

Custo de Energia e Lenha gastos para secar milho em dois diferentes tipos de secadores

José Donizete da Silva¹ e Vanderley de Oliveira²

Resumo: A secagem de milho tem papel fundamental na qualidade de grãos armazenados. Os modelos de secadores possuem variações em eficiência. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi analisar quais dos secadores possui maior eficiência de secagem com relação ao custo de energia e lenha. Serão avaliados os custo de energia elétrica e lenha em 2 (duas) unidades de uma cooperativa do Oeste do Paraná, localizadas em Ubitatã e no Distrito de Yolanda. Os sistemas de secagem foram compostos por um secador de capacidade 100t de chapa galvanizada e um secador de 100t de alvenaria, com condições iniciais de teor de umidade de 23, 25 e 27% b.u. Foram avaliados os seguintes parâmetros: custo de energia em relação a umidade inicial de entrada nos silos e a umidade em relação aos tipos de secadores e o custo para secagem com lenha e energia. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas com o teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o programa Assistat. Houve interação do teor de umidade e do modelo de secadores para o consumo de lenha. Conclui-se que em termos energéticos, não é vantajoso colher grãos com teor de umidade elevado e que a utilização de secador modelo Alvenaria é mais eficiente na economia de consumo de energia e lenha nas unidades de recebimento e armazenamento de grãos.

Palavras-chave: secagem, custo, eficiência.

Cost of Energy and Firewood spent to dry corn in two different types of dryers

Abstract: Drying of corn has a fundamental role in the quality of stored grain. The models of dryers have variations in efficiency. Thus, the objective of this work was to analyze which features more efficient dryers for drying with respect to the cost of energy and wood. Will be assessed the cost of electricity and firewood in 2 (two) units of a cooperative of Western Paraná, located in New Delhi and in the District of Yolanda. Drying systems were composed of a hair dryer capacity 100 t of galvanized sheet and a 100 dryer t of masonry, with initial conditions of moisture content of 23, 25 and 27% BU we evaluated the following parameters: energy cost relative to initial humidity of entr ADA in silos and moisture in relation to types of silos and the cost for wood drying and energy. The results were submitted to analysis of variance and averages compared with the Tukey test at 5% probability, using the program Assistat. There was interaction of the moisture content and model of silos for the consumption of firewood. It is concluded that in terms of energy, it is not advantageous to harvesting grain with a high moisture content and the use of Masonry model dryer is more efficient in energy consumption savings and firewood in the receipt and storage of grain.

Key words: Drying, cost, efficiency.

¹ Acadêmico do curso de agronomia do Centro Universitário Assis Gurgacz – Pr. garciadonizette@gmail.com

² Engenheiro Agrônomo. Mestre em Energia na Agricultura (UNIOESTE) e Agronegócios (UTCD), Professor do Curso de Agronomia do Centro Universitário Assis Gurgacz - FAG-PR. Vanderley_olivei@uol.com.br

44

Introdução

45

46

47

48

49

50

51

52

53

54

55

56

57

58

59

60

61

62

63

64

65

66

67

68

69

70

71

72

73

74

75

76

A colheita de milho é um processo importante que segue algumas regras de minimização de perdas, uma delas é o processo de maturação, na qual as espigas apresentam umidade em condições de colheita. Trata-se de um estudo com a abordagem na eficiência da secagem de milho safra 2017, com uma análise técnica e econômica que busca avaliar os grãos são retirados das espigas e após serem recebidos na cooperativa passam pelo processo de secagem para atingir o ponto ideal para o armazenamento.

A secagem é uma técnica largamente usada na preservação de alimentos. É uma operação de transferência simultânea de calor e massa em que umidade é removida do alimento e carregada pelo ar quente (SOGI *et al.*, 2002).

A temática que envolve a eficiência da secagem de milho no processo de secagem dos grãos, torna-se um estudo relevante por destacar os fatores de geração de custos sobre o produto que variam de acordo com a produção recebida em cada unidade, subdividindo em custos fixos e variáveis como fatores que influenciam no montante final sobre o milho recebido. Após o cultivo e colheita, inicia-se a fase de pré-processamento do produto colhido. Nesta etapa o milho pode estar úmido (com conteúdo de água acima de 20%) ou seco (com conteúdo de água próximo a 13-14%) (PIMENTEL e FONSECA, 2011).

Fonseca (2008) identifica o processo de secagem como sendo a etapa que reduz a umidade dos grãos qualificando o eficiente armazenamento dos grãos. A secagem é realizada em secadores comerciais (em lotes), ou em secadores acoplados ao silo, com o ar aquecido.

De acordo com Eichelberger e Portela (2003) a colheita antecipada permite evitar perdas da produção no campo. No entanto, devido á elevada umidade, torna-se necessária a secagem dos grãos.

Souza, Queiroz e Filho (2002) consideraram que, quando inadequada, a secagem constitui a principal causa de deterioração de grãos. É um tema relevante na exploração dos dados que abrangem os custos do produto na unidade de recebimento, seguindo os padrões de secagem para a limpeza e armazenamento.

A umidade do milho é um fator determinado pelas condições do clima. De acordo com Pimentel e Fonseca (2011), a secagem tem por finalidade reduzir o conteúdo de água dos grãos, reduzindo a deterioração durante o armazenamento pela ação de fungos,

77 bactérias, insetos e pelo processo de respiração dos grãos que provoca perda de massa e
78 gera calor.

79 Segundo Carneiro (2001), a temperatura do ar de secagem é o parâmetro de maior
80 flexibilidade num sistema de secagem em altas temperaturas.

81 Eichelberger e Portella (2003) explicam que os secadores podem ainda ser
82 classificados em função da temperatura do ar de secagem, sendo subdivididos em
83 secadores de secagem a baixa e a alta temperatura. Na secagem de grãos a baixa
84 temperatura, o ar de secagem é aquecido a no máximo 8 a 10 °C acima da temperatura
85 ambiente.

86 Conforme explicam Biagi, Carneiro e Bertol (2002) a secagem de grãos envolve
87 dois processos fundamentais quando o produto é colocado em contato com o ar quente:
88 a transferência de calor do ar para o produto pelo efeito da diferença de temperatura
89 existente entre eles e; a transferência de massa para o ar pela diferença de pressão
90 parcial de vapor de água existente entre o ar e a superfície do produto. BREMM (2012),
91 cita que a secagem é o processo de pós-colheita que apresenta maior consumo
92 energético, sendo de fundamental importância utilizar secadores que consumam
93 uma quantidade mínima de energia para remover o máximo de água para a
94 condição final desejada do produto.

95 Silva (2003) acrescenta que a safra precisa logo após a colheita ser enviada para
96 um armazenamento, sendo considerada necessária a eficiência da secagem, garantindo a
97 qualidade no armazenamento do produto.

98 O presente trabalho tem como objetivo estudar quais dos secadores possui mais
99 eficiência de secagem com relação ao custo de energia e lenha.

100

101

Material e Métodos

102 O presente trabalho foi desenvolvido em duas unidades de recebimento e
103 armazenamento de grãos, localizados em Ubiratã-PR e no distrito de Yolanda, Ubiratã-
104 PR de uma Cooperativa da região.

105 Para a condução do experimento, realizou-se uma pesquisa de campo sobre os
106 custos gerados nas unidades, avaliando os custos de energia e consumo de lenha gastos
107 para a secagem de grãos de milho em dois secadores (Alvenaria e Chapa Galvanizada)
108 nas unidades. Foi acompanhado a entrada do produto, pesagem, classificação,
109 descarregamento nas moegas e o processo de secagem dos grãos de milho (Temperatura

110 de secagem 90 a 110 °C), e após foi realizado a obtenção dos dados através de uma
111 planilha fornecida pela cooperativa.

112 A Unidade de recebimento no Distrito de Yolanda é composta por um secador
113 com capacidade de 100t, no modelo ADS (Automatic Drying System) sistema de
114 secagem automático, o qual possibilita a automação do secador e a limpeza automática
115 do secador de coluna. É composto por uma estrutura de chapa galvanizada, em torre de
116 secagem tipo coluna, que são calhas direcionadas que possibilitam a formação de uma
117 coluna única de produto, onde os grãos escoam sobre estes dutos e são submetidos a um
118 fluxo de ar quente para proporcionar a secagem. Esse tipo de Secador possui algumas
119 vantagens que possibilitam a sua operação, desde uma secagem com até 4% de
120 impurezas, limpeza automática da torre de secagem, evitando o acúmulo de resíduos
121 sem a necessidade de interrupções, apresentando uma secagem mais homogênea sem
122 quebra dos grãos.

123 A unidade de Recebimento de Ubiratã possui um secador com capacidade de 100
124 t, no modelo KS de bloco estrutural, ou seja, de alvenaria, construída em blocos de
125 concreto, que proporcionam maior durabilidade e baixa manutenção da estrutura em
126 relação aos secadores de estrutura metálica, além de manter por mais tempo a
127 temperatura interna para a secagem do produto. É composto de torre de secagem de
128 cavalete, que são dutos paralelos de ar em forma de V invertido. O sistema permite que
129 o ar de secagem apresente menos arrastes em sua passagem pela massa de grão, com
130 uma secagem mais efetiva.

131 Os teores médios iniciais de umidade dos grãos de milho utilizados nos
132 respectivos secadores foram 23%, 25% e 27% b.u (base úmida) e após a secagem o teor
133 de umidade final dos grãos era em torno de 14% b.u.

134 Conforme dados coletados analisou-se a eficiência dos secadores em relação aos
135 custos de energia e consumo de lenha em reais em cada um deles, sendo que os dados
136 de energia foram calculados sobre a fatura gasta em horário normal. O delineamento
137 experimental utilizado foi o de blocos casualizados com repetição, sendo os blocos os
138 secadores (Alvenaria e Chapa Galvanizada) e os tratamentos os teores de umidade (23,
139 25 e 27%), foi aplicado o teste de médias de Tukey ao nível de 5 e 1% de probabilidade
140 e os dados foram analisados no programa Assistat versão 7.7.

141

142

143

Resultados e Discussão

Os resultados referentes à análise de variância da determinação dos custos de energia (R\$) e de consumo de lenha (R\$), de duas unidades de recebimento e armazenamento de grãos composta por secadores dos modelos alvenaria e chapa galvanizada com condições iniciais de teor de umidade de 23, 25 e 27% b.u, estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 Resumo da análise de variância para a determinação dos custos de energia (R\$) e consumo de lenha (R\$) em três diferentes teores de umidade de entrada (23, 25 e 27%) e dois modelos de secadores (alvenaria e chapa galvanizada).

Parâmetro	Custo de Energia (R\$)	Consumo de Lenha (R\$)
	F	F
Teor de Umidade (TU)	8.07 **	57,43**
Secador (S)	12.24 **	126,05**
TU x S	0.17 ns	5,16*
CV (%)	22.26	8,20

CV: Coeficiente de variação, ns = não significativo, * = significativo a 5% ($.01 < p < 0.5$), ** = significativo a 1% ($p < .05$).

Conforme a Tabela 1, os teores de umidade e os modelos de secadores apresentaram diferenças estatísticas ao nível de 1% de significância para os custos de energia e consumo de lenha. Para a interação teor de umidade e secador não houve diferenças significativas para o custo de energia, ou seja, o consumo de energia gasta nos secadores não dependeu dos teores de umidades iniciais dos grãos, porém para o consumo de lenha houve diferenças significativas ao nível de 5% nesta interação, ou seja, o modelo do secador e o teor de umidade inicial dos grãos influenciaram na quantidade de lenha a ser utilizada para o aquecimento dos secadores.

O coeficiente de variação foi considerado com alta dispersão dos dados para o custo de energia e baixo para o consumo de lenha, conforme descrito por Pimentel Gomes, (1990).

Na Tabela 2 estão apresentadas as médias obtidas para a determinação dos custos de energia (R\$) e consumo de lenha (R\$), de duas unidades de recebimento e armazenamento de grãos composta por secadores dos modelos Alvenaria e Chapa Galvanizada com condições iniciais de teor de umidade de 23, 25 e 27% b.u.

173

174

Tabela 2. Médias para a determinação dos custos de energia (R\$) e de lenha (R\$) em três diferentes teores de umidade (23, 25 e 27%) e dois tipos de secadores (alvenaria e chapa galvanizada).

177

Teor de Umidade (%)	Custo de Energia (R\$)	Consumo de Lenha (R\$)
23	103,29 b	1010,03 c
25	126,01 ab	1198,34 b
27	154,32 a	1491,02 a
Secador	Custo de Energia (R\$)	Consumo de Lenha (R\$)
Alvenaria	109,690 b	1025,81 b
Chapa Galvanizada	146,05 a	1440,45 a

178 Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 1% de significância.

179

180 Observa-se na Tabela 2 que os custos de energia e o consumo de lenha
 181 apresentaram diferenças significativas ao nível de 1% para os parâmetros teor de
 182 umidade e os modelos de secadores. O teor de umidade inicial 27% foi o teor em que
 183 obteve o maior custo de energia e consumo de lenha para a realização da secagem, o
 184 que era esperado, pois quanto maior esse teor de água nos grãos, maior será o seu tempo
 185 de secagem no secador e com isso maior será o seu consumo de energia e de lenha, ou
 186 seja, em termos energéticos, não é vantajoso colher grãos com teor de umidade elevado.

187 Estes resultados estão de acordo com Ribeiro e Viccari (2005) que citaram que
 188 quanto maior for a quantidade de água a ser retirada, maior será o tempo necessário para
 189 secagem.

190 O secador do tipo Alvenaria apresentou menor custo de energia e de consumo de
 191 lenha, devido a sua capacidade de manter a temperatura interna de secagem por mais
 192 tempo em relação ao secador de Chapa Galvanizada. Jokiniemi e Ahokas (2014),
 193 observaram que o aumento do consumo de energia nos secadores está relacionado à
 194 maior perda de calor que ocorre no silo secador.

195 Nas Tabelas 3 e 4 estão apresentadas as médias de interação de teor de umidade
 196 e secador, obtidas para a determinação dos custos de energia (R\$) e consumo de lenha
 197 (R\$) de duas unidades de recebimento e armazenamento de grãos composta por
 198 secadores dos modelos Alvenaria e Chapa Galvanizada com condições iniciais de teor
 199 de umidade de 23, 25 e 27% b.u.

200

201 **Tabela 3.** Médias de interação de Teor de Umidade e Secador para a determinação dos
 202 custos de energia (R\$).

Teor de Umidade (%)	Secador	
	Alvenaria	Chapa Galvanizada
23	81,70 aA	124,87 aA
25	111,85 aA	140,16 aA
27	135,52 aA	173,12 aA

203 Médias seguidas pela mesma letra na coluna e na linha não diferem entre si pelo teste Tukey a 1 e 5% de
 204 significância.

205

206 **Tabela 4.** Médias de interação de Teor de Umidade e Secador para a determinação do
207 consumo de lenha (R\$).

Teor de Umidade (%)	Secador	
	Alvenaria	Chapa Galvanizada
23	736,37 Cb	1283,70 bA
25	979,71 bB	1416,96 bA
27	1361,35 aB	1620,68 aA

208 Médias seguidas pela mesma letra na coluna e na linha não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de
209 significância.

210

211 Conforme resultados da Tabela 3 as médias de interação teor de umidade x
212 secador não apresentaram diferenças significativas, porém na Tabela 4 é possível
213 observar que houve diferenças significativas entre as interações ao nível de 5% de
214 significância, tendo em vista que o secador do modelo de chapa galvanizada e o teor de
215 umidade inicial dos grãos de 27% foi a interação que apresentou consumo de lenha mais
216 elevado, devido as características estruturais do secador de manter a temperatura de
217 secagem por menos tempo em relação ao do modelo de alvenaria, e do teor de umidade
218 de 27% demandar mais poder calorífico da lenha para ocorrer a perda de água nos grãos
219 de milho.

220 Oliveira (2014) ressalta como parâmetros fundamentais na rentabilidade dos
221 processos de secagem, a qualidade final do produto, a quantidade de energia gasta e o
222 tempo utilizado para os processos de secagem dos grãos.

223

224

225 **Conclusão**

226 Conclui-se que em termos energéticos, não é vantajoso colher grãos com teor de
227 umidade elevado e que a utilização de secador modelo Alvenaria é mais eficiente na
228 economia de consumo de energia e lenha nas unidades de recebimento e
229 armazenamento de grãos.

230

231 **Referências**

232 BIAGI, J. D.; CARNEIRO, M. C.; BERTOL, R. Armazenamento de Cereais. In:
233 Simpósio sobre Ingredientes na Alimentação Animal. Colégio Brasileiro de Nutrição
234 Animal, 2002 Uberlândia – MG.

235

236 CARNEIRO, M. C. Armazenagem e Secagem do resíduo industrial de maracujá
237 amarelo. Campinas, S.P. , 2001. 75 p. Tese de Mestrado em Engenharia Agrícola.
238 Faculdade de Engenharia Agrícola - Universidade Estadual de Campinas (Unicamp),
239 Campinas, 2001.

- 240
241 EICHELBERGER, L.; PORTELLA, J. **Secagem de grãos de milho em secador de**
242 **leito fixo: danos físicos.** PESQ. AGROP. GA/CHA, v. 9, n. 1-2, p. 85-91, 2003.
243 Disponível em: http://www.fepagro.rs.gov.br/upload/1398800218_art10.pdf. Acesso em
244 05 de abril de 2017.
245
246 FONSECA, M. J. de O.. Secagem e armazenamento. EMBRAPA. ISSN 1679-012X
247 Versão Eletrônica - 4^a edição. Set./2008. Disponível em:
248 http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_4_ed/colheita_secagem.htm#secagem
249 . Acesso em 10 de abril de 2017.
250
251 JOKINIEMI, H. T.; AHOKAS, J. M. Drying process optimisation in a mixed-flow
252 batch grain dryer. **Biosystems Engineering**, v. 121, p. 209-220, 2014.
253
254 OCEPAR. Informe agroeconomico. Disponível em:
255 http://www.paranacooperativo.coop.br/PPC/attachments/article/90232/Informe_Agroec
256 [onomico_425.pdf](http://www.paranacooperativo.coop.br/PPC/attachments/article/90232/Informe_Agroec). Acesso em: 06 de abril de 2017.
257
258 OLIVEIRA, V. Avaliação energética e econômica da secagem de grãos utilizando
259 secador de coluna com caldeira aquatubular. Dissertação (Mestrado em Energia na
260 Agricultura – UNIOESTE), Cascavel, PR, 2014. 83 p.
261
262 PIMENTEL, M. A. G.; FONSECA, M. J. de O.. **Secagem e armazenamento.**
263 EMBRAPA, ISSN 1679-012X Versão Eletrônica - 7^a edição, 2011. Disponível em:
264 http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_7_ed/colsecagem.htm. Acesso em: 05
265 de abril de 2017.
266
267 PIMENTEL GOMES, F. **Estatística experimental.** Escola Superior de Agricultura
268 “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo – USP, Piracicaba, 13^a edição, 468p.,
269 1990.
270
271 RIBEIRO, I.; VICARI, C. C. Análise de viabilidade econômica para secagem de milho
272 com gás liquefeito de petróleo. Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Unioeste,
273 2005. Disponível em:
274 <<http://www.unioeste.br/campi/cascavel/ccsa/IVSeminarario/IVSeminarario/>
275 [Artigos/07.pdf](http://www.unioeste.br/campi/cascavel/ccsa/IVSeminarario/IVSeminarario/)>. Acesso em: 01 nov. 2017.
276
277 SILVA, L. Armazenamento de Grãos. Empresas Brasileiras. Universidade do Oeste
278 Paranaense. Cascavel, 2003. Disponível em:
279 <http://www.unioeste.br/agais/emp_nacional.html.
280
281 SOUZA, C. M. A. de; QUEIROZ, D. M. de; FILHO, A. F. de L. **Simulação do**
282 **processo de secagem de sementes de milho em camada fixa.** Scientia Agricola, v.59,
283 n.4, p.653-660, out./dez. 2002. <http://www.scielo.br/pdf/sa/v59n4/a05v59n4.pdf>.
284 Acesso em 04 de abril de 2017.