

EFEITOS DA SECAGEM NO RENDIMENTO DO ÓLEO DE GRÃOS DE SOJA

CARLOS H. P. FERANDES¹, PAULO C. CORADI², JEAN C. HELMICH¹

¹ Estudante de Graduação em Agronomia, UFMS/CPCS-MG

² Eng^o Agrícola, Professor Adjunto II, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campus Chapadão do Sul, UFMS - MS,
Fone: (0XX67) 3562-6300, paulo.coradi@ufms.br

Apresentado no
XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2014
27 a 31 de julho de 2014 - Campo Grande - MS, Brasil

RESUMO: A cultura da soja tem grande importância mundial em função da produção de óleo comestível, biodiesel e farelos. Assim, o objetivo deste trabalho foi analisar comparativamente o rendimento do óleo bruto de grãos de soja em função das diferentes temperaturas do ar de secagem e dos teores de água inicial, utilizando uma estufa de circulação forçada e convecção do ar. O delineamento experimental empregado foi inteiramente casualizado, fatorial (2x4), sendo duas umidades iniciais (25 e 19% b.u.) dos grãos de soja e quatro temperaturas do ar de secagem (75, 90, 105 e 120 °C). A temperatura e a umidade relativa do ar de secagem foram monitoradas por meio de um psicrômetro. Já o fluxo de ar na estufa de secagem foi monitorado com o auxílio de um anemômetro de fio quente. Para avaliar o rendimento do óleo foi feita a extração utilizando o método soxhlet com solvente hexano. Observou-se, que durante a secagem houve uma redução do gradiente dos teores de água dos grãos de soja. Concluiu-se, que a temperatura do ar de secagem e os diferentes teores de água inicial afetaram a qualidade dos grãos de soja ao longo da secagem, no entanto, não interferiu no rendimento de óleo final.

PALAVRAS-CHAVE: extração, indústria, qualidade.

EFFECTS OF DRYING ON YIELD OF SOYBEAN OIL

ABSTRACT: Soybean has great importance worldwide due to the production of edible oil, biodiesel and sharps. The objective of this study was to analyze comparatively the performance of crude oil from soybeans due to the different temperatures of the drying air and the initial water content, using a greenhouse and forced air convection. The experimental design was completely randomized, factorial (2x4), two initial moisture contents (25 and 19% w.b.) of soybeans and four drying air temperatures (75, 90, 105 and 120 °C). Temperature and relative humidity of the drying air were monitored by means of a psychrometer. The flow of air in the oven was controlled with the aid of a hot wire anemometer. To evaluate the efficiency of oil extraction was performed using the soxhlet method hexane solvent. It was observed that during drying, there was a reduction in the gradient of the water content of the soybeans. It was concluded that the temperature of the drying air and the different initial levels of water affected the quality of soybean during drying, however, does not affect the yield of the final oil.

KEYWORDS: extraction, manufacturing, quality.

INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* L.) é uma planta de origem asiática e a sua produção tem grande expressão na economia brasileira. São diversos fatores que contribuem para a valorização deste produto e seus subprodutos, como o alto teor de óleo e proteína (RIBEIRO et al., 2005).

A soja desde sua introdução no estado do Mato Grosso do Sul teve uma expansão na sua área de produção, que na safra 1977-1978 era de 497 mil hectares, e para a safra de 2011-2012 atingiu 1,815 milhões de hectares. Comparando a valores nacionais, a produção de oleaginosas aumentou 606% desde 1977 partindo de 9,7 milhões de toneladas, para cerca de 68,7 milhões de toneladas na colheita 2011-2012. Um dos motivos do aumento do cultivo da soja é a utilização deste produto como matéria-prima para produção de biodiesel (EMBRAPA, 2012).

A matriz energética brasileira é caracterizada pela elevada participação de fontes de energias renováveis em sua composição, com 44,1% (BRASIL, 2012), oriundas de fontes renováveis como a energia hidrelétrica e a biomassa. A participação de biocombustíveis como o biodiesel pode contribuir para o aumento da energia renovável na composição dessa matriz e diminuir a dependência de fontes não renováveis como o diesel e a gasolina. De acordo com JASPER (2009), os biocombustíveis são fontes de energias renováveis que são derivados de produtos agrícolas como plantas oleaginosas, cana-de-açúcar, biomassa florestal e outras fontes de matéria orgânica. Entre os biocombustíveis está o biodiesel, que segundo BRASIL (2012) é definido como um combustível derivado da biomassa renovável para ser usado em motores de combustão com ignição por compressão, ou para outra maneira de geração de energia que possa substituir os combustíveis de origem não renovável. O uso do biodiesel como fonte de energia ajuda diminuir a emissão de CO₂ na atmosfera, resultando em mitigação dos impactos ambientais gerados pelo uso de fontes de energia de origem fóssil.

O processo de secagem de grãos de soja é comumente realizado através da aplicação de calor, de forma controlada, a fim de retirar uma determinada quantidade de água presente nos grãos. Contudo, a secagem dos grãos não afeta somente o conteúdo de água dos produtos, mas também altera outras propriedades físicas, químicas e biológicas, tais como a atividade enzimática, a viscosidade e o rendimento de óleo. Tal desvantagem pode ser minimizada com a utilização do processo de secagem de forma mais adequada, o que torna necessário, portanto, um profundo estudo do processo, dos equipamentos e dos parâmetros utilizados.

Assim, o objetivo deste trabalho foi analisar comparativamente o rendimento do óleo bruto extraído de grãos de soja em função dos teores de água inicial e da secagem com diferentes temperaturas, utilizando uma estufa de circulação forçada e convecção do ar.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho experimental foi desenvolvido na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Campus Chapadão do Sul (CPCS), Laboratório de Pós-Colheita de Grãos, localizado no município de Chapadão do Sul (MS). Os grãos de soja foram colhidos com teores de água de 25 e 19% (b.u.) e secos em estufa de convecção com ventilação forçado do ar, nas temperaturas de 75, 90, 105 e 120 °C. A secagem foi realizada até os grãos atingirem a umidade de equilíbrio higroscópica. Para cada temperatura do ar de secagem foram realizados três testes de secagem, sendo que para cada teste, foram utilizados 5 kg de grãos de soja. A temperatura e umidade relativa do ambiente foram monitoradas, ao longo de toda a secagem, com auxílio de um psicrômetro.

O teor de água das sementes em (% b.u.) foram determinados a partir da pesagem de 15 g de amostra. Em seguida, as amostras foram colocadas em estufa com ventilação e aquecimento de ar, regulado a 103 °C ± 1 °C durante 24 h, segundo as recomendações de BRASIL (2009). Após, as amostras foram retiradas e colocadas em um dessecador para

resfriamento. O teor de água em (% b.u.) foi determinado pela diferença de massa entre a amostra inicial e final. Os testes foram realizados em três repetições.



FIGURA 1. Estufa de circulação do ar forçada.

O teste de condutividade elétrica foi realizado em grãos de soja, segundo metodologia descrita por VIEIRA e KRZYZANOWSKI (1999). Foram utilizadas 50 sementes para 4 subamostras de cada tratamento e pesadas com precisão de duas casas decimais (0,01g). As amostras foram colocadas para embeber em copos plásticos com 75 mL de águas deionizadas e mantidas em câmara refrigerada do tipo (B.O.D.) com temperatura controlada a 25 ± 2 °C, durante 24 horas. As soluções contendo as sementes foram levemente agitadas para uniformização dos lixiviados, e imediatamente procedeu-se à leitura em um condutivímetro digital portátil modelo CD-850 “Instrutherm”, sendo os resultados divididos pela massa das 50 sementes e expressos em $\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$ de sementes.

Para análise do rendimento de óleo, os grãos de soja foram triturados com auxílio de um multiprocessador doméstico (modelo PRO, ARNO). Após a extração, pesou-se 5 gramas da amostra e em seguida toda a massa foi transferida para um cartucho de papel. Os cartuchos foram colocados dentro de cestos metálicos, que logo após foram misturados com 150 mL de hexano P.A. e conectados a uma cápsula de extração. Para a extração do óleo de soja, utilizou-se o método do Soxhlet. Monitorou-se o gotejamento do solvente e a extração do óleo durante 4 horas. Após a extração, a válvula de fluxo foi fechada e o solvente foi recuperado. O becker contendo a miscela foi desacoplado do sistema e levado para uma estufa com circulação e renovação de ar para evaporação do solvente até o conjunto (becker + óleo) apresentar-se em peso constante. O teor de óleo foi determinado por gravimetria.

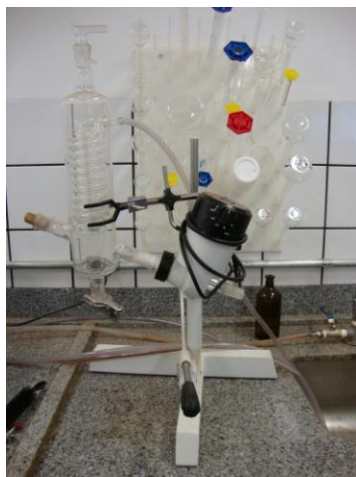


FIGURA 2. Soxhlet para extração do óleo.

O experimento foi montado em um delineamento inteiramente casualizado (DIC) (4x2), sendo os tratamentos, 4 temperaturas do ar de secagem (75, 90, 105 e 120 °C) e 2 teores de água inicial (19 e 25% b.u.). Os dados foram analisados por meio de análise de variância, utilizando-se o teste “t” a 1 e 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Figuras 3 e 4 estão às curvas de secagem dos grãos de soja com teores de água inicial de 25 e 19% (b.u.) para as temperaturas de 75, 90, 105 e 120 °C. Observou-se que o aumento dos teores de água dos grãos, nas mesmas temperaturas, as taxas de secagem aumentam em um estágio inicial. Com o decorrer do tempo essa taxa diminui e cessa a dependência com o teor de água inicial. Verificou-se também, nas Figuras 1 e 2, que com o aumento da temperatura as taxas de secagem aumentam para todos os valores de teor de água inicial dos grãos, manifestando-se de forma mais pronunciada nas temperaturas mais elevadas. O aumento da temperatura de secagem influencia acentuadamente o processo de secagem, diminuindo o teor de água dos grãos e o tempo de secagem final. Tal fato ocorre devido o aumento da disponibilidade de energia para vaporização da água e da elevação do coeficiente de transferência de massa com o aumento da temperatura do ar de secagem.

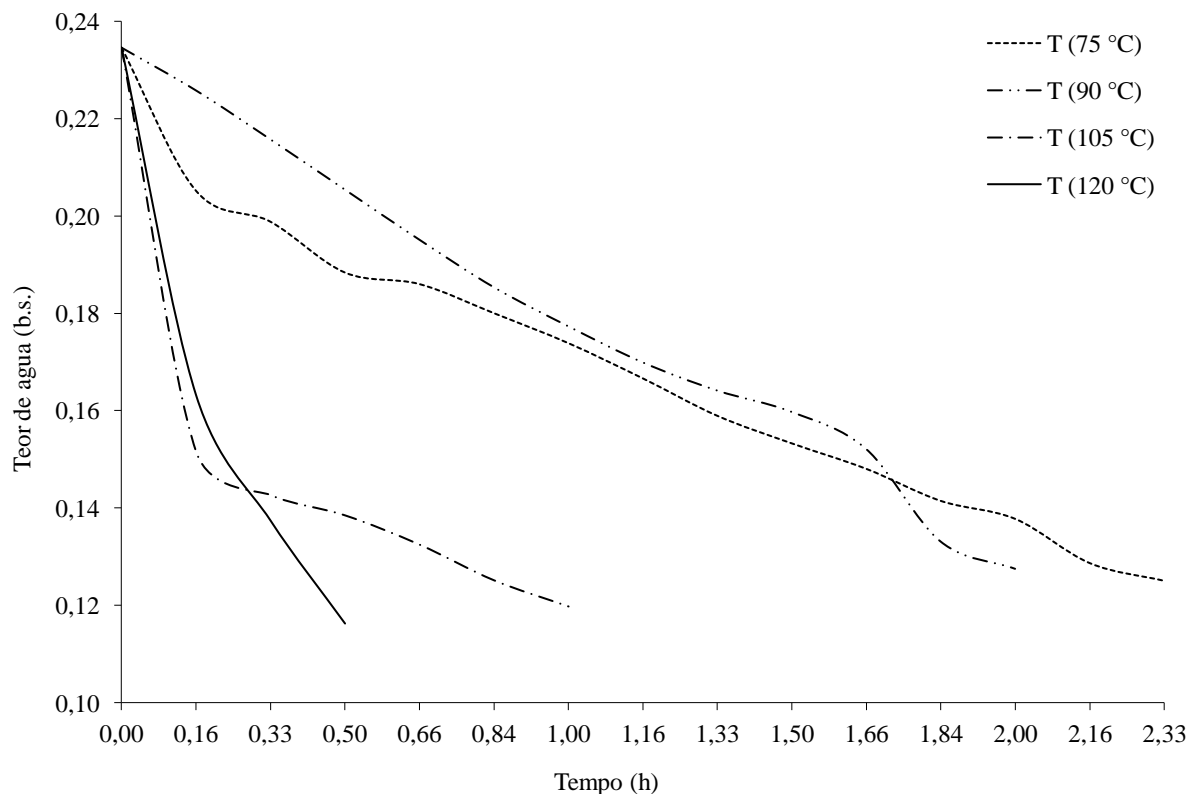


FIGURA 3. Curvas de secagem de grãos de soja com teor de água inicial de 19% (b.u.).

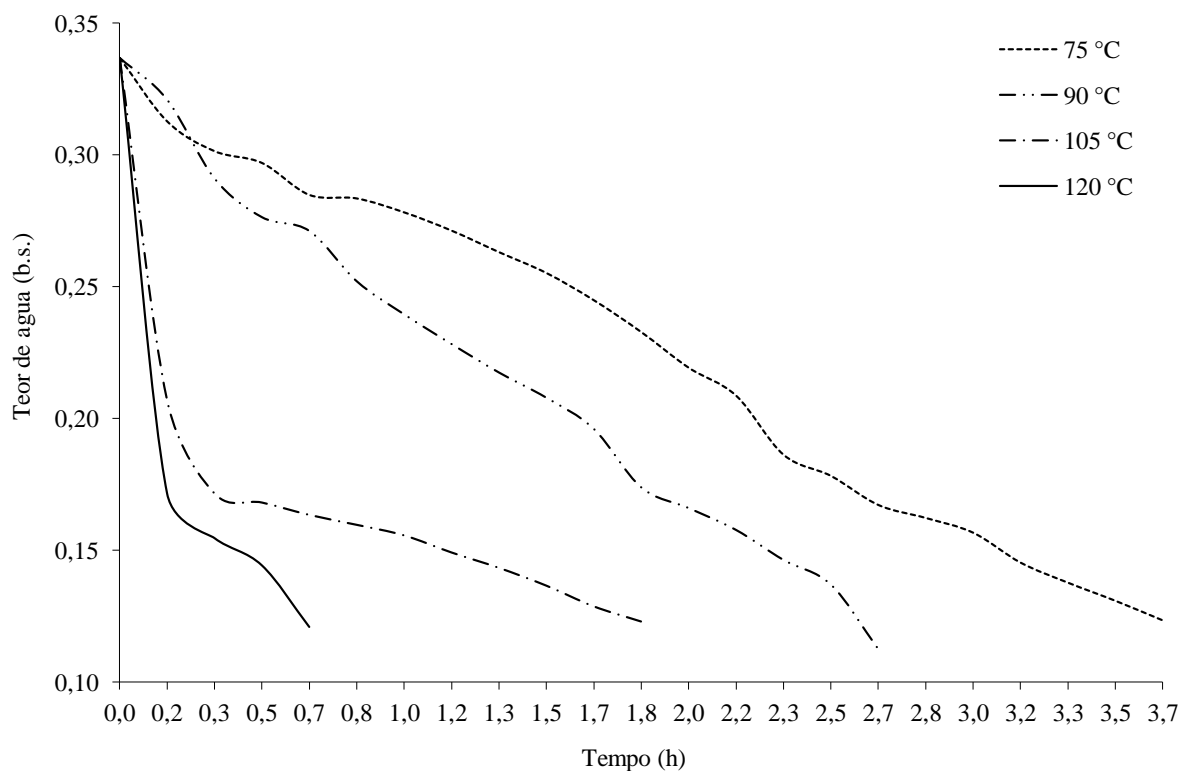


FIGURA 4. Curvas de secagem de grãos de soja com teor de água inicial de 25% (b.u.).

De acordo com Na Tabela 1, observa-se que as variações dos teores de óleo para diferentes temperaturas e teores de água inicial não foram significativos a 1 e 5% de probabilidade.

TABELA 1. Análise de variância do rendimento de óleo (%) de grãos de soja após secagem

| FV | GL | SQ | QM | FC | Pr>Fc |
|-----------------------|----|--------|------|------|----------------------|
| Temperatura | 2 | 24,78 | 8,26 | 1,49 | 0,2320 ^{NS} |
| Umidade | 1 | 4,32 | 2,16 | 0,39 | 0,6785 ^{NS} |
| Temperatura x umidade | 2 | 4,01 | 4,01 | 0,72 | 0,3993 ^{NS} |
| Erro | 30 | 193,01 | 5,51 | | |
| Total corrigido | 35 | 226,15 | | | |

CV (%) = 14,67 Média geral: 16,00 ^{NS}Não significativo a 1 e 5% de probabilidade

Os resultados obtidos nas Tabelas 2 e 3, verificou-se que, a variação da temperatura de secagem e do teor de água inicial não alterou significativamente o rendimento de óleo bruto dos grãos de soja.

TABELA 2. Resultados médios de rendimento de óleo (%) em grãos de soja após secagem com diferentes temperaturas

| Temperatura do ar de secagem (°C) | Médias |
|-----------------------------------|---------|
| 75 | 15,37 a |
| 90 | 15,59 a |
| 105 | 17,20 a |
| 120 | 15,69 a |

Estudando o efeito de cinco temperaturas de secagem de grãos de soja (Ar ambiente, 40, 60, 80 e 100 °C), OLIVEIRA (2008) não observou diferença no rendimento de óleo de soja com temperatura de secagem acima de 40 °C, no entanto, esse valor foi mais visível a partir de um período de armazenamento superior a oito meses. Ao avaliar o efeito da temperatura de secagem de grãos (20-25, 35-40, 55-60 e 75-80 °C), ZENI (2010) também não encontrou diferença estatística significativa em um efeito imediato do processo de secagem. POHNDORF (2012), ao estudar o rendimento do óleo de soja extraído de grãos armazenados em diferentes umidades (12 e 16% b.u.) e temperaturas (8, 13, 18, 23 e 28°C), não encontrou diferença estatística significativa entre os tratamentos empregados. Os resultados verificados neste trabalho corroboram com os registrados na literatura, não detectando efeito imediato do método de secagem sobre o rendimento de óleo de soja.

TABELA 3. Resultados médios de rendimento de óleo (%) em grãos de soja com diferentes teores de água inicial (% b.u.) após secagem

| Teor de água inicial (% b.u.) | Médias |
|-------------------------------|---------|
| 19 | 15,73 a |
| 25 | 16,37 a |

Analisando, separadamente a temperatura de secagem, observou-se na Tabela 4, que houve alterações no rendimento de óleo bruto ao longo da secagem, independente da temperatura utilizada. Verificou-se na Tabela 5, que quanto menores os teores de água dos grãos maior foi o rendimento de óleo, isto significa que, a temperatura do ar de secagem não influenciou no rendimento do óleo. Por outro lado, a diminuição dos teores de água dos grãos de soja favoreceu o processo de extração, ou seja, aumentou a eficiência de extração, aumentando também o rendimento do óleo.

TABELA 4. Análise de variância do rendimento de óleo (%) de grãos de soja após secagem

| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
|-----------------|----|------------|-------|-------|---------|
| Temperatura | 4 | 170,03 | 42,50 | 17,30 | 0,0002* |
| Erro | 10 | 24,56 | 2,45 | | |
| Total corrigido | 14 | 194,599493 | | | |

CV (%) = 12,16 Média geral = 12,89 *Significativo a 1% de probabilidade

TABELA 5. Resultados do rendimento de óleo (%) de grãos de soja com diferentes teores de água ao longo da secagem

| Teor de água (% b.u.) | Médias |
|-----------------------|---------|
| 25 | 7,78 a |
| 19 | 7,98 a |
| 17 | 8,04 a |
| 16 | 9,63 a |
| 15 | 15,06 b |
| 14 | 15,59 b |
| 13 | 16,15 b |

Na Tabela 6, verificaram-se variações significativas da condutividade elétrica para os diferentes tratamentos de temperatura do ar de secagem e teores de água inicial dos grãos de soja.

TABELA 6. Análise de variância do teste de condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$) em grãos de soja após secagem

| FV | GL | SQ | QM | FC | Pr>Fc |
|-----------------------|----|----------|----------|-------|---------|
| Temperatura | 3 | 13589,55 | 6794,77 | 6,531 | 0,0044* |
| Umidade | 1 | 10523,68 | 10523,68 | 10,11 | 0,0034* |
| Temperatura x umidade | 3 | 24123,01 | 12061,50 | 11,59 | 0,0002* |
| Erro | 30 | 31209,66 | 1040,32 | | |
| Total corrigido | 35 | 79445,91 | | | |

CV (%) = 7,26 Média geral: 444,07 *Significativo a 1% de probabilidade

Analisando-se os resultados das Tabelas 7 e 8, observou-se que o aumento da temperatura do ar de secagem aumentou os valores de condutividade elétrica dos grãos de soja. O aumento da condutividade elétrica pode ter implicado em danos maiores causados pela temperatura do ar de secagem na estrutura celular dos grãos, ao longo da secagem, levando-os a perda de qualidade fisiológica e nutricional. Da mesma forma, verificou-se que teores de água iniciais maiores aumentam o risco de deterioração dos grãos ao longo da secagem, por ficarem mais tempo expostos as temperaturas do ar de secagem.

TABELA 7. Resultados médios do teste de condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$) em grãos de soja após secagem com diferentes temperaturas

| Temperatura do ar de secagem ($^{\circ}\text{C}$) | Médias |
|---|------------|
| 75 | 418,12 a |
| 90 | 449,20 a b |
| 105 | 464,87 b |
| 120 | 489,15 c |

TABELA 8. Resultados médios do teste de condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$) em grãos de soja após secagem com diferentes teores de água inicial

| Teor de água inicial (% b.u.) | Médias |
|-------------------------------|----------|
| 19 | 426,97 a |
| 25 | 461,16 b |

A diferença significativa dos tratamentos de secagem com diferentes temperatura e teores de água iniciais dos grãos de soja pode ser claramente observada nas Tabelas 9 e 10. Ficou evidente que, o aumento da temperatura do ar de secagem e dos teores de água dos grãos prejudicou a qualidade dos grãos de soja ao longo da secagem.

TABELA 9. Análise de variância do teste de condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$) em grãos de soja após secagem com diferentes temperaturas e teores de água inicial

| FV | GL | SQ | QM | FC | Pr>Fc |
|-------------|----|----------|---------|------|---------|
| Temperatura | 3 | 18927,72 | 9463,86 | 9,09 | 0,0008* |
| Temperatura | 3 | 18784,84 | 9392,42 | 9,02 | 0,0008* |
| Erro | 30 | 31209,66 | 1040,32 | | |

*Significativo a 1% de probabilidade

Notou-se que, a quantidade de eletrólitos lixiviados dos grãos de soja aumentou ao longo da secagem, principalmente na exposição do produto a temperaturas mais elevadas. ULLMANN et al. (2010), verificaram a redução na porcentagem de germinação de sementes de pinhão manso ao mesmo tempo em que houve aumento na condutividade elétrica.

TABELA 10. Resultados médios do teste de condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$) em grãos de soja após secagem com diferentes temperaturas e teor de água inicial

| Temperatura do ar de secagem ($^{\circ}\text{C}$) | Teor de água inicial (19% b.u.) | Teor de água inicial (25% b.u.) |
|---|---------------------------------|---------------------------------|
| 75 | 396,17 a A | 502,24 b B |
| 90 | 412,94 a A | 423,30 a A |
| 105 | 471,79 b A | 457,96 a b A |
| 120 | 489,15 b A | 483,76 a A |

Médias seguidas pela letra minúscula na coluna, para cada temperatura do ar de secagem, maiúsculas nas linhas para cada teor de água inicial, não diferem entre si, a 1% de probabilidade.

Os danos em sementes a nível celular provocados pela retirada da água do seu interior, inicialmente pode causar alterações fisiológicas e bioquímicas que podem ser identificadas pelo teste de condutividade elétrica e não ser percebido claramente no teste de germinação (ULLMANN et al., 2010). Semelhantes resultados ocorreram neste trabalho, quando danos mecânicos foram observados pelo teste de condutividade elétrica, no entanto, não foi detectado redução no rendimento do óleo extraído da soja.

CONCLUSÕES

Concluiu-se que, a temperatura do ar de secagem e os diferentes teores de água inicial afetaram a qualidade dos grãos de soja ao longo do tempo de secagem, no entanto, não interferiu no rendimento de óleo final.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FUNDECT - MS de apoio financeiro para o desenvolvimento da pesquisa.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. 2009. 399 p.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Balanco Energético Nacional 2012**. Brasília, DF, 2012.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **A soja no Brasil**. Londrina – Paraná, 2012. Disponível em <<http://www.cnpso.embrapa.br>>. Acesso em: 23 abr. 2012.
- JASPER, S.P. **Cultura do crambe (*Crambeabyssinica* Hochst)**: avaliação energética, de custo de produção e produtividade em sistema de plantio direto. 2009. 103 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2009.
- OLIVEIRA, M. **Temperatura na secagem e condições de armazenamento sobre propriedades da soja para consumo e produção de biodiesel**. 2008. 70 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial)-Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2008.
- POHNDORF, R.S. **Efeitos da umidade e do resfriamento no armazenamento sobre a qualidade de grãos e do óleo de soja para fins comestíveis e de produção de biodiesel**. 2012. 71 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial)-Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2012.

RIBEIRO, D.M.; CORREA, P.C.; RODRIGUES, D.H.; GONELI, A.L.D. Análise da Variação das Propriedades Físicas dos Grãos de Soja Durante o Processo de Secagem. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, n°25, p. 611-617, jul/set 2005.

ULLMANN, R.; RESENDE, O.; SALES, J.F.; CHAVES, T.H. Qualidade das sementes de pinhão manso submetidas à secagem em diferentes condições de ar. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.41, n.3, p.442-447, 2010.

VIEIRA, R.D.; KRZYZANOWSKI, F.C. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Eds.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina, PR: ABRATES, 1999. Cap. 4, p.1-26.

ZENI, D.B. **Efeitos da temperatura na secagem e da umidade relativa no armazenamento sobre a qualidade de grãos e óleo de canola para biocombustível**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial)-Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2010.