

A TECNOLOGIA *PINCH*: UMA PROPOSTA PARA O CONSUMO SUSTENTÁVEL DE ENERGIA

SANTOS, Wiliam Souza*; **JESUS, Willyans Santos**

Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Sergipe

* email: wiliam_s.s@hotmail.com

Resumo: *O presente estudo é baseado na aplicação da ferramenta Tecnologia Pinch para encontrar o consumo energético mínimo de uma empresa, assim não gerando desperdício. O objetivo principal do estudo está na análise das correntes quentes e frias e da curva composta, a partir delas, então, encontra-se o ponto Pinch. O trabalho está estruturado partindo de uma revisão bibliográfica sobre essa tecnologia, em seguida foi considerado um exemplo hipotético para mostrar passo a passo como encontrar o consumo mínimo.*

Palavras-chave: *Ferramenta, Tecnologia Pinch, Redução do Consumo Energético.*

1. INTRODUÇÃO

Os combustíveis fósseis enfrentam atualmente uma forte crise devida ao contínuo aumento na demanda e o preço do petróleo, e ao imenso prejuízo que causam no meio ambiente, sendo este último um dos fatores mais agravantes, principalmente em se tratando do aquecimento global (ESCOBAR *et al.*, 2009).

E, devido às ameaças de novas empresas no ramo industrial e a elevação no preço dos combustíveis, muitas organizações procuram ferramentas que promovam eficiência energética. Uma vez que o alto custo de energia torna o custo final mais elevado, e, conseqüentemente, o consumidor paga mais caro para adquirir o produto.

Além disso, hoje, os consumidores buscam não só produtos a preços baixos como também aqueles que poluam menos o meio ambiente. Dessa forma, as empresas que reduzirem o uso de

combustíveis poluentes ganharão destaque com essa nova tendência mercadológica. Mas, para isso, é necessária uma ferramenta que permita redução desse consumo e, por consequência, dos desperdícios. Uma delas é a Tecnologia *Pinch* que é uma das mais usadas, pois além de encontrar o consumo mínimo, melhora a rede onde ocorrem as trocas de calor. Seu uso já é presente em indústrias do tipo: química, petroquímica, refino de petróleo, papel e celulose, alimentação, bebidas e metalurgia (CANADA, 2003).

Existem outras ferramentas alternativas que atendem a necessidade de curto prazo, tais como: indicadores de consumo, aplicativos que gerenciam o consumo e planejamento de consumo. Mas nenhum que abranja em longo prazo. A Tecnologia *Pinch* traz soluções que minimizam os custos operacionais, o investimento de capital e o tempo de esforço (CANADA, 2003).

Linnhoff (1982) propôs a Tecnologia *Pinch* como uma metodologia para melhorar a rede de trocadores de calor denominado método *Pinch*. Em seus 20 anos de existência muitas melhorias foram realizadas, como por exemplo, Liporace (1996) modificou a regra tradicional da tecnologia *Pinch*, sugerida por Linnhoff e Hindmarsh (1983), de modo a obter redes de menor consumo de utilidades, sem violar regras básicas da tecnologia, quaisquer que fossem o conjunto de correntes de processo. Assim, sua principal finalidade é fornecer ferramentas necessárias para encontrar o consumo mínimo de utilidades para um processo.

A implementação da ferramenta requer o investimento de um determinado capital, mas se bem aplicado, o retorno se dá em curto prazo (CANADA, 2003).

- a) Economia no consumo de energia: 10% a 35%;
- b) Economia no consumo de água: 25% a 40%;
- c) Economia no consumo de hidrogênio: até 20% a 30%.

Logo, a tecnologia *Pinch* é uma das melhores alternativas para a otimização do manuseio dos recursos. Assim, surge como uma boa referência para ser implantada nas indústrias brasileiras, que na atual conjuntura possuem elevado índice de desperdício de energia, agravado pela crise.

O propósito desse artigo é mostrar a aplicação de uma ferramenta de engenharia que busca economizar o consumo energético. Mas, para conseguir alcançar o consumo mínimo é necessário seguir algumas etapas e utilizar softwares possibilitem a construção de gráficos que deixem claro os resultados e algoritmos.

2. METODOLOGIA

A Tecnologia *Pinch* é baseada nos princípios de calor e termodinâmica (estuda as causas e os efeitos de mudanças na temperatura). Os pontos fundamentais desta metodologia são os balanços de massa e energia e a utilização do fluxo de calor no processo. Ele é dividido pelas seguintes etapas:

- a) Obter o diagrama de processos (indicar o esquema geral do processo e seus fluxos de materiais, substâncias, misturas, subprodutos);
- b) A obtenção de dados termodinâmicos do sistema térmica (temperaturas, pressões, entalpia, fluxos de massa e calores específicos);
- c) Identificar as correntes quentes e frias;
- d) Identificação da DTMIN (temperatura mínima de aproximação) para o sistema térmico inicial;
- e) Elaboração da tabela;
- f) Construção das curvas compostas quentes e frias;
- g) A determinação da temperatura *Pinch* e os utilitários de aquecimento e resfriamento mínimo;
- h) Avaliação do potencial de poupança de energia térmica;
- i) Proposta de uma rede de trocadores de calor de acordo com a tecnologia *Pinch*.

3. TECNOLOGIA PINCH

A Tecnologia *Pinch* é uma ferramenta que pode ser utilizada para uma vasta gama de melhorias relacionadas com o processo e utilidade local. Além de reduzir custos operacionais, melhorar a eficiência, reduzir o planejamento e investimento de capital. Uma das causas para o sucesso é a sua simplicidade e resultados impressionantes (CANADA, 2003).

A Tecnologia *Pinch* agora tem um histórico estabelecido em economia de energia. Em todos os casos, o princípio fundamental por trás da abordagem é encontrar qual o consumo mínimo da indústria e sintetizar a rede de trocador de calor (LINNHOFF, 1982).

Rudd *et al.* (1973) e Ponton e Donaldson (1974) estabeleceram as regras heurísticas para se obter a rede de trocadores com consumo mínimo. O método heurístico segundo Schepke *et al.* (2004), é um processo criado com um objetivo de encontrar soluções para o problema, em um tempo computacional aceitável, a solução nem sempre é a melhor.

3.1. Etapas para Encontrar o Consumo Mínimo

Seguindo as etapas da metodologia, na obtenção de dados do fluxograma, é onde serão retirados dados como: entalpia (kW), temperatura inicial(°C) e final (°C), o DT (variação da temperatura inicial e final) além da fração mássica F (Kg/s) e capacidade calorífica Cp (J/Kg°C). Com as temperaturas iniciais e finais, podem-se determinar quais tipos de correntes são. Por exemplo, segundo Herrera (2003) as correntes quentes são as que precisam ser resfriadas, ou seja, ocorre queda da temperatura, e com as correntes frias ocorre o inverso. Através da fração mássica e capacidade de calor específico se acha a Taxa de capacidade calorífica que é dada pela Equação (1):

$$CP = \frac{KW}{^{\circ}C} \quad (1)$$

Segundo Freitas (2014), cada processo exige algumas especificações de temperatura, e também pede seu calor latente e específico.

Para facilitar a compreensão, apresenta-se um exemplo hipotético com duas correntes quentes e duas corrente frias.

Tabela 1 – Exemplo com duas correntes quentes e duas frias

	F (kg/s)	Cp(J/kg°C)	CP(kW/°C)	T0(°C)	Tf (°C)	Q(kW)
Fria1	1	7	7	0	100	700
Fria2	2	3	6	30	190	960
Quente1	1,5	4	6	200	95	630
Quente2	2	2,5	5	280	120	800

As especificações exigidas para este exemplo é que serão usados Vapor Saturado a 180°C e água que é aquecida de 25°C até 70°C.

Ainda seguindo a ideia de Freitas (2014), para desenvolver a rede de trocadores existem premissas, por exemplo: adotar o DTmin. No exemplo será adotado DTmin=10°C.

Como já foi encontrada as correntes e o DT_{min} , agora serão construídas as curvas compostas quentes e frias através dos dados da Tabela 1.

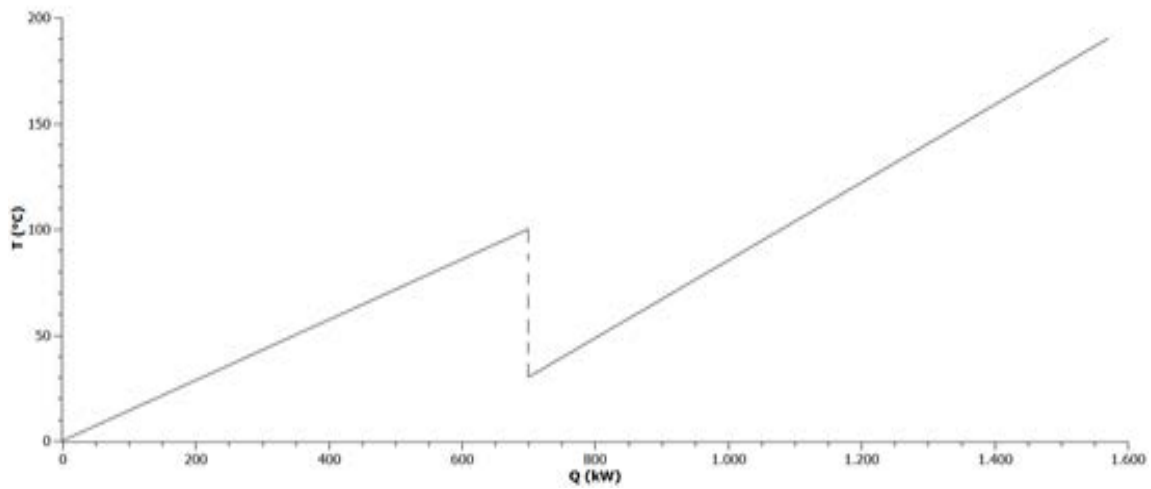


Figura 1 – Construção da curva composta fria

A Figura 1 apresenta a primeira parte da curva composta fria, onde tem um gráfico da forma $Q(kW) \times T(^{\circ}C)$. Onde a primeira reta vai das coordenadas (0,0) até (700,100), e a segunda reta vai de (30,700) até (190,960).

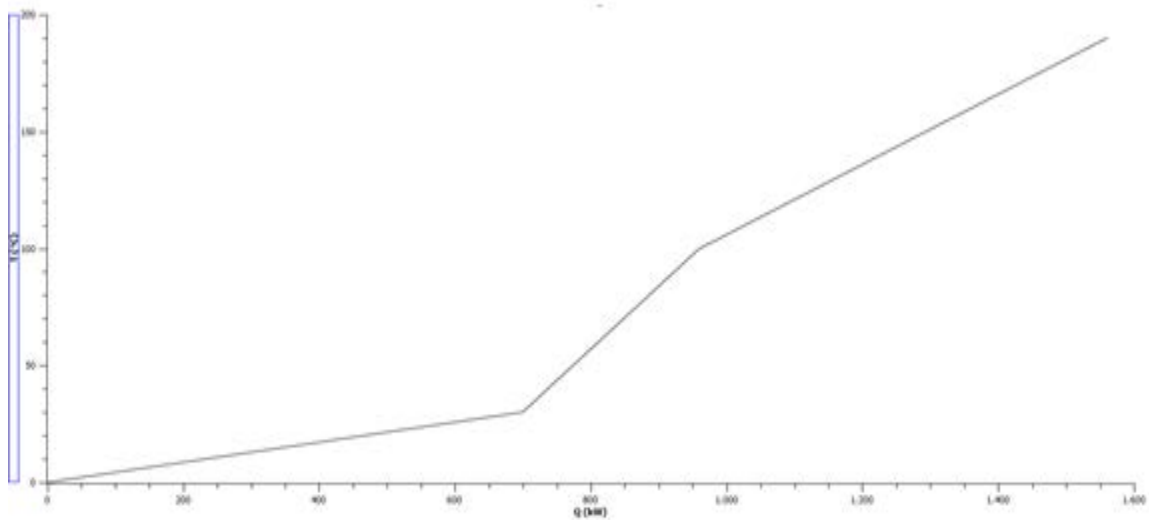


Figura 2 – Curva composta fria construída

A Figura 2 já apresenta a curva composta fria construída. As coordenadas dela vão de (0,0) a (30,700), de (30,700) a (100,960) e por fim, de (100,960) a (1.900,156).

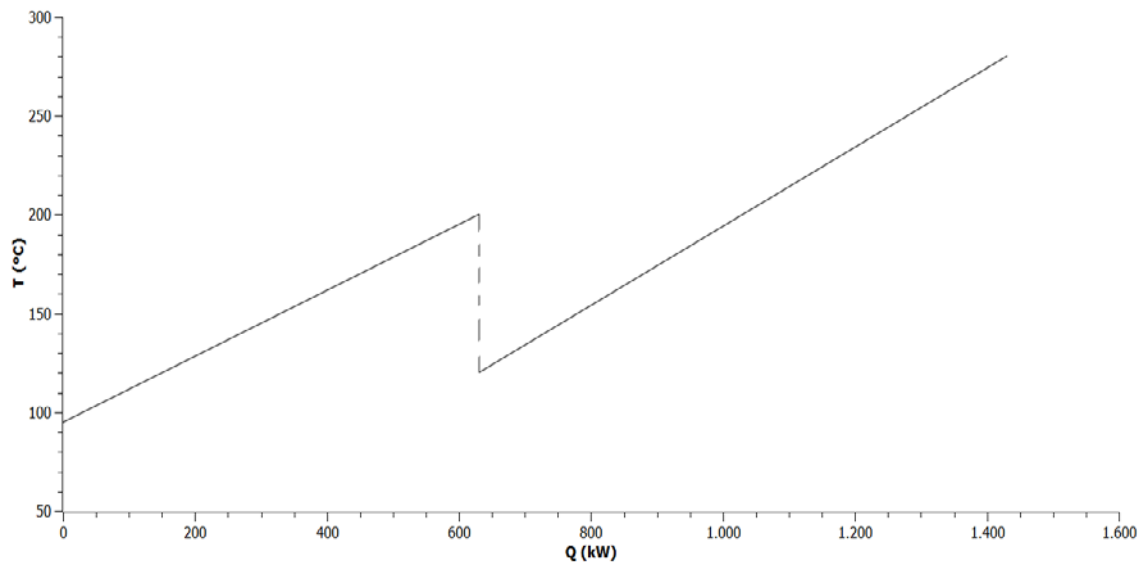


Figura 3 – Construção da curva composta quente

A Figura 3 apresenta a primeira parte da curva composta quente sendo construída, e como a primeira parte da curva composta fria também tem duas retas, e a primeira vai da coordenada (0,95) a (200,630), e a segunda reta vai de (120,630) a (280, 800).

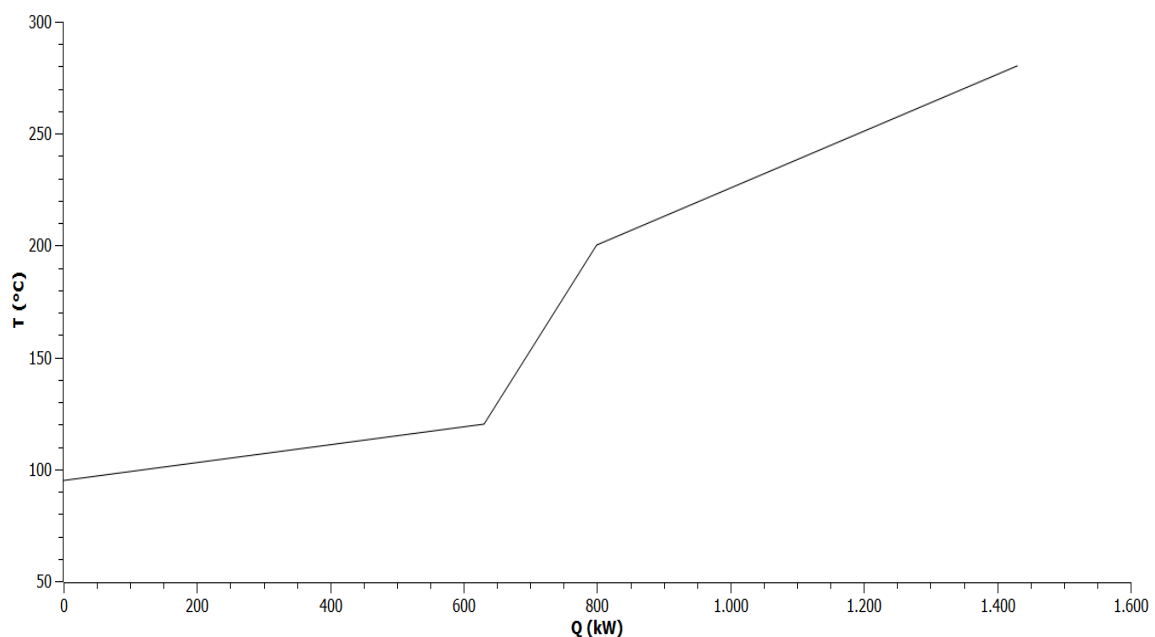


Figura 4 – Curva composta quente construída

A Figura 4 possui a curva composta quente construída e possui as seguintes coordenadas, (0,95); (120,630); (200,800); (280,1430).

Com as duas curvas compostas construídas, colocam-se as curvas juntas em um único gráfico para encontrar o ponto *pinch*.

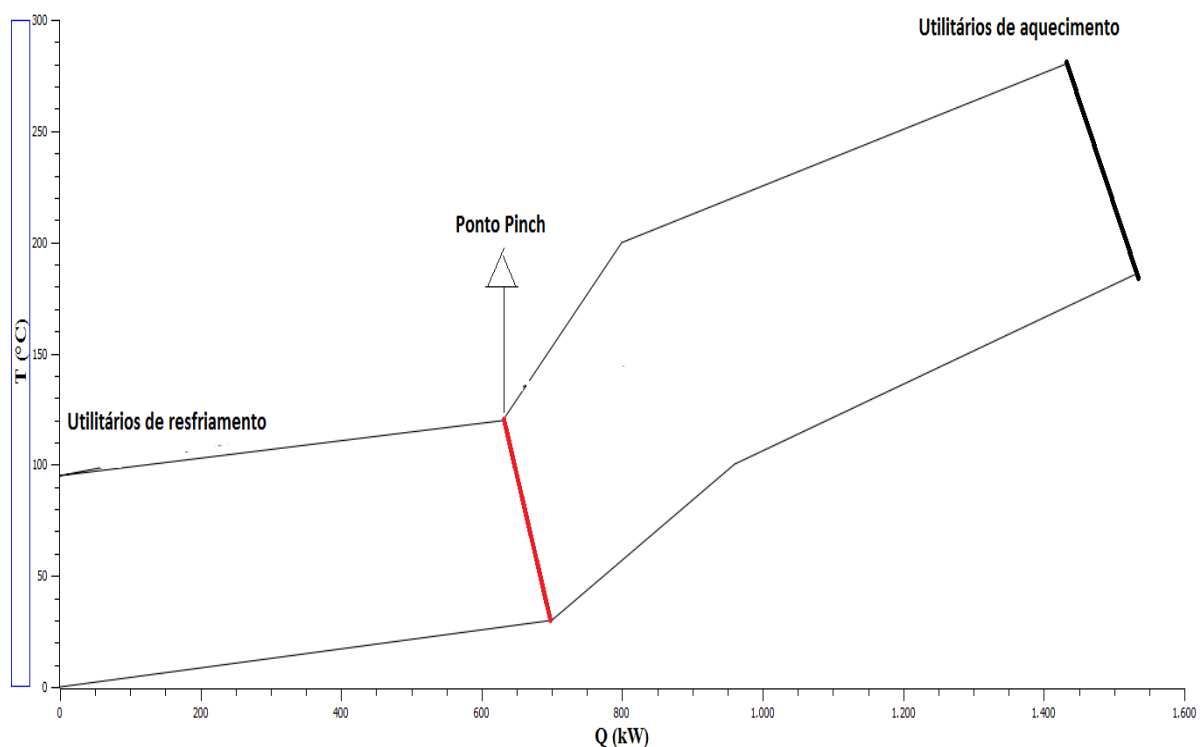


Figura 5 – Determinação do ponto *Pinch*

As Figuras das curvas foram construídas com o suporte do programa *scidavis*, mas também podem ser utilizados outros para a construção das mesmas.

Como se pode ver na Figura 5, o ponto *Pinch* é o ponto mais próximo entre as curvas, com variação de temperatura mínima de 10°C. Segundo Herrera (2003), o ponto *Pinch* divide o processo entre duas regiões, as regiões que precisam de aquecimento externo (parte de cima) e as regiões que precisam de resfriamento externo (parte de baixo).

Os utilitários mínimos de resfriamento e aquecimento são encontrados a partir de algoritmos que aplicam o método heurístico com a fórmula $Q = CP \times DT$ (FREITAS, 2014).

3.2. Como Economizar a partir dos Dados Obtidos

Para Freitas (2014), a energia mínima é encontrada através da diferença entre **Soma das correntes frias - Soma das correntes quentes**. Quando a energia for negativa, é necessário um resfriamento. Assim, quando for positiva é necessário um aquecimento.

Para ilustrar melhor e seguindo dados da Tabela 1, o total de correntes frias é 1660 kW e correntes quentes é 1430kW. Logo, o valor final é +230 kW.

Segundo Herrera (2003) existem três regras que ajudam a otimizar a economia de energia de um processo:

- a) Para temperaturas acima do ponto *Pinch*, a refrigeração de utilitários dentro do processo não deve ser utilizada (porque nessa região é necessário apenas aquecimento externo).
- b) Para temperaturas abaixo do ponto *Pinch*, o aquecimento de utilitários no processo não deve ser utilizado (porque nessa região é necessária apenas resfriamento externo).
- c) As trocas de calor entre os fluxos de acima e abaixo do ponto *Pinch* não é permitido.

Caso a empresa que foi exemplificada gastasse 430 kW para aquecer e gastasse R\$350, ela economizaria 46% de energia, e assim pouparia aproximadamente R\$162. Pois o consumo mínimo de energia no exemplo é de 230 kW.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mesmo com várias técnicas utilizadas para indicar, gerenciar e planejar o consumo nas indústrias com intenção de atingir resultados positivos em curto prazo se faz necessário criar ferramentas que, além de economizar energia, reduzam os impactos ambientais gerados pela sua produção. Essa preocupação é ponto crucial para que se alcance o consumo sustentável e ganhe destaque no mercado.

Embora contem com indicadores de consumo, aplicativos que gerenciem o consumo e planejamentos de consumo, que conseguem resultados em curto prazo, é necessária uma ferramenta que, além de economizar energia, faça com que a indústria polua menos. Pois é isso que fará com que ela se sobressaia perante as outras indústrias das outras.

A Tecnologia *Pinch* se diferencia das demais ferramentas porque identifica qual é o consumo mínimo que atende a demanda da indústria. Por exemplo, no caso apresentado neste artigo, o consumo mínimo foi de 230 kW e mais que isso pode gerar desperdício

Com isso, pode-se inferir que a Tecnologia *Pinch* demonstrou vantagem em relação às outras, assim, se tornou uma referência quando se trata de consumo energético.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Escobar, J.C., E.S. Lora, O.J. Venturini, E. Yanez e E.F. Castillo. Biofuels: environment, technology and food security. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v.13, p. 1275-1287, 2009.

FREITAS, A.B.S. Metodologia "Pinch": Demonstração de Integração de Rede de Trocadores de Calor. Bahia : Escola politécnica, Universidade Federal da Bahia, 2014.

HERRERA, A. ISLAS, J. ARRIOLAS, A. Pinch technology application in a hospital. *Applied Thermal Engineering*, v.23, p. 127-139, 2003.

Introduction to Pinch Technology. Inglaterra: Linnhoff March, 1998. 63 p.
Canadá. Pinch Analysis for the Efficient Use of Energy, Water and Hydrogen. Canada: Natural Resource Canada, 2003. 64 p.

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

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

LIPORACE, F.S. Síntese de Redes de Trocadores de Calor Afastadas do Ponto de Estrangulamento Energético. Rio de Janeiro: Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1996. 163 p. Dissertação.

NERY, J. Metodologia para Aplicação de Integração Energética numa Planta Industrial. 2005. 88 f. Tese (Mestrado em Engenharia Química), Universidade Federal da Bahia, Bahia. 2005.

PONTON, J. W., DONALDSON, R. A. B., 1974, A Fast Method for Synthesis of Optimal Heat Exchanger Networks, *Chem. Eng. Sci.*, v. 29, p. 2375 – 2377.

RUDD, D. F., POWERS, G. J. SIROLA, J. J., 1973, Process Synthesis, New Jersey: PrenticeHall Incorporation.

SCHEPKE, Claudio, SCHOPF, Eliseu C., SILVA, Marcus L., SILVA, Pablo F. Avaliação de Heurísticas de Melhoramento e da Metaheurística Busca Tabu para Soluções de PRV. Santo Ângelo: VII Fórum de Tecnologias e XIV Simpósio Regional de Informática, 2004.

PINCH TECHNOLOGY: A PROPOSAL FOR SUSTAINABLE CONSUMPTION OF ENERGY

SANTOS, Wiliam Souza*; **JESUS, Willyans Santos**

Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Sergipe

* email: wiliam_s.s@hotmail.com

Abstract: *This study is based on the application of the tool Pinch Technology to find the minimum energy consumption of an enterprise and not generating waste. The main objective of the study is on the analysis of hot and cold currents and the compound bow, from them, so, is the pinch point. The work is structured starting from a literature review on this technology then it was considered a hypothetical example to show step by step how to find the minimum consumption.*

Keywords: *Tool, Pinch Technology, Reduced Power Consumption.*