



Taxa de evaporação em função do processo de recobrimento de grânulos de quebra pedra

Ana P. T. Rocha¹, Odelsia L. S. de Alsina², Osvaldo S. da Silva³,
Gilmar T. Araújo⁴ & Josivanda P. Gomes⁵

¹ UFCG, Campina Grande, PB. E-mail: ana_trindade@yahoo.com.br (Autora correspondente)

² UNIT, Aracaju, SE. E-mail: odelsia@uol.com.br

³ UFCG, Pombal, PB. E-mail: osvaldo_so2002@hotmail.com

⁴ UFCG, Campina Grande, PB. E-mail: gilmartrindade@ufcg.edu.br

⁵ UFCG, Campina Grande, PB. E-mail: josivanda@gmail.com

Palavras-chave:

secagem
leito de jorro
suspensão polimérica

RESUMO

Objetivou-se, neste trabalho, avaliar o efeito das variáveis do processo de recobrimento de grânulos de quebra-pedra (*Phyllanthus niruri* L.) com suspensão polimérica em secador de leito de jorro convencional sobre a taxa de evaporação. Os grânulos foram obtidos a partir do processo de granulação por via úmida do extrato seco de quebra pedra e, como ligante, o PVP-K30. A suspensão polimérica à base de Eudragit® foi atomizada sobre o leito de partículas. Foi realizado um delineamento composto central rotacional (DCCR) simétrico e de segunda ordem constituído de um fatorial 23, com 8 ensaios, 3 pontos centrais e 6 pontos axiais, totalizando 17 experimentos. Os resultados mostraram que a vazão de suspensão influencia positivamente a taxa de evaporação. As variáveis pressão e temperatura não apresentaram influência significativa na taxa de evaporação. Foram encontrados modelos estatisticamente significativos e preditivos para taxa de evaporação. Em se tratando das interações entre as variáveis do processo observa-se que vazão/temperatura, pressão/vazão e pressão/temperatura exercem efeito significativo sobre a taxa de evaporação.

Key words:

spouted bed
drying
polymeric suspension

Evaporation rate as a function of the process of coating of stone-breaker granules

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of the variables of the coating process of stone-breaker (*Phyllanthus niruri* L.) granules with polymeric suspension in a conventional spouted bed dryer whilst on the evaporation rate. The granules were obtained from the granulation process by wet dry extract of breaking stone, using PVP-K30 as a binder. The suspension of the base polymer Eudragit® was atomized on the bed of particles through the atomized dual-fluid, located at the top of the column. A central rotatable composite design (CRCD) symmetrical and of second order was realized, constituted of a factorial 23, with 8 tests, 3 central points, and 6 axial points, totalizing 17 experiments. The results showed that the evaporation rate correlated positively with the suspension flow rate, while pressure and temperature had no significant effect on the evaporation rate. The experimental design enabled the development of statistically significant predictive models for the evaporation rate. Regarding the effect of the interactions between process variables on the evaporation rate, flow/temperature, pressure/flow and pressure/temperature significantly affected the evaporation rate.

INTRODUÇÃO

Durante muito tempo o uso de plantas medicinais foi o principal recurso terapêutico utilizado para tratar a saúde das pessoas e de suas famílias; entretanto, com os avanços ocorridos no meio técnico-científico, sobretudo no âmbito das ciências da saúde, novas maneiras de tratar e curar as doenças foram surgindo. Uma dessas maneiras consiste no uso de medicamentos industrializados, gradativamente introduzidos no cotidiano das pessoas através de campanhas publicitárias que prometia curar as mais diversas doenças. Desde então, o uso de

plantas medicinais vem sendo substituído pelos medicamentos alopáticos (Badke et al., 2011). Segundo a Organização Mundial de Saúde, o uso de plantas medicinais tornou-se amplamente útil mesmo em países industrializados, como forma complementar para curar e prevenir doenças (Samali et al., 2012). Em um contexto geral a utilização de extratos de plantas para propósitos medicinais tem suscitado maior interesse nos últimos anos Oliveira & Petrovick (2010).

A fitoterapia no Brasil é uma opção que se adequa às necessidades de vários municípios no atendimento primário à saúde. Os fatores da expansão da fitoterapia se devem aos

efeitos adversos dos fármacos sintéticos, à preferência dos consumidores por tratamentos “naturais”, crescente validação científica das propriedades farmacológicas de espécies vegetais, desenvolvimento de novos métodos analíticos para o controle de qualidade, desenvolvimento de novas formas de preparações e administração dos produtos e relativo baixo custo (Moreira et al., 2010) como o uso da quebra-pedra (*Phyllanthus niruri*) no tratamento da urolitíase.

Segundo Asare et al. (2012) a quebra pedra (*P. niruri*) é uma planta medicinal encontrada nos trópicos e em outras partes do mundo apresentando a capacidade de bloquear a formação de cristais de oxalato de cálcio e a formação de pedra na urolitíase. No extrato etanólico da planta foi detectada, por análise fotoquímica e por cromatografia, a presença de alcaloides, esteroides, terpenos, cumarinas, compostos fenólicos como taninos e flavonoides (Cimanga et al., 2004; Borini et al., 2009).

Usualmente, as plantas medicinais são utilizadas em diversas formas, mas as indústrias farmacêuticas têm especial interesse pelos extratos vegetais secos uma vez que as formas farmacêuticas sólidas normalmente recobertas oferecem muitas vantagens sobre as formas convencionais líquidas, tais como menores custos de armazenamento, maior concentração e estabilidade das substâncias ativas (Gallo et al., 2013).

O recobrimento polimérico de medicamentos diminui o tempo de processamento e reduz a afluência de água durante o revestimento, o que resulta em aumento da estabilidade da droga (Bley et al., 2009). Outra vantagem reconhecida do recobrimento é a possibilidade de liberação controlada do princípio ativo facilitando a absorção entérica e protegendo a mucosa do trato digestivo.

Dentre os vários tipos de processos existentes atualmente para se realizar operações de revestimento em partículas, o processo no leito de jorro tem-se demonstrado promissor devido à facilidade de operação, controle e qualidade do produto obtido (Paulo Filho et al., 2006; Almeida & Rocha, 2008; Rocha et al., 2011).

Existem poucos trabalhos sobre recobrimento de extratos fitoterápicos secos sendo necessários estudos que visem obter conhecimento sobre o comportamento das variáveis de processo em leito de jorro no recobrimento de granulados de extratos vegetais secos. Sendo assim, objetivou-se estudar o processo de recobrimento de grânulos de quebra-pedra com suspensão polimérica, em secador de leito de jorro convencional analisando a influência das variáveis do processo (pressão de atomização (P_{at}), vazão de suspensão (W_s) e temperatura do ar de entrada (T_{ar}) sobre a taxa de evaporação.

MATERIAL E MÉTODOS

Utilizou-se extrato de quebra-pedra adquirido na Yod Comércio de Produtos Naturais Ltda. (São Paulo) apresentando-se como um pó fino de coloração pardo-clara e odor característico.

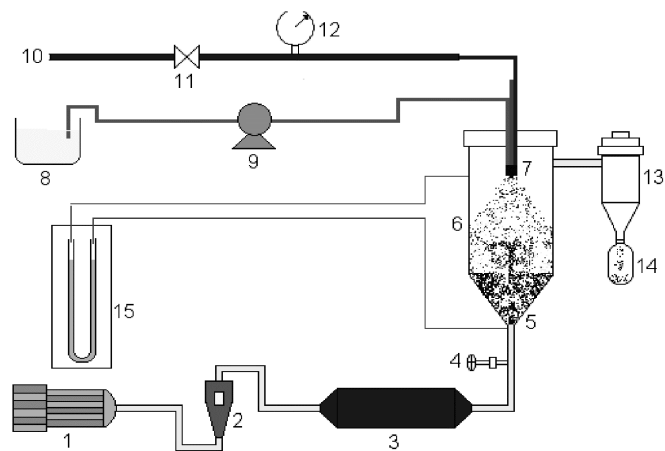
Os grânulos de quebra-pedra usados nos experimentos de recobrimento foram preparados via úmida usando-se o extrato seco de quebra-pedra e polivinilpirrolidona (PVP)

K-30. Os grânulos foram preparados de acordo com a seguinte formulação: 75% ($m \cdot m^{-1}$) de extrato seco de quebra-pedra 25% ($m \cdot m^{-1}$) de polivinilpirrolidona K-30.

O material obtido apresentou distribuição granulométrica de 1,7 a 3,35 mm, tamanho de partícula adequado para uso em leito de jorro (Rocha et al., 2009).

A formulação da suspensão de recobrimento foi a mesma utilizada por Silva et al. (2006) composta de 1,0% de estearato de magnésio, 1,20% de dióxido de titânio, 0,75% de polietileno glicol, 2,75% de talco, 16,7% do polímero Eudragit L30-D55[®], 0,50% de citrato de trietila, 0,80% de corante e 76,35% de água destilada. A concentração de sólidos na suspensão foi de 12%.

O secador de leito de jorro (Figura 1) era constituído de uma base cônica de acrílico, com ângulo interno de 60° acoplada a uma coluna cilíndrica, também em acrílico. O ar de secagem era fornecido ao sistema por um soprador (1) aquecido por um conjunto de resistências (3). A vazão do ar na entrada era medida por um rotâmetro (2) e controlada por uma válvula (4). A pressão dentro do leito foi medida por um manômetro diferencial em U (15). A suspensão de recobrimento (8) era transportada por uma bomba peristáltica (9) até o bico atomizador de duplo fluido (7) e uma linha de ar comprimido (10) fornece ar ao bico atomizador sendo a pressão do ar medida por um manômetro de Bourdon (12) e a vazão controlada por uma válvula (11).



1. Soprador. 2. Rotâmetro. 3. Aquecedor. 4. Válvula. 5. Entrada do leito. 6. Coluna. 7. Atomizador. 8. Reservatório da suspensão. 9. Bomba peristáltica. 10. Linha de ar comprimido. 11. Válvula. 12. Manômetro Bourdon. 13. Ciclone. 14. Coleta de pó. 15. Manômetro diferencial.

Figura 1. Equipamento experimental

Após o recobrimento as partículas ficavam jorrando durante 10 min para redução do seu teor de água evitando o empacotamento e facilitando a retirada do material. Considerou-se como fim do processo de recobrimento quando 0,5 kg de suspensão foi totalmente alimentado sobre o leito de partículas. As condições de operação do leito de jorro estão mostradas na Tabela 1.

Visando obter um estudo melhor sobre a otimização do processo e analisar a influência das variáveis de entrada: pressão de atomização (P), vazão de suspensão (W) e temperatura do ar de entrada (T) sobre a taxa de evaporação, escolheu-se a metodologia de delineamento de composto central rotacional

Tabela 1. Condições operacionais usadas nos experimentos de recobrimento dos grânulos de quebra-pedra

Condições operacionais	Valores
Carga de partículas (g)	400,00
Altura do bico atomizador (cm)	1,00
Velocidade do ar na entrada do secador (m s ⁻¹)	0,69
Pressão de atomização (bar)	0,50-1,5
Vazão da suspensão de recobrimento (g min ⁻¹)	6,00-12,00
Temperatura do ar de secagem (°C)	50,00-70,00
Tamanho das partículas (mm)	1,70-3,35

(DCCR) ou seja, o planejamento fatorial completo 2³ + configuração estrela, com 3 pontos repetidos no nível central totalizando 17 experimentos; a Tabela 2 apresenta as variáveis e os níveis utilizados nos ensaios experimentais de recobrimento.

Tabela 2. Variáveis independentes e seus níveis

Variáveis	Níveis				
	-1,68	-1	0	+1	+1,68
P _{at} (bar)	0,26	0,50	1,00	1,50	1,84
W _s (g min ⁻¹)	3,96	6,00	9,00	12,00	14,04
T _{ar} (°C)	43,20	50,00	60,00	70,00	76,80

A taxa de evaporação do leito de jorro durante o recobrimento foi calculada a partir do seguinte balanço de massa (Eqs. 1 e 2)

$$\text{Entrada} = M_{I(\text{grânulos})} \cdot X_I + M_{H_2O(\text{suspensão})} \quad (1)$$

$$\text{Saída} = M_{F(\text{grânulos})} \cdot X_F \quad (2)$$

onde:

- M_{I(grânulos)} - massa inicial dos grânulos
- X_I - umidade dos grânulos sem recobrimento
- M_{F(grânulos)} - massa final dos grânulos
- X_F - umidade dos grânulos com recobrimento
- M_{H₂O(suspensão)} - massa de água contida na suspensão alimentada

Assim, a taxa de evaporação foi calculada através da Eq. 3:

$$\text{Taxa de evaporação} = \frac{(\text{Entrada} - \text{Saída})}{\text{Tempo}} \quad (3)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 3 são apresentados os resultados para cada ensaio de recobrimento de acordo com o planejamento experimental fatorial completo 2³ + configuração estrela + 3 experimentos no ponto central (repetição), DCCR, totalizando 17 experimentos.

Os resultados apresentados mostram que a vazão de suspensão influencia positivamente a taxa de evaporação, ou seja, com o aumento da vazão ocorre aumento da taxa de evaporação, porém para a faixa de valores estudados neste trabalho, a pressão e a temperatura não influenciaram significativamente a taxa de evaporação, o que é um fato bastante curioso, pois se esperava que esta segunda variável tivesse

Tabela 3. Matriz de planejamento delineamento composto central rotacional (DCCR) com os resultados dos ensaios de recobrimento sobre a resposta taxa de evaporação (TE)

Exp.	P _{at} (bar)	W _s (g min ⁻¹)	T _{ar} (°C)	TE (g min ⁻¹)
1	(-) 0,5	(-) 6,0	(-) 50	4,61
2	(+) 1,5	(-) 6,0	(-) 50	4,68
3*	(-) 0,5	(+) 12,0	(-) 50	9,42
4*	(+) 1,5	(+) 12,0	(-) 50	9,82
5	(-) 0,5	(-) 6,0	(+) 70	4,71
6	(+) 1,5	(-) 6,0	(+) 70	4,99
7	(-) 0,5	(+) 12,0	(+) 70	9,53
8	(+) 1,5	(+) 12,0	(+) 70	9,26
9	(0) 1,0	(0) 9,0	(0) 60	7,26
10	(0) 1,0	(0) 9,0	(0) 60	7,24
11	(0) 1,0	(0) 9,0	(0) 60	7,26
12	(-1,68) 0,26	(0) 9,0	(0) 60	7,23
13	(+1,68) 1,84	(0) 9,0	(0) 60	7,23
14	(0) 1,0	(-1,68) 3,96	(0) 60	3,16
15	(0) 1,0	(+1,68) 14,04	(0) 60	10,90
16*	(0) 1,0	(0) 9,0	(-1,68) 43,2	6,95
17	(0) 1,0	(0) 9,0	(+1,68) 76,8	7,04

* Ensaios executados de forma intermitente

grande influência, comportamento que pode ser explicado se for considerado que, com temperaturas mais elevadas, o filme de recobrimento seca mais rápido fazendo com que o teor interno de água do grânulo fique ocluso e não consiga evaporar.

Sousa et al. (2010) verificaram, investigando a fluidodinâmica e o comportamento térmico para um sistema de leito de jorro tendo como inerte partículas de vidro, que o transporte de partículas molhadas foi realizado para as taxas de fluxo de água a partir de 20 até 70 mL min⁻¹, para temperaturas de entrada de ar de 100 e 120 °C. Como se trata de esfera de vidro verificou-se que as taxas de evaporação foram superiores às encontradas neste trabalho visto que as partículas de vidro não retêm água no seu interior.

Com base nos dados da Tabela 4, todas as variáveis independentes foram significativas com nível de 95% de confiança quando a resposta é taxa de evaporação, com exceção da pressão quadrática e temperatura linear. A pressão linear e a vazão linear apresentam efeito positivo e todas as demais variáveis apresentaram efeito negativo sobre a resposta.

A variável independente estudada que apresenta maior influência sobre a resposta, foi a vazão de suspensão (W) linear, o que pode ser observado na Tabela 4 e na Figura 2; as demais variáveis apresentam efeitos significativos porém bem inferiores ao efeito principal causado pela vazão da suspensão de recobrimento; na construção do modelo empírico foram utilizados apenas os efeitos significativos, como escrito na Eq. 4:

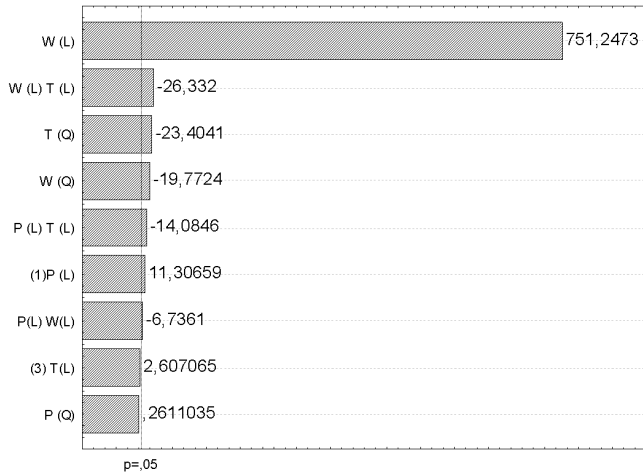
$$\text{TE} = 7,250 + 0,035P + 0,004P^2 + 2,348W - 0,067W^2 + 0,008T - 0,080T^2 - 0,027PW - 0,057PT - 0,108WT \quad (4)$$

Observando o diagrama de Pareto (Figura 2) verifica-se que, de todas as variáveis independentes a que teve maior influência estatística sobre a taxa de evaporação foi a vazão de suspensão linear sendo esta influência positiva, ou seja, com o aumento desta variável a taxa de evaporação também

Tabela 4. Coeficientes de regressão para taxa de evaporação

	Coeficiente de regressão	Erro padrão	t(2)	p	Limite de confiança	
					-95%	+95%
Média	7,250	0,007	1089,760	0,000001	7,221	7,278
P (L)	0,035	0,003	11,250	0,007804	0,022	0,049
P (Q)	0,004	0,003	1,039	0,407849	-0,011	0,018
W (L)	2,348	0,003	751,247	0,000002	2,335	2,362
W (Q)	-0,067	0,003	-19,537	0,002610	-0,082	-0,052
T (L)	0,008	0,003	2,607	0,120998	-0,005	0,022
T (Q)	-0,080	0,003	-23,138	0,001863	-0,095	-0,065
P(L) W(L)	-0,027	0,004	-6,736	0,021336	-0,045	-0,010
P(L) T(L)	-0,057	0,004	-14,085	0,005003	-0,075	-0,040
W(L) T(L)	-0,108	0,004	-26,332	0,001439	-0,125	-0,090

t(2) - Teste t; Q - Quadrático; L - Linear; P - pressão de atomização; W - vazão de suspensão; T - temperatura do ar de entrada



Q - Quadrático; L - Linear; P - pressão de atomização; W - vazão de suspensão; T - temperatura do ar de entrada

Figura 2. Diagrama de Pareto para taxa de evaporação

aumenta exercendo influência diretamente na qualidade final do produto; esta variável foi estudada por Spreutels et al. (2014) na secagem de leveduras, os quais também constataram que a taxa de evaporação de água controla a qualidade final do produto.

Através do teste F para regressão, observa-se que o valor da razão de F calculado sobre o F tabelado é 206,3, indicando que o modelo, além de ser estatisticamente significativo, é altamente preditivo com 95% de confiança (Tabela 5).

A Figura 3A confirma que o modelo ajustado aos dados da taxa de evaporação apresenta bom ajuste haja vista que os pontos experimentais se encontram distribuídos sobre a reta diagonal.

A Figura 3B mostra uma distribuição aleatória dos resíduos indicando que o modelo representa adequadamente as variações na taxa de evaporação para a faixa estudada.

Os valores experimentais são bem representados pelo modelo ajustado indicando a validação do modelo podendo ser utilizado

Tabela 5. Análise de variância (ANOVA) para taxa de evaporação

Fonte de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F _{cal}
Regressão	75,50297	7	10,79	678,62
Resíduos	0,14286	9	0,0159	
Total	75,64982	16		

Varição explicada (R²) = 0,99 F_{7; 9; 0,05} = 3,29

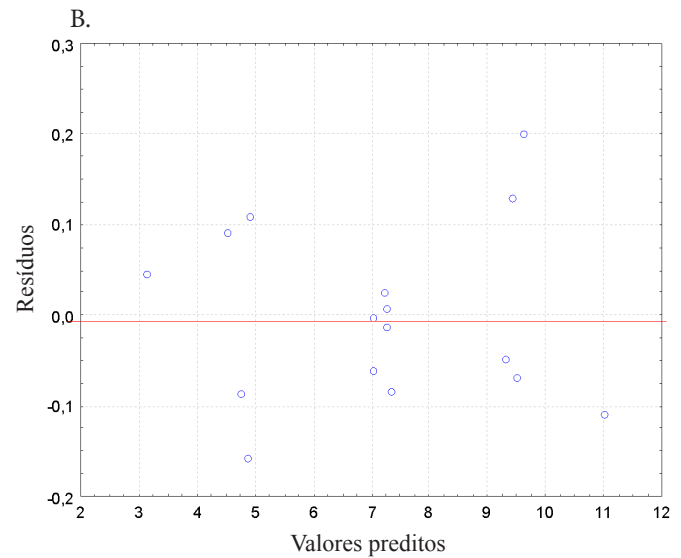
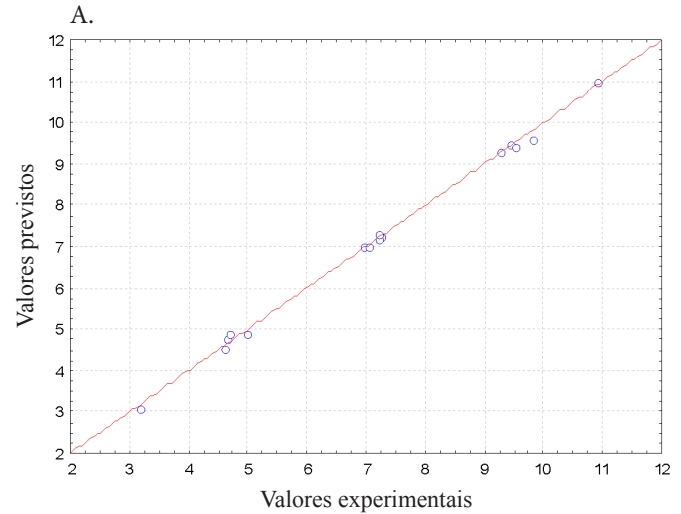


Figura 3. Valores experimentais versus valores previstos (A) e valores preditos versus resíduos (B) pelo modelo para taxa de evaporação

para gerar superfícies de resposta não apenas para analisar tendências, mas também para analisar regiões de interesse.

A Figura 4 apresenta as superfícies de resposta da taxa de evaporação em função da vazão e da temperatura, da pressão, da vazão e da pressão e temperatura, respectivamente.

A Figura 4A ilustra os efeitos da temperatura do ar de secagem e da vazão da suspensão quando a pressão de atomização está

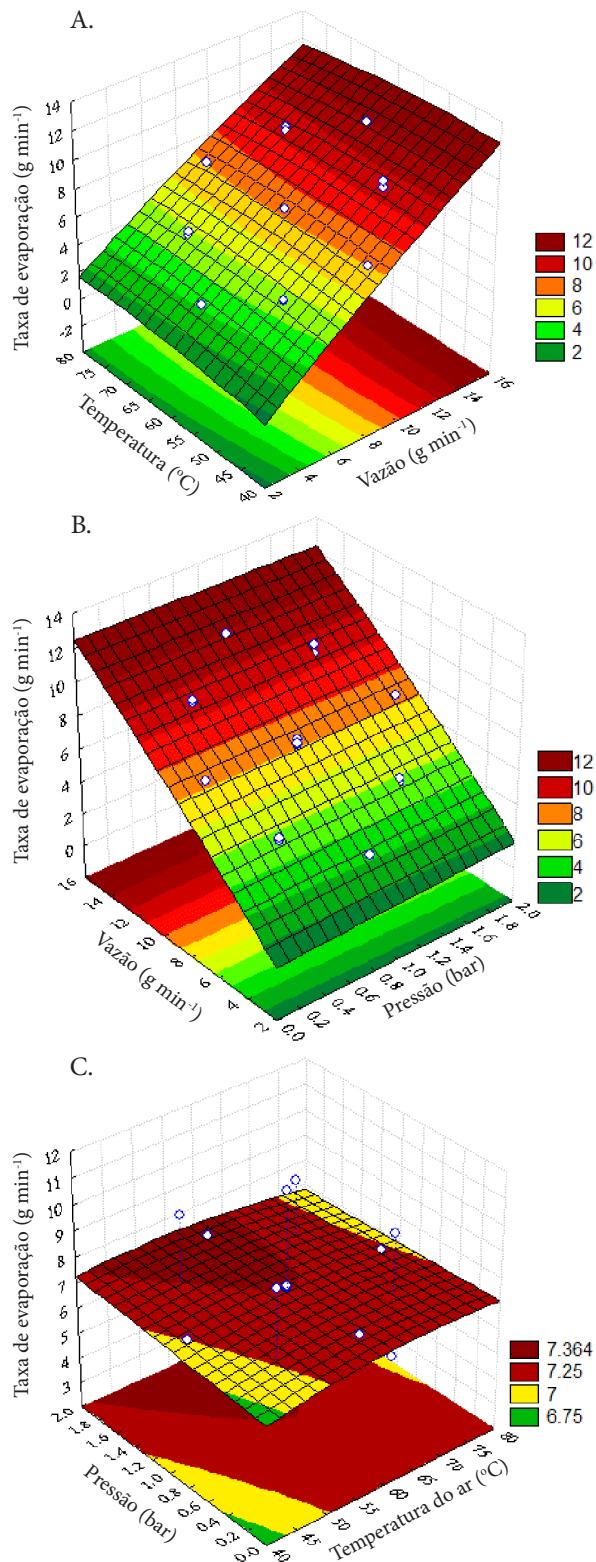


Figura 4. Superfície de resposta da taxa de evaporação em função da temperatura e vazão (A), vazão e pressão (B) e pressão e temperatura (C)

fixada no ponto central. O comportamento da taxa de evaporação observado através da superfície de resposta pode ser explicado da seguinte forma: um aumento da vazão aumenta a quantidade de líquido no interior do leito favorecendo o molhamento das partículas e, conseqüentemente, a evaporação.

Não foram observadas mudanças significativas da taxa de evaporação quando se varia a temperatura do ar de secagem visto que, para baixas temperaturas, a umidade do interior dos grânulos é eliminada ao longo da secagem havendo contribuição da umidade retirada do grânulo e da umidade da suspensão de recobrimento; já para temperaturas elevadas a secagem do filme na superfície da partícula se dá mais rapidamente, o que impede a retirada da umidade do interior do grânulo devido à formação da película; desta forma, ocorre efeito compensatório entre a temperatura e as contribuições da umidade tanto do grânulo como da suspensão de recobrimento, para taxa de evaporação.

Benali (2012) investigou o comportamento da secagem da dispersão de amido de ervilha amarela para a geração de pó, com partículas de Teflon como veículos inertes, em secador de leito de jorro nas temperaturas de entrada de ar entre 100 e 240 °C, em diferentes intervalos, e teor de sólidos inicial de 38%, em massa e observou que esse tipo de secagem é mais adequado para processar o amido de ervilha amarela do que o secador de bandejas e que o processo é afetado significativamente pela temperatura do ar de entrada, superior a 140 °C e pela taxa de alimentação do produto; também se constatou, neste estudo, que na temperatura de 100 °C a taxa de evaporação cai devido o encapsulamento do material inerte com a criação de camadas, semelhante ao fenômeno observado no presente trabalho provocando diminuição da geração de pó, o que vem corroborar com a observação da baixa influência da temperatura na taxa de evaporação na faixa estudada que provoca a criação do filme observado contribuindo, então, para retenção de água no interior na fina camada inicial e, por conseguinte, no interior do material estudado; com isto se verifica que o controle de temperatura é de grande importância nos diversos processos e que depende muito do tipo de produto que está sendo processado (Amutio et al., 2012). Assim, no mecanismo de formação do filme de suspensão de revestimento a transferência de calor e massa do interior do sistema é modificada em virtude da presença do grânulo de quebra-pedra.

Fazendo a análise do comportamento da taxa de evaporação em relação à pressão de atomização e vazão da suspensão de recobrimento, quando se mantém a temperatura no ponto central (Figura 4B) pode-se observar que a taxa de evaporação aumenta com o aumento da vazão de suspensão para qualquer valor de pressão confirmando, mais uma vez, o efeito positivo da vazão de suspensão, já discutido.

Observa-se ainda, na Figura 4C que, dentro da faixa estudada, a pressão não exerceu influência significativa na taxa de evaporação e que um aumento de pressão tende a dar uma contribuição negativa ao processo de secagem do material estudado.

Quando se mantém a vazão fixa no ponto central e se faz uma análise das diferenças das variáveis pressão e temperatura do ar de secagem dentro da faixa estudada observa-se que, praticamente, não há variação no valor da taxa de evaporação, como mostrado na Figura 4C, confirmando a pouca influência das variáveis temperatura e pressão sobre a variável estudada podendo-se observar que a importância da temperatura sobre a taxa de evaporação é mais significativa do que a pressão de

atomização. Justifica-se, também, o fato da contribuição da variável temperatura na formação da película que irá reter a umidade no interior do grânulo formado quando a temperatura tende ao ponto de máximo.

CONCLUSÕES

1. No processo de recobrimento de grânulos de quebra-pedra com suspensão polimérica em secador de leito de jorro convencional dentro das faixas de vazão da suspensão de recobrimento, da temperatura e da pressão do ar de secagem, a variável que teve maior influência no processo foi a vazão de suspensão de recobrimento.

2. A influência da variável temperatura do ar de entrada sobre a taxa de evaporação não foi significativa dentro da faixa estudada e um aumento dessa temperatura do ar de secagem tende a provocar a criação de um filme sobre a superfície do grão, antes da secagem do seu interior.

3. Assim como a temperatura, um aumento da pressão do ar de secagem dentro da faixa estudada não resultou num aumento significativo da taxa de evaporação.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, pelo financiamento da pesquisa.

LITERATURA CITADA

- Almeida, C.; Rocha, S. C. S. Eficiência do processo de recobrimento de sementes de brócolos recobertas com polímero em leito de jorro. *Agricultural Engineering*, v.28, p.305-314, 2008.
- Amutio, M.; Lopez, G.; Artetxe, M.; Elordi, G.; Olazar, M.; Bilbao, J. Influence of temperature on biomass pyrolysis in a conical spouted bed reactor. *Resources, Conservation and Recycling*, v.59, p.23-31, 2012.
- Asare, G. A.; Bugyei, K.; Sittie, A.; Yahaya, E. S.; Gyan, B.; Adjei, S.; Addo, P.; Wiredu, E. K.; Adjei, D. N.; Nyarko, A. K. Genotoxicity, cytotoxicity and toxicological evaluation of whole plant extracts of the medicinal plant *Phyllanthus niruri* (Phyllanthaceae). *Genetics and Molecular Research*, v.11, p.100-111, 2012.
- Badke, M. R.; Budó, M. L. D.; Silva, F. M.; Ressel, L. B. Plantas medicinais: o saber sustentado na prática do cotidiano popular. *Escola Anna Nery Revista de Enfermagem*. v.15, p.132-139, 2011.
- Benali, M. Drying of yellow pea starch on inert carriers: Drying kinetics, moisture diffusivity, and product quality. *Journal of Food Engineering*, v.110, p.337-344, 2012.
- Bley, O.; Siepmann, J.; Bodmeier, R. Protection of moisture-sensitive drugs with aqueous polymer coatings: Importance of coating and curing conditions. *International Journal of Pharmaceutics*, v.378, p.59-65, 2009.
- Borini, G. B.; Andrade, T. C.; Freitas, L. A. P. Hot melt granulation of coarse pharmaceutical powders in a spouted bed. *Powder Technology*, v.189, p.520-527, 2009.
- Cimanga, R. K.; Tona, L.; Luyindula, N.; Mesia, K.; Lusakibanza, M.; Musuamba, C. T.; Apers, S.; Bruyne, T. de; Miert, S. van; Hermans, N.; Totté, J.; Pieters, L.; Vlietinck, A. J. In vitro antiplasmodial activity of callus culture extracts and fractions from fresh apical stems of *Phyllanthus niruri* L. (Euphorbiaceae): Part 2. *Journal of Ethnopharmacology*, v.95, p.399-404, 2004.
- Gallo, L.; Piña, J.; Bucalá, V.; Allemandi, D.; Ramírez-Rigo, M. V. Development of a modified-release hydrophilic matrix system of a plant extract based on co-spray-dried powders. *Powder Technology*, v.241, p.252-262, 2013.
- Moreira, T. M. S.; Salgado, H. R. N.; Pietro, R. C. L. R. O Brasil no contexto de controle de qualidade de plantas medicinais. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, v.20, p.435-440, 2010.
- Oliveira, O. W.; Petrovick, P. R. Secagem por aspersão (*spray drying*) de extratos vegetais: bases e aplicações. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, v.20, p.641-650, 2010.
- Paulo Filho, M.; Rocha, S. C. S.; Lisboa, A. C. L. Modeling and experimental analyses of polydispersed particles coating in spouted-bed. *Chemical Engineering and Processing*, v.45, p.965-972, 2006.
- Rocha, A. P. T.; Silva, V. S.; Silva, O. S.; Alsina, O. L. S. Caracterização física de grânulos de quebra-pedra para uso em leito de jorro. *Revista Eletrônica de Materiais e Processos*, v.4, p.32-37, 2009.
- Rocha, A. P. T.; Vasconcelos, R. F.; Araújo, G. T.; Silva, O. S.; Alsina, O. L. S. Avaliação do recobrimento de grânulos de quebra-pedra (*Phyllanthus niruri* L.) em leito de jorro - Cinética de liberação de flavonóides. *Revista Brasileira de Farmácia*, v.91, p.103-110, 2011.
- Samali, A.; Florence, D. T.; Odeniran, O. A.; Cordelia, O. N. Evaluation of chemical constituents of *Phyllanthus Niruri*. *African Journal of Pharmacy and Pharmacology*, v.6, p.125-128, 2012.
- Silva, O. S.; Souza, C. R. F.; Oliveira, W. P.; Rocha, S. C. S. In vitro dissolution studies of sodium diclofenac granules coated with Eudragit L-30D-55 by fluidized bed system. *Drug Development and Industrial Pharmacy*, v.32, p.661-667, 2006.
- Sousa, R. C.; Almeida, A. R. F.; Ferreira, M. C.; Freire, J. T. Analysis of fluid dynamics and thermal behavior using a vertical conveyor with a spouted bed feeder. *Drying Technology*, v.28, p.1277-1287, 2010.
- Spreutels, L.; Haut, B.; Chaouki, J.; Bertrand, F.; Legros, R. Conical spouted bed drying of Baker's yeast: Experimentation and multi-modeling. *Food Research International*, v.62, p.137-150, 2014.