando significativamente a taxa e a eficiência de secagem, bem como a qualidade final do produto e, se não for controlada, provoca danos físicos, como descoloração dos grãos, quebras e trincas. (AFONSO JÚNIOR, 2001).

Segundo Silva et al (2000), os parâmetros que afetam a taxa de secagem e o desempenho de secadores são: a temperatura e a umidade relativa do ar ambiente, a temperatura e a vazão do ar de secagem, as propriedades físicas do produto, os teores de água inicial e final do produto, o tipo e a fonte de energia, a velocidade dos grãos no secador, os sistemas de carga e o tipo de ventilador.

Silva et al. (1992) afirmam que, em grandes propriedades, a secagem artificial com temperaturas elevadas é uma opção que tem dado bons resultados. O uso desses secadores, entretanto, tem ficado às regiões de desenvolvimento agrícola e de produtores tecnificados, visto que o investimento inicial nesses equipamentos é alto. Os secadores de leito fixo, os secadores de coluna e os secadores de fluxos cruzados são os modelos que se adaptaram melhor à maior parte das condições brasileiras.

Trabalhando com aveia avaliou o efeito da relação de intermitência e da temperatura do ar de secagem na qualidade de grãos de aveia, armazenados em sistema convencional por 12 meses chegou à conclusão que a secagem intermitente, com temperatura do ar até 65°C, é um método eficiente para a conservação dos parâmetros biológicos de grãos de aveia branca. Embora reduzam a incidência de contaminação fúngica, temperaturas da massa de grãos acima de 45°C durante a secagem provocam redução da qualidade dos grãos. (MARINI et al., 2007)

Segundo Douglas et al. (1985), o controle da umidade do grão durante a secagem é importante, pois é um fator que está diretamente relacionado com a viabilidade econômica do sistema. Se a umidade do grão não estiver dentro das especificações, ele não poderá ser bem armazenado e não fornecerá as propriedades nutricionais esperadas.

4.3.3.1. Danos Térmicos

Quando a retirada de água é feita de forma muito acelerada, podem ocorrer danos irreversíveis nos grãos. Os danos mais frequentes, causados quando a secagem por ar aquecido não é convenientemente controlada, são alterações de cor, formação de crosta periférica, perda de matéria seca, redução da integridade física dos grãos, diminuição da digestibilidade das proteínas, desestruturação do amido, suscetibilidade à incidência de defeitos e redução da conservabilidade, além do desperdício de tempo e de energia (ELIAS, 2002).

Durante o processo de secagem, as sementes sofrem mudanças físicas, provocadas por gradientes de temperatura e umidade, que ocasionam expansão, contração e alterações na densidade e porosidade. O processo de secagem não aumenta o percentual de sementes quebradas, mas pode provocar fissuras internas ou superficiais, tornando as sementes mais suscetíveis à quebra durante o beneficiamento (VILLELA, 1992).

Segundo Cavariani (1996), a causa primária do dano produzido por altas temperaturas em tecidos vegetais é a desintegração das membranas celulares, possivelmente, por alterações nos lipídios que as constituem. Também é aceita a teoria de que a temperatura excessivamente alta pode provocar, entre outras alterações, a desnaturação de proteínas. Os danos fisiológicos provocados pela secagem podem se refletir em alterações nos

sistemas subcelulares, incluindo cromossomas e mitocôndrias, na redução do número de grãos de amido no eixo embrionário, em aumentos de lixiviação de eletrólitos e açúcares e de produção de pigmentos carotenoides, redução de permeabilidade de membranas celulares e taxa respiratória.

A sensibilidade fisiológica ao dano térmico é função da espécie, genótipo, teor de água, temperatura, tempo de exposição e velocidade de secagem. Estes danos podem gerar fissuras, capazes de tornar as sementes facilmente quebradiças nas operações de beneficiamento, além de interferir nos mecanismos de trocas hídricas e gasosas e aumentar a predisposição ao ataque de insetos e microrganismos (SOAVE e MORAES, 1987; MOTTA, 1997).

A manifestação do dano térmico pode ser verificada através da análise de germinação, pela presença de plântulas anormais, redução na porcentagem e velocidade de germinação, pela análise de fissuras internas, principalmente em arroz, ou superficiais em milho (HARRINGTON, 1972; NELLIST e HUGHES, 1973). Os danos térmicos podem não manifestar efeitos imediatos na germinação, contudo, após um período de armazenamento, o vigor das sementes pode sofrer reduções consideráveis (POPINIGIS, 1985).

Ao estudar os efeitos da secagem sobre os danos mecânicos e qualidade fisiológica de milho, FRANCESCHINI (1997) concluiu que: a temperatura do ar de secagem e o teor de umidade inicial do produto afetam de forma diretamente proporcional à susceptibilidade à quebra, e também afetam a taxa de germinação que é reduzida com o aumento da taxa de secagem.

4.3.4 Qualidade de secagem

A colheita retardada, com permanência do grão na lavoura após a maturação fisiológica, ou a realização de secagem com temperaturas inadequadas em função do teor de umidade contribuem para alterações indesejáveis na qualidade tecnológica do trigo (CARNEIRO et al., 2005). Elias et al (2009), estudando épocas de colheita de trigo e seu efeito no armazenamento, concluíram que, em todos os tratamentos (colheita antecipada 18%, colheita usual 16% e secagem na planta 14%), o peso hectolítrico (PH) reduziu com o aumento do período de armazenamento. Os maiores valores de PH foram verificados nos

grãos colhidos com 18% de umidade, sendo o menor valor para o grão colhido com umidade de 14% (secagem na planta). A redução do PH, em decorrência do atraso na colheita, pode ser atribuída a processos metabólicos dos grãos e de organismos a eles associados, que provocam consumo de suas reservas nutritivas durante o armazenamento (FLEURAT-LESSARD, 2002).

Eichelberger e Portella (2003) estudando a secagem do milho em leito fixo observaram que a temperatura máxima da massa de grãos ocorreu na camada próxima da entrada do ar aquecido na câmara de secagem e a mínima nas camadas mais afastadas, com umidade de colheita de 25% a temperatura média dos grãos foi de 37,5°C e com duração de 11 horas; e notaram também que em colheitas com porcentagem de umidade mais elevada (25 e 35%) desenvolveram-se trincas nos grãos. Essa ocorrência indica que essa temperatura, apesar de recomendada para secagem de sementes, pode ser elevada para esse sistema de secagem por resultar em umidade relativa do ar de secagem muito baixa e, conseqüentemente, em taxas de secagem muito altas, desenvolvendo fissuras que podem prejudicar a qualidade fisiológica de sementes. O desenvolvimento de trincas é efeito característico do sistema de secagem estacionário em secadores de leito fixo. Os grãos permanecem estáticos, em permanente contato com o ar de secagem, o que provoca elevada taxa de retirada de água dos grãos, especialmente nas camadas mais próximas da entrada de ar aquecido.

O peso de mil grãos (PMG) é uma medida que apresenta forte controle genético, mas também é afetado pelas condições de cultivo e manejo pós-colheita dos grãos. O peso de mil grãos permite definir a melhor densidade de sementes no plantio do trigo (GUTKOSKI et al., 2003) e também indica qualidade pelo fato de expressar o enchimento, ou seja, o tamanho dos grãos (COMISSÃO SUL-BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO, 2000). A diferença entre os tamanhos dos grãos exerce influência na quantidade de água absorvida durante o condicionamento do grão anterior à moagem. Desta forma, grãos pequenos absorvem maior quantidade de água e necessitam de um tempo de condicionamento maior em relação aos grãos de tamanho grande (GUARIENTI, 1996).

De Castro et al (2009), estudando 3 híbridos de milho em Goiás, encontraram valores de peso hectolítrico muito próximos entre os sistemas de secagem com ar natural e na planta ($0,755 \pm 0,231 \text{ g mL}^{-1}$). Eichelberger e Portella (2003) encontraram valores para peso hectolítrico de 79,4 gramas para a secagem em alta temperatura (40°C) e 274,7 gramas para o peso de mil grãos. Os mesmos autores afirmam que os efeitos da temperatura do ar de secagem e da umidade de colheita sobre o peso hectolítrico (PH) evidenciaram maior dano causado pela temperatura de secagem com a elevação da umidade dos grãos na colheita.

Na secagem a 40°C, os dados de peso de mil grãos (PMG) mostraram que entre a colheita com 35% e 25% de umidade (demora de 17 dias) ainda houve acúmulo de matéria seca e que entre 25% e 18% (demora de 12 dias) houve significativa perda de matéria seca durante a permanência no campo. Isso sugere que a maturação fisiológica ocorreu entre as umidades de 35% e 25%.

Deliberalli (2010) afirma que o peso hectolítrico é um indicador de qualidade que se correlaciona com taxa de extração de farinha, sendo mais elevada quanto maior o valor do PH. A redução do peso hectolitro durante a armazenagem pode ser atribuída a efeitos do tipo de colheita, processo de secagem e teor de água final de armazenamento e não a danos mecânicos dos grãos (Marini et al., 2007).

Os mesmos autores afirmam que os valores de PH refletem as perdas quantitativas totais, resultantes dos processos de deterioração dos grãos, em razão do seu metabolismo intrínseco, à atividade microbiana e a de pragas associadas. As menores variações de PH observadas na secagem intermitente e em colheita antecipada correspondem aos melhores parâmetros conservativos da massa de grãos durante o armazenamento.

Schuh (2011) obteve um resultado de 355,28 (gramas) para o peso de mil grãos e um peso hectolítrico de 714,47 (kg m⁻³) em milho safrinha colhido com teor de água de 30% bu no município de Eldorado do Sul-RS. Em seu estudo, os resultados do peso volumétrico mostraram que existiu uma perda significativa ao longo dos seis meses de armazenamento, sendo que no tratamento secagem ar natural / GLP, os grãos apresentaram uma maior perda de peso volumétrico em comparação com os grãos que foram secos com ar natural. Assim como o peso de 1000 grãos, o peso volumétrico está intimamente relacionado com a integridade biológica dos grãos.

4.4 Fatores Climáticos

O Estado de São Paulo apresenta, de maneira geral, condições macroclimáticas adequadas à exploração agrícola de diversas culturas de verão, com uma distribuição de chuvas mais concentrada entre outubro e março, com um período relativamente seco de abril a setembro. Mesmo no período chuvoso, a distribuição de chuvas no Estado é irregular, podendo diferenciar regiões com potenciais agrícolas distintos (Alfonsi, 1996). Nas áreas produtoras de milho, ocorrem duas safras distintas: uma corresponde a 95%

da produção total, no período mais chuvoso, e a outra, aos 5% restantes, denominada de plantio extemporâneo ou "safrinha", realizada após as sementeiras tradicionais (Cogo, 1992).

Tommaselli e Villa Nova, (1994) justificam mesmo que com condições macroclimáticas favoráveis, são comuns, durante o ciclo da cultura do milho, períodos de estiagens coincidentes com estádios de desenvolvimento com alta demanda hídrica, como florescimento e enchimento de grãos, com reflexos na produção final. Um planejamento agrometeorológico que possa minimizar a ação dessas ocorrências adversas representará, com certeza, uma melhoria no rendimento agrícola, com maior lucratividade ao produtor rural.

A umidade do ar é uma variável que depende da temperatura e age indiretamente. À medida que a temperatura decresce numa mesma umidade absoluta do ar, haverá aumento na umidade relativa e queda na evaporação (KLAR, 1988). Quanto maior a umidade relativa, menor a demanda evaporativa e, portanto, menor a evapotranspiração (PEREIRA et al. 1991).

A temperatura do ar é uma variável que tem sua importância em estações meteorológicas pelo fato de ser um dos elementos climáticos mais disponíveis, na ausência de dados de radiação a temperatura pode ser usada como indicativo de energia no sistema estudado. A temperatura do ar aumenta devido à radiação solar absorvida pela atmosfera e o calor emitido pela terra. Dessa forma, a temperatura do ar interfere nas condições ambientais, interagindo com outras variáveis de importância para o processo de evapotranspiração (MEDEIROS, 2002).

Borba et al (2004) dizem que, durante o processo de maturação das sementes, a ocorrência de condições ambientais adversas, como temperaturas extremas, altos valores da umidade relativa do ar, ataques de insetos e doenças, normalmente favorecem o processo de deterioração, provocando queda na germinação e vigor. Por isso, as sementes devem ser colhidas o mais rápido possível, a partir do momento em que atingem altos níveis de qualidade, para evitar uma permanência desnecessária no campo, que frequentemente compromete a sua qualidade.

Brunini et al (2001) *apud* Pascale (1953) observou que o florescimento e a maturação do milho ocorrem mais rapidamente quando as temperaturas médias do ar situam-se ao redor de 25°C, havendo um retardamento à medida que se diminui

essa temperatura. O mesmo autor conclui que não é possível o cultivo dessa planta quando a temperatura média do verão for inferior a 19°C, ou se a temperatura média noturna dessa estação for inferior a 13°C.

Barbano et al. (2000), determinaram a temperatura base e os graus-dia necessários para completar os diferentes períodos do ciclo de desenvolvimento de distintas cultivares de milho em uso no estado de São Paulo. A temperatura base determinada foi de 8°C no subperíodo emergência-florescimento e 10°C no subperíodo emergência-início de maturação, sendo que o acúmulo térmico variou em função do tipo de cultivar e subperíodo fenológico.

Cultivares de milho (*Zea mays* L.) cujos grãos apresentam rápida perda de água são desejáveis, pois, entre outras vantagens, possibilitam a redução do custo de produção, por demandarem, por exemplo, menor necessidade de secagem artificial (Magari et al., 1996), além de evitarem prejuízos decorrentes de atraso na colheita, como a ocorrência de pragas e doenças. Após a maturidade fisiológica, cessa a acumulação da matéria seca no grão, momento em que as palhas e algumas folhas apresentam-se senescentes; todavia, a espiga continua perdendo água.

Segundo Borba et al. (2004), a permanência excessiva do milho no campo após a maturidade fisiológica favorece, normalmente, o processo de deterioração, provocando queda na germinação e no vigor.

A perda de água pelo grão está associada a duas fases, antes e após a maturidade fisiológica; cada uma dessas fases comporta-se de maneira diferente no que se refere à velocidade de perda de água do grão, sendo lenta na fase de enchimento e mais rápida após a maturidade fisiológica (BROOKING, 1990).

Estudos feitos por Matzenauer e Machado (2002), mostraram uma forte correlação entre a precipitação pluvial, as condições climáticas, o fenômeno El Niño – Oscilação Sul (ENOS) e a produtividade agrícola.

Várias respostas do milho aos fatores do ambiente decorrem de seu mecanismo fotossintético C4, resultando em elevada produtividade de grãos, quando comparado a outras espécies cultivadas sem o mesmo mecanismo (BERGAMSCHI et al, 2004).

4.5 Regressão Linear Múltipla

4.5.1 Correlação

É a medida da relação entre duas variáveis, é calculado pelo coeficiente de correlação de Pearson r . O coeficiente de Pearson varia no intervalo de -1 a 1, sendo os valores negativos indicadores de uma relação inversa entre as variáveis, e o módulo do coeficiente indica o grau de correlação. Coeficientes próximos ou iguais a 1 correspondem a uma relação forte entre as variáveis. Se por exemplo, pretender-se verificar a relação de duas variáveis x e y , o seu coeficiente de correlação de Pearson.

Tabela 3: Coeficientes e Tipos de Correlação

Coeficiente de correlação	Tipo de correlação
$r = -1$	Correlação negativa perfeita
$-1 < r < -0,5$	Correlação negativa forte
$-0,5 \leq r < 0$	Correlação negativa fraca
$r = 0$	Correlação nula
$0 < r < 0,5$	Correlação positiva fraca
$0,5 \leq r < 1$	Correlação positiva forte
$r = 1$	Correlação positiva perfeita

Korndörfer et al (2000) analisando o comportamento agronômico de fosfatos naturais estrangeiros quanto à produção de grãos de milho e comparando com o superfosfato triplo chegou à conclusão que os coeficientes de determinação (R^2) obtidos da relação entre a produtividade de grãos e os teores de P no solo extraído pelos métodos Mehlich-1 e Resina foram 0,50** e 0,77**, valores indicam claramente a superioridade do método da Resina sobre o método Mehlich-1 em estimar a quantidade de P disponível no solo para o milho.

Paiva Junior et al (1999) que, na avaliação de cultivares comerciais para a produção de milho verde, observou correlações positivas e altamente significativas entre o peso de espigas empalhadas e o peso de espigas comerciais. A avaliação da produtividade de espigas empalhadas (kg ha^{-1}) seria suficiente para inferir sobre os resultados de produtividades de espigas comerciais, uma vez que houve correlação alta e significativa entre essas duas características. A cor dos grãos apresentou correlação negativa e significativa com o período de colheita. É possível reduzir o número de características avaliadas em experimentos com milho verde, uma vez que existem associações entre as principais características geralmente avaliadas para essa finalidade. A produtividade de espigas empalhadas e a cor creme ou amarelo-claro dos grãos são características imprescindíveis nessa avaliação

De Moraes et al (2000) avaliou os efeitos do diâmetro e da espessura da parede do colmo do milho, sobre a porcentagem de acamamento de plantas de milho. Não houve correlação significativa para nenhuma das medidas em relação ao acamamento entre híbridos.

Medeiros et al. (2000) que descrevem ótimas correlações entre graus-dia com a duração do ciclo do feijoeiro, ou com seus estágios de desenvolvimento. Em condições favoráveis aos dois adubos verdes no local, a mucuna (*Mucuna aterrima*) apresentou maiores rendimentos em fitomassa que a crotalaria (*Crotalaria juncea*). As insuficiências hídrica e térmica afetam a emergência das plantas e o rendimento com as duas espécies. O rendimento em fitomassa e o número de dias para o florescimento com a crotalaria são mais afetados pelo foto-período. A radiação fotossinteticamente ativa apresentou baixa correlação com os rendimentos da mucuna. As somas térmicas (GD) apresentaram alta correlação com o número de dias para a mucuna florescer.

A associação entre características de interesse econômico é importante no melhoramento genético, principalmente no estudo das respostas correlacionadas, pois podem possibilitar a identificação de modificações que ocorrem em um determinado caráter em função da seleção praticada em outro (Cruz e Regazzi, 1997). Os autores ainda relatam que os coeficientes de correlação simples, apesar de serem de grande utilidade na quantificação da magnitude e direção das influências de fatores na determinação de caracteres complexos, não dão a importância relativa dos efeitos diretos e indiretos destes fatores.

A afirmação foi constatada por Santos et al. (2006) ao estudarem a produtividade de grãos de milho, irrigado com pivô central, as densidades da partícula e do solo e a porosidade total de um Latossolo Vermelho distroférico, sob plantio direto, com o objetivo de estudar as correlações lineares e espaciais entre os atributos. Os atributos do solo apresentaram baixa variabilidade de seus dados, sendo média no da planta, concluindo-se que entre os atributos do solo, as correlações lineares simples variaram elasticamente. Contudo, quando correlacionados com a produtividade, tais correlações pouco variaram. Ainda que com reservas devido à baixa correlação, com o aumento da densidade do solo ocorreu uma diminuição da produtividade.

A parametrização dos modelos de estimativa de rendimentos de culturas é usualmente feita por meio da regressão linear múltipla, onde um conjunto de variáveis é usado para explicar as variações nos rendimentos das culturas. Por se saber que existem fatores diferenciados sobre o rendimento das culturas, uma metodologia que limitasse a inclusão de variáveis sobre o modelo de regressão linear múltipla seria ideal. Assim, apenas seriam integradas variáveis com comprovada capacidade de explicar as variações dos rendimentos das culturas. A seleção de variáveis é usada para identificar um conjunto limitado de variáveis, por adição ou remoção sequencial, que tenham maior impacto na redução da soma dos quadrados do erro (σ^2) (Rawlings et al, 1998). Essa redução tem efeito direto no aumento da porção de variação explicada pelo modelo (σ^2) e consequente aumento do coeficiente de determinação (r^2).

5 MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 Campo experimental

O ensaio foi conduzido no ano agrícola 2011/2012, na Fazenda Experimental Lageado, pertencente à Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP, localizada no município de Botucatu - SP, na região centro oeste do Estado de São Paulo, tendo como coordenadas geográficas aproximadas de Latitude 22° 51' S e Longitude 48° 26' W de Greenwich, altitude média de 770 m, clima subtropical chuvoso, apresentando inverno seco, tipo Cfa, de acordo com o critério de Köeppen.

5.2 Tipo de solo

O solo da área experimental foi classificado por Carvalho et. al. (1983) como Terra Rocha Estruturada, sendo adaptado à classificação da Embrapa (1999), como Nitossolo Vermelho Distroférico. A área experimental vem sendo cultivada com plantio direto há 14 anos. No momento da realização dos preparos e semeadura a área estava com resíduos vegetais, pertencente à cultura de aveia preta (*avena strigosa*) cultivada anteriormente.

5.3 Máquinas e implementos

Foram utilizados na implantação e condução do experimento as seguintes máquinas e implementos:

Para a dessecação da área e implantação do experimento foi utilizado pulverizador marca Jacto modelo Falcon Vortex com capacidade de 600 L e barra de 14 m equipada com 29 bicos SF 11002, espaçados em 0,5 m e um trator de pneu Massey Ferguson modelo 296 4x2 simples com potência de 110 cv no motor

Semeadora – Adubadora de precisão, marca Marchesan, modelo PST2, de arrasto, acionamento por controle remoto com 4 linhas espaçadas de 0,85 m, cada unidade semeadora é provida de discos de corte lisos frontais; com os mecanismos sulcadores do tipo disco duplos defasados para fertilizantes; e discos duplos para sementes com mecanismo dosador tipo disco perfurado horizontal; rodas controladoras de profundidade, roda compactadora em “V” .

A adubação em cobertura foi realizada com trator New Holland modelo TL75E com potencia de 75 cv no motor e massa total de 3260 kg e um cultivador Marchesan modelo CPD de quatro linhas.

Para o acionamento da debulhadora de grãos foi utilizado um trator Massey Ferguson modelo 65X com potência de 65 cv no motor e rotação de 1600 rpm.

Para a debulha das espigas de milho foi utilizada uma debulhadora estacionária, marca Nux, modelo SDMN 15/35.

5.4 Agrotóxicos e Fertilizantes

Foram utilizados os seguintes agroquímicos durante a condução do experimento:

Herbicida Roundup (Glifosato) WG, 720 g kg⁻¹ de ingrediente ativo (i.a.) na dose de 2,0 kg ha⁻¹ na dessecação da área experimental para a implantação da cultura.

Herbicida Atrazina Nortox (Atrazine) 500 SC, 500 g L⁻¹ i.a. na dose de 3,0 L ha⁻¹. É um herbicida de ação seletiva para ser usado em pré e pós emergência, no controle de plantas daninhas monocotiledôneas e dicotiledôneas que infestam a cultura de milho.

Herbicida Sanson (Nicosulfuron) 40 SC, 40 g L⁻¹ i.a. na dose de 0,4 L ha⁻¹ para o controle de plantas invasoras em pós-emergência da cultura do milho para aplicação em pós-emergência da cultura e das plantas infestantes.

Em todas as aplicações realizadas o volume de calda utilizado foi de 200 L ha⁻¹.

As aplicações foram realizadas preferencialmente no período da manhã objetivando aproveitar as melhores condições climáticas de umidade e temperatura. A pressão do sistema de pulverização utilizada foi de 40 Psi e a assistência de ar não foi acionada na dessecação, pois a altura das plantas daninhas não ultrapassava 0,1 metros, sendo utilizada somente nas aplicações onde a cultura já havia emergido.

Na adubação de base foram utilizados 300 kg ha⁻¹ do formulado 8-28-16 (N, P₂O₅, K₂O) e na adubação em cobertura 200 kg ha⁻¹ de ureia (45% de Nitrogênio). O formulado NPK 8-28-16 foi distribuído no momento da semeadura, depositado abaixo e ao lado das sementes. A ureia foi distribuída continuamente na superfície do solo, ao lado da linha de semeadura.

5.5 Sementes e Semeadura

As sementes de milho utilizadas para semeadura foram do híbrido simples 2B587Hx (Herculex) transgênico. O híbrido 2B587Hx é modificado geneticamente para resistir ao ataque da lagarta do cartucho, conhecido como milho Bt. A semeadura foi realizada em uma única etapa. A quantidade de sementes utilizada para ambos foi de 5,7 plantas m^{-1} , resultando em aproximadamente 67.000 sementes ha^{-1} , conforme recomendação do fabricante e o dia de plantio ocorreu no dia 17 de novembro de 2011.

5.6 Tratamentos de Secagem

Os tratamentos estudados foram: secagem na planta (campo), secagem à sombra com ventilação natural (testemunha), secagem com ar não aquecido e secagem com ar aquecido. Para todos os tratamentos foram determinados no início e ao final: o teor de água pelo método da estufa a $105\pm 3^{\circ}C$, peso hectolítrico, massa de mil sementes e peso seco dos grãos. (BRASIL, 2009). A umidade pré-estabelecida para a colheita dos tratamentos de secagem das sementes à sombra com ventilação natural, secagem com ar não aquecido foi de 20,0%, visando em seguida realizar os tratamentos de secagem artificial; com ar aquecido foi de 25%; e na planta foi deixado continuamente.

Cada tratamento possuía dimensões de 40 m de comprimento e 51 m de largura total, comportando 60 linhas de semeadura espaçadas a 0,85 m. Entre cada parcela foi deixado um espaço de 4 m, para a realização das manobras necessárias.

5.6.1 Secagem à sombra com ventilação natural (Testemunha)

Os grãos originados no campo de produção foram espalhados e separados em seis repetições em camadas delgadas, com espessura de um grão, sobre lona plástica e mantida sob telhado, com ventilação natural, de forma que os grãos permaneceram à sombra durante o dia e protegidas do sereno durante a noite. Para a secagem a sombra foram coletados os grãos do campo experimental manualmente em seguida debulhados em debulhadeira estacionária a 1600 rpm e levados ao laboratório onde foram feitas as seguintes análises: teor de umidade peso de mil grãos, peso hectolítrico e massa de matéria seca de mil

grãos; os grãos ficaram abrigados sob telhado e em ambiente ventilado e foi instalado um termo-higrômetro para monitoramento de temperatura e umidade relativa.

Após o período de secagem, os grãos das parcelas foram recolhidos, colocados em sacos de papel e levados ao local de armazenamento.

5.6.2 Secagem artificial com ar aquecido

A secagem com ar aquecido ocorreu em um secador desenvolvido pelo Laboratório de Processamento de Produtos Agrícolas da Faculdade de Ciências Agrônômicas – UNESP, destinado à pesquisa. O aparelho é constituído de quatro colunas de PVC de 0,8 m de altura e 0,15 m de diâmetro, com uma tela metálica no fundo, abrigaram as quatro repetições originadas dos blocos do campo experimental. A altura da massa de grãos em cada coluna foi de 0,60 metros, e o ar de secagem foi insuflado no sistema por meio de um ventilador acionado por um motor elétrico. O aquecimento do ar foi promovido por uma resistência elétrica, proporcionando, por meio da regulagem de um termostato, a temperatura máxima de 60°C no plenum.

Durante o processo foi monitorado a temperatura do ar de secagem, por meio de um termômetro digital localizado no duto da entrada do ar no secador, e a temperatura da massa de grãos determinada também através de termômetros digitais, localizados a 0,10 m e 0,25 m distantes da base da coluna.

A velocidade média do ar de secagem foi medida na saída das colunas por meio de um anemômetro de hélice e utilizada para calcular o fluxo de ar médio de secagem.

A determinação do teor de água durante a secagem foi realizada por meio da diferença na massa dos grãos contida nas colunas de secagem. Para isto, cada coluna, com o teor de água e a massa inicial dos grãos conhecidos, foi retirada individualmente do secador e pesada em balança digital. Assim foi possível calcular a perda e água das sementes e, conseqüentemente, o teor de água que apresentavam no momento.

Para a secagem em alta temperatura foram coletados os grãos do campo experimental, manualmente, em seguida debulhados em debulhadeira estacionária a 1600 rpm e levados ao laboratório onde foram feitas as seguintes análises: teor de umidade, peso de mil grãos, peso hectolítrico e matéria seca dos grãos; para determinar a velocidade de

saída foi utilizado um anemômetro de hélice e a cada hora os grãos foram retirados, revirados e pesados até que atingissem a umidade esperada.

5.6.3 Secagem artificial com ar não aquecido

A secagem com ar não aquecido ocorreu em um secador desenvolvido pelo Laboratório de Processamento de Produtos Agrícolas da Faculdade de Ciências Agrônomicas – UNESP, destinado à pesquisa. O secador é composto por seis colunas de PVC de 1,5 m de altura e 0,15 m de diâmetro, com uma tela metálica no fundo, abrigaram as seis repetições originadas dos blocos do campo experimental. A altura da massa de grãos em cada coluna foi de 1,30 metros.

Durante o processo de secagem foi monitorada a temperatura do ar de secagem, por meio de um termômetro analógico localizado no duto de entrada do ar no secador, e a temperatura da massa dos grãos, através de termômetros digitais localizados nas colunas a 0,35 m e 0,75 m distantes da base.

Para a secagem em ar não aquecido foram coletados os grãos do campo experimental manualmente e, em seguida debulhados em debulhadeira estacionária a 1600 rpm e levados ao laboratório onde foram feitas as seguintes análises: teor de umidade, peso de mil grãos, peso hectolítrico e matéria seca dos grãos; para determinar a velocidade de saída foi utilizado um anemômetro de hélice até que atingissem a umidade esperada.

5.6.4 Secagem na planta (campo)

O teor de água dos grãos da área destinado ao tratamento de secagem na planta foi monitorado e determinado pelo método de estufa a $105 \pm 3^\circ\text{C}$ (BRASIL, 2009).

Para essa secagem foram coletadas as espigas uma vez por semana e foram feitas às análises: teor de umidade, peso de mil grãos, peso hectolítrico e matéria seca dos grãos. Eram retiradas seis repetições de dez espigas totalizando sessenta espigas; despalhadas, debulhando o centro das espigas, evitando-se grãos desuniformes da ponta e da base, homogeneizadas e peneiradas.

5.7 Análise de Qualidade

5.7.1 Teor de Umidade

O teor de umidade foi feito em todos os tratamentos seguindo a metodologia descrita pela Regra Análise de Sementes (BRASIL, 2009) pelo método da estufa a $105\pm 3^{\circ}\text{C}$, por 24 horas e foram utilizados 4 (quatro) repetições e os resultados expressos em porcentagem (base úmida); de acordo com a equação 14.

$$\%BU = \frac{PU - PS}{PU - PL} * 100 \quad (14)$$

Onde:

BU = Base úmida %

PU = Peso da amostra úmida(g) + Peso da lata(g)

PS = Peso da amostra seco(g) + Peso da lata(g)

PL = Peso da lata(g)

5.7.2 Peso Hectolítrico

Foi determinado em balança hectolétrica com capacidade de um quarto de litro de sementes para todos os tratamentos com 3 repetições todos os descritos na Regra de Análise de Sementes (Brasil, 2009) a partir da equação 15.

$$PH = \frac{PBH * 100}{VB} \quad (15)$$

Onde:

PH = Peso Hectolétrico

PBH = Peso obtido na balança hectolétrica (g)

VB = Volume da Balança (250 ml)

5.7.3 Peso de Mil Grãos

Foi determinado para todos os tratamentos com oito repetições de 100 sementes cada em seguida os grãos de cada repetição são pesados com o número de casas decimais e a partir daí calcula-se: a variância, o desvio padrão e o coeficiente de variação (não exceder 4%) dos valores obtidos das pesagens. O resultado da determinação é calculado multiplicando-se por 10 o peso médio obtido das repetições de 100 sementes. O método descrito é determinado pela Regra de Análise de Sementes (BRASIL, 2009) e é discriminado pelas equações 16, 17, 18, 19.

$$S^2 = \frac{(\sum x_i - \bar{x})^2}{(n-1)} \quad (16)$$

$$S = \sqrt{S^2} \quad (17)$$

$$CV = \frac{S}{\bar{X}} \quad (18)$$

$$Mmg = x_i * 10 \quad (19)$$

Onde:

Σ = Somatório

n = n° de repetições

x_i = peso de cada amostra (g)

\bar{x} = peso médio das amostras (g)

CV = coeficiente de variação (%)

Mmg = Média da massa de mil grãos (g)

5.7.4 Peso da Matéria Seca dos Grãos

Para avaliação da perda de matéria seca dos grãos se faz necessário o conhecimento da metodologia descrita pela Regra para Análises de Sementes (BRASIL, 2009). A perda de matéria seca será calculada pela equação 20:

$$PMS = \left[1 - \left(\frac{\%BU}{100} \right) \right] * Mmg \quad (20)$$

Onde:

PMS: Perda de Matéria Seca (g)

%BU: Teor de água da amostra (%)

Mmg: Massa de mil grãos (g)

E a porcentagem da perda da matéria seca é dada pela equação 21.

$$\%PMS = \frac{(\text{Matéria seca}_{\text{antes}} - \text{Matéria seca}_{\text{depois}})}{\text{Matéria seca}_{\text{antes}}} * 100 \quad (21)$$

5.8 Caracterização do Material Experimental

5.8.1. População inicial e final de plantas

Foi realizada a avaliação da população inicial de plantas de milho, utilizando-se duas linhas de 40 metros de comprimento por sub-parcela, 20 dias após a semeadura. A população final de plantas de milho foi determinada no mesmo local da população inicial, contando-se as plantas existentes nesta mesma área no momento da colheita.

5.8.2. Índice de sobrevivência das plantas

O cálculo para determinar o índice de sobrevivência foi feito através do número final dividido pelo número inicial de plantas, determinado no estande inicial e final de plantas.

5.8.3. Altura de plantas e inserção de espigas e diâmetro do colmo

A altura das plantas foi determinada com uma régua medindo-se a distância vertical entre o solo e a inserção da folha bandeira. A altura de inserção da primeira espiga foi determinada medindo-se, com a mesma régua, a distância vertical entre o solo e o nó onde estava inserida a base da primeira espiga. O diâmetro do colmo foi determinado aproximadamente a 0,1m acima do solo, sendo medido sempre o maior diâmetro encontrado em todas as plantas. Essas três medições foram tomadas de 10 plantas consecutivas na mesma linha no interior de cada sub-parcela, sendo deixadas três fileiras de cada lado e no mínimo cinco metros no sentido do comprimento da parcela, considerados como bordadura.

5.8.4. Comprimento e diâmetro de espigas e número de fileiras de grãos

O diâmetro de espigas foi determinado com o uso de um paquímetro. O número de fileiras de grãos por espiga foi determinado através de uma simples contagem. Para determinar o comprimento, as espigas foram colocadas em uma superfície plana e em cada extremidade da espiga foi encostado um pedaço de madeira com dimensões de 0,05 x

0,05 x 0,15 m, sendo assim, a distância entre os dois pedaços de madeira tomada como sendo o comprimento da espiga. Esse método foi adotado em função de que as extremidades das espigas não apresentam formato regular, principalmente a ponta que apresenta formato cônico.

5.8.5. Produtividade de grãos

Para determinar a produtividade foram colhidas manualmente as espigas de todas as plantas presentes em um espaço das duas linhas centrais de cada sub-parcela. Essas espigas foram debulhadas por uma debulhadora estacionária de grãos, sendo em seguida determinado o peso de cada parcela através de uma balança. Após a pesagem foi tomada uma amostra de cada sub-parcela e levadas ao laboratório para determinação da umidade da massa de grãos. As amostras foram pesadas e colocadas na estufa por 24 horas a 105°C, sendo pesadas novamente para obtenção da produtividade de grãos corrigida para 13% de umidade.

5.9 Análise estatística dos dados

Os resultados obtidos através da secagem foram submetidos à análise de variância. Quando o teste F mostrou-se significativo a 5% de probabilidade foi aplicado o teste de Tukey para comparação entre as médias a 5% de probabilidade. E os resultados da análise de qualidade foram transformados em $\sqrt{x + 1}$ porém são apresentados na tabela são os dados originais. O método de Regressão Linear Múltipla foi utilizado para analisar a correlação existente entre a perda de matéria seca (variável dependente y) com os elementos meteorológicos insolação, pluviometria, velocidade do vento e temperatura (variáveis independentes x).

Foi determinado o Coeficiente de Correlação Linear (r), para saber se as variáveis meteorológicas estão significadamente correlacionadas com a perda de matéria seca, ou seja, se é fraca ou forte, e o Coeficiente de Regressão (R²), para determinar o grau de explicação que as variáveis meteorológicas explicam a perda em questão, caso essa relação exista. Por fim, utilizou-se o método de regressão múltipla (“*enter*”), para avaliar a contribuição pura de cada elemento meteorológico no modelo que mais contribuam sobre a perda de matéria seca.

Os dados meteorológicos (Insolação, Pluviometria, Velocidade do Vento, Temperatura) foram obtidos na Estação Agrometeorológica da Fazenda Lageado sob os cuidados do Departamento de Ciências Ambientais da Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu.

Nos modelos de regressão linear simples, se estuda a relação de dependência de apenas um par de variáveis, quando se pretende explicar a variação de uma dada variável dependente através de uma ou mais variáveis independentes usa-se a regressão linear múltipla.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Caracterização do campo de produção de grãos

Os dados de agroclimatológico foram coletados a partir do momento da semeadura, 21/11/2011 até o dia 30/06/2012 quando se finalizou o monitoramento. O total acumulado nesse período foi de 904 mm na precipitação, umidade relativa (%) de 78% de média e uma temperatura média de 22,05°C. A Figura 2 mostra a distribuição de chuvas, temperatura (°C) e umidade relativa (%) nesse período.

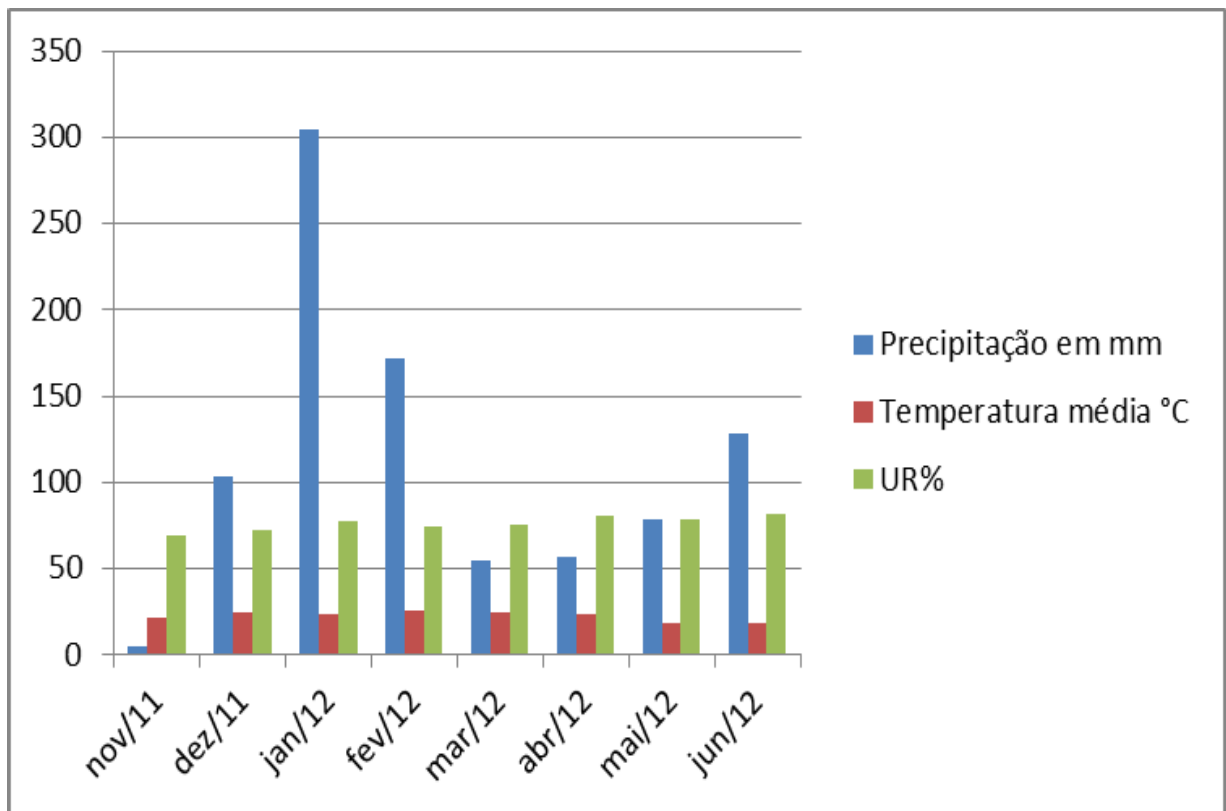


Figura 2: Climatologia total mensal no período em que foi conduzido o experimento.

Conforme os dados de precipitação da Figura 2 é possível observar que não houve déficit hídrico durante as fases de desenvolvimento da cultura. A literatura tem mostrado que a cultura do milho exige em média entre 350 e 500 mm de precipitação para que produza satisfatoriamente (FANCELLI, 2000), sem a necessidade de irrigação. Entretanto, os máximos rendimentos de grãos são observados quando o consumo de água durante todo o ciclo está entre 500 e 800 mm (FANCELLI, 2000), dados esses que se confirmaram com os resultados acima.

Os dados de temperatura do ar, fator que intervém em quase todas as funções da planta (FORNASIERI, 1992), também foram adequados para o desenvolvimento

da cultura, haja vista que o milho produz melhor em temperaturas moderadas (DIDONET et al., 2002), e que a variação constatada durante todo o período esteve entre 12,1 e 37,02 °C.

Fornasieri (1992) afirma que elevada umidade relativa do ar (acima de 60%), amplitudes térmicas em torno de 17°C e 18°C e disponibilidade de água e nutrientes são fatores positivamente correlacionados com a produção final por estarem associados à intensa atividade fotossintética, necessária para suprir a formação das estruturas reprodutivas femininas: pedúnculo, sabugo, palha e grãos em formação. Embora o milho responda à interação dos diversos fatores climáticos, os de maior influência sobre a cultura são a radiação solar, a precipitação e a temperatura (LANDAU; SANS; SANTANA, 2008). Valores similares foram encontrados no presente estudo.

A produtividade obtida foi de 8871 kg ha⁻¹, que é diretamente proporcional à população final de 66540 plantas. Os resultados encontrados foram muito próximos aos obtidos por RICHETTI (2011), que encontrou em 64265 plantas com uma produtividade de 9284 kg ha⁻¹.

6.2 Caracterização dos tratamentos de secagem

A Tabela 4 apresenta para cada sistema de secagem estudado, o teor de água, o tempo de secagem, as temperaturas do ar ambiente, do ar de secagem e do grão, além da umidade relativa do ambiente.

Tabela 4: Valores médios do teor de água, do tempo de secagem, das temperaturas do ar ambiente, do ar de secagem e do grão, além da umidade relativa do ambiente obtida durante os processos de secagem.

Tratamento	Teor de água (%)		Tempo de Secagem em (h)	Ambiente de secagem		Ar de secagem (°C)	
	Inicial	Final		UR%	T°C	Plenum	Massa do grão
À sombra	19,07	11,49	264	71,40	19,79	∅	∅
Alta °C	26,26	11,04	10	80,08	24,03	58,13	41,97
Ar natural	19,27	11,82	144	68,12	24,25	24,83	23,41
Planta	18,54	11,75	1512	79,7	18,4	∅	∅

Verifica-se, pela análise da Tabela 4, que, para os tratamentos envolvendo secagem à sombra, com ar natural e na planta, procurou-se trabalhar com teor de água inicial nos grãos entre 18 e 20%, conforme recomendação para os sistemas que empregam a secagem com ar à temperatura ambiente. Para a secagem em alta temperatura, em função da maior velocidade do processo, pôde-se antecipar a colheita iniciando-se a secagem quando os grãos atingiram teor de água inicial próximo de 25%, aproximando-se, também, do procedimento padrão de secagem de milho em altas temperaturas. Para todos os tratamentos, buscou-se encerrar a secagem quando o teor de água final atingiu cerca de 12%.

Analisando-se, ainda pela Tabela 4, os tempos de secagem obtidos, observa-se um período relativamente longo para os tratamentos que utilizaram ar ambiente sem convecção forçada, os quais perfizeram tempos de 11 e 63 dias, respectivamente, para secagem à sombra e na planta. Biaggioni (1994), também trabalhando com secagem de milho na planta na região de Botucatu, precisou de apenas 31 dias para reduzir a umidade de 22% para 13,5%. A diferença de pouco mais de 1 mês entre estes dois trabalhos de secagem na planta pode ser explicada, principalmente, pelas condições do clima de cada época, já que, numa secagem no campo o grão fica sujeito, durante todo o período, às variações de temperatura e umidade relativa do ambiente. Enquanto em Biaggioni (1994) a umidade relativa média registrou 69% com 18 mm em média de precipitação, no presente trabalho, estes valores atingiram 79,7% e 200 mm, aproximadamente.

A secagem com ar natural com temperatura próxima ao ambiente, embora também constituindo-se num sistema que depende do potencial de secagem do ar ambiente, proporcionou um tempo de secagem bem inferior em relação à secagem na planta e à sombra, finalizando após 6 dias de operação. Este tempo ficou muito próximo daquele obtido por Oliva (2010) que, secando crambe (*Crambe abyssinica*) no mesmo secador precisou de, apenas, 5 dias de secagem. Embora a secagem do milho com ar natural tenha se iniciado na mesma época da secagem à sombra e na planta, a maior rapidez do primeiro pode ser explicada, principalmente, pelo uso da ventilação forçada, permitindo um maior número de ciclos de troca de calor e massa num mesmo período de tempo.

A Tabela 4 mostra, ainda, o tempo de secagem de apenas 10 horas exigido pelo sistema de secagem em alta temperatura. Este valor ficou um pouco acima daquele obtido por Oliva (2010) que, secando sementes de crambe no mesmo protótipo, demandou 6,6 horas. Embora, no presente estudo, tenha-se trabalhado com temperaturas de secagem mais altas, chegando a atingir 63°C no ar e 58°C na massa de grãos, o maior tempo

registrado pode ser explicado pela maior quantidade de água removida em relação ao crambe, que iniciou a secagem com umidade inicial de 16%.

6.3 Avaliação da qualidade dos grãos durante a secagem

Os resultados dos testes de qualidade aplicados aos grãos de milho submetidos à secagem na sombra, com ar natural, em alta temperatura e na planta são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5: Resultado do teste de Tukey para os valores médios obtidos nas análises de Perda de Matéria Seca (PMS), Perda de Peso de Mil Grãos (PPMG) e Peso Hectolítrico (PH), segundo os diferentes sistemas de secagem.

	PMS%	Intervalo		PPMG%	Intervalo		PH	Intervalo	
		Confiança 95%			Confiança 95%			Confiança 95%	
		maior	menor		maior	menor		maior	menor
À sombra	2,61 a	1,23	2,42	9,27 a	2,72	3,44	5,72 b	2,50	2,68
Ar natural	2,16 a	1,44	2,08	9,15 a	2,86	3,49	6,21 b	2,53	2,83
Alta °C	7,81 b	2,36	3,50	9,59 ab	2,90	3,58	14,10 c	3,68	4,08
Planta	10,40 b	2,84	3,85	13,12 b	3,38	4,11	4,24 a	2,00	2,56
CV%	33,21			11,98			22,14		

Analisando-se os dados de variação de matéria seca, verifica-se uma perda proporcionada por todos os sistemas investigados, embora apenas o tratamento “secagem na planta” tenha registrado uma perda significativa, de 10,40%. Tal variação, bem superior àquela detectada nos demais tratamentos, pôde ser atribuída ao excessivo tempo de permanência do grão no campo, expondo-se às intempéries e à ação de pragas e microrganismos, desencadeando-se, possivelmente, reações deteriorativas que refletiram na perda de matéria seca.

Embora, entre os demais tratamentos não se tenha detectado diferenças significativas na variação de matéria seca, observa-se uma tendência de menor deterioração para os tratamentos que empregaram ar de secagem à temperatura ambiente,

cujos valores de perda de matéria seca não chegaram a atingir a metade do valor registrado pelo tratamento que empregou alta temperatura.

Tal desempenho entre os tratamentos de secagem estudados pode ser confirmado, também, pelos dados de Perda de Peso de Mil Grãos (PPMG), conforme apresentado na Tabela 5. Verifica-se uma perda elevada e significativa no peso de mil grãos secos na planta, qualificando este tratamento como o de menos favorecido desempenho também. A análise de PPMG também não apontou diferenças significativas para as variações entre os tratamentos “sombra” (testemunha) e “ar natural”, mas conseguiu classificar a perda ocasionada pela secagem em alta temperatura num extrato intermediário, no qual, embora fosse estatisticamente igual aos tratamentos de secagem sem aquecimento, também não diferiu estatisticamente da perda originada durante a secagem na planta.

Os resultados encontrados até aqui corroboram aqueles descritos por Eichelberger e Portella (2003), Ferrari Filho (2010), Elias (2009) e Torres (et al., 2010) que, também, apontaram para a maior perda de peso de mil grãos quando se secou em temperaturas elevadas ou quando a colheita foi retardada. A secagem em alta temperatura promove um aumento na taxa de secagem, não permitindo a equalização na distribuição da umidade no interior do grão durante o processo. Como resultado, criam-se tensões internas no grão e o surgimento de trincas.

Corroborando Eichelberger e Portella (2003), o surgimento de trincas durante a secagem em alta temperatura também pode ter sido a causa do menor peso hectolítrico constatado no tratamento “alta temperatura”. Embora, no presente trabalho, não se tenha analisado a porcentagem de trincas segundo os tratamentos de secagem testados, realizou-se uma avaliação visual, em diafanoscópio, de algumas amostras de grãos secos nos tratamentos em alta temperatura e à sombra (testemunha). Apesar de não quantificado, o número de grãos trincados presentes no tratamento “alta temperatura” era sensivelmente maior que a testemunha.

Ainda pela análise da Tabela 5, verifica-se um Peso Hectolítrico (PH) de apenas 69,49 kg L⁻¹ no milho seco em alta temperatura, enquanto os demais tratamentos registraram PH em torno de 74 kg L⁻¹. Diferentemente do resultado estatístico sinalizado pelas análises PMS e PPMG, o PH indicou a secagem na planta como tratamento com melhor desempenho, seguido pelos tratamentos “à sombra” e “ar natural” (sem diferenças significativas). Este comportamento pode ser explicado pelo fato de, a respeito de se ter trabalhado a homogeneidade das amostras antes das análises, possivelmente, os grãos

oriundos da planta seriam maiores que os grãos que compunham as amostras secas à sombra e com ar natural.

Ainda em relação ao peso hectolítrico, verifica-se, na literatura científica, um comportamento variável deste índice quando utilizado para diferenciar desempenho de sistemas de secagem. Assim que De Castro et al (2009), trabalhando com híbridos de milho secos com ar à temperatura ambiente, encontraram, confirmando o que foi obtido neste trabalho, valores de PH muito próximos entre os sistemas de secagem com ar natural e na planta. Já Elias et al (2009) encontraram redução no PH de trigo em decorrência do atraso na colheita. Sendo o PH um índice que representa o peso volumétrico e, portanto, muito influenciado pelo tamanho e forma dos grãos que compõem a amostra, vale destacar que os resultados encontrados em diferentes pesquisas, muitas vezes contraditórios, podem estar relacionados a diferenças nas amostras (teor de água e posição do grão na espiga, principalmente).

Considerando que todo o milho utilizado no experimento era proveniente de um único campo de produção, homogêneo, pode-se deduzir que a variabilidade detectada entre as amostras iniciais foi devida, possivelmente, a uma variabilidade inerente às amostras. Tais variações, entretanto, já eram esperadas, pois foram muito influenciadas pelas perdas de água ocorridas durante o processo de secagem e não necessariamente por uma perda exclusiva de qualidade ocasionada por deterioração, acontecimento similar com Battisti (2011). Já no caso da variável perda de matéria seca, na qual se encontra expurgada a variação de peso devido à remoção de água durante a secagem, verificou-se, quebra técnica significativa em todos os tratamentos de secagem, sugerindo um efeito imediato da operação de secagem sobre a qualidade dos grãos.

6.4 Ajuste do modelo de regressão para perda de matéria seca durante a secagem na planta

O teor de água constitui-se no fator mais importante que atua no processo de deterioração dos grãos. A redução do tempo em que permanecem úmidos, isto é, secando-os rapidamente e mantendo-os em níveis baixos umidade obtêm-se diminuições no ataque de microrganismos e, principalmente, na taxa de respiração dos grãos, com consequente redução da perda de matéria seca.

A taxa de secagem na velocidade em que ocorre a secagem de grãos úmidos na planta, após atingirem o ponto de maturidade fisiológica, sofre influência das

condições climáticas da região, portanto, para iniciar o ajuste de um modelo para estimar a perda de matéria seca dos grãos que sofreram secagem natural, foi analisada a relação existente entre a taxa de secagem (T.S) e as variáveis climáticas: temperatura, umidade relativa, velocidade do vento, insolação e precipitação. Na secagem natural a taxa de secagem pode ser explicada pela equação 22.

$$TS = \frac{[PMG(\%bu_{inicial} - \%bu_{final})]}{[700 - (7 * \%bu_{final})]} \quad (22)$$

Onde:

TS: taxa de secagem (g H₂O dia⁻¹)

PMG: peso de mil grãos (g)

%bu: umidade dos grãos (%)

A matriz de correlação entre as variáveis na correlação de Pearson é apresentada na Tabela 6.

Tabela 6: Matriz de correlação entre as variáveis climáticas e taxa de secagem dos grãos na planta na safra verão 2012.

	T. S.	Temperatura	UR	Vel. Vento	Insolação	Precipitação
T.S.	1					
Temperatura	0,881**	1				
UR	-0,746**	-0,744**	1			
Vel. Vento	0,364 ^{ns}	0,331 ^{ns}	-0,591*	1		
Insolação	0,607*	0,613*	-0,899**	0,673 ^{ns}	1	
Precipitação	-0,412 ^{ns}	-0,315 ^{ns}	0,643**	-0,553 ^{ns}	-0,757**	1

* Significativo a 1%
**Significativo a 5%

Pôde-se verificar, pela análise da Tabela 6, que existe relação significativa entre a taxa de secagem e as variáveis climáticas. Então, procurou-se ajustar um modelo de regressão que pudesse explicar a variação da taxa de secagem em função das variáveis climáticas.

O programa gerou um resultado para regressão múltipla que proporcionou um R² igual a 0,812. Segundo Kennedy (2008), o coeficiente de determinação representa a proporção da variação da variável dependente que é explicada pela variação da

variável independente. O R^2 exercerá esse papel de modo significativo no caso de relações lineares estimadas pelo método dos mínimos quadrados ordinários, porém, se faz necessário observar e interpretar os coeficientes de t e p-valor que permite ou não a exclusão de variáveis e observa-se, na tabela 7, que apresenta a significância dos valores, que apenas a variável temperatura foi significativa pelo teste t.

Tabela 7: Tabela de significância das variáveis climáticas, obtidas por meio da regressão linear múltipla.

Variáveis Climáticas	t	p-valor
Temperatura	3,511	0,006
Umidade Relativa	-0,831	0,426
Velocidade do vento	0,136	0,895
Insolação	-0,771	0,458
Precipitação	-0,830	0,426

Assim, foram excluídas as variáveis: umidade relativa, velocidade do vento, insolação e precipitação. Lopes et al (2005) estudando o controle estatístico do processo na secagem de cerâmicas verificaram que houve correlação forte e positiva entre produção e temperatura, e correlação forte e negativa entre produção e umidade relativa do ar e verificaram que existe correlação significativa somente entre algumas das variáveis em relação à produção e através do teste t, verificou-se que as variáveis umidade relativa do ar, chuva acumulada e insolação não eram significativas para o seu modelo e que somente a variável temperatura foi significativa. As variáveis temperatura e umidade relativa do ar apresentaram multicolineariedade, ou seja, uma anula o efeito da outra no modelo, portanto, isto justifica o uso somente da variável temperatura no seu novo ajuste.

Assim, para encontrar o melhor ajuste para o modelo e gerou uma equação 23, utilizou-se somente a variável temperatura para explicar a variação da taxa de secagem e nesta análise obteve-se um R^2 de 0,777. Na Tabela 8, são encontrados os coeficientes para o modelo obtido com apenas uma variável (temperatura).

Tabela 8: Coeficientes do modelo da regressão ajustada que estima a taxa de secagem de milho na planta em função da temperatura, durante a safra verão 2012.

	Coeficientes					
	β	t	Sig.	R	R ²	R ² ajustado
Constante	-6,911	-5,552	0,00	0,881	0,777	0,761
Temperatura	0,414	6,983	0,00			

Pela Tabela 8 é possível formular a equação a partir dos coeficientes

Onde:

- Y= taxa de secagem
- β_0 = constante
- β_1 = constante da variável
- X_1 = temperatura

$$Y = -6,911 + 0,414X_1 \quad (23)$$

Além da rapidez com que o grão perde água no campo, o tempo que decorre desde a maturidade fisiológica até a colheita também interfere na quantidade de matéria seca perdida pelo grão, assim quanto mais baixo for seu teor de água na colheita (teor de água final), em função da maior exposição às intempéries, maiores serão as perdas de matéria seca. Por outro lado, quanto mais prematuramente o grão é retirado do campo (teor de água final mais alto), menores serão as perdas.

A partir de parâmetros que contemplassem não só os efeitos do clima da região, mas, também, a influência do manejo adotado no processo de secagem na planta, procurou-se ajustar um segundo modelo para estimar a perda de matéria seca (PMS) em função da taxa de secagem (TS) e da umidade final dos grãos e, por isso, foi feita nova correlação entre as variáveis precipitação – Precip; umidade relativa – UR; velocidade do vento - vel. vento e insolação, excluindo a temperatura e introduzindo a taxa de secagem.

A matriz de correlação entre as variáveis na correlação de Pearson é apresentada na Tabela 9.

Tabela 9: Matriz de correlação da perda matéria seca, com todas as variáveis climáticas (menos temperatura) para a secagem de milho na planta na safra verão 2012.

	%PMS	TS	Umidade	Precip	UR	Vel. vento	Insolação
%PMS	1						
TS	-0,510	1					
Umidade	-0,970**	0,555	1				
Precip	0,655	-0,212	-0,559	1			
UR	0,737*	0,773*	-0,671	0,672	1		
Vel. vento	-0,730*	0,760*	0,781*	-0,582	-0,817*	1	
Insolação	-0,645	0,625	0,568	-0,777*	0,956**	0,752*	1

* Significativo a 1%

**Significativo a 5%

Pode-se verificar pela análise da Tabela 9 que existe relação significativas entre a perda de matéria seca, com as variáveis intrínsecas (umidade dos grãos e taxa de secagem) e as variáveis externas (climáticas), assim procurou-se ajustar um modelo de regressão que pudesse explicar a variação da perda de matéria seca em função destas variáveis internas e externas. O resumo dos dados da regressão está apresentado na Tabela 10.

Tabela 10: Coeficientes do modelo da regressão ajustada para a perda de matéria seca de milho na planta incluindo todas as variáveis climáticas (exceto temperatura da safra verão 2012).

Variáveis	R ²	R ² - ajustado	β	t	p-valor	VIF
TS			0,449	0,758	0,698	2,907
Umidade			-1,284	-11,451	0,000	1,969
Precip			0,007	0,079	0,942	6,178
UR	0,989	0,974	0,303	2,024	0,136	4,904
Vel. vento			2,667	2,156	0,12	13,558
Insolação			0,408	0,901	0,434	32,805

Entretanto, é importante destacar que somente esta análise não é suficiente para corroborar o modelo que está na Tabela de 10 onde é apresentado um breve resumo da regressão e nota-se que possui um $R^2 = 0,989$ que pode ser considerado alto, pois 98,9% da perda de matéria seca pode ser explicada pelas variáveis internas e externas. O teste-t mostrou significativo para as variáveis: TS, umidade colheita, UR, velocidade do vento e insolação.

Porém o resultado do VIF (*variance inflation factor*) quantifica a gravidade da multicolineariedade na análise de regressão múltipla. Uma das consequências da multicolineariedade segundo Gujarati (2006), é que, quando acontece, há uma relação perfeita entre as variáveis explanatórias de um modelo de regressão. Contudo, atualmente, o termo multicolineariedade é usado em um sentido mais amplo, onde as variáveis não estão intercorrelacionadas perfeitamente. Sendo assim, em casos de alta colinearidade, é muito provável que se depare com as seguintes consequências:

- A medida geral de qualidade do ajustamento, R^2 , pode ser muito alto;
- Os estimadores de MQO e seus erros-padrão podem ser sensíveis a pequenas alterações nos dados.

Segundo Ferreira (1999), uma colinearidade significativa está presente no modelo se o índice VIF é maior do que 5. Se a condição for maior do que 10, então a colinearidade presente no modelo é severa (O Valor de VIF que o SPSS gera também é um bom indicador de colinearidade valores superiores a 5 dão esse indicador). Tendo em vista o valor de colinearidade encontrado, chegou-se a conclusão que algumas variáveis deveriam ser excluídas do modelo e também o modelo deveria ser refeito para que o mesmo pudesse ser validado.

Assim sendo, foi feita uma nova regressão que eliminasse os efeitos da multicolineariedade e satisfizesse um modelo que pudesse explicar a perda de matéria seca acumulada em função da umidade, umidade relativa e da taxa de secagem. O resumo dos dados da regressão está apresentado na Tabela 11.

Tabela 61: Resumo da regressão com os seus coeficientes e os valores do teste t, p-valor e VIF.

Coeficientes						
Variáveis	R ²	R ² - ajustado	β	t	p-valor	VIF
Constante ⁽⁰⁾			14,437 ⁽⁰⁾	2,707	0,042	∅
TS ⁽¹⁾	0,983	0,973	1,471 ⁽¹⁾	2,123	0,086	2,695
Umidade ⁽²⁾			-1,22 ⁽²⁾	-14,741	0,000	1,194
UR ⁽³⁾			0,107 ⁽³⁾	2,019	0,10	3,003

Tendo o seguinte modelo que está na equação 24:

- Y = Porcentagem perda acumulada de matéria seca
- β₀= constante
- β₁= coeficiente da primeira variável X₁
- β₂= coeficiente da segunda variável X₂
- β₃= coeficiente da terceira variável X₃
- X₁= variável: taxa de secagem
- X₂= variável: umidade do grão, na colheita
- X₃= variável: umidade relativa %

$$Y=14,437+1,471X_1-1,22X_2+0,107X_3 \quad (24)$$

Com o objetivo de avaliar o desempenho do modelo ajustado, realizou-se uma simulação, a partir dos dados experimentais, e os resultados calculados foram comparados com os resultados reais, determinando-se o desvio percentual médio que foi calculado conforme a Equação 25.

$$P = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|\Delta P_{\text{exp}} - \Delta P_{\text{calc}}|}{\Delta P_{\text{exp}}} \quad (25)$$

Onde:

P - desvio percentual médio, %;

n - quantidade de dados experimentais;

ΔP_{exp} - valores de perda matéria seca obtidos experimentalmente

ΔP_{calc} - valores de perda matéria seca preditos pelo modelo

O resultado da comparação entre as curvas de perda de matéria seca real e calculada é apresentado na Figura 5. O desvio percentual médio obtido foi de 12% enquanto o desvio máximo chegou a atingir 25%, não mostrando um bom ajuste aos dados experimentais. Observa-se, ainda pela análise da Figura, a tendência do modelo em superestimar a perda de matéria seca durante, praticamente, todo o período monitorado. Tal comportamento pode ser explicado pelo pequeno número de amostras com que se trabalhou, restringindo-se a apenas uma safra, não se obtendo, portanto, uma representatividade adequada para o bom ajuste da regressão.

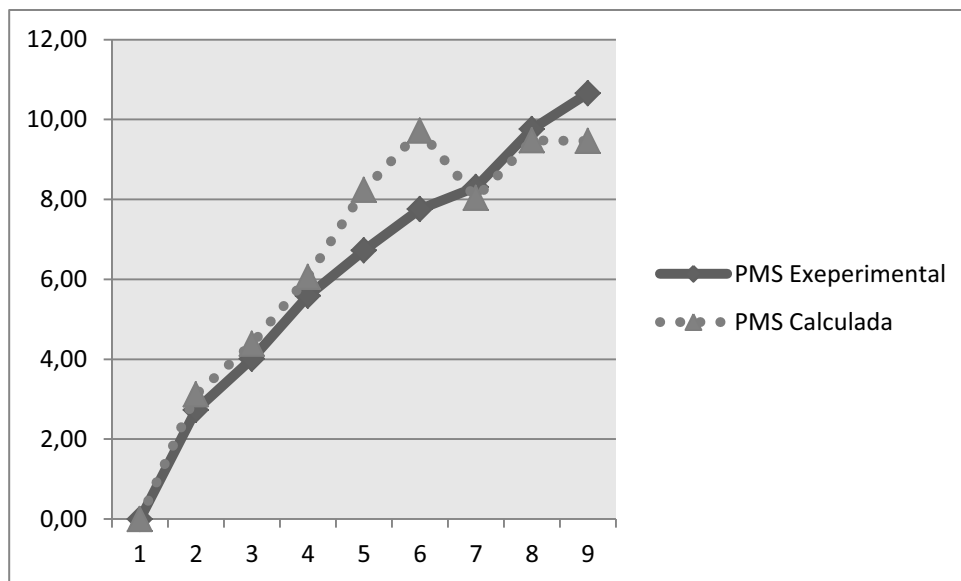


Figura 3: Comparação entre as curvas de Perda de Matéria Seca (PMS), experimental e calculada, no ano agrícola de 2011/2012, no município de Botucatu.

7 CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos nos testes experimentais e nos fornecidos pelo modelo ajustado, puderam-se obter as seguintes conclusões:

- o sistema de secagem na planta proporcionou, em função do excesso de tempo de permanência do milho no campo, a maior perda de matéria seca e perda de peso de mil grãos;

- o sistema de secagem em alta temperatura causou em função do elevado número de grãos trincados gerado, a maior redução no peso hectolítrico;

- o modelo ajustado para estimar a perda de matéria seca dos grãos durante a secagem na planta, para as condições de Botucatu-SP, no ano agrícola 2011/2012, apresentou um R² de 98,3% e revelou desvio médio de 12%, apresentando tendência para superestimar a perda de matéria seca.

- o ajuste obtido nesta pesquisa sugere considerar, em trabalhos futuros que busquem modelos que estimem a perda de matéria seca durante a secagem na planta, a formação de um banco de dados mais amplo, com monitoramentos conduzidos durante várias safras e com diferentes híbridos.

8 BIBLIOGRAFIA

- AFONSO JÚNIOR, P.C.; OLIVEIRA FILHO, D. Estudo da viabilidade econômica de produção de lenha de eucalipto (*Eucalyptus* sp.) em área de lavoura para secagem de produtos agrícolas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27., 2001, Poços de Caldas. **Anais...** Lavras: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2001. p.354-6.
- ALFONSI, R.R. **Épocas de semeadura para a cultura do milho (*Zea mays* L.) no Estado de São Paulo, baseadas na probabilidade do atendimento hídrico em fases fenológicas críticas.** Piracicaba, 1996. 141p. Tese de Doutorado. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - Universidade de São Paulo, 1996.
- ALVES, W. M. et. al. Qualidade dos grãos de milho em função da umidade de colheita e da temperatura de secagem. Campina Grande: **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, 2001.
- ALVES, W. M. et. al. Influência dos teores de umidade de colheita na qualidade do milho durante o armazenamento. Vol.26, ano 2, Viçosa: **Revista Brasileira de Armazenamento**, 2001.
- AMARAL, D.; DALPASQUALE, V.A. Custos de secagem de sementes de milho (*Zea mays* L.) em espigas usando simulação matemática. Jaboticabal, **Engenharia Agrícola**, 2000, 20(1): 56.
- AOSANI, E. **Temperatura de secagem estacionária e de armazenamento na qualidade de grãos de soja [*Glycine max* (L.) Merrill].** - Pelotas, 2007.100p. Dissertação (Mestrado, Universidade Federal Pelotas,2007.
- BARBANO, M.T., DUARTE, A.P., BRUNINI, O. et al. Acúmulo térmico e duração do sub-período semeadura florescimento masculino em cultivares de milho no estado de São Paulo. In: **CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO**, 23., 2000, Uberlândia. **Resumos...**Uberlândia, 2000. p.32.
- BATTISTI, R.; SOMAVILLA, L.; BUSANELLO, C.; SCHWERZ, L. Eficiência do uso da massa hectolétrica como teste rápido do vigor de sementes de trigo; **Revista da FZVA**. Uruguaiana, v.18, n. 1, p. 125-135. 2011.
- BERGAMASCHI, H. et al. Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v. 39, n. 9, p. 831-839, set. 2004.
- BIAGGIONI, M.A.M. **Análise da secagem de grãos de milho com ar em temperatura próxima a ambiente, para as condições climáticas de Botucatu-SP.** 1994. 62f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) –Universidade Federal de Viçosa, UFV, Viçosa, 1994.
- BIHAIN,A.L.J. **Modelagem matemática da influencia da umidade do ar, sobre a dinâmica de secagem de grãos de soja em camada fina.** 2011.118f.Dissertação (mestrado em Modelagem Matemática) Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí. 2011.
- BORBA, C.S.; ANDRADE, R.V.; OLIVEIRA,A.C. Maturidade fisiológica de sementes de híbrido simples BR 203 de milho (*Zea mays*, L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.16, n.1, p.63-67, 1994.

BORGHI, E.; MOBRICCI, C.; PULZ, A. L.; ONO, E. O.; CRUSCIOL, C. A. C. Crescimento de *Brachiaria brizantha* em cultivo consorciado com milho em sistema de plantio direto. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 29, n. 1, p. 91-98, 2007.

BRANDALIZZE, V. **Mercado de milho: realidade e perspectivas**. In: FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. (Ed.). Milho: manejo e produtividade. Piracicaba, SP/ESALQ/LPV, 2009. p.1-12.

BRASIL. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA, 2009. 365p.

BROOKER, D. B.; BAKKER-ARKEMA, F. W.; HALL, C.W. **Drying and storage of grains and oilseeds**. New York: Van N. Reinold, 1992. 450 p.

BROOKING, I.R. Maize ear moisture during grain filling, and its relation to physiological maturity and grain-drying. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.23, n.1, p.55-68, 1990.

BRUNINI, O.; JÚNIOR, J. Z.; PINTO, H. S.; ASSAD, E.; SAWAZAKI, E.; DUARTE, A., P.; 1 e Maria Elisa Z. PATTERNIANI, M. E. Z. Riscos climáticos para a cultura de milho no estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, PassoFundo, v.9, n.3, (Nº Especial: Zoneamento Agrícola), p.519-526, 2001.

CARAMBULA, M. **Producción de semillas de plantas forrajeras**. Montevideo: Hemisfério Sur, 1981. 518p.

CARNEIRO, L.M.T.A.; BIAGI, J.D.; FREITAS, J.G. de; 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.

CAVARIANI, C. **Secagem estacionária de sementes de milho com Distribuição radial do fluxo de ar**. Piracicaba, ESALQ, 1996. TESE (Doutorado), ESALQ/USP, 1996. p. 64.

CARLESSO, V. O. **Secagem e Qualidade Fisiológica de Sementes de Maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Degener)**. Campos de Goytacazes: UENF, 2005. 69f. Tese (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2005.

CARVALHO, V.D.; CHAGAS, S.J.R.; CHALFOUN, S.M.; BOTREL, N.; JUSTE JÚNIOR, E.S.G. Relação entre a composição físico-química e química do grão beneficiado e a qualidade de bebida do café. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, n. 3, p. 449-454, 1994

CONAB. **Companhia Nacional de Abastecimento**. 2012. Disponível em: <www.conab.gov.br>. Acessado em: 15 de julho de 2012

COUTO, L.;SANS, L.M.A.Requeimento de água das culturas . EMBRAPA Milho e Sorgo, Sete Lagoas –MG, **circular técnica** n. 20, p. 10, 2002

COGO, C. H. Perspectivas e tendências para o milho na região Sul e no Brasil. In: **CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO**, 19., Porto Alegre, 1992. Conferências. Porto Alegre, SAA SCT ABMS, 1992. p.71-80.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2.ed. Viçosa: UFV, 1997. 390p.

DALPASQUALE, V. A. Secagem em altas temperaturas. Viçosa, MG: **CENTREINAR**, 1984, 29 p.

DE CASTRO M. V. L. et al. Rendimento industrial e composição química de milho de alta qualidade protéica em relação a híbridos comerciais ISSN 1517-6398/ e-ISSN 1983-4063 - www.agro.ufg.br/pat - **Pesq. Agropec. Trop.**, Goiânia, v. 39, n. 3, p. 233-242, jul./set. 2009

DELIBERALI, J. et al. Efeitos de Processo de Secagem e ritmo de armazenamento na Qualidade Tecnológica de trigo .Ciênc.. **Agrotec.** [online]. 2010, vol.34, n.5, pp 1285-1292. ISSN 1413-7054.

DEVILLA, I.A.; COUTO, S.M.; QUEIROZ, D.M.; DAMASCENO, G.S.; REIS, F.P. Qualidade de grãos de milho submetidos ao processo de seca-aração. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande - PB, v.3, n.2, 1999, 211-215p

DIDONET, A. D. et al. Crescimento e desenvolvimento de milho: acúmulo de massa seca do grão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v. 36, n. 3, p. 447-456, mar. 2001.

DOUGLAS, J.S. Advanced guide to hydroponics: Soilless cultivation. 5.ed.London: **Pelham Books**, 1985. 368 p.

ELIAS, M. C. **Armazenamento e conservação de grãos, em médias e pequenas escalas. 3ª Edição. Pólo de Modernização Tecnológica em Alimentos da Região Sul**. Pelotas: Ed. UFPEL, 2002. 218 p.

ELIAS, M.C.; GUERRA, R.A.; ELIAS, S.A.A.; ANTUNES, P.L. Operações de pré-armazenamento, armazenamento e conservação de grãos. In: ELIAS, M.C.(Ed.). **Pós-colheita de arroz: secagem, armazenamento e qualidade**. Pelotas: UFPel, 2007. p.147-244.

EICHEBERGER, L.; PORTELLA, J.A. Secagem de grãos de milho em secador de leito fio: danos físicos, **PESQ. AGROP. GAÚCHA**, v. 9, n. 1-2, p. 85-91, 2003

ELIAS, M. C; OLIVEIRA, M. de. **Aspectos Tecnológicos e Legais na Formação de Auditores Técnicos do Sistema Nacional de Certificação de Unidades Armazenadoras**. Pelotas: Ed. Santa Cruz, 2009. 430 p.

ELIAS, Moacir Cardoso; LOPES, Vanessa; GUTKOSKI, Luiz Carlos; OLIVEIRA, Maurício; MAZZUTTI, Simone y GUERRA DIAS, Alvaro Renato. Umidade de colheita, métodos de secagem e tempo de armazenamento na qualidade tecnológica de grãos de trigo (cv. 'Embrapa 16'). **Ciência Rural** [en línea] 2009, vol. 39 [citado 2012-11-13]. Disponible en Internet: <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=33113635005>. ISSN 0103-8478. <Acessado em 13/11/12>

FRANCESCHINI, A. S. **Danos mecânicos, qualidade fisiológica e desenvolvimento populacional de Tribolium spp. em milho híbrido BR 201, submetido a diferentes condições de secagem**. 1997. 72 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia Tropical) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.

FANCELLI, A.L., DOURADO NETO, D. **Produção de Milho**. Guaíba, Agropecuária, 2000. p25, 345

FAO – **FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION**. Statistical Database. Disponível em: http://www.fao.org/waicent/portal/statistics_en.asp. Acessado em: 18 de maio de 2012.

FERRARI FILHO, E. **Métodos e temperaturas de secagem sobre a qualidade físico-química e microbiológica de grãos de milho no armazenamento**, 2010, 95 pág
Dissertação (Mestrado: Fitotecnia Ênfase Horticultura), UFRGS, Porto Alegre, 2010.

FERREIRA, Armando Mateus. **SPSS – Manual de utilização**. Castelo Branco: Escola Superior Agrária – Instituto politécnico de castelo Branco, 1999.

FLEURAT-LESSARD, F. Qualitative reasoning and integrated management of the quality of stored grain: a promising new approach. **Journal of Stored Products Research**, v.38, p.191-218, 2002.

FORNASIERI FILHO, D. **A cultura do milho**. Jaboticabal: Funep, 1992. 273 p.

GARCIA ET AL Embrapa Milho e Sorgo **Sistema de Produção**, 1 ISSN 1679-012X Versão Eletrônica - 7ª edição Out./2010

GARCIA, Danton Camacho; BARROS, Antonio Carlos Souza Albuquerque; Peske, Silmar Teichert e Menezes, Nilson Lemos de A Secagem de Sementes. **Cienc. Rural** [online]. 2004, vol.34, n.2, pp 603-608. ISSN 0103-8478.

GUARIENTI, E. **Qualidade industrial de trigo**. 2.ed. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1996. 36p.

GUJARATI, Damodar. **Econometria Básica**. 4ª edição. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.

GUTKOSKI, L. C.; NODARI, M. L.; JACOBSEN NETO, R. Avaliação de farinhas de trigos cultivados no Rio Grande do Sul na produção de biscoitos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, n.supl, p. 91-97, 2003

HARRINGTON, J.F. Seed storage and longevity. In: KOSLOWSKI, T.T. **Seed Biology**. New York: Academic Press, v.3, p.145-245. 1972.

HATFIELD, AL; BENOIT, GR; RAGLAND, JL (1965), o crescimento e a produção de milho. IV.: Efeitos ambientais sobre os componentes de rendimento de grãos de espigas maduras **Agronomia Journal**, Madison, 57, 293-96

IGREJA, A. C. M.; ROCHA, M. B.; TSUNECHIRO, A. Fatores de ajuste da oferta de milho safrinha em relação à oferta total de milho, de acordo com as fontes de crescimento da produção. In: **CONGRESSO NACIONAL DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL**, 43., 2005, Ribeirão Preto. Anais... Ribeirão Preto: ESALQ-USP, 2005. 1 CD-ROM

LANDAU, E.C., SANS, L.M.A. E SANTANA, D.P. **Cultivo do milho: clima e solo**. Embrapa Milho e Sorgo. Sistemas de produção 2. ISSN 1679-012X. Versão eletrônica. 4ª edição. Set/2008

LIMA, G. J. M. M. de; Milho e Subprodutos na alimentação animal. In: SIMPÓSIO SOBRE INGREDIENTES NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL, 2001, Campinas, SP. **Anais...** Campinas, SP: CBNA, 2001. p.13, 14, 15, 16, 18, 19, 24, 27 e 28.

- LORINI, I.; MIIKE, L. H.; SCUSSEL, V. M. **Armazenagem de Grãos**. Campinas: Instituto Biogeneziz, 2002. v. 1. 1000 p.
- KLAR, A. E. **A água no sistema solo-planta-atmosfera**. 2a ed. São Paulo, Nobel 1988.
- KENNEDY, Peter. A Guide to Econometrics. Massachusetts: **Blackwell Publishing**, 2008.
- Kondörfer G.H., Cabezas W.A.L. , Horowitz N. (2000) Eficiência agrônômica de fosfatos naturais estrangeiros na cultura do milho. In: II FertBio, Santa Maria. **Anais**. UFSM/SBCS. (CD-ROOM).
- KROKIDA, M. K E et.al. Drying Kinetics of some vegetables. **Journal of Food Engineering**, v. 59, n. 4, p. 391-403, 2003
- KWANSOO, K.; CHAVAS, J.P. Technological change and risk management: an application to the economics of corn production. *Agricultural Economics*, Ames, Iowa: **Blackwell Publishing**, 29 (2), p. 125-142. oct. 2003.
- MAGARI, R.; KANG, M.S.; ZHANG, Y. Sample size for evaluation field ear moisture loss rate in maize. **Maydica**, Bergamo, v.41, n.1, p.19-24, 1996.
- MARINI, L.J.; GUTKOSKI, L.C.; ELIAS, M.C.; SANTIN, J.A. Qualidade de grãos de aveia sob secagem intermitente em altas temperaturas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.5, p.1268-1273, 2007.
- MARTINS, R.R.; FRANCO; J.B.da R.; OLIVEIRA, P.A.V.de. **Tecnologia de secagem de grãos**. Passo Fundo, RS: EMATER-RS: EMBRAPA, 1999. 90p.
- MATZENAUER, R. e MACHADO, F. A. 2002. Disponibilidade hídrica para a cultura do milho em anos de Al Niño, La Niña e neutros, nas regiões climáticas do Planalto Médio e Depressão Central do Rio Grande do Sul. In: **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria – RS, v. 10, nº 1, p. 67 – 74.
- MEDEIROS, A. T. **Estimativa da evapotranspiração de referencia a partir da equação de Penman-Monteith, da medida lisimétrica de equações empíricas, em Paraipaba, CE**. Piracicaba, 2002. Tese (Doutorado em Agronomia/Irrigação e Drenagem)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.2002.
- MEDEIROS, G.A. de; ARRUDA, F.B.; SAKAI, E.; FUJIWARA, M.; BONI, N.R. Crescimento vegetativo e coeficiente de cultura do feijoeiro relacionado a graus-dia acumulados, **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v.35, n.9, p.1733-1742, 2000.
- MENEGHETTI, V. L.. **Parâmetros industriais e qualidade de consumo do arroz na secagem e no armazenamento**. Pelotas, 2008. 92p. Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade Federal de Pelotas. Pelotas. 2008.
- MILMAN, M. J. **Equipamentos para Pré-Processamento de Grãos**. Pelotas, 2002,206p.
- MORAES, M.L.B de. **Comportamento da pressão estática e da frente de secagem em uma coluna de sementes de arroz**. 2000. 50f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Sementes) Universidade Federal de Pelotas. Pelotas. 2000
- MOSCHINI, G. e HENNESSY, A. (2001): **A incerteza, a aversão ao risco e gestão de risco para produtores agrícolas**. Em Gardner, BL - Rausser, GC (ed.): Manual de

Agricultura Eco-nomics.1ª volume: Produção Agrícola. Manuais em Economia 18. Países Baixos: Elsevier Science, pp 87-144

MOTTA, W.A. **Adaptação do método contínuo de secagem para sementes de arroz**. 1997. 58f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Sementes) - UFPel

NELLIST, M.E.; HUGHES, M. Physical and biological processes in the drying of seed. **Seed Science and Technology**, v. 1, p.6 13-643, 1973.

NOLDIN, J.A.; MUNDSTOCK, C.M. Rendimento de grãos e componentes de rendimento de três cultivares de milho em duas épocas de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.23, p.615-620, 1988.

NOGUEIRA, C.W.; GONÇALVES, M.B. e NOVAES A.G. (2008) A logística humanitária e medidas de desempenho: A perspectiva da cadeia de assistência humanitária. Artigo. **Anais do XXII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes**. Novembro. Fortaleza

OLIVA, A. de , **Qualidade de sementes de crambe submetidas a métodos de secagem e períodos de armazenamento**, 2010, 78 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu

PAIVA JUNIOR, M. C. **Desempenho de cultivares para produção de milho verde em diferentes épocas e densidades de semeadura**. 1999. 66 p. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1999.

PARK, K. J.; ANTONIO, G. C.; OLIVEIRA, R. A.de; PARK, K. J. B. **Conceitos de processo e equipamentos de secagem**. 121p. 2007. Disponível em: <http://www.feagri.unicamp.br/ctea/manuais/concproceqsec_07.pdf>. Acesso em: 09 de out. 2011

PEREIRA, R.S.B. Caracteres correlacionados com a produção e suas alterações no melhoramento genético do milho (*Zeamays L.*). **Pesq. Agropec. Bras**, 26:745-751,1991

PEREIRA, J. A. M. **Aeração de Grãos: Fundamentos e Manejo**. Centro Nacional de Treinamento em Armazenagem - Cetreinar, Viçosa - MG, 1995.

PESKE, S.; BAUDET, L.L. **Beneficiamento de sementes**. In: PESKE, S. et al. Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos. Pelotas: Editora e Gráfica Universitária, 1993. 418p

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

PORTELLA José A. e MARTINS,Ricardo R. Uso de GLP na secagem de milho em secador de leito fixo. **Circular n.7** Passo Fundo: Embrapa, 2001

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília, 1985. 289p

PRACUCHO, T. T. G. M. **Análise energética e econômica da produção de milho (*Zea mays*) em sistema de plantio direto em propriedades familiares no município de**

Pratânia-SP. 2006. 105 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio De Mesquita Filho”, Botucatu. 2006.

PUZZI, D. (1986). **Abastecimento e armazenagem de grãos.** Instituto Campineiro de Engenharia Agrícola.

RAWLINGS, J. O., PANTULA, S. G. and D. A. DICKEY. 1998. **Applied regression analysis.** 2nd Ed. Spring-Verlag New York, Inc. New York, NY. 657p

REIS, L.E.M. Secagem. **Revista Trigo e Soja**, Porto Alegre, v.111, n.5, p 9-14, 1990.

RICHETTI, N.B.; **Efeito do manejo de solos nos parâmetros agronômicos e energéticos de híbridos de milho transgênicos e não transegênicos.** 2011.70p. Dissertação Universidade Estadual Paulista, Faculdade Ciências Agrônomicas, Botucatu. 2011.

ROSSI, S. J., ROA, G. Secagem e armazenamento de produtos agropecuários com uso de energia solar e ar natural. São Paulo: **ACIESP**, 1980. 295 p.;

SARTORI, M.M.P. **Otimização da produção de energia e biomassa do resíduo de colheita em variedades de cana-de-açúcar.** 2001. 121f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas – UNESP, Botucatu

SANTOS, M.L.; CARVALHO, M.P.; RAPASSI, R.M.A.; MURAISHI, C.T.; MALLER, A.; MATOS, F.A. Correlação linear e espacial entre produtividade de milho (*Zea mays* L.) e atributos físicos de um Latossolo Vermelho distroférrico sob plantio direto do cerrado brasileiro. **Acta Scientiarum**, Maringá, v.28, n.3, p.313-321, 2006.

SCHUH, G. C. **Secagem de milho colhido em espiga para seleção de plantas-mãe.** 2010. 53 pág. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia Universidade Federal do Rio Grande do Sul). Porto Alegre. 2010.

SCHUH, G. C et al Efeitos de dois métodos de secagem sobre a qualidade físico-química de grãos de milho safrinha – RS, armazenados por 6 meses Semina: **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 235-244, jan./mar. 2011

SILVA, J. S.; AFONSO, A. D. L.; GUIMARÃES, A. C. **Estudos dos métodos de Secagem.** In: Silva, J.S., Pré-processamento de Produtos Agrícolas. Juiz de Fora: Instituto Maria, 1995, p. 105-143.

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, 2008, p. 107-13.

SILVA, J.S., SABIONE, P.M., AFONSO, A.D.L., PINTO, F.A.C. Avaliação de secadores e custo de secagem de produtos agrícolas. **Engenharia na Agricultura.** Série Armazenamento, v.2, n.2, p.1-17, 1992

SILVA, M .A¹ ;FELIPINI, T. ² Volatilização da mandioca do HCN durante o processo de fenação de ramas de mandoca (*Manihot esculenta* Crantz) FAZU em **Revista, Uberaba**, n. 8, p. 147-151, 2011

SILVA, P.R.F. da; ARGENTA, G. Ecofisiologia do milho . In: PARFITT, J.M.B. (Coord.) Produção de milho e sorgo na várzea . P e l o t a s : **E m b r a p a C l i m a T e m p e r a d o** , 2007 . p . 07 - 18 .

SILVA, P.R.F. da. Crescimento e desenvolvimento. IN: I n d i c a ç õ e s T é c n i c a s p a r a a **Cultura do Milho no RS**. Porto Alegre: FEPAGRO; EMATER/RS; FECOAGRO/RS. n.7, ago., 2011 . p . 17 - 21 .

SILVA, J.S. **Secagem e armazenagem de café: tecnologias e custos**. In Viçosa: UFV – editor Juarez de Souza e Silva. 162p. 2001

SOAVE, J. , MORAES, S.A. Medidas de controle de doenças transmitidas por sementes. In: SOAVE, J., WETZEL, M.M.V.S., eds. **Patologia de sementes**. Campinas, Fundação Cargill, 1987. p. 192-259.

SOGI, D.S.; SHIVHARE, U.S.; GARG, S.K.; BAWA, A.S. Water sorption isotherm and drying characteristics of tomato seeds. **Biosystems Engineering**, v.84, n.3, Postharvest Technology. p.297-301, Índia, 2003

SOUZA E SILVA **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas** / Editor Juarez de Sousa e Silva. – Viçosa : Aprenda Fácil, 2008. Xiv,560p. : il.(algumas col.) +1 CD-ROM (4¾ pol.)

TOMMASELLI, J.T.G. , VILLA NOVA, N.A. Deficiências hídricas no solo e épocas de semeadura de milho (*Zea mays*) e seus efeitos sobre a produção em Londrina-PR. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria,2:69-75, 1994

TORRES, M.A.P, **Desempenho de diferentes métodos de secagem e seus efeitos sobre a qualidade fisiológicas de sementes de sorgo granífero**, 2010, 122f ,Dissertação em Zootecnia, Pontifícia Universidade Católica. RS, Uruguaiana. 2010.

VALENTE, D.S.M.; SOUZA, C.M.A de e QUEIROZ, D.M.de. Simulação de Secagem de Milho e Arroz em Baixas Temperaturas. In: **Congresso Brasileiro da Sociedade Brasileira de Informática Aplicada à Agropecuária e Agroindústria**, 2003, Porto Seguro. Resumos Expandidos. IV Congresso Brasileiro da Sociedade Brasileira de Informática Aplicada à Agropecuária e Agroindústria, 2003.

VILELA, F. A.; SILVA, W. R. Curvas de secagem de sementes de milho utilizando o método intermitente. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 49, n. 1, p. 45-153, 1992.

VILLELA, F. A.; SILVA, W. R. Curvas de secagem de milho utilizando o método intermitente. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 49, n. 1, p. 145-153, 1992

VITORINO, R. B.; SOUZA, C. M. A. de; QUEIROZ, D. M. de; Simulação de secagem de milho safrinha em baixas temperaturas para diferentes umidades de colheita. In: **IX Seminário nacional de milho safrinha, 2007**. Disponível em: <http://www.do.ufgd.edu.br/CristianoSouza/didatico/msafrinha07.pdf>> acesso em 15/06/2012

VON PINHO, E. V. de R. **Tecnologia e produção de sementes**. 1998. 72 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) - Curso de Especialização 53 Pós-graduação “Lato Senso” por Tutoria a Distancia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1998.

USDA - United States Department of Agriculture. Disponível em: <http://www.usdabrazil.org.br>. Acesso em 17 de abril de 2012

WEBER, E. A. Secadores. In: Weber, E. A., **Armazenagem e conservação dos grãos**, Livraria e editora Agropecuária Ltda. Guaíba - RS, 2001, p. 93-186.

YIRIDOE, E. K. et al. Income risk analysis of alternative tillage systems for corn and soybean production on clay soils. **Canadian Journal of Agricultural Economics**, Canadá, 48 (2), p.161-174. 2000.

ZOCCOLER **apostila** sobre notas de aulas. FEIS -Unesp 2005