

CINÉTICA DE SECAGEM DE SEMENTES DE *Amaranthus cruentus* BRS ALEGRIA EM ALTAS TEMPERATURAS

P. M. CRIVELARI COSTA¹, A. BIANCHINI², C. CANEPPELE²

¹ Eng. Agrônoma, Profa. Mestre, Depto. de Agronomia, Faculdade de Ciências Biológicas e Agrárias, UNEMAT, Alta Floresta – MT, patriciacrivellari@gmail.com.

² Eng. Agrônomo, Prof. Doutor, Depto. de Solos e Engenharia Rural, FAAZ/UFMT, Cuiabá – MT.

Apresentado no
XLIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2020
23 a 25 de novembro de 2020 - Congresso On-line

RESUMO: Objetivou-se estudar a cinética de secagem de sementes de *Amaranthus cruentus* BRS Alegria. Foram realizadas secagem nas temperaturas do ar de 60, 80 e 100 °C, em estufa de circulação forçada. A cinética de secagem do amaranto ocorreu no período de taxa decrescente, sendo fortemente influenciada pela temperatura do ar de secagem. As equações encontradas ajustaram eficientemente para valores dentro da faixa de temperatura de secagem estudada, sendo a equação de Midilli modificado a que deu melhor ajuste. O tempo para redução do teor de água de 21,1 para 11,5%, foi de 2,5, 3,5, e 7 horas e, para até 8,5%, foi de 4,25, 4,75 e 10,0 horas, para as temperaturas de 100, 80 e 60°C, respectivamente.

PALAVRAS-CHAVE: amaranto, secagem artificial, tempo de secagem

SEED DRYING KINETICS OF *Amaranthus cruentus* BRS ALEGRIA AT HIGH TEMPERATURES

ABSTRACT: The objective was to study the drying kinetics of *Amaranthus cruentus* BRS Alegria seeds. Drying was carried out at air temperatures of 60, 80 and 100 °C, in a forced circulation oven. The drying kinetics of amaranth occurred in the period of decreasing rate, being strongly influenced by the temperature of the drying air. The equations found adjusted efficiently to values within the studied drying temperature range, with the modified Midilli equation giving the best fit. The time to reduce the water content from 21.1 to 11.5% was 2.5, 3.5, and 7 hours, and for up to 8.5%, it was 4.25, 4.75 and 10.0 hours for temperatures of 100, 80 and 60 °C, respectively.

KEYWORDS: amaranth, high temperatures, drying time.

INTRODUÇÃO: Em pequena escala, sementes de amaranto podem ser secas naturalmente com a exposição ao ar ambiente (Abalone et al., 2006; Ronoh et al., 2009). Quando cultivadas em grande escala, o amaranto deve ser colhido com teor de água próximo dos 22%, recomendado para esta cultura (Spehar et al., 2003). Porém, com frequência, colhe-se com teores de água maiores, próximos dos 40%. Neste caso, torna-se necessária a secagem artificial para reduzir o teor de água e garantir a conservação destas sementes (Ronoh et al., 2009). Neste sentido, o uso de secadores artificiais, com o compromisso de preservar a qualidade fisiológica das sementes, torna-se técnica indispensável, e para tanto, deve-se conhecer a sua cinética de secagem. Em virtude do crescente interesse pelo amaranto, o estudo sobre a cinética de secagem de suas sementes tem despertado interesse de vários

pesquisadores (Abalone et al., 2006; Ronoh et al, 2009). Neste trabalho buscou-se estudar a cinética de secagem, em camada fina, de sementes de *Amaranthus cruentus* BRS Alegria, nas temperaturas do ar de secagem de 60, 80 e 100°C.

MATERIAL E MÉTODOS: O trabalho foi realizado na Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá - MT, Brasil. Foram utilizadas sementes de amaranto (*Amaranthus cruentus*), cultivar BRS Alegria, oriundas da safra 2018, conforme descrito por Silva (2019). A colheita foi realizada aos 90 dias após semeadura. As panículas foram colhidas manualmente, com 37% de teor de água, para diminuir perdas por deiscência (Spehar et al., 2003). Após manuseio e trilha das sementes, foi obtido o teor de água de 22%. Este foi realizado pelo método de estufa à $105 \pm 3^\circ\text{C}$ por 24 horas conforme Regras para a Análise de Sementes (Brasil, 2009). A secagem foi realizada com massa de sementes estáticas, espessura média de 25 ± 2 mm, sobre peneiras de aço inox, com 200 mm de diâmetro, malha inferior a um milímetro. Durante a secagem foram feitas pesagens das peneiras, em balança semi-analítica para verificar a perda de água nas sementes por diferença de peso. Para fins de modelagem matemática, considerou-se com fim da secagem até o teor de água de 8,5%. Foram utilizados os sistemas de secagem com ventilação artificial, forçada, com altas temperaturas, de 60, 80 e 100 °C. Foram realizadas as seguintes determinações: temperatura de secagem, em °C; umidade relativa do ar, em %; velocidade média do vento e do fluxo de ar na estufa-secadora, em m s^{-1} . Estas variáveis foram determinadas utilizando um termo-higro-anemômetro portátil (Icel, modelo WN-1800). A temperatura da massa de sementes, em °C, foi determinada utilizando termômetro de bulbo de mercúrio. O intervalo de tempo entre leitura, para as maiores temperaturas do ar de secagem maiores, de 100 e 80 °C, foram de 15 minutos (0,25 horas), inicialmente, aumentando para cada 30 minutos (0,5 horas) até o final do processo. Para a temperatura de 60 °C, iniciou-se leitura a cada meia hora, com leituras mais espaçadas ao final do processo. A umidade de equilíbrio (U_e) foi obtida pela equação de Henderson modificada (Equação 1), indicada por Pagano e Mascheroni (2005), como uma das que melhor representa o fenômeno da dessecção nas sementes de *Amaranthus cruentus* para uma ampla gama de temperaturas e umidades relativas, e também recomendada por Abalone et al. (2006). Desta forma, pôde-se calcular as razões de umidade (RU) do *Amaranthus cruentus* BRS Alegria, nas diferentes condições de secagem, por meio da Equação 2.

$$U_e = \left[\frac{\ln(1-RH)}{-1,1499 \times (T+24,2105)} \right]^{1/1,9639} \quad (1)$$

$$RU = \frac{U-U_e}{U_i-U_e} \quad (2)$$

em que,

- U_e - umidade de equilíbrio, decimal;
- T - temperatura do ar de secagem, em °C;
- RH - umidade relativa medida na saída do secador, decimal;
- U - teor de água do produto no tempo T, decimal; e,
- U_i - teor de água inicial do produto, decimal.

Aos dados de secagem foram ajustados os modelos matemáticos para prever a cinética de secagem de sementes de *Amaranthus cruentus* propostos na literatura (Abalone et al., 2006; Ronoh et al, 2009). Para o ajuste dos modelos matemáticos aos dados de secagem, realizou-se análise de regressão não linear, com o programa CurveExpert Professional 2.4.0 Trial version.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: As médias das temperaturas das massas de sementes, durante o processo de secagem, foram de 70, 60 e 50 °C; as das umidades relativas do ar na câmara de secagem, foram de 20,3, 22,8 e 33,4%; e da velocidade do fluxo de ar, foi de 0,7 m s⁻¹, para as temperaturas de 100, 80 e 60°C, respectivamente. O ensaio de secagem, com objetivo de remover parcialmente a água das sementes do *Amaranthus cruentus* BRS Alegria, em diferentes condições de temperatura, expressos pelo teor de água (%), em função do tempo de secagem (horas) foi executado e os resultados estão apresentados na Figura 1. Constatou-se que o tempo de secagem de amaranto, considerando a redução do teor de água à partir de 21,1, para 11,5% (usual em transações comerciais), foi, em média, de 2,5, 3,5 e 7,0 horas e, para 8,5% de umidade, foram de 4,25, 4,75 e 10,0, para as temperaturas de 100, 80 e 60 °C, respectivamente. O tempo de secagem encontrado neste trabalho foi superior ao tempo de secagem realizado por Abalone et al. (2006), para temperatura do ar de 60 °C, que teve um tempo de apenas 0,5 horas, com umidades relativas entre 30 e 60%, utilizando teor de água inicial de 13, 17, 20 e 24% de sementes de amaranto até a umidade de equilíbrio (entre 6 e 7%), e de 1,5 horas, para 30 °C, nas mesmas condições. Os autores não relatam sobre a espessura da massa de sementes. O tempo de secagem é função, além da temperatura de secagem e teor inicial das sementes, também, do tamanho das sementes e da camada utilizada no secador. Assim, comparações entre mesmas espécies, ou até mesmo espécies diferentes, carecem de mais informações. Observa-se que o binômio tempo x temperatura apresenta relação estreita com o processo de secagem (Figura 1).

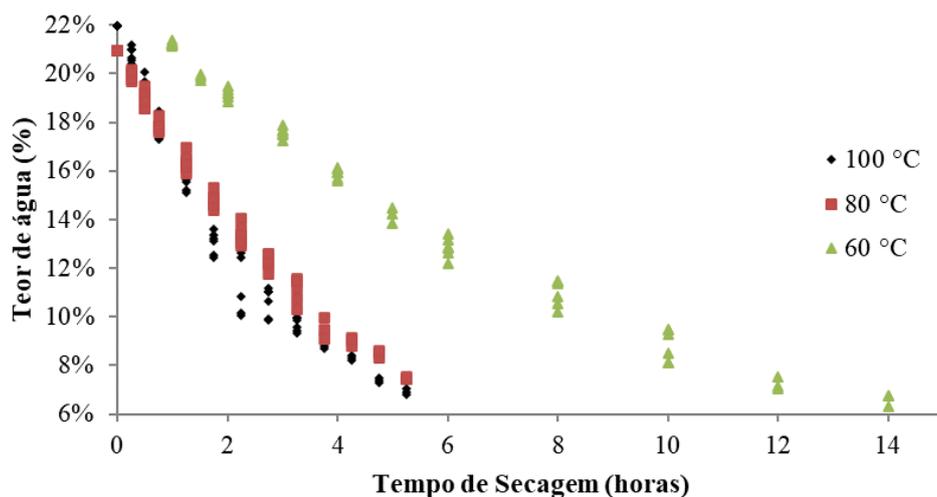


FIGURA 1. Teor de água, em percentagem, das sementes de *Amaranthus cruentus* BRS Alegria, em função do tempo de secagem, nas temperaturas do ar de 100 °C, 80 °C e 60 °C.

Ainda é possível notar, com o contínuo processo de secagem, com redução do teor de água, que os comportamentos das curvas de secagem são semelhantes, diferindo-se no tempo e na velocidade de secagem. As curvas de secagem apresentaram formas bem definidas, sem flutuações nos pontos, indicando uma condição de homogeneidade no secador. Verificou-se que a perda do conteúdo de água é mais rápida no início do processo de secagem, com uma região ligeiramente linear. Contudo, a tendência polinomial é evidenciada para todas as condições de temperatura estudadas. O modelo de Midilli modificado foi o que teve o menor valor do desvio padrão da estimativa para todas as condições e que melhor se ajustou aos dados. Quanto a distribuição dos resíduos, o modelo de Midilli modificado obteve distribuição dos resíduos aleatória quando ajustados aos dados de secagem a 80 e 60 °C, promovendo melhor ajuste. Assim, o modelo de Midilli modificado foi utilizado para representação gráfica da cinética de secagem de amaranto, conforme ilustra a Figura 2. É válido lembrar que, por serem de natureza empírica, essas equações só podem ser utilizadas

para prever dados de secagem para as condições de temperaturas e velocidades do ar de secagem estudadas.

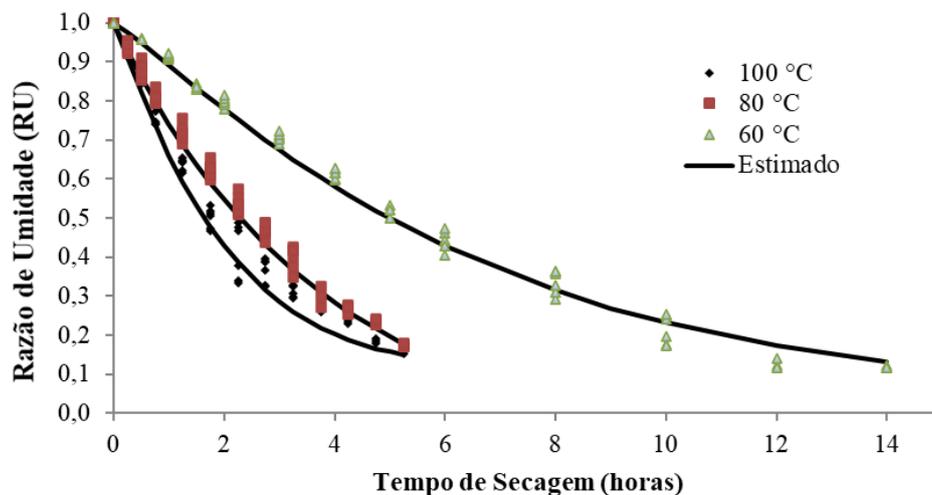


FIGURA 2. Curvas de secagem das sementes de *Amaranthus cruentus* BRS Alegria, experimentais e estimados pelo modelo de Midilli modificado, nas temperaturas da massa de sementes de 100, 80 e 60°C, durante o processo de secagem.

CONCLUSÕES: A cinética de secagem das sementes de *Amaranthus cruentus* BRS Alegria ocorre no período de secagem em taxa decrescente, sendo fortemente influenciada pela temperatura de secagem. O modelo de Midilli modificado foi a que melhor se ajustou aos dados de secagem de *Amaranthus cruentus* BRS Alegria. O tempo necessário para a redução do teor de água de 21,1 para 11,5%, foi de 2,5, 3,5, e 7 horas e, para 8,5%, foi de 4,25, 4,75 e 10 horas, para as temperaturas de 100, 80 e 60°C, respectivamente.

REFERÊNCIAS

- ABALONE, R.; GASTÓN, A.; CASSINERA, A.; LARA, M. A. Thin layer drying of amaranth seeds. **Biosystems Engineering**, v. 93, n. 2, p. 179–188, 2006.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: MAPA/ACS, 2009. 395 p.
- PAGANO, A. M.; MASCHERONI, R. H. Sorption isotherms for amaranth grains. **Journal of Food Engineering**, v. 67, p. 441-450, 2005.
- RONOH, E. K.; KANALI, C. L.; MAILUTHA, J. T.; SHITANDA, D. Modeling thin layer drying of amaranth seeds under open sun and natural convection solar tent dryer. **Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal**. Manuscript 1420, v. 6, 2009.
- SILVA, A. L. **Desempenho agrônômico e fisiológico do amaranto sob restrição hídrica**. 114f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá-MT, 2019.
- SPEHAR, C. R.; TEIXEIRA, D. L.; CABEZAS, W.; ERASMO, E. A. L. Amaranth BRS Alegria: Alternativa para diversificar os sistemas de produção. Brasília: **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 5, p. 659-663, 2003.