

XIX Congresso Nacional de Estudantes de Engenharia Mecânica -13 a 17/08/2012–São Carlos-SP

Artigo CREEM2012

## **AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA À CAVITAÇÃO ACELERADA ASTM G32-03 DE AÇOS COM DIFERENTES COMPOSIÇÕES QUÍMICAS E MICROESTRUTURA**

**Paulo Roberto Campos Alcover Junior e Anderson Geraldo Marena Pukasiewicz**

UTFPR, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curso de Engenharia Mecânica

Campus Ponta Grossa – Km 4 - CEP 84016-210-Ponta Grossa–Paraná

E-mail para correspondência: alcover\_jr@hotmail.com

### **Introdução**

O fenômeno da cavitação ocorre devido a formação e colapso de bolhas de vapor que são geradas a pressões muito baixas devido à uma certa velocidade de um fluido, sendo nestas pressões baixas, a temperatura de saturação do líquido também é baixa, característica para cada tipo de fluido, dando origem a uma redução localizada da pressão, o colapso das bolhas gera pressões extremamente elevadas, ocorrendo assim uma implosão das bolhas, que se localizadas próximas a um sólido, geram ondas de choque, provocando trincas microscópicas que com o tempo crescem e causam uma cavidade de erosão localizada no material, causando assim a perda de massa. A cavitação foi observada pela primeira vez em pás de hélices de navio em 1894 na Inglaterra. É comumente identificada em rotores de bombas de água e óleo, pás de turbinas hidráulicas, válvulas, propulsores navais e até em pistões de automóveis.

No fenômeno da cavitação, independentemente do material, a taxa de perda de massa, resume-se em quatro fases distintas, sendo estas, incubação, onde a perda de massa é mínima devido somente à modificação superficiais, acumulação onde a taxa de perda de massa aumenta devido à deformação plástica que da origem ao desprendimento do material, atenuação, onde ocorre o decréscimo da taxa de perda de massa, devido à presença de alta rugosidade que absorve a energia gerada no processo, diminuindo assim a taxa de erosão, e estabilidade, sendo a fase onde a taxa de erosão torna-se constante pois há um equilíbrio entre a energia obtida pela superfície rugosa e a energia que causa a perda de massa (Hattori, 2003). Dando origem a um gráfico com perfil característico do processo de cavitação mesmo para materiais diferentes, Figura 1.

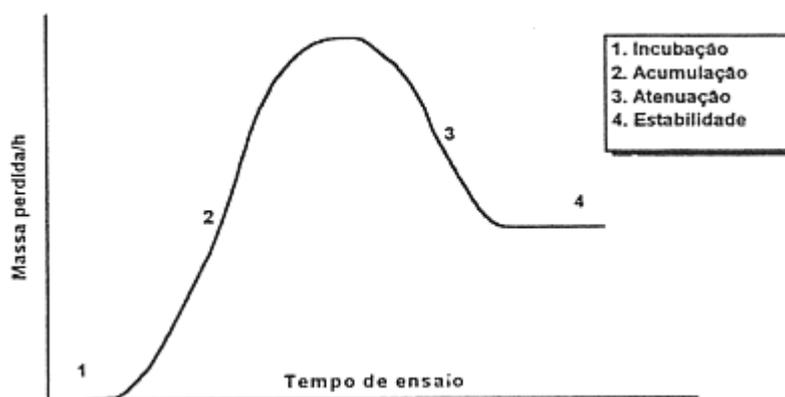


Figura 1 – Curva típica da taxa de perda de massa (Hattori, 2003).

A cavitação frequentemente contribui com elevados custos de manutenção e reparo, podendo gerar diminuição da vida útil do equipamento e eficiência de operação (Huth, 2005). O principal método utilizado com intuito de reparar ou diminuir a ocorrência deste fenômeno em usinas hidrelétricas é a soldagem, sendo normalmente realizada por eletrodo revestido e MIG/MAG (Akhtar, 1996).

## Objetivo

Este trabalho tem por objetivo avaliar a resistência à cavitação em três diferentes aços, aço inoxidável martensítico ASTM CA6NM, aço inoxidável austenítico ABNT 304 e aço carbono ABNT 1045, através do ensaio de cavitação acelerada ASTM G32, método indireto. Também foi realizada a análise de composição química a fim de melhor conhecer os elementos contidos nos três aços em estudo neste trabalho.

E desta forma avaliar qual material possui melhor resistência à cavitação, através das curvas do gráfico perda de massa[mg] x tempo [h], e definir as fases em função do tempo para cada material, através das curvas do gráfico taxa de perda de massa [mg/h] x tempo [h].

## Metodologia

Na análise de composição química, foi utilizado o equipamento da marca Shimadzu, modelo PDA 7000 que possibilita a análise através de espectroscopia por emissão ótica.

Foi utilizado amostras de aço inoxidável martensítico ASTM CA6NM, aço inoxidável austenítico ABNT 304 e aço carbono ABNT 1045, lixadas e polidas. O ensaio de cavitação acelerada foi realizado pelo método vibratório segundo a norma G32/03 modificada para o modo indireto que consiste na colocação do corpo de prova a 500  $\mu\text{m}$  de distância da ponta do sonotrodo que fornece uma oscilação de 50  $\mu\text{m}$  de amplitude e a uma frequência de 20 kHz no equipamento da marca Qsonica modelo Q700. Utilizou-se água deionizada, com temperatura controlada em  $19^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ , e as amostras foram imersas à uma profundidade de aproximadamente 12,5 mm. Anteriormente a cada pesagem, foi realizada a limpeza por ultra som através do equipamento da marca Thornton, modelo T7, em banho de álcool, e na sequência as amostras foram secadas, para as posteriores pesagens. As pesagens periódicas das amostras foram obtidas através da balança analítica da marca Shimadzu modelo AW220.

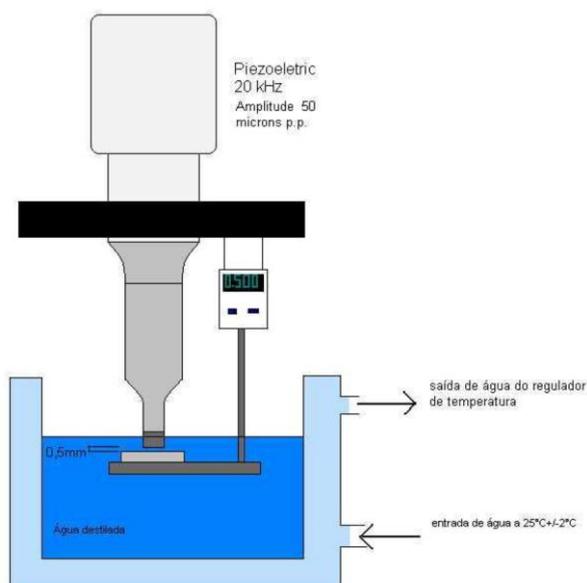


Figura 2 – Método Vibratório.

Inicialmente foi realizada a preparação das amostras, através do lixamento com lixas de granulometria de 220, 320, 400, 600 e 1200, e o polimento com suspensão de diamante de 3,0, 0,25 e 0,1  $\mu\text{m}$ , e posteriormente com sílica coloidal 0,04  $\mu\text{m}$ , reduzindo assim a rugosidade superficial. Com o ensaio de cavitação iniciado, foi feita a pesagem periódica para as amostras, para os aços inoxidáveis a cada duas horas e para o aço carbono a cada hora, obtendo assim os valores de perda de massa [mg] e a taxa de perda de massa [mg/h] para os três materiais.

## Resultados

Através da análise de composição química chegamos aos seguintes resultados, quanto à porcentagem dos elementos na composição dos três aços.

Tabela 1 – Composição química do aços.

% em Peso	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo
ABNT 304	0,10	0,50	1,32	0,27	0,0019	8,24	16,12	0,07
ASTM CA6NM	0,06	0,41	0,74	0,02	0,0000	4,11	11,24	0,23
ABNT 1045	0,49	0,23	0,66	0,01	0,0175	0,02	0,03	0,003

Observou-se que o aço inoxidável austenítico ABNT 304 foi o que apresentou maior resistência à cavitação com taxa de perda de massa média de 2,00 mg/h seguido pelo aço inoxidável martensítico ASTM CA6NM com taxa média de 6,70 mg/h, e pelo aço carbono ABNT 1045 com taxa de 7,83 mg/h. Foi possível observar que o aço inoxidável austenítico ABNT 304 apresentou uma resistência à cavitação muito superior ao aço ABNT 1045, constituído de perlita e ferrita e ao aço martensítico inoxidável CA6NM. Este comportamento é similar ao observado por Richmann e McNaughton, 1990 e por Hattori, 2003.

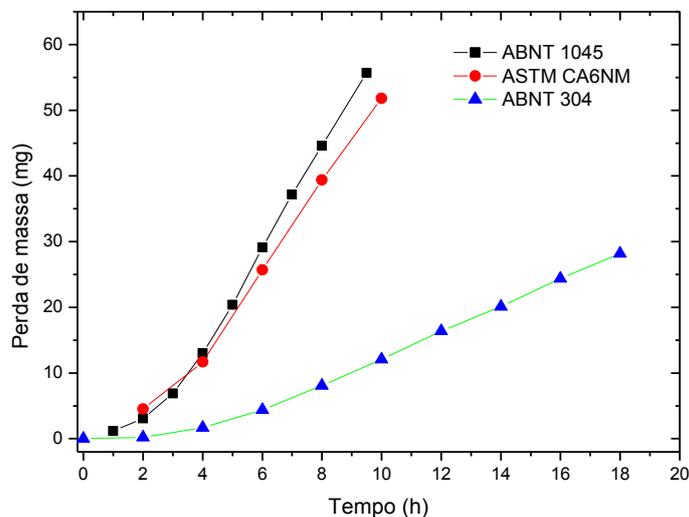


Figura 3 – Perda de massa acumulada / tempo.

Pode-se observar desta forma que o aço inoxidável austenítico ABNT 304 apresenta maior resistência à cavitação e o maiores períodos em todas as fases, devido à esta maior resistência ao fenômeno, já o aço inoxidável martensítico ASTM CA6NM, teve uma perda de massa intermediária quando comparado aos outros materiais em estudo neste trabalho, assim como o período de incubação do mesmo, sendo a aço carbono ABNT 1045, o que mostrou menor resistência à cavitação, e menor período de incubação, aproximadamente uma hora, possuindo também os menores períodos, tanto na fase de acumulação, até 6 horas de ensaio, quanto de atenuação após 6 horas, e estabilidade à partir de 9,5 horas, semelhante ao aço inoxidável martensítico ASTM CA6NM que teve um período de incubação de aproximadamente 2 horas, e atenuação da taxa de perda de massa foi observada após aproximadamente 6 horas de ensaio, e estabilidade após 8 horas de ensaio, o aço austenítico ABNT 304 mostrou o período de incubação até 4 horas de ensaio, e a estabilidade foi observada somente após aproximadamente 14 horas de ensaio, porém foi realizado o ensaio até 18 horas, mostrando-se claramente este período, semelhante ou observado por Hattori, 2003.

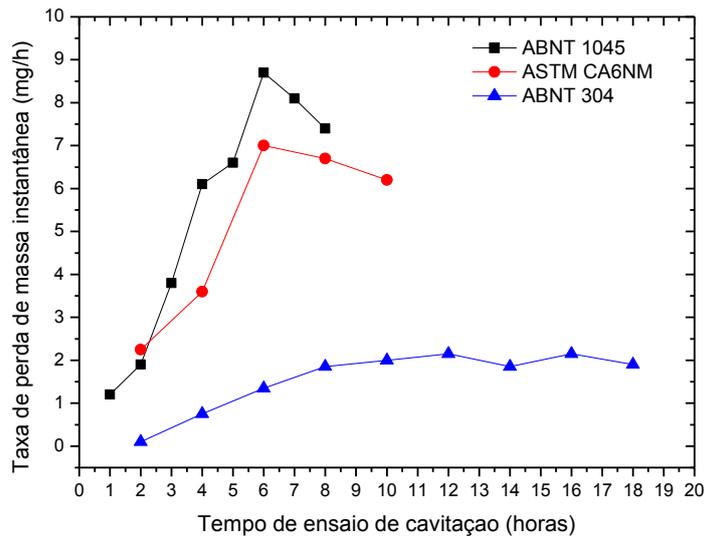


Figura 4 – Taxa de perda de massa / tempo

### Conclusão

Sendo assim foi possível observar através deste trabalho uma considerável diferença nas taxas de perda de massa, e na perda de massa acumulada, para os três materiais diferentes, mostrando-se assim o aço inoxidável austenítico ABNT 304 o mais resistente à este fenômeno, sendo o aço inoxidável martensítico ASTM CA6NM, o que resistiu de forma intermediária e o aço carbono ABNT 1045 o material menos resistente à cavitação dentre os materiais em estudo.

### Agradecimentos

A Fundação Araucária pelo financiamento deste projeto através do Edital Primeiros Projetos 2009, Convênio 234/2010 e pela bolsa de iniciação científica do autor, e ao Prof. Dr. Ivanir Luiz de Oliveira, pelo auxílio na realização das análises de composição química.

### Referências Bibliográficas

- HUTH, HANS-JÖRG, Fatigue design of hydraulic turbine runners, 2005, 178p., Tese (Doutorado) - Department of Engineering Design and Materials, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norway.
- AKHTAR, A., Materials technology for turbine performance, Water Power & Dam Construction, v.38, n.8, p. 13-19, ago. 1996.
- HATTORI, S., ISHIKURA, R., ZHANG, Q., Construction of database on cavitation erosion and analyses of carbon steel data, Proceedings of the 5th International Symposium on Cavitation, Osaka, Japão, GS-11-002, 1-4 nov. 2003
- RICHMAN, R.H., E MCNAUGHTON, W.P., Correlation of cavitation-erosion behavior with mechanical properties of metals, Wear, v. 140, n° 1, p. 63-82, 1990.