
NPSH E CAVITAÇÃO

1. DEFINIÇÃO: A sigla NPSH vem da expressão Net Positive Suction Head, cuja tradução literal para o Português não expressa clara e tecnicamente o que significa na prática. No entanto, é de vital importância para fabricantes e usuários de bombas o conhecimento do comportamento desta variável para que a bomba tenha um desempenho satisfatório, principalmente em sistemas onde coexistam as duas situações descritas abaixo:

- ◆ **Bomba trabalhando no início da faixa, com baixa pressão e alta vazão;**
- ◆ **Existência de altura negativa de sucção;**

Quanto maior for a vazão da bomba e a altura de sucção negativa, maior será a possibilidade da bomba cavitarem em função do NPSH.

Em termos técnicos, o NPSH define-se como a altura total de sucção referida a pressão atmosférica local existente no centro da conexão de sucção, menos a pressão de vapor do líquido.

$$\text{NPSH} = (H_0 - AS - PC_s - R) - H_v$$

Onde: H_0 = Pressão atmosférica local, em m c.a. (tabela 1);

h = Altura de sucção, em metros (dado da instalação);

h_s = Perdas de carga no escoamento pela tubulação de sucção, em metros;

R = Perdas de carga no escoamento interno da bomba, em metros (dados do fabricante);

H_v = Pressão de vapor do fluido escoado, em metros (tabela 2);

Para que o NPSH proporcione uma sucção satisfatória à bomba, é necessário que a pressão em qualquer ponto da linha nunca venha reduzir-se à pressão de vapor do fluido bombeado. Isto é evitado tomando-se providências na instalação de sucção para que a pressão realmente útil para a movimentação do fluido seja sempre maior que a soma das perdas de carga na tubulação com a altura de sucção, mais as perdas internas na bomba, portanto:

$$H_0 - H_v > PC_s \pm AS + R$$

2. NPSH DA BOMBA E NPSH DA INSTALAÇÃO: Para que se possa estabelecer, comparar e alterar os dados da instalação, se necessário, é usual desmembrar-se os termos da fórmula anterior, a fim de obter-se os dois valores característicos (instalação e bomba), sendo:

$H_0 - H_v \pm AS - PC_s = \text{NPSH}_d$ (**disponível**) que é uma característica da instalação hidráulica. É a energia que o fluido possui, num ponto imediatamente anterior ao flange de sucção da bomba, acima da sua pressão de vapor. Esta variável deve ser calculada por quem dimensionar o sistema, utilizando-se de coeficientes tabelados e dados da instalação;

$R = \text{NPSH}_r$ (**requerido**), é uma característica da bomba, determinada em seu projeto de fábrica, através de cálculos e ensaios de laboratório. Tecnicamente, é a energia necessária para vencer as perdas de carga entre a conexão de sucção da bomba e as pás do rotor, bem como criar a velocidade desejada no fluido nestas pás. Este dado deve ser obrigatoriamente fornecido pelo fabricante através das curvas características das bombas (curva de NPSH);

Assim, para uma boa performance da bomba, deve-se sempre garantir a seguinte situação:

$$\text{NPSH}_d > \text{NPSH}_r + 0,6$$

TABELA 1

DADOS DE PRESSÃO ATMOSFÉRICA PARA DETERMINADAS ALTITUDES LOCAIS										
Altitude em relação ao mar (metros)	0	150	300	450	600	750	1.000	1.250	1.500	2.000
Pressão Atmosférica (m c.a.)	10,33	10,16	9,98	9,79	9,58	9,35	9,12	8,83	8,64	8,08

TABELA 2

PRESSÃO DE VAPOR DA ÁGUA PARA DETERMINADAS TEMPERATURAS										
Temperatura da água (°C)	0	4	10	20	30	40	50	60	80	100
Pressão de Vapor da água (m c.a.)	0,062	0,083	0,125	0,239	0,433	0,753	1,258	2,033	4,831	10,33

3. EXEMPLO: Suponhamos que uma bomba de modelo hipotético **Ex.1** seja colocada para operar com 35 m c.a. de AMT, vazão de 32,5 m³/h, altura de sucção de 2,0 metros e perda por atrito na sucção de 1,5 m c.a.. A altura em relação ao nível do mar onde a mesma será instalada é de aproximadamente 600 metros, e a temperatura da água é de 30°C.

A. VERIFICAÇÃO DO NPSH_r:

Conforme curva característica do exemplo citado, para os dados de altura (m c.a.) e vazão (m³/h) indicados, o NPSH_r da bomba é 4,95 m c.a., confira.

B. CÁLCULO DO NPSH_d:

Sabendo-se que:

$$NPSH_d = H_0 - H_v - PCs \pm AS$$

Onde:

H₀ = 9,58 (Pressão atmosférica local - Tabela 1)

H_v = 0,433 (Pressão de vapor d'água - Tabela 2)

PCs = 1,50 metros (Perda calculada para o atrito na sucção)

AS = 2,0 metros (Altura de sucção)

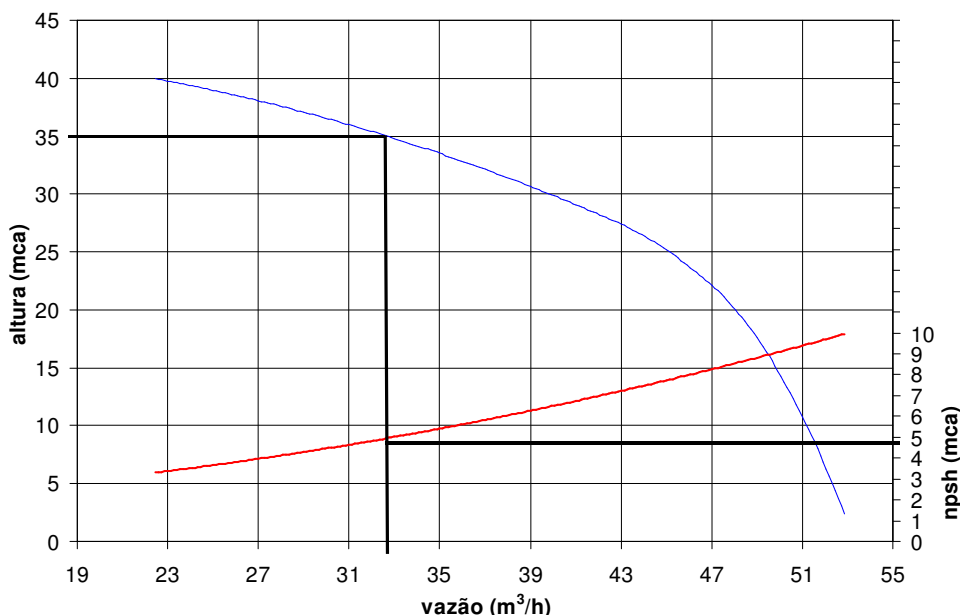
Temos que:

$$NPSH_d = 9,58 - 0,433 - 2,0 - 1,50$$

$$NPSH_d = 5,64 \text{ m c.a.}$$

Analisando-se a curva característica abaixo, temos um $NPSH_r$ de 4,95 m c.a.:

CURVA DE VAZÃO & ALTURA & NPSH



Curva Característica – Ex.1 (Alterar figura)

Portanto: $5,64 > 5,55$

Então $NPSH_d > NPSH_r + 0,6$

A bomba nestas condições funcionará normalmente, porém, deve-se evitar:

- ◆ Aumento da vazão;
- ◆ Aumento do nível dinâmico da captação;
- ◆ Aumento da temperatura da água.

Havendo alteração destas variáveis, o $NPSH_d$ poderá igualar-se ou adquirir valores inferiores ao $NPSH_r$, ocorrendo assim a cavitação.

4. CAVITAÇÃO: Quando a condição $NPSH_d > NPSH_r + 0,6$ não é garantida pelo sistema, ocorre o fenômeno denominado cavitação. Este fenômeno dá-se quando a pressão do fluido na linha de sucção adquire valores inferiores ao da pressão de vapor do mesmo, formando-se bolhas de ar, isto é, a rarefação do fluido (quebra da coluna de água) causada pelo deslocamento das pás do rotor, natureza do escoamento e/ou pelo próprio movimento de impulsão do fluido.

Estas bolhas de ar são arrastadas pelo fluxo e condensam-se voltando ao estado líquido bruscamente quando passam pelo interior do rotor e alcançam zonas de alta pressão. No momento desta troca de estado o fluido já está em alta velocidade dentro do rotor, o que provoca ondas de pressão de tal intensidade que superam a resistência à tração do material do rotor, podendo arrancar partículas do corpo, das pás e das paredes da bomba, inutilizando-a com pouco tempo de uso por conseqüente queda de rendimento da mesma. O ruído de uma bomba cavitando é diferente do ruído de operação normal da mesma, pois dá a impressão de que ela está bombeando areia, pedregulhos ou outro material que cause impacto. Na verdade, são as bolhas de ar “implodindo” dentro do rotor. Para evitar a cavitação de uma bomba, dependendo da situação, devem-se adotar as seguintes providências:

A. Reduzir a altura de sucção e o comprimento desta tubulação, aproximando, ao máximo, a bomba da captação;

- B.** Reduzir as perdas de carga na sucção, aumentando o diâmetro dos tubos e conexões;
- C.** Refazer todo o cálculo do sistema e a verificação do modelo da bomba;
- D.** Quando possível, sem prejudicar a vazão e/ou a pressão final requeridas no sistema, pode-se eliminar a cavitação trabalhando-se com registro na saída da bomba "estrangulado", ou, alterando-se o(s) diâmetro(s) do(s) rotor(es) da bomba. Estas, porém, são providências que só devem ser adotadas em último caso, pois podem alterar substancialmente o rendimento hidráulico do conjunto.

CONCLUSÃO: A Pressão Atmosférica é a responsável pela entrada do fluido na sucção da bomba. Quando a altura de sucção for superior a 8 metros (ao nível do mar), a Pressão Atmosférica deixa de fazer efeito sobre a lâmina d'água restando tecnicamente, nestes casos, o uso de outro tipo de bomba centrífuga, as injetoras, como veremos nos exemplos seguintes.