
Marco Aurélio dos Santos¹;
Lúcia Helena Pereira Nóbrega²,
Divair Christ³; Fábio
Palczewski Pacheco⁴

**QUALIDADE DE SEMENTES DE TRIGO
SECAS SOB UTILIZAÇÃO DE ENERGIA
ELÉTRICA OU GÁS LIQUEFEITO DE
PETRÓLEO**

RESUMO: Este estudo analisou a qualidade e os custos de secagem das sementes de trigo utilizando energia elétrica e gás liquefeito de petróleo (GLP) como fontes energéticas em duas etapas. A primeira delas consistiu em determinar a quantidade de energia consumida, durante a secagem, por duas empresas produtoras de sementes de trigo (A e B) na região de Cascavel, PR. A segunda etapa visou a determinar a qualidade das sementes secas por estas empresas para verificar se a economia de energia influenciou na qualidade das sementes. A empresa A utilizou ar não aquecido na ventilação; e a empresa B aqueceu o ar utilizando como fonte energética o GLP. Antes e após a secagem, foi avaliada a qualidade das sementes das duas empresas, utilizando-se os padrões de comercialização. O uso do GLP não afetou a qualidade das sementes de trigo e, em comparação à energia elétrica, mostrou-se economicamente viável e diminuiu o tempo de secagem.

PALAVRAS-CHAVE: energia; secagem; *Triticum aestivum*.

QUALITY OF DRY WHEAT SEEDS UNDER USE OF ELECTRIC POWER OR
LIQUEFIED GAS OF PETROLEUM

Data de submissão: 30-07-2013. Data de aceite: 07-12-2013

¹ Eng. eletricitista, Mestre em Engenharia Agrícola pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola (PGEAGRI), prof. da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), *campus* de Medianeira.

² Profa. Associada do PGEAGRI, CCET, UNIOESTE, *campus* de Cascavel.

³ Prof. Adjunto do PGEAGRI, CCET, UNIOESTE, *campus* de Cascavel.

⁴ Eng. Agrícola, Discente, nível doutorado, do PGEAGRI, CCET, UNIOESTE, *campus* de Cascavel.

SUMMARY: This study aimed to analyze the quality and costs of wheat seeds production using electric power and LPG as sources of energy at drying seeds process. The suggested hypothesis is that the adoption of LPG can reduce production costs and maintain wheat seeds quality. This study was accomplished in two stages in order to compare the worn-out consumption of energy on wheat seeds drying process. The first one consisted on determining the amount of consumed energy, during the seeds drying process, for two producing companies (A and B) in Cascavel-PR area, since they use different sources of energies, and compare each one. It must be pointed out that these two companies used drying silos for aeration. The second one aimed to determine the dried seeds quality for both dryers and so checking if the energy reduction influenced on seeds quality. This trial was carried out at the Laboratory of Seeds and Plants Evaluation from Sciences and Technological Center of UNIOESTE, *campus* of Cascavel. Company A used a non-warm air at ventilation, while company B heated up the air, using as energy source Liquefied Gas of Petroleum (LGP). The air temperature was also controlled at the dryer entrance. Before and after the drying process, seeds from both producing companies were evaluated to check if the different energy sources influenced on their quality. Therefore, seeds trading patterns were used as reference. At last, the LPG use did not affect on wheat seeds quality; on the other hand, it was economically available and reduced the time of drying process.

KEYWORDS: energy, drying, *Triticum aestivum*.

INTRODUÇÃO

A matriz energética mundial está baseada em combustíveis fósseis e, como a humanidade ocupa de 39 a 50 % da área terrestre biologicamente produtiva, a energia que se gasta nas atividades agrícolas e florestais é processo importante no ciclo de carbono que sustenta a vida na terra (HUSTON; MARLAND, 2003).

Segundo Weber (1998), entre todos os processos que se aplicam para manipulação pós-colheita, conservação e armazenagem adequada de sementes, a secagem é o de maior consumo energético. E energia é produto caro e, ultimamente, escasso. A utilização de tecnologias que possibilitem a eficiência e racionalização da energia é um recurso também usado no processo de secagem e armazenamento de sementes, devido à necessidade de redução nos custos de produção para aumentar a competitividade.

A secagem de sementes, além de contribuir para a preservação da qualidade fisiológica durante o armazenamento, possibilita a antecipação da colheita evitando perdas de natureza diversa durante o processo produtivo (GARCIA *et al.*, 2004).

Na secagem, ocorre a transferência de calor entre o produto e o ar de secagem. Ela consiste de dois processos principais: o primeiro é a transferência de água da superfície da semente para o ar, que ocorre quando a pressão parcial de vapor d'água é maior na superfície da semente do que no ar; o segundo é o movimento de água do interior para a superfície da semente. A remoção da água deve ser feita de tal modo que o produto fique em equilíbrio com o ar do ambiente onde será armazenado, a fim de preservar a viabilidade como semente (SILVA; AFONSO; GUIMARÃES, 1995). As condições de secagem com ar aquecido devem ser controladas para evitar o aquecimento excessivo, pois este ocasiona danos à qualidade e viabilidade das sementes (BROOKER; BAKKER-ARKEMA; HALL, 1992).

Os métodos de secagem podem ser divididos em dois grupos: secagem natural, que consiste na exposição das sementes ao sol ou à sombra em ambiente atmosférico relativamente seco e pode ser feita em terreiros, encerrados ou tabuleiros; e secagem artificial, que é feita em secador, submetendo-se as sementes à ação de um fluxo de ar aquecido ou não, que promove a secagem num período relativamente curto, conforme as condições operacionais e atmosféricas (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

Altas temperaturas podem causar danos às sementes, o que limita as temperaturas de secagem e, conseqüentemente, o rendimento térmico que cada máquina pode alcançar. Alguns atributos de qualidade e funcionais podem ser seriamente comprometidos pelas agressões térmicas; entre eles, pode-se citar o nível de trincas, a integridade de tecidos, a acidez, os níveis de proteínas, o poder de germinação e a aparência (WEBER, 1998).

A qualidade das sementes pode ser influenciada por operações decorrentes de colheita, secagem, beneficiamento, armazenamento e sementeira, que se diferenciam entre si em relação a cada espécie. Para determinar a qualidade das sementes, as análises comumente feitas são de pureza e germinação (HAMPTON, 2006).

Sementes de baixa qualidade comprometem a obtenção de estande de plantas adequado, influenciando diretamente na produtividade da cultura. A qualidade das sementes pode ser influenciada por diversos fatores, durante a fase de produção no campo, na operação de colheita, na secagem, no beneficiamento, no armazenamento, no transporte e na sementeira (PESKE, 2006).

As estratégias de secagem mecânica podem ser as mais variadas. Uma forma é utilizar aerações potentes. Assim, eliminam-se as perdas de campo, mas aumenta-se o consumo de energia elétrica,

cara e de difícil disponibilidade. Essa estratégia tem ainda o problema de conviver com taxas elevadas de respiração por períodos, que podem ser longos, conforme tipo e qualidade da aeração, incorrendo, desta maneira, em perdas de matéria seca e qualidade. Além disso, estudos científicos demonstram que uma secagem feita a “posteriori”, em silos, inocula defeitos e perdas de qualidade que vão se agravando ao longo do período de armazenagem (VILLELA, 1991).

Os parâmetros que influenciam a taxa de secagem com utilização de ar forçado são, principalmente, a temperatura e a umidade relativa do ambiente; a temperatura e o fluxo do ar de secagem; o teor de água inicial, final e de equilíbrio do produto; a temperatura e a velocidade do produto no secador; o sistema de secagem empregado; o tempo de residência do produto na câmara de secagem; bem como a variedade e a história do produto da sementeira até a colheita. A temperatura e o fluxo do ar de secagem são os fatores responsáveis pela quantidade de água removida no processo de secagem e a qualidade do produto final (LOEWER; BRIDGES; BUCKLIN, 1994).

A eficiência energética pode ser definida como a razão entre a energia requerida para evaporar a água do produto e a quantidade de energia fornecida ao sistema de secagem, sendo esta que inclui a energia para o aquecimento do ar, além da potência elétrica utilizada no sistema. Bakker-Arkema, Brook e Brooker (1978) sugeriram um índice (índice de avaliação de desempenho dos secadores – DPEI) que corresponde à energia total requerida por um secador para remover uma unidade de peso de água dos grãos sob determinadas condições. A energia total requerida inclui a energia para aquecer e movimentar o ar de secagem, bem como movimentar o produto e os equipamentos.

A eficiência de secagem, estudada por Deans (2001) e Bontempi (2004), considera que o processo ocorre de forma aproximadamente adiabática e a quantidade máxima de água que pode ser removida pelo ar secante está limitada à temperatura de bulbo úmido do ar que entra no secador com a umidade relativa de 100%.

Segundo Loewer, Bridges e Bucklin (1994), os custos da secagem incluem mão-de-obra, eletricidade, combustível (carvão, lenha, briquete, resíduos orgânicos e derivados de petróleo) e equipamento. Destes itens, a mão-de-obra é o menor gasto na maioria dos sistemas de secagem e o combustível usado para aquecer o ar é o maior.

Combustíveis gasosos oferecem simplicidade ao sistema de secagem, fácil operação e excelente controle de temperatura, favorecendo, em muito, a automatização da secagem. O gás natural, cujo poder calórico varia entre 9.000 e 17.000 kcal por kg, é altamente

indicado e econômico (WEBER, 1998).

O processo deve ser analisado estatisticamente e medido para se verificar seu potencial e se atende às especificações. A medida chamada “capacidade do processo” avalia com que perfeição esses objetivos são atingidos (WERKEMA, 1995).

Assim, o objetivo deste trabalho foi analisar a qualidade e os custos de produção das sementes de trigo utilizando energia elétrica e Gás Liquefeito de Petróleo (GLP) como fontes de energia no processo de secagem. A hipótese sugerida é a de que a adoção do GLP possa afetar os custos de produção e manter a qualidade das sementes de trigo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em duas etapas. Na primeira, determinou-se a quantidade de energia consumida durante a secagem em duas empresas produtoras de sementes de trigo (A e B) na região de Cascavel, PR, que utilizam fontes de energia diferentes, o que possibilita a comparação do consumo de energia. Ambas utilizaram silos secadores por aeração.

Na segunda etapa, foi determinada a qualidade das sementes secas pelos dois secadores. A verificação foi conduzida no Laboratório de Avaliação de Sementes e Plantas, do Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade do Oeste do Paraná (UNIOESTE), campus de Cascavel, PR.

Para medir o consumo de energia nas empresas A e B, foi usado o equipamento Smart Meter T fabricante IMS ano 2005 número de série: 2404063 (energia elétrica) (Cascavel, PR, Brasil) ligado no quadro de comando, não sendo necessário alterar o sistema de secagem. Para medir o consumo de GLP, na empresa B, foi necessário desligar os secadores da tubulação de gás e ligá-los a outro sistema, para que se tornasse possível a medição do consumo, utilizando medidor de gás em conjunto com uma balança (energia fóssil).

Os silos secadores das empresas dispunham de secadores por aeração, ou seja, o produto é carregado úmido, em silo com aeração, onde é ventilado até secar. Na empresa A, o ar da ventilação não foi aquecido; na empresa B, o ar da ventilação foi aquecido utilizando gás liquefeito de petróleo, sendo a temperatura do ar controlada na entrada do secador em 42 °C.

A empresa produtora de sementes A, que está localizada na cidade de São Miguel do Iguçu, PR, a 301 m de altitude, utilizou dois secadores

por aeração, modelo Kepler Weber 132M 1087, e dois silos secadores, com carga total de 36.000 kg. A capacidade do secador é de 90.000 kg, seu motor possui potência de 15 cv e usa como combustível a eletricidade. A cultivar de trigo utilizada no experimento de secagem foi a CD 108. As corridas experimentais de secagem foram realizadas no período de 05/09/2006 (16h45min) a 22/09/2006 (16h15min). A temperatura ambiente média durante o processo de secagem foi de 19 °C e a umidade relativa do ar de 23,74% (INPE, 2007).

A empresa produtora de sementes B, que está localizada na cidade de Cascavel, PR, a 685 m de altitude, utilizou dois silos secadores por aeração, modelo Rota RLS 660, que usam gás liquefeito de petróleo para aquecer o ar utilizado na secagem. Para a ventilação, é utilizado ventilador movido por motor elétrico de 15 cv. Foram utilizados dois silos com carga total de 21.600 kg. A cultivar de trigo submetida a secagem foi a CD 116. O período de secagem foi de 18/10/2006 (13h30min) a 23/10/2006 (13h45min). A temperatura ambiente durante o processo de secagem era de 24,6 °C, com umidade relativa do ar de 28,29% (INPE, 2007).

Para a determinação da qualidade das sementes das duas empresas produtoras, foram retiradas quatro amostras de 500 g em cada silo secador, em quatro pontos, antes de ser realizada a secagem. O mesmo procedimento foi seguido após a secagem. Com as amostras coletadas antes e após, foram realizadas as análises.

Para determinação do teor de água, realizou-se a retirada de duas subamostras de aproximadamente 5,0 g cada, antes e depois da secagem, nos dois secadores de cada produtor, as quais foram colocadas na estufa a 105 °C ± 3 °C por 24 h. O teor de água foi expresso em porcentagem, a partir da média aritmética das subamostras e calculado em base úmida (BRASIL, 1992).

Para pureza, de cada amostra coletada, foram retiradas quatro subamostras de 100 gramas cada, foi feito exame visual e foram separadas as sementes quebradas, trincadas e sem tegumento, palhas e fragmentos, sementes chochas, sementes ardidas e sementes verdes. Para essa seleção, as subamostras foram colocadas sob lupa circular de seis aumentos com iluminação fluorescente. Após a seleção, foi calculada a porcentagem das sementes quebradas, trincadas e sem tegumento, palhas e fragmentos, sementes chochas, sementes ardidas e sementes verdes, em relação ao peso inicial da amostra. Da subamostra intacta, foram retiradas sementes para os testes que necessitam de sementes aparentemente íntegras (BRASIL, 1992).

Para germinação, o teste foi realizado com quatro subamostras

de 50 sementes aparentemente íntegras, semeadas sobre duas folhas de papel “germiteste” e cobertas por uma terceira folha e enroladas. O papel foi umedecido com volume de água destilada equivalente a 2,5 vezes o seu peso. Os rolos foram colocados em posição vertical no germinador a temperatura de 25 °C e teor de água relativa em torno de 100 %. As contagens foram realizadas no 8º dia após a semeadura. Foi considerada germinada a semente julgada apta para produzir uma plântula normal. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais, obtidos da média aritmética das subamostras (BRASIL, 1992).

Para emergência em areia, a areia foi utilizada apenas como outro substrato no teste de germinação. O teor de água foi mantido por meio de regas. Quatro subamostras de 50 sementes foram utilizadas. As sementes foram semeadas em caixas plásticas, com volume de 3,0L, e mantidas sob condições ambientais de laboratório e temperatura em torno de 25 °C e umidade relativa do ar média de 60 %. A avaliação das plântulas consideradas normais foi realizada no 8º dia (BRASIL, 1992).

O índice de velocidade de emergência em areia foi verificado no teste de emergência em areia, anotando-se o número das plântulas emersas do 5º ao 8º dia, de acordo com Maguire (1962), citado por Marcos Filho, Cícero e Silva (1987).

Ao fim do teste, com os dados diários do número de plântulas normais, foi calculado o índice de velocidade de emergência (IVE) por meio da fórmula proposta por Maguire (1962).

$$IVE = E_1/N_1 + E_2/N_2 + \dots + E_n/N_n \quad (1)$$

em que

IVE = índice de velocidade de germinação.

E_1 , E_2 e E_n = número de plântulas consideradas normais contadas na primeira, segunda e última contagem.

N_1 , N_2 e N_n = número de dias após a implantação do teste.

A determinação da massa fresca e da massa seca foi realizada após o teste de emergência em areia. Das plântulas normais do teste, foi coletada a parte aérea e pesada em balança analítica com precisão de 0,001 g. Após a pesagem, dividiu-se a massa verde total pelo número de plântulas, para obtenção da massa verde por plântula.

Para a massa seca, as plântulas foram colocadas em estufa com ventilação forçada a 50 °C, durante 48 h, dentro de sacos de papel. Após pesagem, dividiu-se a massa seca total pelo número de plântulas,

para obtenção da massa seca por plântula.

Para a verificação do peso de 100 sementes, foram retiradas 100 sementes de cada subamostra de 100 gramas e pesadas em balança analítica com precisão de 0,001 g.

Para analisar a viabilidade econômica, foram considerados os tempos de secagem de cada produtor, os resultados dos testes em laboratório e os custos energéticos para secar 60 kg de sementes de trigo.

Para determinar do consumo total de GLP (kg) na secagem das sementes da empresa B, foi utilizado um medidor de gás em conjunto com uma balança, com leituras obtidas no início e no fim de cada operação de secagem. A determinação do custo do combustível GLP (R\$ por 60 kg) foi realizada a partir do consumo total de GLP (kg), ao preço de R\$ 2,75 por kg, com o preço cotado no dia 17 de outubro de 2006.

O custo da energia elétrica (R\$ por 60 kg) total consumida pelas empresas A e B foi obtido a partir dos dados de consumo de energia elétrica com equipamento Smart Meter, considerando-se o preço do kWh horossazonal (de acordo com as horas do dia: horário de ponta é das 18 às 21 h e horário fora de ponta o restante das horas; e período do ano: período seco maio a novembro, período úmido dezembro a abril), sendo o preço de R\$ 0,17 por kWh para o consumo fora de ponta e R\$ 0,61 por kWh para consumo de ponta, conforme preço de novembro de 2006.

Para a empresa A, o custo total foi determinado em função dos kilowatts-hora cobrados pela concessionária de energia elétrica. Para a empresa B, o custo total (R\$ por 60 kg) foi obtido por meio da soma do custo de combustível GLP e do custo de energia elétrica medida com equipamento Smart Meter. As seguintes equações foram utilizadas para o cálculo:

$$S60 = (CT / TS) \times 60 \quad (2)$$

em que

S60 = custo para secar 60 kg de sementes de trigo;

CT = custo total em Real;

TS = total de sementes secas (kg).

Assim, para a empresa produtora A:

$$CT = EFP \times P1 + EP \times P2 \quad (3)$$

Para a empresa produtora B:

$$CT = EFP \times P1 + EP \times P2 + G \times P3 \quad (4)$$

em que

CT = custo total em Real;

EFP = quantidade total de energia elétrica consumida fora de ponta (kWh);

P1 = custo do kWh da energia elétrica consumida fora de ponta;

EP = quantidade total de energia elétrica consumida de ponta (kWh);

P2 = preço do kWh da energia elétrica consumida fora de ponta;

G = consumo total de GLP (kg);

P3 = preço do GLP.

Obs.: Horário de ponta compreende o intervalo das 18 às 21 h e horário fora de ponta compreende o restante das horas.

Para a análise dos resultados, os dados de qualidade das sementes e crescimento de plântulas das empresas A e B, obtidos em laboratório, foram submetidos à análise de variância (anova), e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5 % de significância.

Foram calculados de todas as amostras médias, desvio padrão, coeficiente de variação e limites inferior (LIC) e superior de controle (LSC). Com esses valores, foram plotados gráficos dos intervalos de confiança. O processo foi verificado e considerado “sob controle estatístico”, quando apresentou um comportamento estável e previsível, havendo somente a variabilidade natural inerente ao processo (WERKEMA, 1995).

Os resultados foram comparados com critérios adotados pela legislação Brasileira, publicados na seção 1 do Diário Oficial da União n. 243, de 20/12/2005 (BRASIL, 2005).

RESULTADO E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, é apresentado o resumo da análise de variância dos resultados obtidos em laboratório, para pureza, porcentagem de germinação, emergência em areia, índice de velocidade de emergência (IVE), massa de 100 sementes, massa seca e massa verde da parte aérea de plântulas, para as sementes das empresas A e B.

Verificou-se que a massa de 100 sementes sofreu variação devido ao processo de secagem. Os outros parâmetros analisados não foram afetados.

Em relação a alguns parâmetros de qualidade das sementes, foi

possível tomar como base os padrões para produção e comercialização de sementes de trigo e de trigo duro (BRASIL, 2005), adotados pelo estado do Paraná. Em função disso, foram comparados os resultados de pureza, porcentagem de germinação e teor de água.

Com base nos padrões mínimos adotados pelo estado do Paraná, o padrão para sementes puras é de 98 %. Comparando os dados obtidos em laboratório com o padrão, tem-se que as sementes das duas empresas não atenderam ao padrão adotado. A diferença entre o padrão estabelecido e os resultados obtidos em laboratório pode ser decorrente do fato de que todas as amostras foram coletadas nos silos secadores, onde, devido a características da unidade de beneficiamento de sementes, é feita apenas a pré-limpeza, sendo a limpeza feita após a secagem, o que elevou o grau de impurezas.

Tabela 1 Resumo da análise de variância para os parâmetros de qualidade das sementes e do desenvolvimento das plântulas, analisados antes e após a secagem, nas empresas A e B

Empresa	Parâmetro	F	CV	Médias AS	Médias DS
A	Pureza	3,46 ^{NS}	0,31	93,25	92,86
	Germinação	0,81 ^{NS}	3,28	84	85
	IVE	2,39 ^{NS}	3,65	32,7	31,79
	Parte aérea	0,69 ^{NS}	3,75	17,36	17,09
	Massa fresca	0,31 ^{NS}	7,41	8,02	8,18
	Massa seca	0,39 ^{NS}	7,32	4,38	4,28
	Massa de 100 sementes	108,45 *	1,37	4,34	4,04
B	Pureza	2,31 ^{NS}	0,65	93,75	93,28
	Germinação	0,04 ^{NS}	3,05	85	85
	IVE	1,87 ^{NS}	5,22	18,7	14,71
	Parte aérea	0,19 ^{NS}	17,52	10,01	9,46
	Massa fresca	0,6 ^{NS}	5,96	4,57	4,46
	Massa seca	1,67 ^{NS}	5,81	2,49	2,58
	Massa de 100 sementes	118,48*	1,27	3,67	3,85

F: teste F a 5% de probabilidade; CV: Coeficiente de variação; AS: Antes da secagem; DS: depois da secagem; NS: Não significativo, *: significativo

Na Tabela 2, são apresentados os valores referentes à porcentagem de pureza, sendo os coeficientes de variação e desvio padrão considerados baixos, o que indica, segundo Werkema (1995), pouca variação.

Para as sementes da empresa A, foram determinados os limites inferior (LIC) e superior de controle (LSC) para o fator pureza antes da secagem, conforme a Figura 1. Obtiveram-se os valores de 93,51 %

para LSC, 93,01 % para LIC e 93,26 % para a média. Pode-se observar que dois dos pontos (93,54 % e 93,63 %) extrapolaram o LSC e que um dos pontos (92,93 %) ficou abaixo do LIC. Os pontos restantes apresentaram-se dentro dos limites e em torno do limite médio, não ocorrendo tendência de distribuição. Isso indica, de acordo com Werkema (1995), que o processo estava sob controle no ponto de vista da variabilidade.

Tabela 2 Estatística descritiva para o parâmetro de qualidade de sementes, fator pureza, analisado antes e após a secagem, nas empresas A e B

Estatística descritiva	A		B	
	AS	DS	AS	DS
Média (%)	93,25	92,66	93,75	93,28
Desvio Padrão	0,24	0,33	0,72	0,47
Coefficiente de variação	0,25	0,35	0,77	0,51
Limite inferior de confiança	93,01	92,32	92,98	92,88
Limite superior de confiança	93,51	93,01	94,51	93,68

AS: antes da secagem; DS: depois da secagem

Para as sementes da empresa A, foram determinados os LIC e LSC para o fator pureza após a secagem. Conforme a figura 2, obteve-se o valor de 93,01 % para LSC, 92,32 % para LIC e 92,66 % para a média. Pode-se observar que um dos pontos (93,03 %) extrapolou o LSC. Os pontos restantes se apresentaram dentro dos limites e em torno do limite médio, não ocorrendo tendência de distribuição, e conforme Werkema (1995) foram considerados sob controle.

Para as sementes da empresa B, foram determinados os LIC e LSC de controle para a porcentagem de pureza antes da secagem. Conforme a Figura 3, obtiveram-se os valores de 94,51 % para LSC, 92,98 % para LIC e 93,75 % para a média. Pode-se observar que dois dos pontos (94,54 % e 94,57 %) extrapolaram o LSC e que dois dos pontos (92,63 % e 92,87 %) ficaram abaixo do LIC. Os pontos restantes apresentaram-se dentro dos limites e em torno do limite médio, não ocorrendo tendência de distribuição. Essa variação foi considerada natural e inerente ao processo e conforme Werkema (1995) está presente mesmo que todas as operações sejam executadas com métodos padronizados. Portanto, o processo estava sob controle.

Para as sementes da empresa B, foram determinados os LIC e LSC de controle para a porcentagem de pureza após a secagem.

Conforme a Figura 4, obtiveram-se os valores de 92,28 % para LSC, 91,29 % para LIC e 91,79 % para a média. Pode-se observar que um dos pontos (92,36 %) extrapolou o LSC e que um dos pontos (91,04 %) ficou abaixo do LIC. Os pontos restantes apresentaram-se dentro dos limites e em torno do limite médio, não ocorrendo tendência de distribuição, o que indica processo sob controle (WERKEMA, 1995).

O padrão estabelecido pelo estado do Paraná para a porcentagem de germinação das sementes é de 80 % (conforme padrões para produção e comercialização de sementes de trigo e de trigo duro, publicado na seção 1 do DOU n. 243, de 20/12/2005). Na Tabela 3, são apresentados os valores referentes à comparação dos dados obtidos em laboratório, com o padrão para a porcentagem de germinação.

Tabela 3 Estatística descritiva para o parâmetro de qualidade de sementes, fator germinação, analisado antes e após a secagem, nas empresas produtoras A e B

Estatística descritiva	A		B	
	AS	DS	AS	DS
Média (%)	84	85	85	85
Desvio Padrão	2,49	3,02	2,12	2,98
Coefficiente de variação	2,98	3,56	2,5	3,52
Limite inferior de confiança	81,11	81,8	82,5	81,34
Limite superior de confiança	86,39	88,2	87	87,66

AS: antes da secagem; DS: depois da secagem

O coeficiente de variação (para as sementes da empresa A: 2,98 % antes da secagem e de 3,56 % após a secagem; e para as sementes da empresa B: 2,5 % antes da secagem e de 3,52 % após a secagem) e desvio padrão (para as sementes da empresa A: 2,49 % antes da secagem e de 3,02 % após a secagem; e para as sementes da empresa produtora B: 2,12 % antes da secagem e de 2,98 % após a secagem) foram considerados como valores baixos, o que indica pouca dispersão (WERKEMA, 1995).

Para as sementes da empresa A, foram determinados os LIC e LSC para a porcentagem de germinação antes da secagem. Conforme a Figura 5 obtiveram-se os valores de 86,39 % para LSC, 81,11 % para LIC e 84 % para a média. Um dos pontos (88 %) extrapolou o LSC e outro (80 %) ficou abaixo do LIC. Os pontos restantes apresentaram-se dentro dos limites e em torno do limite médio, não ocorrendo tendência de distribuição. Como a variabilidade se manteve em uma faixa estável

e conhecida como faixa característica do processo, este estava sob controle (WERKEMA, 1995).

Para as sementes da empresa A, foram determinados os LIC e LSC para a porcentagem de germinação após a secagem. Conforme a Figura 6, obtiveram-se os valores de 88,2 % para LSC, 81,8 % para LIC e 85 para a média. Um dos pontos (90 %) extrapolou o LSC e outro (80 %) ficou abaixo do LIC, sendo considerado inerente ao processo. Os pontos restantes apresentaram-se dentro dos limites e em torno do limite médio, não ocorrendo tendência de distribuição, o que indica processo controlado (WERKEMA, 1995).

Para as sementes da empresa B, foram determinados os LIC e LSC para a porcentagem de germinação antes da secagem. Conforme a Figura 7 obtiveram-se os valores de 87 % para LSC, 82,5 % para LIC e 85 % para a média. Um dos pontos (88 %) extrapolou o LSC e dois dos pontos (80 %) ficaram abaixo de LIC. Os pontos restantes apresentaram-se dentro dos limites e em torno do limite médio, não ocorrendo tendência de distribuição, o que indica que apenas causas comuns estão atuando no processo e este pode ser considerado sob controle (WERKEMA, 1995).

Para as sementes da empresa B, foram determinados os LIC e LSC para a porcentagem de germinação após a secagem. Conforme a Figura 8 obtiveram-se os valores de 87,66 % para LSC, 81,34 % para LIC e 85 % para a média. Dois dos pontos (88 %) extrapolaram o LSC e um dos pontos (80 %) ficou abaixo de LIC. Os pontos restantes apresentaram-se dentro dos limites e em torno do limite médio, não ocorrendo tendência de distribuição, o que também indica processo sob controle (WERKEMA, 1995).

Com estes resultados, as duas empresas produtoras de sementes de trigo atenderam ao padrão estabelecido. De acordo com os resultados, a porcentagem de germinação foi maior ou igual ao mínimo permitido pela legislação.

Com base nos padrões mínimos de teor de água das sementes adotados pelo estado do Paraná (BRASIL, 2005), o valor adotado é de no máximo 14 %. Comparando os dados obtidos, tem-se que as sementes das duas empresas atenderam ao padrão estabelecido.

Na Tabela 4, são apresentados os valores referentes ao teor de água, sendo o coeficiente de variação (para as sementes da empresa A: 0,21 % antes da secagem e de 0,24 % após a secagem; e para as sementes da empresa B: 0,29 % antes da secagem e de 0,53 % após a secagem) e desvio padrão (para as sementes da empresa A: 0,039 % antes da secagem e de 0,032 % após a secagem; e para as sementes

da empresa B: 0,054% antes da secagem e de 0,072 % após a secagem) considerados valores baixos, o que indica pouca variabilidade (WERKEMA, 1995).

Para as sementes da empresa A, foram determinados os LIC e LSC do teor de água antes da secagem. Conforme a Figura 9 obtiveram-se os valores de 18,47 % para LSC, 18,39 % para LIC e 18,43 % para a média. Dois dos pontos (18,48 %) extrapolaram o LSC, contudo não foram uma situação particular e não conduziram o processo a um comportamento diferente do usual. Os pontos restantes apresentaram-se dentro dos limites e em torno do limite médio, sem tendência de distribuição, o que indica processo sob controle (WERKEMA, 1995).

Tabela 4 Estatística descritiva para o parâmetro de qualidade de sementes, fator teor de água, analisado antes e após a secagem, nas empresas A e B

Estatística descritiva	A		B	
	AS	DS	AS	DS
Média (%)	18,43	13,32	18,68	13,49
Desvio Padrão	0,04	0,04	0,05	0,07
Coefficiente de variação	0,21	0,24	0,29	0,53
Limite inferior de confiança	18,39	13,29	18,62	13,41
Limite superior de confiança	18,47	13,36	18,73	13,56

AS: antes da secagem; DS: depois da secagem

Para as sementes da empresa A, foram determinados os LIC e LSC para teor de água após a secagem. Conforme a Figura 10 obtiveram-se os valores de 13,36 % para LSC, 13,29 % para LIC e 13,32 % para a média. Dois pontos (13,28 %) ficaram abaixo do LIC e foram considerados inerentes ao processo. Os pontos restantes apresentaram-se dentro dos limites e em torno do limite médio, sem tendência de distribuição. Portanto, podemos considerar o processo sob controle (WERKEMA, 1995).

Para a empresa produtora de sementes B, foram determinados os LIC e LSC para o teor de água antes da secagem. Conforme a Figura 11 obtiveram-se os valores de 18,73 % para LSC, 18,62 % para LIC e 18,68 % para a média. Dois dos pontos (18,74 % e 18,76 %) extrapolaram o LSC e um (18,59 %) ficou abaixo do LIC, podendo ser considerado inerente ao processo. Os pontos restantes apresentaram-se dentro dos limites e em torno do limite médio, sem tendência de distribuição, o que indica que o teor de água antes da secagem apresentava baixa variabilidade (WERKEMA, 1995).

Para as sementes da empresa B, foram determinados LIC e LSC

para o teor de água após a secagem. Conforme a Figura 12 obtiveram-se os valores de 13,56 % para LSC, 13,41 % para LIC e 13,49 % para a média. Um dos pontos (13,58 %) extrapolou o LSC, contudo o processo não se comportou de modo diferente do usual e não resultou em deslocamentos de seu nível. Os pontos restantes apresentaram-se dentro dos limites e em torno do limite médio, sem tendência de distribuição, o que indica controle do processo (WERKEMA, 1995).

A empresa B não utilizou ar da ventilação aquecido; já a empresa A aqueceu o ar da ventilação com gás liquefeito de petróleo até a temperatura de 42 °C. A empresa A secou 36.000 kg de sementes, com teor de água inicial de 18,4 % e 13,3 % final. A temperatura ambiente média durante o processo de secagem foi de 19 °C. O processo de secagem começou às 16h45min do dia 05/09/2006 e terminou às 16h15min do dia 22/09/2006, com duração total de 17 dias e com gasto total de 4595,72 kWh nesta operação.

Considerando-se o preço do kWh horossazonal (de acordo com as horas do dia: horário de ponta das 18 às 21 h e horário fora de ponta o restante das horas; e período do ano: período seco maio a novembro, período úmido dezembro a abril), tem-se o preço de R\$ 0,61 por kWh para o consumo de ponta e R\$ 0,17 por kWh para consumo fora de ponta. Assim, cada 60 kg de semente de trigo seca tiveram um custo de secagem de R\$ 1,33.

O produtor B secou 21.600 kg de sementes com teor de água inicial de 18,7 % e 13,5 % final. A temperatura ambiente durante o processo de secagem foi de 24,6 °C. O processo de secagem começou às 13h30min do dia 18/10/2006 e terminou às 13h45min do dia 23/10/2006, com duração de cinco dias e gasto total de 577,14 kWh e 109 kg de GLP.

Considerando-se o preço do kWh horossazonal, tem-se o preço de R\$ 0,61 por kWh para consumo de ponta e R\$ 0,17 por kWh para consumo fora de ponta e R\$ 2,75 por kg de GLP. Com isso, o produtor B teve gasto total de R\$ 403,21, e cada 60 kg de semente de trigo seca apresentaram custo de secagem de R\$ 0,89.

A empresa produtora de sementes A gastou aproximadamente 17 dias para secar 36.000 kg de sementes de trigo, sendo 2.117,65 kg de sementes secas por dia. A empresa produtora de sementes B gastou cinco dias para secar 21.600 kg de sementes, sendo 4.320 kg de sementes secas por dia.

Considerando o valor da energia gasta para secar as sementes, tem-se que a empresa produtora de sementes A teve custo de R\$ 1,33 para secar 60 kg de sementes e a empresa produtora de sementes B

teve custo de R\$ 0,89, ou seja, diferença de R\$ 0,44 em cada 60 kg entre os dois produtores. Isto é, a empresa produtora de sementes B economizou R\$ 0,44 a cada 60 kg de sementes secas utilizando silos secadores com ar aquecido por GLP.

Os resultados das análises em laboratório e as comparações com os padrões adotados pelo estado do Paraná não mostraram diferenças devido à utilização de fontes energéticas diferentes.

A empresa produtora de sementes B foi mais eficiente quando comparada à empresa A, secando maior quantidade de sementes por dia e com melhor desempenho econômico.

CONCLUSÕES

Considerando-se os tempos de secagem gastos por cada empresa produtora de sementes, bem como os resultados dos testes em laboratório e os custos energéticos para secar as sementes de trigo, tem-se que a utilização de GLP é mais viável economicamente em comparação à utilização de energia elétrica.

Os resultados de porcentagem de germinação e vigor mostraram que é possível utilizar o GLP como combustível, sem comprometer a qualidade das sementes.

Com a utilização do GLP, a temperatura do ar durante o processo de secagem pode ser controlada, permanecendo estável, de modo que se obtém controle maior do processo, sem causar danos à semente pelo calor.

REFERÊNCIAS

BAKKER-ARKEMA, F. W.; BROOK, R. C.; BROOKER, D. B. **Energy and capacity performance evaluation of grain dryers**. St. Joseph, MI: ASAE. Paper n. 78-3532, 1978.

BONTEMPI, A. **Eficiência energética de secadores industriais: análise e propostas experimentais**. 2004. 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2004.

BRASIL Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNAD/DNDV/CLAV, 1992.

BRASIL. Diário Oficial da União n. 243, de 20/12/2005.

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

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

DEANS, J. The modeling of a domestic tumbler dryer. **Applied thermal engineering**, v. 21, p. 977-990, 2001.

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

HAMPTON, J. G. **O que é qualidade de sementes?** 2006. Disponível em: <<http://www.seednews.inf.br/portugues/seed55/artigocapa55.shtml>>. Acesso em: 27 set. 2012.

HUSTON, M. A., MARLAND, G. Carbon management and biodiversity. **Journal of Environmental Management**, Berkeley, USA, v. 67, n. 1, p. 77-86, 2003.

INPE. Disponível em: <http://satelite.cptec.inpe.br/PCD/historico/consulta_pcda.jsp>. Acesso em: 10 jan. 2007.

LOEWER, O. J.; BRIDGES, T. C.; BUCKLIN, R. A. **On-farm drying and storage systems**. 9. ed. ASEA, 1994.

LUZ, G. R., ANDRADE, C. M. G., JORGE, L. M. de M., PARAÍSO, P. R. Análise energética da secagem de farelo de soja em secador rotativo indireto. **Acta Scientiarum Technology** Maringá, v. 28, n. 2, p. 173-180. 2006.

MAGUIRE, J. D. Speeds of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 2, p.176-177, 1962.

MARCOS FILHO, J.; CÍCERO, S. M.; SILVA, W. R. **Avaliação da qualidade das sementes**. Piracicaba: FEALQ, 1987.

PESKE, S. T. **Manejo e criatividade na produção de sementes**. 2006. Disponível em: <<http://seednews.inf.br/portugues/seed64/artigocapa64.shtml>>. Acesso em: 27 set. 2012.

SILVA, J. de S.; AFONSO, A. D. L.; GUIMARÃES, A. C. Estudos dos métodos de secagem. In: SILVA, J. de S. (ed.). **Pré-processamento de produtos agrícolas**. Juiz de Fora: Editora Instituto Maria, 1995. p.105-143.

VILLELA, F. A. **Efeitos da secagem intermitente sobre a qualidade de sementes de milho**. Piracicaba. 1991. 104 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”,

Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.

WEBER, E. A. **Armazenagem agrícola**. Porto Alegre: Keepler Weber Industrial, 1998.

WERKEMA, M. C. B. **Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1995.