

Uso do Mathcad na Documentação de Cálculos em Projetos de Engenharia

Fernando Mori
Universidade São Judas Tadeu

Resumo

Vamos analisar um exemplo simples de aplicação do Mathcad a documentação de projetos em engenharia.

Introdução

Com frequência muito grande, publicações em engenharia estabelecem relações funcionais apenas com a utilização de gráficos. Baseadas apenas em resultados experimentais, esses gráficos fornecem uma representação gráfica bastante clara da relação empírica entre duas grandezas. Uma outra maneira de representar dados em engenharia é através de tabelas que fornecem os resultados de uma grandeza em função da outra. Vamos considerar um exemplo típico deste problema no gráfico abaixo:

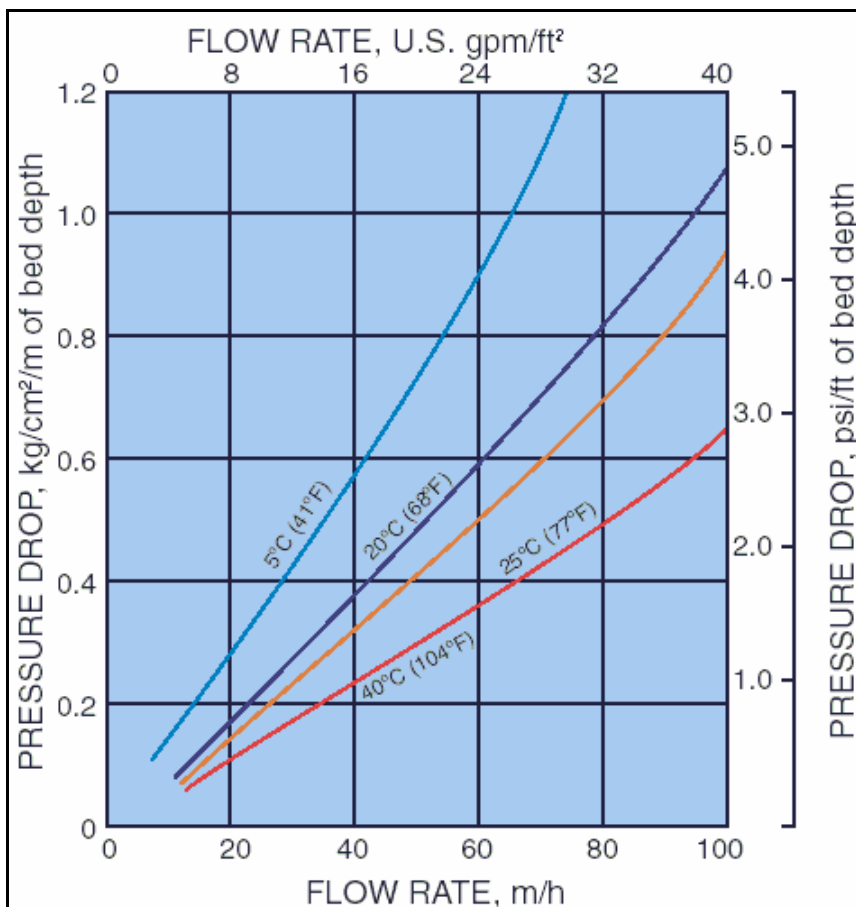


Figura 1

A figura 1 mostra a resistência hidráulica unitária imposta por um filtro (uma queda de pressão) no fluxo de água como função da taxa de fluxo de água e da temperatura da água.

A figura está na documentação técnica de uma empresa que comercializa equipamento de tratamento de água. Esta é uma situação bastante comum em tabelas usadas em projetos. Neste texto, não estaremos preocupados com o fenômeno, mas apenas com sua representação.

Usualmente, conforme já mencionamos gráficos deste tipo são usados para uma descrição de diferentes processos, assim como para cálculos usados em projetos.

A documentação da empresa sugere o método de traçar no gráfico para se determinar a resistência hidráulica para uma curva isotérmica, ou seja, escolhe-se uma temperatura que está no gráfico, mede-se com uma escala o valor da taxa de fluxo e com isso obtém o valor da queda de pressão. Note que com este método estamos limitados apenas a temperaturas que foram fixadas pelo experimentador quando analisou o fenômeno e levantou as curvas.

Este tipo de recurso é bastante usado em diversas áreas técnicas, em que uma grande precisão dos resultados não é muito importante. Mas será que esta aproximação sempre é viável? Ela não implica em gastos desnecessários por super dimensionamento de especificações de projeto? Ou então corremos o risco de um dimensionamento ruim e por conseqüência do sistema falhar?

Este tipo de procedimento sempre foi adotado com o desejo nobre de livrar o usuário de ter de escrever as equações e executar cálculos complicados, especialmente quando não é necessário um cálculo completo, mas apenas uma aproximação, com o objetivo de se ter apenas uma idéia quantitativa e depois executar uma investigação mais detalhada.

Considerando o gráfico da documentação da empresa de tratamento de água, podemos pensar na necessidade de se utilizar os dados daquele gráfico para especificar uma bomba (sua pressão é o produto da resistência hidráulica unitária pela altura). A empresa recomenda um aumento de 10% a 20% nos valores encontrados usando o gráfico da figura 1, chamado de fator de segurança, para compensar a imprecisão de se obter os dados através do método do traçado de curvas.

Aqui vemos a primeira conseqüência desta aproximação e o que chamamos de deficiência de fórmulas. É esta deficiência que algumas vezes pode causar transtornos ao engenheiro.

O pior é que na maioria dos casos esta fórmula não existe, e tudo o que se tem é uma interpretação gráfica dos resultados de um experimento com a utilização de curvas. As curvas mostradas na figura 1 são obtidas após o teste realizado em laboratório em que as condições são cuidadosamente controladas.

Tendências mais recentes nas documentações é fornecer links para os artigos de pesquisa, onde a documentação dos experimentos originais está armazenada, de tal forma que o usuário tem meios de não apenas verificar as conclusões do autor, mas também dar sua própria interpretação dos resultados. É possível até mesmo obter o programa que contém o cálculo que gera uma determinada curva no gráfico.

A documentação da empresa é um exemplo do lado qualitativo do processo. Para uma análise mais detalhada do trabalho, três caminhos são possíveis:

- Entrar em contato com o autor e solicitar a equação (se ela existir).
- Derivar os detalhes analíticos por si mesmo (considerando a natureza do problema).
- Usando gráficos disponíveis para condições diferentes (mas semelhantes) derivar os resultados para as condições em estudo usando a interpolação spline.

Solução com o Mathcad

Para conseguirmos obter uma fórmula a partir dos dados é necessário realizar um processo de interpolação polinomial. Um método usado para estimar valores em intervalos de dados é a interpolação usando funções splines.

O Mathcad possui funções spline pré-definidas (lspline, pspline e cspline) para realizar interpolação spline de funções tabuladas de uma ou duas variáveis, sendo cada uma delas com características e detalhes que devem ser analisados para se adequar ao problema com o menor erro possível na estimativa. Para lidarmos com funções de duas variáveis, surge um problema adicional, pois os dados devem ter os mesmos números de pontos para o primeiro e para o segundo argumento. Portanto os dados tabulares iniciais devem ser quadrados e isto pode em alguns casos prejudicar a precisão, pois alguns dados devem ser desprezados.

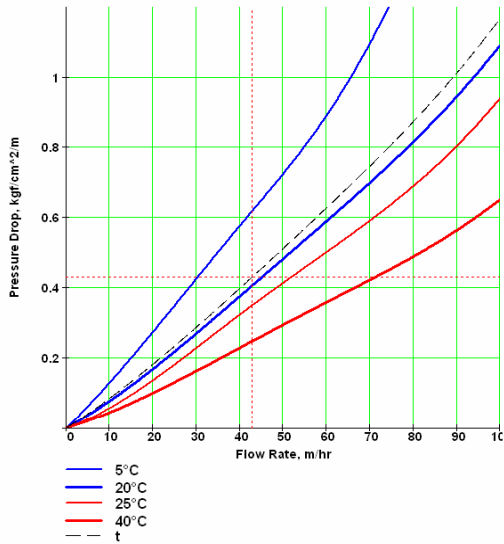
Dependendo do tipo de função spline que escolhemos podemos ter diferenças pequenas nos resultados, mas os três tipos de interpolação nos fornecem uma fórmula a partir dos dados experimentais que nos permite estimar com grande precisão valores diferentes dos tabelados, e com isso obter maior precisão no dimensionamento de projetos. Isso obviamente nos leva a melhores resultados tanto do ponto de vista de performance do sistema como um todo quanto do ponto de vista de custos que deverão ser reduzidos. Considere o problema de dimensionamento da bomba acima, e observe que um aumento de 10% a 20% terá um peso enorme nos custos do projeto por super dimensioná-lo, enquanto que a obtenção de resultados por interpolação irá nos fornecer um projeto que atende as especificações.

O mais interessante é que esta especificação pode ser guardada no Mathcad Application Server, e consultada por qualquer usuário interessado na documentação do projeto e que necessite realizar especificações usando os dados da empresa.

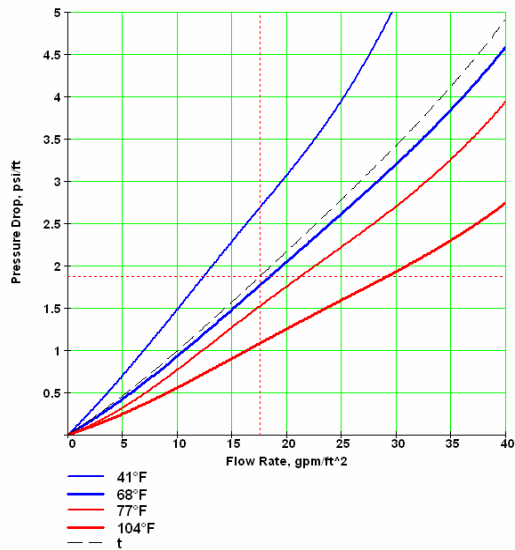
```

Pd(t, v) := ( T ←  $\frac{t}{K}$   V ←  $v \cdot \frac{\text{hr}}{\text{m}}$  )
M ← ( "      T (K)  v (m/hr)"  0  20  40  60  80  100
      5 + 273.15  0  0.276  0.578  0.892
      20 + 273.15  0  0.17  0.377  0.591  0.817  1.093
      25 + 273.15  0  0.138  0.325  0.503  0.691  0.942
      40 + 273.15  0  0.101  0.23  0.36  0.49  0.653 )
Tt ← submatrix(M, 1, rows(M) - 1, 0, 0)
Vt ← (submatrix(M, 0, 0, 1, cols(M) - 1))^T
ΔPt ← submatrix(M, 1, rows(M) - 1, 1, cols(M) - 1)^T
for i ∈ 0 .. cols(ΔPt) - 1
  ΔPti ← interp(cspline(Vt, ΔPt(i)), Vt, ΔPt(i), V)
interp(cspline(Tt, ΔPt), Tt, ΔPt, T) ·  $\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2\text{m}}$ 

```



Pressure Drop $P_d = 0.434 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2\text{m}}$ at $v = 43 \frac{\text{m}}{\text{hr}}$ and $t = 18^\circ\text{C}$



Pressure Drop $P_d = 1.88 \frac{\text{psi}}{\text{ft}}$ at $v = 17.59 \frac{\text{gpm}}{\text{ft}^2}$ and $t = 64.4^\circ\text{F}$

Figura 2

A figura 2 foi construída usando o Mathcad. Corresponde a um template criado para trabalhar com a família de curvas.

As magnitudes da queda de pressão para um filtro específico podem ser derivadas usando uma mudança de escala a partir das curvas disponíveis ou obtida de alguma outra forma (a partir dos testes originais, por exemplo). Elas são mostradas graficamente com a ajuda de curvas específicas para várias temperaturas como função destas temperaturas e a taxa de fluxo ao longo do eixo horizontal do gráfico e analiticamente em uma forma matricial com os valores das temperaturas especificados na primeira linha e a taxas de fluxo na primeira coluna.

O tamanho da matriz pode ser alterado de forma que toda a informação disponível possa ser usada.

A queda de pressão desejada foi programada como uma função do usuário chamada ΔP_d .

O gráfico mostra as curvas originais e a curva desejada para a temperatura especificada como um valor de entrada. Com a interpolação podemos obter as curvas isotérmicas para a temperatura que desejarmos.

O Mathcad permite ainda a manipulação de unidades. A solução pode ser obtida em uma grande variedade de unidades, assim como na forma simbólica.

Conclusões

Parece claro que o uso do Mathcad Application Server será de grande utilidade para resolver diferentes tipos de problemas matemáticos. Em especial para a documentação de relações entre grandezas que obtidas a partir de conjuntos de testes experimentais. Não haveria mais a necessidade do uso de tabelas ou até mesmo de fórmulas, bastando para isso consultar a documentação e alterar os parâmetros da maneira que se queira e com isso obter as especificações necessárias para a realização do projeto com o máximo de eficiência e o menor custo possível.

Referências

1. O exemplo usado neste texto está em www.vpu.ru .
2. O exemplo que usamos aqui está no Mathcad Application Server www.mathcad.com/server .
3. Consulte http://mas.mathsoft.com/mas/library/calc_DeltaP_A400.mcd .
4. Para referências quanto ao Mathcad e sua documentação consulte o site da Mathsoft, <http://www.mathcad.com> .