

# **Desenvolvimento de um Programa para Dimensionamento de Redes de Termofluido**

*Tiago Chaves Batista*

**Dissertação apresentada na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto no âmbito do Mestrado integrado em Engenharia Mecânica**

Orientador: Professor Doutor Carlos Manuel Coutinho Tavares de Pinho



## **FEUP**

**Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto**

**Departamento de Engenharia Mecânica**

**Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica**

Fevereiro

2011



*Aos meus pais.*



## Resumo

Este trabalho tem como principal objectivo o desenvolvimento de uma aplicação para o dimensionamento de redes de termofluido com vista a facilitar o dimensionamento destas instalações, tornando-o assim mais eficaz e menos moroso.

Na primeira fase do trabalho fez-se uma pesquisa bibliográfica acerca de alguns termofluidos existentes no mercado, referindo as suas propriedades e características físicas, levando assim a uma melhor compreensão do seu comportamento. Foi também elaborado um estudo sobre outros fluidos transportadores de energia térmica existentes, tais como o ar, a água líquida e o vapor de água.

Na segunda fase, dedicada aos sistemas de transferência de calor a termofluido, descreveu-se de modo sucinto o funcionamento destes sistemas térmicos, mostrando como são constituídos, referindo os seus principais componentes e revelando algumas vantagens e cuidados a ter em consideração relativamente aos mesmos. Avaliaram-se ainda as vantagens do uso deste tipo de sistemas relativamente aos dos outros fluidos transportadores de energia térmica.

O programa foi desenvolvido em Visual Basic. Tem uma interface principal composta por vários componentes, sendo esta a responsável pela primeira interacção do utilizador com o programa. Estes componentes do programa principal estão ligados entre si e por sua vez estão ligados ao algoritmo principal do programa. Este contém todo o processo de cálculo, desde equações, variáveis até simples informações, terminando no armazenamento dos resultados obtidos. Posteriormente, através da janela de interface, o utilizador pode ter uma visão alargada das especificações do sistema dimensionado.

Explica-se todo o processo de cálculo, mostrando todos os passos necessários ao correcto dimensionamento de uma instalação, visando assim mostrar a comodidade e a simplicidade apresentada pela aplicação desenvolvida. São apresentados exemplos com base em fluxogramas mostrando assim com maior detalhe e melhor clareza as potencialidades de cada secção.

O resultado do trabalho presente, é um conjunto de ferramentas coerentes, com excelente transmissibilidade de dados entre si, formando um programa coeso de interface intuitivo.



## **Abstract**

The main goal of this project is a development of an application for the design of thermofluid networks in order to make the calculation more effective and faster.

The first part of this project is a simple evaluation of the state of the art about some termofluids that exist in the market, referring their properties and physical characteristics in order to have a better understanding of their behavior. It was also done a study about other thermal energy carriers, such as air, liquid water and steam.

The second part of this project is directed to the thermofluid heat transfer systems, referring some aspects of their composition, there is brief description on how these termofluid systems operate, referring their main components and showing some advantages and concerns to have in consideration. It also assessed the advantages of the use of this type of systems towards other systems using other types of thermal energy carriers.

The program was developed in Visual Basic. Its main interface consists of several components, being this part responsible for the first user interaction with the program. The other components of the main program are connected through this main interface and at the same time they are connected to the main program algorithm. The algorithm contains the entire calculation process, the equations, variables, even simple information, ending with the storage of the results. Later through the interface window, the user can have a broad view of the system specifications of the designed solution.

In the text the whole process of calculation is explained, showing all the steps needed to obtain the correct sizing of an installation, with the purpose to show the commodity and simplicity showed by the developed application. Examples are presented based on flowcharts which permit to know much better the potentialities of each section.

The result of the present project is a group of coherent tools with an excellent data transfer forming a cohesive program of the intuitive interface.



## **Agradecimentos**

Em primeiro lugar queria agradecer ao Engenheiro Carlos Pinho por toda a disponibilidade e apoio prestado ao longo deste trabalho, em especial por todos os recursos bibliográficos cedidos, pois estes facilitaram bastante a pesquisa bibliográfica do mesmo.

A todos os meus amigos, em especial ao António Andrade, Bruno Azevedo, Eduardo Brás, Ivo Pereira, Marcelo Martins e Paulo Oliveira por toda a força e apoio nos momentos mais difíceis, os quais me proporcionaram momentos inesquecíveis, fazendo com que tudo se tornasse mais simples.

À Andreia Maldonado, por todo o carinho e motivação dados, fazendo-me acreditar que tudo seria possível.

À minha irmã, a qual se mostrou sempre disponível e presente, tornando-se um elo especial na concretização deste trabalho.

Por fim um agradecimento à minha família, especialmente aos meus pais, dos quais me orgulho por todo o apoio dado ao longo da minha vida, mostrando-se sempre atentos, proporcionando todas as condições para o meu sucesso, o meu sentido obrigado.



## Índice Geral

Resumo.....	iii
Abstract .....	iii
Agradecimentos .....	<a href="#">v</a>
Índice de figuras .....	xi
Índice de tabelas .....	xiii
Nomenclatura.....	xv
Introdução.....	1
Breve descrição histórica .....	1
Capítulo I .....	3
Definição, caracterização e gamas de operação de um termofluido .....	3
I.1.1 Descrição dos vários fluidos térmicos para transferência de calor.....	4
I.1.1.2 Ar .....	4
I.1.1.3 Água no estado líquido.....	4
I.1.1.4 Vapor de água .....	5
I.1.1.5 Termofluido.....	5
I.1.2 Propriedades de um termofluido.....	6
I.1.2.1 Estabilidade à oxidação.....	6
I.1.2.2 Estabilidade térmica.....	6
I.1.2.3 Boa condutibilidade térmica .....	7
I.1.2.4 Pressão de vapor baixa.....	7
I.1.3 Principais características de um sistema a termofluido.....	8
I.1.4 Tipos de termofluidos .....	9
Capítulo II .....	19
Sistemas de transferência de calor a termofluido .....	19
II.2.1 Principais constituintes de um sistema.....	20
II.2.2 Funcionamento e vantagens de um sistema a termofluido .....	24
II.2.3 Recomendações de projecto.....	26
II.2.4 Instalações típicas .....	28
II.2.5 Enchimento e arranque da instalação.....	30
Capítulo III .....	31

Escoamento interno .....	31
Capítulo IV .....	35
Perdas de carga .....	35
IV.4.1 Perdas de carga lineares .....	35
IV.4.2 Perdas de carga localizadas .....	37
Capítulo V .....	39
Cálculo e dimensionamento de instalações.....	39
Propriedades físicas necessárias ao dimensionamento térmico .....	39
IV.5.1 Expressões usadas o cálculo das propriedades dos vários tipos de termofluidos. ....	40
IV.5.1.1 <i>Syltherm 800 (Dow)</i> .....	40
IV.5.1.2 <i>Syltherm HF (Dow)</i> .....	41
IV.5.1.3 <i>Duratherm S (Duratherm)</i> .....	42
IV.5.1.4 <i>Therminol 68 (Solutia)</i> .....	43
IV.5.2 Cálculo do diâmetro dos tubos .....	44
Capítulo VI .....	49
Isolamento térmico .....	49
VI.6.1 Materiais usados para o isolamento térmico externo.....	50
VI.6.1.1 Materiais em forma de calhas e de segmentos pré-moldados .....	50
Capítulo VII .....	53
Construção do programa .....	53
VII.7.1 Programa base .....	54
VII.7.2 Apresentação da aplicação .....	55
VII.7.2.1 Funcionamento da aplicação .....	57
VII.7.2.1.1 Cálculo do diâmetro óptimo e dos vários parâmetros do escoamento .....	57
VII.7.2.1.2 Perdas de carga em linha .....	63
VII.7.2.1.3 Perdas de carga localizadas .....	64
VII.7.2.1.4 Análise de resultados .....	69
Capítulo VIII .....	73
Exemplo Prático .....	73
Capítulo IX .....	81
Conclusões .....	81
Bibliografia .....	85

Anexos.....	87
Anexo A .....	89
Tabela de dimensões - DIN 2448.....	89
Anexo B .....	93
Algoritmo de cálculo referente à janela principal de introdução de dados .....	93
Anexo C .....	168
Algoritmo de cálculo referente à secção perdas de carga localizadas.....	168
Anexo D .....	178
Algoritmo referente à secção “Mais informações” .....	178



## Índice de figuras

Figura 1 - Comparação entre um termofluido e vapor de água saturado. ....	9
Figura 2 - Tabela de ajuda, na escolha do termofluido a ser usado num sistema de transferência de calor [Dow, 2010].....	12
Figura 3 - Expansão térmica do termofluido <i>Syltherm HF</i> [Dow, 2010].....	13
Figura 4 - Expansão térmica do termofluido <i>Syltherm 800</i> [Dow, 2010].....	14
Figura 5 - Comparação dos diferentes tipos de termofluidos distribuídos pela <i>Dow</i> [Dow, 2010]. .....	15
Figura 6 - Figura alusiva aos variados tipos de termofluidos distribuídos pela empresa <i>Solutia</i> [Therminol, 2010].....	17
Figura 7 - Exemplo de uma caldeira para aquecimento de termofluido [Fultron, 2010]. ....	20
Figura 8 - Bomba típica para instalações de termofluido [KSB, 2010].....	21
Figura 9 - Exemplo de um vaso de expansão para instalações de termofluido [Fultron, 2010].	22
Figura 10 - Vista em corte de um vaso de expansão, equipado com desgasificador, para uma instalação a termofluido [Fultron, 2010]. ....	23
Figura 11 – Imagem representativa de um desgasificador do tipo ciclone [Eaton, 2006].....	24
Figura 12 – Imagem representativa de um desgasificador com configuração horizontal [Eaton, 2006]. ....	24
Figura 13 – Instalação a termofluido para servir vários utilizadores à mesma temperatura [Therminol, 2010].....	28
Figura 14 – Instalação de termofluido, para servir vários utilizadores a diferentes temperaturas [Therminol, 2010].....	29
Figura 15 – Instalação de termofluido a servir um único utilizador mas com dupla finalidade, aquecimento e arrefecimento [Therminol, 2010]. ....	29
Figura 16 - Balanço de Forças numa secção de uma tubagem. ....	35
Figura 17 – Exemplo de rede de tubagens.....	46
Figura 18 - Imagem da interface gráfica da aplicação, versão normal. ....	55
Figura 19 - Imagem da interface gráfica da aplicação, versão expandida. ....	56
Figura 20 - Imagem da interface da aplicação, onde se mostra a vermelho, a zona de entrada dos dados iniciais necessários ao dimensionamento. ....	57
Figura 21 - Imagem da interface da aplicação, a vermelho é destacada a zona de saída de resultados.....	59
Figura 22 - Imagem da interface da aplicação, referente ao botão “Mais informações” .....	60

Figura 23 – Fluxograma de demonstração do funcionamento da aplicação, no que respeita ao botão de cálculo do diâmetro óptimo. ....	62
Figura 24- Imagem da interface da aplicação, a vermelho é destacada a zona de cálculo das perdas de carga em linha. ....	63
Figura 25 – Fluxograma de demonstração do funcionamento da aplicação, respeitante ao botão de cálculo das perdas de carga em linha. ....	64
Figura 26 - Imagem da interface da aplicação, fazendo-se referência à zona de cálculo das perdas de carga localizadas.....	65
Figura 27 - Imagem da interface referente à selecção dos vários acessórios de perda de carga localizada.....	65
Figura 28 – Fluxograma de demonstração do funcionamento da aplicação, respeitante à selecção do tipo de acessório e quantidade destes.....	68
Figura 29 - Imagem da interface da aplicação, versão expandida onde se mostra a vermelho a zona de análise de resultados.....	69
Figura 30 - Fluxograma de demonstração do funcionamento da aplicação, respeitante à apresentação dos resultados. ....	70
Figura 31 – Imagem representativa do ficheiro final em versão texto.txt .....	71
Figura 32 – Esquema tipo, da rede de termofluido a dimensionar. ....	74

## Índice de tabelas

Tabela 1 - típicas do termofluido <i>Syltherm HF</i> [Dow, 2010].	13
Tabela 2 - Propriedades respeitantes a diversas temperaturas do termofluido <i>Syltherm HF</i> [Dow, 2010].	13
Tabela 3 - Algumas propriedades típicas referentes ao termofluido <i>Syltherm 800</i> [Dow, 2010].	14
Tabela 4 - Propriedades respeitantes a diversas temperaturas do termofluido <i>Syltherm 800</i> [Dow, 2010].	15
Tabela 5 - Algumas propriedades físicas e térmicas do termofluido <i>Therminol 68</i> [Therminol, 2010].	17
Tabela 6 - Propriedades respeitantes a diversas temperaturas do termofluido <i>Therminol 68</i> [Therminol, 2010].	17
Tabela 7 - Algumas propriedades físicas e térmicas do termofluido <i>Duratherm S</i> [Duratherm, 2010].	18
Tabela 8 - Propriedades respeitantes a diversas temperaturas do termofluido <i>Duratherm S</i> [Duratherm, 2010].	18
Tabela 9 - Gama de valores do número de Reynolds para os respectivos tipos de escoamento no interior de tubos.	32
Tabela 10 – Comprimentos equivalentes em regime turbulento [Pinho, 2009].	37
Tabela 11 – Dados iniciais referente à rede de termofluido.	74



## Nomenclatura

Símbolo	Descrição da variável	Unidades
$A$	Área	[m <sup>2</sup> ]
$c$	Calor específico	[kg/m <sup>3</sup> ]
$D$	Diâmetro do tubo	[m]
$D_e$	Diâmetro exterior do tubo	[m]
$D_i$	Diâmetro interior do tubo	[m]
$e$	Espessura do tubo	[m]
$f_D$	Factor de Darcy	[ - ]
$f_F$	Factor de Fanning	[ - ]
$g$	Aceleração gravítica	[m/s <sup>2</sup> ]
$h_1$	Altura inicial	[m]
$h_2$	Altura final	[m]
$k_t$	Condutibilidade térmica	[W/(m K)]
$L$	Comprimento do tubo	[m]
$\dot{m}$	Caudal mássico	[kg/s]
$T$	Temperatura	[°C]
$\dot{Q}$	Potência térmica	[W]
$Re$	Número de Reynolds	[ - ]
$v$	Velocidade do fluido	[m/s]
$v_1$	Velocidade inicial	[m/s]
$v_2$	Velocidade final	[m/s]

### Símbolos do alfabeto grego

$\pi$	Número de Pi	[ - ]
$\rho$	Massa volúmica	[kg/m <sup>3</sup> ]
$\mu$	Viscosidade dinâmica	[Pa s]
$\varepsilon$	Rugosidade	[m]
$\tau_w$	Tensão na parede do tubo	[Pa]
$\Delta p$	Queda de pressão	[Pa]
$\Delta p_f$	Queda de pressão devida à fricção	[Pa]
$\Delta p_{aces.}$	Queda de pressão provocada por acessórios	[Pa]
$\Delta p_{total}$	Queda de pressão total	[Pa]
$\Delta T$	Diferencial térmico	[°C]



# Introdução

## Breve descrição histórica

---

Desde o início da década de 60, que nos sistemas de aquecimento utilizados na maior parte das instalações fabris onde é necessário fornecer calor ao material processado, tem vindo a ser abandonado o método tradicional do aquecimento por vapor, o qual tem sido substituído por sistemas utilizando um termofluido que se mantém no estado líquido através de todo o circuito de transmissão de calor. Isto aconteceu porque para temperaturas de vapor saturado acima dos 200 °C a respectiva pressão de saturação cresce rapidamente obrigando ao emprego de maiores espessuras de chapa com o conseqüente agravamento de custos.

A sua utilização foi sendo aos poucos ampliada e as instalações foram ficando cada vez mais complexas. Porém foram também cada vez melhor projectadas, fabricadas, montadas e também monitorizadas e operadas, e conseqüentemente resultaram daí instalações muito mais seguras.

A seguir irá ser apresentado um breve resumo da evolução histórica dos sistemas de transferência de calor a termofluido.

No ano de 1930 começaram por aparecer as primeiras aplicações nas indústrias químicas europeias. Em 1940 surgiu um grande crescimento nos demais variados processos industriais. Em 1970 começaram por surgir as primeiras instalações com queima de combustíveis sólidos. Quatro anos mais tarde foi emitida a norma DIN 4754 na Alemanha, como “regulamento para a tecnologia” de instalações a termofluido. Foi notório um grande crescimento da utilização de sistemas a termofluido em 1980, acarretando isso, importação de equipamentos e de tecnologia. Passados mais 5 anos,

surgiu um grande crescimento na implementação da automação nas instalações a termofluido, início da implementação de controladores programáveis. No início da década de 90 o aumento da utilização de sistemas de supervisão foi cada vez mais evidente, fazendo com isto um maior controlo da segurança dos sistemas. No ano de 2000 deu-se início a uma nova utilização à escala industrial deste tipo de tecnologia, sendo usada em sistemas das novas energias alternativas (exemplo da energia solar) como armazenamento de energia [Barros, 2000].

Os responsáveis pelas instalações industriais têm reconhecido as vantagens de possuírem sistemas de aquecimento não pressurizados, que utilizam um agente transmissor de calor sempre no mesmo estado físico. Nestes sistemas, os cuidados de manutenção são mínimos, deixam de existir problemas de incrustação, corrosão, congelação, e deixa de haver a necessidade de proceder ao tratamento químico da água das caldeiras (como é o caso das instalações de vapor). O emprego dos óleos minerais derivados do petróleo, como termofluidos, atingiu presentemente, uma larga expansão, podendo dizer-se que a maior parte dos grandes sistemas de aquecimento industrial a altas temperaturas, isto é acima dos 200 °C, que envolvem a circulação de quantidades elevadas de fluido térmico (por vezes, muitas toneladas), os utilizam.

# Capítulo I

## **Definição, caracterização e gamas de operação de um termofluido**

Pode considerar-se como um termofluido ou fluido térmico, na realidade, como sendo todo e qualquer fluido que num determinado sistema cumpra o papel de condutor de energia térmica da fonte produtora (aquecedor ou caldeira), para a fonte de consumo.

Com isto, um dos mais populares fluidos térmicos que se conhece é a água, seja na fase líquida, seja na fase de vapor.

Porém denomina-se tecnicamente de “termofluido” como sendo fluidos especificamente desenvolvidos para trabalhar como um elo de ligação entre a fonte de energia térmica e um ponto de consumo de calor. Os fluidos térmicos podem ser orgânicos ou sintéticos, dependendo da sua aplicação e principalmente da sua temperatura de operação. São caracterizados por possuírem boas capacidades de transferência de calor, ausência de toxicidade, boa estabilidade térmica, limites de inflamabilidade elevados e baixo custo de aquisição e de operação.

As temperaturas de funcionamento de destes fluidos rodam normalmente entre os 180 °C e os 400 °C. Compostos de silicone permitem um funcionamento seguro até aos 430 °C. Para uma gama de funcionamento entre os 260 °C e os 540 °C existem misturas de sais inorgânicos que são empregues na fase líquida, apresentam coeficientes de transferência de calor elevados e boa estabilidade térmica. Dos 450 °C até aos 1100 °C empregam-se o mercúrio e os metais liquefeitos como o sódio e o potássio, ou então misturas destes dois. Embora estes fluidos sejam conhecidos por funcionarem

normalmente na fase líquida, também podem ser aplicados em situações onde existam mudanças de fase líquido vapor [Pinho, 2009].

### **I.1.1 Descrição dos vários fluidos térmicos para transferência de calor**

Os fluidos térmicos mais comuns são: o ar, a água líquida, o vapor de água e os óleos térmicos. A escolha de um tipo de fluido térmico, tanto no estado líquido como no estado gasoso, é efectuada de acordo com os seguintes factores: gama de temperaturas do processo, pressão do sistema e taxa de transferência de calor necessária. As taxas de transferência de calor dependem das características que um tipo de fluido possui, nomeadamente, viscosidade, densidade, condutibilidade térmica e calor específico, bem como da velocidade do escoamento. Neste trabalho aprofundou-se a análise ao óleo térmico, sendo também descrito como termofluido.

#### **I.1.1.2 Ar**

O ar como transportador de energia térmica, apesar de ter um custo baixo e permitir um bom nível de segurança nas instalações, tem a desvantagem de possuir um baixo coeficiente de transferência de calor, sendo difícil na prática conseguir elevadas temperaturas de serviço ( $> 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) e uma funcionalidade adequada aos processos de transferência térmica. Contudo, o ar e em particular o azoto, são utilizáveis em sistemas de transferência de calor, apresentando-se estáveis, mas para alcançar uma boa transferência de calor exigem uma pressão elevada.

#### **I.1.1.3 Água no estado líquido**

A água é dos fluidos mais usados como transportador de energia térmica, tanto no estado líquido como no estado de vapor. É conhecida por ser um fluido com uma

densidade média, alto calor específico, fraca viscosidade e baixa condutibilidade térmica. Tem a enorme vantagem de ser facilmente disponível a um preço consideravelmente baixo. As propriedades deste fluido a altas temperaturas são consideravelmente mais favoráveis para fins de transporte de calor do que a baixa temperatura [Geiringer, 1963]. Contudo acima de uma determinada temperatura, as pressões requeridas para a manter na fase líquida aumentam de tal modo que a utilização deste fluido deixa de ser economicamente compensadora.

#### **I.1.1.4 Vapor de água**

O vapor é utilizado como fluido de aquecimento até à temperatura de 200 °C. Para temperaturas superiores, é necessário aumentar a pressão, acarretando por isso problemas nas instalações de aquecimento e tornando assim o seu funcionamento mais complicado [Pinho, 2009]. A Figura 1 mais abaixo, mostra a comparação entre o vapor de água e um termofluido, representando a pressão em função da temperatura.

#### **I.1.1.5 Termofluido**

Nos sistemas de aquecimento industrial a termofluido, este encontra-se sempre no estado líquido, dentro de um sistema que é essencialmente do tipo não pressurizado, pois é apenas necessária uma ligeira pressão de bombagem para garantir a circulação do fluido no circuito. Esta pressão mínima tem geralmente valores na ordem dos 1,5 a 3 bar em regime normal [Shell, 1987].

Estes termofluidos nas mais variadas instalações podem ser de origem mineral ou sintética. Devido à baixa pressão de vapor e ao elevado ponto de ebulição estes podem ser utilizados para temperaturas de serviço elevadas.

## **I.1.2 Propriedades de um termofluido**

### **I.1.2.1 Estabilidade à oxidação**

Os óleos de transmissão de calor possuem um elevado grau de resistência ao processo da oxidação. No entanto, condições de trabalho exigentes provocam o seu aquecimento, sendo as temperaturas elevadas catalisadoras da oxidação. Quanto mais alta é a temperatura, mais rápido é o ritmo da oxidação. A oxidação ocorre devido ao contacto do óleo com a passagem de uma corrente de pequenas bolhas de ar num sistema em serviço. Além da temperatura, também certos metais como, por exemplo, o cobre, e matérias estranhas como as partículas de ferrugem actuam como catalisadores da oxidação. Os contaminantes originados pela oxidação são, essencialmente, ácidos que na sua maioria se mantêm dissolvidos no óleo e partículas sólidas que tendem a depositar.

Estas partículas sólidas formam lodos nas zonas onde a temperatura de superfície é elevada, e que são geralmente localizadas na caldeira. Elas endurecem progressivamente e transformam-se em depósitos carbonosos. Outros efeitos da oxidação no óleo são um aumento da viscosidade, escurecimento e um cheiro característico [Shell, 1987].

### **I.1.2.2 Estabilidade térmica**

Pode definir-se estabilidade térmica de um óleo, como a capacidade de conservação da sua estrutura química, com que foi concebido e formulado, face às condições de elevadas temperaturas a que é submetido. O fenómeno em que ocorre a alteração da estrutura química de um óleo mineral em consequência de um aquecimento excessivo, é designado por pirólise, ou também conhecido, pelo termo inglês "*cracking*". Este fenómeno aumenta de uma forma muito acentuada e brusca quando o óleo atinge a temperatura de 350 °C. Além de aumentar com a temperatura, também varia muito com o tipo de óleo. Os óleos de alta viscosidade são mais

propícios à ocorrência da pirólise. Os produtos resultantes da pirólise podem dividir-se em dois grupos. Numa primeira fase, formam-se ou libertam-se fracções voláteis que, entre outras coisas, vão originar um abaixamento do ponto de inflamação, enquanto numa segunda fase mais adiantada se formam produtos de alto peso molecular que originam formação de lamas e, por último carvão. Em qualquer dos casos o óleo torna-se negro [Shell, 1987].

### **I.1.2.3 Boa condutibilidade térmica**

Quanto menor for a viscosidade de um liquido, mais elevada será a sua condutibilidade térmica. Assim sendo verifica-se que, para respeitar esta característica, a escolha do termofluido mais adequado aponta para um óleo de viscosidade baixa.

A condutibilidade térmica de um óleo de origem mineral varia com o tempo, tornando-se ligeiramente mais baixa quando a temperatura do óleo sobe [Shell, 1987].

### **I.1.2.4 Pressão de vapor baixa**

Os óleos para transferências de calor devem possuir uma taxa de variação da pressão de vapor em função da temperatura baixa. Os óleos de baixa viscosidade podem, em alguns casos ter uma pressão de vapor mais elevada que os óleos de média ou alta viscosidade, à temperatura ambiente. Contudo, a variação da pressão de vapor com o aumento da temperatura, depende do tipo de óleo.

Estes tipos podem ser de natureza parafínica ou de natureza nafténica. Em geral os de natureza nafténica possuem uma pressão de vapor mais elevada comparativamente com os de natureza parafínica.

Como a escolha de um termofluido é de grande importância, terá de se ter em atenção todos estes pontos.

Atendendo ao parágrafo anterior tem-se como objectivo escolher um termofluido que estando a trabalhar com temperaturas em regime normal (temperaturas elevadas) possua uma pressão de vapor o mais baixa possível (não tornando necessário a instalação de sistemas pressurizados). Visto isto pode concluir-se assim, que a escolha

de um termofluido de natureza parafínica é o mais recomendável visto possuir uma baixa viscosidade a altas temperaturas [Shell, 1987].

### **I.1.3 Principais características de um sistema a termofluido**

Este tipo de sistemas, como tudo, possui certas e determinadas características que se podem tornar decisivas, podendo portanto fazer assim toda a diferença na sua escolha.

- O controlo da temperatura é muito exacto, podendo-se controlar precisamente o ponto de trabalho, conforme a necessidade de cada consumidor, evitando-se com isto, sobreaquecimentos localizados;
- O gerador de calor pode ser instalado num local reservado, aumentando a segurança da instalação respeitando assim as normas de segurança referentes a incêndios e explosões;
- O custo operacional e de manutenção é muito inferior, se comparado com o de um sistema de vapor para a mesma temperatura;
- As condições de transferência de calor podem ser optimizadas caso a caso dentro de um mesmo sistema;
- O armazenamento de calor é possível e especialmente vantajoso quando existe uma grande variação de consumo e picos de demanda por curtos períodos;
- O calor gerado na fonte de termofluido, pode ser transformado central ou localmente nos consumidores em água quente, água sobreaquecida, vapor ou ar quente, de acordo com a necessidade do processo produtivo;
- Comparando-se directamente com um sistema de geração de vapor de água saturado, tem-se como grande vantagem trabalhar com altas temperaturas e baixas pressões.

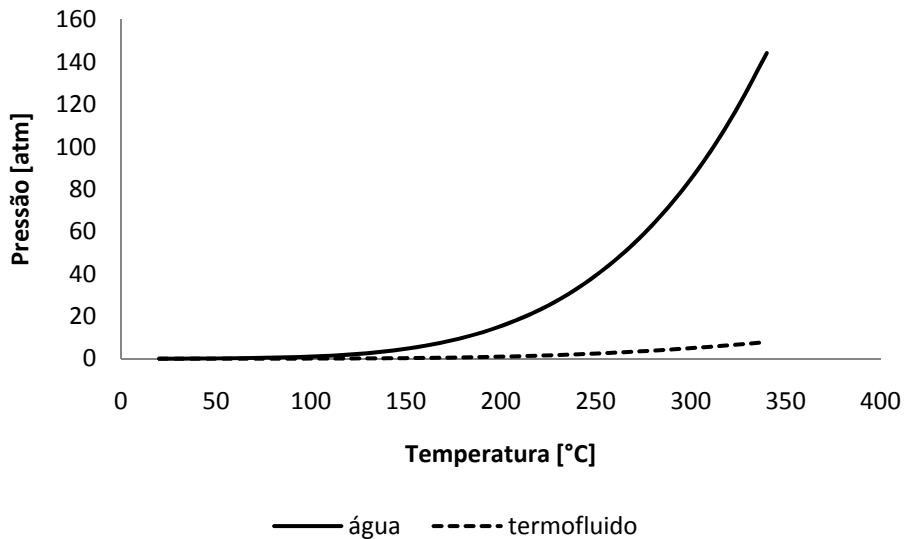


Figura 1 - Comparação entre um termofluido e vapor de água saturado.

### I.1.4 Tipos de termofluidos

De uma maneira geral, os termofluidos orgânicos podem-se classificar nas seguintes categorias:

- Ésteres orgânicos utilizados até aos 230 °C;
- Glicóis poliarquilenicos utilizados até aos 260 °C;
- Ésteres de silicatos utilizados até aos 350 °C;
- Ésteres policromáticos utilizados até aos 400 °C;
- Hidrocarbonetos sintéticos utilizados até aos 400 °C.

De uma forma bastante resumida, os termofluidos orgânicos apresentam como vantagens uma baixa pressão de vapor, sistemas não pressurizados, excepto a temperaturas bastante elevadas como acima dos 450 °C, atingem facilmente os 350 °C, como se está a trabalhar com um fluido térmico (óleo) este funciona ao mesmo tempo como lubrificante contribuindo assim para a ausência de corrosões, ausência de obrigatoriedade de exames periódicos às caldeiras, ausência de incrustações, economias de energia comparativamente ao vapor de água por menores perdas de

fluido e menores problemas de congelação no interior das tubagens durante o inverno em climas frios [Pinho, 2009].

Embora estes termofluidos possuam muitas e grandes vantagens na sua utilização, possuem também algumas desvantagens, como sendo, coeficientes de transferência de calor inferiores ao da água, os fluidos são altamente inflamáveis e mais caros do que a água, existem mudanças de viscosidade do fluido com o aumento da temperatura o que implica um arranque da instalação bastante cuidadoso.

No que diz respeito ao arranque da instalação, pode-se salientar três pontos bastante importantes. No primeiro arranque da instalação, é necessário realizar muito cuidadosamente uma purga de ar e voláteis, demorando para tal várias horas. É também necessário evitar de todo, o contacto do termofluido quente com o ar ambiente.

### **I.1.5 Mercado de Termofluidos**

No mercado industrial de hoje em dia, existe ao dispor do consumidor uma grande variedade fabricantes e distribuidores de termofluidos. Todos eles possuem um variadíssimo catálogo de diferentes tipos de termofluidos cada um com características diferentes e para diversas finalidades.

Com isto em seguida serão enumerados alguns tipos de termofluidos assim como os fabricantes mais conhecidos.

#### ***Dow***

A empresa *Dow* fabricante de termofluidos há mais de vinte anos, é uma das mais influentes neste tipo de mercado, apresentando um grande leque de opções em termofluidos.

A selecção de um termofluido para transferência de calor, pode por vezes ser complicada. Factores como, estabilidade térmica, capacidade de bombagem, pressão necessária entre outros, podem torna-se determinantes na sua escolha. Contudo deve conseguir fazer-se uma primeira decisão com base em alguns parâmetros básicos. Em

primeiro deverá ser feita uma escolha entre o tipo de termofluido, desde fluidos sintéticos orgânicos, de silicone ou à base de glicóis, sempre escolhidos em função da temperatura de operação necessária. Se o sistema for para funcionar a temperaturas de trabalho abaixo dos 175 °C, a melhor escolha será considerar um fluido orgânico sintético ou de silicone. Para temperaturas de trabalho inferiores a 175 °C, deve considerar-se um fluido à base de glicóis. Os fluidos orgânicos sintéticos e fluidos de silicone são mais estáveis a temperaturas acima dos 400 °C. Enquanto se está a trabalhar a temperaturas elevadas, estes têm uma pressão de vapor superior à de vapor de água, tornando-os por um lado mais práticos e por outro lado menos caros.

Fluidos que aceitam um gradiente térmico bastante alargado, oferecem estabilidade a altas temperaturas de trabalho e um bom bombeamento.

A concentração de glicol no líquido afecta directamente as suas propriedades de desempenho. Se um fluido à base de glicol reunir as exigências térmicas do sistema, pode-se escolher entre propileno à base de glicol ou um fluido à base de glicol. Na maioria das aplicações à base de glicol, os fluidos de etileno são os preferidos devido à sua baixa viscosidade, resultando uma eficiência da transferência de calor superior [Dow, 2010].

A tabela seguinte pode ajudar de alguma forma na decisão sobre o termofluido *Dow* a usar num sistema de transferência de calor.

### The Full Family of Dow Heat Transfer Fluids

Performance & Recommended Applications*			High Temperature Thermal Stability	Low Temperature Pumpability	Low Vapor Pressure	Vapor Phase Operation Possible	Low Viscosity	Freeze/Corrosion Protection in Water-based Systems	Long-term Economy	Hot/Cold Cycle Operation for Batch Processing	Acute Oral Toxicity***
Fluid Type	Fluid	Temp. Range, °C** (°F**)									
Synthetic Organic Fluids	DOWTHERM™ A	15 to 400 (60 to 750)	▲			▲	▲		▲		■
	DOWTHERM™ G	-7 to 370 (20 to 680)	▲	■	▲		▲		▲		■
	DOWTHERM™ Q	-35 to 330 (-30 to 625)	▲	●	▲		▲		▲	●	■
	DOWTHERM™ RP	-4 to 350 (-20 to 660)	▲	■	▲		▲		▲		
	DOWTHERM™ MX	-23 to 330 (-10 to 625)	▲	●	▲		▲		▲	●	■
	DOWTHERM™ T	-10 to 288 (14 to 550)	■	●	▲		●		●		
Silicone Fluids	DOWTHERM™ J	-80 to 315 (-110 to 600)	▲	▲		▲	▲		▲	▲	■
	SYLTHERM <sup>†</sup> 800	-40 to 400 (-40 to 750)	▲	●		▲		▲	▲	●	▲
	SYLTHERM XLT	-100 to 260 (-150 to 500)	▲	▲	■		▲		▲	▲	▲
	SYLTHERM HF	-73 to 260 (-100 to 500)	▲	▲	■		▲		▲	▲	
Glycol-based Fluids	DOWTHERM™ 4000	-50 to 175 (-60 to 350)	▲	▲			▲	▲	▲	●	■
	DOWFROST™ HD	-45 to 160 (-50 to 325)	▲	●			●	▲	▲	■	
	DOWTHERM™ SR-1	-50 to 121 (-60 to 250)	▲	▲			▲	▲	▲	●	■
	DOWFROST™	-45 to 121 (-50 to 250)	▲	●			●	▲	▲	■	▲
	DOWCAL™ 10	-50 to 175 (-60 to 350)	▲	▲			▲	▲	▲	●	■
	DOWTHERM™ 10	-50 to 175 (-60 to 350)	▲	▲			▲	▲	▲	●	■
	DOWCAL™ N	-45 to 120 (-50 to 250)	▲	●			●	▲	▲	■	▲
	DOWCAL™ 20	-45 to 160 (-50 to 325)	▲	●			●	▲	▲	■	▲
	DOWFROST™ 20	-45 to 160 (-50 to 325)	▲	●			●	▲	▲	■	▲

▲ Outstanding ● Excellent ■ Good

\* Performance within fluid operating range.

\*\* Liquid phase temperature range. Vapor phase operating range for DOWTHERM™ A Fluid is 257°C (495°F) to 400°C (750°F). For DOWTHERM™ J Fluid, 181°C (358°F) to 315°C (600°F).

\*\*\* When used in industrial applications.

† Trademark of The Dow Chemical Company (Dow) or an affiliated company of Dow.

‡ SYLTHERM Heat Transfer Fluids are manufactured by Dow Corning Corporation and distributed by The Dow Chemical Company.

Figura 2 - Tabela de ajuda, na escolha do termofluido a ser usado num sistema de transferência de calor [Dow, 2010].

*Syltherm HF* é um dos termofluidos mais conhecido, especialmente por ser formulado à base de polímeros de silicone. Oferece uma boa capacidade de bombagem e uma excelente transferência de calor a baixa temperatura, além de excelente estabilidade térmica. Este termofluido suporta temperaturas de trabalho entre -73 °C até 260 °C. Tem como principais aplicações industriais, a indústria farmacêutica ou também processamento químico.

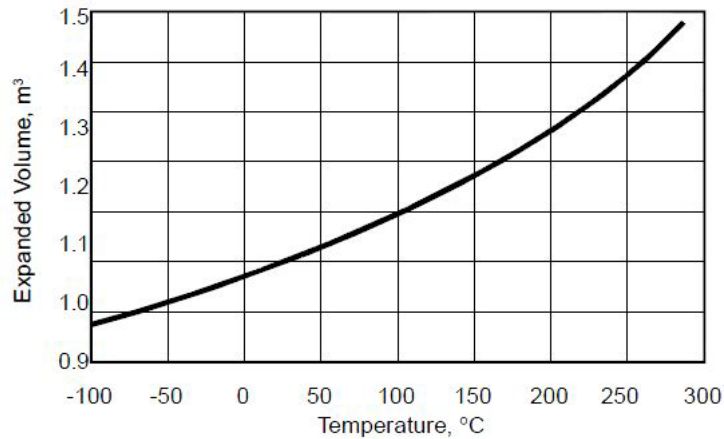


Figura 3 - Expansão térmica<sup>1</sup> do termofluido Syltherm HF [Dow, 2010].

Tabela 1 - típicas do termofluido Syltherm HF [Dow, 2010].

Propriedade	Unidades SI
Viscosidade dinâmica	0,0017 Pa s
Ponto de auto ignição	355 °C
Ponto de congelamento	< -82 °C
Massa volúmica a 25 °C	864 kg/m <sup>3</sup>
Calor de combustão	31.851 kJ/kg
Temperatura crítica estimada	350 °C
Pressão crítica estimada	10,6 bar
Volume específico crítico estimado	3,62 l/kg

Tabela 2 - Propriedades respeitantes a diversas temperaturas do termofluido Syltherm HF [Dow, 2010].

Temperatura °C	Calor específico kJ/(kg K)	Massa volúmica kg/m <sup>3</sup>	Condutibilidade térmica W/(m K)	Viscosidade dinâmica Pa s	Pressão de vapor bar
-73	1,453	965,78	0,1310	0,1646	0
-70	1,460	962,20	0,1293	0,1487	0
-20	1,583	912,20	0,1169	0,00388	0
30	1,707	861,65	0,1045	0,00158	0
80	1,830	811,10	0,0921	0,00083	0,0001
130	1,953	760,55	0,0797	0,00051	0,0011
180	2,076	710,00	0,0673	0,00035	0,0049
230	2,199	659,45	0,0549	0,00026	0,0155
260	2,273	629,12	0,0475	0,00022	0,0274

<sup>1</sup> Visto que a figura foi retirada da fonte [Dow, 2010] e não foi alterada, é de notar que os pontos decimais no eixo das ordenadas significam vírgulas.

*Syltherm 800* é também um dos mais utilizados, por ser um termofluido altamente estável, é um fluido à base de silicone de longa duração e concebido para trabalhar a temperaturas bastante altas. É um termofluido limpo, ou seja não liberta sujidade, tanto que tem a capacidade de permanecer em serviço durante dez anos ou mais sem ser necessário manutenção. Não tem odor, e possui um baixo teor de toxicidade. As temperaturas de utilização são desde -40 °C até 400 °C, sendo altamente usados na indústria do óleo e gás, indústria farmacêutica, processamento químico e também nas mais recentes tecnologias como a energia solar [Dow, 2010].

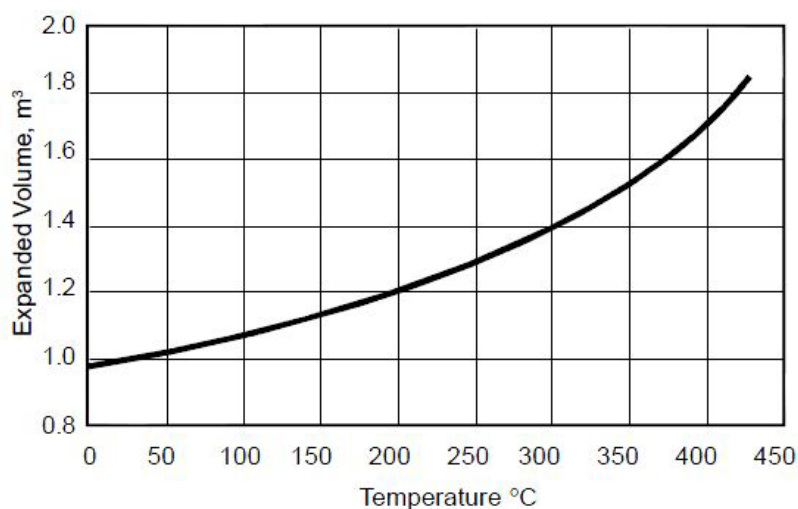


Figura 4 - Expansão térmica do termofluido *Syltherm 800* [Dow, 2010].

Tabela 3 - Algumas propriedades típicas referentes ao termofluido *Syltherm 800* [Dow, 2010].

Propriedade	Unidades SI
Viscosidade a 25 °C	0,0091 Pa s
Temperatura de auto ignição	385 °C
Temperatura de congelamento	-60 °C
Massa volúmica a 25 °C	936 kg/m <sup>3</sup>
Calor de combustão	28.659 kJ/kg
Temperatura crítica estimada	367 °C
Pressão crítica estimada	10,9 bar
Volume específico crítico estimado	3,22 l/kg

Tabela 4 - Propriedades respeitantes a diversas temperaturas do termofluido *Syltherm 800* [Dow, 2010].

Temperatura	Calor específico	Massa volúmica	Condutibilidade térmica	Viscosidade dinâmica	Pressão de vapor
°C	kJ/(kg K)	kg/m <sup>3</sup>	W/(m K)	Pa s	bar
-40	1,506	990,61	0,1463	0,05105	0
0	1,574	953,16	0,1388	0,01533	0
40	1,643	917,07	0,1312	0,007	0,001
80	1,711	881,68	0,1237	0,00386	0,0146
120	1,779	846,35	0,1162	0,00236	0,093
160	1,847	810,45	0,1087	0,00154	0,35
200	1,916	773,33	0,1012	0,00105	0,956
240	1,984	734,35	0,0936	0,00074	2,048
280	2,052	692,87	0,0861	0,00054	3,802
320	2,121	648,24	0,0786	0,00041	6,305
360	2,189	599,83	0,0711	0,00031	9,612
400	2,257	547,00	0,0635	0,00025	13,73

Em seguida apresenta-se uma figura, para uma melhor compreensão das diferentes gamas de temperaturas que os termofluidos podem suportar.

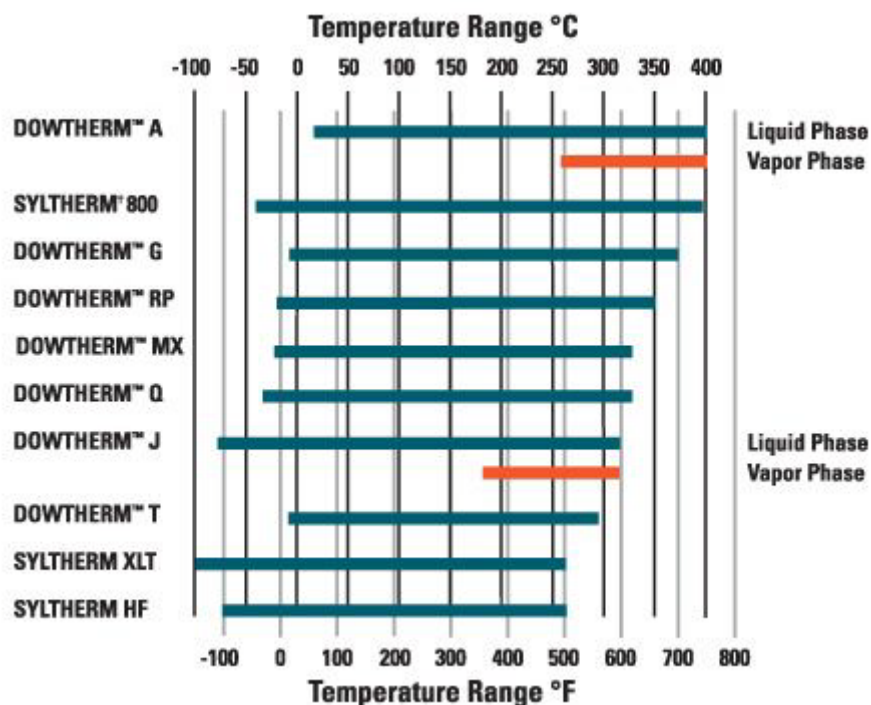


Figura 5 - Comparação dos diferentes tipos de termofluidos distribuídos pela Dow [Dow, 2010].

## **Solutia**

A *Solutia* é uma empresa química de classe mundial produtora de uma vasta gama de produtos de transferência de calor. É uma empresa sediada em St. Louis, Missouri e as suas origens remontam há quase cem anos. Está presente em mais de trinta locais em toda a América, Ásia e Europa, e possui cerca de 11.000 funcionários empenhados em desenvolver e aplicar os seus conhecimentos, tentando oferecer assim soluções criativas para os seus clientes, fazendo dela, uma das empresas mais influentes no que respeita ao mercado de termofluidos [Therminol, 2010].

*Therminol* é uma marca registada pela empresa *Solutia* de fluidos sintéticos de alta temperatura para transferências de calor. Pode ser usado em diversas aplicações, incluindo as tecnologias de energia renovável, como solar e biodiesel, processos de fabrico a transferências de calor em indústrias farmacêuticas, especialidades químicas e de petróleo e também processamento de gás.

Um dos termofluidos disponíveis e mais conhecidos desta empresa é o *Therminol 68*.

O termofluido *Therminol 68* é um fluido para transferência de calor a alta temperatura em fase líquida, com uma excelente estabilidade térmica. Foi desenvolvido com a capacidade de ser utilizado em sistemas de transferência de calor com temperaturas de trabalho acima dos 360 °C.

Não é um termofluido corrosivo para os materiais típicos de transferência de calor, tem um baixo odor e boas características em termos de movimentação.

É um termofluido ideal para aplicações que envolvam processos de alta temperatura, tais como, operações de refinaria, fornecimento de calor de forma indirecta para processos químicos, recuperação de calor de gases, ser usado como um refrigerante para remover calor das reacções exotérmicas, ou também pode ser usado para aquecer indirectamente processos de destilação.

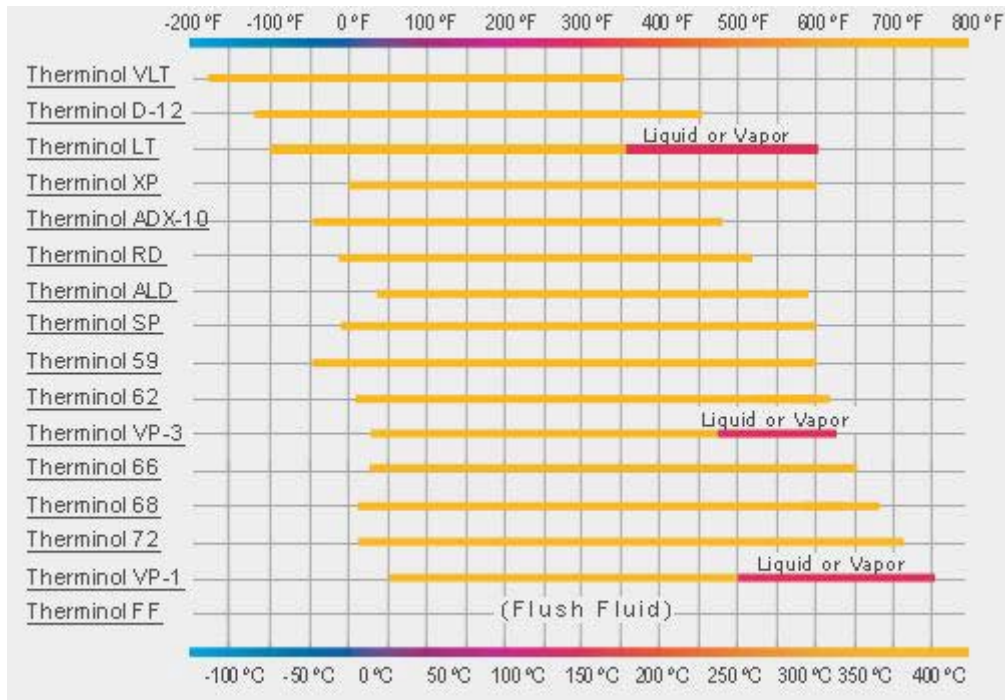


Figura 6 - Figura alusiva aos variados tipos de termofluidos distribuídos pela empresa Solutia [Therminol, 2010].

Tabela 5 - Algumas propriedades físicas e térmicas do termofluido *Therminol 68* [Therminol, 2010].

Propriedade	Unidades SI
Viscosidade cinemática a 40 °C	0,01392 Pa s
Massa volúmica a 15 °C	1030 kg/m <sup>3</sup>
Ponto de inflamação	155 °C
Ponto de ebulição a 1013 mbar	308 °C
Coefficiente de expansão térmica	0,00091/°C

Tabela 6 - Propriedades respeitantes a diversas temperaturas do termofluido *Therminol 68* [Therminol, 2010].

Temperatura	Calor específico	Massa volúmica	Condutibilidade térmica	Viscosidade dinâmica	Pressão de vapor
°C	kJ/(kg K)	kg/m <sup>3</sup>	W/(m K)	Pa s	bar
-20	1,495	1056	0,127	0,94073	0
0	1,559	1041,6	0,125	0,13434	0
40	1,688	1012,8	0,122	0,01392	0,0001
80	1,817	984	0,119	0,00407	0,0008
120	1,946	955,2	0,116	0,00188	0,0053
160	2,075	926,4	0,112	0,0011	0,0237
220	2,268	883,2	0,107	0,00061	0,1425
300	2,526	825,6	0,101	0,00034	0,8694
370	2,752	775,2	0,096	0,00023	2,9254

## Duratherm

Há mais de 25 anos que a empresa *Duratherm* está ao serviço da indústria dos termofluidos a nível mundial, oferecendo uma vasta gama de produtos inovadores relacionados com transferências de calor [Duratherm, 2010].

*Duratherm S* é um dos termofluidos mais conhecidos distribuídos pela *Duratherm*. É um termofluido de alto desempenho, extremamente estável, possuindo uma base de silicone de alta duração. É especialmente usado para aplicações em que a oxidação é problemática.

Tabela 7 - Algumas propriedades físicas e térmicas do termofluido *Duratherm S* [Duratherm, 2010].

Propriedade	Unidades SI
Viscosidade cinemática a 38 °C	0,0359 Pa s
Massa volúmica a 38 °C	957 kg/m <sup>3</sup>
Ponto de inflamação	323 °C
Condutibilidade térmica a 38 °C	0,130 W/(m K)
Temperatura de autoignição	436 °C

Tabela 8 - Propriedades respeitantes a diversas temperaturas do termofluido *Duratherm S* [Duratherm, 2010].

Temperatura	Calor específico	Massa volúmica	Condutibilidade térmica	Viscosidade dinâmica	Pressão de vapor
°C	kJ/(kg K)	kg/m <sup>3</sup>	W/(m K)	Pa s	bar
-50	1,551	999,85	0,145	0,3342	0
-18	1,599	987,37	0,14	0,12348	0
0	1,636	974,89	0,136	0,083324	0
21	1,665	964,9	0,132	0,055964	0
60	1,724	947,43	0,125	0,028773	0
104	1,807	924,96	0,115	0,014522	0
149	1,88	904,99	0,106	0,011303	0,0041
204	1,976	880,02	0,094	0,007454	0,0124
249	2,053	860,05	0,085	0,004524	0,019
282	2,111	845,07	0,079	0,003397	0,0403
310	2,159	832,59	0,074	0,002897	0,0647
343	2,217	817,62	0,067	0,002314	0,4101

## Capítulo II

### **Sistemas de transferência de calor a termofluido**

---

#### **Descrição geral**

Numa instalação de transferência de energia térmica através de um termofluido, este circula permanentemente através de um circuito fechado, em anel. O termofluido é aquecido num gerador de calor ou caldeira, de onde é circulado, geralmente por uma bomba para o resto da instalação, onde o calor é utilizado. Depois de ceder calor aos vários utilizadores, o termofluido retorna ao gerador de calor. O escoamento do termofluido é controlado por meio de válvulas, deste modo a quantidade de calor fornecida a qualquer parte da instalação pode ser ajustada com as necessidades do processo tecnológico e a temperatura controlada dentro dos limites rigorosos.

Para compensar a expansão volumétrica que o fluido sofre ao ser aquecido, os sistemas são equipados com um tanque de expansão, normalmente montado num ponto bastante alto, e ligado directamente à linha de aspiração da bomba [Shell, 1987].

Para além dos componentes já mencionados, a instalação é constituída também por um degasificador, filtros e sistemas de purga e ainda um reservatório situado a um nível inferior para a recolha de todo o termofluido existente na instalação [Pinho, 2009].

## II.2.1 Principais constituintes de um sistema

### Caldeira

O principal componente é logicamente a caldeira, que é constituída por uma fornalha na qual está montado o queimador, um feixe tubular dentro do qual escoo o termofluido a ser aquecido e o sistema de regulação e controlo do seu funcionamento.

Do ponto de vista construtivo, as caldeiras de termofluido mais seguras são as que apresentam o feixe tubular sobre a forma de uma ou mais serpentinas dispostas concetricamente, evitando-se assim curvas de pequeno raio de curvatura mais propícias à formação de depósitos, com a conseqüente formação de incrustações por oxidação ou pirólise do termofluido e posterior rotura. Para se evitarem sobreaquecimentos do termofluido dentro do tubular, quando se atravessam as zonas de maior intensidade de transferência térmica, a velocidade do termofluido no interior dos tubos nunca deverá ser inferior a 3 m/s [Pinho, 2009].

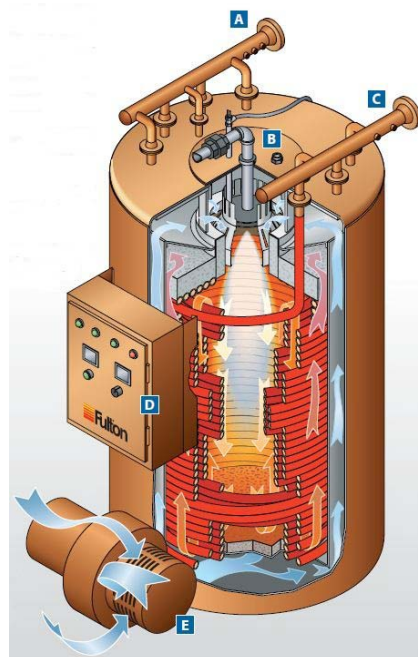


Figura 7 - Exemplo de uma caldeira para aquecimento de termofluido [Fultron, 2010].

### **Bomba**

É normalmente uma máquina centrífuga que é montada de preferência antes da caldeira, ponto da instalação onde as temperaturas de termofluido são mínimas. Estas bombas trabalham com fluidos a alta temperatura e sem dispositivos de refrigeração. A sua lubrificação levanta enormes problemas sendo a solução mais simples, a de se usar o próprio termofluido que está a ser bombeado e que atravessa as chumaceiras para o exterior lubrificando-as. Esta pequena perda de termofluido é economicamente irrelevante se comparada com um sistema de lubrificação mais elaborado [Pinho, 2009].



Figura 8 - Bomba típica para instalações de termofluido [KSB, 2010].

### **Vaso de expansão**

Destina-se a permitir a expansão do termofluido térmico que pode atingir 25 % do volume ocupado pelo termofluido a frio mas atinge 75 % de ocupação do seu volume quando o termofluido está quente em operação normal. O vaso de expansão é colocado no ponto mais alto da instalação, normalmente no exterior. A sua colocação em local elevado garante que a pressão é suficientemente elevada no interior da tubagem e nomeadamente à entrada da bomba de circulação para se evitar a cavitação. Por outro lado a sua colocação em local frio e arejado permite um rápido arrefecimento do termofluido que enche o vaso reduzindo-se ao mínimo riscos de contacto do termofluido com o ar que poderão causar inflamações espontâneas entre misturas formadas pelos voláteis libertados do termofluido e o ar.

Quando o grau de exigência operacional é maior emprega-se uma almofada de gás inerte (normalmente o azoto) de modo a se evitar qualquer contacto do termofluido com o ar ambiente. Sem esta almofada de gás inerte o ar ambiente húmido irá entrar em contacto com o termofluido e este acentua-se durante as fases de arrefecimento do termofluido em que este se contrai. Quando o termofluido arrefece abaixo da sua temperatura normal de funcionamento, como o volume ocupado pelo líquido no vaso de expansão descerá dos 75 para os 25 %, associada a esta descida do nível do termofluido virá uma aspiração do ar frio e húmido do ambiente que ocupará espaço deixado livre pela descida do líquido. A contaminação do termofluido com o vapor de água existente no ar ambiente irá causar um aumento anormal de pressão no próximo ciclo de aquecimento do termofluido. Nestas circunstâncias o gás inerte é fornecido à pressão relativa de 0,2 bar de modo a minimizar por um lado o consumo de gás inerte e por outro lado o aumento de pressão no sistema ocasionado por esta almofada de gás pressurizado [Pinho, 2009].



Figura 9 - Exemplo de um vaso de expansão para instalações de termofluido [Fultron, 2010].

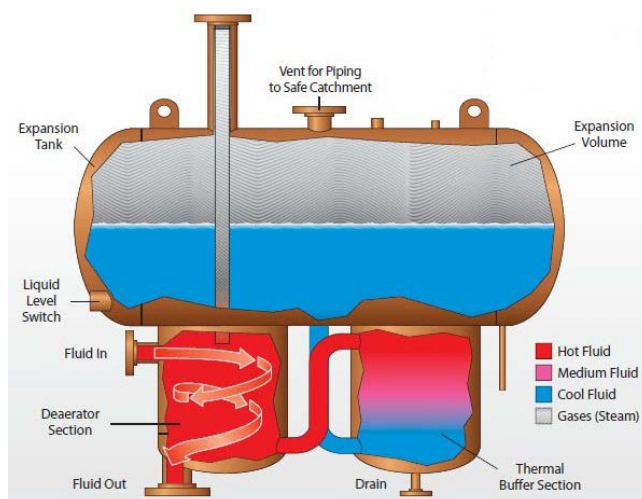


Figura 10 - Vista em corte de um vaso de expansão, equipado com desgasificador, para uma instalação a termofluido [Fultron, 2010].

### Desgasificador

Este componente coloca-se à saída da caldeira e destina-se a promover a separação dos voláteis. Uma maneira fácil de conseguir esta separação é através da redução da velocidade do líquido na tubagem e para tal basta colocar-se um troço de maior diâmetro. Os desgasificadores mais simples adoptam esta metodologia.

Contudo há aproximações mais complexas que adoptam para o desgasificador uma disposição construtiva em forma de ciclone, ver Figura 11, e ainda sistemas que colocam o desgasificador junto ao vaso de expansão, ver Figura 10. No entanto também existem outras possibilidades, principalmente em instalações com carência de espaço, em que se opta por, um desgasificador de configuração horizontal como representado na Figura 12.

O dimensionamento dos desgasificadores é na prática um processo empírico não havendo na literatura grande informação a este respeito.

No arranque a frio da instalação a extracção de voláteis faz-se não só através do desgasificador mas também através de purgas estrategicamente colocadas ao longo das tubagens nos pontos altos da instalação [Pinho, 2009].



Figura 11 – Imagem representativa de um desgasificador do tipo ciclone [Eaton, 2006]



Figura 12 – Imagem representativa de um desgasificador com configuração horizontal [Eaton, 2006].

### **Tanque de recolha do termofluido**

Este tanque coloca-se a um nível inferior ao da instalação de termofluido e destina-se à recolha de todo o termofluido existente nessa instalação. A sua capacidade é pois igual, ou melhor, superior à da instalação. O tanque deverá estar equipado com bomba de trasfega para enchimento de toda a instalação [Pinho, 2009].

## **II.2.2 Funcionamento e vantagens de um sistema a termofluido**

Um sistema de aquecimento industrial por termofluido é de concepção simples. Um gerador de calor eleva a temperatura do fluido que é distribuído a todos os órgãos utilizadores do calor por meio de uma bomba, que o mantém em circulação através do circuito.

O fluido encontra-se, sempre, no estado líquido, dentro de um sistema que é, essencialmente, do tipo não pressurizado, pois é apenas necessária uma ligeira pressão de bombagem para garantir a circulação do óleo (termofluido) no circuito. Como já foi referido anteriormente no capítulo I, esta pressão tem, geralmente um valor de 1,5 a 3 bar, em regime normal. Isto torna a instalação de aquecimento por óleo muito menos dispendiosa, de mais fácil manutenção, e mais segura do que uma instalação a vapor, em iguais temperaturas de trabalho.

A temperatura de trabalho dos termofluidos mais comuns pode ir até valores de cerca de 300 °C (como foi visto no capítulo I, há muitos termofluidos que trabalham à vontade acima dos 300 °C) no entanto na prática, estabelece-se um limite máximo como precaução contra eventuais sobreaquecimentos. Deste modo, a partir de uma única fonte de calor, é possível satisfazer todas as necessidades de aquecimento de uma instalação fabril, por intermédio de permutadores de calor, montados nos pontos de utilização, e de uma simples linha de tubagens de ida (alimentação) e volta (retorno). Uma instalação deste tipo é, assim, muito menos complexa do que uma instalação a vapor, logo, mais barata. Além disso, os sistemas de transmissão de calor a termofluido oferecem uma economia de energia considerável quando comparados com instalações de vapor, pois não há perdas térmicas no circuito de retorno dos condensados, nem por condensação de vapor nas tubagens, havendo por outro lado perdas nas linhas de retorno do termofluido.

A utilização dos termofluidos como agentes de transmissão de calor, oferece também a vantagem da utilização de um fluido não corrosivo ou melhor, de um fluido possuindo um determinado grau de protecção. Por outro lado, sendo um sistema de transmissão de calor por óleo do tipo circuito fechado, as perdas do fluido são pequenas. O custo inicial da carga de óleo (termofluido) pode parecer, à primeira vista, elevado, mas, quando comparado com todas as vantagens funcionais e económicas que um sistema deste tipo oferece, pode verificar-se que é largamente compensado. Além disso, se for devidamente efectuada a manutenção e supervisão dos sistemas, e se forem evitados excessos na sua utilização, como, por exemplo, sobreaquecimentos, a carga de óleo terá uma vida muito longa, como demonstrado no Capítulo I.

Quanto aos geradores de calor, onde se faz o reaquecimento do óleo, são compactos, simples e robustos, apresentando perdas de calor por irradiação muito

baixas. A manutenção de rotina incide, apenas, no queimador e na bomba de circulação do fluido. Um gerador de calor bem projectado, equipado com queimador de combustível adequado, poderá dar um rendimento de combustão de cerca de 85 %. Quanto ao rendimento térmico global, (todo o sistema), considerando as perdas de calor por irradiação no gerador, tubagens e permutadores de calor, conseguem-se com frequência valores a ordem de 75 a 76 %. Num sistema de aquecimento a vapor, equivalente, são considerados valores de apenas 55 a 65 %.

No que respeita a segurança de serviço, os sistemas de termofluido têm provado oferecer um elevado grau de confiança. A opinião de vários industriais e utilizadores directos é de que, uma vez experimentado um sistema de transmissão de calor por óleo, um industrial evita sempre que possível, voltar para a utilização de sistema de aquecimento por caldeira a vapor. Isto deve-se, em grande parte à simplicidade e aos baixos custos de manutenção que os sistemas de termofluido apresentam [Shell, 1987].

### **II.2.3 Recomendações de projecto**

Para o dimensionamento das linhas principais, após se conhecer o caudal de termofluido necessário em função da quantidade de calor a transferir e do gradiente térmico aceitável para o termofluido entre a ida e o retorno deste à caldeira, deve adoptar-se um diâmetro de tubagem tal que a velocidade média do termofluido esteja entre os 2 m/s e os 3 m/s. Por outro lado, a perda de carga não deverá afastar-se muito dos 0,002 bar/m. Haverá pois que compatibilizar estas duas recomendações práticas. Nas superfícies e tubagens de transferência de calor nunca se deve trabalhar com velocidades médias do fluido abaixo dos 3 m/s. A gama de velocidades recomendada para esta zona vai dos 3 aos 5 m/s, o que permite garantir temperaturas não muito elevadas na camada limite, principalmente no caso mais perigoso que é a caldeira, evitando-se fenómenos de pirólise e consequente aumento da resistência à transferência de calor [Pinho, 2009].

O diferencial de temperaturas entre a alimentação da caldeira e a saída do termofluido aquecido deverá estar entre os 5 e os 10 °C.

Esta questão das limitações dos gradientes de temperatura nas zonas de transferência, principalmente nas caldeiras, leva a que as caldeiras de termofluido apresentem fluxos caloríficos inferiores aos das caldeiras de vapor de água ou água quente. Com efeito as caldeiras de água quente ou vapor funcionam com valores de 126 a 158 kW/m<sup>2</sup> (potência calorífica trocada por unidade de superfície de transferência de calor) enquanto as de termofluido funcionam entre 16 e 38 kW/m<sup>2</sup>.

As tubagens devem ser soldadas em tubo de aço ao carbono sem costura (por exemplo DIN 2448) em aços St 37.0 ou St 35.2.

Os acessórios a utilizar devem ser das classes de pressão PN 16 e PN 25. Antigamente, quando os materiais das juntas de vedação eram mais fracos, e as forças de aperto das flanges tinham de ser bem mais elevadas do que as actualmente empregues, os instaladores eram obrigados a utilizar acessórios das classes de pressão PN 25 e PN 40 [Pinho, 2009].

Devem ser colocadas purgas para ar e voláteis nos pontos altos da instalação assim como nos pontos baixos. Para maior facilidade de actuação durante operações de manutenção e reparação parciais em componentes ou equipamentos, devem ser instaladas linhas dedicadas à recolha do termofluido para que sectores da instalação possam ser desligados e esvaziados sem se afectar o restante da instalação, evitando-se uma paragem total motivada por um problema localizado. Por esta razão deverão ser instaladas válvulas que possibilitem o seccionamento da instalação em zonas e as linhas de ida e retorno do termofluido devem ter um traçado tal que contemple esta eventualidade.

Não devem ser usadas tubagens e acessórios de cobre ou suas ligas visto estas actuarem como catalisadores de oxidação do termofluido. O alumínio e suas ligas também não podem ser utilizados. As válvulas deverão ser equipadas com fole em aço inoxidável. Há fabricantes de termofluidos que não recomendam a utilização de ferro fundido devido à sua elevada porosidade.

## II.2.4 Instalações típicas

Apresentam-se a seguir, esquemas relativos a sistemas habitualmente utilizados em indústrias. Na figura 13 é apresentado um sistema que alimenta dois utilizadores diferentes, mas que estão à mesma temperatura.

À medida que as necessidades térmicas variam, através de válvulas reguladoras, estas deixam passar mais ou menos caudal de óleo térmico para o permutador de calor, podendo assim controlar a temperatura. Se não houver consumo de termofluido por parte dos utilizadores, este volta novamente à caldeira.

Existe uma válvula de controlo de pressão situada na tubagem de ligação entre a tubagem de ida e de retorno. Esta válvula é de extrema importância, visto que à medida que os utilizadores reduzem o consumo de termofluido, esta vai abrindo, permitindo um equilíbrio de pressões entre as tubagens de ida e de retorno. Por outro lado, caso surja um imprevisto de qualquer tipo que bloqueie o acesso do termofluido aos consumidores, a sua pressão iria aumentar rapidamente na tubagem de ida, fazendo com que esta válvula entre em actuação, facilitando assim o retorno do termofluido à caldeira. Isto mantém o termofluido sempre a circular evitando a sua paragem, nomeadamente no interior da caldeira, local da instalação onde o termofluido atinge a temperatura máxima, sendo também o local mais propício a acidentes.

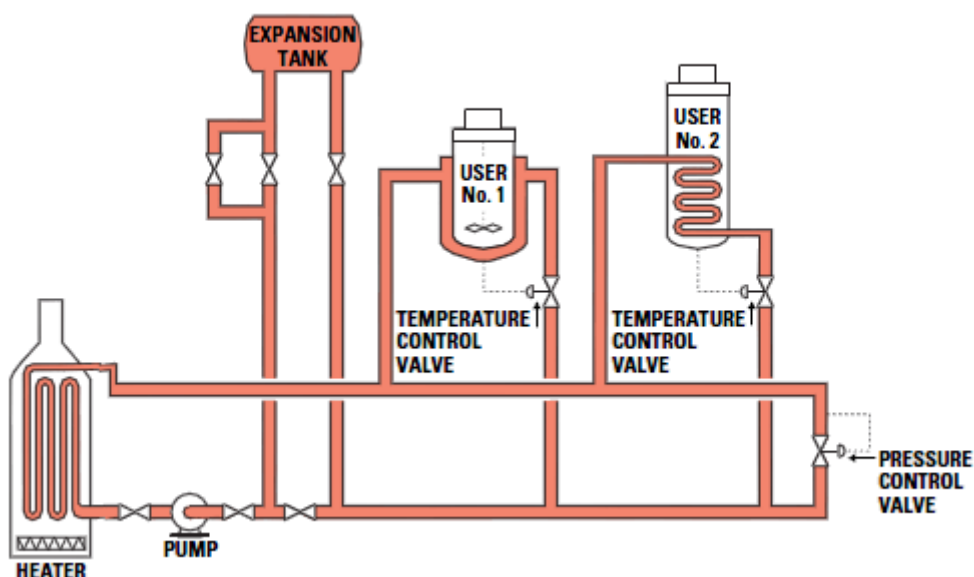


Figura 13 – Instalação a termofluido para servir vários utilizadores à mesma temperatura [Therminol, 2010].

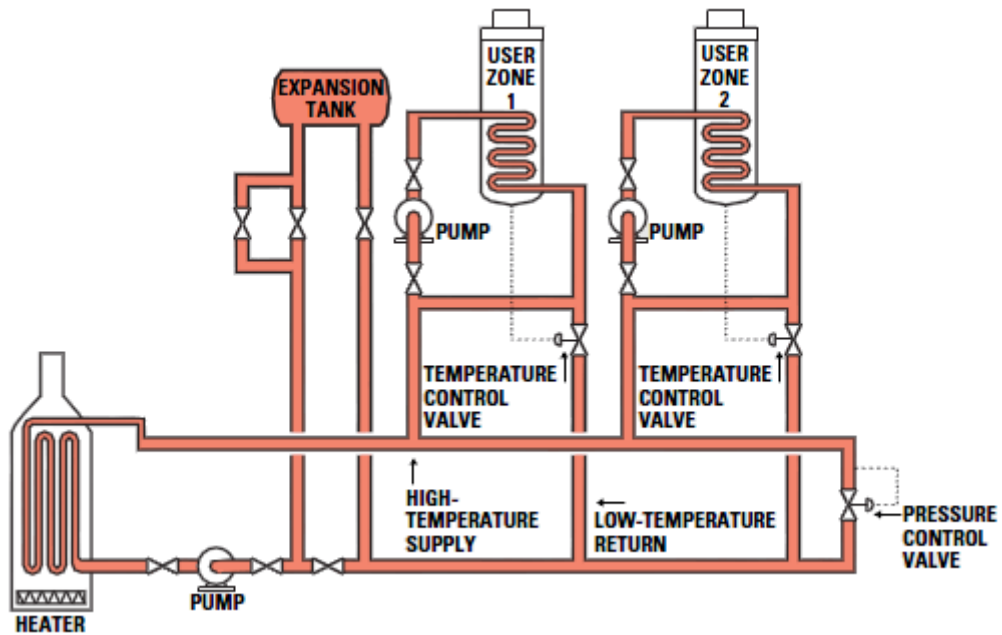


Figura 14 – Instalação de termofluido, para servir vários utilizadores a diferentes temperaturas [Therminol, 2010].

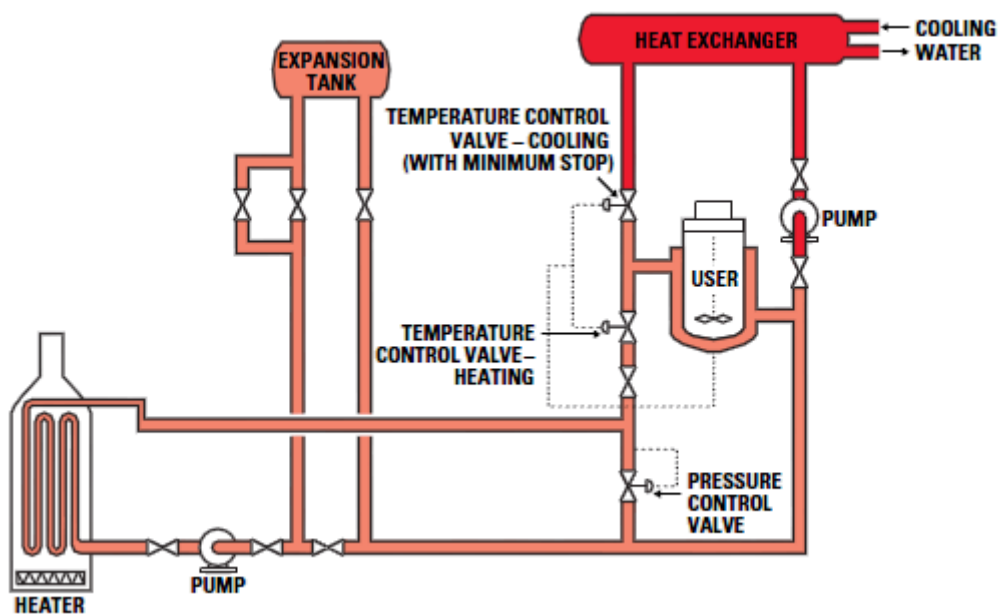


Figura 15 – Instalação de termofluido a servir um único utilizador mas com dupla finalidade, aquecimento e arrefecimento [Therminol, 2010].

## **II.2.5 Enchimento e arranque da instalação**

O enchimento e o primeiro arranque de uma instalação, deverá ser efectuado logo após a montagem e antes da instalação do isolamento térmico, sendo porém antecedido de um ensaio de pressão por recurso a ar comprimido. Durante este ensaio serão escovadas e limpas exteriormente as soldaduras.

Seguir-se-á então o enchimento da instalação com termofluido frio até que o nível do líquido no vaso de expansão chegue aos 25 %, fazendo-se em simultâneo, drenagem de resíduos. Arranca-se a bomba e a caldeira até que o termofluido atinja os 90 °C. Mantém-se a temperatura do termofluido neste valor e faz-se a purga da instalação, repetindo-se a drenagem de resíduos. Quando já não houver libertação de voláteis neste patamar dos 90 °C, sobe-se a temperatura do termofluido para os 120 °C e repete-se o procedimento de purga da instalação e drenagem de resíduos. Continua-se a subir a temperatura do termofluido repetindo-se todo este procedimento de 20 em 20 °C a partir dos 220 °C pode-se subir a temperatura da instalação até que se atinge a temperatura de funcionamento [Pinho, 2009].

A purga deve ser feita sempre que se arranca a instalação assim como uma vez por mês que se introduz óleo novo.

## Capítulo III

### **Escoamento interno**

---

O transporte de líquidos no interior de tubagens é, normalmente assegurado por bombas. O correspondente dimensionamento exige que sejam conhecidas as barreiras a vencer ao longo do trajecto, as quais serão tratadas no próximo capítulo.

A viscosidade e a massa volúmica do fluido transportado serão aqui consideradas constantes, assumindo assim uma temperatura não variável ao longo de toda a instalação [Munson, 2010].

A dependência funcional entre o factor de atrito, o número de *Reynolds* e a rugosidade relativa não é fácil de ser determinada. Grande parte da informação disponível sobre este assunto deve-se às experiências de *J. Nikuradse* em 1933.

Posteriormente esta informação foi ampliada através de resultados de outros trabalhos experimentais. As experiências de *Nikuradse* eram baseadas na medição da queda de pressão necessária para produzir o caudal desejado, num tubo de rugosidade predefinida. Os resultados experimentais eram tratados, emergindo o coeficiente de atrito para o respectivo número de *Reynolds* do escoamento. Com a repetição destas experiências para diferentes combinações de variáveis foi possível obter a relação de atrito, a qual será tratada a seguir.

Assim sendo, este capítulo foca os regimes de escoamento e os métodos usados para a sua identificação.

### III.3.1 Definição do regime de escoamento

O número de *Reynolds*, representativo das forças de inércia e viscosidade activas no escoamento, está implicitamente ligado às forças devidas ao gradiente de pressão. Tomando como indicador do regime em que o escoamento se desenvolve, é amplamente utilizado para comparação entre sistemas com semelhança geométrica. Este número adimensional é uma medida da representativa da energia dissipada em efeitos viscosos. Quando o peso desta perda por efeitos viscosos é preponderante, o numerador terá um peso maior e o escoamento diz-se laminar. Quando o efeito das forças de inércia é dominante, o e escoamento diz-se turbulento. A tabela seguinte mostra os vários regimes de escoamento, e o valor do número de *Reynolds* correspondente [Munson, 2010].

Tabela 9 - Gama de valores do número de Reynolds para os respectivos tipos de escoamento no interior de tubos.

Gama de valores de <i>Reynolds</i>	Regime de escoamento
$Re_D < 2300$	Laminar
$2300 < Re_D < 4000$	Transição
$Re_D > 4000$	Turbulento

O comprimento e a velocidade são que figuram na expressão do número de *Reynolds*, são grandezas escolhidas como representativas do escoamento. Contudo apesar de essa escolha afectar o resultado, o significado deste número mantém-se inalterável.

$$Re_D = \frac{\rho c D}{\mu} \quad (3.1)$$

### III.3.2 Coeficiente de fricção de *Darcy*

O factor  $f$ , coeficiente de *Darcy* ou factor de resistência, é um parâmetro adimensional, o qual está dependente do número de *Reynolds* e da rugosidade relativa. De uma forma simplificada este factor é consequência da tensão de corte, exercida sobre a parede da tubagem.

$$f = [(N\acute{u}mero\ de\ Reynolds, Re), (Rugosidade\ do\ tubo, \epsilon), (Di\grave{a}metro\ do\ tubo)]$$

Desenvolvida por *Colebrook*, a equação seguinte é válida para toda a gama não-laminar do diagrama de *Moody*.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2,0 \log \left( \frac{\epsilon/D}{3,7} + \frac{2,51}{Re\sqrt{f_D}} \right) \quad (3.2)$$

O diagrama de *Moody*, não é mais que uma representação desta expressão, a qual se baseia no ajustamento empírico de dados da perda de carga em tubos. A principal desvantagem deste método é sem dúvida a dependência empírica do factor de resistência  $f$  obrigando assim a um cálculo iterativo.

Este resultado torna evidente que uma boa aproximação à equação de *Colebrook* não depende apenas da equação para representar o caso do escoamento turbulento liso. Considerando os efeitos da rugosidade, as diferenças divergem largamente.

Após o estudo dos dados obtidos no *superpipe* da Universidade de Princeton, e com base nas considerações anteriormente expostas, procurou-se desenvolver um método simples para estabelecer correlações na forma de leis de potência. A procura de uma equação para representar o coeficiente de atrito em tubos lisos resultou numa equação simultaneamente simples e próxima dos resultados obtidos com a equação de *Prandtl* (erro inferior a 0,04%) [Branco *et al*, 2001]. Referiu-se a ligação que é possível estabelecer com recentes teorias que defendem um perfil universal na forma

de uma lei de potência dependente do número de *Reynolds* e estendeu-se o resultado ao caso do escoamento rugoso. Apesar de uma maior complexidade relativamente a outras aproximações, a equação obtida tem a mesma validade que a equação de *Colebrook* e origina valores ligeiramente mais próximos desta [Branco *et al*, 2001].

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -1,85 \log \left( \left( \frac{\varepsilon/D}{3,7} \right)^{0,925} + 10 \left( \frac{(\log Re)^{1,285}}{1,804 Re^{0,0073}} \right) \right) \quad (3.3)$$

Esta equação tem por um lado a vantagem de ser eficiente, ter uma exactidão muito elevada, apresentando uma incerteza de  $\pm 1\%$  desde que  $0 < \varepsilon/D < 0,005$  quando comparada a valores obtidos com os resultados experimentais de *Nikuradse*.

## Capítulo IV

### Perdas de carga

#### IV.4.1 Perdas de carga lineares

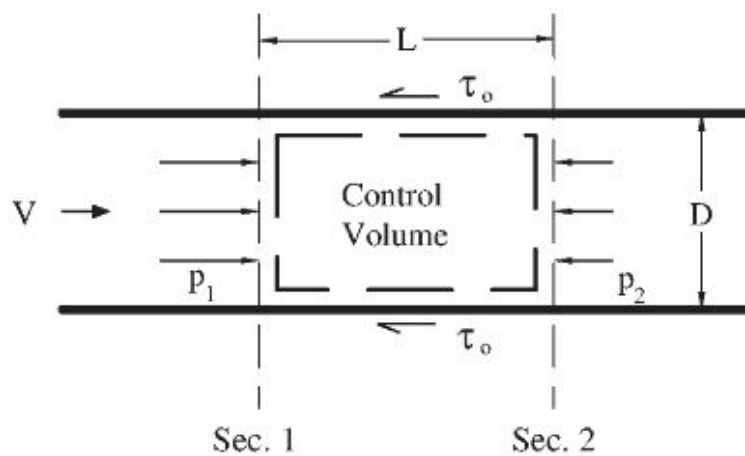


Figura 16 - Balanço de Forças numa secção de uma tubagem.

Quando um fluido escoar numa tubagem, alguma da sua energia mecânica é dissipada por fricção. A razão entre a perda de energia por fricção e a energia cinética do fluido é o factor de fricção,

$$f_F = \frac{f_D}{4} = \frac{\tau_w}{\rho \frac{v^2}{2}} \quad (4.1)$$

Em que  $f_F$  é conhecido como factor de fricção de *Fanning*,  $f_D$  é conhecido por factor de fricção de *Darcy* e  $\tau_w$  é o quociente entre a força de fricção e a área da superfície do tubo, é a tensão de corte na parede do tubo. Fazendo um balanço a um volume de controlo do tubo, tal como exibido na Figura 16, permite relacionar esta tensão de corte na parede com a energia (trabalho) de fricção, ou ainda com a queda de pressão sofrida pelo fluido para vencer o atrito viscoso,

$$L \pi D \tau_w = \frac{\pi D^2}{4} \Delta p_f \quad (4.2)$$

o que substituindo na equação 4.1 e arranjando-a dá, em termos de perda de carga de fricção

$$\Delta p_f = 4 f_F \frac{L v^2}{D} \frac{\rho}{2} = f_D \frac{L v^2}{D} \frac{\rho}{2} \quad (4.3)$$

Relembrando que se está a considerar apenas fluidos incompressíveis, como é o caso dos termofluidos, e tendo em atenção que, para o escoamento do fluido numa tubagem, existirá, devido à energia perdida para se vencer o atrito, uma redução de pressão do fluido e que portanto  $p_2 < p_1$ , ou seja definindo-se que  $\Delta p = p_1 - p_2$  vem,

$$\Delta p = \frac{1}{2} \rho (v_2^2 - v_1^2) + \rho g (z_2 - z_1) + \Delta p_f \quad (4.4)$$

Substituindo  $\Delta p_f$  pela equação (4.3) vem,

$$\Delta p = \frac{1}{2} \rho (v_2^2 - v_1^2) + \rho g (z_2 - z_1) + f_D \frac{L v^2}{D} \frac{\rho}{2} \quad (4.5)$$

#### IV.4.2 Perdas de carga localizadas

No escoamento ao longo de uma conduta há perdas de carga causadas por dissipação viscosa, isto é, atrito interno, não só em troços de tubagem rectilíneos, mas também em troços curvos, válvulas ou outro tipo de acessórios.

Embora conhecidas também como perdas secundárias, ou singulares, estas perdas localizadas podem ser preponderantes no cômputo das perdas totais, principalmente em troços de tubagens curtas. Invariavelmente, estas perdas localizadas resultam de mudanças súbitas de velocidade (seja em grandeza, seja em direcção), indo essas mudanças dar origem a turbulência acentuada, com a consequente dissipação de energia mecânica em calor [Masey, 1989].

O cálculo teórico destas perdas, é praticamente inviabilizado pela grande complexidade do escoamento a elas inerente. Normalmente, o seu conhecimento advém de medições laboratoriais, cujos resultados são depois, associados aos parâmetros característicos do escoamento na conduta [Oliveira *et al*, 2006].

O modo mais simples de calcular estas perdas adicionais, é o de se considerar um comprimento equivalente por cada acidente de tubulação em consideração de modo que,

Tabela 10 – Comprimentos equivalentes em regime turbulento [Pinho, 2009].

Tipo de acessório	$L_{equiv}/D$
Cotovelo (joelho) a 180°	75
Cotovelo (joelho) a 90°	45
Cotovelo (joelho) a 45°	20
Curva longa a 90°	30
Curva longa a 45°	15
Alargamento gradual	12
Redução gradual	6
Tê de passagem directa	20
Válvula globo toda aberta	300
Válvula angular toda aberta	170
Válvula de gaveta toda aberta	7
Válvula de retenção	100

Assim sendo, a perda de carga imposta pelos acessórios é traduzida como sendo,

$$\Delta p_{\text{acessórios}} = f_D \frac{L_{\text{equiv}}}{D} \frac{v^2}{2} \rho \quad (4.6)$$

Com isto, pode-se então determinar qual a queda de pressão total numa tubagem, traduzindo assim a perda total nessa tubagem ou troço.

$$\Delta p_{\text{total}} = \Delta p + \Delta p_{\text{acessórios}} \quad (4.7)$$

Como já é sabido dos capítulos anteriores, nomeadamente o capítulo II referente aos sistemas de transferência de calor a termofluido, estes têm como finalidade, transportar o fluido térmico até aos seus consumidores (permutadores, máquinas para processos fabris). Quer isto dizer que quando o termofluido passa nos consumidores, estes irão implicar uma certa perda de carga no escoamento.

Outro tipo de perda de carga também inerente a este tipo de sistemas e também não tão pouco importante, é a perda de carga originada no desgasificador. Como foi também referido anteriormente no Capítulo II, este componente fica situado no primeiro troço à saída das caldeiras, pode ter várias configurações construtivas e por isso em cada configuração resulta diferentes valores de perda de carga.

Nestas duas últimas situações não é possível quantificar essa perda, tornando-se desconhecida então a perda de carga por eles imposta. Teria de ser feita não só uma pesquisa intensiva, em volta desta matéria, mas também ter contacto com fabricantes e empresas instaladoras deste tipo de componentes com o objectivo de ter mais alguma informação relativa a este assunto.

Portanto, para fazer face a esta situação, e com o intuito de obter a perda de carga total no circuito, este tipo de sistemas tem necessita de ser sobredimensionado. Este problema pode ser ultrapassado sobredimensionando a bomba responsável pela bombagem do termofluido, ou seja, aumentando a potência de bombagem consegue-se mais potência do que aquela que o circuito necessita, vencendo assim as perdas de carga associadas e impostas por esses componentes.

# Capítulo V

## **Cálculo e dimensionamento de instalações**

---

Nesta secção irá ser mostrado todo o processo de cálculo efectuado para o dimensionamento de uma rede de termofluido.

Será importante de referir que dimensionar o mais correctamente possível uma dada instalação é um aspecto de extrema relevância uma vez que se tem como principal objectivo o de minimizar os custos, quer de investimento, quer de operação, da instalação, de maneira a satisfazer sempre as necessidades requeridas pelos utilizadores.

De uma maneira geral o dimensionamento depende não só das dimensões físicas da rede mas depende também das propriedades físicas do termofluido para o qual a rede foi ou irá ser dimensionada.

### **Propriedades físicas necessárias ao dimensionamento térmico**

As propriedades físicas mais relevantes de um termofluido são a massa específica, o calor específico, a condutibilidade térmica, a viscosidade dinâmica e a pressão de vapor.

## IV.5.1 Expressões usadas o cálculo das propriedades dos vários tipos de termofluidos.

### IV.5.1.1 *Syltherm 800 (Dow)*

As expressões que irão ser apresentadas a seguir foram obtidas através de correlações executadas através de tabelas retiradas de um folheto da empresa *Dow Chemical* referente a um termofluido à base de silicone com a designação comercial de *Syltherm 800* e recomendado para a gama de temperaturas de -40 °C a 400 °C [Pinho, 2009].

#### Calor específico

$$c = 0,0017 \times T + 1,5742 \quad (5.1)$$

Com  $[c] = \text{kJ}/(\text{kg K})$  e  $[T] = ^\circ\text{C}$

#### Massa volúmica

$$\rho = -0,0005 \times T^2 - 0,8048 \times T + 952,5438 \quad (5.2)$$

Com  $[\rho] = \text{kg}/(\text{m}^3)$  e  $[T] = ^\circ\text{C}$

#### Condutibilidade térmica

$$k_t = 0,00019 \times T + 0,13877 \quad (5.3)$$

Com  $[k_t] = \text{W}/(\text{m K})$  e  $[T] = ^\circ\text{C}$

#### Viscosidade dinâmica

$$\mu = \exp \left[ \frac{2888,5}{T + 365,68} - 12,013 \right] \quad (5.4)$$

Com  $[\mu] = \text{Pa s}$  e  $[T] = ^\circ\text{C}$

#### IV.5.1.2 *Syltherm HF (Dow)*

As expressões em baixo o referidas foram obtidas através de um folheto da empresa *Dow Chemical* referente a um termofluido à base de silicone com a designação comercial de *Syltherm HF* e recomendado para a gama de temperaturas de -73 °C a 230 °C.

##### Calor específico

$$c = 0,0025 \times T + 1,6326 \quad (5.5)$$

Com  $[c] = \text{kJ}/(\text{kg K})$  e  $[T] = ^\circ\text{C}$

##### Massa volúmica

$$\rho = -1,011 \times T + 891,9798 \quad (5.6)$$

Com  $[\rho] = \text{kg}/(\text{m}^3)$  e  $[T] = ^\circ\text{C}$

##### Condutibilidade térmica

$$k_t = -2,480 \times 10^{-4} \times T + 1,1196 \times 10^{-1} \quad (5.7)$$

Com  $[k_t] = \text{W}/(\text{m K})$  e  $[T] = ^\circ\text{C}$

##### Viscosidade dinâmica

$$\mu = \exp \left[ \frac{1393}{T + 274,308} - 11,028 \right] \quad (5.8)$$

Com  $[\mu] = \text{Pa s}$  e  $[T] = ^\circ\text{C}$

### IV.5.1.3 *Duratherm S (Duratherm)*

As expressões que seguidamente se apresentam foram obtidas através de um folheto da *Duratherm* referente a um termofluido com a designação comercial de *Duratherm S* e recomendado para a gama de temperaturas de -50 °C a 343 °C.

#### Calor específico

$$c = 0,0017 \times T + 1,6274 \quad (5.9)$$

Com  $[c] = \text{kJ}/(\text{kg K})$  e  $[T] = ^\circ\text{C}$

#### Massa volúmica

$$\rho = 0,4654 \times T + 975,74 \quad (5.10)$$

Com  $[\rho] = \text{kg}/(\text{m}^3)$  e  $[T] = ^\circ\text{C}$

#### Condutibilidade térmica

$$k_t = -2,0295 \times 10^{-4} \times T + 1,3634 \times 10^{-1} \quad (5.11)$$

Com  $[k_t] = \text{W}/(\text{m K})$  e  $[T] = ^\circ\text{C}$

#### Viscosidade dinâmica

$$\mu = \exp \left[ \frac{2244,64}{T + 327,04} - 9,2949 \right] \quad (5.12)$$

Com  $[\mu] = \text{Pa s}$  e  $[T] = ^\circ\text{C}$

#### IV.5.1.4 *Therminol 68 (Solutia)*

As expressões que se seguem foram obtidas de um folheto da *Solutia* referente a um termofluido com a designação comercial de *Therminol 68* e recomendado para gamas de temperaturas de -20 °C a 320 °C.

##### Calor específico

$$c = 3,224 \times 10^{-3} \times T + 1,5592 \quad (5.13)$$

Com  $[c] = \text{kJ}/(\text{kg K})$  e  $[T] = ^\circ\text{C}$

##### Massa volúmica

$$\rho = -0,720 \times T + 1041,6 \quad (5.14)$$

Com  $[\rho] = \text{kg}/(\text{m}^3)$  e  $[T] = ^\circ\text{C}$

##### Condutibilidade térmica

$$k_t = -7,9972 \times 10^{-5} \times T + 1,2512 \times 10^{-1} \quad (5.15)$$

Com  $[k_t] = \text{W}/(\text{m K})$  e  $[T] = ^\circ\text{C}$

##### Viscosidade dinâmica

$$\mu = \exp \left[ \frac{855,864}{T + 105,834} - 10,088 \right] \quad (5.16)$$

Com  $[\mu] = \text{Pa.s}$  e  $[T] = ^\circ\text{C}$

Mais à frente em anexo estão apresentadas tabelas com as propriedades referentes aos diferentes tipos de termofluido anteriormente mencionados, das quais se retiraram as correlações ou expressões anteriormente descritas.

## IV.5.2 Cálculo do diâmetro dos tubos

Como determinar o diâmetro ideal para das tubagens? Como garantir um certo valor de caudal e ao mesmo tempo uma perda de carga adequada a uma dada instalação?

Estas são algumas interrogações com que um engenheiro mecânico se depara neste tipo de problemas. Seguidamente irão ser mostrados os passos para dar uma ou várias soluções a estas perguntas.

Depois de inicialmente se ter calculado todas as propriedades físicas do termofluido que irá ser utilizado na instalação, ou de se ter recorrido a tabelas para a sua obtenção, ir-se-á calcular o diâmetro de todos os tubos, ou mais concretamente de todos os troços por que é composta uma instalação, por recurso ao conhecimento da gama de velocidades recomendadas para cada tipo de conduta, principal ou secundária.

Numa primeira tentativa para se obter o diâmetro da tubagem de um certo troço, é necessário saber qual o valor do caudal que passa nesse tubo, de maneira a poder assim dimensioná-lo garantindo aquele valor de caudal. Tal conhecimento pressupõe que o projectista tenha uma ideia da gama de energia térmica a ser transportada e o diferencial de temperatura aceitável entre a ida e o retorno do fluido térmico.

Então certo será dizer-se que para um certo valor de caudal previamente conhecido, se tem:

$$D_e = \sqrt{\frac{\dot{m} \times 4}{\pi v \rho}} \quad (5.17)$$

Para este primeiro cálculo em instalações a termofluido, emprega-se uma velocidade média  $v$  do fluido da ordem de 2,5 m/s. Sabendo então o caudal necessário, as propriedades do fluido e a sua velocidade, obtém-se uma primeira estimativa para o diâmetro da tubagem.

De seguida tem de se verificar se esse diâmetro está normalizado, de maneira a estar disponível para ser instalado, ou então procura-se um diâmetro interno de tubagem o mais perto possível deste.

Para isso recorre-se a tabelas de dimensões de tubagem conforme definido em normas. Por exemplo recorrendo-se à norma DIN 2448, ver anexo A, pode-se consultar os vários diâmetros nominais disponíveis. Para além do diâmetro pode consultar-se também a espessura da parede e o peso do tubo.

Então vem:

$$D_i = D_e - 2 \times e \quad (5.18)$$

Sabe-se agora o diâmetro interno normalizado disponível para se satisfazerem as necessidades de caudal. Há porém que se recalculer a velocidade do fluido no interior da tubagem para garantir que esta não foge da gama de valores recomendados pelas normas da boa prática.

Com isto, pode-se saber agora a nova velocidade do fluido no interior da tubagem. Usando a expressão (5.17) anteriormente descrita, mas desta vez equacionada em ordem à velocidade.

$$v = \frac{\dot{m} \times 4}{\pi D_{exterior} \rho} \quad (5.19)$$

Com vista a estudar o escoamento e a sua ordem de grandeza, será necessário calcular o número de *Reynolds*.

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu} \quad (5.20)$$

Sabendo o comprimento, a rugosidade interior dos tubos, o gradiente de temperatura e as propriedades do termofluido a usar, prossegue-se então com os cálculos respectivos ao dimensionamento dos diferentes troços.

Chegado a este ponto de situação, terá de se fazer o mesmo procedimento anteriormente mencionado, para todos os troços existentes.

Define-se troço como sendo o comprimento de uma tubagem até um ponto de separação do caudal, isto é, quando existir uma divisão de caudal de fluido significa que acabou um troço e iniciar-se-á o troço seguinte.

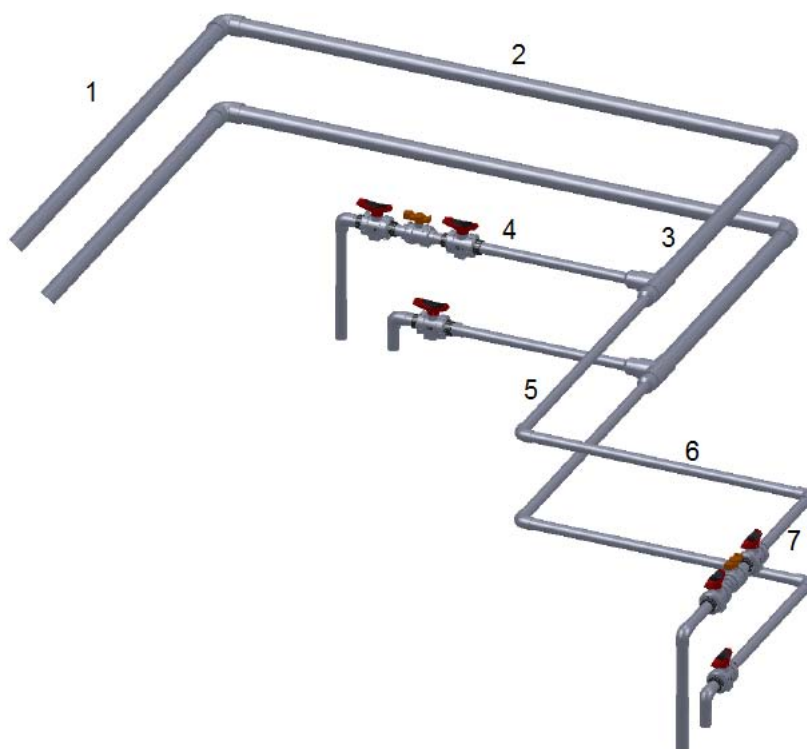


Figura 17 – Exemplo de rede de tubagens.

O troço 1 é composto pelos números 1, 2 e 3. O troço 2 é composto pela tubagem número 5, e o troço 3 pelas tubagens com os números 5, 6 e 7.

Outro factor importante no dimensionamento de redes de termofluido, são as perdas de carga sofridas pelo fluido ao longo de toda a instalação.

Estas perdas foram estudadas com uma maior dedicação no Capítulo IV, uma vez que é um assunto crucial e que merece um estudo mais aprofundado.

Contudo é uma matéria que se irá referir no presente capítulo uma vez que faz parte do dimensionamento da instalação.

Assim sendo o próximo passo será calcular o factor de fricção responsável pela maior fracção de perda de carga dentro de um tubo. Para isso recorreu-se à equação (3.3) [Branco *et al*, 2001],

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -1,85 \log \left( \left( \frac{\varepsilon/D}{3,7} \right)^{0,925} + 10 \left( \frac{(\log Re)^{1,285}}{1,804 Re^{0,0073}} \right) \right)$$

devidamente indicada no Capítulo 3.

Aplicando a equação da energia entre o ponto de entrada da tubagem e o ponto do fim da tubagem pode-se então calcular a variação de pressão aí existente.

$$\Delta p = \frac{1}{2} \rho (v_2^2 - v_1^2) + \rho g (z_2 - z_1) + f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2} \rho \quad (5.21)$$

O termo referente à energia cinética pode ser desprezado devido às baixas variações de velocidade  $(v_2^2 - v_1^2) \approx 0$ . O termo representante da energia potencial também pode ser desprezável pois ao fim do percurso, ciclo de escoamento do fluido, este volta à mesma cota, isto é  $(z_2 - z_1) = 0$ .

A parcela referente ao cálculo da perda de carga ir-se-á portanto resumir a,

$$\Delta p = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2} \rho \quad (5.22)$$

que não é mais do que a equação de *Darcy-Weisbach*.

De seguida procede-se ao cálculo das perdas de carga localizadas, recorrendo à equação (4.6). Estas estão associadas aos mais variadíssimos acessórios que a instalação possui. Este assunto foi também alvo de uma análise mais rigorosa no Capítulo IV.

Neste ponto da situação, através da equação (4.7) obtém-se assim a queda total de pressão entre dois pontos, ou seja, num troço, traduzindo assim a perda de carga total no troço.

Chegando a esta fase do processo de cálculo e executando-o para os diferentes troços da instalação, pode-se então avaliar e saber qual o troço com maior perda de carga, isto para que a bomba responsável pelo bombeamento do caudal tenha potência suficiente para vencer as perdas de carga introduzidas por todos estes parâmetros.

# Capítulo VI

## **Isolamento térmico**

---

O isolamento térmico das tubagens para o transporte de termofluido tem como principal objectivo, isolar e proteger as tubagens de maneira a diminuir as perdas de calor trocadas com o meio ambiente de forma a aumentar o rendimento da instalação. Um objectivo secundário é o de proteger pessoas e bens das altas temperaturas existentes à superfície das condutas, de modo a limitar perdas humanas e materiais.

Com isto e sabendo que os tubos de uma rede de termofluido podem atingir normalmente valores até aos 400 °C, o isolamento térmico tem um papel fundamental no que respeita a transferências de calor.

O isolamento térmico pode ser usado por diversas razões, com finalidades específicas diferentes, isto é:

- Por *motivos económicos*, onde as perdas de calor para o exterior representam um desperdício de energia que poderia ter sido utilizada no aquecimento de outrem, resultando assim na poupança de energia;

- *Motivo de serviço*, em que independentemente das razões económicas, o isolamento deve ser aplicado por exigências de natureza de serviço, sejam elas para manter o fluido a uma determinada temperatura, quer seja para conseguir que o fluido possa chegar ao destino com a temperatura desejada. Manter um fluido a uma determinada temperatura pode acarretar um processo de manutenção muito dispendioso, este processo é por vezes necessário, entre outras razões, para evitar mudanças de fase, ou transformações químicas do fluido;

- *Motivo de protecção pessoal*, nestes casos o isolamento desempenha um papel muito importante, uma vez que por motivos de manutenção quer ou outra razão, pode evitar queimaduras em alguém que se encoste à tubagem, ou, em alguns casos, evitar o desconforto da excessiva irradiação de calor.

Um isolamento bem feito pode evitar cerca de 90 % das trocas de calor que haveria se o tubo não fosse isolado, e o custo do isolamento é apenas uma pequena fracção do custo anual da energia economizada. Pode ser dispensado o isolamento, quando não há risco de acidentes pessoais, em tubagens curtas ou de funcionamento intermitente, mesmo quando se trabalha com altas temperaturas.

O isolamento térmico com a finalidade de protecção pessoal deve ser aplicado em todas os troços com temperaturas acima de 60 °C, nas quais seja razoável supor a possibilidade do contacto com as pessoas com os tubos. Em geral esse isolamento é utilizado em tubos situados a menos de 2 m de altura, ou menos de 1 m de distância de qualquer piso de operação. Onde for possível e económico, o isolamento térmico de protecção pessoal pode ser substituído por grades ou qualquer outro tipo de protecção [Telles, 1974].

## **VI.6.1 Materiais usados para o isolamento térmico externo**

### **VI.6.1.1 Materiais em forma de calhas e de segmentos pré-moldados**

#### ***Hidrossilicato de cálcio***

É um dos materiais mais usados para o isolamento de tubagens industriais quando usados para uma gama de temperaturas de trabalho de 0 °C até 600 °C. O material é reforçado com fibras de amianto, que além de contribuírem para o isolamento térmico, servem também para dar maior resistência mecânica à composição. O hidrossilicato de cálcio é imune à acção da água e tem boa resistência à compressão e à flexão.

Para o uso em tubos de aços inoxidáveis austeníticos é importante que o material do isolamento térmico seja absolutamente isento de cloretos, para evitar a possibilidade de corrosão sob-tensão no aço inoxidável.

#### Composição de ***magnésia 85% e amianto 15%***

Foi o material mais usado antes do aparecimento de hidrossilicato de cálcio. A gama de temperaturas de operação vai de 0 °C a 320 °C, sendo a condutibilidade térmica equivalente à do hidrossilicato de cálcio. Não tem boa resistência na presença de água nem de humidade.

#### ***Sílica diatomácea***

É um material cuja gama de temperaturas de operação vai até 1000 °C, sendo utilizado principalmente para temperaturas acima do limite da utilização do hidrossilicato de cálcio. Por esta razão é um material também mais dispendioso em termos monetários. A sílica diatomácea é por vezes misturada também com fibras de amianto para melhorar a resistência mecânica.

#### ***Lã mineral*** (sílica em fios)

Material muito boa resistência à água e à humidade, podendo ser utilizado para temperaturas de operação desde 100 °C até 900 °C. A sua utilização é um pouco limitada devido ao seu elevado preço.

#### ***Espuma de plástico*** (poliestireno expandido)

É um dos materiais mais comuns e mais utilizados para o isolamento térmico para baixas temperaturas, sendo utilizado numa gama de temperaturas de desde os 100 °C até 130 °C. Tem uma excelente resistência à água e à humidade, possuindo boas qualidades mecânicas.

### ***Cortiça natural***

Era o material mais comum para o isolamento de linhas frias até ao aparecimento da espuma de plástico. A gama de temperaturas de operação vai desde 130 °C a 150 °C. Resiste bem à água, à humidade e às vibrações. A cortiça apresenta-se em geral granulada e aglutinada com um aglomerante também ele isolante térmico.

### ***Lã de vidro***

Tem uma excelente resistência à água e à humidade. A gama de temperaturas de operação é de 0 °C a 230 °C. É um material algo perigoso no sentido em que, devido às partículas libertadas, estas em sustentação no ar podem ser inaladas, podendo provocar alergias ou até infecções, e por isso requer maneiras especiais no seu manuseamento.

## Capítulo VII

### **Construção do programa**

---

Chegado a este ponto e tendo sido já mostrados os modelos numéricos nos quais assenta o dimensionamento de um sistema a termofluido, sistematizadas as sequências de cálculo, é chegada a altura de maximizar a automação do cálculo através da elaboração de um programa dedicado, desenvolvido através de uma ferramenta informática, ou mais concretamente o software Microsoft Visual Basic.

A elaboração do programa pode ser dividida em duas partes distintas, estando elas inteiramente ligadas entre si. Foi desenvolvido todo um código do programa, onde foram introduzidas todas as equações e todos os dados requeridos para o processo de cálculo necessário ao dimensionamento de redes de sistemas de termofluido, bem como foram criadas variáveis para que todo o código se pudesse processar e ligar as várias etapas de cálculo. Numa outra parte foi criado um interface de maneira a que o utilizador tenha um maior contacto com o programa e com as variáveis a ele associadas. Esta fase é constituída por várias janelas ou *forms* com o intuito de organizar os dados, mostrar e guardar toda a informação relativa à instalação.

Por outras palavras foi necessário:

- Escolher um programa base para o desenvolvimento;
- Conhecer todo o processo de cálculo necessário;
- Conhecer o utilizador ao qual o programa se destina;
- Compreender as funções do ramo ao qual se aplica;

- Organizar de forma clara e compreensível as janelas do programa;
- Estudar a melhor maneira de dispor a informação;
- Testar a aplicação as vezes necessárias para que tudo estivesse funcional.

### VII.7.1 Programa base

Todo o processo de cálculo para o dimensionamento, possui métodos iterativos bem como processos de atribuição de variáveis que têm de ter a capacidade de tomar diversos valores dependendo de certos parâmetros.

Para isto podiam ter sido escolhidos vários programas, tais como Matlab, EES ou Microsoft Visual Basic. De entre estas poderosas ferramentas cálculo, foi escolhido o programa Visual Basic, não porque possui mais ou menos capacidades, mas porque já havia algum conhecimento prévio deste programa, tornando assim mais acessível o primeiro contacto com toda a envolvente a ele associada.

O Visual Basic é uma linguagem de programação produzida pela empresa Microsoft e é uma linguagem dirigida por eventos, possui também um ambiente de desenvolvimento integrado totalmente gráfico, facilitando a construção de interface de aplicações.

Começando por falar na linguagem, pode dizer-se que esta é, totalmente orientada a objectos, mais conhecida por “OOP” (*Object-Oriented Programming*). Deve entender-se este tipo de programação como uma tentativa para criar programas que se aproximem do modo como as pessoas pensam e lidam com o mundo. Nos estilos de programação mais antigos, quando é apresentado um problema ao programador, este deve identificar uma tarefa de computação que deve ser executada de maneira a resolver o problema. Ou seja, programar consiste em encontrar uma sequência de instruções que execute determinada tarefa. Mas os princípios da programação orientada a objectos (POO), em vez de tarefas, encontram-se objectos - entidades que possuem comportamentos, que guardam informação e que podem interagir umas com as outras. Falta então definir (POO). O que é a programação orientada a objectos? É um conjunto de ferramentas e métodos que possibilita aos programadores criar

aplicações sólidas, amigas do utilizador, sustentáveis, bem documentadas, que preencham os requisitos dos utilizadores.

Com isto, foi criado um programa de raiz, com a capacidade ajudar no dimensionamento de redes de termofluido, tornando assim mais produtivo, todo o processo e todo o trabalho necessário em volta deste assunto.

## VII.7.2 Apresentação da aplicação

Depois desta breve introdução à volta das funcionalidades e finalidades do programa, chegou a altura de expor todo o processo de concepção e detalhe do por traz desta aplicação. As figuras seguintes mostram o interface gráfico desta.

Figura 18 - Imagem da interface gráfica da aplicação, versão normal.

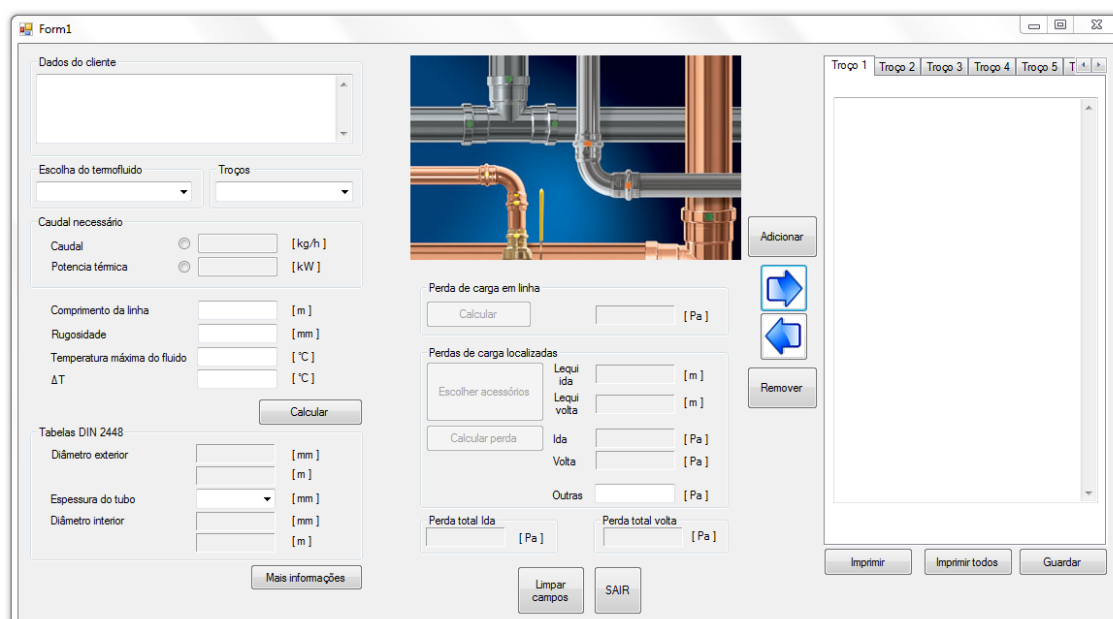


Figura 19 - Imagem da interface gráfica da aplicação, versão expandida.

Por de trás de toda esta estrutura, foi concebida uma página de código, onde são introduzidos todos os dados e obtidos os resultados, ver Anexo A.

Estes dados são guardados em variáveis, que posteriormente ligadas entre si estabelecem as várias equações, fornecendo então os resultados, guardados estes também em variáveis.

Quando a aplicação está em execução, esta página de código não se encontra disponível, não fazendo parte do interface da aplicação, estando apenas ao alcance do programador.

Numa outra fase estas variáveis são transportadas para o interface com o utilizador para que este possa ter acesso e percepção de todos os valores e resultados associados a todo o processo de cálculo.

Para além do objectivo principal desta aplicação, é também necessário tornar possível a opção de guardar e comparar todos os dados referentes aos vários troços integrantes de uma rede de termofluido. Mais à frente irão ser mostradas as várias formas de apresentação destes resultados.

## VII.7.2.1 Funcionamento da aplicação

### VII.7.2.1.1 Cálculo do diâmetro óptimo e dos vários parâmetros do escoamento

São introduzidos inicialmente os dados referentes às necessidades do utilizador, segundo os quais a aplicação irá definir um valor para o diâmetro de entre os valores estipulados pela norma DIN 2448, anexo A.

The screenshot shows a software interface for calculating fluid network parameters. The main window is titled 'Form1'. On the left, a red-bordered box highlights the 'Dados do cliente' section, which contains a text area for client information, a dropdown menu for 'Escolha do termofluido', a dropdown for 'Troços', and input fields for 'Caudal' (kg/h) and 'Potencia térmica' (kW). Below these are fields for 'Comprimento da linha' (m), 'Rugosidade' (mm), 'Temperatura máxima do fluido' (°C), and 'ΔT' (°C). A 'Calcular' button is located below the red box. To the right of the red box is a 3D image of a copper pipe system. Below the image are sections for 'Perda de carga em linha' (line loss) with a 'Calcular' button and a result field in Pa, and 'Perdas de carga localizadas' (localized losses) with a 'Calcular perda' button and fields for 'Lequi ida' (m), 'Lequi volta' (m), 'Ida' (Pa), 'Volta' (Pa), and 'Outras' (Pa). At the bottom, there are fields for 'Perda total Ida' (Pa) and 'Perda total volta' (Pa), along with 'Limpar campos' and 'SAIR' buttons.

Figura 20 - Imagem da interface da aplicação, onde se mostra a vermelho, a zona de entrada dos dados iniciais necessários ao dimensionamento.

### Dados de entrada

- *Dados do cliente*, neste campo o utilizador pode inserir dados aleatórios referentes ao cliente;
- *Tipo de termofluido*, pode ser escolhido entre 4 termofluidos diferentes e de várias marcas;
- *Seleção do troço*,
- *Caudal necessário*, quantidade de caudal que irá passar nesse troço, tendo a opção de ser expresso em kg/h ou termos da potência térmica requerida em kW;
- *Comprimento do troço*, neste campo é contabilizado todo o comprimento referente ao troço em questão, quer troços horizontais quer troços verticais;
- *Rugosidade dos tubos*, rugosidade do material do tubo, expressa em mm;
- *Temperatura máxima do fluido*, será considerada constante ao longo de toda a linha, tendo especial influencia na viscosidade do termofluido, expressa em graus Celsius;
- *Gradiente térmico  $\Delta T$* , diferença entre a temperatura das tubagens de ida e volta da rede.

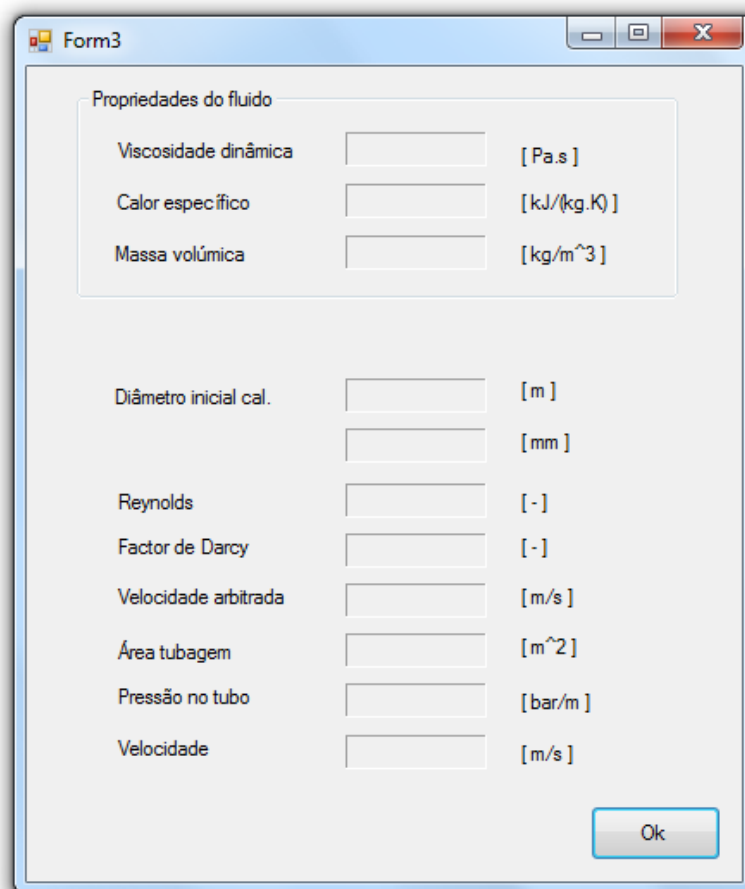
Figura 21 - Imagem da interface da aplicação, a vermelho é destacada a zona de saída de resultados.

### Saída de resultados

- *Diâmetro exterior [mm]*, em função do *caudal* de termofluido e da velocidade recomendada, é calculado um diâmetro correspondente, expresso em mm. O diâmetro a utilizar na instalação será o imediatamente superior, encontrado na norma DIN 2448;
- *Diâmetro exterior [m]*, é o mesmo valor do diâmetro apresentado em cima, mas expresso em metros para uma melhor compreensão;
- *Espessura do tubo*, são apresentados os valores de espessura de tubo disponíveis para aquele diâmetro exterior, encontrado também na norma DIN 2448;
- *Diâmetro interior [mm]*, este diâmetro é calculado através do diâmetro exterior e é-lhe retirada duas vezes a espessura.

- *Diâmetro interior [m]*, é o mesmo valor do diâmetro apresentado em cima, mas expresso em metros para uma melhor compreensão;

É apresentado um botão com ligação a uma janela de disposição de resultados. Estes não são mostrados na janela de interface inicial, não por serem dados pouco relevantes, mas sim por disposição organização dos dados e resultados, dados estes que, introduzidos na janela inicial tornariam a informação muito mais confusa e dispersa.



The image shows a software window titled "Form3" with a standard Windows-style title bar (minimize, maximize, close buttons). The window contains a form with the following fields and labels:

Propriedades do fluido		
Viscosidade dinâmica	<input type="text"/>	[ Pa.s ]
Calor específico	<input type="text"/>	[ kJ/(kg.K) ]
Massa volúmica	<input type="text"/>	[ kg/m <sup>3</sup> ]
Diâmetro inicial cal.	<input type="text"/>	[ m ]
	<input type="text"/>	[ mm ]
Reynolds	<input type="text"/>	[ - ]
Factor de Darcy	<input type="text"/>	[ - ]
Velocidade arbitrada	<input type="text"/>	[ m/s ]
Área tubagem	<input type="text"/>	[ m <sup>2</sup> ]
Pressão no tubo	<input type="text"/>	[ bar/m ]
Velocidade	<input type="text"/>	[ m/s ]

An "Ok" button is located at the bottom right of the form.

Figura 22 - Imagem da interface da aplicação, referente ao botão "Mais informações".

### Saída de resultados

- *Viscosidade dinâmica*, este valor está dependente do *tipo de termofluido* escolhido anteriormente, vem expressa em Pa s;

- *Calor específico*, está também dependente do *tipo de termofluido* escolhido, vem expresso em  $\text{kJ}/(\text{kg K})$ ;
- *Massa volúmica*, é também um parâmetro dependente do *tipo de termofluido* escolhido anteriormente, expressa em  $\text{kg}/\text{m}^3$ ;
- *Número de Reynolds*, mostra o tipo de escoamento com que se está a lidar;
- *Factor de Darcy*, este factor é muito importante visto que terá um grande impacto no cálculo das perdas de carga em troços horizontais;
- *Velocidade arbitrada*, este valor de é considerado de  $2 \text{ m/s}$ , valor este adoptado para sistemas a termofluido;
- *Área do tubo*, área interior do tubo, calculada com base no *diâmetro interior* do tubo;
- *Pressão no tubo*, indicando a pressão no interior da tubagem, esta expressa em bar;
- *Velocidade*, é calculada com base no *diâmetro interior* da tubagem, vem expressa em  $\text{m/s}$ .

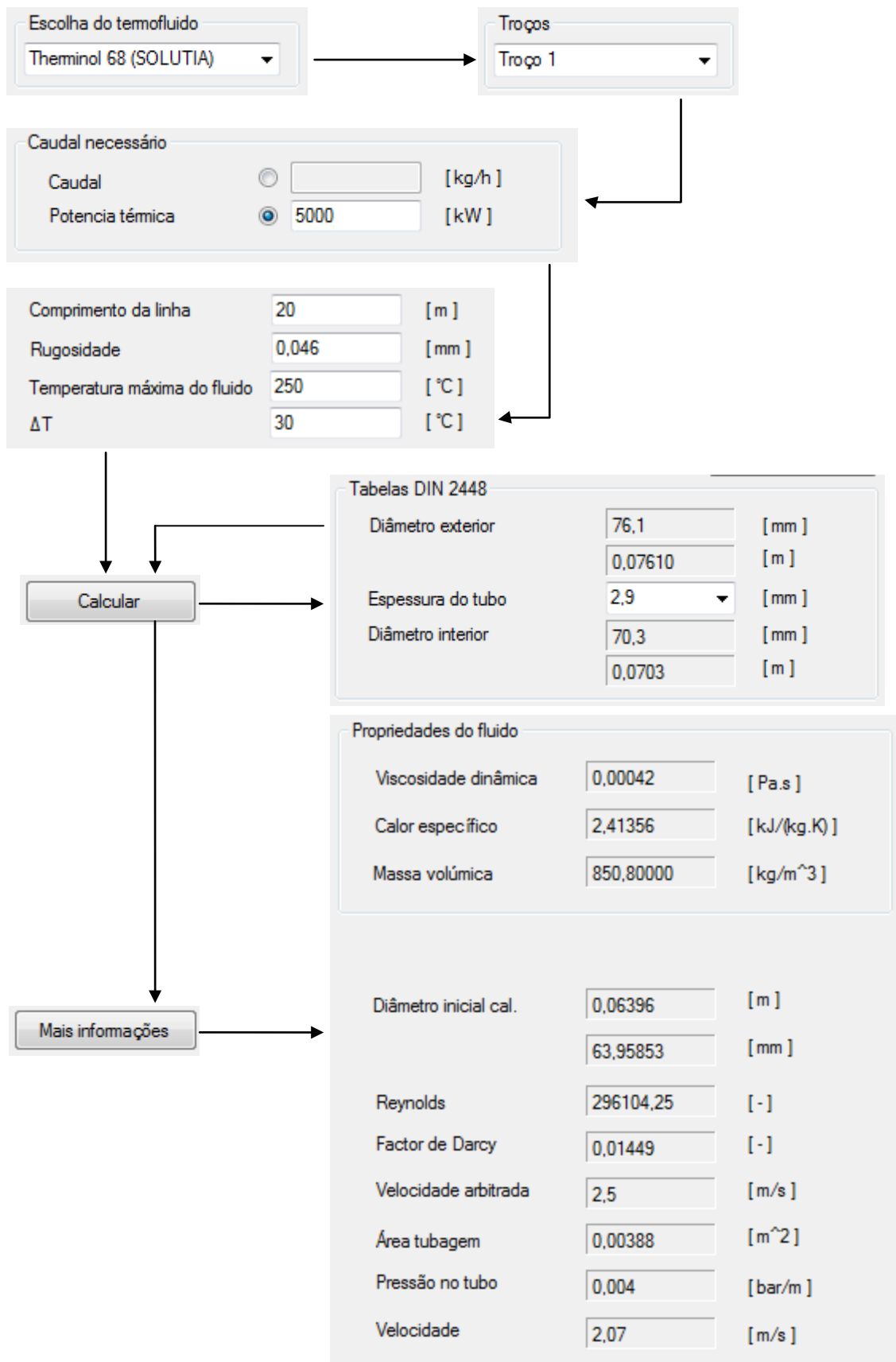


Figura 23 – Fluxograma de demonstração do funcionamento da aplicação, no que respeita ao botão de cálculo do diâmetro óptimo.

### VII.7.2.1.2 Perdas de carga em linha

The screenshot shows a software window titled 'Form1' with the following components:

- Dados do cliente:** A text area for client information.
- Escolha do termofluido:** A dropdown menu.
- Troços:** A dropdown menu.
- Caudal necessário:** Two radio buttons for 'Caudal' (kg/h) and 'Potencia térmica' (kW), each with an input field.
- Comprimento da linha:** Input field in [m].
- Rugosidade:** Input field in [mm].
- Temperatura máxima do fluido:** Input field in [°C].
- ΔT:** Input field in [°C].
- Calcular:** A blue button to calculate the line loss.
- Tabelas DIN 2448:** Input fields for 'Diâmetro exterior' (mm), 'Espessura do tubo' (mm), and 'Diâmetro interior' (mm).
- Mais informações:** A button at the bottom.
- Perda de carga em linha:** A section highlighted with a red box, containing a 'Calcular' button and a result field in [Pa].
- Perdas de carga localizadas:** A section with 'Escolher acessórios' and 'Calcular perda' buttons, and input fields for 'Lequi ida', 'Lequi volta', 'Ida', 'Volta', and 'Outras' in [m] or [Pa].
- Perda total ida/volta:** Two result fields in [Pa].
- Limpar campos:** A button to clear the fields.
- SAIR:** A button to exit the application.

Figura 24- Imagem da interface da aplicação, a vermelho é destacada a zona de cálculo das perdas de carga em linha.

### Funcionamento

É de salientar que após terem sido calculados os parâmetros necessários ao dimensionamento do diâmetro das tubagens, todos os dados foram guardados em variáveis que podem ser chamadas para a realização de outros cálculos. Neste campo o utilizador apenas terá de clicar num botão, já que todos os dados necessários ao cálculo da perda de carga, estão guardados.

### Dados de entrada

- Os dados de entrada necessários ao cálculo das perdas de carga em linha tanto horizontais como verticais, são automaticamente atribuídos a partir dos dados anteriormente inseridos e que posteriormente ficaram guardados em variáveis.

### Saída de resultados

- *Perda de carga [Pa]*, esta perda de carga é referente a todos os troços horizontais e verticais, expressa em Pa;

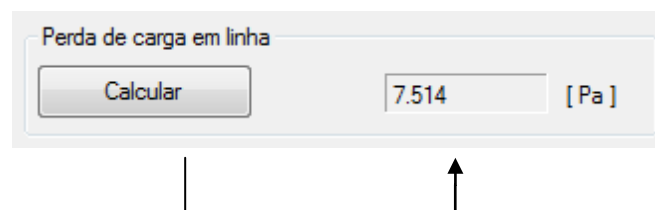


Figura 25 – Fluxograma de demonstração do funcionamento da aplicação, respeitante ao botão de cálculo das perdas de carga em linha.

#### VII.7.2.1.3 Perdas de carga localizadas

Esta secção calcula as perdas de carga em secções não rectas e também em acessórios, isto é, calcula a perda de carga imposta ao escoamento por acessórios como válvulas e mudanças de direcção de vários tipos.

Dados do cliente

Escolha do termofluido: [dropdown] Troços: [dropdown]

Caudal necessário

Caudal: [input] [kg/h]

Potencia térmica: [input] [kW]

Comprimento da linha: [input] [m]

Rugosidade: [input] [mm]

Temperatura máxima do fluido: [input] [°C]

$\Delta T$ : [input] [°C]

Calcular

Tabelas DIN 2448

Diâmetro exterior: [input] [mm]

[input] [m]

Espessura do tubo: [input] [mm]

Diâmetro interior: [input] [mm]

Perda de carga em linha

Calcular [input] [Pa]

Perdas de carga localizadas

Escolher acessórios

Calcular perda

Lequi ida: [input] [m]

Lequi volta: [input] [m]

Ida: [input] [Pa]

Volta: [input] [Pa]

Outras: [input] [Pa]

Perda total Ida: [input] [Pa]

Perda total volta: [input] [Pa]

Limpar campos SAIR

Figura 26 - Imagem da interface da aplicação, fazendo-se referência à zona de cálculo das perdas de carga localizadas.

Tipo de acessório	Qty. Ida	Qty. Volta	Lequi/D
<input type="checkbox"/> Cotovelo a 180°	0	0	75
<input type="checkbox"/> Cotovelo a 90°	0	0	45
<input type="checkbox"/> Cotovelo 45°	0	0	20
<input type="checkbox"/> Curva longa a 90°	0	0	30
<input type="checkbox"/> Curva longa a 45°	0	0	15
<input type="checkbox"/> Alargamento gradual	0	0	12
<input type="checkbox"/> Redução gradual	0	0	6
<input type="checkbox"/> Tê passagem directa	0	0	20
<input type="checkbox"/> Válvula globo toda aberta	0	0	300
<input type="checkbox"/> Válvula angular toda aberta	0	0	170
<input type="checkbox"/> Válvula gaveta toda aberta	0	0	7
<input type="checkbox"/> Válvula de retenção	0	0	100

Calcular [input] Lequi ida

[input] Lequi volta

Cancelar OK

Figura 27 - Imagem da interface referente à selecção dos vários acessórios de perda de carga localizada.

## Funcionamento

Chegado a esta secção do programa, e supondo que o utilizador efectuou todos os passos anteriormente descritos, obtendo todos os cálculos necessários, o programa desbloqueia os botões desta secção, possibilitando o acesso a esta.

Fica realçado um botão de acesso as acessórios disponibilizados no código da aplicação, e também um botão se servirá de cálculo do valor das perdas de carga associadas aos acessórios seleccionados, levando em consideração também a quantidade escolhida. Este botão calcula também a perda de carga total imposta pelo escoamento, fazendo a soma das perdas nos troços de ida e volta. Fica também disponível uma caixa de introdução de perdas extra, como é o caso de filtros ou desgasificadores, como já foi referido em capítulos anteriores.

## Dados de entrada

- *Tipo de acessório*, possibilidade de escolher o tipo de acessório independentemente do valor de diâmetro do tubo;
- *Quantidade de acessórios ida*, número de elementos de cada acessório seleccionado, situados na tubagem da ida;
- *Quantidade de acessórios volta*, número de elementos de cada acessório seleccionado, situados na tubagem da volta.
- *Outras*, campo onde o utilizador pode introduzir um valor de perda de carga imposta por outro tipo de acessórios não disponíveis, expressa em Pa.

## Auxiliares

- *Rácio  $L_{equi}/D$* , já definido no código do programa, cada acessório tem um valor de rácio correspondente.

## Saída de resultados

- *$L_{equi}$  ida*, este campo representa o comprimento equivalente  $L_{equi}$  em metros, da soma de todos os acessórios contabilizados no troço de ida;

- *L<sub>equi volta</sub>*, representa o comprimento *L<sub>equi</sub>* em metros, da soma de todos os acessórios contabilizados no troço de volta;
- *Perda de carga ida*, representa a soma de todas as perdas de carga localizadas no troço de ida, com base no *L<sub>equi</sub>*;
- *Perda de carga volta*, representa a soma de todas as perdas de carga localizadas no troço da volta, com base no *L<sub>equi</sub>*;
- *Outras*, onde se pode introduzir um valor respeitante a outro tipo de perdas, como foi referido anteriormente no Capítulo IV;
- *Perda de carga total ida*, somatório das perdas de carga em linha com as perdas de carga localizadas no troço de ida, expressa em Pa;
- *Perda de carga total volta*, somatório das perdas de carga em linha com as perdas de carga localizadas no troço da volta, expressa em Pa.

Quando é falado em perda de carga em linha no troço de ida e no troço de volta, quer dizer que se está perante dois troços com o mesmo comprimento lado a lado, ou seja, possuindo a mesma perda de carga em linha.

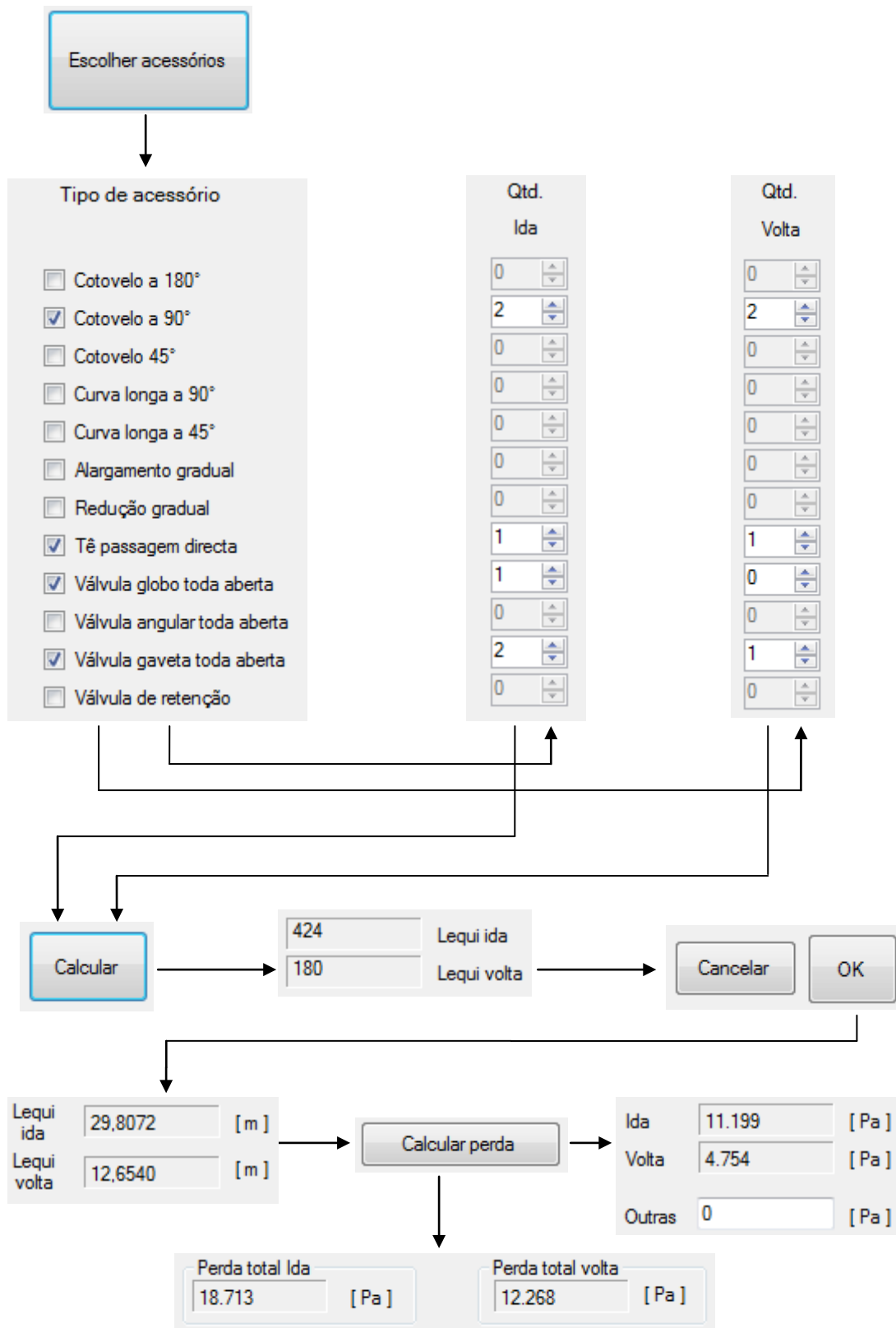


Figura 28 – Fluxograma de demonstração do funcionamento da aplicação, respeitante à selecção do tipo de acessório e quantidade destes.

### VII.7.2.1.4 Análise de resultados

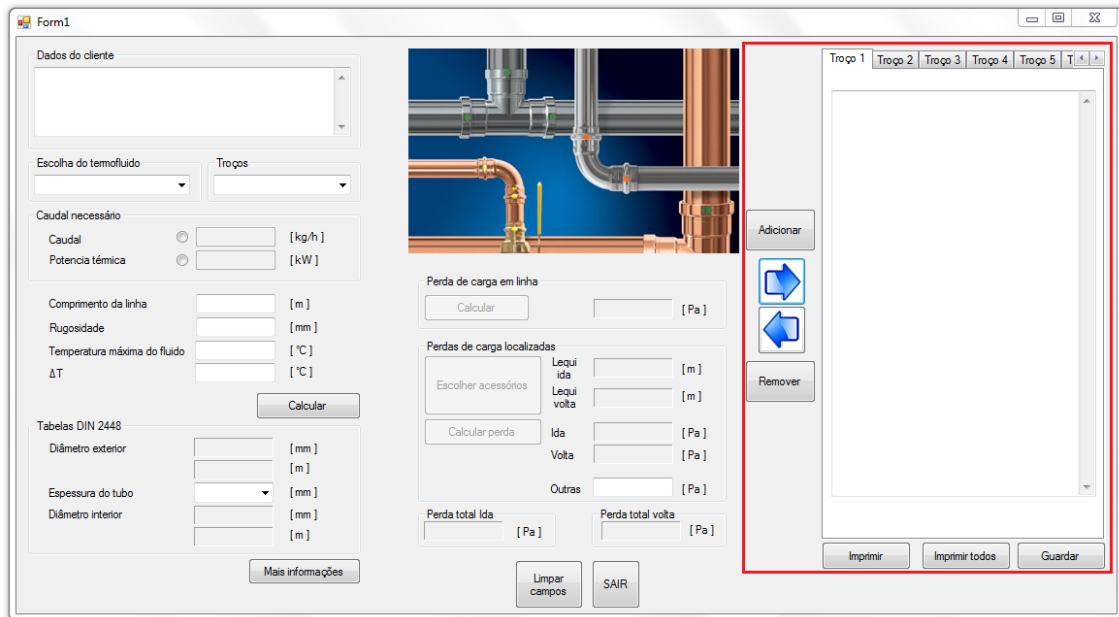


Figura 29 - Imagem da interface da aplicação, versão expandida onde se mostra a vermelho a zona de análise de resultados.

### Funcionamento

Esta secção dedica-se apenas ao tratamento e exposição de todos os valores calculados ao longo das secções anteriores.

Na janela de interface inicial é apresentado um botão que vai adicionar todos os valores calculados a uma folha do tipo texto, para que nesta secção se possa criar uma descrição completa da instalação dimensionada.

Nesta secção tem-se a possibilidade de ter acesso ao botão de comando imprimir e imprimir todos, de maneira a poder imprimir a informação relativa apenas a um troço ou então imprimir a informação referente a todos os troços da instalação. Além de tornar possível a escolha do conteúdo a imprimir, existe também um botão de comando que permite guardar todo o conteúdo num ficheiro de texto (nome.txt) com o intuito de o utilizador um dia mais tarde ter acesso aos dados de determinado projecto, tornando assim o programa muito mais enriquecedor.

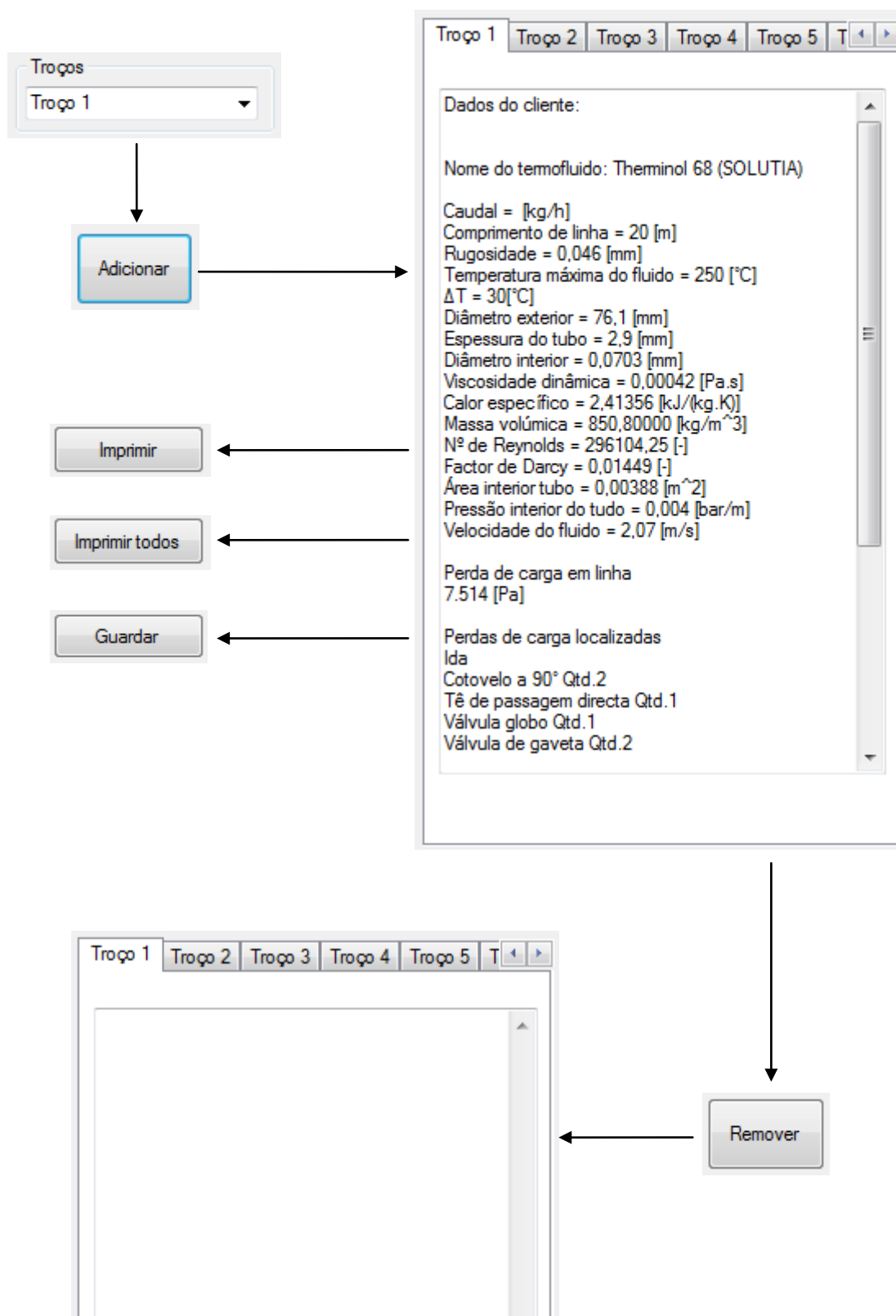
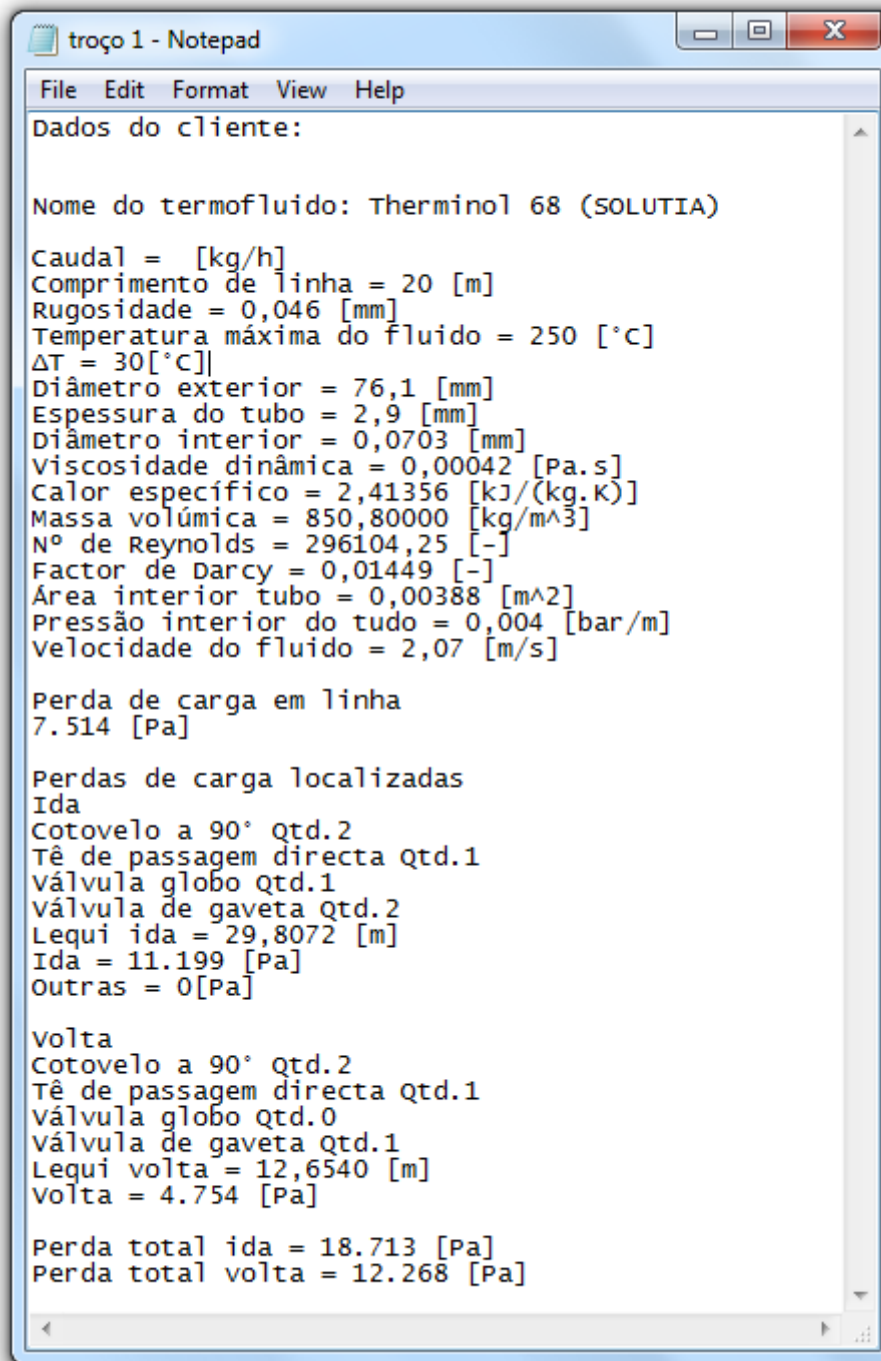


Figura 30 - Fluxograma de demonstração do funcionamento da aplicação, respeitante à apresentação dos resultados.



```
troço 1 - Notepad
File Edit Format View Help
Dados do cliente:

Nome do termofluido: Therminol 68 (SOLUTIA)

Caudal = [kg/h]
Comprimento de linha = 20 [m]
Rugosidade = 0,046 [mm]
Temperatura máxima do fluido = 250 [°C]
ΔT = 30[°C]
Diâmetro exterior = 76,1 [mm]
Espessura do tubo = 2,9 [mm]
Diâmetro interior = 0,0703 [mm]
Viscosidade dinâmica = 0,00042 [Pa.s]
Calor específico = 2,41356 [kJ/(kg.K)]
Massa volúmica = 850,80000 [kg/m^3]
Nº de Reynolds = 296104,25 [-]
Factor de Darcy = 0,01449 [-]
Área interior tubo = 0,00388 [m^2]
Pressão interior do tudo = 0,004 [bar/m]
velocidade do fluido = 2,07 [m/s]

Perda de carga em linha
7.514 [Pa]

Perdas de carga localizadas
Ida
Cotovelo a 90° qtd.2
Tê de passagem directa qtd.1
Válvula globo qtd.1
Válvula de gaveta qtd.2
Lequi ida = 29,8072 [m]
Ida = 11.199 [Pa]
Outras = 0[Pa]

volta
Cotovelo a 90° qtd.2
Tê de passagem directa qtd.1
Válvula globo qtd.0
Válvula de gaveta qtd.1
Lequi volta = 12,6540 [m]
volta = 4.754 [Pa]

Perda total ida = 18.713 [Pa]
Perda total volta = 12.268 [Pa]
```

Figura 31 – Imagem representativa do ficheiro final em versão texto.txt



## Capítulo VIII

### **Exemplo Prático**

---

Este capítulo trata, de demonstrar um exemplo prático de uma instalação a termofluido, retratando-se todo o processo de cálculo referente aos vários troços, procedendo-se de igual forma para os troços restantes, no caso de uma rede de maiores dimensões, ou seja, no caso de haver mais troços. Com vista a não tornar muito extensíssimo este capítulo, a rede apresentada, tratando-se apenas um exemplo tipo, sendo esta uma rede com alguma simplicidade.

É apresentado um esquema tipo, de como pode ser constituída e projectada uma rede de termofluido. São conhecidos à partida as necessidades dos vários utilizados bem como dados referentes ao tipo de termofluido usado, temperaturas e comprimentos dos vários troços, sendo estes de extrema importância e essenciais ao processo de cálculo de todo o circuito.

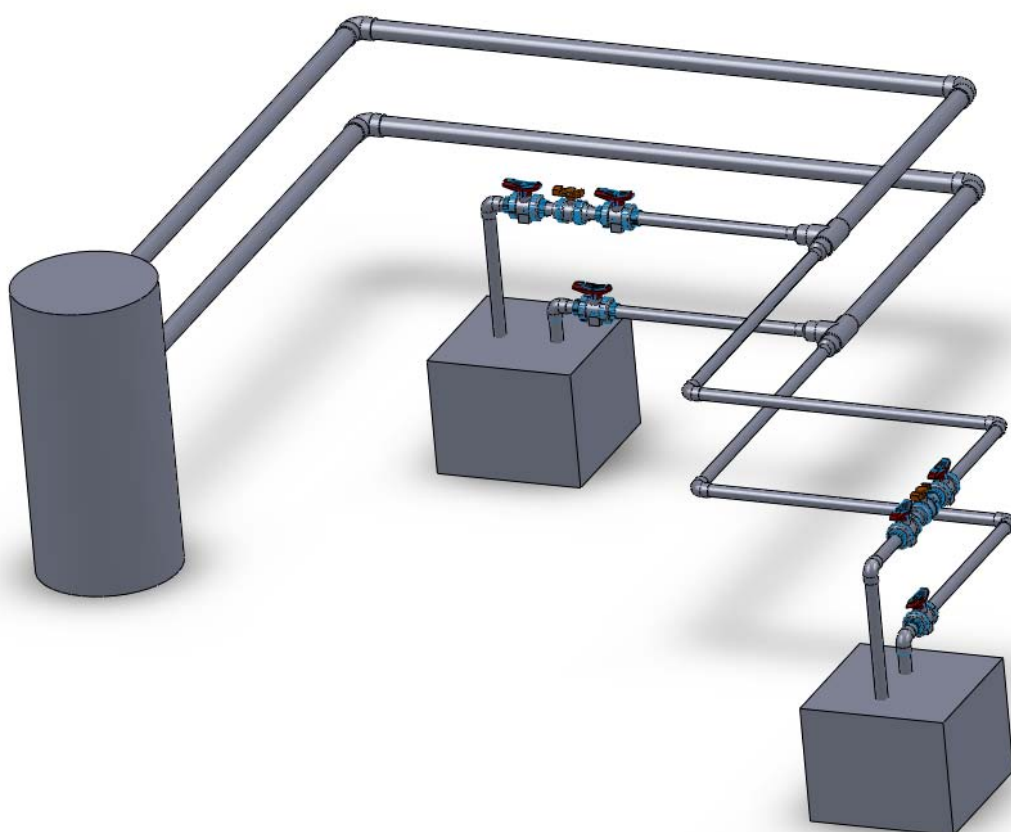


Figura 32 – Esquema tipo, da rede de termofluido a dimensionar.

Valores conhecidos à partida

Tabela 11 – Dados iniciais referente à rede de termofluido.

Nº de troços	3
Tipo de termofluido	Therminol 68
Nº de utilizadores	2
Necessidades dos utilizadores	3500 kW
Potencia térmica total	
Utilizador 1	1500 kW
Utilizador 2	2000 kW
Rugosidade dos tubos	0,046 mm
Temperatura máxima do fluido	250 °C
Gradiente térmico	30 °C

Primeiramente tem de ser em conta a temperatura de trabalho do termofluido, isto é, admitido que a temperatura máxima é de 250 °C e que o gradiente térmico é de 30 °C, a temperatura média do fluido vai ser de 265 °C. Isto porque o termofluido nas tubagens de abastecimento aos vários utilizadores, este circula á temperatura máxima. Chegado aos utilizadores, devido à troca de calor nos permutadores, o termofluido baixa de temperatura. Com isto, a temperatura do termofluido nas tubagens de volta á caldeira vai ser mais baixa, daí utilizar-se uma temperatura média.

Estes cálculos não levam em consideração as perdas térmicas ao longo de todos os troços, visto que não ser objectivo deste trabalho, mas que será dada uma referência no capítulo X.

Então vem:

$$T_{m\acute{e}dia\ fluido} = 265\text{ }^{\circ}\text{C}$$

Sabendo que o termofluido usado é o Therminol 68, recorrendo às correlações retiradas das tabelas das suas propriedades, vem:

$$c = 3,224 \times 10^{-3} \times 265 + 1,5592 = 2,4136\text{ [kJ/kg K]}$$

$$\rho = -0,720 \times 265 + 1041,6 = 850,8\text{ [kg/m}^3\text{]}$$

$$\mu = \exp\left[\frac{855,864}{265 + 105,834} - 10,088\right] = 0,00041799\text{ [Pa s]}$$

### **Troço 1**

$$L = 20\text{ [m]}$$

$$\dot{Q} = 3500\text{ [kW]}$$

$$\dot{Q} = \dot{m} \times c \times \Delta T \Leftrightarrow \dot{m} = \frac{\dot{Q}}{c \times \Delta T} = \frac{3500}{2,4136 \times (30 + 273,15)} = 4,7835\text{ [kg/s]}$$

Para uma primeira abordagem utilizou-se uma velocidade do fluido de 2,5 m/s.

$$D_e = \sqrt{\frac{\dot{m} \times 4}{\pi v \rho}} \Leftrightarrow D_e = \sqrt{\frac{4,7835 \times 4}{\pi \times 2,5 \times 850,8}} = 0,0535 \text{ [m]}$$

Recorrendo às tabelas DIN2448, escolheu-se o diâmetro de tubagem normalizado imediatamente a seguir, logo  $D_e=60,3$  mm.

Espessuras disponíveis segundo a norma DIN2448, para diâmetro normalizado escolhido:

- 2,9 mm
- 3,6 mm

Escolheu-se uma espessura de tubo de 2,9 mm.

$$D_i = D_e - 2 \times e = 60,3 - 2 \times 2,9 = 54,5 \text{ [mm]}$$

Com isto, a velocidade do escoamento para o diâmetro normalizado vem sendo como,

$$D_i = \sqrt{\frac{\dot{m} \times 4}{\pi v \rho}} \Leftrightarrow v = \frac{\dot{m} \times 4}{D_i^2 \times \pi \times \rho} = \frac{4,7833 \times 4}{0,0545^2 \times \pi \times 850,8} = 2,41 \text{ [m/s]}$$

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu} = \frac{850,8 \times 2,41 \times 0,0545}{0,00041799} = 267346,89$$

### **Perdas de carga em linha**

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -1,85 \log \left( \left( \frac{\varepsilon/D}{3,7} \right)^{0,925} + 10^{\left( \frac{(\log Re)^{1,285}}{1,804 Re^{0,0073}} \right)} \right) \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow f = \frac{1}{\sqrt{-1,85 \log \left( \left( \frac{\varepsilon/D}{3,7} \right)^{0,925} + 10^{\left( \frac{(\log Re)^{1,285}}{1,804 Re^{0,0073}} \right)} \right)}} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow f = \sqrt{\frac{1}{-1,85 \log \left( \left( \frac{0,046/0,0545}{3,7} \right)^{\frac{1}{0,925}} + 10^{\left( \frac{(\log 267346,89)^{1,285}}{1,804 \times 267346,89^{0,0073}} \right)} \right)}} = 0,01477$$

$$\Delta p = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2} \rho = 0,01477 \times \frac{20}{0,0545} \times \frac{2,41^2}{2} \times 850,8 = 13392,004 \text{ [Pa]}$$

### Perdas de carga localizadas

Acessórios inerentes ao troço 1:

	Tipo de acessório	Quant.	$L_{equi}/D$
Ida (alimentação)	Cotovelo a 90º	2	45
Volta (retorno)	Cotovelo a 90º	2	45

Tendo o troço 1, os mesmos acessórios tanto nas tubagens da ida como nas tubagens da volta, a perda de carga vai ser a mesma.

$$\Delta p_{acess.} = f \frac{L_{equi}}{D} \frac{v^2}{2} \rho = 0,01477 \times 2 \times 45 \times \frac{2,41^2}{2} \times 850,8 = 3284,3889 \text{ [Pa]}$$

### Troço 2

$$L = 4 \text{ [m]}$$

$$\dot{Q} = 1500 \text{ [kW]}$$

$$\dot{Q} = \dot{m} \times c \times \Delta T \Leftrightarrow \dot{m} = \frac{\dot{Q}}{c \times \Delta T} = \frac{1500}{2,4136 \times (30 + 273,15)} = 2,05 \text{ [kg/s]}$$

$$D_e = \sqrt{\frac{\dot{m} \times 4}{\pi v \rho}} \Leftrightarrow D_e = \sqrt{\frac{2,05 \times 4}{\pi \times 2,5 \times 850,8}} = 0,035 \text{ [m]}$$

Recorrendo às tabelas DIN2448, escolheu-se o diâmetro de tubagem normalizado imediatamente a seguir, logo  $D_e=42,4$  mm.

Espessuras disponíveis segundo a norma DIN2448, para diâmetro normalizado escolhido:

- 2,6 mm
- 3,2 mm

Escolheu-se uma espessura de tubo de 2,6 mm.

$$D_i = D_e - 2 \times e = 42,4 - 2 \times 2,6 = 37,2 \text{ [mm]}$$

Com isto, a velocidade do escoamento para o diâmetro normalizado vêm sendo como,

$$D_i = \sqrt{\frac{\dot{m} \times 4}{\pi v \rho}} \Leftrightarrow v = \frac{\dot{m} \times 4}{D_i^2 \times \pi \times \rho} = \frac{2,05 \times 4}{0,0372^2 \times \pi \times 850,8} = 2,2169 \text{ [m/s]}$$

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu} = \frac{850,8 \times 2,2169 \times 0,0372}{0,00041799} = 167861,32$$

### Perdas de carga em linha

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -1,85 \log \left( \left( \frac{\varepsilon/D}{3,7} \right)^{0,925} + 10 \left( \frac{(\log Re)^{1,285}}{1,804 Re^{0,0073}} \right) \right) \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow f = \frac{1}{\sqrt{-1,85 \log \left( \left( \frac{0,046/0,0372}{3,7} \right)^{0,925} + 10 \left( \frac{(\log 167861,32)^{1,285}}{1,804 \times 167861,32^{0,0073}} \right) \right)}} = 0,01618$$

$$\Delta p = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2} \rho = 0,01618 \times \frac{4}{0,0372} \times \frac{2,2169^2}{2} \times 850,8 = 3637,3514 \text{ [Pa]}$$

### Perdas de carga localizadas

Acessórios inerentes ao troço 2:

	Tipo de acessório	Quant.	$L_{equi}/D$
Ida (alimentação)	Cotovelo a 90°	1	45
	Tê, de passagem directa	1	20
	Válvula gaveta toda aberta	2	7
	Válvula globo toda aberta	1	300
Volta (retorno)	Cotovelo a 90°	1	45
	Tê de passagem directa	1	20
	Válvula gaveta toda aberta	1	7

**Tubagens de ida**

$$\Delta p_{acess.} = f \frac{L_{equi}}{D} \frac{v^2}{2} \rho = 0,01618 \times (45 + 20 + 2 \times 7 + 300) \times \frac{2,2169^2}{2} \times 850,8 =$$

$$= 12820,573 [Pa]$$

**Tubagens de volta**

$$\Delta p_{acess.} = f \frac{L_{equi}}{D} \frac{v^2}{2} \rho = 0,01618 \times (45 + 20 + 7) \times \frac{2,2169^2}{2} \times 850,8 =$$

$$= 2435,5705 [Pa]$$

**Troço 3**

$$L = 9 [m]$$

$$\dot{Q} = 2000 [kW]$$

$$\dot{Q} = \dot{m} \times c \times \Delta T \Leftrightarrow \dot{m} = \frac{\dot{Q}}{c \times \Delta T} = \frac{2000}{2,4136 \times (30 + 273,15)} = 2,7334 [kg/s]$$

$$D_e = \sqrt{\frac{\dot{m} \times 4}{\pi v \rho}} \Leftrightarrow D_e = \sqrt{\frac{2,7334 \times 4}{\pi \times 2,5 \times 850,8}} = 0,0405 [m]$$

Recorrendo às tabelas DIN2448, escolheu-se o diâmetro de tubagem normalizado imediatamente a seguir, logo  $D_e=42,4$  mm.

Espessuras disponíveis segundo a norma DIN2448, para diâmetro normalizado escolhido:

- 2,6 mm

- 3,2 mm

Escolheu-se uma espessura de tubo de 2,6 mm.

Tendo o troço 3, o mesmo diâmetro normalizado que o troço 2, os valores de Reynolds e  $f$ , vão ser iguais.

$$D_i = D_e - 2 \times e = 42,4 - 2 \times 2,6 = 37,2 \text{ [mm]}$$

$$v = 2,2169 \text{ [m/s]}$$

$$Re = 167861,32$$

$$f = 0,01618$$

### Perdas de carga em linha

$$\Delta p = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2} \rho = 0,01618 \times \frac{9}{0,0372} \times \frac{2,2169^2}{2} \times 850,8 = 8184,0407 \text{ [Pa]}$$

### Perdas de carga localizadas

Acessórios inerentes ao troço 3:

	Tipo de acessório	Quant.	$L_{equi}/D$
Ida (alimentação)	Cotovelo a 90°	3	45
	Válvula gaveta toda aberta	2	7
	Válvula globo toda aberta	1	300
Volta (retorno)	Cotovelo a 90°	3	45
	Válvula gaveta toda aberta	1	7

### **Tubagens de ida**

$$\Delta p_{access.} = f \frac{L_{equi}}{D} \frac{v^2}{2} \rho = 0,01618 \times (3 \times 45 + 2 \times 7 + 300) \times \frac{2,2169^2}{2} \times 850,8 =$$

$$= 15188,488 \text{ [Pa]}$$

### **Tubagens de volta**

$$\Delta p_{access.} = f \frac{L_{equi}}{D} \frac{v^2}{2} \rho = 0,01618 \times (3 \times 45 + 7) \times \frac{2,2169^2}{2} \times 850,8 =$$

$$= 4803,4863 \text{ [Pa]}$$

## Capítulo IX

### Conclusões

---

Elaborou-se um programa, com vista a auxiliar ao dimensionamento de instalações por termofluido, optimizando assim todo o processo de projecção e dimensionamento das instalações. O seu desenvolvimento iniciou-se nos métodos estabelecidos para a execução prática destes sistemas, resultando numa aplicação independente, a qual engloba todo um conjunto de ferramentas coerentes entre si.

O desempenho e a aplicabilidade prática desta aplicação, pode ser para já, considerado bastante positivo, embora careça de um período exaustivo de testes por utilizadores experientes nesta área.

Dada a extensão de temas abordados por esta aplicação, é imprescindível referir alguns dos passos na identificação e resolução de obstáculos encontrados, de forma que futuros utilizadores possam compreender os processos e talvez proporcionar sugestões para testes ou melhoramentos.

A base de programação por de trás de toda a aplicação, foi desenvolvida através do programa Microsoft Visual Basic, o qual mostrou ser uma ferramenta madura cheia de funcionalidades, denotando um extremo de potencialidades no que respeita à programação.

Relativamente ao método de cálculo das perdas de carga apresentadas, estas foram fruto de alguma pesquisa, nomeadamente em bibliografia da especialidade e também fruto de investigação de alguns autores, nomeadamente Pinho [2009].

Através de fluxogramas, mostrou-se um exemplo prático, demonstrando a eficiência do programa como uma ferramenta pragmática no dimensionamento de instalações de termofluido, versus a execução manual do mesmo.

No que diz respeito à elaboração da secção de resultados, pretende-se que esta seja não só uma secção de exposição de todos os dados e resultados obtidos, mas também que seja de certa maneira uma secção de análise e reflexão dos dados por parte do utilizador, podendo assim compará-los, obtendo informações importantes que posteriormente poderão levar a decisões cruciais.

Em suma, para além de serem concretizados e cumpridos os objectivos desta dissertação, conseguiu-se com isto uma ferramenta válida e com potencialidades de sucesso, convertendo e optimizando todo o processo manual, num processo mais eficiente, tecnológico e muito menos moroso. Esta ferramenta embora tenha sido algo complexa na sua concepção, resultou num produto simples de usar.

## **Sugestões para Trabalhos Futuros**

Em trabalhos com prazos tão apertados como é o do caso em questão, é normal surgirem condicionalismos de várias ordens que impedem a realização de um trabalho tão desenvolvido e incisivo quanto seria desejável. Visto isto, podem vir a ser realizados trabalhos futuros em torno de várias questões:

- Estudar as transferências de calor emitidas ao longo das várias tubagens constituintes dos vários troços do sistema;
- Estudar o seu isolamento térmico das várias tubagens;
- Uma lista de acessórios mais pormenorizada, talvez até tendo disponível uma base de dados com vários catálogos de empresas com esse tipo de componentes;
- Dimensionar o componente desgasificador, sabendo que este é um componente de grande importância neste tipo de sistemas. Como já foi dito em

anteriores capítulos é difícil de obter informações acerca deste componente, sendo necessária fruir de uma ligação a industriais deste sector.

- Num trabalho mais profundo e com uma maior envergadura, aplicar este programa, ao dimensionamento de uma rede em três dimensões, com ligação a softwares de desenho em três dimensões.



## **Bibliografia**

---

Barros Jr. J. L., 2000, “Integração de utilidades, recuperação de calor e cogeração em sistemas de aquecimento de fluido térmico”, Centro Federal de Educação Tecnológica, RJ, Brasil

Branco, J. F., Pinho, C. T., Figueiredo, R. A., 2001, “From a Power-Law Equation for the Friction Factor in Smooth Pipes to a Controversy on the Overlap Player”, XVI Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica, Uberlândia, MG, Brasil

Dow, The Dow Chemical Company, <http://www.dow.com>, acessado em 17 de Novembro de 2010

Duratherm, <http://www.heat-transfer-fluid.com>, acessado em 17 de Novembro de 2010

Fultron, Manufacturer of steam, hot water and thermal fluid, <http://www.fultron.com>, acessado em 17 de Novembro de 2010

Geiringer, P. L., 1963, “High Temperature Water Heating”, John Wiley and Sons

Halvorson, M., 2002, “Microsoft Visual Basic.Net – Passo a passo”, McGraw-Hill

KSB, Bombas, Válvulas, Sistemas, <http://www.ksb.com>, acessado em 17 de Novembro de 2010

Marques, P. C., 2010, “Programação Visual Basic 2010”, FCA, Lisboa

Masey, B. S., 2002, “Mecânica dos Fluidos” 6ª edição, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa

Munson, B. R., Young, D. F., Okiishi, T. H., Huebsch, W. W., 2010, "Fundamentals of Fluid Mechanics" 6<sup>th</sup> edition, John Wiley and Sons, Hoboken, NJ

Oliveira, L. A., Lopes, A. G., 2006, "Mecânica dos Fluidos", Lidel, Lisboa

Pinho, C. M. T., 2009, "Gestão de Energia Térmica", DEMEGI, Feup, Porto

Processing Heating Magazine, 2010, "How to Choose the Right Heat Transfer Fluid", <http://www.process-heating.com>

Ražnjević K., 1970, "Tables et Diagrammes Thermodynamiques" Editions Eyrolles, Paris

Shell Portuguesa, S.A., 1987, "Termofluidos nos sistemas industriais de transmissão de calor", L.R.

Telles, P. C. S., 1974, "Tubulações Industriais", 4<sup>a</sup> edição

Therminol, Heat Transfer Fluid By Solutia, <http://www.therminol.com>, acessido em 17 de Novembro de 2010

# **Anexos**



## **Anexo A**

Tabela de dimensões - DIN 2448



Diâmetro externo	Espessura de parede	Peso	Diâmetro externo	Espessura de parede	Peso	Diâmetro externo	Espessura de parede	Peso
mm	mm	Kg/m	mm	mm	Kg/m	mm	mm	Kg/m
10,2	1,6	0,34	42,4	2,6	2,57	114,3	4	10,88
	2,3	0,45		3,2	3,11		4,5	12,18
13,5	1,8	0,52	44,5	2,6	2,7	121	4	11,54
	2,3	0,64		3,2	3,28		4,5	12,93
16	1,8	0,63	48,3	2,6	2,95	127	4	12,13
	2,3	0,78		3,2	3,59		4,5	13,59
17,2	2	0,75	50,8	2,6	3,09	133	4	12,73
	2,3	0,85		3,2	3,76		4,5	14,26
20	2	0,89	51	2,6	3,12	139,7	4,5	15
	2,6	1,12		3,2	3,79		5,6	18,42
21,3	2,6	1,21	57	2,9	3,9	152,4	4,5	16,41
	3,2	1,44		3,6	4,78		5,6	20,27
25	2,6	1,44	60,3	2,9	4,36	159	4,5	17,15
	3,2	1,72		3,6	5,07		5,6	21,19
25,4	2,6	1,46	63,5	2,9	4,36	165,1	5	19,74
	3,2	1,75		3,6	5,36		5,6	22,03
26,9	2,6	1,57	70	2,9	4,83	168,3	6,3	25,17
	3,2	1,89		3,6	5,93		7,1	28,23
30	2,6	1,76	76,1	2,9	5,28	177,8	6,3	26,65
	3,2	2,11		3,6	6,49		7,1	29,89
31,8	2,6	1,88	82,5	3,6	7,06	193,7	6,3	29,12
	3,2	2,27		4	7,8		7,1	32,67
33,7	2,6	2,01	88,9	4	8,43	219,1	6,3	33,06
	3,2	2,42		4,5	9,33		7,1	37,12
38	2,6	2,27	101,6	4	9,63	244,5	7,1	41,57
	3,2	2,75		4,5	10,77		8	46,66
38,1	2,6	2,28	108	4	10,26	267	7,1	45,51
	3,2	2,75		4,5	11,49		8	51,1
						273	7,1	46,56
							8	52,28



## **Anexo B**

Algoritmo de cálculo referente à janela principal de introdução de dados



```
Imports System.Math
Imports System.IO
Imports System.Drawing.Printing
```

```
Public Class Form1
```

```
    'aceleração da gravidade ( g )'
    'viscosidade dinâmica ( v_d )'
    'calor específico ( c_e )'
    'massa específica ( ró )'
    'temperatura média do fluido ( delta_t )'
    Dim g As Double
    Dim v_d As Double
    Dim c_e As Double
    Dim ró As Double
    Dim delta_t As Double

    Private printpagesettings As New PageSettings()
    Private stringToPrint As String
    Private PrintFont As New Font("Arial", 10)
    Dim numLines As Integer

    Private Sub Form1_Load(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles MyBase.Load
        Me.MaximumSize = New Size(831, 632)
        Me.MinimumSize = New Size(831, 632)
        Me.Width = 831
        Me.Height = 632

    End Sub

    Private Sub Button1_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Button1.Click
        ' Botão de calculo do diâmetro normalizado pela norma DIN2448
        If ComboBox2.Text = "" Then

            ComboBox2.Items.Clear()

            If ComboBox1.SelectedIndex = -1 Or ComboBox1.Text = "" Then
                MsgBox("Selecione um tipo de termofluido.", _
                    vbInformation, _
                    "Tipo de Termofluido")
                Return
            Else : End If

            'definir o valor de ( pi)'
            'definir ( velocidade_arbi )'
            'definir ( caudal )'
            'definir ( diametro_inicial_cal )'
            'definir ( area )'
            Dim pi As Double
            Dim velocidade_arbi As Double
            Dim caudal_si As Double
            Dim diametro_inicial_cal As Double
            'Dim area As Double

            If TextBox3.Enabled = False And TextBox10.Enabled = False Then
```

```

        MsgBox("Selecionar caudal.", _
            vbInformation, _
            "Caudal")
    Return
Else : End If

If TextBox3.Enabled = True And TextBox3.Text = "" Then
    MsgBox("Introduza um valor de caudal válido.", _
        vbInformation, _
        "Valor de caudal")
    Return
Else : End If

If TextBox10.Enabled = True And TextBox10.Text = "" Then
    MsgBox("Introduza um valor de caudal válido.", _
        vbInformation, _
        "Valor de caudal")
    Return
Else : End If

If TextBox2.Text = "" Then
    MsgBox("Introduza um valor de comprimento válido.", _
        vbInformation, _
        "Comprimento")
    Return
Else : End If

If TextBox11.Text = "" Then
    MsgBox("Introduza um valor de rugosidade válido.", _
        vbInformation, _
        "Rugosidade")
    Return
Else : End If

If TextBox1.Text = "" Then
    MsgBox("Introduza um valor de temperatura média do fluido válido.", _
        vbInformation, _
        "Temperatura")
    Return
Else : End If

If TextBox9.Text = "" Then
    MsgBox("Introduza um valor de  $\Delta T$  válido.", _
        vbInformation, _
        " $\Delta T$ ")
    Return
Else : End If

Dim comprimento As Double
comprimento = (TextBox2.Text)

g = 9.8
'Form3.Label12.Text = g

pi = 3.1415927

velocidade_arbi = 2.5

```

```
Form3.Label21.Text = velocidade_arbi
```

```
Dim rugosidade_mm As Double
```

```
rugosidade_mm = (TextBox11.Text)
```

```
Dim rugosidade As Double
```

```
rugosidade = rugosidade_mm * 0.001
```

```
delta_t = (TextBox1.Text + (TextBox9.Text / 2))
```

```
Select Case ComboBox1.SelectedIndex
```

```
Case 0
```

```
c_e = 0.0017 * delta_t + 1.5742
```

```
Form3.Label16.Text = Format(c_e, "0.00000")
```

```
ró = -0.0005 * (delta_t) ^ 2 - 0.8048 * delta_t + 952.5438
```

```
Form3.Label18.Text = Format(ró, "0.00000")
```

```
v_d = Exp(2888.5 / (delta_t + 365.68) - 12.013)
```

```
Form3.Label14.Text = Format(v_d, "0.00000")
```

```
Case 1
```

```
c_e = 0.0025 * delta_t + 1.6326
```

```
Form3.Label16.Text = Format(c_e, "0.00000")
```

```
ró = -1.011 * (delta_t) + 891.9798
```

```
Form3.Label18.Text = Format(ró, "0.00000")
```

```
v_d = Exp(1393 / (delta_t + 274.308) - 11.028)
```

```
Form3.Label14.Text = Format(v_d, "0.00000")
```

```
Case 2
```

```
c_e = 0.0017 * delta_t + 1.6274
```

```
Form3.Label16.Text = Format(c_e, "0.00000")
```

```
ró = -0.4654 * (delta_t) + 975.74
```

```
Form3.Label18.Text = Format(ró, "0.00000")
```

```
v_d = Exp(2244.64 / (delta_t + 327.04) - 9.2949)
```

```
Form3.Label14.Text = Format(v_d, "0.00000")
```

```
Case 3
```

```
c_e = 0.003224 * delta_t + 1.5592
```

```
Form3.Label16.Text = Format(c_e, "0.00000")
```

```
ró = -0.72 * (delta_t) + 1041.6
```

```
Form3.Label18.Text = Format(ró, "0.00000")
```

```
v_d = Exp(855.864 / (delta_t + 105.834) - 10.088)
```

```
Form3.Label14.Text = Format(v_d, "0.00000")
```

```
End Select
```

```
Dim delta_t_k As Double
```

```
Dim delta_t_caudal As Double
```

```
delta_t_caudal = TextBox9.Text
```

```

delta_t_k = delta_t_caudal + 273.15

If TextBox3.Enabled <> 0 Then
    caudal_si = (TextBox3.Text) / 3600
End If

If TextBox10.Enabled <> 0 Then
    caudal_si = (Val(TextBox10.Text)) / (c_e * delta_t_k)
End If

r6))
diametro_inicial_cal = Sqrt((caudal_si * 4) / (pi * velocidade_arbi *

Form3.Label111.Text = Format(diametro_inicial_cal, "0.00000")

Dim diametro_mm As Double
diametro_mm = diametro_inicial_cal * 1000.0
Form3.Label152.Text = Format(diametro_mm, "0.00000")

'-----'
'-----'
'tabela DIN2448 (x,y)'
Dim x(34), y(34) As Double

x(1) = 10.2
y(1) = 1.6

y(2) = 2.3
x(3) = 13.5
y(3) = 1.8

y(4) = 2.3
x(5) = 17.2
y(5) = 2

y(6) = 2.3
x(7) = 21.3
y(7) = 2.6

y(8) = 3.2
x(9) = 26.9
y(9) = 2.6

y(10) = 3.2
x(11) = 33.7
y(11) = 2.6

y(12) = 3.2
x(13) = 42.4
y(13) = 2.6

y(14) = 3.2
x(15) = 48.3
y(15) = 2.6

y(16) = 3.2
x(17) = 60.3
y(17) = 2.9

```

y(18) = 3.6  
x(19) = 76.1  
y(19) = 2.9

y(20) = 3.6  
x(21) = 88.9  
y(21) = 4

y(22) = 4.5  
x(23) = 101.6  
y(23) = 4

y(24) = 4.5  
x(25) = 114.3  
y(25) = 4

y(26) = 4.5  
x(27) = 139.7  
y(27) = 4.5

y(28) = 5.6  
x(29) = 168.3  
y(29) = 6.3

y(30) = 7.1  
x(31) = 219.1  
y(31) = 6.3

y(32) = 7.1  
x(33) = 273.0  
y(33) = 7.1

y(34) = 8.0

```
If Form3.Label152.Text < x(1) Then  
    MsgBox("valor de diâmetro muito pequeno")
```

```
End If
```

```
If Form3.Label152.Text > x(33) Then  
    MsgBox("valor de diâmetro não existente, demasiado grande")
```

```
End If
```

```
If Val(Form3.Label152.Text) < x(33) And Val(Form3.Label152.Text) > x(31)
```

Then

```
    Label1.Text = x(33)
```

```
    If Label1.Text = x(33) Then
```

```
        ComboBox2.Items.Add("7,1")
```

```
        ComboBox2.Items.Add("8,0")
```

```
    End If
```

```
End If
```

```
If Val(Form3.Label152.Text) < x(31) And Val(Form3.Label152.Text) > x(29)
```

Then

```
    Label1.Text = x(31)
```

```
    If Label1.Text = x(31) Then
```

```
        ComboBox2.Items.Add("6,3")
```

```
        ComboBox2.Items.Add("7,1")
```

```
    End If
```

```

End If

Then
    If Val(Form3.Label152.Text) < x(29) And Val(Form3.Label152.Text) > x(27)
        Label1.Text = x(29)
        If Label1.Text = x(29) Then
            ComboBox2.Items.Add("6,3")
            ComboBox2.Items.Add("7,1")
        End If
    End If

Then
    If Val(Form3.Label152.Text) < x(27) And Val(Form3.Label152.Text) > x(25)
        Label1.Text = x(27)
        If Label1.Text = x(27) Then
            ComboBox2.Items.Add("4,5")
            ComboBox2.Items.Add("5,6")
        End If
    End If

Then
    If Val(Form3.Label152.Text) < x(25) And Val(Form3.Label152.Text) > x(23)
        Label1.Text = x(25)
        If Label1.Text = x(25) Then
            ComboBox2.Items.Add("4,0")
            ComboBox2.Items.Add("4,5")
        End If
    End If

Then
    If Val(Form3.Label152.Text) < x(23) And Val(Form3.Label152.Text) > x(21)
        Label1.Text = x(23)
        If Label1.Text = x(23) Then
            ComboBox2.Items.Add("4,0")
            ComboBox2.Items.Add("4,5")
        End If
    End If

Then
    If Val(Form3.Label152.Text) < x(21) And Val(Form3.Label152.Text) > x(19)
        Label1.Text = x(21)
        If Label1.Text = x(21) Then
            ComboBox2.Items.Add("4,0")
            ComboBox2.Items.Add("4,5")
        End If
    End If

Then
    If Val(Form3.Label152.Text) < x(19) And Val(Form3.Label152.Text) > x(17)
        Label1.Text = x(19)
        If Label1.Text = x(19) Then
            ComboBox2.Items.Add("2,9")
            ComboBox2.Items.Add("3,6")
        End If
    End If

Then
    If Val(Form3.Label152.Text) < x(17) And Val(Form3.Label152.Text) > x(15)

```

```

        Label1.Text = x(17)
        If Label1.Text = x(17) Then
            ComboBox2.Items.Add("2,9")
            ComboBox2.Items.Add("3,6")
        End If
    End If

Then
    If Val(Form3.Label152.Text) < x(15) And Val(Form3.Label152.Text) > x(13)

        Label1.Text = x(15)
        If Label1.Text = x(15) Then
            ComboBox2.Items.Add("2,6")
            ComboBox2.Items.Add("3,2")
        End If
    End If

Then
    If Val(Form3.Label152.Text) < x(13) And Val(Form3.Label152.Text) > x(11)

        Label1.Text = x(13)
        If Label1.Text = x(13) Then
            ComboBox2.Items.Add("2,6")
            ComboBox2.Items.Add("3,2")
        End If
    End If

Then
    If Val(Form3.Label152.Text) < x(11) And Val(Form3.Label152.Text) > x(9)

        Label1.Text = x(11)
        If Label1.Text = x(11) Then
            ComboBox2.Items.Add("2,6")
            ComboBox2.Items.Add("3,2")
        End If
    End If

Then
    If Val(Form3.Label152.Text) < x(9) And Val(Form3.Label152.Text) > x(7)

        Label1.Text = x(9)
        If Label1.Text = x(9) Then
            ComboBox2.Items.Add("2,6")
            ComboBox2.Items.Add("3,2")
        End If
    End If

Then
    If Val(Form3.Label152.Text) < x(7) And Val(Form3.Label152.Text) > x(5)

        Label1.Text = x(7)
        If Label1.Text = x(7) Then
            ComboBox2.Items.Add("2,6")
            ComboBox2.Items.Add("3,2")
        End If
    End If

Then
    If Val(Form3.Label152.Text) < x(5) And Val(Form3.Label152.Text) > x(3)

        Label1.Text = x(5)
        If Label1.Text = x(5) Then
            ComboBox2.Items.Add("2,0")
            ComboBox2.Items.Add("2,3")
        End If
    End If

```

```

        End If
    End If

    Then
        If Val(Form3.Label152.Text) < x(3) And Val(Form3.Label152.Text) > x(1)

            Label1.Text = x(3)
            If Label1.Text = x(3) Then
                ComboBox2.Items.Add("1,8")
                ComboBox2.Items.Add("2,3")
            End If
        End If

        Dim diametro_exterior As Double
        Dim diametro_exterior_m As Double

        diametro_exterior = Val(Label1.Text)
        diametro_exterior_m = diametro_exterior * 0.001
        Label2.Text = Format(diametro_exterior_m, "0.00000")

    Else : ComboBox2.Items.Clear()

        If ComboBox1.SelectedIndex = -1 Or ComboBox1.Text = "" Then
            MsgBox("Seleccione um tipo de termofluido.", _
                vbInformation, _
                "Tipo de Termofluido")
            Return
        Else : End If

        'definir o valor de ( pi)'
        'definir ( velocidade_arbi )'
        'definir ( caudal )'
        'definir ( diametro_inicial_cal )'
        'definir ( area )'
        Dim pi As Double
        Dim velocidade_arbi As Double
        Dim caudal_si As Double
        Dim diametro_inicial_cal As Double
        Dim area As Double

        If TextBox3.Enabled = False And TextBox10.Enabled = False Then
            MsgBox("Seleccionar caudal.", _
                vbInformation, _
                "Caudal")

            Return
        Else : End If

        If TextBox3.Enabled = True And TextBox3.Text = "" Then
            MsgBox("Introduza um valor de caudal válido.", _
                vbInformation, _
                "Valor de caudal")

            Return
        Else : End If

        If TextBox10.Enabled = True And TextBox10.Text = "" Then
            MsgBox("Introduza um valor de caudal válido.", _
                vbInformation, _
                "Valor de caudal")
        End If
    End If

```

```

        Return
    Else : End If

    Dim delta_t_k As Double
    Dim delta_t_caudal As Double

    delta_t_caudal = TextBox9.Text
    delta_t_k = delta_t_caudal + 273.15

    If TextBox3.Enabled <> 0 Then
        caudal_si = (TextBox3.Text) / 3600
    End If

    If TextBox10.Enabled <> 0 Then
        caudal_si = (TextBox10.Text) / (c_e * delta_t_k)
    End If

    If TextBox2.Text = "" Then
        MsgBox("Introduza um valor de comprimento válido.", _
            vbInformation, _
            "Comprimento")
        Return
    Else : End If

    If TextBox11.Text = "" Then
        MsgBox("Introduza um valor de rugosidade válido.", _
            vbInformation, _
            "Rugosidade")
        Return
    Else : End If

    If TextBox1.Text = "" Then
        MsgBox("Introduza um valor de temperatura válido.", _
            vbInformation, _
            "Temperatura")
        Return
    Else : End If

    If TextBox9.Text = "" Then
        MsgBox("Introduza um valor de ΔT válido.", _
            vbInformation, _
            "ΔT")
        Return
    Else : End If

    Dim comprimento As Double
    comprimento = (TextBox2.Text)

    g = 9.8
    'Form3.Label12.Text = g

    pi = 3.14159265

    velocidade_arbi = 2.5
    Form3.Label21.Text = velocidade_arbi

    Dim rugosidade_mm As Double
    rugosidade_mm = (TextBox11.Text)

```

```

Dim rugosidade As Double
rugosidade = rugosidade_mm * 0.001

delta_t = (TextBox1.Text + (TextBox9.Text / 2))

Select Case ComboBox1.SelectedIndex
Case 0
    c_e = 0.0017 * delta_t + 1.5742
    Form3.Label16.Text = Format(c_e, "0.00000")

    ró = -0.0005 * (delta_t) ^ 2 - 0.8048 * delta_t + 952.5438
    Form3.Label18.Text = Format(ró, "0.00000")

    v_d = Exp(2888.5 / (delta_t + 365.68) - 12.013)
    Form3.Label14.Text = Format(v_d, "0.00000")

Case 1
    c_e = 0.0025 * delta_t + 1.6326
    Form3.Label16.Text = Format(c_e, "0.00000")

    ró = -1.011 * (delta_t) + 891.9798
    Form3.Label18.Text = Format(ró, "0.00000")

    v_d = Exp(1393 / (delta_t + 274.308) - 11.028)
    Form3.Label14.Text = Format(v_d, "0.00000")

Case 2
    c_e = 0.0017 * delta_t + 1.6274
    Form3.Label16.Text = Format(c_e, "0.00000")

    ró = -0.4654 * (delta_t) + 975.74
    Form3.Label18.Text = Format(ró, "0.00000")

    v_d = Exp(2244.64 / (delta_t + 327.04) - 9.2949)
    Form3.Label14.Text = Format(v_d, "0.00000")

Case 3
    c_e = 0.003224 * delta_t + 1.5592
    Form3.Label16.Text = Format(c_e, "0.00000")

    ró = -0.72 * (delta_t) + 1041.6
    Form3.Label18.Text = Format(ró, "0.00000")

    v_d = Exp(855.864 / (delta_t + 105.834) - 10.088)
    Form3.Label14.Text = Format(v_d, "0.00000")

End Select

diametro_inicial_cal = Sqrt((caudal_si * 4) / (pi * velocidade_arbi *
ró))
Form3.Label111.Text = Format(diametro_inicial_cal, "0.00000")

Dim diametro_mm As Double
diametro_mm = diametro_inicial_cal * 1000.0
Form3.Label152.Text = Format(diametro_mm, "0.00000")

```

'-----'  
'-----'  
'tabela DIN2448 (x,y)'  
Dim x(34), y(34) As Double

x(1) = 10.2  
y(1) = 1.6

y(2) = 2.3  
x(3) = 13.5  
y(3) = 1.8

y(4) = 2.3  
x(5) = 17.2  
y(5) = 2

y(6) = 2.3  
x(7) = 21.3  
y(7) = 2.6

y(8) = 3.2  
x(9) = 26.9  
y(9) = 2.6

y(10) = 3.2  
x(11) = 33.7  
y(11) = 2.6

y(12) = 3.2  
x(13) = 42.4  
y(13) = 2.6

y(14) = 3.2  
x(15) = 48.3  
y(15) = 2.6

y(16) = 3.2  
x(17) = 60.3  
y(17) = 2.9

y(18) = 3.6  
x(19) = 76.1  
y(19) = 2.9

y(20) = 3.6  
x(21) = 88.9  
y(21) = 4

y(22) = 4.5  
x(23) = 101.6  
y(23) = 4

y(24) = 4.5  
x(25) = 114.3  
y(25) = 4

y(26) = 4.5

```
x(27) = 139.7  
y(27) = 4.5
```

```
y(28) = 5.6  
x(29) = 168.3  
y(29) = 6.3
```

```
y(30) = 7.1  
x(31) = 219.1  
y(31) = 6.3
```

```
y(32) = 7.1  
x(33) = 273.0  
y(33) = 7.1
```

```
y(34) = 8.0
```

```
If Form3.Label152.Text < x(1) Then  
    MsgBox("valor de diâmetro muito pequeno")
```

```
End If
```

```
If Form3.Label152.Text > x(33) Then  
    MsgBox("valor de diâmetro não existente, demasiado grande")
```

```
End If
```

```
If Val(Form3.Label152.Text) < x(33) And Val(Form3.Label152.Text) > x(31)
```

Then

```
    Label1.Text = x(33)
```

```
    If Label1.Text = x(33) Then
```

```
        ComboBox2.Items.Add("7,1")
```

```
        ComboBox2.Items.Add("8,0")
```

```
    End If
```

```
End If
```

```
If Val(Form3.Label152.Text) < x(31) And Val(Form3.Label152.Text) > x(29)
```

Then

```
    Label1.Text = x(31)
```

```
    If Label1.Text = x(31) Then
```

```
        ComboBox2.Items.Add("6,3")
```

```
        ComboBox2.Items.Add("7,1")
```

```
    End If
```

```
End If
```

```
If Val(Form3.Label152.Text) < x(29) And Val(Form3.Label152.Text) > x(27)
```

Then

```
    Label1.Text = x(29)
```

```
    If Label1.Text = x(29) Then
```

```
        ComboBox2.Items.Add("6,3")
```

```
        ComboBox2.Items.Add("7,1")
```

```
    End If
```

```
End If
```

```
If Val(Form3.Label152.Text) < x(27) And Val(Form3.Label152.Text) > x(25)
```

Then

```
    Label1.Text = x(27)
```

```
    If Label1.Text = x(27) Then
```

```
        ComboBox2.Items.Add("4,5")
```

```
        ComboBox2.Items.Add("5,6")
```

```
    End If
```

```

End If

Then
    If Val(Form3.Label152.Text) < x(25) And Val(Form3.Label152.Text) > x(23)
        Label1.Text = x(25)
        If Label1.Text = x(25) Then
            ComboBox2.Items.Add("4,0")
            ComboBox2.Items.Add("4,5")
        End If
    End If

Then
    If Val(Form3.Label152.Text) < x(23) And Val(Form3.Label152.Text) > x(21)
        Label1.Text = x(23)
        If Label1.Text = x(23) Then
            ComboBox2.Items.Add("4,0")
            ComboBox2.Items.Add("4,5")
        End If
    End If

Then
    If Val(Form3.Label152.Text) < x(21) And Val(Form3.Label152.Text) > x(19)
        Label1.Text = x(21)
        If Label1.Text = x(21) Then
            ComboBox2.Items.Add("4,0")
            ComboBox2.Items.Add("4,5")
        End If
    End If

Then
    If Val(Form3.Label152.Text) < x(19) And Val(Form3.Label152.Text) > x(17)
        Label1.Text = x(19)
        If Label1.Text = x(19) Then
            ComboBox2.Items.Add("2,9")
            ComboBox2.Items.Add("3,6")
        End If
    End If

Then
    If Val(Form3.Label152.Text) < x(17) And Val(Form3.Label152.Text) > x(15)
        Label1.Text = x(17)
        If Label1.Text = x(17) Then
            ComboBox2.Items.Add("2,9")
            ComboBox2.Items.Add("3,6")
        End If
    End If

Then
    If Val(Form3.Label152.Text) < x(15) And Val(Form3.Label152.Text) > x(13)
        Label1.Text = x(15)
        If Label1.Text = x(15) Then
            ComboBox2.Items.Add("2,6")
            ComboBox2.Items.Add("3,2")
        End If
    End If

Then
    If Val(Form3.Label152.Text) < x(13) And Val(Form3.Label152.Text) > x(11)

```

```

        Label1.Text = x(13)
        If Label1.Text = x(13) Then
            ComboBox2.Items.Add("2,6")
            ComboBox2.Items.Add("3,2")
        End If
    End If
Then
    If Val(Form3.Label152.Text) < x(11) And Val(Form3.Label152.Text) > x(9)
        Label1.Text = x(11)
        If Label1.Text = x(11) Then
            ComboBox2.Items.Add("2,6")
            ComboBox2.Items.Add("3,2")
        End If
    End If
Then
    If Val(Form3.Label152.Text) < x(9) And Val(Form3.Label152.Text) > x(7)
        Label1.Text = x(9)
        If Label1.Text = x(9) Then
            ComboBox2.Items.Add("2,6")
            ComboBox2.Items.Add("3,2")
        End If
    End If
Then
    If Val(Form3.Label152.Text) < x(7) And Val(Form3.Label152.Text) > x(5)
        Label1.Text = x(7)
        If Label1.Text = x(7) Then
            ComboBox2.Items.Add("2,6")
            ComboBox2.Items.Add("3,2")
        End If
    End If
Then
    If Val(Form3.Label152.Text) < x(5) And Val(Form3.Label152.Text) > x(3)
        Label1.Text = x(5)
        If Label1.Text = x(5) Then
            ComboBox2.Items.Add("2,0")
            ComboBox2.Items.Add("2,3")
        End If
    End If
Then
    If Val(Form3.Label152.Text) < x(3) And Val(Form3.Label152.Text) > x(1)
        Label1.Text = x(3)
        If Label1.Text = x(3) Then
            ComboBox2.Items.Add("1,8")
            ComboBox2.Items.Add("2,3")
        End If
    End If

Dim diametro_exterior As Double
Dim diametro_exterior_m As Double

diametro_exterior = Label1.Text
diametro_exterior_m = diametro_exterior * 0.001
Label2.Text = Format(diametro_exterior_m, "0.00000")

```

```

Dim diametro_interior As Double
Dim espessura As Double

espessura = (ComboBox2.Text)
diametro_interior = diametro_exterior - 2 * espessura
Label8.Text = diametro_interior

Dim diametro_interior_m As Double
diametro_interior_m = diametro_interior * 0.001
Label5.Text = diametro_interior_m

Dim velocidade_nova As Double
velocidade_nova = (caudal_si * 4) / (pi * (diametro_interior_m) ^ 2 *
ró)

Form3.Label19.Text = Format(velocidade_nova, "0.00")

Dim reynolds As Double
reynolds = (ró * velocidade_nova * diametro_interior_m) / v_d
Form3.Label14.Text = Format(reynolds, "0.00")

'cálculo do factor de darcy weisbach'
Dim f_darcy As Double
Dim result As Double

result = -1.85 * (Log10(((rugosidade / diametro_interior_m) / 3.7) ^ (1
/ 0.925) + 10 ^ (((Log10(reynolds)) ^ 1.285) / (1.804 * reynolds ^ 0.0073))))
f_darcy = (1 / result) ^ 2
Form3.Label22.Text = f_darcy
Form3.Label22.Text = Format(f_darcy, "0.00000")

area = (pi * (diametro_interior_m) ^ 2) / 4
Form3.Label20.Text = Format(area, "0.00000")

If Button1.Enabled = True Then
    Button5.Enabled = True
Else : Button5.Enabled = False
End If

If Button1.Enabled = True Then
    Button2.Enabled = True
Else : Button2.Enabled = False
End If

If Button1.Enabled = True Then
    Button3.Enabled = True
Else : Button3.Enabled = False
End If
End If

End Sub

Private Sub Button3_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Button3.Click
    'Botão de acesso ao form2 para a escolha de acessórios
    Form2.Visible = True

```

```

End Sub

Private Sub Label155_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Label155.Click

End Sub

Private Sub Button4_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Button4.Click
'Botão de acesso ao form3, respectivo às mais informações
Form3.Visible = True
End Sub

Private Sub Button5_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Button5.Click
'Botão de cálculo das perdas de carga em linha
Dim velocidade_nova As Double
Dim comprimento As Double
Dim altura_inicial As Double
Dim altura_final As Double
Dim f_darcy As Double
Dim diametro_interior_m As Double
Dim perdas As Double
Dim ró_agua As Double

altura_inicial = 20
altura_final = 20
velocidade_nova = Form3.Label19.Text
f_darcy = Form3.Label22.Text
ró = Form3.Label18.Text
ró_agua = 1000
comprimento = Val(TextBox2.Text)
diametro_interior_m = Label5.Text

perdas = f_darcy * (comprimento / diametro_interior_m) * (((velocidade_nova)
^ 2) / 2) * ró
Label16.Text = FormatNumber(perdas, 0)

Dim pressao As Double
pressao = (Label16.Text / 98000) / TextBox2.Text
Form3.Label19.Text = Format(pressao, "0.000")

End Sub

Private Sub RadioButton1_CheckedChanged(ByVal sender As System.Object, ByVal e
As System.EventArgs) Handles RadioButton1.CheckedChanged
If RadioButton1.Checked = True Then
    TextBox3.Enabled = True
Else : TextBox3.Enabled = False
End If
End Sub

Private Sub RadioButton2_CheckedChanged(ByVal sender As System.Object, ByVal e
As System.EventArgs) Handles RadioButton2.CheckedChanged
If RadioButton2.Checked = True Then
    TextBox10.Enabled = True
Else : TextBox10.Enabled = False
End If

```

```

End Sub

Private Sub Button2_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Button2.Click
    'Botão de cálculo das perdas de carga localizadas
    If Label155.Text = "" Or 0 Then
        MsgBox("Escolha de entre os vários acessórios disponíveis")
        Return
    End If

    'Dim l_equi As Double
    'l_equi = Label155.Text * Label15.Text
    'Label13.Text = FormatNumber(l_equi, 4)
    'Dim l_equi_volta As Double
    'l_equi_volta = Label111.Text * Label15.Text
    'Label110.Text = FormatNumber(l_equi_volta, 4)

    Dim perda_total_ida As Double
    Dim perda_total_volta As Double
    Dim perdas As Double
    Dim perdas_localizadas As Double
    Dim perdas_localizadas_volta As Double
    Dim velocidade_nova As Double
    Dim f_darcy As Double
    Dim outras_perdas As Double

    f_darcy = Form3.Label22.Text
    velocidade_nova = Form3.Label19.Text

    perdas = Convert.ToDouble(Label6.Text)
    'perdas_localizadas = Convert.ToDouble(Label13.Text)
    perdas_localizadas = f_darcy * Form2.Label4.Text * (((velocidade_nova) ^ 2)
/ 2) * ró
    Label13.Text = FormatNumber(perdas_localizadas, 0)
    If TextBox28.Text = "" Then
        TextBox28.Text = 0
    End If
    outras_perdas = TextBox28.Text
    If TextBox28.Text <> "" Then
        TextBox28.Text = TextBox28.Text
    End If
    perda_total_ida = perdas + perdas_localizadas + outras_perdas
    Label18.Text = FormatNumber(perda_total_ida, 0)

    'perdas_localizadas_volta = Convert.ToDouble(Label10.Text)
    perdas_localizadas_volta = f_darcy * Form2.Label15.Text *
(((velocidade_nova) ^ 2) / 2) * ró
    Label10.Text = FormatNumber(perdas_localizadas_volta, 0)
    perda_total_volta = perdas + perdas_localizadas_volta
    Label19.Text = FormatNumber(perda_total_volta, 0)

End Sub

Private Sub Button7_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Button7.Click
    'Sair da aplicação
    End
End Sub

```

'Esta rotina é referente ao botão de RESET ou REFRESH cuja função é a de limpar todos os campos sem ter de reiniciar a aplicação.

```
Private Sub Button6_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles Button6.Click
```

```
    TextBox1.Text = ""  
    TextBox2.Text = ""  
    TextBox3.Text = ""  
    TextBox10.Text = ""  
    TextBox11.Text = ""  
    TextBox9.Text = ""  
    TextBox28.Text = ""
```

```
    Label11.Text = ""  
    Label13.Text = ""  
    Label12.Text = ""  
    Label15.Text = ""  
    Label16.Text = ""  
    Label155.Text = ""  
    Label18.Text = ""  
    Label110.Text = ""  
    Label111.Text = ""  
    Label118.Text = ""  
    Label119.Text = ""
```

```
    Form3.Label4.Text = ""  
    Form3.Label6.Text = ""  
    Form3.Label8.Text = ""  
    Form3.Label9.Text = ""  
    Form3.Label11.Text = ""  
    Form3.Label14.Text = ""  
    Form3.Label19.Text = ""  
    Form3.Label20.Text = ""  
    Form3.Label21.Text = ""  
    Form3.Label22.Text = ""  
    Form3.Label52.Text = ""
```

```
    ComboBox1.Text = ""  
    ComboBox2.Text = ""  
    ComboBox3.Text = ""  
    RadioButton1.Checked = False  
    RadioButton2.Checked = False
```

```
    Button5.Enabled = False  
    Button2.Enabled = False  
    Button3.Enabled = False
```

```
End Sub
```

```
Private Sub ComboBox3_SelectedIndexChanged(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles ComboBox3.SelectedIndexChanged
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Button12_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles Button12.Click
```

```
    'Expansão de form1, aumenta de tamanho  
    Button14.Visible = True
```

```

        Button10.Visible = True
        Me.MaximumSize = New Size(1150, 632)
        Me.MinimumSize = New Size(1150, 632)
        Me.Width = 1150
        Me.Height = 632
    End Sub

    Private Sub Button13_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Button13.Click
        'Redução do form1, reduz o seu tamanho
        Button14.Visible = False
        Button10.Visible = False
        Me.MaximumSize = New Size(831, 632)
        Me.MinimumSize = New Size(831, 632)
        Me.Width = 831
        Me.Height = 632
    End Sub

    Private Sub SaveFileDialog1_FileOk(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.ComponentModel.CancelEventArgs) Handles SaveFileDialog1.FileOk

        Dim filetosaveas As String = SaveFileDialog1.FileName
        Dim objwriter As New System.IO.StreamWriter(filetosaveas)

        If tabPage1.Visible = True Then
            objwriter.Write(textBox4.Text)
            objwriter.Close()
        End If
        If tabPage2.Visible = True Then
            objwriter.Write(textBox5.Text)
            objwriter.Close()
        End If
        If tabPage3.Visible = True Then
            objwriter.Write(textBox6.Text)
            objwriter.Close()
        End If
        If tabPage4.Visible = True Then
            objwriter.Write(textBox7.Text)
            objwriter.Close()
        End If
        If tabPage5.Visible = True Then
            objwriter.Write(textBox8.Text)
            objwriter.Close()
        End If
        If tabPage6.Visible = True Then
            objwriter.Write(textBox12.Text)
            objwriter.Close()
        End If
        If tabPage7.Visible = True Then
            objwriter.Write(textBox13.Text)
            objwriter.Close()
        End If
        If tabPage8.Visible = True Then
            objwriter.Write(textBox14.Text)
            objwriter.Close()
        End If
        If tabPage9.Visible = True Then
            objwriter.Write(textBox15.Text)

```

```

        objwriter.Close()
    End If
    If TabPage10.Visible = True Then
        objwriter.Write(TextBox16.Text)
        objwriter.Close()
    End If
    If TabPage11.Visible = True Then
        objwriter.Write(TextBox17.Text)
        objwriter.Close()
    End If
    If TabPage12.Visible = True Then
        objwriter.Write(TextBox18.Text)
        objwriter.Close()
    End If
    If TabPage13.Visible = True Then
        objwriter.Write(TextBox19.Text)
        objwriter.Close()
    End If
    If TabPage14.Visible = True Then
        objwriter.Write(TextBox20.Text)
        objwriter.Close()
    End If
    If TabPage15.Visible = True Then
        objwriter.Write(TextBox21.Text)
        objwriter.Close()
    End If
    If TabPage16.Visible = True Then
        objwriter.Write(TextBox22.Text)
        objwriter.Close()
    End If
    If TabPage17.Visible = True Then
        objwriter.Write(TextBox23.Text)
        objwriter.Close()
    End If
    If TabPage18.Visible = True Then
        objwriter.Write(TextBox24.Text)
        objwriter.Close()
    End If
    If TabPage19.Visible = True Then
        objwriter.Write(TextBox25.Text)
        objwriter.Close()
    End If
    If TabPage20.Visible = True Then
        objwriter.Write(TextBox26.Text)
        objwriter.Close()
    End If
End Sub

Private Sub Button15_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Button15.Click
    'guarda algumas caixas de texto num ficheiro notepad'
    SaveFileDialog1.ShowDialog()

End Sub

Private Sub TabPage1_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles TabPage1.Click

```

```

End Sub

Private Sub Button14_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Button14.Click
    'Botão de adição de informação, adiciona toda a informação inerente ao troço
    selecionado
    Select Case ComboBox3.SelectedIndex
        Case 0
            TextBox4.Text = "Dados do cliente: " & vbCrLf & _
                TextBox27.Text & vbCrLf & vbCrLf & _
                "Nome do termofluido: " & ComboBox1.Text & vbCrLf & vbCrLf & _
                "Caudal = " & TextBox3.Text & " [kg/h]" & vbCrLf & "Comprimento
de linha = " & TextBox2.Text & " [m]" & vbCrLf & _
                "Rugosidade = " & TextBox11.Text & " [mm]" & vbCrLf & _
                "Temperatura máxima do fluido = " & TextBox1.Text & " [°C]" &
vbCrLf & "ΔT = " & TextBox9.Text & "[°C]" & vbCrLf & _
                "Diâmetro exterior = " & Label1.Text & " [mm]" & vbCrLf &
"Espessura do tubo = " & ComboBox2.Text & " [mm]" & vbCrLf & _
                "Diâmetro interior = " & Label5.Text & " [mm]" & vbCrLf & _
                "Viscosidade dinâmica = " & Form3.Label4.Text & " [Pa.s]" &
vbCrLf & "Calor específico = " & Form3.Label6.Text & " [kJ/(kg.K)]" & vbCrLf & _
                "Massa volúmica = " & Form3.Label8.Text & " [kg/m^3]" & vbCrLf &
"Nº de Reynolds = " & Form3.Label14.Text & " [-]" & vbCrLf & _
                "Factor de Darcy = " & Form3.Label22.Text & " [-]" & vbCrLf &
"Área interior tubo = " & Form3.Label20.Text & " [m^2]" & vbCrLf & _
                "Pressão interior do tudo = " & Form3.Label19.Text & " [bar/m]"
& vbCrLf & "Velocidade do fluido = " & Form3.Label9.Text & " [m/s]" & vbCrLf &
vbCrLf & _
                "Perda de carga em linha" & vbCrLf & Label6.Text & " [Pa]" &
vbCrLf & vbCrLf & _
                "Perdas de carga localizadas" & vbCrLf & "Ida" & vbCrLf

            If Form2.CheckBox1.Checked = True Then
                TextBox4.AppendText("Alargamento gradual " & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown1.Value & vbCrLf)
            End If
            If Form2.CheckBox2.Checked = True Then
                TextBox4.AppendText("Cotovelo a 90°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown2.Value & vbCrLf)
            End If
            If Form2.CheckBox3.Checked = True Then
                TextBox4.AppendText("Cotovelo a 45°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown3.Value & vbCrLf)
            End If
            If Form2.CheckBox4.Checked = True Then
                TextBox4.AppendText("Curva longa a 90°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown4.Value & vbCrLf)
            End If
            If Form2.CheckBox5.Checked = True Then
                TextBox4.AppendText("Curva longa a 45°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown5.Value & vbCrLf)
            End If
            If Form2.CheckBox6.Checked = True Then
                TextBox4.AppendText("Cotovelo a 180°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown6.Value & vbCrLf)
            End If
            If Form2.CheckBox7.Checked = True Then

```

```

        TextBox4.AppendText("Tê de passagem directa" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown7.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox8.Checked = True Then
        TextBox4.AppendText("Válvula globo" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown8.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox9.Checked = True Then
        TextBox4.AppendText("Válvula angular" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown9.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox10.Checked = True Then
        TextBox4.AppendText("Válvula de gaveta" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown10.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox14.Checked = True Then
        TextBox4.AppendText("Válvula de retenção" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown14.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox18.Checked = True Then
        TextBox4.AppendText("Redução gradual" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown18.Value & vbCrLf)
    End If

    TextBox4.AppendText("Lequi ida = " & Label55.Text & " [m]" & vbCrLf
& "Ida = " & Label13.Text & " [Pa]" & vbCrLf & "Outras = " & TextBox28.Text & "[Pa]"
& vbCrLf & vbCrLf & "Volta" & vbCrLf)

    If Form2.CheckBox1.Checked = True Then
        TextBox4.AppendText("Alargamento gradual " & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown32.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox2.Checked = True Then
        TextBox4.AppendText("Cotovelo a 90°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown31.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox3.Checked = True Then
        TextBox4.AppendText("Cotovelo a 45°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown30.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox4.Checked = True Then
        TextBox4.AppendText("Curva longa a 90°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown29.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox5.Checked = True Then
        TextBox4.AppendText("Curva longa a 45°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown28.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox6.Checked = True Then
        TextBox4.AppendText("Cotovelo a 180°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown27.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox7.Checked = True Then
        TextBox4.AppendText("Tê de passagem directa" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown26.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox8.Checked = True Then

```

```

        TextBox4.AppendText("Válvula globo" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown25.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox9.Checked = True Then
        TextBox4.AppendText("Válvula angular" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown24.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox10.Checked = True Then
        TextBox4.AppendText("Válvula de gaveta" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown23.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox14.Checked = True Then
        TextBox4.AppendText("Válvula de retenção" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown22.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox18.Checked = True Then
        TextBox4.AppendText("Redução gradual" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown12.Value & vbCrLf)
    End If

    TextBox4.AppendText("Lequi volta = " & Label11.Text & " [m]" &
vbCrLf & "Volta = " & Label10.Text & " [Pa]" & vbCrLf & vbCrLf & _
        "Perda total ida = " & Label18.Text & "[Pa]" & vbCrLf & "Perda
total volta = " & Label19.Text & " [Pa]")

    Case 1
        TextBox5.Text = "Dados do cliente: " & vbCrLf & _
            TextBox27.Text & vbCrLf & vbCrLf & _
            "Nome do termofluido: " & ComboBox1.Text & vbCrLf & vbCrLf & _
            "Caudal = " & TextBox3.Text & " [kg/h]" & vbCrLf & "Comprimento
de linha = " & TextBox2.Text & " [m]" & vbCrLf & _
            "Rugosidade = " & TextBox11.Text & " [mm]" & vbCrLf & _
            "Temperatura máxima do fluido = " & TextBox1.Text & " [°C]" &
vbCrLf & "ΔT = " & TextBox9.Text & "[°C]" & vbCrLf & _
            "Diâmetro exterior = " & Label11.Text & " [mm]" & vbCrLf &
"Espessura do tubo = " & ComboBox2.Text & " [mm]" & vbCrLf & _
            "Diâmetro interior = " & Label5.Text & " [mm]" & vbCrLf & _
            "Viscosidade dinâmica = " & Form3.Label14.Text & " [Pa.s]" &
vbCrLf & "Calor específico = " & Form3.Label6.Text & " [kJ/(kg.K)]" & vbCrLf & _
            "Massa volúmica = " & Form3.Label18.Text & " [kg/m^3]" & vbCrLf &
"Nº de Reynolds = " & Form3.Label14.Text & " [-]" & vbCrLf & _
            "Factor de Darcy = " & Form3.Label22.Text & " [-]" & vbCrLf &
"Área interior tubo = " & Form3.Label20.Text & " [m^2]" & vbCrLf & _
            "Pressão interior do tudo = " & Form3.Label19.Text & " [bar/m]"
& vbCrLf & "Velocidade do fluido = " & Form3.Label9.Text & " [m/s]" & vbCrLf &
vbCrLf & _
            "Perda de carga em linha" & vbCrLf & Label16.Text & " [Pa]" &
vbCrLf & vbCrLf & _
            "Perdas de carga localizadas" & vbCrLf & "Ida" & vbCrLf

        If Form2.CheckBox1.Checked = True Then
            TextBox5.AppendText("Alargamento gradual " & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown1.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox2.Checked = True Then
            TextBox5.AppendText("Cotovelo a 90°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown2.Value & vbCrLf)
        End If

```

```

        If Form2.CheckBox3.Checked = True Then
            TextBox5.AppendText("Cotovelo a 45°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown3.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox4.Checked = True Then
            TextBox5.AppendText("Curva longa a 90°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown4.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox5.Checked = True Then
            TextBox5.AppendText("Curva longa a 45°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown5.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox6.Checked = True Then
            TextBox5.AppendText("Cotovelo a 180°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown6.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox7.Checked = True Then
            TextBox5.AppendText("Tê de passagem directa" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown7.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox8.Checked = True Then
            TextBox5.AppendText("Válvula globo" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown8.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox9.Checked = True Then
            TextBox5.AppendText("Válvula angular" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown9.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox10.Checked = True Then
            TextBox5.AppendText("Válvula de gaveta" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown10.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox14.Checked = True Then
            TextBox5.AppendText("Válvula de retenção" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown14.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox18.Checked = True Then
            TextBox5.AppendText("Redução gradual" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown18.Value & vbCrLf)
        End If

        TextBox5.AppendText("Lequi ida = " & Label15.Text & " [m]" & vbCrLf
& "Ida = " & Label13.Text & " [Pa]" & vbCrLf & "Outras = " & TextBox28.Text & "[Pa]"
& vbCrLf & vbCrLf & "Volta" & vbCrLf)

        If Form2.CheckBox1.Checked = True Then
            TextBox5.AppendText("Alargamento gradual " & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown32.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox2.Checked = True Then
            TextBox5.AppendText("Cotovelo a 90°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown31.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox3.Checked = True Then
            TextBox5.AppendText("Cotovelo a 45°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown30.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox4.Checked = True Then

```

```

        TextBox5.AppendText("Curva longa a 90°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown29.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox5.Checked = True Then
        TextBox5.AppendText("Curva longa a 45°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown28.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox6.Checked = True Then
        TextBox5.AppendText("Cotovelo a 180°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown27.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox7.Checked = True Then
        TextBox5.AppendText("Tê de passagem directa" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown26.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox8.Checked = True Then
        TextBox5.AppendText("Válvula globo" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown25.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox9.Checked = True Then
        TextBox5.AppendText("Válvula angular" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown24.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox10.Checked = True Then
        TextBox5.AppendText("Válvula de gaveta" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown23.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox14.Checked = True Then
        TextBox5.AppendText("Válvula de retenção" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown22.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox18.Checked = True Then
        TextBox5.AppendText("Redução gradual" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown12.Value & vbCrLf)
    End If

    TextBox5.AppendText("Lequi volta = " & Label11.Text & " [m]" &
vbCrLf & "Volta = " & Label10.Text & " [Pa]" & vbCrLf & vbCrLf & _
        "Perda total ida = " & Label18.Text & " [Pa]" & vbCrLf & "Perda
total volta = " & Label19.Text & " [Pa]")

```

#### Case 2

```

    TextBox6.Text = "Dados do cliente: " & vbCrLf & _
        TextBox27.Text & vbCrLf & vbCrLf & _
        "Nome do termofluido: " & ComboBox1.Text & vbCrLf & vbCrLf & _
        "Caudal = " & TextBox3.Text & " [kg/h]" & vbCrLf & "Comprimento
de linha = " & TextBox2.Text & " [m]" & vbCrLf & _
        "Rugosidade = " & TextBox11.Text & " [mm]" & vbCrLf & _
        "Temperatura máxima do fluido = " & TextBox1.Text & " [°C]" &
vbCrLf & "ΔT = " & TextBox9.Text & " [°C]" & vbCrLf & _
        "Diâmetro exterior = " & Label11.Text & " [mm]" & vbCrLf &
"Espessura do tubo = " & ComboBox2.Text & " [mm]" & vbCrLf & _
        "Diâmetro interior = " & Label5.Text & " [mm]" & vbCrLf & _
        "Viscosidade dinâmica = " & Form3.Label4.Text & " [Pa.s]" &
vbCrLf & "Calor específico = " & Form3.Label6.Text & " [kJ/(kg.K)]" & vbCrLf & _
        "Massa volúmica = " & Form3.Label8.Text & " [kg/m^3]" & vbCrLf &
"Nº de Reynolds = " & Form3.Label14.Text & " [-]" & vbCrLf & _

```

```

        "Factor de Darcy = " & Form3.Label122.Text & " [-]" & vbCrLf &
"Área interior tubo = " & Form3.Label120.Text & " [m^2]" & vbCrLf & _
        "Pressão interior do tudo = " & Form3.Label119.Text & " [bar/m]"
& vbCrLf & "Velocidade do fluido = " & Form3.Label19.Text & " [m/s]" & vbCrLf &
vbCrLf & _
        "Perda de carga em linha" & vbCrLf & Label16.Text & " [Pa]" &
vbCrLf & vbCrLf & _
        "Perdas de carga localizadas" & vbCrLf & "Ida" & vbCrLf

    If Form2.CheckBox1.Checked = True Then
        TextBox6.AppendText("Alargamento gradual " & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown1.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox2.Checked = True Then
        TextBox6.AppendText("Cotovelo a 90°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown2.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox3.Checked = True Then
        TextBox6.AppendText("Cotovelo a 45°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown3.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox4.Checked = True Then
        TextBox6.AppendText("Curva longa a 90°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown4.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox5.Checked = True Then
        TextBox6.AppendText("Curva longa a 45°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown5.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox6.Checked = True Then
        TextBox6.AppendText("Cotovelo a 180°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown6.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox7.Checked = True Then
        TextBox6.AppendText("Tê de passagem directa" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown7.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox8.Checked = True Then
        TextBox6.AppendText("Válvula globo" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown8.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox9.Checked = True Then
        TextBox6.AppendText("Válvula angular" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown9.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox10.Checked = True Then
        TextBox6.AppendText("Válvula de gaveta" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown10.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox14.Checked = True Then
        TextBox6.AppendText("Válvula de retenção" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown14.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox18.Checked = True Then
        TextBox6.AppendText("Redução gradual" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown18.Value & vbCrLf)
    End If

```

```

        TextBox6.AppendText("Lequi ida = " & Label155.Text & " [m]" & vbCrLf
& "Ida = " & Label13.Text & " [Pa]" & vbCrLf & "Outras = " & TextBox28.Text & "[Pa]"
& vbCrLf & vbCrLf & "Volta" & vbCrLf)

        If Form2.CheckBox1.Checked = True Then
            TextBox6.AppendText("Alargamento gradual " & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown32.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox2.Checked = True Then
            TextBox6.AppendText("Cotovelo a 90°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown31.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox3.Checked = True Then
            TextBox6.AppendText("Cotovelo a 45°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown30.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox4.Checked = True Then
            TextBox6.AppendText("Curva longa a 90°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown29.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox5.Checked = True Then
            TextBox6.AppendText("Curva longa a 45°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown28.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox6.Checked = True Then
            TextBox6.AppendText("Cotovelo a 180°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown27.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox7.Checked = True Then
            TextBox6.AppendText("Tê de passagem directa" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown26.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox8.Checked = True Then
            TextBox6.AppendText("Válvula globo" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown25.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox9.Checked = True Then
            TextBox6.AppendText("Válvula angular" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown24.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox10.Checked = True Then
            TextBox6.AppendText("Válvula de gaveta" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown23.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox14.Checked = True Then
            TextBox6.AppendText("Válvula de retenção" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown22.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox18.Checked = True Then
            TextBox6.AppendText("Redução gradual" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown12.Value & vbCrLf)
        End If

        TextBox6.AppendText("Lequi volta = " & Label111.Text & " [m]" &
vbCrLf & "Volta = " & Label110.Text & " [Pa]" & vbCrLf & vbCrLf & _
        "Perda total ida = " & Label118.Text & " [Pa]" & vbCrLf & "Perda
total volta = " & Label119.Text & " [Pa]")

```

### Case 3

```
TextBox7.Text = "Dados do cliente: " & vbCrLf & _
    TextBox27.Text & vbCrLf & vbCrLf & _
    "Nome do termofluido: " & ComboBox1.Text & vbCrLf & vbCrLf & _
    "Caudal = " & TextBox3.Text & " [kg/h]" & vbCrLf & "Comprimento
de linha = " & TextBox2.Text & " [m]" & vbCrLf & _
    "Rugosidade = " & TextBox11.Text & " [mm]" & vbCrLf & _
    "Temperatura máxima do fluido = " & TextBox1.Text & " [°C]" &
vbCrLf & "ΔT = " & TextBox9.Text & "[°C]" & vbCrLf & _
    "Diâmetro exterior = " & Label1.Text & " [mm]" & vbCrLf &
"Espessura do tubo = " & ComboBox2.Text & " [mm]" & vbCrLf & _
    "Diâmetro interior = " & Label5.Text & " [mm]" & vbCrLf & _
    "Viscosidade dinâmica = " & Form3.Label14.Text & " [Pa.s]" &
vbCrLf & "Calor específico = " & Form3.Label6.Text & " [kJ/(kg.K)]" & vbCrLf & _
    "Massa volúmica = " & Form3.Label18.Text & " [kg/m^3]" & vbCrLf &
"Nº de Reynolds = " & Form3.Label14.Text & " [-]" & vbCrLf & _
    "Factor de Darcy = " & Form3.Label22.Text & " [-]" & vbCrLf &
"Área interior tubo = " & Form3.Label120.Text & " [m^2]" & vbCrLf & _
    "Pressão interior do tudo = " & Form3.Label19.Text & " [bar/m]"
& vbCrLf & "Velocidade do fluido = " & Form3.Label9.Text & " [m/s]" & vbCrLf &
vbCrLf & _
    "Perda de carga em linha" & vbCrLf & Label6.Text & " [Pa]" &
vbCrLf & vbCrLf & _
    "Perdas de carga localizadas" & vbCrLf & "Ida" & vbCrLf

If Form2.CheckBox1.Checked = True Then
    TextBox7.AppendText("Alargamento gradual " & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown1.Value & vbCrLf)
End If
If Form2.CheckBox2.Checked = True Then
    TextBox7.AppendText("Cotovelo a 90°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown2.Value & vbCrLf)
End If
If Form2.CheckBox3.Checked = True Then
    TextBox7.AppendText("Cotovelo a 45°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown3.Value & vbCrLf)
End If
If Form2.CheckBox4.Checked = True Then
    TextBox7.AppendText("Curva longa a 90°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown4.Value & vbCrLf)
End If
If Form2.CheckBox5.Checked = True Then
    TextBox7.AppendText("Curva longa a 45°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown5.Value & vbCrLf)
End If
If Form2.CheckBox6.Checked = True Then
    TextBox7.AppendText("Cotovelo a 180°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown6.Value & vbCrLf)
End If
If Form2.CheckBox7.Checked = True Then
    TextBox7.AppendText("Tê de passagem directa" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown7.Value & vbCrLf)
End If
If Form2.CheckBox8.Checked = True Then
    TextBox7.AppendText("Válvula globo" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown8.Value & vbCrLf)
End If
If Form2.CheckBox9.Checked = True Then
```

```

        TextBox7.AppendText("Válvula angular" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown9.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox10.Checked = True Then
        TextBox7.AppendText("Válvula de gaveta" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown10.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox14.Checked = True Then
        TextBox7.AppendText("Válvula de retenção" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown14.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox18.Checked = True Then
        TextBox7.AppendText("Redução gradual" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown18.Value & vbCrLf)
    End If

    TextBox7.AppendText("Lequi ida = " & Label55.Text & " [m]" & vbCrLf
& "Ida = " & Label13.Text & " [Pa]" & vbCrLf & "Outras = " & TextBox28.Text & "[Pa]"
& vbCrLf & vbCrLf & "Volta" & vbCrLf)

    If Form2.CheckBox1.Checked = True Then
        TextBox7.AppendText("Alargamento gradual " & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown32.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox2.Checked = True Then
        TextBox7.AppendText("Cotovelo a 90°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown31.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox3.Checked = True Then
        TextBox7.AppendText("Cotovelo a 45°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown30.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox4.Checked = True Then
        TextBox7.AppendText("Curva longa a 90°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown29.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox5.Checked = True Then
        TextBox7.AppendText("Curva longa a 45°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown28.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox6.Checked = True Then
        TextBox7.AppendText("Cotovelo a 180°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown27.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox7.Checked = True Then
        TextBox7.AppendText("Tê de passagem directa" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown26.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox8.Checked = True Then
        TextBox7.AppendText("Válvula globo" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown25.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox9.Checked = True Then
        TextBox7.AppendText("Válvula angular" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown24.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox10.Checked = True Then

```

```

        TextBox7.AppendText("Válvula de gaveta" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown23.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox14.Checked = True Then
        TextBox7.AppendText("Válvula de retenção" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown22.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox18.Checked = True Then
        TextBox7.AppendText("Redução gradual" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown12.Value & vbCrLf)
    End If

    TextBox7.AppendText("Lequi volta = " & Label11.Text & " [m]" &
vbCrLf & "Volta = " & Label10.Text & " [Pa]" & vbCrLf & vbCrLf & _
        "Perda total ida = " & Label18.Text & " [Pa]" & vbCrLf & "Perda
total volta = " & Label19.Text & " [Pa]")

    Case 4
        TextBox8.Text = "Dados do cliente: " & vbCrLf & _
        TextBox27.Text & vbCrLf & vbCrLf & _
        "Nome do termofluido: " & ComboBox1.Text & vbCrLf & vbCrLf & _
        "Caudal = " & TextBox3.Text & " [kg/h]" & vbCrLf & "Comprimento
de linha = " & TextBox2.Text & " [m]" & vbCrLf & _
        "Rugosidade = " & TextBox11.Text & " [mm]" & vbCrLf & _
        "Temperatura máxima do fluido = " & TextBox1.Text & " [°C]" &
vbCrLf & "ΔT = " & TextBox9.Text & "[°C]" & vbCrLf & _
        "Diâmetro exterior = " & Label11.Text & " [mm]" & vbCrLf & _
        "Espessura do tubo = " & ComboBox2.Text & " [mm]" & vbCrLf & _
        "Diâmetro interior = " & Label15.Text & " [mm]" & vbCrLf & _
        "Viscosidade dinâmica = " & Form3.Label14.Text & " [Pa.s]" &
vbCrLf & "Calor específico = " & Form3.Label16.Text & " [kJ/(kg.K)]" & vbCrLf & _
        "Massa volúmica = " & Form3.Label18.Text & " [kg/m^3]" & vbCrLf &
        "Nº de Reynolds = " & Form3.Label14.Text & " [-]" & vbCrLf & _
        "Factor de Darcy = " & Form3.Label122.Text & " [-]" & vbCrLf &
        "Área interior tubo = " & Form3.Label120.Text & " [m^2]" & vbCrLf & _
        "Pressão interior do tudo = " & Form3.Label119.Text & " [bar/m]"
& vbCrLf & "Velocidade do fluido = " & Form3.Label19.Text & " [m/s]" & vbCrLf &
vbCrLf & _
        "Perda de carga em linha" & vbCrLf & Label16.Text & " [Pa]" &
vbCrLf & vbCrLf & _
        "Perdas de carga localizadas" & vbCrLf & "Ida" & vbCrLf

    If Form2.CheckBox1.Checked = True Then
        TextBox8.AppendText("Alargamento gradual " & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown1.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox2.Checked = True Then
        TextBox8.AppendText("Cotovelo a 90°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown2.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox3.Checked = True Then
        TextBox8.AppendText("Cotovelo a 45°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown3.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox4.Checked = True Then
        TextBox8.AppendText("Curva longa a 90°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown4.Value & vbCrLf)
    End If

```

```

        If Form2.CheckBox5.Checked = True Then
            TextBox8.AppendText("Curva longa a 45°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown5.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox6.Checked = True Then
            TextBox8.AppendText("Cotovelo a 180°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown6.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox7.Checked = True Then
            TextBox8.AppendText("Tê de passagem directa" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown7.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox8.Checked = True Then
            TextBox8.AppendText("Válvula globo" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown8.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox9.Checked = True Then
            TextBox8.AppendText("Válvula angular" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown9.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox10.Checked = True Then
            TextBox8.AppendText("Válvula de gaveta" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown10.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox14.Checked = True Then
            TextBox8.AppendText("Válvula de retenção" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown14.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox18.Checked = True Then
            TextBox8.AppendText("Redução gradual" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown18.Value & vbCrLf)
        End If

        TextBox8.AppendText("Lequi ida = " & Label155.Text & " [m]" & vbCrLf
& "Ida = " & Label13.Text & " [Pa]" & vbCrLf & "Outras = " & TextBox28.Text & "[Pa]"
& vbCrLf & vbCrLf & "Volta" & vbCrLf)

        If Form2.CheckBox1.Checked = True Then
            TextBox8.AppendText("Alargamento gradual " & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown32.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox2.Checked = True Then
            TextBox8.AppendText("Cotovelo a 90°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown31.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox3.Checked = True Then
            TextBox8.AppendText("Cotovelo a 45°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown30.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox4.Checked = True Then
            TextBox8.AppendText("Curva longa a 90°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown29.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox5.Checked = True Then
            TextBox8.AppendText("Curva longa a 45°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown28.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox6.Checked = True Then

```

```

        TextBox8.AppendText("Cotovelo a 180°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown27.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox7.Checked = True Then
        TextBox8.AppendText("Tê de passagem directa" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown26.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox8.Checked = True Then
        TextBox8.AppendText("Válvula globo" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown25.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox9.Checked = True Then
        TextBox8.AppendText("Válvula angular" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown24.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox10.Checked = True Then
        TextBox8.AppendText("Válvula de gaveta" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown23.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox14.Checked = True Then
        TextBox8.AppendText("Válvula de retenção" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown22.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox18.Checked = True Then
        TextBox8.AppendText("Redução gradual" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown12.Value & vbCrLf)
    End If

    TextBox8.AppendText("Lequi volta = " & Label11.Text & " [m]" &
vbCrLf & "Volta = " & Label10.Text & " [Pa]" & vbCrLf & vbCrLf & _
        "Perda total ida = " & Label18.Text & " [Pa]" & vbCrLf & "Perda
total volta = " & Label19.Text & " [Pa]")

```

#### Case 5

```

    TextBox12.Text = "Dados do cliente: " & vbCrLf & _
        TextBox27.Text & vbCrLf & vbCrLf & _
        "Nome do termofluido: " & ComboBox1.Text & vbCrLf & vbCrLf & _
        "Caudal = " & TextBox3.Text & " [kg/h]" & vbCrLf & "Comprimento
de linha = " & TextBox2.Text & " [m]" & vbCrLf & _
        "Rugosidade = " & TextBox11.Text & " [mm]" & vbCrLf & _
        "Temperatura máxima do fluido = " & TextBox1.Text & " [°C]" &
vbCrLf & "ΔT = " & TextBox9.Text & "[°C]" & vbCrLf & _
        "Diâmetro exterior = " & Label11.Text & " [mm]" & vbCrLf &
"Espessura do tubo = " & ComboBox2.Text & " [mm]" & vbCrLf & _
        "Diâmetro interior = " & Label5.Text & " [mm]" & vbCrLf & _
        "Viscosidade dinâmica = " & Form3.Label4.Text & " [Pa.s]" &
vbCrLf & "Calor específico = " & Form3.Label6.Text & " [kJ/(kg.K)]" & vbCrLf & _
        "Massa volúmica = " & Form3.Label8.Text & " [kg/m^3]" & vbCrLf &
"Nº de Reynolds = " & Form3.Label14.Text & " [-]" & vbCrLf & _
        "Factor de Darcy = " & Form3.Label22.Text & " [-]" & vbCrLf &
"Área interior tubo = " & Form3.Label20.Text & " [m^2]" & vbCrLf & _
        "Pressão interior do tudo = " & Form3.Label19.Text & " [bar/m]"
& vbCrLf & "Velocidade do fluido = " & Form3.Label9.Text & " [m/s]" & vbCrLf &
vbCrLf & _
        "Perda de carga em linha" & vbCrLf & Label6.Text & " [Pa]" &
vbCrLf & vbCrLf & _
        "Perdas de carga localizadas" & vbCrLf & "Ida" & vbCrLf

```

```

        If Form2.CheckBox1.Checked = True Then
            TextBox12.AppendText("Alargamento gradual " & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown1.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox2.Checked = True Then
            TextBox12.AppendText("Cotovelo a 90°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown2.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox3.Checked = True Then
            TextBox12.AppendText("Cotovelo a 45°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown3.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox4.Checked = True Then
            TextBox12.AppendText("Curva longa a 90°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown4.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox5.Checked = True Then
            TextBox12.AppendText("Curva longa a 45°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown5.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox6.Checked = True Then
            TextBox12.AppendText("Cotovelo a 180°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown6.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox7.Checked = True Then
            TextBox12.AppendText("Tê de passagem directa" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown7.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox8.Checked = True Then
            TextBox12.AppendText("Válvula globo" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown8.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox9.Checked = True Then
            TextBox12.AppendText("Válvula angular" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown9.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox10.Checked = True Then
            TextBox12.AppendText("Válvula de gaveta" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown10.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox14.Checked = True Then
            TextBox12.AppendText("Válvula de retenção" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown14.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox18.Checked = True Then
            TextBox12.AppendText("Redução gradual" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown18.Value & vbCrLf)
        End If

        TextBox12.AppendText("Lequi ida = " & Label155.Text & " [m]" & vbCrLf
& "Ida = " & Label13.Text & " [Pa]" & vbCrLf & "Outras = " & TextBox28.Text & "[Pa]"
& vbCrLf & vbCrLf & "Volta" & vbCrLf)

        If Form2.CheckBox1.Checked = True Then
            TextBox12.AppendText("Alargamento gradual " & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown32.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox2.Checked = True Then

```

```

        TextBox12.AppendText("Cotovelo a 90°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown31.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox3.Checked = True Then
        TextBox12.AppendText("Cotovelo a 45°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown30.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox4.Checked = True Then
        TextBox12.AppendText("Curva longa a 90°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown29.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox5.Checked = True Then
        TextBox12.AppendText("Curva longa a 45°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown28.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox6.Checked = True Then
        TextBox12.AppendText("Cotovelo a 180°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown27.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox7.Checked = True Then
        TextBox12.AppendText("Tê de passagem directa" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown26.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox8.Checked = True Then
        TextBox12.AppendText("Válvula globo" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown25.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox9.Checked = True Then
        TextBox12.AppendText("Válvula angular" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown24.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox10.Checked = True Then
        TextBox12.AppendText("Válvula de gaveta" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown23.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox14.Checked = True Then
        TextBox12.AppendText("Válvula de retenção" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown22.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox18.Checked = True Then
        TextBox12.AppendText("Redução gradual" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown12.Value & vbCrLf)
    End If

    TextBox12.AppendText("Lequi volta = " & Label11.Text & " [m]" &
vbCrLf & "Volta = " & Label10.Text & " [Pa]" & vbCrLf & vbCrLf & _
        "Perda total ida = " & Label18.Text & " [Pa]" & vbCrLf & "Perda
total volta = " & Label19.Text & " [Pa]")

```

#### Case 6

```

    TextBox13.Text = "Dados do cliente: " & vbCrLf & _
        TextBox27.Text & vbCrLf & vbCrLf & _
        "Nome do termofluido: " & ComboBox1.Text & vbCrLf & vbCrLf & _
        "Caudal = " & TextBox3.Text & " [kg/h]" & vbCrLf & "Comprimento
de linha = " & TextBox2.Text & " [m]" & vbCrLf & _
        "Rugosidade = " & TextBox11.Text & " [mm]" & vbCrLf & _
        "Temperatura máxima do fluido = " & TextBox1.Text & " [°C]" &
vbCrLf & "ΔT = " & TextBox9.Text & "[°C]" & vbCrLf & _

```

```

        "Diâmetro exterior = " & Label1.Text & " [mm]" & vbCrLf &
"Espessura do tubo = " & ComboBox2.Text & " [mm]" & vbCrLf & _
        "Diâmetro interior = " & Label5.Text & " [mm]" & vbCrLf & _
        "Viscosidade dinâmica = " & Form3.Label4.Text & " [Pa.s]" &
vbCrLf & "Calor específico = " & Form3.Label6.Text & " [kJ/(kg.K)]" & vbCrLf & _
        "Massa volúmica = " & Form3.Label8.Text & " [kg/m^3]" & vbCrLf &
"Nº de Reynolds = " & Form3.Label14.Text & " [-]" & vbCrLf & _
        "Factor de Darcy = " & Form3.Label22.Text & " [-]" & vbCrLf &
"Área interior tubo = " & Form3.Label20.Text & " [m^2]" & vbCrLf & _
        "Pressão interior do tudo = " & Form3.Label19.Text & " [bar/m]"
& vbCrLf & "Velocidade do fluido = " & Form3.Label9.Text & " [m/s]" & vbCrLf &
vbCrLf & _
        "Perda de carga em linha" & vbCrLf & Label6.Text & " [Pa]" &
vbCrLf & vbCrLf & _
        "Perdas de carga localizadas" & vbCrLf & "Ida" & vbCrLf

    If Form2.CheckBox1.Checked = True Then
        TextBox13.AppendText("Alargamento gradual " & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown1.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox2.Checked = True Then
        TextBox13.AppendText("Cotovelo a 90°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown2.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox3.Checked = True Then
        TextBox13.AppendText("Cotovelo a 45°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown3.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox4.Checked = True Then
        TextBox13.AppendText("Curva longa a 90°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown4.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox5.Checked = True Then
        TextBox13.AppendText("Curva longa a 45°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown5.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox6.Checked = True Then
        TextBox13.AppendText("Cotovelo a 180°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown6.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox7.Checked = True Then
        TextBox13.AppendText("Tê de passagem directa" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown7.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox8.Checked = True Then
        TextBox13.AppendText("Válvula globo" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown8.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox9.Checked = True Then
        TextBox13.AppendText("Válvula angular" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown9.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox10.Checked = True Then
        TextBox13.AppendText("Válvula de gaveta" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown10.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox14.Checked = True Then

```

```

        TextBox13.AppendText("Válvula de retenção" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown14.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox18.Checked = True Then
        TextBox13.AppendText("Redução gradual" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown18.Value & vbCrLf)
    End If

    TextBox13.AppendText("Lequi ida = " & Label155.Text & " [m]" & vbCrLf
& "Ida = " & Label13.Text & " [Pa]" & vbCrLf & "Outras = " & TextBox28.Text & "[Pa]"
& vbCrLf & vbCrLf & "Volta" & vbCrLf)

    If Form2.CheckBox1.Checked = True Then
        TextBox13.AppendText("Alargamento gradual " & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown32.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox2.Checked = True Then
        TextBox13.AppendText("Cotovelo a 90°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown31.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox3.Checked = True Then
        TextBox13.AppendText("Cotovelo a 45°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown30.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox4.Checked = True Then
        TextBox13.AppendText("Curva longa a 90°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown29.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox5.Checked = True Then
        TextBox13.AppendText("Curva longa a 45°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown28.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox6.Checked = True Then
        TextBox13.AppendText("Cotovelo a 180°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown27.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox7.Checked = True Then
        TextBox13.AppendText("Tê de passagem directa" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown26.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox8.Checked = True Then
        TextBox13.AppendText("Válvula globo" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown25.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox9.Checked = True Then
        TextBox13.AppendText("Válvula angular" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown24.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox10.Checked = True Then
        TextBox13.AppendText("Válvula de gaveta" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown23.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox14.Checked = True Then
        TextBox13.AppendText("Válvula de retenção" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown22.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox18.Checked = True Then

```

```

        TextBox13.AppendText("Redução gradual" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown12.Value & vbCrLf)
    End If

    TextBox13.AppendText("Lequi volta = " & Label11.Text & " [m]" &
vbCrLf & "Volta = " & Label10.Text & " [Pa]" & vbCrLf & vbCrLf & _
        "Perda total ida = " & Label18.Text & " [Pa]" & vbCrLf & "Perda
total volta = " & Label19.Text & " [Pa]")

    Case 7
        TextBox14.Text = "Dados do cliente: " & vbCrLf & _
            TextBox27.Text & vbCrLf & vbCrLf & _
            "Nome do termofluido: " & ComboBox1.Text & vbCrLf & vbCrLf & _
            "Caudal = " & TextBox3.Text & " [kg/h]" & vbCrLf & "Comprimento
de linha = " & TextBox2.Text & " [m]" & vbCrLf & _
            "Rugosidade = " & TextBox11.Text & " [mm]" & vbCrLf & _
            "Temperatura máxima do fluido = " & TextBox1.Text & " [°C]" &
vbCrLf & "ΔT = " & TextBox9.Text & "[°C]" & vbCrLf & _
            "Diâmetro exterior = " & Label1.Text & " [mm]" & vbCrLf &
"Espessura do tubo = " & ComboBox2.Text & " [mm]" & vbCrLf & _
            "Diâmetro interior = " & Label5.Text & " [mm]" & vbCrLf & _
            "Viscosidade dinâmica = " & Form3.Label14.Text & " [Pa.s]" &
vbCrLf & "Calor específico = " & Form3.Label6.Text & " [kJ/(kg.K)]" & vbCrLf & _
            "Massa volúmica = " & Form3.Label8.Text & " [kg/m^3]" & vbCrLf &
"Nº de Reynolds = " & Form3.Label14.Text & " [-]" & vbCrLf & _
            "Factor de Darcy = " & Form3.Label22.Text & " [-]" & vbCrLf &
"Área interior tubo = " & Form3.Label20.Text & " [m^2]" & vbCrLf & _
            "Pressão interior do tudo = " & Form3.Label19.Text & " [bar/m]"
& vbCrLf & "Velocidade do fluido = " & Form3.Label9.Text & " [m/s]" & vbCrLf &
vbCrLf & _
            "Perda de carga em linha" & vbCrLf & Label6.Text & " [Pa]" &
vbCrLf & vbCrLf & _
            "Perdas de carga localizadas" & vbCrLf & "Ida" & vbCrLf

        If Form2.CheckBox1.Checked = True Then
            TextBox14.AppendText("Alargamento gradual " & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown1.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox2.Checked = True Then
            TextBox14.AppendText("Cotovelo a 90°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown2.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox3.Checked = True Then
            TextBox14.AppendText("Cotovelo a 45°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown3.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox4.Checked = True Then
            TextBox14.AppendText("Curva longa a 90°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown4.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox5.Checked = True Then
            TextBox14.AppendText("Curva longa a 45°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown5.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox6.Checked = True Then
            TextBox14.AppendText("Cotovelo a 180°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown6.Value & vbCrLf)
        End If
    End Case

```

```

        If Form2.CheckBox7.Checked = True Then
            TextBox14.AppendText("Tê de passagem directa" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown7.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox8.Checked = True Then
            TextBox14.AppendText("Válvula globo" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown8.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox9.Checked = True Then
            TextBox14.AppendText("Válvula angular" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown9.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox10.Checked = True Then
            TextBox14.AppendText("Válvula de gaveta" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown10.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox14.Checked = True Then
            TextBox14.AppendText("Válvula de retenção" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown14.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox18.Checked = True Then
            TextBox14.AppendText("Redução gradual" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown18.Value & vbCrLf)
        End If

        TextBox14.AppendText("Lequi ida = " & Label155.Text & " [m]" & vbCrLf
& "Ida = " & Label13.Text & " [Pa]" & vbCrLf & "Outras = " & TextBox28.Text & "[Pa]"
& vbCrLf & vbCrLf & "Volta" & vbCrLf)

        If Form2.CheckBox1.Checked = True Then
            TextBox14.AppendText("Alargamento gradual " & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown32.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox2.Checked = True Then
            TextBox14.AppendText("Cotovelo a 90°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown31.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox3.Checked = True Then
            TextBox14.AppendText("Cotovelo a 45°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown30.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox4.Checked = True Then
            TextBox14.AppendText("Curva longa a 90°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown29.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox5.Checked = True Then
            TextBox14.AppendText("Curva longa a 45°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown28.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox6.Checked = True Then
            TextBox14.AppendText("Cotovelo a 180°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown27.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox7.Checked = True Then
            TextBox14.AppendText("Tê de passagem directa" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown26.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox8.Checked = True Then

```

```

        TextBox14.AppendText("Válvula globo" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown25.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox9.Checked = True Then
        TextBox14.AppendText("Válvula angular" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown24.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox10.Checked = True Then
        TextBox14.AppendText("Válvula de gaveta" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown23.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox14.Checked = True Then
        TextBox14.AppendText("Válvula de retenção" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown22.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox18.Checked = True Then
        TextBox14.AppendText("Redução gradual" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown12.Value & vbCrLf)
    End If

```

```

        TextBox14.AppendText("Lequi volta = " & Label11.Text & " [m]" &
vbCrLf & "Volta = " & Label10.Text & " [Pa]" & vbCrLf & vbCrLf & _
        "Perda total ida = " & Label18.Text & "[Pa]" & vbCrLf & "Perda
total volta = " & Label19.Text & " [Pa]")

```

#### Case 8

```

        TextBox15.Text = "Dados do cliente: " & vbCrLf & _
        TextBox27.Text & vbCrLf & vbCrLf & _
        "Nome do termofluido: " & ComboBox1.Text & vbCrLf & vbCrLf & _
        "Caudal = " & TextBox3.Text & " [kg/h]" & vbCrLf & "Comprimento
de linha = " & TextBox2.Text & " [m]" & vbCrLf & _
        "Rugosidade = " & TextBox11.Text & " [mm]" & vbCrLf & _
        "Temperatura máxima do fluido = " & TextBox1.Text & " [°C]" &
vbCrLf & "ΔT = " & TextBox9.Text & "[°C]" & vbCrLf & _
        "Diâmetro exterior = " & Label11.Text & " [mm]" & vbCrLf &
"Espessura do tubo = " & ComboBox2.Text & " [mm]" & vbCrLf & _
        "Diâmetro interior = " & Label5.Text & " [mm]" & vbCrLf & _
        "Viscosidade dinâmica = " & Form3.Label4.Text & " [Pa.s]" &
vbCrLf & "Calor específico = " & Form3.Label6.Text & " [kJ/(kg.K)]" & vbCrLf & _
        "Massa volúmica = " & Form3.Label8.Text & " [kg/m^3]" & vbCrLf &
"Nº de Reynolds = " & Form3.Label14.Text & " [-]" & vbCrLf & _
        "Factor de Darcy = " & Form3.Label22.Text & " [-]" & vbCrLf &
"Área interior tubo = " & Form3.Label20.Text & " [m^2]" & vbCrLf & _
        "Pressão interior do tudo = " & Form3.Label19.Text & " [bar/m]"
& vbCrLf & "Velocidade do fluido = " & Form3.Label9.Text & " [m/s]" & vbCrLf &
vbCrLf & _
        "Perda de carga em linha" & vbCrLf & Label16.Text & " [Pa]" &
vbCrLf & vbCrLf & _
        "Perdas de carga localizadas" & vbCrLf & "Ida" & vbCrLf

    If Form2.CheckBox1.Checked = True Then
        TextBox15.AppendText("Alargamento gradual " & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown1.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox2.Checked = True Then
        TextBox15.AppendText("Cotovelo a 90°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown2.Value & vbCrLf)
    End If

```

```

        If Form2.CheckBox3.Checked = True Then
            TextBox15.AppendText("Cotovelo a 45°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown3.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox4.Checked = True Then
            TextBox15.AppendText("Curva longa a 90°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown4.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox5.Checked = True Then
            TextBox15.AppendText("Curva longa a 45°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown5.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox6.Checked = True Then
            TextBox15.AppendText("Cotovelo a 180°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown6.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox7.Checked = True Then
            TextBox15.AppendText("Tê de passagem directa" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown7.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox8.Checked = True Then
            TextBox15.AppendText("Válvula globo" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown8.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox9.Checked = True Then
            TextBox15.AppendText("Válvula angular" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown9.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox10.Checked = True Then
            TextBox15.AppendText("Válvula de gaveta" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown10.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox14.Checked = True Then
            TextBox15.AppendText("Válvula de retenção" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown14.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox18.Checked = True Then
            TextBox15.AppendText("Redução gradual" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown18.Value & vbCrLf)
        End If

        TextBox15.AppendText("Lequi ida = " & Label155.Text & " [m]" & vbCrLf
& "Ida = " & Label13.Text & " [Pa]" & vbCrLf & "Outras = " & TextBox28.Text & "[Pa]"
& vbCrLf & vbCrLf & "Volta" & vbCrLf)

        If Form2.CheckBox1.Checked = True Then
            TextBox15.AppendText("Alargamento gradual " & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown32.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox2.Checked = True Then
            TextBox15.AppendText("Cotovelo a 90°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown31.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox3.Checked = True Then
            TextBox15.AppendText("Cotovelo a 45°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown30.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox4.Checked = True Then

```

```

        TextBox15.AppendText("Curva longa a 90°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown29.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox5.Checked = True Then
        TextBox15.AppendText("Curva longa a 45°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown28.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox6.Checked = True Then
        TextBox15.AppendText("Cotovelo a 180°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown27.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox7.Checked = True Then
        TextBox15.AppendText("Tê de passagem directa" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown26.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox8.Checked = True Then
        TextBox15.AppendText("Válvula globo" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown25.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox9.Checked = True Then
        TextBox15.AppendText("Válvula angular" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown24.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox10.Checked = True Then
        TextBox15.AppendText("Válvula de gaveta" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown23.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox14.Checked = True Then
        TextBox15.AppendText("Válvula de retenção" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown22.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox18.Checked = True Then
        TextBox15.AppendText("Redução gradual" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown12.Value & vbCrLf)
    End If

    TextBox15.AppendText("Lequi volta = " & Label11.Text & " [m]" &
vbCrLf & "Volta = " & Label10.Text & " [Pa]" & vbCrLf & vbCrLf & _
        "Perda total ida = " & Label18.Text & " [Pa]" & vbCrLf & "Perda
total volta = " & Label19.Text & " [Pa]")

```

#### Case 9

```

    TextBox16.Text = "Dados do cliente: " & vbCrLf & _
        TextBox27.Text & vbCrLf & vbCrLf & _
        "Nome do termofluido: " & ComboBox1.Text & vbCrLf & vbCrLf & _
        "Caudal = " & TextBox3.Text & " [kg/h]" & vbCrLf & "Comprimento
de linha = " & TextBox2.Text & " [m]" & vbCrLf & _
        "Rugosidade = " & TextBox11.Text & " [mm]" & vbCrLf & _
        "Temperatura máxima do fluido = " & TextBox1.Text & " [°C]" &
vbCrLf & "ΔT = " & TextBox9.Text & " [°C]" & vbCrLf & _
        "Diâmetro exterior = " & Label11.Text & " [mm]" & vbCrLf &
"Espessura do tubo = " & ComboBox2.Text & " [mm]" & vbCrLf & _
        "Diâmetro interior = " & Label5.Text & " [mm]" & vbCrLf & _
        "Viscosidade dinâmica = " & Form3.Label4.Text & " [Pa.s]" &
vbCrLf & "Calor específico = " & Form3.Label6.Text & " [kJ/(kg.K)]" & vbCrLf & _
        "Massa volúmica = " & Form3.Label8.Text & " [kg/m^3]" & vbCrLf &
"Nº de Reynolds = " & Form3.Label14.Text & " [-]" & vbCrLf & _

```

```

"Factor de Darcy = " & Form3.Label122.Text & " [-]" & vbCrLf &
"Área interior tubo = " & Form3.Label120.Text & " [m^2]" & vbCrLf & _
"Pressão interior do tudo = " & Form3.Label19.Text & " [bar/m]"
& vbCrLf & "Velocidade do fluido = " & Form3.Label9.Text & " [m/s]" & vbCrLf &
vbCrLf & _
"Perda de carga em linha" & vbCrLf & Label16.Text & " [Pa]" &
vbCrLf & vbCrLf & _
"Perdas de carga localizadas" & vbCrLf & "Ida" & vbCrLf

If Form2.CheckBox1.Checked = True Then
    TextBox16.AppendText("Alargamento gradual " & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown1.Value & vbCrLf)
End If
If Form2.CheckBox2.Checked = True Then
    TextBox16.AppendText("Cotovelo a 90°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown2.Value & vbCrLf)
End If
If Form2.CheckBox3.Checked = True Then
    TextBox16.AppendText("Cotovelo a 45°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown3.Value & vbCrLf)
End If
If Form2.CheckBox4.Checked = True Then
    TextBox16.AppendText("Curva longa a 90°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown4.Value & vbCrLf)
End If
If Form2.CheckBox5.Checked = True Then
    TextBox16.AppendText("Curva longa a 45°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown5.Value & vbCrLf)
End If
If Form2.CheckBox6.Checked = True Then
    TextBox16.AppendText("Cotovelo a 180°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown6.Value & vbCrLf)
End If
If Form2.CheckBox7.Checked = True Then
    TextBox16.AppendText("Tê de passagem directa" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown7.Value & vbCrLf)
End If
If Form2.CheckBox8.Checked = True Then
    TextBox16.AppendText("Válvula globo" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown8.Value & vbCrLf)
End If
If Form2.CheckBox9.Checked = True Then
    TextBox16.AppendText("Válvula angular" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown9.Value & vbCrLf)
End If
If Form2.CheckBox10.Checked = True Then
    TextBox16.AppendText("Válvula de gaveta" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown10.Value & vbCrLf)
End If
If Form2.CheckBox14.Checked = True Then
    TextBox16.AppendText("Válvula de retenção" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown14.Value & vbCrLf)
End If
If Form2.CheckBox18.Checked = True Then
    TextBox16.AppendText("Redução gradual" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown18.Value & vbCrLf)
End If

```

```

        TextBox16.AppendText("Lequi ida = " & Label155.Text & " [m]" & vbCrLf
& "Ida = " & Label13.Text & " [Pa]" & vbCrLf & "Outras = " & TextBox28.Text & "[Pa]"
& vbCrLf & vbCrLf & "Volta" & vbCrLf)

        If Form2.CheckBox1.Checked = True Then
            TextBox16.AppendText("Alargamento gradual " & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown32.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox2.Checked = True Then
            TextBox16.AppendText("Cotovelo a 90°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown31.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox3.Checked = True Then
            TextBox16.AppendText("Cotovelo a 45°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown30.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox4.Checked = True Then
            TextBox16.AppendText("Curva longa a 90°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown29.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox5.Checked = True Then
            TextBox16.AppendText("Curva longa a 45°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown28.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox6.Checked = True Then
            TextBox16.AppendText("Cotovelo a 180°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown27.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox7.Checked = True Then
            TextBox16.AppendText("Tê de passagem directa" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown26.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox8.Checked = True Then
            TextBox16.AppendText("Válvula globo" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown25.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox9.Checked = True Then
            TextBox16.AppendText("Válvula angular" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown24.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox10.Checked = True Then
            TextBox16.AppendText("Válvula de gaveta" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown23.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox14.Checked = True Then
            TextBox16.AppendText("Válvula de retenção" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown22.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox18.Checked = True Then
            TextBox16.AppendText("Redução gradual" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown12.Value & vbCrLf)
        End If

        TextBox16.AppendText("Lequi volta = " & Label111.Text & " [m]" &
vbCrLf & "Volta = " & Label110.Text & " [Pa]" & vbCrLf & vbCrLf & _
        "Perda total ida = " & Label118.Text & " [Pa]" & vbCrLf & "Perda
total volta = " & Label119.Text & " [Pa]")

```

#### Case 10

```
TextBox17.Text = "Dados do cliente: " & vbCrLf & _
    TextBox27.Text & vbCrLf & vbCrLf & _
    "Nome do termofluido: " & ComboBox1.Text & vbCrLf & vbCrLf & _
    "Caudal = " & TextBox3.Text & " [kg/h]" & vbCrLf & "Comprimento
de linha = " & TextBox2.Text & " [m]" & vbCrLf & _
    "Rugosidade = " & TextBox11.Text & " [mm]" & vbCrLf & _
    "Temperatura máxima do fluido = " & TextBox1.Text & " [°C]" &
vbCrLf & "ΔT = " & TextBox9.Text & "[°C]" & vbCrLf & _
    "Diâmetro exterior = " & Label1.Text & " [mm]" & vbCrLf &
"Espessura do tubo = " & ComboBox2.Text & " [mm]" & vbCrLf & _
    "Diâmetro interior = " & Label5.Text & " [mm]" & vbCrLf & _
    "Viscosidade dinâmica = " & Form3.Label14.Text & " [Pa.s]" &
vbCrLf & "Calor específico = " & Form3.Label16.Text & " [kJ/(kg.K)]" & vbCrLf & _
    "Massa volúmica = " & Form3.Label18.Text & " [kg/m^3]" & vbCrLf &
"Nº de Reynolds = " & Form3.Label14.Text & " [-]" & vbCrLf & _
    "Factor de Darcy = " & Form3.Label22.Text & " [-]" & vbCrLf &
"Área interior tubo = " & Form3.Label120.Text & " [m^2]" & vbCrLf & _
    "Pressão interior do tudo = " & Form3.Label19.Text & " [bar/m]" &
vbCrLf & "Velocidade do fluido = " & Form3.Label19.Text & " [m/s]" & vbCrLf &
vbCrLf & _
    "Perda de carga em linha" & vbCrLf & Label6.Text & " [Pa]" &
vbCrLf & vbCrLf & _
    "Perdas de carga localizadas" & vbCrLf & "Ida" & vbCrLf

If Form2.CheckBox1.Checked = True Then
    TextBox17.AppendText("Alargamento gradual " & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown1.Value & vbCrLf)
End If
If Form2.CheckBox2.Checked = True Then
    TextBox17.AppendText("Cotovelo a 90°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown2.Value & vbCrLf)
End If
If Form2.CheckBox3.Checked = True Then
    TextBox17.AppendText("Cotovelo a 45°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown3.Value & vbCrLf)
End If
If Form2.CheckBox4.Checked = True Then
    TextBox17.AppendText("Curva longa a 90°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown4.Value & vbCrLf)
End If
If Form2.CheckBox5.Checked = True Then
    TextBox17.AppendText("Curva longa a 45°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown5.Value & vbCrLf)
End If
If Form2.CheckBox6.Checked = True Then
    TextBox17.AppendText("Cotovelo a 180°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown6.Value & vbCrLf)
End If
If Form2.CheckBox7.Checked = True Then
    TextBox17.AppendText("Tê de passagem directa" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown7.Value & vbCrLf)
End If
If Form2.CheckBox8.Checked = True Then
    TextBox17.AppendText("Válvula globo" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown8.Value & vbCrLf)
End If
If Form2.CheckBox9.Checked = True Then
```

```

        TextBox17.AppendText("Válvula angular" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown9.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox10.Checked = True Then
        TextBox17.AppendText("Válvula de gaveta" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown10.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox14.Checked = True Then
        TextBox17.AppendText("Válvula de retenção" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown14.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox18.Checked = True Then
        TextBox17.AppendText("Redução gradual" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown18.Value & vbCrLf)
    End If

    TextBox17.AppendText("Lequi ida = " & Label155.Text & " [m]" & vbCrLf
& "Ida = " & Label13.Text & " [Pa]" & vbCrLf & "Outras = " & TextBox28.Text & "[Pa]"
& vbCrLf & vbCrLf & "Volta" & vbCrLf)

    If Form2.CheckBox1.Checked = True Then
        TextBox17.AppendText("Alargamento gradual " & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown32.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox2.Checked = True Then
        TextBox17.AppendText("Cotovelo a 90°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown31.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox3.Checked = True Then
        TextBox17.AppendText("Cotovelo a 45°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown30.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox4.Checked = True Then
        TextBox17.AppendText("Curva longa a 90°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown29.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox5.Checked = True Then
        TextBox17.AppendText("Curva longa a 45°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown28.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox6.Checked = True Then
        TextBox17.AppendText("Cotovelo a 180°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown27.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox7.Checked = True Then
        TextBox17.AppendText("Tê de passagem directa" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown26.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox8.Checked = True Then
        TextBox17.AppendText("Válvula globo" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown25.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox9.Checked = True Then
        TextBox17.AppendText("Válvula angular" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown24.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox10.Checked = True Then

```

```

        TextBox17.AppendText("Válvula de gaveta" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown23.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox14.Checked = True Then
        TextBox17.AppendText("Válvula de retenção" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown22.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox18.Checked = True Then
        TextBox17.AppendText("Redução gradual" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown12.Value & vbCrLf)
    End If

    TextBox17.AppendText("Lequi volta = " & Label11.Text & " [m]" &
vbCrLf & "Volta = " & Label10.Text & " [Pa]" & vbCrLf & vbCrLf & _
        "Perda total ida = " & Label18.Text & " [Pa]" & vbCrLf & "Perda
total volta = " & Label19.Text & " [Pa]")

    Case 11
        TextBox18.Text = "Dados do cliente: " & vbCrLf & _
        TextBox27.Text & vbCrLf & vbCrLf & _
        "Nome do termofluido: " & ComboBox1.Text & vbCrLf & vbCrLf & _
        "Caudal = " & TextBox3.Text & " [kg/h]" & vbCrLf & "Comprimento
de linha = " & TextBox2.Text & " [m]" & vbCrLf & _
        "Rugosidade = " & TextBox11.Text & " [mm]" & vbCrLf & _
        "Temperatura máxima do fluido = " & TextBox1.Text & " [°C]" &
vbCrLf & "ΔT = " & TextBox9.Text & "[°C]" & vbCrLf & _
        "Diâmetro exterior = " & Label11.Text & " [mm]" & vbCrLf & _
        "Espessura do tubo = " & ComboBox2.Text & " [mm]" & vbCrLf & _
        "Diâmetro interior = " & Label15.Text & " [mm]" & vbCrLf & _
        "Viscosidade dinâmica = " & Form3.Label14.Text & " [Pa.s]" &
vbCrLf & "Calor específico = " & Form3.Label16.Text & " [kJ/(kg.K)]" & vbCrLf & _
        "Massa volúmica = " & Form3.Label18.Text & " [kg/m^3]" & vbCrLf & _
        "Nº de Reynolds = " & Form3.Label14.Text & " [-]" & vbCrLf & _
        "Factor de Darcy = " & Form3.Label122.Text & " [-]" & vbCrLf &
        "Área interior tubo = " & Form3.Label120.Text & " [m^2]" & vbCrLf & _
        "Pressão interior do tudo = " & Form3.Label119.Text & " [bar/m]"
& vbCrLf & "Velocidade do fluido = " & Form3.Label19.Text & " [m/s]" & vbCrLf &
vbCrLf & _
        "Perda de carga em linha" & vbCrLf & Label16.Text & " [Pa]" &
vbCrLf & vbCrLf & _
        "Perdas de carga localizadas" & vbCrLf & "Ida" & vbCrLf

        If Form2.CheckBox1.Checked = True Then
            TextBox18.AppendText("Alargamento gradual " & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown1.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox2.Checked = True Then
            TextBox18.AppendText("Cotovelo a 90°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown2.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox3.Checked = True Then
            TextBox18.AppendText("Cotovelo a 45°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown3.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox4.Checked = True Then
            TextBox18.AppendText("Curva longa a 90°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown4.Value & vbCrLf)
        End If
    
```

```

        If Form2.CheckBox5.Checked = True Then
            TextBox18.AppendText("Curva longa a 45°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown5.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox6.Checked = True Then
            TextBox18.AppendText("Cotovelo a 180°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown6.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox7.Checked = True Then
            TextBox18.AppendText("Tê de passagem directa" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown7.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox8.Checked = True Then
            TextBox18.AppendText("Válvula globo" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown8.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox9.Checked = True Then
            TextBox18.AppendText("Válvula angular" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown9.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox10.Checked = True Then
            TextBox18.AppendText("Válvula de gaveta" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown10.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox14.Checked = True Then
            TextBox18.AppendText("Válvula de retenção" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown14.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox18.Checked = True Then
            TextBox18.AppendText("Redução gradual" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown18.Value & vbCrLf)
        End If

        TextBox18.AppendText("Lequi ida = " & Label155.Text & " [m]" & vbCrLf
& "Ida = " & Label13.Text & " [Pa]" & vbCrLf & "Outras = " & TextBox28.Text & "[Pa]"
& vbCrLf & vbCrLf & "Volta" & vbCrLf)

        If Form2.CheckBox1.Checked = True Then
            TextBox18.AppendText("Alargamento gradual " & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown32.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox2.Checked = True Then
            TextBox18.AppendText("Cotovelo a 90°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown31.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox3.Checked = True Then
            TextBox18.AppendText("Cotovelo a 45°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown30.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox4.Checked = True Then
            TextBox18.AppendText("Curva longa a 90°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown29.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox5.Checked = True Then
            TextBox18.AppendText("Curva longa a 45°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown28.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox6.Checked = True Then

```

```

        TextBox18.AppendText("Cotovelo a 180°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown27.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox7.Checked = True Then
        TextBox18.AppendText("Tê de passagem directa" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown26.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox8.Checked = True Then
        TextBox18.AppendText("Válvula globo" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown25.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox9.Checked = True Then
        TextBox18.AppendText("Válvula angular" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown24.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox10.Checked = True Then
        TextBox18.AppendText("Válvula de gaveta" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown23.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox14.Checked = True Then
        TextBox18.AppendText("Válvula de retenção" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown22.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox18.Checked = True Then
        TextBox18.AppendText("Redução gradual" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown12.Value & vbCrLf)
    End If

    TextBox18.AppendText("Lequi volta = " & Label11.Text & " [m]" &
vbCrLf & "Volta = " & Label10.Text & " [Pa]" & vbCrLf & vbCrLf & _
        "Perda total ida = " & Label18.Text & " [Pa]" & vbCrLf & "Perda
total volta = " & Label19.Text & " [Pa]")

```

#### Case 12

```

    TextBox19.Text = "Dados do cliente: " & vbCrLf & _
        TextBox27.Text & vbCrLf & vbCrLf & _
        "Nome do termofluido: " & ComboBox1.Text & vbCrLf & vbCrLf & _
        "Caudal = " & TextBox3.Text & " [kg/h]" & vbCrLf & "Comprimento
de linha = " & TextBox2.Text & " [m]" & vbCrLf & _
        "Rugosidade = " & TextBox11.Text & " [mm]" & vbCrLf & _
        "Temperatura máxima do fluido = " & TextBox1.Text & " [°C]" &
vbCrLf & "ΔT = " & TextBox9.Text & "[°C]" & vbCrLf & _
        "Diâmetro exterior = " & Label11.Text & " [mm]" & vbCrLf &
"Espessura do tubo = " & ComboBox2.Text & " [mm]" & vbCrLf & _
        "Diâmetro interior = " & Label5.Text & " [mm]" & vbCrLf & _
        "Viscosidade dinâmica = " & Form3.Label4.Text & " [Pa.s]" &
vbCrLf & "Calor específico = " & Form3.Label6.Text & " [kJ/(kg.K)]" & vbCrLf & _
        "Massa volúmica = " & Form3.Label8.Text & " [kg/m^3]" & vbCrLf &
"Nº de Reynolds = " & Form3.Label14.Text & " [-]" & vbCrLf & _
        "Factor de Darcy = " & Form3.Label22.Text & " [-]" & vbCrLf &
"Área interior tubo = " & Form3.Label20.Text & " [m^2]" & vbCrLf & _
        "Pressão interior do tudo = " & Form3.Label19.Text & " [bar/m]"
& vbCrLf & "Velocidade do fluido = " & Form3.Label9.Text & " [m/s]" & vbCrLf &
vbCrLf & _
        "Perda de carga em linha" & vbCrLf & Label6.Text & " [Pa]" &
vbCrLf & vbCrLf & _
        "Perdas de carga localizadas" & vbCrLf & "Ida" & vbCrLf

```

```

        If Form2.CheckBox1.Checked = True Then
            TextBox19.AppendText("Alargamento gradual " & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown1.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox2.Checked = True Then
            TextBox19.AppendText("Cotovelo a 90°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown2.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox3.Checked = True Then
            TextBox19.AppendText("Cotovelo a 45°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown3.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox4.Checked = True Then
            TextBox19.AppendText("Curva longa a 90°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown4.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox5.Checked = True Then
            TextBox19.AppendText("Curva longa a 45°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown5.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox6.Checked = True Then
            TextBox19.AppendText("Cotovelo a 180°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown6.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox7.Checked = True Then
            TextBox19.AppendText("Tê de passagem directa" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown7.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox8.Checked = True Then
            TextBox19.AppendText("Válvula globo" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown8.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox9.Checked = True Then
            TextBox19.AppendText("Válvula angular" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown9.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox10.Checked = True Then
            TextBox19.AppendText("Válvula de gaveta" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown10.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox14.Checked = True Then
            TextBox19.AppendText("Válvula de retenção" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown14.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox18.Checked = True Then
            TextBox19.AppendText("Redução gradual" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown18.Value & vbCrLf)
        End If

        TextBox19.AppendText("Lequi ida = " & Label55.Text & " [m]" & vbCrLf
& "Ida = " & Label13.Text & " [Pa]" & vbCrLf & "Outras = " & TextBox28.Text & "[Pa]"
& vbCrLf & vbCrLf & "Volta" & vbCrLf)

        If Form2.CheckBox1.Checked = True Then
            TextBox19.AppendText("Alargamento gradual " & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown32.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox2.Checked = True Then

```

```

        TextBox19.AppendText("Cotovelo a 90°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown31.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox3.Checked = True Then
        TextBox19.AppendText("Cotovelo a 45°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown30.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox4.Checked = True Then
        TextBox19.AppendText("Curva longa a 90°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown29.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox5.Checked = True Then
        TextBox19.AppendText("Curva longa a 45°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown28.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox6.Checked = True Then
        TextBox19.AppendText("Cotovelo a 180°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown27.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox7.Checked = True Then
        TextBox19.AppendText("Tê de passagem directa" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown26.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox8.Checked = True Then
        TextBox19.AppendText("Válvula globo" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown25.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox9.Checked = True Then
        TextBox19.AppendText("Válvula angular" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown24.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox10.Checked = True Then
        TextBox19.AppendText("Válvula de gaveta" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown23.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox14.Checked = True Then
        TextBox19.AppendText("Válvula de retenção" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown22.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox18.Checked = True Then
        TextBox19.AppendText("Redução gradual" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown12.Value & vbCrLf)
    End If

    TextBox19.AppendText("Lequi volta = " & Label11.Text & " [m]" &
vbCrLf & "Volta = " & Label10.Text & " [Pa]" & vbCrLf & vbCrLf & _
        "Perda total ida = " & Label18.Text & " [Pa]" & vbCrLf & "Perda
total volta = " & Label19.Text & " [Pa]")

```

### Case 13

```

    TextBox20.Text = "Dados do cliente: " & vbCrLf & _
        TextBox27.Text & vbCrLf & vbCrLf & _
        "Nome do termofluido: " & ComboBox1.Text & vbCrLf & vbCrLf & _
        "Caudal = " & TextBox3.Text & " [kg/h]" & vbCrLf & "Comprimento
de linha = " & TextBox2.Text & " [m]" & vbCrLf & _
        "Rugosidade = " & TextBox11.Text & " [mm]" & vbCrLf & _
        "Temperatura máxima do fluido = " & TextBox1.Text & " [°C]" &
vbCrLf & "ΔT = " & TextBox9.Text & "[°C]" & vbCrLf & _

```

```

        "Diâmetro exterior = " & Label1.Text & " [mm]" & vbCrLf &
"Espessura do tubo = " & ComboBox2.Text & " [mm]" & vbCrLf & _
        "Diâmetro interior = " & Label5.Text & " [mm]" & vbCrLf & _
        "Viscosidade dinâmica = " & Form3.Label14.Text & " [Pa.s]" &
vbCrLf & "Calor específico = " & Form3.Label16.Text & " [kJ/(kg.K)]" & vbCrLf & _
        "Massa volúmica = " & Form3.Label18.Text & " [kg/m^3]" & vbCrLf &
"Nº de Reynolds = " & Form3.Label14.Text & " [-]" & vbCrLf & _
        "Factor de Darcy = " & Form3.Label22.Text & " [-]" & vbCrLf &
"Área interior tubo = " & Form3.Label120.Text & " [m^2]" & vbCrLf & _
        "Pressão interior do tudo = " & Form3.Label19.Text & " [bar/m]"
& vbCrLf & "Velocidade do fluido = " & Form3.Label9.Text & " [m/s]" & vbCrLf &
vbCrLf & _
        "Perda de carga em linha" & vbCrLf & Label6.Text & " [Pa]" &
vbCrLf & vbCrLf & _
        "Perdas de carga localizadas" & vbCrLf & "Ida" & vbCrLf

    If Form2.CheckBox1.Checked = True Then
        TextBox20.AppendText("Alargamento gradual " & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown1.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox2.Checked = True Then
        TextBox20.AppendText("Cotovelo a 90°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown2.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox3.Checked = True Then
        TextBox20.AppendText("Cotovelo a 45°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown3.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox4.Checked = True Then
        TextBox20.AppendText("Curva longa a 90°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown4.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox5.Checked = True Then
        TextBox20.AppendText("Curva longa a 45°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown5.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox6.Checked = True Then
        TextBox20.AppendText("Cotovelo a 180°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown6.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox7.Checked = True Then
        TextBox20.AppendText("Tê de passagem directa" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown7.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox8.Checked = True Then
        TextBox20.AppendText("Válvula globo" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown8.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox9.Checked = True Then
        TextBox20.AppendText("Válvula angular" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown9.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox10.Checked = True Then
        TextBox20.AppendText("Válvula de gaveta" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown10.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox14.Checked = True Then

```

```

        TextBox20.AppendText("Válvula de retenção" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown14.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox18.Checked = True Then
        TextBox20.AppendText("Redução gradual" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown18.Value & vbCrLf)
    End If

    TextBox20.AppendText("Lequi ida = " & Label155.Text & " [m]" & vbCrLf
& "Ida = " & Label13.Text & " [Pa]" & vbCrLf & "Outras = " & TextBox28.Text & "[Pa]"
& vbCrLf & vbCrLf & "Volta" & vbCrLf)

    If Form2.CheckBox1.Checked = True Then
        TextBox20.AppendText("Alargamento gradual " & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown32.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox2.Checked = True Then
        TextBox20.AppendText("Cotovelo a 90°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown31.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox3.Checked = True Then
        TextBox20.AppendText("Cotovelo a 45°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown30.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox4.Checked = True Then
        TextBox20.AppendText("Curva longa a 90°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown29.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox5.Checked = True Then
        TextBox20.AppendText("Curva longa a 45°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown28.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox6.Checked = True Then
        TextBox20.AppendText("Cotovelo a 180°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown27.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox7.Checked = True Then
        TextBox20.AppendText("Tê de passagem directa" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown26.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox8.Checked = True Then
        TextBox20.AppendText("Válvula globo" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown25.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox9.Checked = True Then
        TextBox20.AppendText("Válvula angular" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown24.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox10.Checked = True Then
        TextBox20.AppendText("Válvula de gaveta" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown23.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox14.Checked = True Then
        TextBox20.AppendText("Válvula de retenção" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown22.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox18.Checked = True Then

```

```

        TextBox20.AppendText("Redução gradual" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown12.Value & vbCrLf)
    End If

    TextBox20.AppendText("Lequi volta = " & Label11.Text & " [m]" &
vbCrLf & "Volta = " & Label10.Text & " [Pa]" & vbCrLf & vbCrLf & _
    "Perda total ida = " & Label18.Text & " [Pa]" & vbCrLf & "Perda
total volta = " & Label19.Text & " [Pa]")

    Case 14
        TextBox21.Text = "Dados do cliente: " & vbCrLf & _
        TextBox27.Text & vbCrLf & vbCrLf & _
        "Nome do termofluido: " & ComboBox1.Text & vbCrLf & vbCrLf & _
        "Caudal = " & TextBox3.Text & " [kg/h]" & vbCrLf & "Comprimento
de linha = " & TextBox2.Text & " [m]" & vbCrLf & _
        "Rugosidade = " & TextBox11.Text & " [mm]" & vbCrLf & _
        "Temperatura máxima do fluido = " & TextBox1.Text & " [°C]" &
vbCrLf & "ΔT = " & TextBox9.Text & "[°C]" & vbCrLf & _
        "Diâmetro exterior = " & Label1.Text & " [mm]" & vbCrLf &
"Espessura do tubo = " & ComboBox2.Text & " [mm]" & vbCrLf & _
        "Diâmetro interior = " & Label5.Text & " [mm]" & vbCrLf & _
        "Viscosidade dinâmica = " & Form3.Label14.Text & " [Pa.s]" &
vbCrLf & "Calor específico = " & Form3.Label6.Text & " [kJ/(kg.K)]" & vbCrLf & _
        "Massa volúmica = " & Form3.Label8.Text & " [kg/m^3]" & vbCrLf &
"Nº de Reynolds = " & Form3.Label14.Text & " [-]" & vbCrLf & _
        "Factor de Darcy = " & Form3.Label22.Text & " [-]" & vbCrLf &
"Área interior tubo = " & Form3.Label20.Text & " [m^2]" & vbCrLf & _
        "Pressão interior do tudo = " & Form3.Label19.Text & " [bar/m]"
& vbCrLf & "Velocidade do fluido = " & Form3.Label9.Text & " [m/s]" & vbCrLf &
vbCrLf & _
        "Perda de carga em linha" & vbCrLf & Label6.Text & " [Pa]" &
vbCrLf & vbCrLf & _
        "Perdas de carga localizadas" & vbCrLf & "Ida" & vbCrLf

        If Form2.CheckBox1.Checked = True Then
            TextBox21.AppendText("Alargamento gradual " & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown1.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox2.Checked = True Then
            TextBox21.AppendText("Cotovelo a 90°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown2.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox3.Checked = True Then
            TextBox21.AppendText("Cotovelo a 45°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown3.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox4.Checked = True Then
            TextBox21.AppendText("Curva longa a 90°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown4.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox5.Checked = True Then
            TextBox21.AppendText("Curva longa a 45°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown5.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox6.Checked = True Then
            TextBox21.AppendText("Cotovelo a 180°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown6.Value & vbCrLf)
        End If
    End Case

```

```

        If Form2.CheckBox7.Checked = True Then
            TextBox21.AppendText("Tê de passagem directa" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown7.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox8.Checked = True Then
            TextBox21.AppendText("Válvula globo" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown8.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox9.Checked = True Then
            TextBox21.AppendText("Válvula angular" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown9.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox10.Checked = True Then
            TextBox21.AppendText("Válvula de gaveta" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown10.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox14.Checked = True Then
            TextBox21.AppendText("Válvula de retenção" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown14.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox18.Checked = True Then
            TextBox21.AppendText("Redução gradual" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown18.Value & vbCrLf)
        End If

        TextBox21.AppendText("Lequi ida = " & Label155.Text & " [m]" & vbCrLf
& "Ida = " & Label13.Text & " [Pa]" & vbCrLf & "Outras = " & TextBox28.Text & "[Pa]"
& vbCrLf & vbCrLf & "Volta" & vbCrLf)

        If Form2.CheckBox1.Checked = True Then
            TextBox21.AppendText("Alargamento gradual " & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown32.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox2.Checked = True Then
            TextBox21.AppendText("Cotovelo a 90°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown31.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox3.Checked = True Then
            TextBox21.AppendText("Cotovelo a 45°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown30.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox4.Checked = True Then
            TextBox21.AppendText("Curva longa a 90°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown29.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox5.Checked = True Then
            TextBox21.AppendText("Curva longa a 45°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown28.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox6.Checked = True Then
            TextBox21.AppendText("Cotovelo a 180°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown27.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox7.Checked = True Then
            TextBox21.AppendText("Tê de passagem directa" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown26.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox8.Checked = True Then

```

```

        TextBox21.AppendText("Válvula globo" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown25.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox9.Checked = True Then
        TextBox21.AppendText("Válvula angular" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown24.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox10.Checked = True Then
        TextBox21.AppendText("Válvula de gaveta" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown23.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox14.Checked = True Then
        TextBox21.AppendText("Válvula de retenção" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown22.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox18.Checked = True Then
        TextBox21.AppendText("Redução gradual" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown12.Value & vbCrLf)
    End If

    TextBox21.AppendText("Lequi volta = " & Label11.Text & " [m]" &
vbCrLf & "Volta = " & Label10.Text & " [Pa]" & vbCrLf & vbCrLf & _
        "Perda total ida = " & Label18.Text & "[Pa]" & vbCrLf & "Perda
total volta = " & Label19.Text & " [Pa]")

Case 15
    TextBox22.Text = "Dados do cliente: " & vbCrLf & _
        TextBox27.Text & vbCrLf & vbCrLf & _
        "Nome do termofluido: " & ComboBox1.Text & vbCrLf & vbCrLf & _
        "Caudal = " & TextBox3.Text & " [kg/h]" & vbCrLf & "Comprimento
de linha = " & TextBox2.Text & " [m]" & vbCrLf & _
        "Rugosidade = " & TextBox11.Text & " [mm]" & vbCrLf & _
        "Temperatura máxima do fluido = " & TextBox1.Text & " [°C]" &
vbCrLf & "ΔT = " & TextBox9.Text & "[°C]" & vbCrLf & _
        "Diâmetro exterior = " & Label11.Text & " [mm]" & vbCrLf &
"Espessura do tubo = " & ComboBox2.Text & " [mm]" & vbCrLf & _
        "Diâmetro interior = " & Label5.Text & " [mm]" & vbCrLf & _
        "Viscosidade dinâmica = " & Form3.Label4.Text & " [Pa.s]" &
vbCrLf & "Calor específico = " & Form3.Label6.Text & " [kJ/(kg.K)]" & vbCrLf & _
        "Massa volúmica = " & Form3.Label18.Text & " [kg/m^3]" & vbCrLf &
"Nº de Reynolds = " & Form3.Label14.Text & " [-]" & vbCrLf & _
        "Factor de Darcy = " & Form3.Label22.Text & " [-]" & vbCrLf &
"Área interior tubo = " & Form3.Label20.Text & " [m^2]" & vbCrLf & _
        "Pressão interior do tudo = " & Form3.Label19.Text & " [bar/m]"
& vbCrLf & "Velocidade do fluido = " & Form3.Label9.Text & " [m/s]" & vbCrLf &
vbCrLf & _
        "Perda de carga em linha" & vbCrLf & Label16.Text & " [Pa]" &
vbCrLf & vbCrLf & _
        "Perdas de carga localizadas" & vbCrLf & "Ida" & vbCrLf

    If Form2.CheckBox1.Checked = True Then
        TextBox22.AppendText("Alargamento gradual " & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown1.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox2.Checked = True Then
        TextBox22.AppendText("Cotovelo a 90°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown2.Value & vbCrLf)
    End If

```

```

        If Form2.CheckBox3.Checked = True Then
            TextBox22.AppendText("Cotovelo a 45°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown3.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox4.Checked = True Then
            TextBox22.AppendText("Curva longa a 90°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown4.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox5.Checked = True Then
            TextBox22.AppendText("Curva longa a 45°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown5.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox6.Checked = True Then
            TextBox22.AppendText("Cotovelo a 180°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown6.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox7.Checked = True Then
            TextBox22.AppendText("Tê de passagem directa" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown7.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox8.Checked = True Then
            TextBox22.AppendText("Válvula globo" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown8.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox9.Checked = True Then
            TextBox22.AppendText("Válvula angular" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown9.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox10.Checked = True Then
            TextBox22.AppendText("Válvula de gaveta" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown10.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox14.Checked = True Then
            TextBox22.AppendText("Válvula de retenção" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown14.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox18.Checked = True Then
            TextBox22.AppendText("Redução gradual" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown18.Value & vbCrLf)
        End If

        TextBox22.AppendText("Lequi ida = " & Label155.Text & " [m]" & vbCrLf
& "Ida = " & Label13.Text & " [Pa]" & vbCrLf & "Outras = " & TextBox28.Text & "[Pa]"
& vbCrLf & vbCrLf & "Volta" & vbCrLf)

        If Form2.CheckBox1.Checked = True Then
            TextBox22.AppendText("Alargamento gradual " & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown32.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox2.Checked = True Then
            TextBox22.AppendText("Cotovelo a 90°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown31.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox3.Checked = True Then
            TextBox22.AppendText("Cotovelo a 45°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown30.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox4.Checked = True Then

```

```

        TextBox22.AppendText("Curva longa a 90°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown29.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox5.Checked = True Then
        TextBox22.AppendText("Curva longa a 45°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown28.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox6.Checked = True Then
        TextBox22.AppendText("Cotovelo a 180°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown27.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox7.Checked = True Then
        TextBox22.AppendText("Tê de passagem directa" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown26.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox8.Checked = True Then
        TextBox22.AppendText("Válvula globo" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown25.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox9.Checked = True Then
        TextBox22.AppendText("Válvula angular" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown24.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox10.Checked = True Then
        TextBox22.AppendText("Válvula de gaveta" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown23.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox14.Checked = True Then
        TextBox22.AppendText("Válvula de retenção" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown22.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox18.Checked = True Then
        TextBox22.AppendText("Redução gradual" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown12.Value & vbCrLf)
    End If

    TextBox22.AppendText("Lequi volta = " & Label111.Text & " [m]" &
vbCrLf & "Volta = " & Label10.Text & " [Pa]" & vbCrLf & vbCrLf & _
        "Perda total ida = " & Label18.Text & " [Pa]" & vbCrLf & "Perda
total volta = " & Label19.Text & " [Pa]")

```

#### Case 16

```

    TextBox23.Text = "Dados do cliente: " & vbCrLf & _
        TextBox27.Text & vbCrLf & vbCrLf & _
        "Nome do termofluido: " & ComboBox1.Text & vbCrLf & vbCrLf & _
        "Caudal = " & TextBox3.Text & " [kg/h]" & vbCrLf & "Comprimento
de linha = " & TextBox2.Text & " [m]" & vbCrLf & _
        "Rugosidade = " & TextBox11.Text & " [mm]" & vbCrLf & _
        "Temperatura máxima do fluido = " & TextBox1.Text & " [°C]" &
vbCrLf & "ΔT = " & TextBox9.Text & " [°C]" & vbCrLf & _
        "Diâmetro exterior = " & Label11.Text & " [mm]" & vbCrLf &
"Espessura do tubo = " & ComboBox2.Text & " [mm]" & vbCrLf & _
        "Diâmetro interior = " & Label5.Text & " [mm]" & vbCrLf & _
        "Viscosidade dinâmica = " & Form3.Label4.Text & " [Pa.s]" &
vbCrLf & "Calor específico = " & Form3.Label6.Text & " [kJ/(kg.K)]" & vbCrLf & _
        "Massa volúmica = " & Form3.Label8.Text & " [kg/m^3]" & vbCrLf &
"Nº de Reynolds = " & Form3.Label14.Text & " [-]" & vbCrLf & _

```

```

"Factor de Darcy = " & Form3.Label122.Text & " [-]" & vbCrLf &
"Área interior tubo = " & Form3.Label120.Text & " [m^2]" & vbCrLf & _
"Pressão interior do tudo = " & Form3.Label19.Text & " [bar/m]"
& vbCrLf & "Velocidade do fluido = " & Form3.Label19.Text & " [m/s]" & vbCrLf &
vbCrLf & _
"Perda de carga em linha" & vbCrLf & Label16.Text & " [Pa]" &
vbCrLf & vbCrLf & _
"Perdas de carga localizadas" & vbCrLf & "Ida" & vbCrLf

If Form2.CheckBox1.Checked = True Then
    TextBox23.AppendText("Alargamento gradual " & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown1.Value & vbCrLf)
End If
If Form2.CheckBox2.Checked = True Then
    TextBox23.AppendText("Cotovelo a 90°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown2.Value & vbCrLf)
End If
If Form2.CheckBox3.Checked = True Then
    TextBox23.AppendText("Cotovelo a 45°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown3.Value & vbCrLf)
End If
If Form2.CheckBox4.Checked = True Then
    TextBox23.AppendText("Curva longa a 90°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown4.Value & vbCrLf)
End If
If Form2.CheckBox5.Checked = True Then
    TextBox23.AppendText("Curva longa a 45°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown5.Value & vbCrLf)
End If
If Form2.CheckBox6.Checked = True Then
    TextBox23.AppendText("Cotovelo a 180°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown6.Value & vbCrLf)
End If
If Form2.CheckBox7.Checked = True Then
    TextBox23.AppendText("Tê de passagem directa" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown7.Value & vbCrLf)
End If
If Form2.CheckBox8.Checked = True Then
    TextBox23.AppendText("Válvula globo" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown8.Value & vbCrLf)
End If
If Form2.CheckBox9.Checked = True Then
    TextBox23.AppendText("Válvula angular" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown9.Value & vbCrLf)
End If
If Form2.CheckBox10.Checked = True Then
    TextBox23.AppendText("Válvula de gaveta" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown10.Value & vbCrLf)
End If
If Form2.CheckBox14.Checked = True Then
    TextBox23.AppendText("Válvula de retenção" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown14.Value & vbCrLf)
End If
If Form2.CheckBox18.Checked = True Then
    TextBox23.AppendText("Redução gradual" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown18.Value & vbCrLf)
End If

```

```

        TextBox23.AppendText("Lequi ida = " & Label155.Text & " [m]" & vbCrLf
& "Ida = " & Label13.Text & " [Pa]" & vbCrLf & "Outras = " & TextBox28.Text & "[Pa]"
& vbCrLf & vbCrLf & "Volta" & vbCrLf)

        If Form2.CheckBox1.Checked = True Then
            TextBox23.AppendText("Alargamento gradual " & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown32.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox2.Checked = True Then
            TextBox23.AppendText("Cotovelo a 90°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown31.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox3.Checked = True Then
            TextBox23.AppendText("Cotovelo a 45°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown30.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox4.Checked = True Then
            TextBox23.AppendText("Curva longa a 90°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown29.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox5.Checked = True Then
            TextBox23.AppendText("Curva longa a 45°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown28.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox6.Checked = True Then
            TextBox23.AppendText("Cotovelo a 180°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown27.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox7.Checked = True Then
            TextBox23.AppendText("Tê de passagem directa" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown26.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox8.Checked = True Then
            TextBox23.AppendText("Válvula globo" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown25.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox9.Checked = True Then
            TextBox23.AppendText("Válvula angular" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown24.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox10.Checked = True Then
            TextBox23.AppendText("Válvula de gaveta" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown23.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox14.Checked = True Then
            TextBox23.AppendText("Válvula de retenção" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown22.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox18.Checked = True Then
            TextBox23.AppendText("Redução gradual" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown12.Value & vbCrLf)
        End If

        TextBox23.AppendText("Lequi volta = " & Label111.Text & " [m]" &
vbCrLf & "Volta = " & Label110.Text & " [Pa]" & vbCrLf & vbCrLf & _
        "Perda total ida = " & Label118.Text & " [Pa]" & vbCrLf & "Perda
total volta = " & Label119.Text & " [Pa]")

```

### Case 17

```
TextBox24.Text = "Dados do cliente: " & vbCrLf & _
    TextBox27.Text & vbCrLf & vbCrLf & _
    "Nome do termofluido: " & ComboBox1.Text & vbCrLf & vbCrLf & _
    "Caudal = " & TextBox3.Text & " [kg/h]" & vbCrLf & "Comprimento
de linha = " & TextBox2.Text & " [m]" & vbCrLf & _
    "Rugosidade = " & TextBox11.Text & " [mm]" & vbCrLf & _
    "Temperatura máxima do fluido = " & TextBox1.Text & " [°C]" &
vbCrLf & "ΔT = " & TextBox9.Text & "[°C]" & vbCrLf & _
    "Diâmetro exterior = " & Label1.Text & " [mm]" & vbCrLf &
"Espessura do tubo = " & ComboBox2.Text & " [mm]" & vbCrLf & _
    "Diâmetro interior = " & Label5.Text & " [mm]" & vbCrLf & _
    "Viscosidade dinâmica = " & Form3.Label14.Text & " [Pa.s]" &
vbCrLf & "Calor específico = " & Form3.Label16.Text & " [kJ/(kg.K)]" & vbCrLf & _
    "Massa volúmica = " & Form3.Label18.Text & " [kg/m^3]" & vbCrLf &
"Nº de Reynolds = " & Form3.Label14.Text & " [-]" & vbCrLf & _
    "Factor de Darcy = " & Form3.Label22.Text & " [-]" & vbCrLf &
"Área interior tubo = " & Form3.Label20.Text & " [m^2]" & vbCrLf & _
    "Pressão interior do tudo = " & Form3.Label19.Text & " [bar/m]" &
vbCrLf & "Velocidade do fluido = " & Form3.Label19.Text & " [m/s]" & vbCrLf &
vbCrLf & _
    "Perda de carga em linha" & vbCrLf & Label6.Text & " [Pa]" &
vbCrLf & vbCrLf & _
    "Perdas de carga localizadas" & vbCrLf & "Ida" & vbCrLf

If Form2.CheckBox1.Checked = True Then
    TextBox24.AppendText("Alargamento gradual " & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown1.Value & vbCrLf)
End If
If Form2.CheckBox2.Checked = True Then
    TextBox24.AppendText("Cotovelo a 90°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown2.Value & vbCrLf)
End If
If Form2.CheckBox3.Checked = True Then
    TextBox24.AppendText("Cotovelo a 45°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown3.Value & vbCrLf)
End If
If Form2.CheckBox4.Checked = True Then
    TextBox24.AppendText("Curva longa a 90°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown4.Value & vbCrLf)
End If
If Form2.CheckBox5.Checked = True Then
    TextBox24.AppendText("Curva longa a 45°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown5.Value & vbCrLf)
End If
If Form2.CheckBox6.Checked = True Then
    TextBox24.AppendText("Cotovelo a 180°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown6.Value & vbCrLf)
End If
If Form2.CheckBox7.Checked = True Then
    TextBox24.AppendText("Tê de passagem directa" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown7.Value & vbCrLf)
End If
If Form2.CheckBox8.Checked = True Then
    TextBox24.AppendText("Válvula globo" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown8.Value & vbCrLf)
End If
If Form2.CheckBox9.Checked = True Then
```

```

        TextBox24.AppendText("Válvula angular" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown9.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox10.Checked = True Then
        TextBox24.AppendText("Válvula de gaveta" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown10.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox14.Checked = True Then
        TextBox24.AppendText("Válvula de retenção" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown14.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox18.Checked = True Then
        TextBox24.AppendText("Redução gradual" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown18.Value & vbCrLf)
    End If

    TextBox24.AppendText("Lequi ida = " & Label155.Text & " [m]" & vbCrLf
& "Ida = " & Label13.Text & " [Pa]" & vbCrLf & "Outras = " & TextBox28.Text & "[Pa]"
& vbCrLf & vbCrLf & "Volta" & vbCrLf)

    If Form2.CheckBox1.Checked = True Then
        TextBox24.AppendText("Alargamento gradual " & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown32.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox2.Checked = True Then
        TextBox24.AppendText("Cotovelo a 90°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown31.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox3.Checked = True Then
        TextBox24.AppendText("Cotovelo a 45°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown30.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox4.Checked = True Then
        TextBox24.AppendText("Curva longa a 90°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown29.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox5.Checked = True Then
        TextBox24.AppendText("Curva longa a 45°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown28.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox6.Checked = True Then
        TextBox24.AppendText("Cotovelo a 180°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown27.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox7.Checked = True Then
        TextBox24.AppendText("Tê de passagem directa" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown26.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox8.Checked = True Then
        TextBox24.AppendText("Válvula globo" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown25.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox9.Checked = True Then
        TextBox24.AppendText("Válvula angular" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown24.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox10.Checked = True Then

```

```

        TextBox24.AppendText("Válvula de gaveta" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown23.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox14.Checked = True Then
        TextBox24.AppendText("Válvula de retenção" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown22.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox18.Checked = True Then
        TextBox24.AppendText("Redução gradual" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown12.Value & vbCrLf)
    End If

    TextBox24.AppendText("Lequi volta = " & Label111.Text & " [m]" &
vbCrLf & "Volta = " & Label110.Text & " [Pa]" & vbCrLf & vbCrLf & _
        "Perda total ida = " & Label118.Text & " [Pa]" & vbCrLf & "Perda
total volta = " & Label119.Text & " [Pa]")

    Case 18
        TextBox25.Text = "Dados do cliente: " & vbCrLf & _
        TextBox27.Text & vbCrLf & vbCrLf & _
        "Nome do termofluido: " & ComboBox1.Text & vbCrLf & vbCrLf & _
        "Caudal = " & TextBox3.Text & " [kg/h]" & vbCrLf & "Comprimento
de linha = " & TextBox2.Text & " [m]" & vbCrLf & _
        "Rugosidade = " & TextBox11.Text & " [mm]" & vbCrLf & _
        "Temperatura máxima do fluido = " & TextBox1.Text & " [°C]" &
vbCrLf & "ΔT = " & TextBox9.Text & "[°C]" & vbCrLf & _
        "Diâmetro exterior = " & Label11.Text & " [mm]" & vbCrLf & _
        "Espessura do tubo = " & ComboBox2.Text & " [mm]" & vbCrLf & _
        "Diâmetro interior = " & Label15.Text & " [mm]" & vbCrLf & _
        "Viscosidade dinâmica = " & Form3.Label14.Text & " [Pa.s]" &
vbCrLf & "Calor específico = " & Form3.Label16.Text & " [kJ/(kg.K)]" & vbCrLf & _
        "Massa volúmica = " & Form3.Label18.Text & " [kg/m^3]" & vbCrLf &
"Nº de Reynolds = " & Form3.Label14.Text & " [-]" & vbCrLf & _
        "Factor de Darcy = " & Form3.Label122.Text & " [-]" & vbCrLf &
"Área interior tubo = " & Form3.Label120.Text & " [m^2]" & vbCrLf & _
        "Pressão interior do tudo = " & Form3.Label119.Text & " [bar/m]"
& vbCrLf & "Velocidade do fluido = " & Form3.Label19.Text & " [m/s]" & vbCrLf &
vbCrLf & _
        "Perda de carga em linha" & vbCrLf & Label16.Text & " [Pa]" &
vbCrLf & vbCrLf & _
        "Perdas de carga localizadas" & vbCrLf & "Ida" & vbCrLf

    If Form2.CheckBox1.Checked = True Then
        TextBox25.AppendText("Alargamento gradual " & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown1.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox2.Checked = True Then
        TextBox25.AppendText("Cotovelo a 90°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown2.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox3.Checked = True Then
        TextBox25.AppendText("Cotovelo a 45°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown3.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox4.Checked = True Then
        TextBox25.AppendText("Curva longa a 90°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown4.Value & vbCrLf)
    End If

```

```

        If Form2.CheckBox5.Checked = True Then
            TextBox25.AppendText("Curva longa a 45°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown5.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox6.Checked = True Then
            TextBox25.AppendText("Cotovelo a 180°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown6.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox7.Checked = True Then
            TextBox25.AppendText("Tê de passagem directa" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown7.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox8.Checked = True Then
            TextBox25.AppendText("Válvula globo" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown8.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox9.Checked = True Then
            TextBox25.AppendText("Válvula angular" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown9.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox10.Checked = True Then
            TextBox25.AppendText("Válvula de gaveta" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown10.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox14.Checked = True Then
            TextBox25.AppendText("Válvula de retenção" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown14.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox18.Checked = True Then
            TextBox25.AppendText("Redução gradual" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown18.Value & vbCrLf)
        End If

        TextBox25.AppendText("Lequi ida = " & Label155.Text & " [m]" & vbCrLf
& "Ida = " & Label13.Text & " [Pa]" & vbCrLf & "Outras = " & TextBox28.Text & "[Pa]"
& vbCrLf & vbCrLf & "Volta" & vbCrLf)

        If Form2.CheckBox1.Checked = True Then
            TextBox25.AppendText("Alargamento gradual " & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown32.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox2.Checked = True Then
            TextBox25.AppendText("Cotovelo a 90°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown31.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox3.Checked = True Then
            TextBox25.AppendText("Cotovelo a 45°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown30.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox4.Checked = True Then
            TextBox25.AppendText("Curva longa a 90°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown29.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox5.Checked = True Then
            TextBox25.AppendText("Curva longa a 45°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown28.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox6.Checked = True Then

```

```

        TextBox25.AppendText("Cotovelo a 180°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown27.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox7.Checked = True Then
        TextBox25.AppendText("Tê de passagem directa" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown26.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox8.Checked = True Then
        TextBox25.AppendText("Válvula globo" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown25.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox9.Checked = True Then
        TextBox25.AppendText("Válvula angular" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown24.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox10.Checked = True Then
        TextBox25.AppendText("Válvula de gaveta" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown23.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox14.Checked = True Then
        TextBox25.AppendText("Válvula de retenção" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown22.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox18.Checked = True Then
        TextBox25.AppendText("Redução gradual" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown12.Value & vbCrLf)
    End If

    TextBox25.AppendText("Lequi volta = " & Label11.Text & " [m]" &
vbCrLf & "Volta = " & Label10.Text & " [Pa]" & vbCrLf & vbCrLf & _
        "Perda total ida = " & Label18.Text & " [Pa]" & vbCrLf & "Perda
total volta = " & Label19.Text & " [Pa]")

```

#### Case 19

```

    TextBox26.Text = "Dados do cliente: " & vbCrLf & _
        TextBox27.Text & vbCrLf & vbCrLf & _
        "Nome do termofluido: " & ComboBox1.Text & vbCrLf & vbCrLf & _
        "Caudal = " & TextBox3.Text & " [kg/h]" & vbCrLf & "Comprimento
de linha = " & TextBox2.Text & " [m]" & vbCrLf & _
        "Rugosidade = " & TextBox11.Text & " [mm]" & vbCrLf & _
        "Temperatura máxima do fluido = " & TextBox1.Text & " [°C]" &
vbCrLf & "ΔT = " & TextBox9.Text & "[°C]" & vbCrLf & _
        "Diâmetro exterior = " & Label11.Text & " [mm]" & vbCrLf &
"Espessura do tubo = " & ComboBox2.Text & " [mm]" & vbCrLf & _
        "Diâmetro interior = " & Label5.Text & " [mm]" & vbCrLf & _
        "Viscosidade dinâmica = " & Form3.Label4.Text & " [Pa.s]" &
vbCrLf & "Calor específico = " & Form3.Label6.Text & " [kJ/(kg.K)]" & vbCrLf & _
        "Massa volúmica = " & Form3.Label8.Text & " [kg/m^3]" & vbCrLf &
"Nº de Reynolds = " & Form3.Label14.Text & " [-]" & vbCrLf & _
        "Factor de Darcy = " & Form3.Label22.Text & " [-]" & vbCrLf &
"Área interior tubo = " & Form3.Label20.Text & " [m^2]" & vbCrLf & _
        "Pressão interior do tudo = " & Form3.Label19.Text & " [bar/m]"
& vbCrLf & "Velocidade do fluido = " & Form3.Label9.Text & " [m/s]" & vbCrLf &
vbCrLf & _
        "Perda de carga em linha" & vbCrLf & Label6.Text & " [Pa]" &
vbCrLf & vbCrLf & _
        "Perdas de carga localizadas" & vbCrLf & "Ida" & vbCrLf

```

```

        If Form2.CheckBox1.Checked = True Then
            TextBox26.AppendText("Alargamento gradual " & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown1.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox2.Checked = True Then
            TextBox26.AppendText("Cotovelo a 90°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown2.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox3.Checked = True Then
            TextBox26.AppendText("Cotovelo a 45°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown3.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox4.Checked = True Then
            TextBox26.AppendText("Curva longa a 90°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown4.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox5.Checked = True Then
            TextBox26.AppendText("Curva longa a 45°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown5.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox6.Checked = True Then
            TextBox26.AppendText("Cotovelo a 180°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown6.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox7.Checked = True Then
            TextBox26.AppendText("Tê de passagem directa" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown7.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox8.Checked = True Then
            TextBox26.AppendText("Válvula globo" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown8.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox9.Checked = True Then
            TextBox26.AppendText("Válvula angular" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown9.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox10.Checked = True Then
            TextBox26.AppendText("Válvula de gaveta" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown10.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox14.Checked = True Then
            TextBox26.AppendText("Válvula de retenção" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown14.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox18.Checked = True Then
            TextBox26.AppendText("Redução gradual" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown18.Value & vbCrLf)
        End If

        TextBox26.AppendText("Lequi ida = " & Label55.Text & " [m]" & vbCrLf
& "Ida = " & Label13.Text & " [Pa]" & vbCrLf & "Outras = " & TextBox28.Text & "[Pa]"
& vbCrLf & vbCrLf & "Volta" & vbCrLf)

        If Form2.CheckBox1.Checked = True Then
            TextBox26.AppendText("Alargamento gradual " & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown32.Value & vbCrLf)
        End If
        If Form2.CheckBox2.Checked = True Then

```

```

        TextBox26.AppendText("Cotovelo a 90°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown31.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox3.Checked = True Then
        TextBox26.AppendText("Cotovelo a 45°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown30.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox4.Checked = True Then
        TextBox26.AppendText("Curva longa a 90°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown29.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox5.Checked = True Then
        TextBox26.AppendText("Curva longa a 45°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown28.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox6.Checked = True Then
        TextBox26.AppendText("Cotovelo a 180°" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown27.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox7.Checked = True Then
        TextBox26.AppendText("Tê de passagem directa" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown26.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox8.Checked = True Then
        TextBox26.AppendText("Válvula globo" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown25.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox9.Checked = True Then
        TextBox26.AppendText("Válvula angular" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown24.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox10.Checked = True Then
        TextBox26.AppendText("Válvula de gaveta" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown23.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox14.Checked = True Then
        TextBox26.AppendText("Válvula de retenção" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown22.Value & vbCrLf)
    End If
    If Form2.CheckBox18.Checked = True Then
        TextBox26.AppendText("Redução gradual" & " Qtd." &
Form2.NumericUpDown12.Value & vbCrLf)
    End If

    TextBox26.AppendText("Lequi volta = " & Label111.Text & " [m]" &
vbCrLf & "Volta = " & Label10.Text & " [Pa]" & vbCrLf & vbCrLf & _
        "Perda total ida = " & Label118.Text & " [Pa]" & vbCrLf & "Perda
total volta = " & Label119.Text & " [Pa]")

```

```

    End Select
End Sub

```

```

Private Sub Button8_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Button8.Click

```

```

    Dim result As DialogResult = PrintDialog1.ShowDialog()
    'se clicou em ok, imprimir documento na impressora
    If result = DialogResult.OK Then

```

```
If TextBox4.Text <> "" Then
    PrintDocument1.Print()
End If
If TextBox5.Text <> "" Then
    PrintDocument2.Print()
End If
If TextBox6.Text <> "" Then
    PrintDocument2.Print()
End If
If TextBox7.Text <> "" Then
    PrintDocument2.Print()
End If
If TextBox8.Text <> "" Then
    PrintDocument2.Print()
End If
If TextBox12.Text <> "" Then
    PrintDocument2.Print()
End If
If TextBox13.Text <> "" Then
    PrintDocument2.Print()
End If
If TextBox14.Text <> "" Then
    PrintDocument2.Print()
End If
If TextBox15.Text <> "" Then
    PrintDocument2.Print()
End If
If TextBox16.Text <> "" Then
    PrintDocument2.Print()
End If
If TextBox17.Text <> "" Then
    PrintDocument2.Print()
End If
If TextBox18.Text <> "" Then
    PrintDocument2.Print()
End If
If TextBox19.Text <> "" Then
    PrintDocument2.Print()
End If
If TextBox20.Text <> "" Then
    PrintDocument2.Print()
End If
If TextBox21.Text <> "" Then
    PrintDocument2.Print()
End If
If TextBox22.Text <> "" Then
    PrintDocument2.Print()
End If
If TextBox23.Text <> "" Then
    PrintDocument2.Print()
End If
If TextBox24.Text <> "" Then
    PrintDocument2.Print()
End If
If TextBox25.Text <> "" Then
    PrintDocument2.Print()
End If
If TextBox26.Text <> "" Then
```

```

        PrintDocument2.Print()
    End If
End If

End Sub

Private Sub PrintDocument1_PrintPage(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.Drawing.Printing.PrintPageEventArgs) Handles PrintDocument1.PrintPage

    e.Graphics.DrawString(TextBox4.Text, PrintFont, Brushes.Black, 100, 100)

End Sub

Private Sub PrintDocument2_PrintPage(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.Drawing.Printing.PrintPageEventArgs) Handles PrintDocument2.PrintPage

    e.Graphics.DrawString(TextBox5.Text, PrintFont, Brushes.Black, 100, 100)

End Sub

Private Sub PrintDocument3_PrintPage(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.Drawing.Printing.PrintPageEventArgs) Handles PrintDocument3.PrintPage

    e.Graphics.DrawString(TextBox6.Text, PrintFont, Brushes.Black, 100, 100)

End Sub

Private Sub PrintDocument4_PrintPage(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.Drawing.Printing.PrintPageEventArgs) Handles PrintDocument4.PrintPage

    e.Graphics.DrawString(TextBox7.Text, PrintFont, Brushes.Black, 100, 100)

End Sub

Private Sub PrintDocument5_PrintPage(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.Drawing.Printing.PrintPageEventArgs) Handles PrintDocument5.PrintPage

    e.Graphics.DrawString(TextBox8.Text, PrintFont, Brushes.Black, 100, 100)

End Sub

Private Sub PrintDocument6_PrintPage(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.Drawing.Printing.PrintPageEventArgs) Handles PrintDocument6.PrintPage

    e.Graphics.DrawString(TextBox12.Text, PrintFont, Brushes.Black, 100, 100)

End Sub

Private Sub PrintDocument7_PrintPage(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.Drawing.Printing.PrintPageEventArgs) Handles PrintDocument7.PrintPage

    e.Graphics.DrawString(TextBox13.Text, PrintFont, Brushes.Black, 100, 100)

End Sub

Private Sub PrintDocument8_PrintPage(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.Drawing.Printing.PrintPageEventArgs) Handles PrintDocument8.PrintPage

```

```
e.Graphics.DrawString(TextBox14.Text, PrintFont, Brushes.Black, 100, 100)

End Sub

Private Sub PrintDocument9_PrintPage(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.Drawing.Printing.PrintPageEventArgs) Handles PrintDocument9.PrintPage

    e.Graphics.DrawString(TextBox15.Text, PrintFont, Brushes.Black, 100, 100)

End Sub

Private Sub PrintDocument10_PrintPage(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.Drawing.Printing.PrintPageEventArgs) Handles PrintDocument10.PrintPage

    e.Graphics.DrawString(TextBox16.Text, PrintFont, Brushes.Black, 100, 100)

End Sub

Private Sub PrintDocument11_PrintPage(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.Drawing.Printing.PrintPageEventArgs) Handles PrintDocument11.PrintPage

    e.Graphics.DrawString(TextBox17.Text, PrintFont, Brushes.Black, 100, 100)

End Sub

Private Sub PrintDocument12_PrintPage(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.Drawing.Printing.PrintPageEventArgs) Handles PrintDocument12.PrintPage

    e.Graphics.DrawString(TextBox18.Text, PrintFont, Brushes.Black, 100, 100)

End Sub

Private Sub PrintDocument13_PrintPage(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.Drawing.Printing.PrintPageEventArgs) Handles PrintDocument13.PrintPage

    e.Graphics.DrawString(TextBox19.Text, PrintFont, Brushes.Black, 100, 100)

End Sub

Private Sub PrintDocument14_PrintPage(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.Drawing.Printing.PrintPageEventArgs) Handles PrintDocument14.PrintPage

    e.Graphics.DrawString(TextBox20.Text, PrintFont, Brushes.Black, 100, 100)

End Sub

Private Sub PrintDocument15_PrintPage(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.Drawing.Printing.PrintPageEventArgs) Handles PrintDocument15.PrintPage

    e.Graphics.DrawString(TextBox21.Text, PrintFont, Brushes.Black, 100, 100)

End Sub

Private Sub PrintDocument16_PrintPage(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.Drawing.Printing.PrintPageEventArgs) Handles PrintDocument16.PrintPage

    e.Graphics.DrawString(TextBox22.Text, PrintFont, Brushes.Black, 100, 100)
```

```

End Sub

Private Sub PrintDocument17_PrintPage(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.Drawing.Printing.PrintPageEventArgs) Handles PrintDocument17.PrintPage

    e.Graphics.DrawString(TextBox23.Text, PrintFont, Brushes.Black, 100, 100)

End Sub

Private Sub PrintDocument18_PrintPage(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.Drawing.Printing.PrintPageEventArgs) Handles PrintDocument18.PrintPage

    e.Graphics.DrawString(TextBox24.Text, PrintFont, Brushes.Black, 100, 100)

End Sub

Private Sub PrintDocument19_PrintPage(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.Drawing.Printing.PrintPageEventArgs) Handles PrintDocument19.PrintPage

    e.Graphics.DrawString(TextBox25.Text, PrintFont, Brushes.Black, 100, 100)

End Sub

Private Sub PrintDocument20_PrintPage(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.Drawing.Printing.PrintPageEventArgs) Handles PrintDocument20.PrintPage

    e.Graphics.DrawString(TextBox26.Text, PrintFont, Brushes.Black, 100, 100)

End Sub

Private Sub Button9_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Button9.Click

    Dim result As DialogResult = PrintDialog1.ShowDialog()
    'se clicou em ok, imprimir documento na impressora
    If result = DialogResult.OK Then
        If TabPage1.Visible = True Then
            PrintDocument1.Print()
        End If
        If TabPage2.Visible = True Then
            PrintDocument2.Print()
        End If
        If TabPage3.Visible = True Then
            PrintDocument3.Print()
        End If
        If TabPage4.Visible = True Then
            PrintDocument4.Print()
        End If
        If TabPage5.Visible = True Then
            PrintDocument5.Print()
        End If
        If TabPage6.Visible = True Then
            PrintDocument6.Print()
        End If
        If TabPage7.Visible = True Then
            PrintDocument7.Print()
        End If
        If TabPage8.Visible = True Then

```

```

        PrintDocument8.Print()
    End If
    If TabPage9.Visible = True Then
        PrintDocument9.Print()
    End If
    If TabPage10.Visible = True Then
        PrintDocument10.Print()
    End If
    If TabPage11.Visible = True Then
        PrintDocument11.Print()
    End If
    If TabPage12.Visible = True Then
        PrintDocument12.Print()
    End If
    If TabPage13.Visible = True Then
        PrintDocument13.Print()
    End If
    If TabPage14.Visible = True Then
        PrintDocument14.Print()
    End If
    If TabPage15.Visible = True Then
        PrintDocument15.Print()
    End If
    If TabPage16.Visible = True Then
        PrintDocument16.Print()
    End If
    If TabPage17.Visible = True Then
        PrintDocument17.Print()
    End If
    If TabPage18.Visible = True Then
        PrintDocument18.Print()
    End If
    If TabPage19.Visible = True Then
        PrintDocument19.Print()
    End If
    If TabPage20.Visible = True Then
        PrintDocument20.Print()
    End If
End If

```

```
End Sub
```

```
Private Sub Button10_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Button10.Click
```

```
'Este botão retira a informação ierente ao troço seleccionado
```

```

    If TabPage1.Visible = True Then
        TextBox4.Text = ""
    End If
    If TabPage2.Visible = True Then
        TextBox5.Text = ""
    End If
    If TabPage3.Visible = True Then
        TextBox6.Text = ""
    End If
    If TabPage4.Visible = True Then
        TextBox7.Text = ""
    End If

```

```
If TabPage5.Visible = True Then
    TextBox8.Text = ""
End If
If TabPage6.Visible = True Then
    TextBox12.Text = ""
End If
If TabPage7.Visible = True Then
    TextBox13.Text = ""
End If
If TabPage8.Visible = True Then
    TextBox14.Text = ""
End If
If TabPage9.Visible = True Then
    TextBox15.Text = ""
End If
If TabPage10.Visible = True Then
    TextBox16.Text = ""
End If
If TabPage11.Visible = True Then
    TextBox17.Text = ""
End If
If TabPage12.Visible = True Then
    TextBox18.Text = ""
End If
If TabPage13.Visible = True Then
    TextBox19.Text = ""
End If
If TabPage14.Visible = True Then
    TextBox20.Text = ""
End If
If TabPage15.Visible = True Then
    TextBox21.Text = ""
End If
If TabPage16.Visible = True Then
    TextBox22.Text = ""
End If
If TabPage17.Visible = True Then
    TextBox23.Text = ""
End If
If TabPage18.Visible = True Then
    TextBox24.Text = ""
End If
If TabPage19.Visible = True Then
    TextBox25.Text = ""
End If
If TabPage20.Visible = True Then
    TextBox26.Text = ""
End If

End Sub
End Class
```

## **Anexo C**

Algoritmo de cálculo referente à secção perdas de carga localizadas



```
Public Class Form2
```

```
    Private Sub CheckBox1_CheckedChanged(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles CheckBox1.CheckedChanged
```

```
        If CheckBox1.Checked = True Then  
            NumericUpDown1.Enabled = True  
            NumericUpDown32.Enabled = True  
        Else : NumericUpDown1.Enabled = False  
            NumericUpDown32.Enabled = False  
        End If
```

```
    End Sub
```

```
    Private Sub CheckBox2_CheckedChanged(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles CheckBox2.CheckedChanged
```

```
        If CheckBox2.Checked = True Then  
            NumericUpDown2.Enabled = True  
            NumericUpDown31.Enabled = True  
        Else : NumericUpDown2.Enabled = False  
            NumericUpDown31.Enabled = False  
        End If
```

```
    End Sub
```

```
    Private Sub CheckBox3_CheckedChanged(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles CheckBox3.CheckedChanged
```

```
        If CheckBox3.Checked = True Then  
            NumericUpDown3.Enabled = True  
            NumericUpDown30.Enabled = True  
        Else : NumericUpDown3.Enabled = False  
            NumericUpDown30.Enabled = False  
        End If
```

```
    End Sub
```

```
    Private Sub CheckBox4_CheckedChanged(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles CheckBox4.CheckedChanged
```

```
        If CheckBox4.Checked = True Then  
            NumericUpDown4.Enabled = True  
            NumericUpDown29.Enabled = True  
        Else : NumericUpDown4.Enabled = False  
            NumericUpDown29.Enabled = False  
        End If
```

```
    End Sub
```

```
    Private Sub CheckBox5_CheckedChanged(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles CheckBox5.CheckedChanged
```

```
        If CheckBox5.Checked = True Then  
            NumericUpDown5.Enabled = True  
            NumericUpDown28.Enabled = True  
        Else : NumericUpDown5.Enabled = False  
            NumericUpDown28.Enabled = False  
        End If
```

```
    End Sub
```

```
Private Sub CheckBox6_CheckedChanged(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles CheckBox6.CheckedChanged
    If CheckBox6.Checked = True Then
        NumericUpDown6.Enabled = True
        NumericUpDown27.Enabled = True
    Else : NumericUpDown6.Enabled = False
        NumericUpDown27.Enabled = False
    End If

End Sub
```

```
Private Sub CheckBox7_CheckedChanged(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles CheckBox7.CheckedChanged
    If CheckBox7.Checked = True Then
        NumericUpDown7.Enabled = True
        NumericUpDown26.Enabled = True
    Else : NumericUpDown7.Enabled = False
        NumericUpDown26.Enabled = False
    End If

End Sub
```

```
Private Sub CheckBox8_CheckedChanged(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles CheckBox8.CheckedChanged
    If CheckBox8.Checked = True Then
        NumericUpDown8.Enabled = True
        NumericUpDown25.Enabled = True
    Else : NumericUpDown8.Enabled = False
        NumericUpDown25.Enabled = False
    End If

End Sub
```

```
Private Sub CheckBox9_CheckedChanged(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles CheckBox9.CheckedChanged
    If CheckBox9.Checked = True Then
        NumericUpDown9.Enabled = True
        NumericUpDown24.Enabled = True
    Else : NumericUpDown9.Enabled = False
        NumericUpDown24.Enabled = False
    End If

End Sub
```

```
Private Sub CheckBox10_CheckedChanged(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles CheckBox10.CheckedChanged
    If CheckBox10.Checked = True Then
        NumericUpDown10.Enabled = True
        NumericUpDown23.Enabled = True
    Else : NumericUpDown10.Enabled = False
        NumericUpDown23.Enabled = False
    End If

End Sub
```

```
Private Sub CheckBox14_CheckedChanged(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles CheckBox14.CheckedChanged
    If CheckBox14.Checked = True Then
```

```

        NumericUpDown14.Enabled = True
        NumericUpDown22.Enabled = True
    Else : NumericUpDown14.Enabled = False
        NumericUpDown22.Enabled = False
    End If

End Sub

Private Sub CheckBox18_CheckedChanged(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles CheckBox18.CheckedChanged
    If CheckBox18.Checked = True Then
        NumericUpDown18.Enabled = True
        NumericUpDown12.Enabled = True
    Else : NumericUpDown18.Enabled = False
        NumericUpDown12.Enabled = False
    End If

End Sub

Private Sub Button2_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Button2.Click
    Dim perdas_localizadas As Integer
    If CheckBox1.Checked = True Then
        perdas_localizadas = NumericUpDown1.Text * Val(Label1.Text)
        Label4.Text = perdas_localizadas
    Else : Label4.Text = 0
    End If

    If CheckBox2.Checked = True Then
        perdas_localizadas = Val(Label4.Text) + NumericUpDown2.Text *
Val(Label2.Text)
        Label4.Text = perdas_localizadas
    Else : Label4.Text = Val(Label4.Text)
    End If

    If CheckBox3.Checked = True Then
        perdas_localizadas = Val(Label4.Text) + NumericUpDown3.Text *
Val(Label3.Text)
        Label4.Text = perdas_localizadas
    Else : Label4.Text = Val(Label4.Text)
    End If

    If CheckBox4.Checked = True Then
        perdas_localizadas = Val(Label4.Text) + NumericUpDown4.Text *
Val(Label8.Text)
        Label4.Text = perdas_localizadas
    Else : Label4.Text = Val(Label4.Text)
    End If

    If CheckBox5.Checked = True Then
        perdas_localizadas = Val(Label4.Text) + NumericUpDown5.Text *
Val(Label9.Text)
        Label4.Text = perdas_localizadas
    Else : Label4.Text = Val(Label4.Text)
    End If

    If CheckBox6.Checked = True Then

```

```

        perdas_localizadas = Val(Label4.Text) + NumericUpDown6.Text *
Val(Label10.Text)
        Label4.Text = perdas_localizadas
    Else : Label4.Text = Val(Label4.Text)
    End If

    If CheckBox7.Checked = True Then
        perdas_localizadas = Val(Label4.Text) + NumericUpDown7.Text *
Val(Label11.Text)
        Label4.Text = perdas_localizadas
    Else : Label4.Text = Val(Label4.Text)
    End If

    If CheckBox8.Checked = True Then
        perdas_localizadas = Val(Label4.Text) + NumericUpDown8.Text *
Val(Label12.Text)
        Label4.Text = perdas_localizadas
    Else : Label4.Text = Val(Label4.Text)
    End If

    If CheckBox9.Checked = True Then
        perdas_localizadas = Val(Label4.Text) + NumericUpDown9.Text *
Val(Label13.Text)
        Label4.Text = perdas_localizadas
    Else : Label4.Text = Val(Label4.Text)
    End If

    If CheckBox10.Checked = True Then
        perdas_localizadas = Val(Label4.Text) + NumericUpDown10.Text *
Val(Label14.Text)
        Label4.Text = perdas_localizadas
    Else : Label4.Text = Val(Label4.Text)
    End If

    If CheckBox14.Checked = True Then
        perdas_localizadas = Val(Label4.Text) + NumericUpDown14.Text *
Val(Label18.Text)
        Label4.Text = perdas_localizadas
    Else : Label4.Text = Val(Label4.Text)
    End If

    If CheckBox18.Checked = True Then
        perdas_localizadas = Val(Label4.Text) + NumericUpDown18.Text *
Val(Label22.Text)
        Label4.Text = perdas_localizadas
    Else : Label4.Text = Val(Label4.Text)
    End If

    'Esta rotina destina-se ao calculo da perdas localizadas de retorno, que
inclui apenas acessorios como curvas

    Dim perdas_localizadas_volta As Double
    If CheckBox1.Checked = True Then
        perdas_localizadas_volta = NumericUpDown32.Text * Val(Label11.Text)
        Label15.Text = perdas_localizadas_volta
    Else : Label15.Text = 0
    End If

```

```

    If CheckBox2.Checked = True Then
        perdas_localizadas_volta = Val(Label15.Text) + NumericUpDown31.Text *
Val(Label2.Text)
        Label15.Text = perdas_localizadas_volta
    Else : Label15.Text = Val(Label15.Text)
    End If

    If CheckBox3.Checked = True Then
        perdas_localizadas_volta = Val(Label15.Text) + NumericUpDown30.Text *
Val(Label3.Text)
        Label15.Text = perdas_localizadas_volta
    Else : Label15.Text = Val(Label15.Text)
    End If

    If CheckBox4.Checked = True Then
        perdas_localizadas_volta = Val(Label15.Text) + NumericUpDown29.Text *
Val(Label8.Text)
        Label15.Text = perdas_localizadas_volta
    Else : Label15.Text = Val(Label15.Text)
    End If

    If CheckBox5.Checked = True Then
        perdas_localizadas_volta = Val(Label15.Text) + NumericUpDown28.Text *
Val(Label9.Text)
        Label15.Text = perdas_localizadas_volta
    Else : Label15.Text = Val(Label15.Text)
    End If

    If CheckBox6.Checked = True Then
        perdas_localizadas_volta = Val(Label15.Text) + NumericUpDown27.Text *
Val(Label10.Text)
        Label15.Text = perdas_localizadas_volta
    Else : Label15.Text = Val(Label15.Text)
    End If

    If CheckBox7.Checked = True Then
        perdas_localizadas_volta = Val(Label15.Text) + NumericUpDown26.Text *
Val(Label2.Text)
        Label15.Text = perdas_localizadas_volta
    Else : Label15.Text = Val(Label15.Text)
    End If

    If CheckBox8.Checked = True Then
        perdas_localizadas_volta = Val(Label15.Text) + NumericUpDown25.Text *
Val(Label2.Text)
        Label15.Text = perdas_localizadas_volta
    Else : Label15.Text = Val(Label15.Text)
    End If

    If CheckBox9.Checked = True Then
        perdas_localizadas_volta = Val(Label15.Text) + NumericUpDown24.Text *
Val(Label2.Text)
        Label15.Text = perdas_localizadas_volta
    Else : Label15.Text = Val(Label15.Text)
    End If

    If CheckBox10.Checked = True Then

```

```

        perdass_localizadas_volta = Val(Label15.Text) + NumericUpDown23.Text *
Val(Label2.Text)
        Label15.Text = perdass_localizadas_volta
    Else : Label15.Text = Val(Label15.Text)
    End If

    If CheckBox14.Checked = True Then
        perdass_localizadas_volta = Val(Label15.Text) + NumericUpDown22.Text *
Val(Label2.Text)
        Label15.Text = perdass_localizadas_volta
    Else : Label15.Text = Val(Label15.Text)
    End If

    If CheckBox18.Checked = True Then
        perdass_localizadas_volta = Val(Label15.Text) + NumericUpDown12.Text *
Val(Label22.Text)
        Label15.Text = perdass_localizadas_volta
    Else : Label15.Text = Val(Label15.Text)
    End If

    Button1.Enabled = True
End Sub

Private Sub Button1_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Button1.Click
    Dim l_equi As Double
    l_equi = Label14.Text * Form1.Label5.Text
    Form1.Label55.Text = FormatNumber(l_equi, 4)
    Dim l_equi_volta As Double
    l_equi_volta = Label15.Text * Form1.Label5.Text
    Form1.Label11.Text = FormatNumber(l_equi_volta, 4)

    'Form1.Label55.Text = Label14.Text
    'Form1.Label11.Text = Label15.Text
    Me.Visible = False
End Sub

Private Sub Form2_Load(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles MyBase.Load

End Sub

Private Sub Button3_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Button3.Click
    Me.Visible = False
End Sub
End Class

```

## **Anexo D**

Algoritmo referente à secção “Mais informações”



```
Public Class Form3

    Private Sub Button1_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Button1.Click
        Me.Visible = False
    End Sub
End Class
```