

DESENVOLVIMENTO DE UM SOFTWARE DIDÁTICO PARA SÍNTESE DE REDES DE TROCADORES DE CALOR UTILIZANDO ANÁLISE PINCH

Marielle de Oliveira Batista (PIBIC/CNPq/Uem), Camila de Brito Miranda (coautora), Natália Monteiro de Souza (coautora), Leandro Vitor Pavão(coautor), Mauro Antonio da Silva Sá Ravagnani (Orientador), e-mail: mauro.ravagnani@hotmail.com

Universidade Estadual de Maringá / Departamento de Engenharia Química/Maringá, PR.

Engenharia Química / Processos Industriais de Engenharia Química

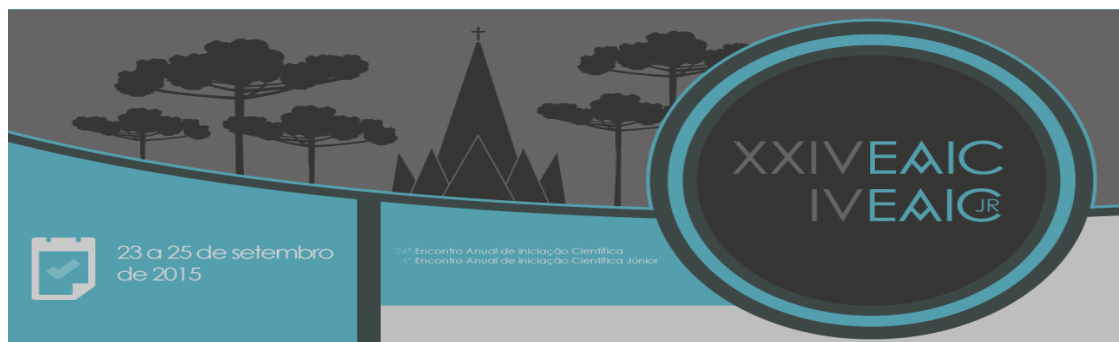
Palavras-chave: integração energética, RTC, análise Pinch.

Resumo:

Hoje em dia há uma grande preocupação com o consumo energético dos processos industriais visando o reaproveitamento de energia por meio de redes de trocadores de calor (RTC) e a consequente diminuição do consumo de utilidades. Durante a graduação, os discentes se deparam com várias disciplinas e problemas envolvendo RTC, para isso um dos métodos desenvolvidos para a síntese dessas redes é Análise Pinch, que pode ser realizada com o auxílio de softwares. Dessa forma, neste trabalho desenvolveu-se um programa utilizando o ambiente do Matlab com uma interface bastante clara a fim de deixar os estudantes no controle de todos os estágios do projeto. Testes foram realizados com casos da literatura a fim de comprovar a viabilidade de sua utilização. Como resultado, dispõe-se de um programa para utilização didática em disciplinas do curso de graduação em Engenharia Química.

Introdução

Com o aumento do custo energético, principalmente nas indústrias, surgiu-se uma crescente necessidade em minimizar o uso de energia. Para este fim, uma das metodologias adotadas é a Análise Pinch. Esse método é uma junção de conceitos da Primeira e Segunda Leis da Termodinâmica com algumas regras heurísticas para determinar os pares de correntes que irão trocar calor. Tal análise baseia-se em dividir a rede em subredes após a identificação do ponto Pinch e realizar o balanço de energia em cada uma destas. Além disso, é possível obter a máxima recuperação de energia, o



número mínimo de trocadores de calor, a área mínima e o custo mínimo de capital e energia da rede (MARTÍN; MATO, 2008, Ravagnani; Caballero Suárez, 2012).

Para exemplos com grandes quantidades de correntes, problemas de escala real de uma indústria, os cálculos necessários na Análise Pinch se tornam demorados e monótonos, manualmente. A fim de facilitar a resolução desses problemas, bem como aumentar o interesse do discente, desenvolveu-se um software por meio do ambiente de programação Matlab, com uma interface de fácil entendimento pelo usuário, para que este concentre seus esforços em aprender os conceitos do método e não em aprender como usar o programa em si. Ele é chamado MPinch, em que o “M” remete ao ambiente de programação Matlab e à Universidade Estadual de Maringá (UEM).

O programa começou a ser desenvolvido em Setembro de 2013 e passou por uma fase de testes em março de 2014 com os alunos do quinto ano de Engenharia Química da UEM que cursavam a disciplina de Projetos e Processos Industriais. Devido à ótima aceitação e posterior aperfeiçoamento do programa, têm-se como objetivo agora o emprego de fato deste em todas as disciplinas que envolvem principalmente a integração energética.

Resultados e Discussão

A fim de demonstrar a aplicação do programa é apresentado um exemplo retirado de Linnhoff *et al.*(1982), mostrado na Tabela 1. Trata-se de um problema envolvendo duas correntes quentes, duas frias e $\Delta T_{min} = 10^{\circ}\text{C}$.

Tabela 1 – Dados do exemplo.

Corrente	$T_{entra} (^{\circ}\text{C})$	$T_{sai} (^{\circ}\text{C})$	CP(kW/ $^{\circ}\text{C}$)
1	170	60	3,0
2	150	30	1,5
3	20	135	2,0
4	80	140	4,0

O procedimento é iniciado com a entrada dos dados das correntes. Pode-se adicionar, remover, ou modificar correntes, com um clique nos botões. Além disso, o programa possibilita salvar e carregar os dados de correntes em planilha no formato “.xls” do Microsoft Excel.

Após a entrada dos dados, ao clicar em “Pinch!”, o usuário visualizará os passos do Procedimento Tabular de Linnhoff, conforme Figura 1: diagrama de balanços de energia, cascatas energéticas e diagrama TH, contendo informações de mínimos requeridos em utilidades e as temperaturas do ponto de estrangulamento energético (20 kW, 60 kW, 80 $^{\circ}\text{C}$ e 90 $^{\circ}\text{C}$, respectivamente). Há ainda a opção “Exportar”, que permite editar e salvar os diagramas em formatos como JPG e PDF.

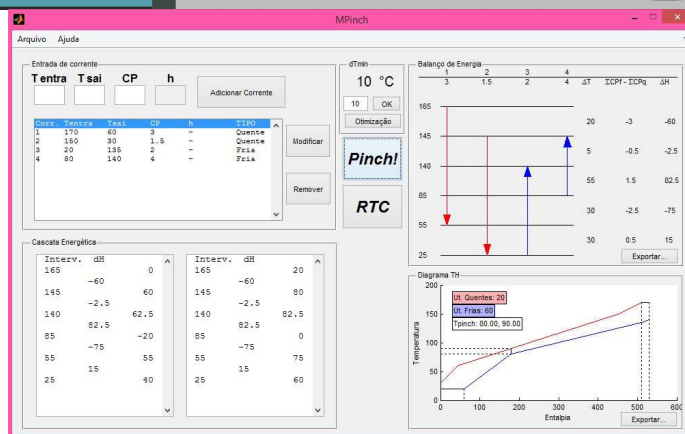
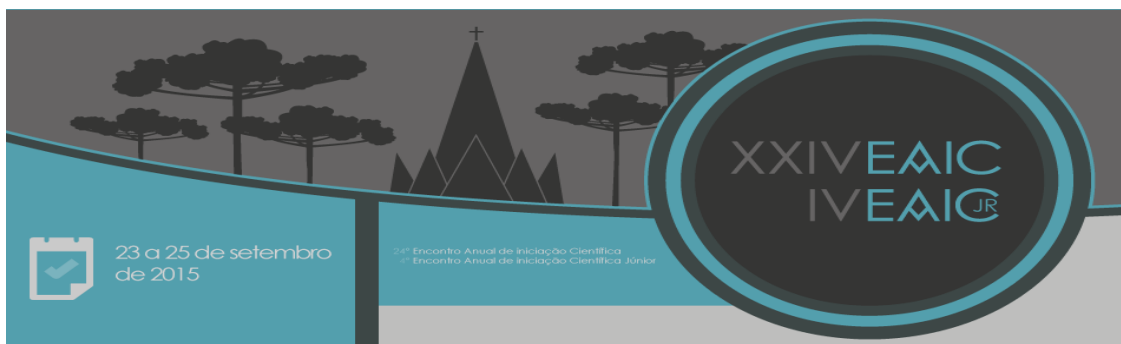


Figura 1 – Passos do Procedimento Tabular de Linnhoff, após o clique em “Pinch!”.

Ao clicar em “RTC”, o aluno pode visualizar o diagrama de grade da rede à direita. Inicialmente a visualização será acima do Pinch, podendo ser alterada nos botões da parte inferior do painel. O diagrama de rede também pode ser expandido, para melhor visualização, clicando em “Expandir RTC”. A alocação dos trocadores de calor é feita clicando no botão “Adc. Trocador” e depois nas duas correntes, as quais deseja trocar calor. A primeira troca térmica escolhida é o par de correntes 2 e 3. O algoritmo seleciona o menor calor entre as duas correntes, neste caso, os 90 kW da corrente quente 2, e realiza o balanço de energia, calculando as temperaturas quente de entrada e fria de saída, além do calor remanescente na corrente fria 3. Por padrão, o programa utiliza todo o calor disponível para troca. Entretanto, o usuário tem a possibilidade de trocar menos calor em um equipamento, dependendo das necessidades de sua RTC. Isto é possível no painel “Modificar Trocador”, disposto na Figura 2.

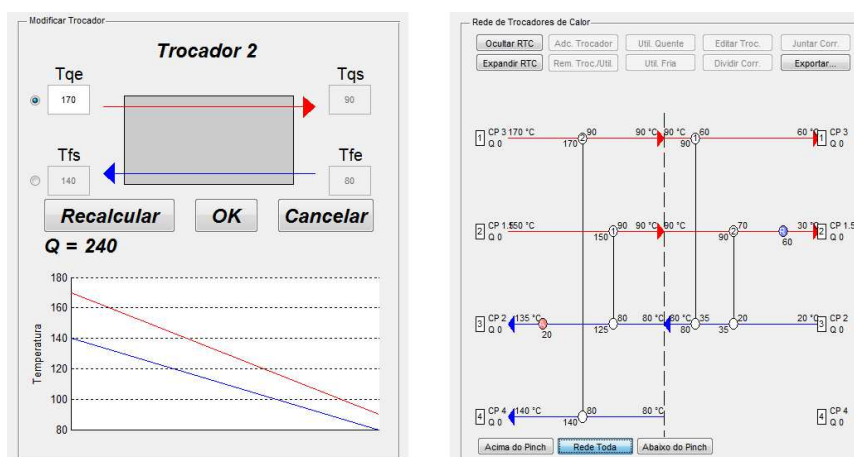
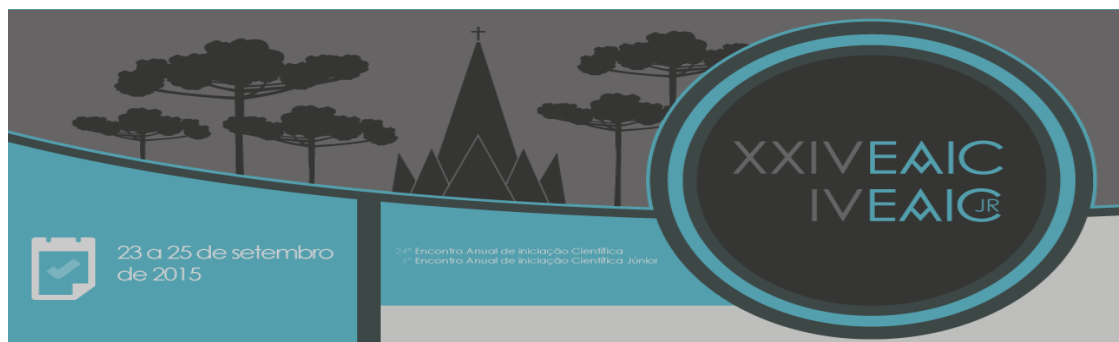


Figura 2 - Painel de edição de trocadores e rede sintetizada para o primeiro exemplo.



Após, alocou-se um trocador entre as correntes 1 e 4, esgotando-as e chegando ao objetivo mínimo em utilidades quentes, 20 kW, na corrente 3. Com a opção “Util. Quente”, aloca-se um aquecedor na respectiva corrente, esgotando essa sub-rede. Passa-se então para as correntes abaixo do Pinch. A síntese dessa sub-rede, bem como a rede completa, pode ser vista na Figura 2. Esta visualização é obtida ao clicar-se em “Toda a rede”.

O estudante pode, após a síntese, exportar este diagrama para um formato de imagem, e ainda, sob o menu “Arquivo”, usar a opção “Salvar projeto”, podendo prosseguir ou rever o trabalho posteriormente.

Conclusões

O software MPinch foi desenvolvido e aplicado com sucesso como forma de auxílio ao aprendizado da Análise Pinch a uma turma de quinto ano do curso de graduação em Engenharia Química, usando casos da literatura. Os cálculos, muitas vezes monótonos, foram realizados mais rapidamente, de forma totalmente interativa e dinâmica, permitindo aos alunos realizar a síntese da RTC de forma mais eficaz. É possível ver nas RTC sintetizadas que os resultados foram promissores, tornando possível a aplicação futura em novas turmas durante o ensino de integração energética, assunto de extrema importância e que a fixação de seu conhecimento torna-se cada vez mais necessária para os novos profissionais.

Agradecimentos

Ao CNPq pela oportunidade e incentivo para realização deste projeto.

Ao meu orientador Mauro, pelo suporte, correções e incentivos.

Aos coautores Camila e Leandro pelo apoio e colaboração.

Referências

LINNHOF, B.; TOWNSEND, D. W.; BOLAND, D.; HEWITT, G. F.; THOMAS, B. E. A.; GUY, A. R.; MARSLAND, R. H. A User Guide on Process Integration for the Efficient Use of Energy. Rugby: The Institution of Chemical Engineers, 1982.

MARTÍN, A.; MATO, F. A. Hint: An educational software for heat exchanger network design with the pinch method. Educ. Chem. Eng., v. 3, p. e6-e14, 2008.

RAVAGNANI, M. A. S. S.; CABALLERO SUÁREZ, J. A. Redes de Cambiadores de Calor. Alicante: Editora de la Universidad de Alicante, 2012.