



## MODELAGEM DA SECAGEM DO LÚPULO BRASILEIRO

Rafael do Amaral Campos Ghion\*, Mariana Barreto Carvalho Pinto, Flávio Luís Schmidt

Universidade de Campinas (Unicamp), Departamento de Tecnologia de Alimentos (DTA), Faculdade de Engenharia de Alimentos (FEA), Campinas, São Paulo, Brasil.

### 1. RESUMO

Foram recebidos lúpulos de três fontes distintas: Unesp Jaboticabal, empresas Van den Bergen e Dalcin Lúpulos, para análise de parâmetros como umidade, teores de ácidos amargos, e testes de granulometria, além da secagem, tendo como objetivo principal do estudo a observação do comportamento dos ácidos amargos e a modelagem dos parâmetros de secagem. A análise de umidade foi feita para verificar o desempenho da secagem realizada pelo produtor, idealmente entre 8 a 12% para o processamento de lúpulo. O teor de ácidos amargos mensurado serviu de base para comparação entre as variedades e com a literatura, visando analisar o desenvolvimento do plantio em território nacional. Os pré-testes tiveram como finalidade analisar a granulometria média, verificando a viabilidade dos equipamentos escolhidos, evitando problemas no processamento. A modelagem foi feita a partir dos dados obtidos da secagem dos cones de lúpulo, a fim de analisar a taxa de umidade, a difusividade de umidade efetiva, a energia de ativação e ajustar modelos matemáticos nas curvas de secagem.

**Palavras-chave:** lúpulo; secagem; ácidos amargos.

### 2. METODOLOGIA UTILIZADA

Para as análises de umidade e ácidos amargos, foram utilizadas todas as amostras da Dalcin Lúpulos e da Unesp Jaboticabal. Os pré-testes foram feitos com a variedade Chinook e a secagem com a variedade Mantiqueira, da empresa Van den Bergen.

O teste de umidade foi feito baseado no método oficial Hops-4 prescrito pela ASBC (American Society of Brewing and Chemists) (TECHNICAL COMMITTEE HOPS, 2011). A análise de ácidos amargos seguiu o método Hops-6 prescrito pela ASBC, sendo as amostras analisadas em triplicata.

Os pré-testes foram feitos com duas porções de 500 gramas de lúpulo da variedade Chinook, em duas peneiras de granulometrias diferentes. Os testes foram feitos em duplicatas, com porções de 50 gramas cada e em cinco peneiras com tamanhos diferentes (0,5; 0,6; 0,71; 0,84; 1,19; em milímetros).

O procedimento de secagem foi feito com a variedade Mantiqueira. As flores frescas foram secas em triplicata a 40, 55 e 70 °C em cestos perfurados de aço inoxidável. Durante toda a secagem o peso da amostra foi medido por uma cesta ligada ao computador e o teor de umidade a partir de um software integrado ao sistema. A partir dos dados obtidos foi

analisado os parâmetros de taxa de umidade, difusividade de umidade efetiva e energia de ativação e uma modelagem da curva de secagem, adaptando modelos matemáticos.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

**Tabela 1** - Variedades de Lúpulo suas características encontradas e os valores de referência.

Variedade	Umidade (%)	Teor de Alfa-ácido <sup>1</sup> (%)	Teor de Alfa-ácido de referência (%)	Teor de Beta-ácido <sup>1</sup> (%)	Teor de Beta-ácido de referência (%)
Chinook (safra 1)	35,91	0,60 ± 0,23	12,0 – 14,0	0,91 ± 0,08	3,0 – 4,0
Chinook (safra 2)	13,7	1,09 ± 0,03	12,0 – 14,0	1,64 ± 0,13	3,0 – 4,0
Southern Brewer	13,73	4,27 ± 0,16	5,6 – 12,0	2,61 ± 0,14	2,8 – 5,0
Hallertau Mittelfrüh	12,02	2,49 ± 0,17	3,0 – 5,5	1,20 ± 0,06	3,0 – 5,0
Cascade	18,96	1,36 ± 0,15	4,5 – 7,0	1,90 ± 0,20	4,5 – 7,0
Fuggle	17,74	1,07 ± 0,20	4,0 – 5,5	1,39 ± 0,14	1,5 – 2,0
Columbus	26,01	1,13 ± 0,50	14,0 – 16,0	1,60 ± 0,32	4,0 – 5,0
Saaz	11,34	1,32 ± 0,10	3,0 – 4,5	0,61 ± 0,02	3,0 – 4,5
Jaboticabal v1	10,9	3,77 ± 0,10	-	1,13 ± 0,09	-
Jaboticabal v2	9,51	3,77 ± 0,12	-	1,19 ± 0,05	-
Bullion	15,33	2,86 ± 0,11	6,7 – 12,9	1,43 ± 0,23	3,7 – 9,0
Mapuche	7,52	6,78 ± 0,15	7	2,20 ± 0,13	5,6

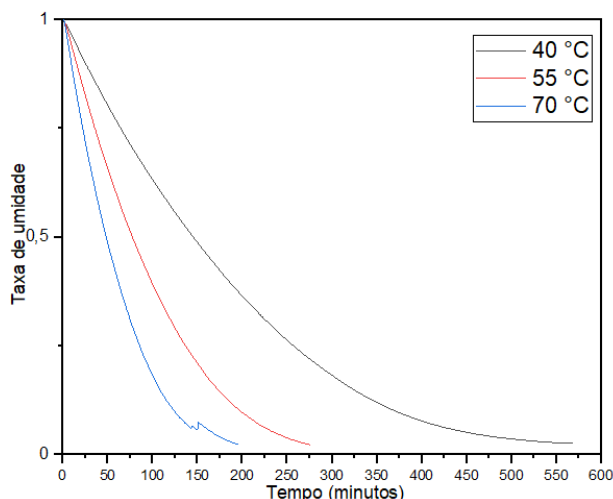
1 – Os dados foram ajustados para 10 % de umidade.

A partir dos dados de umidade apresentados na Tabela 1, nota-se que o teor de umidade das variedades estudadas está acima do padrão de 10 % de umidade para os cones (NEVE, 1991). Há uma grande variação no teor de umidade das amostras, indo de 7,52 % na variedade Mapuche, até 35,91 % na variedade Chinook, demonstrando a falta de controle dos produtores no processo de secagem, diminuindo a qualidade do produto. A Tabela 1, também apresenta valores encontrados e os de referência dos ácidos amargos, menos das variedades Jaboticabal v1 e v2, pois ainda estão em desenvolvimento. Percebe-se que houve uma enorme diferença nos teores de ácidos encontrados, o que pode ser explicada pelo desenvolvimento incipiente do plantio de lúpulo no solo brasileiro, com as plantas estando em um grau baixo de maturação e com pouca adaptação as condições brasileiras, prejudicando o potencial de desenvolvimento dos compostos amargos (ASKEW et al., 1958).

**Tabela 2** – Relação entre as peneiras e os pesos médios dos lúpulos.

ABNT	Abertura (mm)	Peso médio lúpulo 1 (g)	Peso médio lúpulo 2 (g)
16	1,19	15,53	0,24
20	0,84	18,37	5,30
25	0,71	6,37	6,50
30	0,60	2,74	3,59
35	0,50	2,45	9,00
Pote recolhedor	-	4,16	25,09

A tabela 2 expressa os valores médios de lúpulo recolhidos em cada peneira, portanto percebe-se que o lúpulo 2 possuiu uma granulometria média de praticamente metade do encontrado no lúpulo 1. Dessa forma, não é possível utilizar o mesmo jogo de peneiras para obtenção do pallet T90 para os lúpulos 1 e 2, sendo necessário adaptar um novo jogo de peneiras para o lúpulo 2, com aberturas menores do que as utilizadas no experimento, para recolher 90% em massa e fabricar o pallet T90.



**Figura 1.** Gráfico da taxa de umidade pelo tempo, em minutos.

A figura 1 representa o resultado obtido dos experimentos de secagem, relacionando a taxa de umidade com a temperatura. Nota-se que a temperatura influencia diretamente no tempo de secagem, já que quanto maior ela é, menor o tempo necessário para secagem dos cones de lúpulo. Portanto, como o lúpulo possui uma alta umidade e atividade de água, a secagem em temperaturas mais altas contribui no aumento do tempo de armazenamento por diminuir a umidade em menores tempos, aumentando a produtividade e reduzindo a perda de material armazenado.

Em relação aos parâmetros de secagem, foram encontrados valores de difusividade de umidade efetiva de  $1,01 \times 10^{-9}$ ,  $2,03 \times 10^{-9}$  e  $3,04 \times 10^{-9} \text{m}^2/\text{s}$  para as temperaturas de 40 °C, 55 °C e 70 °C, respectivamente, dentro do espectro de produtos agrícolas ou alimentares de valores entre  $10^{-12}$  e  $10^{-8}$  (KAVEH & AMIRI CHAYJAN, 2017). Já para a energia de ativação encontrou-se o valor de 30,784 kJ/mol, dentro do esperado de 12,7 a 110 kJ/mol (KAVEH & AMIRI CHAYJAN, 2017).

A adaptação dos modelos matemáticos a curva de secagem gerou a Tabela 3, a qual apresenta os valores de  $R^2$  e RSR para as temperaturas de 40, 55 e 70 °C. Como resultado, observou-se que o modelo de Page foi o que se melhor ajustou para as temperaturas de 40 e 70 °C. Enquanto para a temperatura de 55 °C o modelo logarítmico apresentou o melhor ajuste, devido aos maiores valores de  $R^2$  e menores valores de RSR.

**Tabela 3** – Parâmetros dos modelos para todas as temperaturas.

Modelo	Temperaturas					
	40 °C		55 °C		70 °C	
	R <sup>2</sup>	RSR	R <sup>2</sup>	RSR	R <sup>2</sup>	RSR
Newton	0,98672	0,60784	0,9837	0,3701	0,98773	0,19103
Page	<b>0,9987</b>	<b>0,0578</b>	0,99898	0,02305	<b>0,99924</b>	<b>0,01189</b>
Logarítmico	0,99797	0,09271	<b>0,99907</b>	<b>0,02101</b>	0,99754	0,03832
Dois termos	0,99195	0,36846	0,99142	0,19486	0,99421	0,09017
Henderson e Pabis modificado	0,99195	0,36846	0,99142	0,19486	0,99421	0,09017

#### 4. CONCLUSÃO

O estudo desenvolvido apresentou valores discrepantes entre a umidade final das variedades de lúpulo analisadas sendo o valor mínimo da variedade Mapuche e o valor máximo da variedade Chinook (safra 1). Os valores de ácidos amargos ficaram abaixo do esperado, devido ao grau de maturação das plantas em que foram colhidos os cones de lúpulo.

Para os testes granulométricos, observou-se uma granulometria média maior no lúpulo 1, em comparação ao lúpulo 2. Dessa maneira, será preciso adaptar um conjunto de peneiras diferente do utilizado no estudo, com abertura menor, para produção de pellet T90.

O estudo da secagem do lúpulo demonstra que a temperatura é uma variável significativa para o processo, contribuindo na qualidade final do produto. Os valores de difusividade de umidade efetiva e de energia de ativação ficaram dentro do esperado para produtos alimentícios. Ajustando os modelos matemáticos estudados, foi observado que para as temperaturas de 70 e 40 °C, o modelo de Page foi o mais adaptado, já para a temperatura de 55 °C o modelo logarítmico se apresentou mais adequado.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASKEW, H O.; MONK, R. J.; WATSON, J. **Physical and chemical changes in the hop cone.**

N.Z. J. Agric. Res. 1958, 1, 757-777.

BIRRAPEDIA. **Bullion (Lúpulo).** Disponível em: <<https://birrapedia.com/enciclopedia-de-la-cerveza/bullion--lupulo-/b>>. Acesso em: 06 fev. 2020.

BIRRAPEDIA. **Southern Brewer (Lúpulo).** Disponível em: <<https://birrapedia.com/enciclopedia-de-la-cerveza/southern-brewer--lupulo-/s>>. Acesso em: 06 fev. 2020.

CERVEZAL. **Lúpulo Mapuche (aroma).** Disponível em: <<https://cervezal.blogspot.com/2018/07/lupulo-mapuche-aroma.html>>. Acesso em: 06 fev. 2020.

KAVEH, M., & AMIRI CHAYJAN, R. (2017). **Modeling thin- layer drying of turnip slice under semi- industrial continuous band dryer.** Journal of Food Processing and Preservation, 41(2), e12778.

LLC, HOPUNION. **Hop Variety Handbook**. Yakima, Washington, Usa: Hopunion Llc, 2011. 60 p.

NEVE, R. A.; **Hops**, 1st ed., Springer: London, 1991.

TECHNICAL COMMITTEE, A. HOPS - 4: Moisture. In **ASBC Methods of Analysis**; 2011; pp 1–2. Disponível em: <<https://doi.org/10.1094/asbcmoa-hops-4>>. Acesso em: 27 de setembro de 2020.