

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Departamento de Engenharia Mecânica

Trabalho de Formatura

Projeto Térmico de Trocador de Calor

Através de Método Numérico

Fábio Luz Almeida

Orientador: Prof. Dr. Marcos de Matos Pimenta

São Paulo, 2001

12
dez
2001

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Departamento de Engenharia Mecânica

Trabalho de Formatura

Projeto Térmico de Trocador de Calor

Através de Método Numérico

Fábio Luz Almeida

Orientador: Prof. Dr. Marcos de Matos Pimenta

Coordenador: Prof. Dr. Edson Gomes

São Paulo, 2001

Agradecimentos

Ao Prof. Doutor Marcos Pimenta, pelo valiosa orientação prestada ao longo desse trabalho.

Aos meus pais Leonice Brochine Almeida e Amália Luz Almeida pelo apoio, paciência e carinho prestados a mim durante todos estes 5 anos de graduação.

Aos meus amigos Eduardo Tomita Campoleoni, parceiro na prévia desse trabalho, e Clayton Freitas Barbosa.

Ao Prof. Euryale de Jesus Zerbini pela ajuda na importante etapa inicial do trabalho.

Aos colegas da Mahle Metal Leve, empresa da qual tenho orgulho de fazer parte, pelo apoio prestado nos meses decisivos do ano de graduação.

Sumário

Lista de Figuras	ii
Lista de Símbolos	iii
Resumo	v
1.Introdução	1
2. Revisão Bibliográfica	2
2.1.Método F	3
2.2.Método ϵ -NUT	4
2.3.Outros métodos	5
3. Modelagem	5
3.1. Problemas	5
3.2. Hipóteses	6
3.3. Modelo	7
3.3.1. Primeira Lei	7
3.3.2. Fluxo Térmico	7
3.3.3. Acoplamento	8
3.3.4. Fator F	8
4. Método de Cálculo	11
4.1. Equações	11
4.2. Algoritmo Numérico	11
4.3. Modelos para as propriedades	12
5. O programa	15
6. Conclusões	26
7. Bibliografia	28
8.Anexo	29

Lista de Figuras

Figura 5.1: Tela de apresentação	15
Figura 5.2: Tela de apresentação-Ferramentas/Calculadora	15
Figura 5.3: Tela de apresentação-Janela	16
Figura 5.4: Tela de apresentação-Opções	16
Figura 5.5: Tela para cálculo de área	17
Figura 5.6: Tela para cálculo de área-Fluido Alternativo	18
Figura 5.7: Tela para cálculo de área-U-Fator de Incrustação	19
Figura 5.8: Tela para cálculo de área-U- Fator de Incrustação	20
Figura 5.9: Tela para cálculo de área-U	21
Figura 5.10: Tela para cálculo de área	22
Figura 5.11: Tela para cálculo de área-Resultado	22
Figura 5.12: Tela para cálculo das temperaturas de saída	23
Figura 5.13: Tela para cálculo das temperaturas de saída	24
Figura 5.14: Tela de apresentação/Ajuda	24
Figura 5.15: Tela de apresentação/Ajuda	25

Lista de Símbolos

ε	efetividade
NUT	número de unidades de transferência
$\dot{q}$	taxa de transferência de calor
U	coeficiente global de transferência de calor
A	área de transferência de calor
ΔT_{ml}	diferença média logaritmica de temperatura
$\Delta T_{ml,cc}$	diferença média log. temperatura de um troc. de calor em contra corrente
T_1	temperatura da seção 1 do trocador de calor
T_2	temperatura da seção 2 do trocador de calor
$\dot{q}_{max}$	taxa de transferência de calor máxima
C_{min}	capacidade térmica mínima
C_{max}	capacidade térmica máxima
C	razão entre as capacidades térmicas mínima e máxima
D	diâmetro
$\dot{m}_q$	vazão mássica do fluido quente
$\dot{m}_f$	vazão mássica do fluido frio
T_{qe}	temperatura de entrada do fluido quente
T_{fe}	temperatura de entrada do fluido frio
T_{qs}	temperatura de saída do fluido quente
T_{fs}	temperatura de saída do fluido frio
Re	adimensional Reynolds
Pr	adimensional Prandtl
Nu	adimensional Nusselt
R_i	resistência térmica de incrustação
R_p	resistência térmica da parede
k	condutividade térmica
ρ	densidade
μ	viscosidade dinâmica

h	coeficiente de transferência de calor por condução ou película
cp_q	calor específico do fluido quente
cp_f	calor específico do fluido frio
q_t	troca de calor total, parâmetro de parada
δ	parâmetro do F do trocador tipo casco tubo
θ	parâmetro do F do trocador tipo casco tubo
P_{nl}	parâmetro do F do trocador tipo casco tubo
R	parâmetro do F do trocador tipo casco tubo

Resumo

Este presente trabalho visa apresentar um programa implementado em linguagem visual (visual basic) que realiza o projeto térmico de alguns tipos de trocador de calor (cálculo de área necessária para transferência de calor requerida) bem como o cálculo das temperaturas de saída dos fluidos refrigerantes que trabalham no mesmo equipamento.

O programa tem em seu código expressões para avaliação de propriedades dos fluidos em função da temperatura a qual está sujeita e através dos métodos F ou ϵ -NUT realiza os cálculos necessários. Este programa terá aplicações em projeto e controle de qualidade de trocadores de calor em geral.

1.Introdução

Trocadores de Calor (TC) são equipamentos cuja finalidade é propiciar condições favoráveis para a transferência de calor entre dois fluidos. Essa transferência de calor é potencializada pela diferença de temperatura entre os fluidos e depende de parâmetros que estão sendo analisados neste presente trabalho.

Os TC são largamente utilizados nos diversos ramos industriais e também em aplicações rotineiras. Dois exemplos comuns são o condensador e o evaporador de uma geladeira.

Dados os parâmetros construtivos do equipamento e propriedades dos fluidos de trabalho, é freqüente a necessidade de se estimar as temperaturas de saída desses fluidos a partir de suas temperaturas de entrada. Ou ainda, obter a área de troca a partir das temperaturas de entrada e saída e outros parâmetros a serem definidos.

O presente trabalho propõe um método numérico para resolução desses problemas e apresentá-lo de forma gráfica e visual para facilitar a utilização por parte do usuário. Nesse sentido como já é sabido, o intuito é elaborar um software. Em linhas gerais, no modelo matemático são utilizadas a primeira lei da termodinâmica, equação de fluxo térmico para um TC, além de correlações específicas para alguns tipos de trocador para o método F. Já para resolução numérica do sistema encontrado, é utilizado o método da dicotomia. Algumas equações foram suprimidas e/ou trocadas por outras que apresentavam melhores resultados. Foi decidido aplicar métodos de projeto (F ou ϵ -NUT) diferentes para alguns tipos de trocador de calor sendo que algumas vezes não foi necessário o processo iterativo para que se chegasse a um determinado resultado. Esta se priorizando a solução mais direta tendo em vista a dificuldade de implementação computacional sem prejuízo de consistência físico-matemática.

2. Revisão Bibliográfica

Como já foi citado, os trocadores são dispositivos amplamente usados na indústria. Seu princípio de funcionamento é baseado na transferência de calor entre dois fluidos que se encontram em temperaturas distintas, fato que potencializa essa transferência. Os fluidos geralmente não se misturam. São separados por barreiras físicas (especialmente tubos) e percorrem, uma certa distância para realizarem a transferência de calor desejada.

Inúmeros artifícios são utilizados com a intenção de melhorar as condições de operação (taxa de troca de calor p. ex.) como introdução de aletas, colocação de serpentinas e etc. Deste modo, diversos tipos de trocadores foram elaborados para resolver os problemas de transferência para as mais variadas condições de contornos. A associação americana TEMA (Tubular Exchanger Manufacturers Association, Inc.) foi criada especialmente para regulamentar a construção e comercialização dos inúmeros tipos de trocadores tubulares, que são os mais comumente utilizados na indústria.

Existem dois modelos de trocadores que representam os extremos de eficiência na transferência na troca de calor: a eficiência máxima ocorre no trocador em contra-corrente e a eficiência mínima ocorre no trocador em corrente paralela. No primeiro tipo os fluidos se deslocam paralelamente em sentidos contrários, enquanto no segundo o escoamento se dá no mesmo sentido.

Para realizar o dimensionamento de trocador de calor é necessário calcular a quantidade de calor transferido que é dado pela equação [2]:

$$\dot{q} = U.A.\Delta T_{ml}$$

onde: U é coeficiente global de troca de calor do TC;

A é a área total de troca de calor.

ΔT_{ml} é a média apropriada de diferenças de temperaturas.

Essa diferença de temperatura não é constante ao longo do tubo. Logo temos a necessidade de determinar uma diferença média de temperatura obtida por integração numérica das diferenças de temperatura locais em infinitesimais porções da trajetória dos fluidos ao longo do trocador. Essa questão levou a inúmeras tentativas mal sucedidas de dimensionamento de trocadores de calor. Utilizava-se a diferença média aritmética de

temperatura (DTMA) até 1920. Por fim foi adotada a diferença média logarítmica de temperatura (DTML), que no caso do trocador de calor em contra corrente e substituindo na equação anterior fica [2]:

$$\dot{q} = UA \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln (\Delta T_1 / \Delta T_2)}$$

Os trocadores citados até agora (contra-corrente e corrente paralela) não são os mais comumente usados na indústria por motivos variados como custo, espaço, função etc. O trocador em contra corrente exige uma construção sofisticada e custosa; o de corrente paralela exige uma longa trajetória para realizar a troca, o que acarreta em custo elevado. Por isso a indústria já utilizava outros tipos de trocador conforme sua necessidade. Desta forma era necessário o cálculo trabalhoso de integração para cada tipo de trocador. Afim de simplificar o processo de projeto do trocador foi definido um fator de correção para cada tipo distinto. Passou-se a definir então esse fator como a relação entre a diferença média logarítmica de temperatura do trocador em questão e a diferença média logarítmica de temperatura de um trocador em contra-corrente:

$$F = \frac{\Delta T_{ml}}{\Delta T_{ml,cc}}$$

2.1.Método F

Na época foram obtidos, empiricamente, valores de F e colocados em gráficos para se fazer o dimensionamento do trocador. Podemos inferir diretamente que a eficiência dos trocadores é proporcional ao valor do fator F. Nesse sentido a literatura traz como 0,7 o valor mínimo de F que pode ser utilizado, isso porque um trocador com eficiência baixa é economicamente desinteressante. Avanços foram obtidos quando se obteve fórmulas analíticas dos coeficientes F para os mais diversos tipos de trocador e com o passar dos anos estas relações ficaram cada vez mais genéricas levando em consideração, por exemplo, fatores como número de passes nos casco, no tubo e configurações das mais variadas.

No item referente ao Método F (3.3.4) serão mostradas as várias relações existentes e de interesse para implementação do programa, objetivo deste.

2.2.Método ε -NUT

Além do método F, existe também o método ε -NUT. Definimos NUT como:

$$NUT = \frac{UA}{C_{\min}}$$

onde $C_{\min}$ é a menor capacidade térmica dos fluidos de trabalho;

NUT é o número de unidades de transferência.

Podemos definir a efetividade (ε) como sendo:

$$\varepsilon = \frac{q}{q_{\max}}$$

onde: q é a taxa de transferência calor em um trocador;

$q_{\max}$ é a taxa máxima de transferência de calor possível.

Sabemos que a efetividade é dada em função de NUT e da relação de capacidades térmicas $C=C_{\min}/C_{\max}$

$$\varepsilon = f(NUT, C)$$

Existem correlações específicas para cada tipo de trocador, como ocorre com as fórmulas para o fator F.

Por exemplo, para escoamento cruzado em único passe e ambos os fluidos não-misturados temos [3]:

$$\varepsilon = 1 - \exp\left(\left(\frac{1}{C}\right)NUT^{0,22}\left(\exp(-C.NUT^{0,78})-1\right)\right)$$

Através destas relações podemos, com auxílio da primeira lei da termodinâmica, calcular os demais parâmetros necessários para o projeto do trocador.

2.3. Outros métodos

Ainda existem outros métodos para projeto de trocador de calor. Um deles, o método G define outra grandeza: o parâmetro G que é a discrepância térmica. Além do método Bell que é feito para específicas configurações de trocadores de calor.

3. Modelagem

3.1. Problemas

Temos um TC Casco e Tubos não compacto, não aletado, com tubos de seção transversal circular (pretende-se, futuramente tornar o problema mais genérico possível). Para o primeiro problema (cálculo das temperaturas de saída), são conhecidos alguns de seus parâmetros de caracterização e dos fluidos de trabalho utilizados. Esses parâmetros são:

- a. número de tubos (N);
- b. diâmetro interno dos tubos (D);
- c. área total de troca de calor (A);
- d. vazão mássica do fluido quente ($\dot{m}_q$);
- e. vazão mássica do fluido frio ($\dot{m}_f$);
- f. temperatura de entrada do fluido quente (T_{qe});
- g. temperatura de entrada do fluido frio (T_{fe}); e

Baseando-se nesses dados e na escolha dos dois fluidos de trabalho, queremos:

- a) calcular a temperatura de saída do fluido quente (T_{qs}); e
- b) calcular a temperatura de saída do fluido frio (T_{fs}).

Para o segundo problema (cálculo da área necessária para transferência térmica), temos:

- a. número de tubos (N);
- b. diâmetro interno dos tubos (D);

- c. vazão mássica do fluido quente ($\dot{m}_q$);
- d. vazão mássica do fluido frio ($\dot{m}_f$);
- e. temperatura de entrada do fluido quente (T_{qe});
- f. temperatura de entrada do fluido frio (T_{fe});
- g. temperatura de saída do fluido quente (T_{qs}); e
- h. temperatura de saída do fluido frio (T_{fs}).

A partir das temperaturas de entrada e saída dos fluidos, vamos levantar o diagrama de operação do TC, e a partir dos coeficiente de troca de calor, sugerir a utilização de aletas do lado do fluido quente ou do frio. Futuramente, pretende-se tornar o algoritmo robusto o bastante a ponto de aceitar quaisquer valores de entrada e calcular o restante dos parâmetros.

3.2. Hipóteses

Para resolução do problema, assumimos algumas hipóteses simplificadoras:

- a. perda de calor para a vizinhança desprezível;
- b. variação nas energias cinética e potencial dos fluidos desprezível;
- c. não ocorre mudança de fase dos fluidos;
- d. escoamento completamente desenvolvido;
- e. influência da região de entrada desprezível;
- f. resistência térmica de condução nos tubos desprezível; e
- g. fator de incrustação desprezível.

Baseado no fato de que as condições térmicas se desenvolvem em um perfil de velocidades uniforme podemos considerar o escoamento completamente desenvolvido. Além disso, podemos desprezar a região de entrada se $[(Re_D Pr D / L)^{1/3} \cdot (\mu/\mu_{sup})^{0,14}]$ for menor que 2, (cf. [2, pág. 241]).

Em geral, TC são construídos de tubos metálicos delgados, daí a resistência térmica da parede: $R_{parede} = \ln(D_e/D_i) / (2 \pi K L)$, cf. [2, pág. 320] ser suficientemente pequena para ser desprezada. Por estarmos limitando o estudo a TC novos ou com boa manutenção, podemos também supor que não há incrustações (depósitos de materiais) nas

paredes dos tubos, ou que sua influência não é significativa, logo a resistência de incrustação pode ser considerada nula.

3.3. Modelo

O modelo físico utiliza a primeira lei da Termodinâmica para volume de controle para a troca de calor entre os dois fluidos de trabalho. Também é utilizada a equação de fluxo térmico para um TC. Ambas considerando as condições de contorno decorrentes das hipóteses feitas anteriormente.

Do acoplamento das duas equações acima resulta o sistema principal do método de resolução, cujas soluções serão buscadas numericamente, tendo em vista que esse sistema não possui solução analítica.

3.3.1. Primeira Lei

A primeira Lei da Termodinâmica para um volume de controle pode ser escrita [1]:

$$\dot{Q} = \frac{dE}{dt} + \dot{W} \quad (i)$$

Aplicando as hipóteses anteriores, essa expressão se torna:

$$\dot{Q} = \dot{m}_q \cdot c_{p,q} \cdot \Delta T_q = \dot{m}_f \cdot c_{p,f} \cdot \Delta T_f \quad (ii)$$

onde: o índice q refere-se ao fluido quente e o f ao fluido frio.

4.3.2. Fluxo Térmico

Como já foi citado no item 2 do presente texto, o fluxo térmico em um TC em contra-corrente ou corrente paralela pode ser expresso pela equação [2]:

$$\dot{q} = UA \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln (\Delta T_1 / \Delta T_2)} \quad (iii)$$

onde: U é coeficiente global de troca de calor do TC;

A é a área total de troca de calor.

Podemos definir a parcela $\{\Delta T_1 - \Delta T_2 / [\ln (\Delta T_1 / \Delta T_2)]\}$ como a diferença média logarítmica de temperatura, ΔT_{ml} . No caso em estudo:

$$\Delta T_{ml} = F \cdot \Delta T_{ml,cc} \quad (iv)$$

onde: $\Delta T_{ml, cc}$ é a diferença média logarítmica definida para um TC de contra-corrente, que possui eficiência máxima ($F=1$);

F é o fator de correção para a configuração do TC.

Além disso:

$$\Delta T_1 = T_{qe} - T_{fs} \quad \text{e} \quad \Delta T_2 = T_{qs} - T_{fe} \quad (v)$$

Para o caso contracorrente.

3.3.3. Acoplamento

Fazendo o acoplamento da primeira lei (ii) com a equação de fluxo térmico (iii), temos o seguinte sistema:

$$\begin{cases} \dot{m}_q \cdot cp_q \cdot \Delta T_q = \dot{m}_f \cdot cp_f \cdot \Delta T_f \\ U \cdot A \cdot F \cdot \Delta T_{ml,cc} = \dot{m}_q \cdot cp_q \cdot \Delta T_q \end{cases} \quad (I)$$

Note que igualamos a equação de fluxo térmico ao primeiro membro da primeira lei.

3.3.4. Fator F

Como dito, o fator F é uma correção da diferença média logarítmica das temperaturas consideradas para um trocador em contracorrente e o caso em estudo. Para um trocador casco tubo temos a seguinte expressão para esse fator.

$$F = \frac{\theta}{\delta \cdot \ln \left(\frac{2 - P_{nl}(1 + R - \theta)}{2 - P_{nl}(1 + R + \theta)} \right)} \quad (vi)$$

Os parâmetros θ , δ , P_{nl} são:

$$\theta = \sqrt{R^2 + 1}$$

$$\delta = \begin{cases} \frac{R-1}{\ln \left(\frac{1-P_{nl}}{1-P_{nl} \cdot R} \right)} & , \text{ se } R \neq 0 \\ \frac{1-P_{nl}}{P_{nl}} & , \text{ se } R = 0 \end{cases}$$

$$P_{nl} = \begin{cases} P & , \text{ se } N = 1 \\ \frac{1 - \sqrt{\frac{PR-1}{P-1}}}{R - \sqrt{\frac{PR-1}{P-1}}} & , \text{ se } N = 2 \text{ e } R \neq 1 \\ \frac{P}{2-P} & , \text{ se } N = 2 \text{ e } R = 1 \end{cases}$$

onde: N é a quantidade de passes no casco.

E os parâmetros R e P são:

$$R = \frac{T_{qe} - T_{qs}}{T_{fs} - T_{fe}}$$

$$P = \frac{T_{fs} - T_{fe}}{T_{qe} - T_{fe}}$$

Pretende-se tornar o software cada vez mais abrangente. Entretanto na abordagem acima foi limitada a escolha da análise de um trocador de calor em corrente paralela. Portanto as relações acima colocadas refere-se a esse caso em particular. No programa, tanto o projeto térmico quanto o cálculo das temperaturas de saída dos fluidos de trabalho podem ser avaliados para os seguintes trocadores:

- a) Casco Tubo - Um Passe no Casco
- b) Casco Tubo - N Passes no Casco

- c) Escoamento Cruzado - Ambos Não Misturados
- d) Escoamento Cruzado - C Máx Misturado
- e) Escoamento Cruzado - C Min Misturado
- f) Tubos Concêntricos - Esc. Paralelo
- g) Tubos Concêntricos - Esc. Contra Corrente

A opção para um ou outro tipo de trocador é feita nas telas específicas do programa assim como demais recursos disponíveis no mesmo. Detalhes serão apresentados posteriormente.

4. Método de Cálculo

4.1. Equações

Do sistema (I), tiramos o seguinte sistema de equações a serem resolvidas numericamente:

$$\begin{cases} T_{fs} = \frac{\dot{m}_q \cdot c_{p,q} \cdot (T_{qe} - T_{qs})}{(\dot{m}_f \cdot c_{p,f})} + T_{fe} \\ q_T = U \cdot A \cdot F \cdot \Delta T_{ml,cc} - \dot{m}_q \cdot c_{p,q} \cdot (T_{qe} - T_{qs}) \end{cases} \quad (II)$$

4.2. Algoritmo Numérico

Para resolver o sistema (II), fizemos:

- Chute de T_{qs} e T_{fs} ;
- Cálculo de $c_{p,q}$ e $c_{p,f}$, bem como demais propriedades (μ , ρ , k etc);
- Cálculo de T_{fs} [conforme a primeira equação do sistema (II)] ;
- Cálculo de R , P ;
- Cálculo de F ;
- Cálculo de U através do cálculo prévio dos coeficientes de película dos fluidos que por sua vez necessita do valor das propriedades levantadas em b utilizando as relações de Reynolds e Nusselt.
- Cálculo de q_T [conforme a segunda equação do sistema (II)] .

Em seguida, é verificado se $q_T \cong 0$. Caso seja verificada a equação anterior, o processo de resolução é terminado e T_{qs} e T_{fs} são respostas do sistema. Senão, chuta-se um novo T_{qs} e repete-se a seqüência de passos.

Como q_T é uma função monotônica (fato comprovado através de uma simulação em planilha de cálculo) em T_{qs} podemos dizer seguramente que, quando:

$$\begin{cases} q_T > 0 \Rightarrow \text{devemos diminuir } T_{qs} \text{ para a próxima iterada,} \\ q_T < 0 \Rightarrow \text{devemos diminuir } T_{qs} \text{ para a próxima iterada.} \end{cases}$$

Note também que no item b calculamos cp_q e cp_f . Isso é possível pois foi desenvolvida uma rotina que os determina a partir da média aritmética das temperatura de entrada e saída do fluido quente e frio, respectivamente, como aliás se fez nos cálculo de todas as propriedades. O cálculo seguinte o qual depende do valor das propriedades (citado no item f) é feito da seguinte forma:

-Cálculo de Reynolds

$$R = \frac{\rho.V.D}{\mu}$$

-Cálculo de Nusselt (Equação de Dittus-Boeter)

$$Nu = 0,023.R^{0.8}.Pr^n$$

Onde $n = 0,4$ para aquecimento e $n = 0,3$ para resfriamento.

-Cálculo do coeficiente de película h

$$h = \frac{Nu.k}{D}$$

-Cálculo do Coeficiente Global de Troca de Calor

$$\frac{1}{UA} = \frac{1}{(h.A)_f} + \frac{1}{(h.A)_q} + R_p + \frac{R_{i,f}}{A_f} + \frac{R_{i,q}}{A_q}$$

Onde R_p = Resistência da parede;

R_i = Fator de incrustação;

A = Área.

Além desse algoritmo, para alguns tipos de trocador de calor foi utilizado o método ϵ -NUT para Cálculo das temperaturas de saída. Esse método, para o problema em questão apresenta solução direta dispensando tratamento iterativo.

Todo o método numérico foi implementado em linguagem de programação visual basic e o código parcial feito encontra-se em anexo.

4.3. Modelos para as propriedades

Como já foi mencionado, o software será capaz de calcular e reavaliar as propriedades dos fluidos de trabalho toda vez que for feito um cálculo. No caso do cálculo iterativo a reavaliação das propriedades será feita a cada passo. A priori os fluidos tratados serão água e ar cujas propriedades em função da temperatura em Celsius e Kelvin serão apresentadas a seguir [10]:

Água:

Calor específico: $y = 2E-05x^2 - 0.003x + 4.2618$

Densidade: $y = -0.0027x^2 - 0.1384x + 1000.9$

Viscosidade dinâmica $y = 0.001e^{-0.0092x}$

Condutividade térmica $y = -6E-06x^2 + 0.0017x + 0.5717$

Prandtl $y = 6.9279e^{-0.0107x}$

Ar:

Calor específico: $y = 8E-08x^2 + 2E-05x + 1.009$

Densidade: $y = -0.0027x^2 - 0.1384x + 1000.9$

Viscosidade dinâmica $y = (-4E-05x^2 + 0.3968x + 67.644).10^{-7}$

Condutividade térmica $y = (0.0629x + 6.9475).10^{-3}$

Prandtl $y = 4E-07x^2 - 0.0004x + 0.8097$

Entretanto, para algumas propriedades, como por exemplo para a viscosidade dinâmica dos óleos refrigerantes, será utilizada uma função cujos parâmetros de entrada são o tipo de óleo utilizado e a temperatura de operação. Essa equação, chamada Equação de Vogel, é explicitada em termos de constantes diferentes para cada tipo de óleo.

$$\mu = e^{\frac{a}{c+b.T}}$$

Onde:

μ : viscosidade dinâmica;

a, b e c: constantes que dependem do tipo de óleo;

T: temperatura.

OBS: Os valores das constantes já estão colocadas no código do programa.

5. O programa

Como já foi dito o software foi implementado em Linguagem Visual Basic e foi necessário um aprimoramento de suas ferramentas para sua melhor utilização. Neste item pretende-se apresentá-lo dando idéia de seus principais recursos.

A tela de apresentação do programa contém alguns recursos embutidos em seu menu que podem ser utilizados através do click em Arquivo, Opções, Unidades, Ferramentas, Janela e Ajuda.

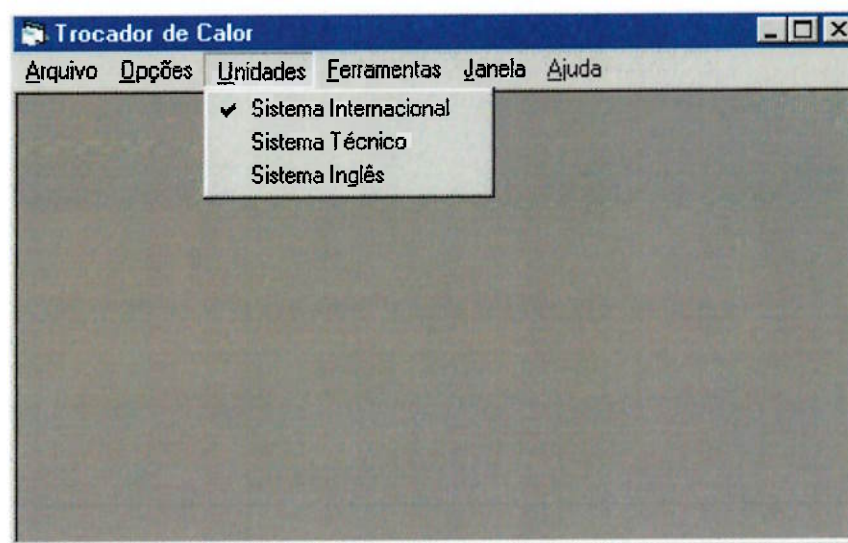


Figura 5.1: Tela de apresentação

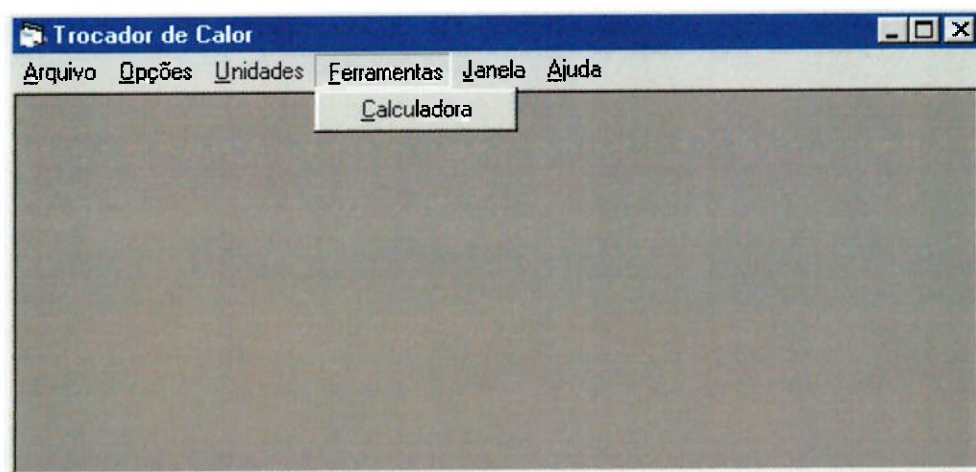


Figura 5.2: Tela de apresentação-Ferramentas/Calculadora

Dentro das ferramentas está uma calculadora de auxílio aos cálculos. Essa função resgata a calculadora disponível no computador no qual o programa está sendo utilizado. No item

arquivo existe a opção de sair do programa. No item Unidades existe três opções de Sistemas de Unidades: Internacional, Técnico e Inglês e dependendo da relevância desses sistemas de unidades as rotinas de conversão serão implementadas. Por enquanto a única opção implementada é o Sistema Internacional. O item janela será mostrado a seguir:

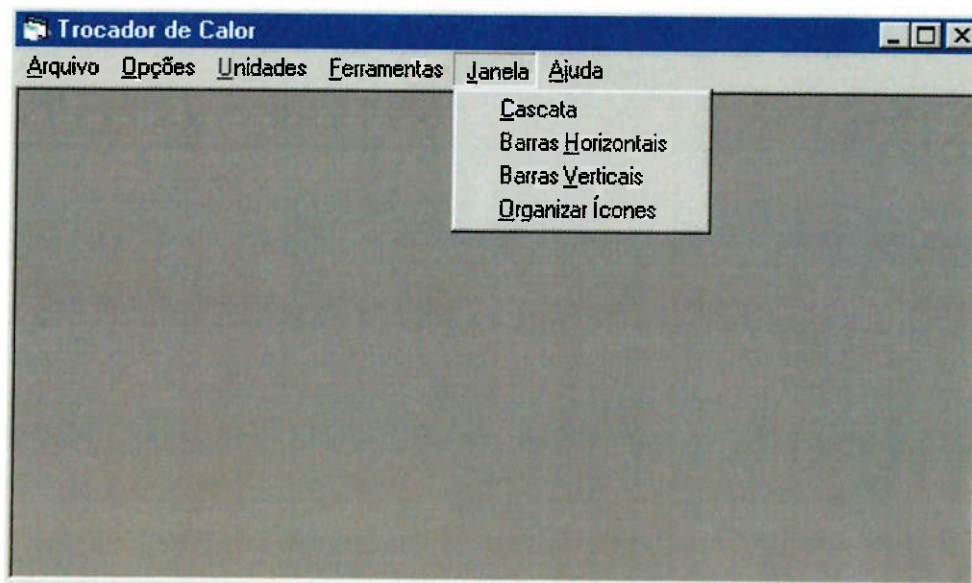


Figura 5.3: Tela de apresentação-Janela

Abaixo será mostrada a tela de opções para os cálculos que são o objeto desse trabalho:

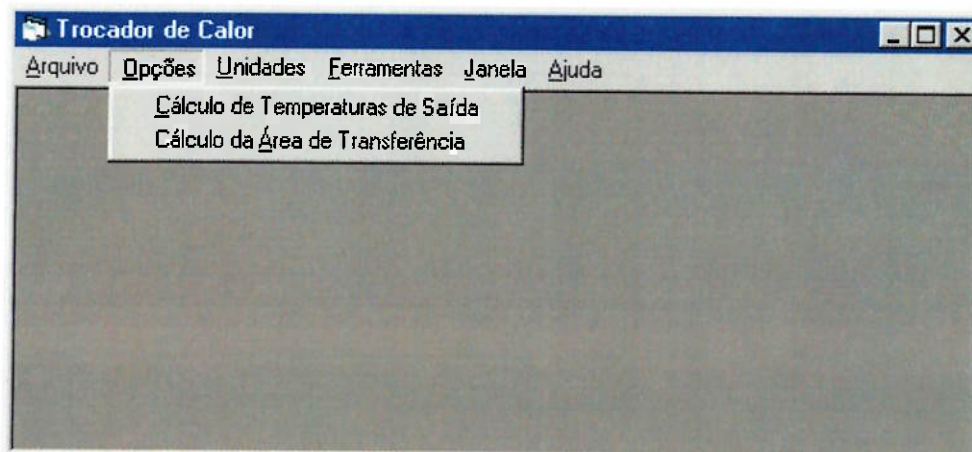


Figura 5.4: Tela de apresentação-Opções

Neste item coloca-se as opções de escolha para o cálculo referente aos problemas já mencionados: cálculo da temperatura de saída dos fluidos e cálculo de área. Essas opções chamam duas outras telas que evidenciam os dados necessários para cada tipo de cálculo:

Figura 5.5: Tela para cálculo de área

Como pode ser observado acima, a tela requisita as informações necessárias para o cálculo da área. Note que alguns campos estão desabilitados pois não são necessários para este cálculo mas o são em outra parte do programa. A tela discrimina os dados referentes aos diferentes fluidos frio e quente, entretanto existe o botão “Outro” ao lado de cada tipo de fluido que pode inserir um fluido alternativo diferente das opções oferecidas (água e ar) que estão contidas no código do programa. Cada dado dimensional pode ser inserido em unidades que podem ser escolhidas nos botões de opção que se encontram ao lado.

O programa ainda trás duas opções para o cálculo do coeficiente global de troca de calor: através do botão que se encontra abaixo da caixa de texto, o usuário pode escolher

entre efetuar o cálculo de U com os dados previamente inseridos ou inseri-lo diretamente através de uma caixa de texto.

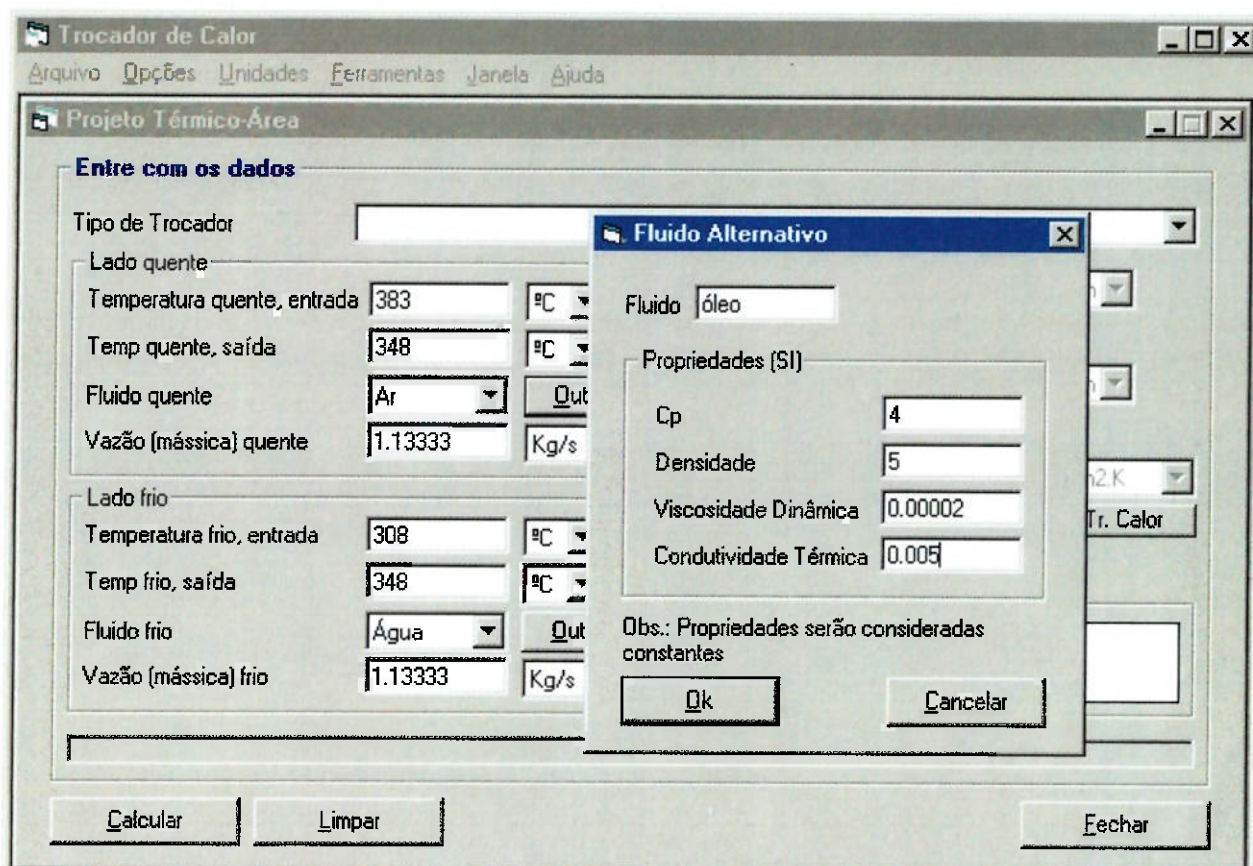


Figura 5.6: Tela para cálculo de área-Fluido Alternativo

Os dados colocados na tela acima são incorporados ao código para que seja efetuado o cálculo com um fluido alternativo.

Abaixo a tela de escolha para dados do coeficiente global de troca de calor:

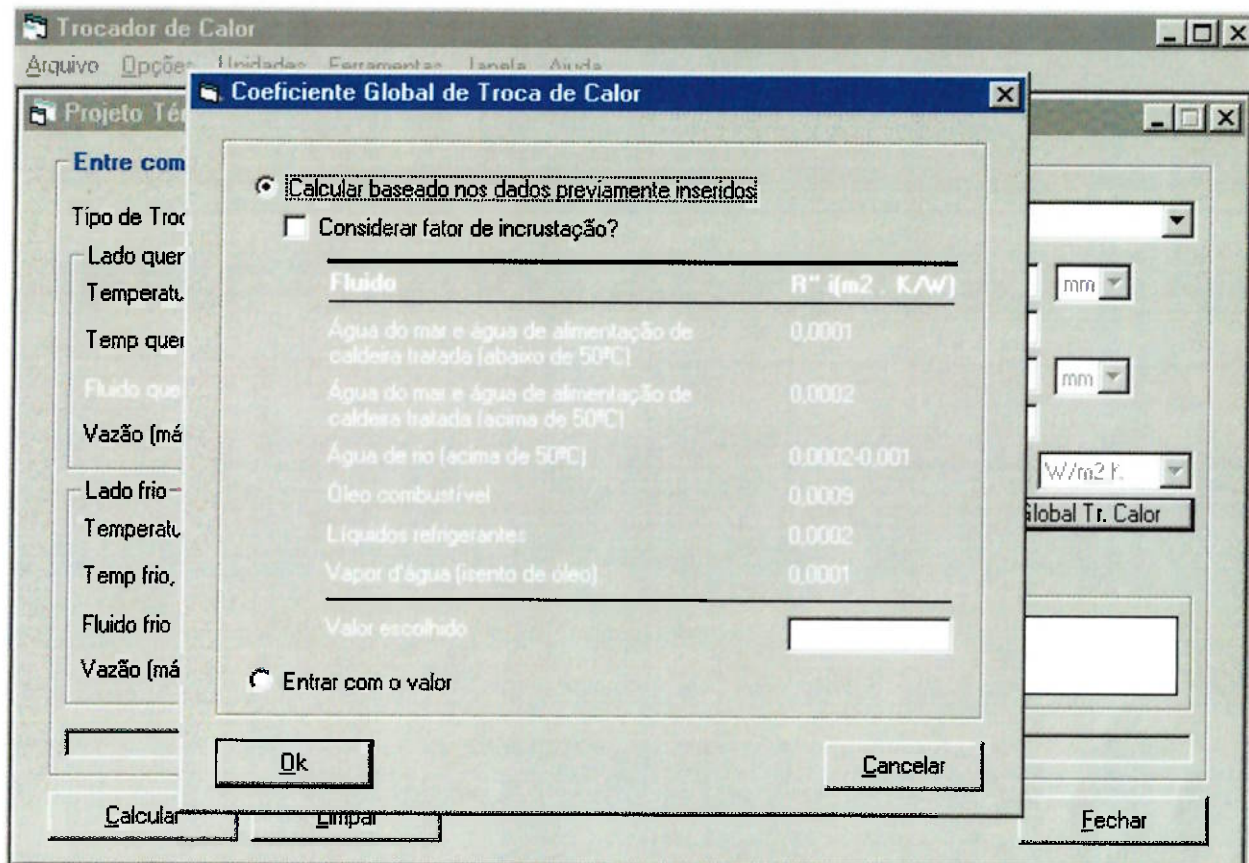


Figura 5.7: Tela para cálculo de área-U-Fator de Incrustação

Observa-se que o usuário pode, como já foi dito, “Calcular U baseado nos dados previamente inseridos” considerando ou não o fator de incrustação. Na hipótese de considerar, as opções sugeridas desabilitadas na tela acima são habilitadas ficando disponíveis e o usuário pode colocar o valor numa caixa de texto situada abaixo: “Valor escolhido”.

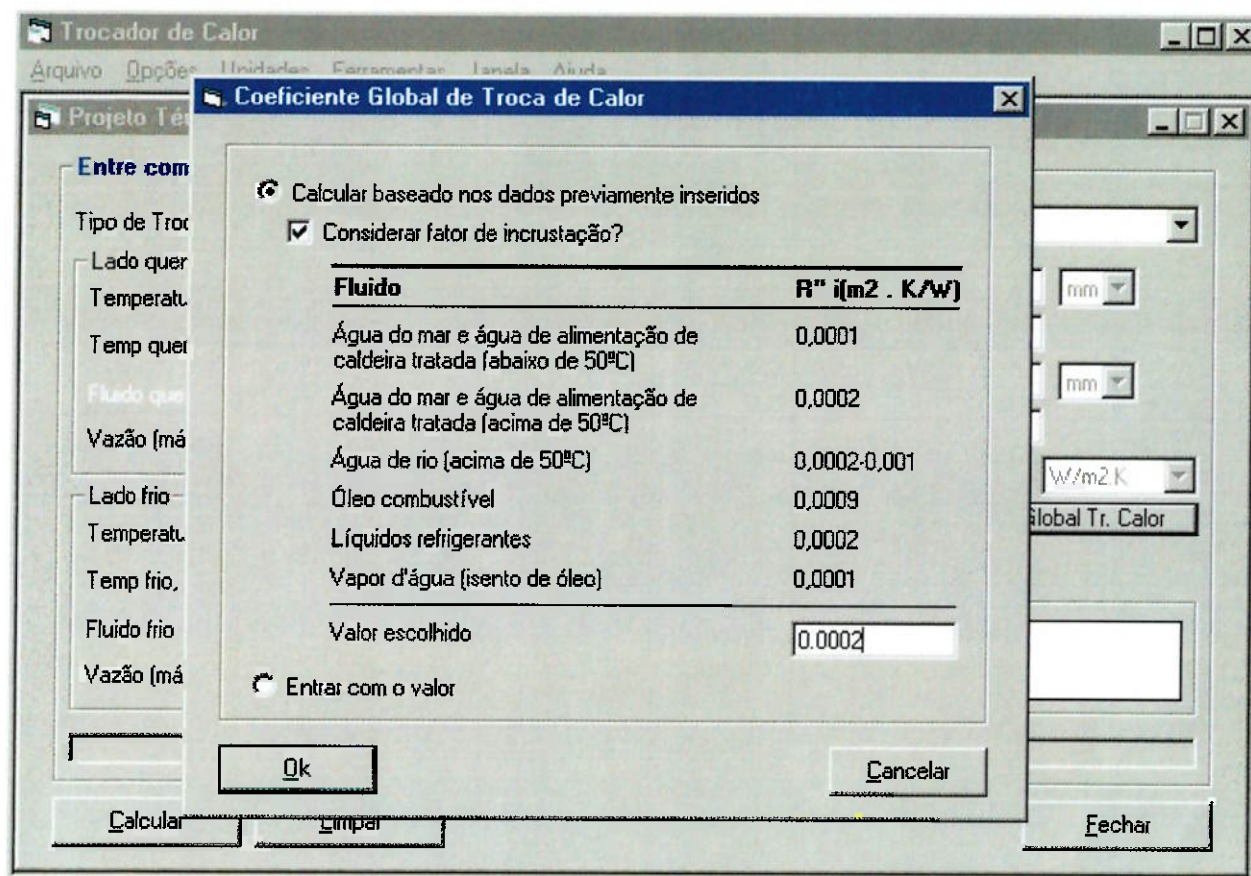


Figura 5.8: Tela para cálculo de área-U- Fator de Incrustação

Se a opção for “Entrar com o valor”, essa mini-tela é fechada o programa retorna à tela inicial desabilitando o respectivo campo de inserção de U.

Trocador de Calor

Arquivo Opções Unidades Ferramentas Janela Ajuda

Projeto Térmico-Área

Entre com os dados

Tipo de Trocador: Casco Tubo - N Passes no Casco

Lado quente

Temperatura quente, entrada: 383 °C

Temp quente, saída: 348 °C

Fluido quente: Ar

Vazão (mássica) quente: 1.13333 Kg/s

Lado frio

Temperatura frio, entrada: 308 °C

Temp frio, saída: 348 °C

Fluido frio: Água

Vazão (mássica) frio: 1.13333 Kg/s

Diâmetro: 0.0125 mm

Número de tubos: 140

Comprimento: 10 mm

N de passes no casco: 1

Coef. Global de Tr. de Calor: 320 W/m2.K

Resultado:

Figura 5.9: Tela para cálculo de área-U

Com todos os dados inseridos e escolhido o tipo e trocador dos 6 possíveis pode-se pressionar o botão de cálculo e o resultado é mostrado na caixa de texto correspondente.

Obs.: Foi colocada um barra de progresso para temporizar o cálculo.

Trocador de Calor

Arquivo Opções Unidades Ferramentas Janela Ajuda

Projeto Térmico-Área

Entre com os dados

Tipo de Trocador: Casco Tubo - N Passes no Casco

Lado quente: Casco Tubo - Um Passe no Casco

Temperatura quente, entrada: Casco Tubo - N Passes no Casco

Temp quente, saída: Escoamento Cruzado - Ambos Não Misturados

Fluido quente: Escoamento Cruzado - C Máx Misturado

Vazão (mássica) quente: 1.13333 Kg/s

Coef. Global de Tr. de Calor: 320 W/m².K

Lado frio: Coef. Global Tr. Calor

Temperatura frio, entrada: 308 °C

Temp frio, saída: 348 °C

Fluido frio: Água Outro

Vazão (mássica) frio: 1.13333 Kg/s

Resultado

Calcular Limpar Fechar

Figura 5.10: Tela para cálculo de área

Figura 5.11: Tela para cálculo de área-Resultado

Trocador de Calor

Arquivo Opções Unidades Ferramentas Janela Ajuda

Projeto Térmico-Área

Entre com os dados

Tipo de Trocador: Casco Tubo - N Passes no Casco

Lado quente: Diâmetro: 0.0125 mm

Temperatura quente, entrada: 383 °C

Temp quente, saída: 348 °C

Fluido quente: Ar Outro

Vazão (mássica) quente: 1.13333 Kg/s

Número de tubos: 140

Comprimento: 10 mm

N de passes no casco: 1

Coef. Global de Tr. de Calor: 320 W/m².K

Lado frio: Coef. Global Tr. Calor

Temperatura frio, entrada: 308 °C

Temp frio, saída: 348 °C

Fluido frio: Água Outro

Vazão (mássica) frio: 1.13333 Kg/s

Resultado: A área é igual a 25.60 m²

Calcular Limpar Fechar

Para a segundo módulo do programa (cálculo das temperaturas de saída dos fluidos) foi utilizado o mesmo tratamento de dados de entrada. Na tela inicial, o usuário tem a opção de escolher, no caso de trocadores de calor casco tubo, entre entrar com a área diretamente ou fornecer elementos para o cálculo da área que, por sua vez, possibilita o cálculo das temperaturas.

Trocador de Calor

Arquivo Opções Unidades Ferramentas Janela Ajuda

Projeto Térmico-Temperaturas

Entre com os dados

Tipo de Trocador: Casco Tubo - N Passes no Casco

Lado quente

Temperatura quente, entrada: 250 °C

Chute Temp quente, saída: 423 °C

Fluido quente: óleo

Vazão (mássica) quente: 1.5 Kg/s

Lado frio

Temperatura frio, entrada: 35 °C

Chute Temp frio, saída: 298 °C

Fluido frio: Água

Vazão (mássica) frio: 1 Kg/s

Diâmetro: 0.0125 mm

Número de tubos: 140

Comprimento: 10 mm

Área: 15

N de passes no casco: 1

Coef. Global de Tr. de Calor: 100 KW/m2.K

Coef. Global Tr. Calor

Resultado

Calcular Limpar Fechar

Figura 5.12: Tela para cálculo das temperaturas de saída

Note que se o campo de área for ativado, os campos Diâmetro, Número de Tubos e Comprimento são automaticamente desativados sendo habilitados novamente para o cálculo do U na hipótese de o usuário requerê-lo.

Uma vez inseridos os dados característicos dos fluidos quente e frio e demais dados requeridos na tela acima, efetua-se o cálculo.

Trocador de Calor

Arquivo Opções Unidades Ferramentas Janela Ajuda

Projeto Térmico-Temperaturas

Entre com os dados

Tipo de Trocador: **Escoamento Cruzado - C Máx Misturado**

Lado quente

Temperatura quente, entrada: **110** °C

Chute Temp quente, saída: **90** °C

Fluido quente: **Ar**

Vazão (mássica) quente: **1.5** Kg/s

Lado frio

Temperatura frio, entrada: **35** °C

Chute Temp frio, saída: **90** °C

Fluido frio: **Água**

Vazão (mássica) frio: **1** Kg/s

Diâmetro: **0.0125** mm

Número de tubos: **140**

Comprimento: **10** mm

Área: **15**

N de passes no casco: **1**

Coef. Global de Tr. de Calor: **100** kW/m²K

Resultado

T_{qs} = 50.63

T_{fs} = 56.22

Figura 5.13: Tela para cálculo das temperaturas de saída

Todas os recursos mostrados anteriormente na tela do cálculo da área como a opção para a entrada com fluido alternativo e a opção de cálculo de U (com escolha da inserção ou não do fator de incrustação) são disponíveis também neste módulo.

Por fim fez-se uma tela de autoria do programa para eventuais sugestões de usuários e afins:

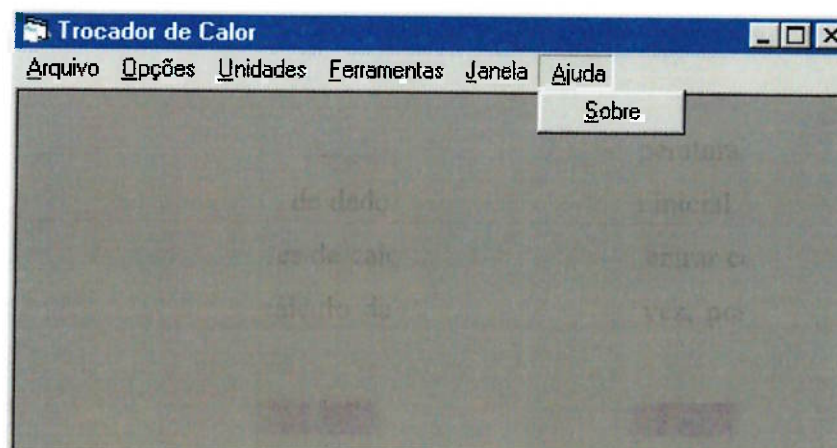


Figura 5.14: Tela de apresentação/Ajuda

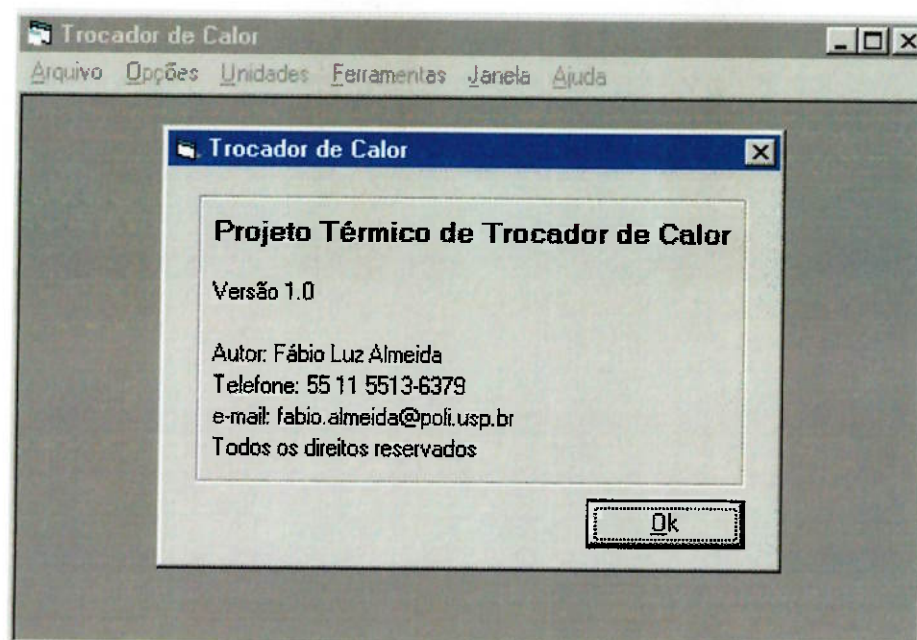


Figura 5.15: Tela de apresentação/Ajuda

6. Conclusões

Durante o desenvolvimento do método numérico para resolução do problema, lançou-se mão de algumas ferramentas matemáticas implementadas computacionalmente.

Inicialmente foi utilizado o método de Jacobi para resolução de sistemas não-lineares, o qual não se mostrou adequado pois, por ser um método recursivo, não foi possível garantir que todas os valores de P das diversas iteradas estivessem contidos no domínio da função. Da mesma forma, o método de Gauss também não forneceu resultados adequados. O método de Newton-Raphson também foi uma alternativa levantada, mas, por fim, foi implementado o método da dicotomia com passo variável, que apresentou resultados consistentes com os parâmetros iniciais do problema.

Pretende-se testar outros métodos bem como verificar detalhes como formatação de números, disposição de variáveis, ocultamento de labels, novas funções e até mesmo a retirada de alguns recursos já apresentados. Foi levemente alterada a estrutura de dados do programa (maior número de funções e variáveis globais) de modo a permitir uma maior intercambialidade de procedimentos e subrotinas com o intuito principal de tornar o programa mais robusto possível.

Foi levantada a hipótese de que o cálculo das renovações dos valores da propriedades seria realizado através da utilização paralela de um banco de dados como Access ou SQL server. Essa hipótese foi descartada já que se observou que a utilização de uma função interpoladora resolveria o problema com a vantagem de exigir menores recursos de informática. Como já foi mencionado para algumas propriedades, como por exemplo para a viscosidade dinâmica dos óleos refrigerantes, já está decidido que será utilizada uma função chamada Equação de Vogel. Pode-se dizer que para as outras propriedades foi escolhida a melhor distribuição, ou seja, aquela que fornece menores erros para o intervalo de temperatura de trabalho. Vai ser estudado também a incorporação de um programa DEMO ou BENCH de demonstração de cálculos já efetuados pelo software com sucesso para conferir confiabilidade ao mesmo.

Quanto ao método de cálculo de projeto do trocador de calor decidiu-se utilizar o método F para os tipos de trocador casco tubo com diversos passes no casco. Para os tipos de trocadores restantes, evidentes na figura 5, será utilizado o método ϵ -NUT por se tratar de um método direto (não iterativo), mais fácil de ser implementado computacionalmente e que fornece resultados tão consistentes quanto o método F. Os outros métodos foram descartados. Futuramente será considerada a hipótese de implementar esse software em

ASP para interfaceamento via internet. A viabilidade desta será discutida posteriormente com o orientador.

Futuramente pretende-se tornar o software o mais robusto possível de forma a conferir funcionalidade suficiente a ponto de transformá-lo em um produto de venda. Essa possibilidade ,também será discutida com orientador em função das necessidades do mercado.

7. Bibliografia

- [1] VON WYLEN, G. J. & SONNTAG, R. E. & BORGNAKKE, C. **Fundamentos da termodinâmica**. 5. ed. (trad.), São Paulo, Edgard Blücher, 1998.
- [2] INCROPERA, F. P. & DEWITT, D. P. **Fundamentos de transferência de calor e massa**. 4. ed. (trad.), Rio de Janeiro, LTC, 1998.
- [3] BEGALLI, R. **Trocadores de calor e massa – método F**. São Paulo, editora do autor, 1999.
- [4] JAKOB, M. **Heat transfer**. vol. II, 2. impressão, New York, Ed. John Wiley & Sons, 1959.
- [5] KARNAHAN, B. & LUTHER, H. A. & WILKES, J. O. **Applied numerical methods**. New York, John Wiley & Sons.
- [6] ROHSENOW, W. M. & HARTNETT, J. P. **Handbook of heat exchangers** 2. Ed. New York, John Wiley & Sons, 1973.
- [7] SHAH, R. K. & SUBBARAO, E. C. & MASHELKAR, R. A. **Heat transfer equipment design**, 2 ed., Ed. Hemisphere Publishing Corporation, 1988.
- [8] FRAAS, A. P. & OZISIK, M. N., **Heat exchangers design**, New York, Ed. John Wiley & Sons, 1965.
- [9] ZOTTIN W., **Estudo e simulação do comportamento dinâmico de anéis e bronzinas**, Dissertação de Mestrado, São Paulo, editora do autor, 1992.
- [10] HOLMAN, J. P., **Transferência de calor**, São Paulo, Ed. McGraw-Hill, 1983.

8. Anexo

Abaixo, temos o código do programa implementado em visual basic feito até o momento.

Primeira Parte

```
Private Sub cmdCalcula_Click()
```

```

    Dim q As Double
    Dim R As Double
    Dim P As Double
    Dim f As Double
    Dim passes As Integer
    Dim Tqe As Double
    Dim Tfe As Double
    Dim Tqs As Double
    Dim Tfs As Double
    Dim T As Double
    Dim A As Double
    Dim L As Double
    Dim mq As Double
    Dim mf As Double
    Dim U As Double
    Dim N As Double
    Dim cont As Long
    Dim passo As Double
    Dim antessoma As Boolean
    Dim soma As Boolean
    Dim tipo As Integer

    Tqs = CDBl(txtTemp(2).Text)
    Tfs = CDBl(txtTemp(3).Text)
    Tqe = CDBl(txtTemp(0).Text)
    Tfe = CDBl(txtTemp(1).Text)
    D = CDBl(txtDiam.Text)
    mq = CDBl(txtVazao(0).Text)
    mf = CDBl(txtVazao(1).Text)
    U = CDBl(txtU.Text)
    N = CDBl(txtTubos.Text)
    passes = CDBl(txtPasses(1).Text)

```

```

'Private Sub txtTemp_LostFocus(Index As Integer)
'If txtTemp(2).Text > txtTemp(0).Text Then

```

```

' MsgBox "A temperatura de saída não pode ser maior que " & txtTemp(0).Text &
"°C", vbExclamation
' txtTemp(2).SetFocus

```

```

'End If
'If txtTemp(3).Text < txtTemp(1).Text Then
' MsgBox "A temperatura de saída não pode ser maior que " & txtTemp(1).Text &
"°C", vbExclamation
' txtTemp(3).SetFocus

```

```

'End If
'End Sub

```

```

cpq = AchaCp((Tqe + Tqs) / 2, True)
cpf = AchaCp((Tfs + Tfe) / 2, False)

```

```

R = (Tqe - Tqs) / (Tfs - Tfe)
P = (Tfs - Tfe) / (Tqe - Tfe)
f = CalcF(R, P, passes)
q = mf * cpf * (Tfs - Tfe)
T = CalcDtml(Tqe, Tfe, Tqs, Tfs)
'L = q / (U * N * 3.14159265 * D * f * T)
A = q / (U * f * T)

```

```

'Preenche a barra de progressão
ProgressBar.Value = 0
For i = 1 To 1000
    ProgressBar.Value = ProgressBar.Value + 1
Next i

```

```

lblResultado.Caption = "A área é igual a " & Format(A, "0.00") & " m2"

```

```

End Sub

```

```

Private Function AchaCp(T As Double, quente As Boolean) As Double
    If quente Then 'eh do fluido quente
        AchaCp = (8 * 10 ^ -8 * (T - 273) ^ 2 + 2 * 10 ^ -5 * (T - 273) + 1.009) * 1000
    Else 'eh do fluido frio
        AchaCp = (2 * 10 ^ -5 * T ^ 2 - 0.003 * T + 4.2618) * 1000
    End If
End Function

```

```

Private Function CalcDtml(Ta As Double, Tb As Double, Tc As Double, Td As
Double) As Double
    'Ta = Tqe, Tb = Tfe, Tc = Tqs, Td = Tfs
    If (Ta - Td) <> (Tc - Tb) Then

```

```

    CalcDtml = ((Ta - Td) - (Tc - Tb)) / Log(Abs(Ta - Td) / Abs(Tc - Tb))
Else
    CalcDtml = Ta - Td
End If

'log eh log na base e
End Function

Private Function CalcF(R As Double, P As Double, passes As Integer) As Double
Dim PNL As Double

If cboTpTroca.ListIndex = 5 Or cboTpTroca.ListIndex = 6 Then

    CalcF = 1
Else

    alfa = Sqr(R ^ 2 + 1)

    If passes = 1 Then '1 passe no casco nao precisa de PNL
        PNL = P
    Else 'calcula PNL
        If R <> 1 Then
            aux = (P * R - 1) / (P - 1)
            PNL = (1 - Sqr(aux)) / (R - Sqr(aux))
        Else
            PNL = P / (2 - P)
        End If
    End If

    If R <> 1 Then
        beta = (R - 1) / Log((1 - PNL) / (1 - PNL * R))
    Else
        beta = (1 - PNL) / PNL
    End If

    CalcF = (2 - PNL * (1 + R - alfa)) / (2 - PNL * (1 + R + alfa))
    MsgBox (R & vbCrLf & P & vbCrLf & CalcF)
    CalcF = Log(CalcF)
    CalcF = alfa / (beta * CalcF)

End If

End Function

Private Sub cmdFechar_Click()

    Unload Me

```

End Sub

Private Sub cmdOutroFlf_Click()

```
frmFluidoAlternativo.strOrigem = "area"
frmFluidoAlternativo.strTpFluido = "frio"
frmFluidoAlternativo.Show 1
```

End Sub

Private Sub cmdOutroFlq_Click()

```
frmFluidoAlternativo.strOrigem = "area"
frmFluidoAlternativo.strTpFluido = "quente"
frmFluidoAlternativo.Show 1
```

End Sub

Private Sub cmdU_Click()

```
frmU.strOrigem = "area"
frmU.Show 1
```

End Sub

Private Sub Form_Load()

```
Me.Top = 0
Me.Left = 0
```

```
cboTpTroca.AddItem "Casco Tubo - Um Passe no Casco"
cboTpTroca.ItemData(cboTpTroca.NewIndex) = 0
cboTpTroca.AddItem "Casco Tubo - N Passes no Casco"
cboTpTroca.ItemData(cboTpTroca.NewIndex) = 1
cboTpTroca.AddItem "Escoamento Cruzado - Ambos Não Misturados"
cboTpTroca.ItemData(cboTpTroca.NewIndex) = 2
cboTpTroca.AddItem "Escoamento Cruzado - C Máx Misturado"
cboTpTroca.ItemData(cboTpTroca.NewIndex) = 3
cboTpTroca.AddItem "Escoamento Cruzado - C Min Misturado"
cboTpTroca.ItemData(cboTpTroca.NewIndex) = 4
cboTpTroca.AddItem "Tubos Concêntricos - Esc. Paralelo"
cboTpTroca.ItemData(cboTpTroca.NewIndex) = 5
cboTpTroca.AddItem "Tubos Concêntricos - Esc. Contra Corrente"
cboTpTroca.ItemData(cboTpTroca.NewIndex) = 6
```

```
txtComprimento.Enabled = False
lblComprimento.ForeColor = &HE0E0E0
txtDiam.Enabled = False
lblDiam.ForeColor = &HE0E0E0
txtTubos.Enabled = False
```

```

lblTubos.ForeColor = &HE0E0E0
cboUnidade1(0).Enabled = False
cboUnidade1(1).Enabled = False

```

```

txtU.Enabled = False
lblU.ForeColor = &HE0E0E0
cboU.Enabled = False

```

```

Me.Show
'OrganizaTela

```

```

'Fluido quente
cboFq.AddItem "Ar"
cboFq.ItemData(cboFq.NewIndex) = 0
cboFq.AddItem "Água"
cboFq.ItemData(cboFq.NewIndex) = 1
cboFq.ListIndex = 0

```

```

'Fluido frio
cboFf.AddItem "Ar"
cboFf.ItemData(cboFf.NewIndex) = 0
cboFf.AddItem "Água"
cboFf.ItemData(cboFf.NewIndex) = 1

```

```

cboFf.ListIndex = 1

```

```

'Unidade
For i = 0 To 3
    cboUnidade(i).AddItem "K"
    cboUnidade(i).ItemData(cboUnidade(i).NewIndex) = 0
    cboUnidade(i).AddItem "°C"
    cboUnidade(i).ItemData(cboUnidade(i).NewIndex) = 1
    cboUnidade(i).AddItem "°F"
    cboUnidade(i).ItemData(cboUnidade(i).NewIndex) = 2

```

```

    cboUnidade(i).ListIndex = 1
Next i

```

```

'Massa
For i = 0 To 1
    cboVMassica(i).AddItem "Kg/s"
    cboVMassica(i).ItemData(cboVMassica(i).NewIndex) = 0
    cboVMassica(i).AddItem "slug/s"
    cboVMassica(i).ItemData(cboVMassica(i).NewIndex) = 1
    cboVMassica(i).AddItem "Kg/min"
    cboVMassica(i).ItemData(cboVMassica(i).NewIndex) = 2

```

```

    cboVMassica(i).ListIndex = 0
Next i

```

```

'Coeficiente Global de Troca de Calor
cboU.AddItem "W/m2.K"
cboU.ItemData(cboU.NewIndex) = 0
cboU.AddItem "Btu/h.pé2.°F"
cboU.ItemData(cboU.NewIndex) = 1

cboU.ListIndex = 0

'Unidade - Comprimento
For i = 0 To 1
    cboUnidade1(i).AddItem "mm"
    cboUnidade1(i).AddItem "m"
    cboUnidade1(i).AddItem "pol"

    cboUnidade1(i).ListIndex = 0
Next i

End Sub

Segunda Parte

Sub cboTpTroca_Click()

Select Case cboTpTroca.ListIndex
Case 0, 1 'Casco Tubo - Um Passe no Casco / Casco Tubo - N Passes no Casco
    txtComprimento.Enabled = True
    lblComprimento.ForeColor = &H80000012
    txtDiam.Enabled = True
    lblDiam.ForeColor = &H80000012
    txtTubos.Enabled = True
    lblTubos.ForeColor = &H80000012
    txtPasses.Enabled = True
    lblPasses.ForeColor = &H80000012
    cboUnidade1(0).Enabled = True
    cboUnidade1(1).Enabled = True
    If cboTpTroca.ListIndex = 1 Then

Else

    End If
Case Else
    txtComprimento.Enabled = False
    lblComprimento.ForeColor = &HE0E0E0
    txtDiam.Enabled = False
    lblDiam.ForeColor = &HE0E0E0
    txtTubos.Enabled = False
    lblTubos.ForeColor = &HE0E0E0
    txtPasses.Enabled = False
    lblPasses.ForeColor = &HE0E0E0

```

```

        cboUnidade1(0).Enabled = False
        cboUnidade1(1).Enabled = False
    End Select

End Sub

Private Sub cmdCalcula_Click()

'On Error GoTo erro

'If cboTpTroca.ListIndex = 0 Then

    Dim q As Double
    Dim R As Double
    Dim P As Double
    Dim f As Double
    Dim passes As Integer
    Dim Tqe As Double
    Dim Tfe As Double
    Dim A As Double
    Dim D As Double
    Dim mq As Double
    Dim mf As Double
    Dim U As Double
    Dim N As Double
    Dim cont As Long
    Dim passo As Double
    Dim antessoma As Boolean
    Dim soma As Boolean
    '*** Begin Clayton - 21/11/2001
    Dim Epsilon As Double
    Dim Cf As Double
    Dim Cq As Double
    Dim Cr As Double
    Dim CMin As Double
    Dim CMax As Double
    Dim qMin As Double
    Dim qMax As Double
    '*** End Clayton

    maxint = 10000
    delta = 50

    Tqe = CDBl(txtTemp(0).Text)
    Tfe = CDBl(txtTemp(1).Text)
    'a = CDBl(txtArea.Text)
    D = CDBl(txtDiam.Text)
    mq = CDBl(txtVazao(0).Text)
    mf = CDBl(txtVazao(1).Text)
    U = CDBl(txtU.Text)

```

```

N = CDBl(txtTubos.Text)
passos = 2 'passos no casco (nao esquecer do 1)
passo = 5
antessoma = True
Dim Tqs As Double
Dim Tfs As Double

```

```

'***Begin 21/11/2001
A = 40

```

```

Cf = mf * AchaCp(Tfe, False)
Cq = mq * AchaCp(Tqe, True)

```

```

If Cq > Cf Then
    Cr = Cf / Cq
    CMin = Cf
Else
    Cr = Cq / Cf
    CMin = Cq
End If

```

```

N = U * A / CMin

```

```

'Definição do Epsilon

```

```

Select Case cboTpTroca.ListIndex

```

```

Case 0 'Casco Tubo - Um Passe no Casco

```

```

    Epsilon = 2 * (1 + Cr + (1 + Cr ^ 2) ^ 0.5 * (1 + Exp(-N * (1 + Cr ^ 2) ^ 0.5)) /
(1 - Exp(-N * (1 + Cr ^ 2) ^ 0.5))) ^ -1

```

```

Case 1 'Casco Tubo - N Passes no Casco

```

```

    'Epsilon = (((1 - (2 * (1 + Cr + (1 + Cr ^ 2) ^ 0.5 * (1 + Exp(-N * (1 + Cr ^ 2) ^
0.5)) / (1 - Exp(-N * (1 + Cr ^ 2) ^ 0.5))) ^ -1) * Cr) / (1 - (2 * (1 + Cr + (1 + Cr ^ 2) ^ 0.5 *
(1 + Exp(-N * (1 + Cr ^ 2) ^ 0.5)) / (1 - Exp(-N * (1 + Cr ^ 2) ^ 0.5))) ^ -1))) ^ N - 1) *
(((1 - (2 * (1 + Cr + (1 + Cr ^ 2) ^ 0.5 * (1 + Exp(-N * (1 + Cr ^ 2) ^ 0.5)) / (1 - Exp(-N *
(1 + Cr ^ 2) ^ 0.5))) ^ -1) * Cr) / (1 - (2 * (1 + Cr + (1 + Cr ^ 2) ^ 0.5 * (1 + Exp(-N * (1 +
Cr ^ 2) ^ 0.5)) / (1 - Exp(-N * (1 + Cr ^ 2) ^ 0.5))) ^ -1))) ^ N - Cr) ^ (-1))

```

```

Case 2 'Escoamento Cruzado - Ambos Não Misturados

```

```

    Epsilon = 1 - Exp((1 / Cr) * N ^ 0.22 * (Exp(-Cr * N ^ 0.78) - 1))

```

```

Case 3 'Escoamento Cruzado - C Máx Misturado

```

```

    Epsilon = (1 / Cr) * (1 - Exp((-Cr * (1 - Exp(-N)))))

```

```

Case 4 'Escoamento Cruzado - C Min Misturado

```

```

    Epsilon = 1 - Exp(-Cr ^ (-1) * (1 - Exp((-Cr + (N)))))

```

```

Case 5 'Tubos Concêntricos - Esc. Paralelo

```

```

    Epsilon = (1 - Exp(-N * (1 + Cr))) / (1 + Cr)

```

```

Case 6 'Tubos Concêntricos - Esc. Contra Corrente

```

```

    If Cr < 1 Then

```

```

        Epsilon = (1 - Exp(-N * (1 - Cr))) / (1 - Cr * Exp(-N * (1 - Cr)))

```

```

    Else

```

```

        Epsilon = N / (1 + N)

```

```

    End If

```

End Select

```
qMax = CMin * (Tqe - Tfe)
q = Epsilon * qMax
Tqs = Tqe - q / (mq * AchaCp(Tqe, True))
Tfs = Tfe + q / (mf * AchaCp(Tfe, False))
```

```
'Preenche a barra de progressão
ProgressBar.Value = 0
For i = 1 To 1000
    ProgressBar.Value = ProgressBar.Value + 1
Next i
```

```
lblResultado.Caption = "Tqs = " & Format(Tqs, "0.00") & Chr(13) & "Tfs = " &
Format(Tfs, "0.00")
*** End 21/11/2001
```

```
' 'chuta temp saida
' If IsNumeric(txtTemp(2).Text) Then
'     Tqs(1) = CDBl(txtTemp(2).Text)
' Else
'     Tqs(1) = Tqe - 0.2 * (Tqe - Tfe)
' End If
'
' If IsNumeric(txtTemp(3).Text) Then
'     Tfs(1) = CDBl(txtTemp(3).Text)
' Else
'     Tfs(1) = 0.2 * (Tqe - Tfe) + Tfe
' End If
'
' cont = 0
'
' Do
'     antessoma = soma
'     Tqs(0) = Tqs(1)
'
'     cont = cont + 1
'
'     cpq = AchaCp(Tqe - Tqs(0), True)
'     cpf = AchaCp(Tfs(0) - Tfe, False)
'
'     Tfs(0) = mq * cpq * (Tqe - Tqs(0)) / (mf * cpf) + Tfe
'
'     R = (Tqe - Tqs(0)) / (Tfs(0) - Tfe)
'     P = (Tfs(0) - Tfe) / (Tqe - Tfe)
'
'     'q = U * a * ((Tqe - Tfs(0) - Tqs(0) + Tfe) / Log((Tqe - Tfs(0)) / (Tqs(0) -
Tfe))) * CalcF(R, P, passes) - mf * cpf(Tfs(0) - Tfe)
'     f = CalcF(R, P, passes)
'     q = U * A * f * 0.001
'     q = q * (Tqe - Tfs(0) - Tqs(0) + Tfe)
```

```

'   q = q / Log((Tqe - Tfs(0)) / (Tqs(0) - Tfe))
'   q = q - mf * cpf * (Tfs(0) - Tfe)
'
'   If q > 0 Then
'       soma = False
'   Else
'       soma = True
'   End If
'
'   If Not (soma Eqv antessoma) Then
'       pass = passo / 2
'   End If
'
'   If soma Then
'       Tqs(1) = Tqs(0) + passo
'   Else
'       Tqs(1) = Tqs(0) - passo
'   End If
'
'   MsgBox ("iterada: " & cont & vbCrLf & _
'       "Tqs(0): " & Tqs(0) & vbCrLf & _
'       "Tfs(0): " & Tfs(0) & vbCrLf & _
'       "R: " & R & vbCrLf & _
'       "P: " & P & vbCrLf & _
'       "F: " & f & vbCrLf & _
'       "q: " & q & vbCrLf & _
'       "soma: " & soma & " / antessoma: " & antessoma & vbCrLf & _
'       "Tqs(1): " & Tqs(1) & vbCrLf)
'
'   Loop While ((Abs(q) > delta) And (cont < maxint))
'
'   If cont = maxint Then
'       MsgBox ("nao convergiu" & vbCrLf & "Tqs = " & Tqs(0) & vbCrLf & "Tfs = " & Tfs(0))
'   Else
'       MsgBox ("Em " & cont & " iteradas: " & vbCrLf & "Tqs = " & Tqs(0) & vbCrLf & "Tfs = " & Tfs(0))
'       lblResultado.Caption = "Em " & cont & " iteradas: " & vbCrLf & "Tqs = " & Format(Tqs(0), "0.00") & vbCrLf & "Tfs = " & Format(Tfs(0), "0.00")
'   End If
'
'   Exit Sub
'
'erro:
'   MsgBox ("erro na iterada " & cont & vbCrLf & _
'       "Tqe = " & Tqe & vbCrLf & "Tfe = " & Tfe & vbCrLf & "Tqs = " & Tqs(0) & vbCrLf & "Tfs = " & Tfs(0) & vbCrLf & "R = " & R & vbCrLf & "P = " & P & vbCrLf)
'
End Sub

```

```

'Private Function AchaCp(T As Double, quente As Boolean) As Double
' If quente Then 'eh do fluido quente
'   AchaCp = 1.014
' Else 'eh do fluido frio
'   AchaCp = 4.256
' End If
'End Function

```

```

Private Function CalcDtml(Ta As Double, Tb As Double, Tc As Double, Td As
Double) As Double

```

```

Ta = Tqe, Tb = Tfe, Tc = Tqs, Td = Tfs
If (Ta - Td) <> (Tc - Tb) Then
  CalcDtml = ((Ta - Td) - (Tc - Tb)) / Log(Abs(Ta - Td) / Abs(Tc - Tb))
Else
  CalcDtml = Ta - Td
End If

```

```

'log eh log na base e
End Function

```

```

Private Function CalcF(R As Double, P As Double, passes As Integer) As Double
Dim PNL As Double

```

```

alfa = Sqr(R ^ 2 + 1)

```

```

If passes = 1 Then '1 passe no casco nao precisa de PNL

```

```

  PNL = P

```

```

Else 'calcula PNL

```

```

  If R <> 1 Then

```

```

    aux = (P * R - 1) / (P - 1)

```

```

    PNL = (1 - Sqr(aux)) / (R - Sqr(aux))

```

```

  Else

```

```

    PNL = P / (2 - P)

```

```

  End If

```

```

End If

```

```

If R <> 1 Then

```

```

  beta = (R - 1) / Log((1 - PNL) / (1 - PNL * R))

```

```

Else

```

```

  beta = (1 - PNL) / PNL

```

```

End If

```

```

CalcF = (2 - PNL * (1 + R - alfa)) / (2 - PNL * (1 + R + alfa))

```

```

'MsgBox (R & vbCrLf & P & vbCrLf & CalcF)

```

```

CalcF = Log(CalcF)

```

```

CalcF = alfa / (beta * CalcF)

```

End Function

Private Sub cmdFechar_Click()

Unload Me

End Sub

Private Sub cmdOutroFlq_Click()

frmFluidoAlternativo.strOrigem = "temp"
frmFluidoAlternativo.strTpFluido = "frio"
frmFluidoAlternativo.Show 1

End Sub

Private Sub cmdOutroFlq_Click()

frmFluidoAlternativo.strOrigem = "temp"
frmFluidoAlternativo.strTpFluido = "quente"
frmFluidoAlternativo.Show 1

End Sub

Private Sub cmdU_Click()

frmU.strOrigem = "temp"
frmU.Show 1

End Sub

Private Sub Form_Load()

Me.Top = 0
Me.Left = 0

cboTpTroca.AddItem "Casco Tubo - Um Passe no Casco"
cboTpTroca.ItemData(cboTpTroca.NewIndex) = 0
cboTpTroca.AddItem "Casco Tubo - N Passes no Casco"
cboTpTroca.ItemData(cboTpTroca.NewIndex) = 1
cboTpTroca.AddItem "Escoamento Cruzado - Ambos Não Misturados"
cboTpTroca.ItemData(cboTpTroca.NewIndex) = 2
cboTpTroca.AddItem "Escoamento Cruzado - C Máx Misturado"
cboTpTroca.ItemData(cboTpTroca.NewIndex) = 3
cboTpTroca.AddItem "Escoamento Cruzado - C Min Misturado"
cboTpTroca.ItemData(cboTpTroca.NewIndex) = 4
cboTpTroca.AddItem "Tubos Concêntricos - Esc. Paralelo"
cboTpTroca.ItemData(cboTpTroca.NewIndex) = 5
cboTpTroca.AddItem "Tubos Concêntricos - Esc. Contra Corrente"
cboTpTroca.ItemData(cboTpTroca.NewIndex) = 6

```

txtU.Enabled = False
lblU.ForeColor = &HE0E0E0
cboU.Enabled = False

```

```

Me.Show
'OrganizaTela

```

```

'Fluido quente
cboFq.AddItem "Ar"
cboFq.ItemData(cboFq.NewIndex) = 0
cboFq.AddItem "Água"
cboFq.ItemData(cboFq.NewIndex) = 1
cboFq.ListIndex = 0

```

```

'Fluido frio
cboFf.AddItem "Ar"
cboFf.ItemData(cboFf.NewIndex) = 0
cboFf.AddItem "Água"
cboFf.ItemData(cboFf.NewIndex) = 1

```

```

cboFf.ListIndex = 1

```

```

'Temperatura
For i = 0 To 3
    cboUnidade(i).AddItem "K"
    cboUnidade(i).ItemData(cboUnidade(i).NewIndex) = 0
    cboUnidade(i).AddItem "°C"
    cboUnidade(i).ItemData(cboUnidade(i).NewIndex) = 1
    cboUnidade(i).AddItem "°F"
    cboUnidade(i).ItemData(cboUnidade(i).NewIndex) = 2

    cboUnidade(i).ListIndex = 1
Next i

```

```

'Massa
For i = 0 To 1
    cboVMassica(i).AddItem "Kg/s"
    cboVMassica(i).ItemData(cboVMassica(i).NewIndex) = 0
    cboVMassica(i).AddItem "slug/s"
    cboVMassica(i).ItemData(cboVMassica(i).NewIndex) = 1
    cboVMassica(i).AddItem "Kg/min"
    cboVMassica(i).ItemData(cboVMassica(i).NewIndex) = 2

    cboVMassica(i).ListIndex = 0
Next i

```

```

'Coeficiente global
cboU.AddItem "KW/m2.K"
cboU.AddItem "BTU/h.pé2.C"
cboU.ListIndex = 0

```

```

'Unidade - Comprimento
For i = 0 To 1
    cboUnidade1(i).AddItem "mm"
    cboUnidade1(i).AddItem "m"
    cboUnidade1(i).AddItem "pol"

    cboUnidade1(i).ListIndex = 0
Next i

```

```
End Sub
```

```
Private Sub Timer_Timer()
```

```
End Sub
```

```
Private Sub txtArea_GotFocus()
```

```

    txtComprimento.Enabled = False
    lblComprimento.ForeColor = &HE0E0E0
    txtDiam.Enabled = False
    lblDiam.ForeColor = &HE0E0E0
    txtTubos.Enabled = False
    lblTubos.ForeColor = &HE0E0E0
    cboUnidade(0).Enabled = False
    cboUnidade(1).Enabled = False

```

```
End Sub
```

```
Private Sub txtTemp_LostFocus(Index As Integer)
```

```

'If txtTemp(2).Text > txtTemp(0).Text Then
'    MsgBox "A temperatura de saída não pode ser maior que " & txtTemp(0).Text &
"°C", vbExclamation
'    txtTemp(2).SetFocus
'
'End If
'If txtTemp(3).Text < txtTemp(1).Text Then
'    MsgBox "A temperatura de saída não pode ser menor que " & txtTemp(1).Text
& "°C", vbExclamation
'    txtTemp(3).SetFocus
'
'End If
End Sub

```

```
Sub OrganizaTela()
```

Dim Posic, Altura, Espaco, EspacoLbl As Integer

Altura = cboTpTroca.Height

Espaco = 40

EspacoLbl = 50

Posic = cboTpTroca.Top + Altura + Espaco

If txtTemp(0).Visible = True Then

txtTemp(0).Top = Posic

txtTemp(2).Top = Posic

cboUnidade(0).Top = Posic

cboUnidade(1).Top = Posic

lblTemp(0).Top = Posic + EspacoLbl

lblTemp(2).Top = Posic + EspacoLbl

Posic = Posic + Altura + Espaco

End If

If txtTemp(1).Visible = True Then

txtTemp(1).Top = Posic

txtTemp(3).Top = Posic

cboUnidade(2).Top = Posic

cboUnidade(3).Top = Posic

lblTemp(1).Top = Posic + EspacoLbl

lblTemp(3).Top = Posic + EspacoLbl

Posic = Posic + Altura + Espaco

End If

If cboFq.Visible = True Then

cboFq.Top = Posic

cboFf.Top = Posic

lblFq.Top = Posic + EspacoLbl

lblFf.Top = Posic + EspacoLbl

Posic = Posic + Altura + Espaco

End If

If txtArea.Visible = True Then

txtArea.Top = Posic

lblArea.Top = Posic + EspacoLbl

Posic = Posic + Altura + Espaco

End If

If txtDiam.Visible = True Then

txtDiam.Top = Posic

lblDiam.Top = Posic + EspacoLbl

Posic = Posic + Altura + Espaco

End If

If txtVazao(0).Visible = True Then

txtVazao(0).Top = Posic

lblVazao(0).Top = Posic + EspacoLbl

Posic = Posic + Altura + Espaco

End If

If txtVazao(1).Visible = True Then

txtVazao(1).Top = Posic

lblVazao(1).Top = Posic + EspacoLbl

Posic = Posic + Altura + Espaco

```

End If
If txtU.Visible = True Then
    txtU.Top = Posic
    lblU.Top = Posic + EspacoLbl
    Posic = Posic + Altura + Espaco
End If
If txtTubos.Visible = True Then
    txtTubos.Top = Posic
    lblTubos.Top = Posic + EspacoLbl
    Posic = Posic + Altura + Espaco
End If

```

```
End Sub
```

Terceira Parte

```

Public strOrigem As String
Public strTpFluido As String

```

```
Private Sub cmdCancelar_Click()
```

```

    If strOrigem = "temp" Then
        If strTpFluido = "quente" Then
            frmCalcTemp.lblFq.ForeColor = &H80000012
            frmCalcTemp.cboFq.Enabled = True
        Else
            frmCalcTemp.lblFf.ForeColor = &H80000012
            frmCalcTemp.cboFf.Enabled = True
        End If
    Else
        If strTpFluido = "quente" Then
            frmCalcArea.lblFq.ForeColor = &H80000012
            frmCalcArea.cboFq.Enabled = True
        Else
            frmCalcArea.lblFf.ForeColor = &H80000012
            frmCalcArea.cboFf.Enabled = True
        End If
    End If
End Sub

```

```
Unload Me
```

```
End Sub
```

```
Private Sub cmdOk_Click()
```

```

    'Consistência dos campos
    If Trim(txtFluido.Text) = "" Or IsNumeric(txtCp.Text) = False Or
    IsNumeric(txtDensidade.Text) = False Or IsNumeric(txtViscosidade.Text) = False Or
    IsNumeric(txtCondutividade.Text) = False Then
        MsgBox "Existe algum campo não preenchido ou há inconsistência de
valores.", vbExclamation + vbOKOnly, "Aviso"
    End Sub

```

```

End If

If strOrigem = "temp" Then
    If strTpFluido = "quente" Then
        frmCalcTemp.lblFq.ForeColor = &HE0E0E0
        frmCalcTemp.cboFq.Enabled = False
    Else
        frmCalcTemp.lblFf.ForeColor = &HE0E0E0
        frmCalcTemp.cboFf.Enabled = False
    End If
Else
    If strTpFluido = "quente" Then
        frmCalcArea.lblFq.ForeColor = &HE0E0E0
        frmCalcArea.cboFq.Enabled = False
    Else
        frmCalcArea.lblFf.ForeColor = &HE0E0E0
        frmCalcArea.cboFf.Enabled = False
    End If
End If

If strTpFluido = "quente" Then
    FluidoAlternativo(0) = txtFluido.Text
    Cp(0) = CDBl(txtCp.Text)
    Densidade(0) = CDBl(txtDensidade.Text)
    Viscosidade(0) = CDBl(txtViscosidade.Text)
    Condutividade(0) = CDBl(txtCondutividade.Text)

    If strOrigem = "temp" Then
        frmCalcTemp.cboFq.AddItem txtFluido.Text
        frmCalcTemp.cboFq.ListIndex = 2
    Else
        frmCalcArea.cboFq.AddItem txtFluido.Text
        frmCalcArea.cboFq.ListIndex = 2
    End If
Else
    FluidoAlternativo(1) = txtFluido.Text
    Cp(1) = CDBl(txtCp.Text)
    Densidade(1) = CDBl(txtDensidade.Text)
    Viscosidade(1) = CDBl(txtViscosidade.Text)
    Condutividade(1) = CDBl(txtCondutividade.Text)

    If strOrigem = "temp" Then
        frmCalcTemp.cboFf.AddItem txtFluido.Text
        frmCalcTemp.cboFf.ListIndex = 2
    Else
        frmCalcArea.cboFf.AddItem txtFluido.Text
        frmCalcArea.cboFf.ListIndex = 2
    End If
End If

Unload Me

```

End Sub

Private Sub Form_Load()

Me.Top = (Screen.Height - Me.Height) / 2

Me.Left = (Screen.Width - Me.Width) / 2

End Sub

Quarta Parte

Private Sub cmdOk_Click()

Unload Me

End Sub

Private Sub Form_Load()

Me.Top = (Screen.Height - Me.Height) / 2

Me.Left = (Screen.Width - Me.Width) / 2

End Sub

Quinta Parte

Public strOrigem As String

Private Sub Check1_Click()

If Check1.Value = 1 Then 'checked

HabilitaFatorIncr True

Else

HabilitaFatorIncr False

End If

End Sub

Private Sub cmdCancelar_Click()

Unload Me

End Sub

Private Sub cmdOk_Click()

FatorIncr = CDBl(txtFatorIncr.Text)

If opt1.Value = True Then

CalcCoef = True

If strOrigem = "temp" Then

frmCalcTemp.txtU.Enabled = False

frmCalcTemp.lblU.ForeColor = &HE0E0E0

```

        frmCalcTemp.cboU.Enabled = False
    Else
        frmCalcArea.txtU.Enabled = False
        frmCalcArea.lblU.ForeColor = &HE0E0E0
        frmCalcArea.cboU.Enabled = False
    End If
    Unload Me
Else
    CalcCoef = False
    If strOrigem = "temp" Then
        frmCalcTemp.txtU.Enabled = True
        frmCalcTemp.lblU.ForeColor = &H80000012
        frmCalcTemp.cboU.Enabled = True
        Unload Me
        frmCalcTemp.txtU.SetFocus
    Else
        frmCalcArea.txtU.Enabled = True
        frmCalcArea.lblU.ForeColor = &H80000012
        frmCalcArea.cboU.Enabled = True
        Unload Me
        frmCalcArea.txtU.SetFocus
    End If
End If

End Sub

Private Sub Form_Load()

    Me.Top = (Screen.Height - Me.Height) / 2
    Me.Left = (Screen.Width - Me.Width) / 2

    opt1.Value = True
    Check1.Enabled = True

    HabilitaFatorIncr False

End Sub

Private Sub opt1_Click()

    Check1.Enabled = True

End Sub

Private Sub opt2_Click()

    Check1.Value = 0
    Check1.Enabled = False
    HabilitaFatorIncr False

End Sub

```

```
Private Sub HabilitaFatorIncr(strEnable As Boolean)
```

```
    Dim i As Integer
```

```
    For i = 0 To 14
```

```
        If strEnable Then
```

```
            Label1(i).ForeColor = &H80000012
```

```
        Else
```

```
            Label1(i).ForeColor = &HE0E0E0
```

```
            FatorIncr = 0
```

```
        End If
```

```
        txtFatorIncr.Enabled = strEnable
```

```
    Next i
```

```
End Sub
```

Sexta Parte

```
Private Sub MDIForm_Load()
```

```
    Unidade = "SI"
```

```
End Sub
```

```
Private Sub mnuArrangeIcons_Click()
```

```
    Me.Arrange 3 'Arrange Icons
```

```
End Sub
```

```
Private Sub mnuBH_Click()
```

```
    Me.Arrange 1 'Tile Horizontally
```

```
End Sub
```

```
Private Sub mnuBV_Click()
```

```
    Me.Arrange 2 'Tile Vertically
```

```
End Sub
```

```
Private Sub mnuCalc_Click()
```

```
    Shell "c:\Windows\Calc.exe", 1
```

```
End Sub
```

```
Private Sub mnuCascata_Click()
```

```

        Me.Arrange 0 'Cascata
    End Sub

    Private Sub mnucat_Click()
        frmCalcArea.Show
    End Sub

    Private Sub mnucts_Click()
        frmCalcTemp.Show
    End Sub

    Private Sub mnusair_Click()

        End
    End Sub

    Private Sub mnuSI_Click()

        If mnuSI.Checked = True Then
            mnuSI.Checked = False
        Else
            mnuSI.Checked = True
            mnuST.Checked = False
            mnuSIngles.Checked = False
            Unidade = "SI"
        End If
    End Sub

    Private Sub mnuSIngles_Click()

        If mnuSIngles.Checked = True Then
            mnuSIngles.Checked = False
        Else
            mnuSIngles.Checked = True
            mnuSI.Checked = False
            mnuST.Checked = False
            Unidade = "SIngles"
        End If
    End Sub

    Private Sub mnuSobre_Click()

        frmSobre.Show 1
    End Sub

```

End Sub

Private Sub mnuST_Click()

```

    If mnuST.Checked = True Then
        mnuST.Checked = False
    Else
        mnuST.Checked = True
        mnuSI.Checked = False
        mnuSIngles.Checked = False
        Unidade = "ST"
    End If

```

End Sub

Sexta Parte

```

Global Unidade As String
Global CalcCoef As Boolean 'Flag q indica opção entre calcular ou entrar com o
valor do Coeficiente Global de Troca de Calor
Global FatorIncr As Double 'Fator de incrustação

```

```

Global FluidoAlternativo(1) As String
Global Cp(1) As Double
Global Densidade(1) As Double
Global Viscosidade(1) As Double
Global Condutividade(1) As Double

```

```

Public Function AchaCp(T As Double, quente As Boolean) As Double
    If quente Then 'eh do fluido quente
        AchaCp = 1000
    Else 'eh do fluido frio
        AchaCp = 4197
    End If
End Function

```

```

Public Function CalcDtml(Ta As Double, Tb As Double, Tc As Double, Td As
Double) As Double

```

```

    'Ta = Tqe, Tb = Tfe, Tc = Tqs, Td = Tfs
    If (Ta - Td) <> (Tc - Tb) Then
        CalcDtml = ((Ta - Td) - (Tc - Tb)) / Log(Abs(Ta - Td) / Abs(Tc - Tb))
    Else
        CalcDtml = Ta - Td
    End If

```

```

    'log eh log na base e
End Function

```

```

Public Sub PreencheTpTroca(Controle As ComboBox)

```

```
Controle.AddItem "Tubos Concêntricos - Corrente Parelela"  
Controle.ItemData(Controle.NewIndex) = 0  
Controle.AddItem "Tubos Concêntricos - Contracorrente"  
Controle.ItemData(Controle.NewIndex) = 1  
Controle.AddItem "Casco Tubo - Um Passe no Casco"  
Controle.ItemData(Controle.NewIndex) = 2  
Controle.AddItem "Casco Tubo - N Passes no Casco"  
Controle.ItemData(Controle.NewIndex) = 3  
Controle.AddItem "Escoamento Cruzado - Ambos Não Misturados"  
Controle.ItemData(Controle.NewIndex) = 4  
Controle.AddItem "Escoamento Cruzado - C Máx Misturado"  
Controle.ItemData(Controle.NewIndex) = 5  
Controle.AddItem "Escoamento Cruzado - C Min Misturado"  
Controle.ItemData(Controle.NewIndex) = 6  
Controle.AddItem "Mudança de fase"  
Controle.ItemData(Controle.NewIndex) = 7
```

End Sub