



Anais do XXXIV COBENGE. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, Setembro de 2006.
ISBN 85-7515-371-4

EXCEL COMO FERRAMENTA DIDÁTICA DE APOIO NA IMPLANTAÇÃO DE METODOLOGIAS DE CÁLCULO E ANÁLISE DE SISTEMAS DE EVAPORAÇÃO

Oswaldo Curty da Motta Lima – oswaldo@deq.uem.br

Vinicius Oliveira Uemura – vininiusou@gmail.com

Daniel Tait Vareschini – mfdom@ibest.com.br

Maria Angélica Simões Dornellas de Barros – angelica@deq.uem.br

Universidade Estadual de Maringá – Departamento de Engenharia Química
Avenida Colombo 5790, Bloco D-90
87020-900 – Maringá, Paraná

Resumo: *Evaporadores são equipamentos de ampla utilização nas indústrias química e de alimentos. Normalmente, são utilizadas baterias de evaporadores em múltiplos efeitos, organizadas conforme diferentes configurações de escoamento das soluções processadas. Na análise desses sistemas, a literatura de Operações Unitárias traz propostas de metodologias simplificadas, normalmente desprezando os efeitos do aumento/elevação da temperatura de ebulição (ATE/ETE) da solução, com bons resultados para sistemas nos quais estes são pequenos. Entretanto, para soluções em que os ATE/ETE são significativos (solutos inorgânicos), as metodologias propostas podem levar a resultados inadequados. Assim, este trabalho procurou utilizar uma metodologia mais geral para o cálculo/análise de evaporadores múltiplos efeitos, considerando o ATE/ETE da solução, e o uso do EXCEL, e de sua ferramenta SOLVER, na implementação da metodologia proposta, que se mostrou mais simples e mais fácil de ser utilizada que as normalmente empregadas no cálculo de evaporadores de áreas iguais, atingindo os resultados desejados nos diferentes sistemas/configurações estudados.*

Palavras-chave: Evaporação, Evaporadores, Múltiplos efeitos, EXCEL.

1. INTRODUÇÃO

Evaporadores são equipamentos de ampla utilização nas indústrias química e de alimentos, sendo, por isso, parte importante dos currículos de Operações Unitárias desses cursos de engenharia. Normalmente são utilizados sistemas de evaporação constituídos por baterias de evaporadores, comumente chamados de evaporadores (ou sistemas de evaporação) em múltiplos efeitos, e que podem ser organizados conforme diferentes configurações quanto ao escoamento das soluções a serem concentradas.

Com relação ao cálculo/análise desses sistemas, a literatura usual de Operações Unitárias (Blackadder e Nedherman (2005) ; Coulson e Richardson (1968) ; Foust et al. (1982) ; Geankoplis (1993) ; McCabe et al. (1985/2001) ; Perry e Chilton (1980)) traz propostas de metodologias simplificadas, que, normalmente, desprezam os efeitos do aumento/elevação da temperatura de ebulição (ATE/ETE) da solução a ser processada/evaporada, com bons resultados para sistemas onde os ATE/ETE são pequenos (máximo 5°C). Entretanto, para algumas soluções, geralmente envolvendo solutos (sais, ácidos e bases) inorgânicos, como, por exemplo, hidróxido de sódio (NaOH), para as quais estes efeitos são significativos, as metodologias propostas podem levar a resultados inadequados.

Sendo assim, este trabalho procurou utilizar uma metodologia mais rigorosa e geral, que possa levar em conta os efeitos do aumento da temperatura de ebulição da solução para o cálculo/análise de baterias de evaporadores em múltiplos efeitos. Além disso, este trabalho traz uma proposta de incorporação do EXCEL como ferramenta computacional de apoio às metodologias utilizadas no estudo de sistemas de evaporação, visando a redução do esforço/tempo despendido nos cálculos que envolvem o dimensionamento e/ou a análise do desempenho destes equipamentos, principalmente no caso de sistemas de evaporação em múltiplos efeitos.

A utilização do EXCEL permitiria a exploração de um maior número de alternativas para o problema em questão, proporcionando uma busca mais eficiente pela melhor solução.

Como exemplo de sua utilização, foram desenvolvidas planilhas para o cálculo/análise de evaporadores de um ou mais efeitos, em diferentes configurações de operação, partindo-se, inicialmente, de uma metodologia que leva à obtenção de evaporadores com áreas de troca térmica diferentes (intrinsecamente menos complexa que as utilizadas para áreas iguais) e, a partir do uso da ferramenta SOLVER do EXCEL, fazer a otimização das condições operacionais para a obtenção de áreas iguais.

O procedimento proposto se mostrou mais simples e mais fácil de ser implementado que os normalmente utilizados, atingindo os resultados desejados (áreas iguais) nos diferentes sistemas/configurações estudados.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A evaporação, como Operação Unitária, pode ser definida como a separação por ebulição de parte do líquido contido em uma solução ou suspensão, sendo o calor necessário proveniente da utilização de vapor d'água condensante, Motta Lima e Pereira (1997). A evaporação por qualquer outro meio ou procedimento pode ser estudada como parte da transmissão de calor.

2.1 Capacidade de evaporação

O funcionamento de um evaporador está submetido às leis da transmissão de calor, de modo que a energia transferida é proporcional à diferença de temperatura entre os fluidos que trocam calor (ΔT), à superfície de aquecimento (A) e ao coeficiente global de transmissão de calor (U).

$$Q = U A (\Delta T) \quad (1)$$

Coefficiente Global de Transferência de Calor

No coeficiente global de transmissão de calor são combinados os coeficientes de convecção do vapor condensante (muito alto), e da solução em ebulição, a resistência térmica da parede (geralmente desprezada) e as resistências devidas à formação de depósitos nas paredes dos tubos. Para superfícies do evaporador mantidas limpas, pode-se considerar apenas a evaporação da solução como determinante do processo de transferência de calor.

Diferença de Temperaturas

É função direta das temperaturas existentes nas câmaras de condensação (vapor de aquecimento) e de evaporação (solução a ser evaporada - T_{EB}). A temperatura da câmara de condensação depende da pressão do vapor de aquecimento, normalmente mantida constante. Já a solução que se evapora contém certa proporção de um soluto dissolvido e, conseqüentemente, terá ponto de ebulição acima do da água à mesma pressão de operação. A concentração da solução pode ser considerada constante e igual a sua concentração de saída.

2.2 Elevação da temperatura de ebulição

Como a temperatura de ebulição de uma solução (T_{EB}), a diferentes pressões, é função da temperatura de ebulição da água à mesma pressão (T_{EB0}), é bastante comum, a construção de diagramas que permitem a determinação do ponto de ebulição da solução, em qualquer pressão desejada. Estes diagramas são conhecidos como “Diagramas de DÜRING”, sendo representados conforme a Figura 1, Motta Lima e Pereira (1997). Na sua utilização, procede-se da seguinte maneira:

- escolher a pressão de operação do evaporador ;
- em uma tabela de vapor d'água, determinar a temperatura de ebulição da água pura que corresponde a esta pressão ;
- entrar com esta temperatura no diagrama e, utilizando a curva correspondente à concentração da solução que sai do evaporador, determinar a temperatura de ebulição da solução (T_{EB}).

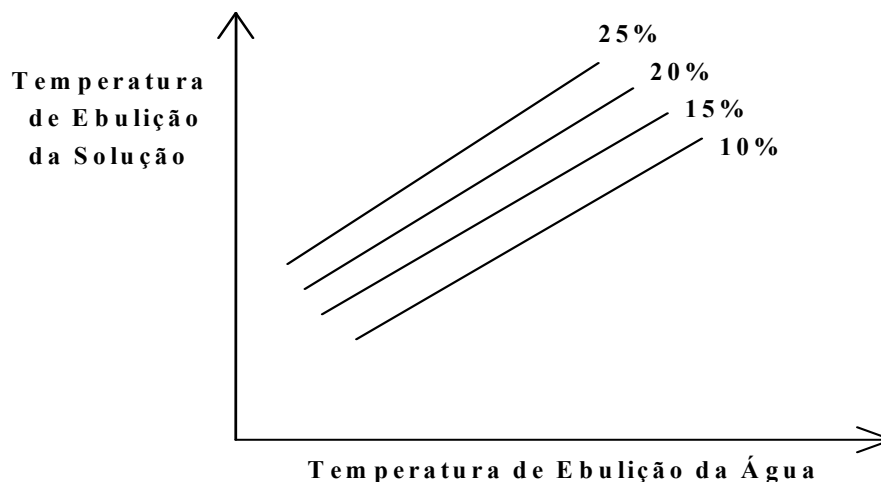


Figura 1 - Diagrama de DÜRING

3. EVAPORAÇÃO EM MÚLTIPLOS EFEITOS

A energia do vapor retirado de um evaporador pode ser aproveitada para evaporar a solução de um segundo evaporador, em uma pressão inferior (menor temperatura) a da sua condensação. Do mesmo modo, pode-se usar o vapor formado no segundo para evaporar uma solução em um terceiro e, assim, sucessivamente. Este processo é chamado de evaporação em múltiplos efeitos (ou múltiplos estágios) ou, simplesmente, "múltiplos efeitos".

A principal vantagem do emprego de evaporadores em múltiplos efeitos está na redução do consumo de vapor, sendo o número ótimo de efeitos aquele que permita realizar a evaporação proposta, com um custo total mínimo.

3.1 Métodos de Alimentação

Alimentação Direta: a alimentação entra no primeiro efeito e passa sucessivamente para os demais, no sentido das pressões decrescentes, o mesmo acontecendo com o vapor.

Alimentação em Contracorrente: o líquido circula em sentido contrário ao do vapor, sendo concentrado do último para o primeiro efeito.

Alimentação Mista: a solução diluída é alimentada, por exemplo, no segundo efeito, segue o sentido da alimentação direta, passando do último efeito para o primeiro, de modo a completar a evaporação em uma temperatura mais elevada.

Cabe ressaltar que, em todos os sistemas de alimentação abordados, o circuito do vapor é sempre na direção “direta”, ou seja, no sentido da diminuição da pressão de operação dos efeitos da bateria de evaporação. Desta forma, é comum adotar-se a numeração dos efeitos com base neste circuito, ou seja, do primeiro para o último efeito.

3.2 Cálculo de Evaporadores Múltiplos Efeitos

O cálculo de uma instalação de múltiplos efeitos pode ser conduzido levando-se em conta os seguintes fatores (Motta Lima e Pereira, 1997):

- método de alimentação, tipo de arranjo e número de evaporadores da instalação;
- necessidade, ou não, do uso de evaporadores com superfícies de aquecimento iguais, tendo em vista seus menores custos de aquisição e instalação;
- disponibilidade de valores confiáveis para os coeficientes globais de transferência de calor, obtidos normalmente de informações operacionais da indústria, dados de fabricantes e/ou literatura.

Dentro deste contexto, neste trabalho, é apresentada uma metodologia para o cálculo de evaporadores múltiplos efeitos com superfícies de aquecimento iguais, baseada no procedimento apresentado em Motta Lima e Pereira (1997), para quando não existe a necessidade destas áreas serem iguais. Desta forma:

1- Estima-se inicialmente a pressão de operação em cada efeito. Por exemplo, pode-se subtrair as pressões absolutas do vapor de aquecimento do primeiro efeito e a especificada para o último efeito. Dividindo-se esta diferença pelo número de efeitos do sistema, tem-se a queda de pressão sofrida pelo vapor ao longo dos efeitos.

2- Se esta estimativa inicial gerar resultados inviáveis (áreas negativas), deve-se arbitrar novos valores iniciais para as pressões dos efeitos.

3- Com a pressão em cada efeito, determina-se a temperatura de ebulição da água pura (T_{EB0}) a partir de uma tabela termodinâmica, ou, neste caso, de correlações que a representem.

4- Pelo balanço material global, calcula-se a quantidade total de água que deve ser evaporada para se atingir a concentração final desejada para a solução. Dividindo-se esta quantidade pelo número de efeitos, tem-se a quantidade de água a ser evaporada em cada efeito.

5- Calcula-se a concentração da solução em cada efeito por meio de um balanço de massa local a partir da quantidade de água evaporada.

6- Determina-se, normalmente a partir de gráficos do tipo “Diagrama de Düring”, ou de correlações que o representem (este trabalho), a elevação do ponto de ebulição (ETE) ou as temperaturas de ebulição da solução em cada efeito (T_{EB}), a partir das temperaturas de ebulição da água pura (T_{EB0}).

7- São determinadas as diferenças de temperatura entre as câmaras de condensação e vaporização [$\Delta T_i = (T_{EB0})_{i-1} - (T_{EB})_i$], em cada efeito.

8- Calcula-se a quantidade de calor que deve ser fornecida a cada efeito, a partir de balanços de energia que levem em conta as correntes que entram e saem do efeito.

Efeito i: \sum Energia entra = \sum Energia sai

$$\{E_{i-1} \cdot [H(E_{i-1}) - h(E_{i-1})]\}_{entra} + (L \cdot h_{sol})_{entra} = \{E_i \cdot [H(E_i) - h(E_i)]\}_{sai} + (L \cdot h_{sol})_{sai} \quad (2)$$

9- Uma vez obtidos/estimados os coeficientes globais de transmissão de calor apropriados às condições de operação de cada efeito (U_i), as estimativas iniciais das suas superfícies/áreas de aquecimento são obtidas pela relação:

$$A_i = Q_i / U_i \Delta T_i \quad (3)$$

10- Calcula-se a área média dos efeitos, que será minimizada por meio da ferramenta SOLVER do EXCEL, tendo, como variáveis manipuladas, as pressões de operação dos efeitos e, como restrições, que as áreas de cada efeito devam ser iguais (Tela SOLVER: Figura 2). O valor final minimizado para a área média corresponde às superfícies de aquecimento de cada efeito.

11- A partir do balanço de energia do primeiro efeito, e do seu ΔH de condensação, calcula-se a vazão de vapor de aquecimento do conjunto de evaporadores.



Nota: - célula de destino: área média dos evaporadores (opção minimizar)
- células variáveis: pressões dos evaporadores
- restrições: igualdade das áreas dos evaporadores

Figura 2 - Tela de trabalho da ferramenta SOLVER do EXCEL

4. EXEMPLO – PLANILHA EXCEL

As Figuras 3 a 7 trazem o resultado da aplicação da metodologia, a partir da utilização do EXCEL como ferramenta, a um problema de evaporação de uma solução hipotética (baseada no sistema NaOH/H₂O), inicialmente a 10% (p/p) e 40°C, a uma concentração final de 50% (p/p). Os dados do problema e sua solução em um único efeito se encontram na Figura 3, e as Figuras 4-5 e 6-7 trazem as estimativas iniciais e os resultados finais para diferentes situações operacionais em 2 e 3 efeitos, respectivamente.

As equações utilizadas nas planilhas para o cálculo de T_{EB}, U e entalpias envolvidas (H₂O - líquido/vapor ; solução) foram adaptadas neste trabalho, oriundas da literatura citada.

Pode-se observar que o uso do EXCEL, e da sua ferramenta SOLVER, veio a facilitar, e muito, os cálculos envolvidos, permitindo, rápida (gasta-se apenas o tempo de entrada dos dados e implementação do SOLVER) e eficientemente, a obtenção de superfícies de aquecimento iguais para cada efeito, além do consumo de vapor de aquecimento alimentado ao sistema.

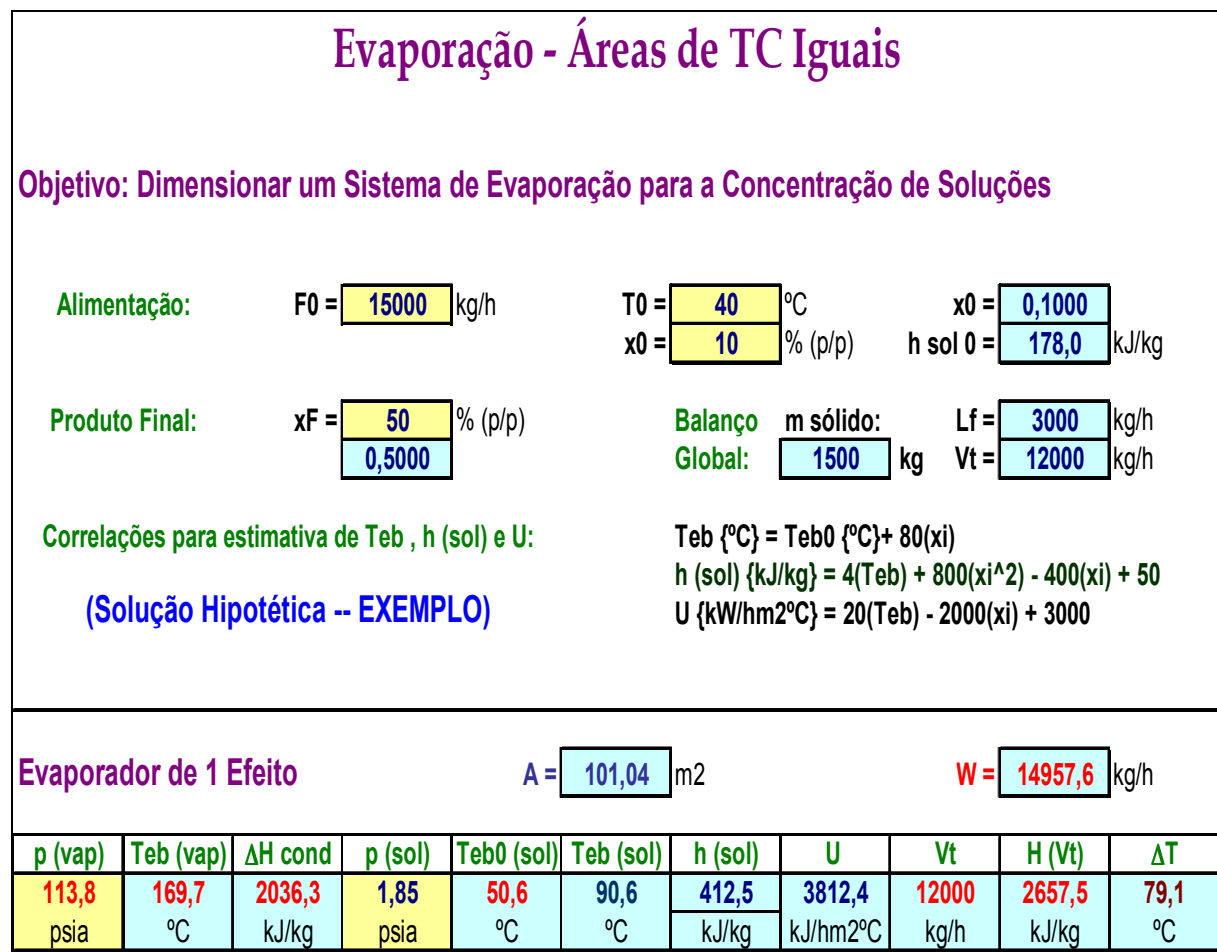


Figura 3 - Dados do problema e solução para 1 Efeito

Evaporador Duplo Efeito

Arranjo Concorrente: 1 - 2

	0 - Vapor	1	2
p	113,8	57,8	1,9
Teb0	169,7	143,5	50,6
Ei	9585,2	6000,0	6000,0
Li		9000,0	3000,0
xi	0,00	0,1667	0,5000
Teb	169,7	156,9	90,6
ΔTi		12,8	52,9
H (Ei)	2747,0	2748,5	2657,5
h (Ei)	710,5	600,9	212,0
ΔH cond	2036,3	2125,8	2380,8
H (Ei)0	2746,7	2726,8	2592,8
h sol (i)		633,0	412,5
Ui		5803,7	3812,4
Qi		19520063	12885814
Ai	162,94	261,99	63,89

psia
°C
kg/h
kg/h
(p/p)
°C
°C
kJ/kg
kJ/kg
kJ/kg
kJ/kg
kJ/kg
kJ/kg
kJ/hm²°C
kJ/h
m²

Arranjo Contracorrente: 2 - 1

	0 - Vapor	1	2
p	113,8	57,8	1,9
Teb0	169,7	143,5	50,6
Ei	8231,2	6000,0	6000,0
Li		3000,0	9000,0
xi	0,00	0,5000	0,1667
Teb	169,7	183,5	64,0
ΔTi		-13,8	79,6
H (Ei)	2747,0	2793,5	2613,5
h (Ei)	710,5	600,9	212,0
ΔH cond	2036,3	2125,8	2380,8
H (Ei)0	2746,7	2726,8	2592,8
h sol (i)		784,1	261,4
Ui		5670,4	3945,7
Qi		16762781	13155539
Ai	-85,93	-213,77	41,90

Figura 4 - Estimativa inicial problema para 2 Efeitos

Evaporador Duplo Efeito

Arranjo Concorrente: 1 - 2

	0 - Vapor	1	2
p	113,8	32,3	1,9
Teb0	169,7	123,6	50,6
Ei	9167,8	6000,0	6000,0
Li		9000,0	3000,0
xi	0,00	0,1667	0,5000
Teb	169,7	136,9	90,6
ΔTi		32,8	33,0
H (Ei)	2747,0	2726,4	2657,5
h (Ei)	710,5	517,5	212,0
ΔH cond	2036,3	2187,7	2380,8
H (Ei)0	2746,7	2705,2	2592,8
h sol (i)		553,3	412,5
Ui		5405,2	3812,4
Qi		18670069	13253701
Ai	105,43	105,43	105,43

psia
°C
kg/h
kg/h
(p/p)
°C
°C
kJ/kg
kJ/kg
kJ/kg
kJ/kg
kJ/kg
kJ/kg
kJ/hm²°C
kJ/h
m²

Arranjo Contracorrente: 2 - 1

	0 - Vapor	1	2
p	113,8	13,6	1,9
Teb0	169,7	97,8	50,6
Ei	7789,4	6000,0	6000,0
Li		3000,0	9000,0
xi	0,00	0,5000	0,1667
Teb	169,7	137,8	64,0
ΔTi		31,9	33,8
H (Ei)	2747,0	2735,0	2613,5
h (Ei)	710,5	409,4	212,0
ΔH cond	2036,3	2260,3	2380,8
H (Ei)0	2746,7	2669,7	2592,8
h sol (i)		601,1	261,4
Ui		4755,6	3945,7
Qi		15862982	13953521
Ai	104,54	104,54	104,54

Figura 5 - Solução otimizada do problema para 2 Efeitos

Evaporador Triplo Efeito

Arranjo Concorrente: 1 - 2 - 3

	0 - Vapor	1	2	3
p	113,8	76,5	39,2	1,9
Teb0	169,7	153,9	130,0	50,6
Ei	7715,8	4000,0	4000,0	4000,0
Li		11000,0	7000,0	3000,0
xi	0,00	0,1364	0,2143	0,5000
Teb	169,69	164,8	147,1	90,6
ΔTi		4,9	6,8	39,3
H (Ei)	2747,0	2753,9	2740,4	2657,5
h (Ei)	710,5	644,4	544,2	212,0
ΔH cond	2036,3	2091,5	2168,5	2380,8
H (Ei)0	2746,7	2735,9	2712,6	2592,8
h sol (i)		669,6	589,4	412,5
Ui		6023,6	5513,5	3812,4
Qi		15713004	8438119	8785135
Ai	272,96	535,32	224,99	58,57

psia
°C
kg/h
kg/h
(p/p)
°C
°C
kJ/kg
kJ/kg
kJ/kg
kJ/kg
kJ/kg
kJ/kg
kJ/h
m2

Arranjo Contracorrente: 3 - 2 - 1

	0 - Vapor	1	2	3
p	113,8	76,5	39,2	1,9
Teb0	169,7	153,9	130,0	50,6
Ei	4696,4	4000,0	4000,0	4000,0
Li		3000,0	7000,0	11000,0
xi	0,00	0,5000	0,2143	0,1364
Teb	169,69	193,9	147,1	61,5
ΔTi		-24,2	6,8	68,4
H (Ei)	2747,0	2803,1	2740,4	2609,5
h (Ei)	710,5	644,4	544,2	212,0
ΔH cond	2036,3	2091,5	2168,5	2380,8
H (Ei)0	2746,7	2735,9	2712,6	2592,8
h sol (i)		825,6	589,4	256,4
Ui		5878,2	5513,5	3957,8
Qi		9564094	8634674	8785135
Ai	65,16	-67,18	230,23	32,43

Figura 6 - Estimativa inicial do problema para 3 Efeitos

Evaporador Triplo Efeito

Arranjo Concorrente: 1 - 2 - 3

	0 - Vapor	1	2	3
p	113,8	50,6	19,9	1,9
Teb0	169,7	138,8	108,7	50,6
Ei	7361,0	4000,0	4000,0	4000,0
Li		11000,0	7000,0	3000,0
xi	0,00	0,1364	0,2143	0,5000
Teb	169,69	149,7	125,8	90,6
ΔTi		20,0	12,9	18,1
H (Ei)	2747,0	2739,7	2713,0	2657,5
h (Ei)	710,5	581,1	455,1	212,0
ΔH cond	2036,3	2141,0	2230,6	2380,8
H (Ei)0	2746,7	2722,1	2685,7	2592,8
h sol (i)		609,1	504,4	412,5
Ui		5721,2	5088,2	3812,4
Qi		14990633	8634346	9031672
Ai	131,05	131,05	131,05	131,05

psia
°C
kg/h
kg/h
(p/p)
°C
°C
kJ/kg
kJ/kg
kJ/kg
kJ/kg
kJ/kg
kJ/kg
kJ/h
m2

Arranjo Contracorrente: 3 - 2 - 1

	0 - Vapor	1	2	3
p	113,8	23,4	6,9	1,9
Teb0	169,7	113,5	80,3	50,6
Ei	5052,9	4000,0	4000,0	4000,0
Li		3000,0	7000,0	11000,0
xi	0,00	0,5000	0,2143	0,1364
Teb	169,69	153,5	97,4	61,5
ΔTi		16,2	16,1	18,8
H (Ei)	2747,0	2758,1	2668,3	2609,5
h (Ei)	710,5	475,4	336,3	212,0
ΔH cond	2036,3	2217,0	2305,1	2380,8
H (Ei)0	2746,7	2692,3	2641,3	2592,8
h sol (i)		664,1	390,8	256,4
Ui		5070,6	4520,2	3957,8
Qi		10290176	9130780	9328301
Ai	125,56	125,56	125,56	125,56

Figura 7 - Solução otimizada do problema para 3 Efeitos

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se observar que a metodologia proposta conduz efetivamente a superfícies/áreas de aquecimento iguais para os evaporadores, a partir da minimização da sua área média, além de calcular o consumo de vapor de aquecimento a ser alimentado ao sistema de evaporação.

Sua aplicação a partir do EXCEL é de fácil implementação e manuseio para usuários que tenham alguma intimidade com este software (em função do uso da ferramenta SOLVER), permitindo a obtenção de resultados confiáveis para os cálculos envolvidos nas operações de evaporação em múltiplos efeitos. Ela pode ser aplicada para um maior número de efeitos e, também, para outras configurações de trabalho (arranjos mistos).

Finalmente, a utilização do EXCEL na implementação da metodologia proposta se mostrou uma ferramenta interessante para a redução do binômio tempo/esforço nos cálculos e na análise de processos de evaporação em múltiplos efeitos, podendo contribuir de forma significativa para uma melhor fixação deste assunto e maior capacidade de ação dos futuros engenheiros, tanto em sala de aula, quanto, posteriormente, no exercício profissional.

6. NOMENCLATURA

A_i - área de cada efeito i , [m²]

E_i - evaporado do efeito i , [kg/h]

E_0 (W) - vapor de aquecimento , [kg/h]

F_0 - vazão de alimentação da solução , [kg/h]

$H(E_i, V_t)$ - entalpia do vapor E_i ou V_t , [kJ/kg]

$H(E_i)_0$ - entalpia do vapor E_i saturado , [kJ/kg]

$h(E_i)$ - entalpia do condensado E_i , [kJ/kg]

$hsol_0$ - entalpia da alimentação , [kJ/kg]

$hsol_i$ - entalpia da solução do efeito i , [kJ/kg]

L_i - vazão da solução do efeito i , [kg/h]

L_f - vazão da solução concentrada , [kg/h]

p - pressão do efeito i , [psia]

Q_i - calor trocado no efeito i , [kJ/h]

T_0 - temperatura da alimentação , [°C]

T_{EB} - temperatura de ebulição da solução , [°C]

T_{EB0} - temperatura de ebulição da água pura , [°C]

U_i - coeficiente global de transmissão de calor do efeito i , [kJ/h m²°C]

V_t - vapor total a ser evaporado , [kg/h]

x_0 - composição da alimentação , [p/p]

x_F - composição final da solução , [p/p]

x_i - composição do efeito i , [p/p]

ΔH_{cond} - definido como: $H(E_i)_0 - h(E_i)$, [kJ/kg]

ΔT_i - diferença de temperaturas do efeito i , [°C]

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Educação Tutorial (PET-ENQ/UEM), pelo auxílio fornecido.

7. REFERÊNCIAS

- BLACKADDER, D.A.; NEDHERMAN, R.M. **Manual de Operações Unitárias**. São Paulo: Editora Hemus, 2005.
- COULSON, J.M.; RICHARDSON, J.F. **Tecnologia Química - Volume II: Operações Unitárias**, 2ª Ed.. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1968.
- FOUST, A.S.; WENZE L.A.; CLUMP, C.W.; MAUS, L.; BRYCE ANDERSEN, L. **Princípios de Operações Unitárias**, 2ª Ed.. Rio de Janeiro: LTC Editora, 1982.
- GEANKOPLIS, C. **Transport Processes and Unit Operations**, 3rd Edition. New York: Prentice-Hall Intern. Editions, 1993.
- McCABE, W.L.; SMITH, J.C.; HARRIOTT, P. **Unit Operations of Chemical Engineering**. Singapore: McGraw-Hill International Book Co., 4th Ed., 1985 e 6th Ed., 2001.
- MOTTA LIMA, O.C.; PEREIRA, N.C. **Evaporação, Apostila/Notas de Aula de Operações Unitárias II**. Edição Interna, DEQ/UEM, Maringá-BR, 1997.
- PERRY, R. H.; CHILTON, C. H. **Manual de Engenharia Química**, 5ª Ed.. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1980.

EXCEL AS A DIDACTIC TOOL FOR SUPPORT IN THE IMPLEMENTATION OF METHODOLOGIES OF CALCULUS AND ANALYSIS OF EVAPORATION SYSTEMS

Abstract: *Evaporators are equipments of a wide use in chemistry and food industries. They are usually used in multiple effects batteries, organized in different flow configurations of the processed solution. In the analysis of those systems, the Unit Operations literature presents simplified methodologies, usually despising the effects of the elevation of the solution boiling temperature (boiling point elevation – BPE), with good results for systems where these are small. However, for solutions where the BPE is significant (inorganic solutes, for example), those methodologies can lead to inadequate results. Thus, this work presents a more general methodology for the calculus and analysis of multiple effects evaporators, considering the BPE of the solution. This work also proposes the use of EXCEL, and the SOLVER tool, for its implementation, which showed up to be more simple and easy to apply than those usually used to calculate equal areas evaporators, reaching the expected results for the different configurations studied.*

Key-words: Evaporation, Evaporators, Multiple effects, EXCEL.