



DETERMINAÇÃO DA SECAGEM DE VEGETAIS NO ÂMBITO FARMACÊUTICO E DAS ENGENHARIAS

BUCEK, Elizabeth Uber^{1*}; CAMARGOS, Mariângela Terra Branco²; FINZER, José Roberto Delalibera¹;

¹ PPGEQ-MP/UNIUBE (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química – Mestrado Profissional / Universidade de Uberaba)

² Instituto Agronelli de Desenvolvimento Social, IADES, Uberaba-MG.
E-mail para contato: elizabeth.bucek@uniube.br

RESUMO – Os procedimentos de secagem em vegetais são empregados em diferentes áreas como alimentos, fitoterápicos, fitocosméticos, complemento alimentar e defensivos agrícolas. A utilização de métodos e interpretação das terminologias envolvendo procedimentos e processos de secagem usadas no âmbito farmacêutico e das engenharias, variam nestas áreas. Na área das engenharias a determinação de secagem envolve principalmente os ensaios umidade de equilíbrio, curva e taxa de secagem. Na área farmacêutica, aplica-se o método gravimétrico, o método azeotrópico e o método volumétrico, além da determinação da potência e a análise térmica. O enfoque dado por estes profissionais é diferente. O engenheiro explica o fenômeno de secagem através de modelos matemáticos, permitindo avaliar a eficiência do processo, e o farmacêutico, utiliza a aplicação das metodologias de secagem e de análise do teor de umidade a partir de dados experimentais.

1. INTRODUÇÃO

Os procedimentos de secagem no processamento de vegetais são empregados em diferentes áreas para produção de alimentos (principalmente os industrializáveis), na produção de matérias primas para elaboração de medicamentos fitoterápicos, fitocosméticos, complemento alimentar e defensivos agrícolas através de metodologias aplicadas nas áreas do engenheiro químico, engenheiro de alimento, farmacêuticos e químico que direta ou indiretamente contribuem com a agroindústria no país. A utilização de métodos e interpretação das terminologias envolvendo procedimentos e processos de secagem usadas no âmbito farmacêutico e das engenharias, variam nestas áreas.

O processo de secagem envolve fenômenos de transferência de calor e de massa durante o procedimento de secagem (Treybal, 1980) até uma determinada porcentagem estipulada, incluindo a conservação do material, ou seja, durante a vida de prateleira, o produto deve manter a umidade definida no processo. A capacidade de um material em absorver umidade do ambiente, está relacionada com sua característica higroscópica, como ocorre nos vegetais (Silva *et al.*, 2010). Este



fato envolve os conceitos de atividade de água e de umidade de equilíbrio. Estes dois conceitos estão relacionados com o teor de umidade de um material higroscópico após, por um período prolongado, permanecer sem proteção, exposto a um ambiente cuja a temperatura e a umidade relativa são determinadas e controladas (Corrêa *et.al.*, 2002).

Em estudos com sementes, Carvalho (1994) explica que quando na superfície do grão a pressão de vapor d'água é igual à pressão de vapor d'água do ar que o envolve, o grão pode ganhar (quando a umidade relativa no seu interior é mais baixa) ou ceder água (quando a umidade relativa no seu interior é mais elevada) para equilibrar sua própria umidade, com o meio em que ele se encontra exposto. Nos vegetais, a água é capaz de afetar as propriedades físicas através da sua interação com os outros componentes, como é relatado por Carvalho (1994), que relaciona este fato com a interação do produto e o meio que ele se encontra. Este fato embasa a preocupação da secagem de vegetais, dentre outros produtos, uma vez que, obtendo a redução do teor de umidade à uma porcentagem ideal que diminui ao máximo a interação da água com os componentes, contribui-se com a estabilidade pois preserva a qualidade fisiológica do vegetal (Danton Camacho *et al.*, 2004) e isto é necessário até a formulação do produto à base deste vegetal.

Sabendo-se que os vegetais absorvem umidade do meio em que eles se encontram expostos, salientamos a importância da qualidade da embalagem que se torna essencial na conservação da umidade do vegetal processado, dificultando assim a absorção do mesmo quando o meio ambiente apresenta maior umidade relativa. Estes fatores, obtenção e preservação da umidade reduzida do vegetal, são essenciais para determinação da vida de prateleira do produto (Silva *et al.*, 2010).

Os vegetais, hora são utilizados como alimentos, hora como medicamentos, hora como defensivos agrícolas, e isto implica na diversidade de instrumentos regulatórios elaborados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), que normatizam os parâmetros de qualidade e a competência legal de atuação dos profissionais habilitados, fazendo com que um mesmo vegetal deva ser processado de forma diferente e com variados parâmetros, dependendo da finalidade do produto gerado, como a secagem e o teor de umidade (Nascimento *et al.*, 2012; Brasil, 2014). Sendo assim, o objetivo deste trabalho é comparar a abordagem da determinação da secagem no âmbito farmacêutico e das engenharias.

2. DETERMINAÇÃO DE SECAGEM NO AMBITO DAS ENGENHARIAS

Na área das engenharias a análise do procedimento de secagem é realizada a uma temperatura fixa, definido como sendo a transferência de massa líquida do material que se deseja retirar a umidade para o ar circulante que passa pelo material, contendo umidade inferior em relação ao material a ser seco, ocorrendo assim uma transferência de massa até atingir a umidade de equilíbrio (EMC ou Me) entre ambas as partes (material a ser seco e ar circulante (Wilhelm *et al.*, 2004). A partir deste estágio não ocorre mais a troca líquida de umidade onde a secagem é concluída. Podemos assim dizer que a secagem consiste na retirada de água e substâncias voláteis, transformando-as em vapor.



As vantagens de obter material seco está na facilidade de seu carregamento e descarregamento por ser mais leve, por geralmente ter volume reduzido reduzindo os custos de transporte. No âmbito das engenharias as análises nos procedimentos de secagem são aplicadas, não apenas para os vegetais, mas como para os alimentos de forma geral, materiais orgânicos, inorgânicos e biológicos e os resultados de secagem, leva-se em consideração a fração mássica, que são expressos em base seca (X) ou base úmida (W) de acordo com a Equação (2.1).

$$X = W / (1 - W) \quad (2.1)$$

2.1. Umidade de Equilíbrio

A umidade de equilíbrio depende do tempo de exposição do material ao ambiente com uma umidade relativa (ϕ) e à uma temperatura fixa até atingir o equilíbrio com o ar circulante. Ela é inversamente proporcional à temperatura, sendo menor quando a temperatura é elevada. Matematicamente expressa-se a umidade de equilíbrio (Wilhelm *et al.*, 2004) através das Equações (2.2) a (2.5):

$$ERH = \exp\left(\frac{-K}{M_e^N}\right) \quad (\text{Halsey}) \quad (2.2)$$

$$ERH = 1 - \exp(-K t M_e^N) \quad (\text{Henderson}) \quad (2.3)$$

$$ERH = 1 - \exp(-K(t + C)M_e^N) \quad (\text{Henderson modificado}) \quad (2.4)$$

$$ERH = \exp\left(\frac{\exp(K + C t)}{M_e^N}\right) \quad (\text{Halsey modificado}) \quad (2.5)$$

Onde: ERH = umidade relativa (decimal)

M_e = teor de umidade de equilíbrio (% em base seca)

t = temperatura ($^{\circ}\text{C}$)

K, N, C = constantes (tabeladas) de cada material, (Iglesias and Chirife, 1982; Asae, 2000).

As equações devem ser testadas aos dados experimentais, e aquelas que melhor se ajustarem aos dados nas faixas estudadas de temperatura e umidade relativa do ar, serão utilizadas para calcular a umidade de equilíbrio ou a atividade de água do no material seco (Corrêa *et.al.*, 2002) podendo ser aplicados aos experimentos com vegetais. Finzer e colaboradores (2013) correlacionaram o teor de umidade de equilíbrio das folhas de chá mate (*Ilex paraguariensis*) com a atividade da água em estudo de secagem, visando a obtenção de matéria prima para a preparação de bebidas.



2.2. Curva de Secagem

A curva de secagem obtida através de dados experimentais mostra o comportamento específico de cada produto no processo de secagem. Na secagem ocorrem em simultâneo as transferências de calor e massa, que são demonstradas nas seguintes curvas: curva de evolução do teor de água do produto (X), curva de temperatura (T) e curva da velocidade de secagem (dX/dt), também chamada de taxa de secagem, no decorrer do tempo (Park *et al.*, 2007). A Figura 1 apresenta o comportamento das curvas de secagem em relação ao tempo com propriedades constantes.

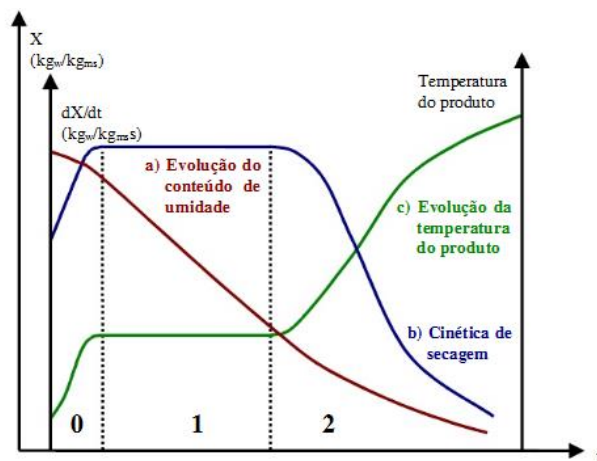


Figura 1: Curvas de secagem/tempo durante um experimento a propriedades constantes.

Fonte: (Park *et al.*, 2007)

A redução do teor de água do produto é verificada na curva (a) sendo obtida através da pesagem do produto. A velocidade (taxa) de secagem do produto é a diferenciação da curva (a), sendo, portanto, a variação da umidade em relação ao tempo (dX/dt). A variação da temperatura do produto em relação ao tempo é avaliada na curva (c), que é obtida através da verificação da temperatura do produto ao longo da secagem. Além disso, são verificados dois períodos de secagem, o período de taxa constante e o período de taxa decrescente de secagem. O período de taxa constante de secagem é representado pelo número 1 na Figura 1, sendo caracterizado como o período em que a água evapora como se estivesse em seu estado puro devido ao nível de umidade na superfície do material. O período de taxa decrescente de secagem é representado pelo número 2 (Figura 1) e possui como característica a redução da quantidade de água na superfície do produto, simultaneamente com a queda da pressão de vapor parcial da água, o que faz com que a velocidade de secagem seja reduzida, até o equilíbrio do produto com o ar, onde as pressões parciais de vapor serão iguais e a velocidade de secagem será zero (Park *et al.*, 2007).



3. DETERMINAÇÃO DE SECAGEM NO AMBITO FARMACEUTICO

No âmbito farmacêutico a determinação de secagem de vegetais está atrelada à quantificação de água no vegetal, e segue de uma forma geral, as metodologias normativas descritas na Farmacopeia Brasileira (Brasil, 2010), tendo como os ensaios específicos, aqueles descritos no item “Métodos de Farmacognosia: Análise de Drogas Vegetais”, que compreende três ensaios: método gravimétrico; método azeotrópico e método volumétrico, que são aplicados posteriormente à etapa amostragem. Além do método gravimétrico é descrito o ensaio doseamento e determinação da potência e o método termogravimetria ou análise térmica, que podem ser igualmente aplicados para os vegetais.

A denominação droga vegetal é atribuído aos vegetais que foram secos (Brasil, 2014), independente do processo de secagem, deste que respeitado a temperatura estipulada de até 40°C (temperatura esta que conserva a integridade da maioria dos metabólitos secundários), salvo em casos de processos de isolamento de substância do vegetal que não seja termolábil à temperatura pré-estipulada (>40°C). Apesar dos métodos de farmacognosia serem destinados à droga vegetal, os mesmos podem ser aplicados aos vegetais frescos com adequação do peso da amostra a ser analisada e o tipo de fragmentação se necessário. De acordo com Oliveira e colaboradores (1998), levando em conta as diferentes espécies vegetais, o teor de umidade em órgãos vegetais pode variar de 98 a 10 %, sendo eles: folha; caule; flor ou inflorescência; raiz, rizoma, cerne do tronco (madeira), córtex, fruto e semente.

Para os vegetais é necessário que a fragmentação do material seja o mais adequado em tamanho de partícula ou fragmento, para cada metodologia empregada e representativo quanto as partes inseridas na amostra a ser analisada uma vez que um órgão vegetal apresenta estruturas variadas que apresentam diferentes teores de água ou umidade. Como exemplo, uma amostra de folha deve conter proporcionalmente, limbo, nervura principal e secundária e pecíolo.

3.1. Método gravimétrico ou perda por dessecação

No método gravimétrico ou gravimetria (Brasil, 2010), também denominado de perda por dessecação, a secagem pode ser feita: em estufa; em balança com lâmpada infravermelha ou lâmpada halogenada, também denominado de analisador de umidade (Brasil, 1988); dessecação sob pressão reduzida sobre agente dessecante.

A análise gravimétrica em estufa e em balança com lâmpada infravermelho consiste na secagem de 2 a 5 g de vegetal a 100-105°C, por no mínimo 5 horas, até peso constante, em recipientes previamente tratados. Sabemos que neste método, além da água são eliminadas substâncias de qualquer natureza que se apresentam voláteis na temperatura estipulada. A perda por dessecação é determinada de acordo com a Equação (3.1)



$$\text{Perda por dessecação} = \frac{P_u - P_s}{P_a} \times 100 \quad (3.1)$$

Onde: P_u = peso do pesa-filtro contendo a amostra antes da dessecação

P_s = peso do pesa-filtro contendo a amostra antes da dessecação

P_a = peso da amostra

Dessecação até peso constante

Dessecação até peso constante é uma terminologia empregada para definir o momento de finalizar o processo de secagem, quando o controle é realizado pelo método gravimétrico, uma vez que nem sempre o peso da amostra seca se repete no final do procedimento de secagem devido a variação inerente à balança ou da presença de rearranjo molecular no vegetal que pode incorporar água em sua molécula. De acordo com a Farmacopeia Brasileira (Brasil, 2010) dessecação até peso constante é quando as duas últimas pesagens do vegetal que está em processo de secagem (com intervalo mínimo de 1 h) é $\leq 0,5$ mg/g de vegetal, para isto a balança utilizada na pesagem deve ter sensibilidade mínima de 0,0001 g.

Dessecação sob pressão reduzida sobre agente dessecante

As atividades de secagem preveem o processamento a uma menor pressão em relação a pressão atmosférica, denominado na Farmacopeia Brasileira como dessecação sob pressão reduzida ($\leq 6,7$ kPa; ≈ 50 mm de mercúrio) e sobre agente dessecante, podendo ser em um dessecador ou outro aparelho (Brasil, 2010). Esta metodologia é utilizada quando o vegetal tem substâncias termolábeis à temperatura usada pelos métodos gravimétricos tradicionais, porém quando usada esta técnica, as substâncias voláteis são igualmente eliminadas, além da água.

No âmbito farmacêutico as matérias primas vegetais são utilizadas com frequência na forma de droga vegetal (Brasil, 2014), que são insumos vegetais secos a no máximo 40°C, contendo ainda na sua composição um teor de umidade residual de até 16%. (Oliveira *et al.*, 1998; Brasil, 2010). Sendo assim, a análise de perda por dessecação pode ser realizada tanto no vegetal fresco (denominado no âmbito das engenharias como base úmida) como na droga vegetal, onde podemos denominar de base tratada a 40°C (ou base seca a 40°C), que se difere da base seca (b.s.) que é a amostras anidra, seca a 100-105°C (Brasil, 2010), é isenta de água e de substâncias voláteis nas condições do tratamento.

3.2. Método azeotrópico

O método azeotrópico determina o teor de água na amostra que se encontra na forma hidratada ou água absorvida, através de sua destilação lenta (2 Gts/seg. e 4 Gts/seg.) com tolueno saturado com



água. A água destilada se separa do tolueno devido a imiscibilidade das fases. O volume da água (mL) destilada no ensaio é quantificada em porcentagem em relação ao peso (g) da amostra avaliada.

3.3. Método volumétrico

O método volumétrico consiste na titulometria (Brasil, 2010), para a quantificação de água de hidratação ou absorvida nos vegetais, através do reagente de Karl Fisher (dióxido de enxofre, iodo, piridina, metanol ou outros). O ensaio é realizado em qualquer equipamento que possa ser eliminado a umidade do ar. Para os vegetais incolores aplica-se a titulometria direta, e para os que apresentam coloração é utilizada a titulação indireta (por retorno) onde o final da titulação é determinada por análise visual ou eletrometricamente.

A análise visual do ponto de viragem no processo volumétrico Karl Fisher, na prática, é pouco empregada pois o ponto de viragem (mudança de cor) é muito sutil, devido a presença dos metabólitos secundários nos vegetais que se oxidam com o reagente, interferindo na coloração, dificultando a visualização do ponto final da titulação, exigindo assim, grande experiência do analista e justificando a análise eletrométrica.

A análise eletrométrica (culombimetria) do ponto de viragem apresenta maior precisão. Esta metodologia demanda um dispositivo elétrico (2 eletrodos de platina) que gera diferença de potencial (200 mV) quando emergidos na solução a titular. Ao atingi o ponto de equivalência, uma gota do reagente (excesso), provoca elevação brusca do fluxo de corrente (50-150 A/30 segundos a 30 minutos) dependendo da solubilidade do material no reagente. Neste momento ocorre o ponto de viragem. É comum acoplar no sistema, tituladores automáticos, facilitando a leitura e o uso de dessecantes mantém o ar seco no sistema.

O cálculo do teor de água (mg/mL solução) na amostra utilizado no ensaio titulação direta, é determinado em mg pela Equação (3.2) e o método de titulação indireta pela Equação (3.3). Salientamos que na área farmacêutica a quantidade de material é designada de peso, enquanto que na área das engenharias é designada de massa.

$$\text{Teor de água (mg)} = v \times T \quad (3.2)$$

Onde: v = volume (mL) de reagente consumido;
 T = título do reagente.

$$\text{Teor de água (mg)} = T [v' - (v \times v_r)] \quad (3.3)$$

Onde: v = volume (mL) sol. padrão de água necessário para neutralização do reagente;
 v' = volume (mL) de reagente adicionado em excesso após a incorporação da tomada de ensaio;
 v_r = volume (mL) de reagente/mL de sol. padrão de água determinado na padronização
 T = título do reagente;



No método direto (Brasil, 2010), a padronização do reagente é através da determinação de seu título (T). Para amostras com quantidade de água $>1\%$ (referência água), o título é determinado pela Equação (3.4) e para amostras com traços de água ($< 1\%$), o título é determinado pela Equação (3.5), utilizando como referência o tartarato de sódio di-hidratado (fator de equivalência de água $< 2,0$). No método de titulação indireta, a padronização da solução padrão de água é realizada através da Equação (3.6).

$$T = \frac{p}{v} \quad (3.4)$$

$$T = 2 \times \left(\frac{18,02}{230,08} \right) \left(\frac{p}{v} \right) \quad (3.5)$$

Onde: p = massa (mg) da tomada de ensaio de sal
 v = volume (mL) de reagente consumido
 T = título do reagente
18,02 = peso molecular da água.
230,08 = peso molecular do tartarato de sódio di-hidratado

$$\text{Teor de água (mg/mL de solução)} = \frac{v' \times T}{25} \quad (3.6)$$

Onde: v' = volume (mL) de reagente consumido;
 T = título do reagente (mg/mL);
25 = alíquota de 25 mL da solução padrão

O estudo comparativo na determinação de teor de água (com umidade relativa do ar inferior a 90%) em 4 matérias-primas vegetais (Borges *et al.*, 2005) de diferentes espécies (*Calendula officinalis*, calêndula; *Foeniculum vulgare*, funcho; *Maytenus ilicifolia*, espinheira-santa; e *Passiflora alata*, maracujá), demonstrou que: 1) existe diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$) entre os métodos destilação azeotrópica e gravimetria em estufa quando os vegetais não apresentam em sua composição óleos essenciais, e a presença de óleos essenciais nos vegetais faz com que estes dois métodos apresentem diferença significativa; 2) o método de destilação azeotrópica quantifica de forma distinta o óleo essencial da água presentes no vegetal, enquanto o método gravimétrico em estufa considera como substância única a água e o óleo essencial, sendo este um processo mais moroso; 3) não há diferença significativa entre o analisador de umidade de halogênio de diferentes fabricantes (Americano e Suíço).



3.4 Termogravimetria ou análise térmica,

A análise térmica é aplicada no âmbito farmacêutico e das engenharias. A Farmacopeia Brasileira indica este ensaio para determinar o teor de umidade e/ou solventes (nos vegetais associamos à análise de substâncias voláteis) além do estudo do comportamento e da decomposição térmica, assim como o teor de cinzas, (Brasil, 2010) sendo uma metodologia que traz um estudo abrangente do efeito da temperatura sob o material analisado, dentre eles os vegetais. Araújo e colaboradores (2006) em estudo com o vegetal *Paullinia cupana*, concluiu que a análise térmica usada para quantificar o teor de umidade é comparável aos métodos convencionais, e com vantagem é um método mais rápido, utiliza menor quantidade de amostra, menos manipulação e obtenção do perfil termoanalítico do vegetal.

Na Figura 2 é demonstrado a curva termogravimétrica (TG) que se obtém no final do processo térmico e a curva termogravimétrica derivada (DTG) que é a derivada 1ª da TG, e que possibilita uma definição mais precisa do início e fim da perda de massa.

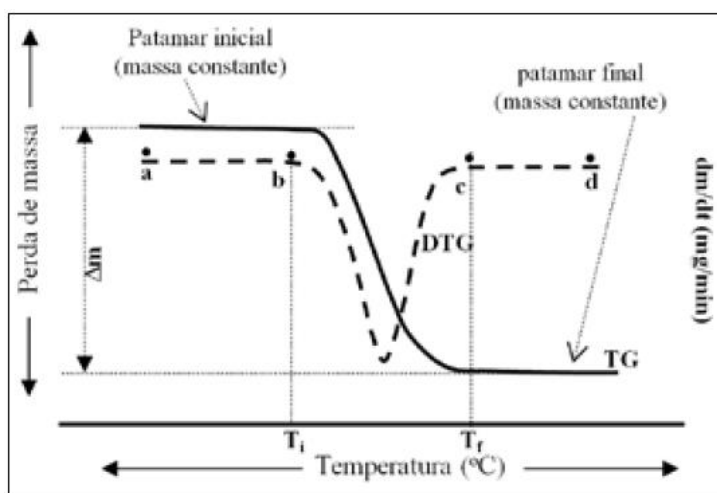


Figura 3 – Etapa de perda de massa da amostra Curva termogravimétrica (TG), termogravimétrica derivada (DTG – derivada 1ª da TG), intervalo reacional (bc); perda de massa da amostra (Δm); temperatura inicial (T_i) e final (T_f) da perda de massa; resultado expresso em % (m/m).

Fonte: Farmacopeia Brasileira (Brasil, 2010).

3.5 Doseamento e determinação da potência

O Doseamento e a determinação da potência de um vegetal, consiste na determinação da perda por secagem (água e substâncias voláteis à temperatura determinada), do teor de água, assim como outro doseamento em relação à substância (vegetal) ou ao vegetal seco ou a uma outra base específica (Brasil, 2010). Salientamos que o vegetal seco pode ser aquele que foi seco à $100 \pm 5^\circ\text{C}$ (determinado a totalidade da umidade e substâncias voláteis) ou a $40 \pm 1^\circ\text{C}$ (vegetal processado como matéria prima) sendo necessário especificar a temperatura de secagem da base seca.



4. CONCLUSÃO

O procedimento de secagem de vegetais é utilizado tanto no âmbito farmacêutico como das engenharias, porém com enfoques diferentes. O engenheiro, além de quantificar e propor o método de secagem, ele explica o fenômeno através de modelos matemáticos, permitindo avaliar a eficiência do processo.

O farmacêutico industrial com sua formação tecnológica, utiliza a aplicação das metodologias de secagem e de análise do teor de umidade a partir de dados experimentais. Este profissional apesar de disponibilizar diferentes metodologias para quantificação da umidade nos vegetais, usa praticamente o método gravimétrico e isto pode estar atrelado ao baixo custo desta metodologia e à presença e diversas substâncias no vegetal que podem interferir na análise dos resultados nos métodos de propostos.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa de Pós-Graduação Engenharia Química – Mestrado Profissional (UNIUBE) e ao Instituto Agronelli de Desenvolvimento Social (IADES) pelo apoio na execução deste trabalho

6. REFERÊNCIAS

ARAÚJO, A. A. de S.; MERCURI, L. P.; SEIXAS, S. R. S.; STORPIRTIS S., MATOS, J. de R.. Determinação dos teores de umidade e cinzas de amostras comerciais de guaraná utilizando métodos convencionais e análise térmica. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas*. V. 42, n. 2, p. 269-77, 2006.

ASAE, American Society of Agricultural Engineers. *ASAE standards 2000: standards, engineering practices*, data. 47 ed. Madison: Universidade de Wisconsin, 2000. 1013p.

BORGES, D. B., FARIAS, M. R., SIMÕES, C. M. O., SCHENKEL, E .P. Comparação das metodologias da Farmacopéia Brasileira para determinação de água em matérias-primas vegetais, e validação da determinação de água em analisador de umidade para *Calendula officinalis* L., *Foeniculum vulgare* Miller, *Maytenus ilicifolia* Mart. ex. Reissek e *Passiflora alata* Curtis. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, v. 15, n. 3, p. 229-236, 2005.

BRASIL. *Farmacopéia Brasileira*. 4ed., v.1, São Paulo: Atheneu, 1988. 392p.

BRASIL. *Farmacopeia Brasileira*. 5ed., v.1. Brasília: Anvisa, 2010. 546p.



BRASIL. Dispõe sobre o registro de medicamentos fitoterápicos e o registro e a notificação de produtos tradicionais fitoterápicos. *RDC 26 de 13 de maio de 2014*, Brasília: Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), 2014.

CARVALHO, N. M. *A secagem de sementes*. Jaboticabal: FUNEP-UNESP, 1994. 165p.

CORRÊA, P. C.; AFONSO JÚNIOR, P.C.; STRINGHETA, P. C.; CARDOSO, J. B. Equilíbrio higroscópico e atividade de água para ovo integral processado em “spray dryer”. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, Campina Grande, v.4, n.1, p.15-22, 2002.

FINZER, J.R.D., VALDUGA, A.T., PARCKERT, E.D.T., FERREIRA, P.M.M. Processing Leaves for the Preparation of Beverages. *Food and Public Health*, v. 3, n. 6, p. 257-266, 2013.

IGLESIAS, H.; CHIRIFE, J. *Handbook of Food Isotherms: Water Sorption Parameters For Food And Food Components*. New York: Academic Press, INC, 1982. 360p.

NASCIMENTO, D. T.; CRIBB, A. Y.; FREIRE JUNIOR, M. *Exigências da legislação ambiental para a implantação de agroindústrias: Documentos 116*, Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2012. 30p.

OLIVEIRA, F. D.; AKISUE, G.; AKISUE, M. K. *Farmacognosia*. São Paulo: Atheneu, 1998. 426p.

PARK, K.J.; ANTONIO, G.C.; OLIVEIRA, R.A.; PARK, K.J.B. *Apostila de conceitos de processo e equipamentos de secagem*, Campinas, CT&EA – Centro de Tecnologia e Engenharia Agroindustrial, 2007.

SILVA, A. S. A.; ALMEIDA, F. A. C.; ALVES, N. M. C.; MELO, K. S.; GOMES, J. P. Característica higroscópica e termodinâmica do coentro desidratado Hygroscopic and thermodynamic features of dehydrated coriander. *Revista Ciência Agronômica*, v. 41, n. 2, p. 237-244, 2010.

TREYBAL, R. E. *Mass-transfer operations*. 3ed. McGraw-Hill, 1980. 784p.

WILHELM, L. R.; SUTER, D. A.; BRUSEWITZ, G. H. *Food & Process Engineering Technology: Cap. 10 - Drying and Dehydration*. St. Joseph, Michigan: ASAE American Society of Agricultural Engineers, 2004.