

ANÁLISE EM ELEMENTOS FINITOS DE UMA NOVA CONCEPÇÃO DE CARRETEL DE UM SENSOR HIDRÁULICO DE VELOCIDADE

Matheus Ibagy Pacheco

Universidade Federal de Santa Catarina
Campus Universitário - CEP 88040-900 - Florianópolis - SC
matheusip@emc.ufsc.br

Luciano Retzlaff

Universidade Federal de Santa Catarina
retzlaff@emc.ufsc.br

Victor Juliano De Negri, Dr. Eng.

Universidade Federal de Santa Catarina
victor@emc.ufsc.br

Resumo: *Este trabalho trata da análise do carretel de um sensor hidráulico de velocidade utilizado como componente de segurança, o qual não permite que ocorra sobre velocidade no conjunto turbina gerador da usina hidrelétrica de Tucuruí, atuando caso ocorra esta sobre velocidade em uma válvula direcional, que esta fornece fluido para servos-motores, que realizam o fechamento das pás da turbina.*

Devido à idade do produto, corrosão, desgaste e difícil manutenção que existe no mecanismo que atua sobre o sensor hidráulico de velocidade, inicia-se o aparecimento de forças radiais no carretel, isto toda a vez que o sistema de segurança é ativado, criando assim um ciclo intermitente de carga, causando a fratura do material.

Com isto, foi realizada a análise do carretel em um sistema de elementos finitos, descrevendo em partes tal situação, para a observação de seu comportamento perante uma carga e para a análise da falha, se ocorreu por algum defeito local do material ou pela geometria da peça.

Para a simulação da força, como que apenas é necessário observar o comportamento da peça com a aplicação da força, foi utilizada uma força estática estimada em 50 kg, isto devido a difícil obtenção da força real que ocorre sobre o carretel.

Desta forma, com os resultados obtidos, são realizadas modificações no projeto do carretel, alterando a geometria e a sua vedação, que esta, com a demasiada idade e com a falta de peças de reposição, se tornava ineficiente, pondo em seu lugar uma vedação de maior robustez e vendida comercialmente.

Palavras-chave: *sensor hidráulico de velocidade, elementos finitos, otimização.*

1. INTRODUÇÃO

Atualmente os sistemas hidráulicos têm grande campo de atuação, devido a suas vantagens na automatização, velocidades de trabalho, forças envolvidas e baixa manutenção, perante demais sistemas.

Deste modo, há um vasto uso de sistemas hidráulicos em equipamentos de usinas hidrelétricas, no qual necessita de uma enorme quantidade de força concentrada, baixa manutenção devido às condições de trabalho e a automatização do sistema, principalmente do de segurança.

Neste ponto está inserido o objeto de estudo deste trabalho, o sensor hidráulico de velocidade, mais precisamente o carretel, que pela indisponibilidade de peças particulares para sua manutenção e problemas de quebra leva ao estudo de uma geometria alternativa ao carretel.

Portanto, através do estudo das tensões no carretel original, utilizando modelos analisados em software de elementos finitos (ANSYS), pode-se observar seu comportamento, e em base disto são realizadas alterações em sua geometria, a fim de melhorar a durabilidade e a manutenção de seus componentes.

2. ANÁLISE DO CARRETEL DO SENSOR

O sensor hidráulico de velocidade é utilizado como um elemento de segurança no controle da sobre velocidade em conjuntos turbina gerador da central hidrelétrica de Tucuruí, o sensor hidráulico de velocidade atua em um circuito hidráulico, comandando como piloto uma válvula direcional. Assim, caso haja sobre velocidade no conjunto turbina gerador, o sensor atua, pilotando a válvula direcional, então esta fechando as pás por meio de servos-motores e reduzindo a velocidade do conjunto à zero.

Devido à idade avançada do sensor e a dificuldade na manutenção de todo o sistema, boa parte pelo difícil acesso e pela falta de peças de reposição, começa haver o travamento do mecanismo que aciona este sensor, ocasionando assim forças que agem radialmente ao carretel do sensor, ocasionando sua quebra no último filete da rosca.

Desta forma, utilizando o software ANSYS, será feita uma comparação estrutural entre o carretel atual e o novo desenho, que será apresentado na sessão 1.7.

2.1. Modelagem do Carretel do Sensor

Esta análise tem início com a modelagem dos desenhos gerados em SolidWorks (figura 1a e 1b), que foram salvos como arquivo parasolid. Neste sentido, é necessário prestar atenção na versão para que não haja problemas na importação das figuras pelo Ansys.

O perfil utilizado na rosca é M8 x 1,25, com roscas métricas simétricas de 60°, estando de acordo com a norma ISO 68 (Shigley, Mischke e Budynas, 2005). O perfil da rosca apenas fora colocado na posição do último filete, por questões de economia de tempo computacional e por se tratar de um ponto crítico na concentração de tensões.

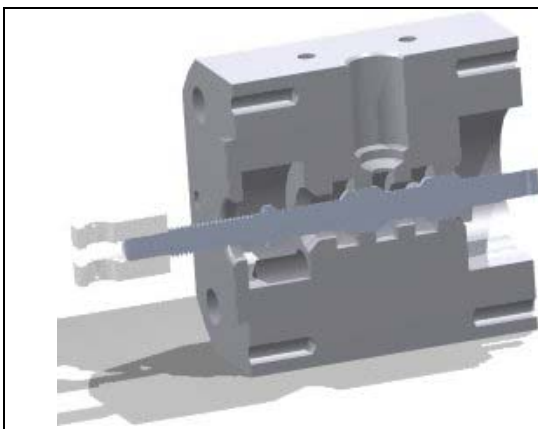


Figura 1a – montagem do sensor hidráulico de velocidade



Figura 1b – Carretel do sensor hidráulico de velocidade

Outras melhorias foram incorporadas para minimizar o tempo computacional e simplificar a malha de elementos, sendo modificações realizadas na geometria do carretel, tais como a retirada dos canais de compensação de pressão, e a criação de uma área para aplicação de uma pressão uniforme, que simplifica a aplicação de forças em cada elemento, tais modificações demonstradas na figura 2.

Aliada a estas medidas, são feitas medidas de simetria na peça, reduzindo drasticamente o tempo de processamento de máquina.



Figura 2 - Vista em perspectiva do modelo geométrico do carretel.

2.2. Entrada de Dados

Os parâmetros definidos a seguir, foram utilizados como entrada no pré-processamento, onde, através de uma análise na microestrutura do carretel, é visto que o material usado é do tipo aço-ferramenta, com um módulo de elasticidade e coeficiente de Poisson similar a demais tipos de aços (Callister, 2002), então foram utilizadas as seguintes características:

Módulo de elasticidade: $E = 210.10^9 \text{ N/m}^2$ (210.10^3 MPa);

Densidade: $\rho = 7800 \text{ kg/m}^3$ ($7,8e^{-6} \text{ kg/mm}^3$);

Coeficiente de Poisson: $\nu = 0,3$;

Elemento estrutural sólido 3D com 10 nós, o qual tem 3 graus de liberdade em cada nó. Devido a sua disposição quadrática, este elemento estrutural tem grande utilidade na modelagem de malhas irregulares. É um elemento que representa bem tanto as propriedades do material quanto as cargas envolvidas no processo.

2.3. Malha

Existe uma extrema preocupação com a qualidade da malha. Pequenos erros nos elementos podem resultar em resultados incorretos. Neste sentido, deve-se observar o refinamento da malha, para evitar que as arestas e os raios de curvatura tenham poucos elementos, principalmente no último filete da rosca, o que pode proporcionar erros no resultado. Tal preocupação pode ser vista nas figuras 3a e 3b.

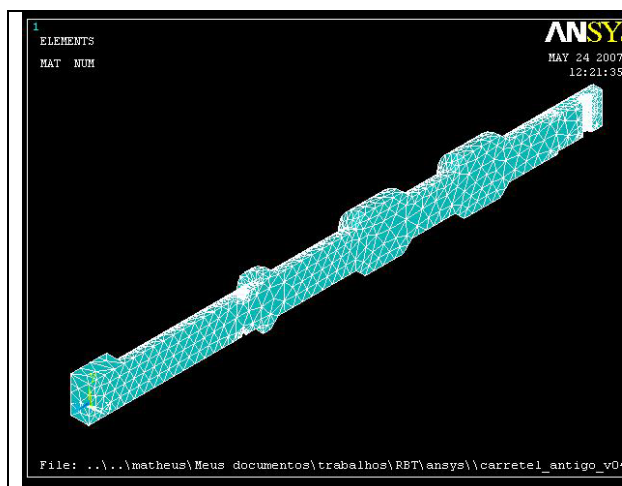


Figura 3a – Malha aplicada ao carretel.

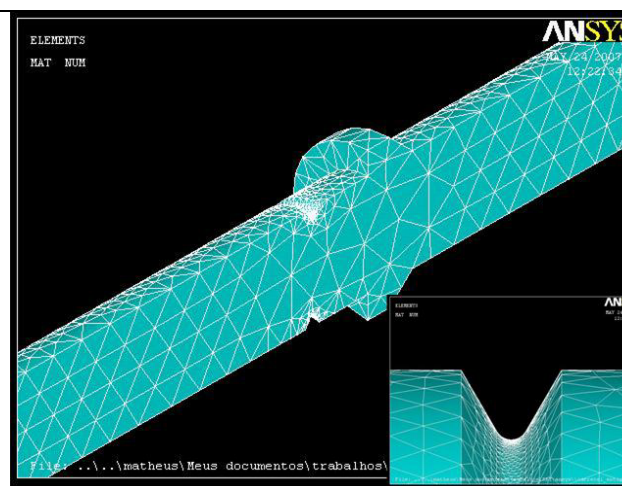


Figura 3b – Detalhes no ultimo filete.

2.4. Condições de Contorno

Após a realização da malha, são postas as condições de contorno em áreas do carretel submetido à análise de tensões. As restrições em deslocamento são aplicadas nos ressaltos de controle do carretel, que é aplicada em toda a sua área (figura 4). Desconsidera-se a pequena folga existente entre o carretel e a camisa do sensor, sendo assim, o carretel estaria de forma engastada a camisa.

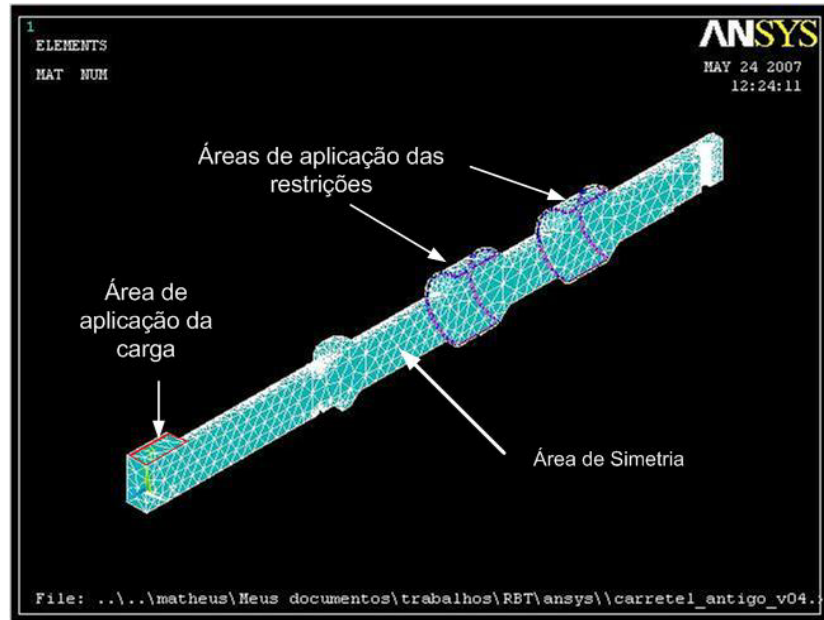


Figura 4 – Áreas de aplicação da pressão, das restrições e de simetria.

2.5. Carregamento

Devido à impossibilidade de medições das cargas em campo que atuam no carretel, foi definida uma carga de 500 N em sua extremidade (figura 4) apenas para a visualização do comportamento da peça. Tal força foi aplicada na forma de pressão, através do uso da Equação 1, distribuídas na área de 64 mm² (área total de aplicação da carga), resultando na pressão de 7,8 MPa e equivalendo assim a carga de 500 N, desta forma representando melhor e de maneira mais simplificada a carga no programa de simulação.

$$F = P.A \quad (1)$$

Portanto, a área representada em vermelho, corresponde à zona de aplicação da pressão, que é a posição em que se localiza o elemento do mecanismo de transmissão de movimento, que em projeto deveria se movimentar no sentido axial do carretel. Nos locais onde se encontram cantos vivos, fundo do último filete da rosca e demais pontos de concentração de tensões, realiza-se um refino da malha para captar corretamente as tensões conseguidas com a aplicação do carregamento.

2.6. Solução

A partir da simulação de tensões realizada, obteve-se o resultado apresentado na Figura 5. Nesta análise, a tensão máxima de Von Mises foi obtida no ponto onde ocorreu o rompimento da peça real, sendo que esta tensão está na ordem de 1726 MPa. Na base do ressalto, chega-se a um valor próximo a 900 MPa, praticamente a metade vista no fundo do último filete da rosca. É de boa valia lembrar que tais valores apresentados não refletem a atual operação do carretel, e sim servem apenas para o efeito de demonstração e comparação com a peça reprojeta.

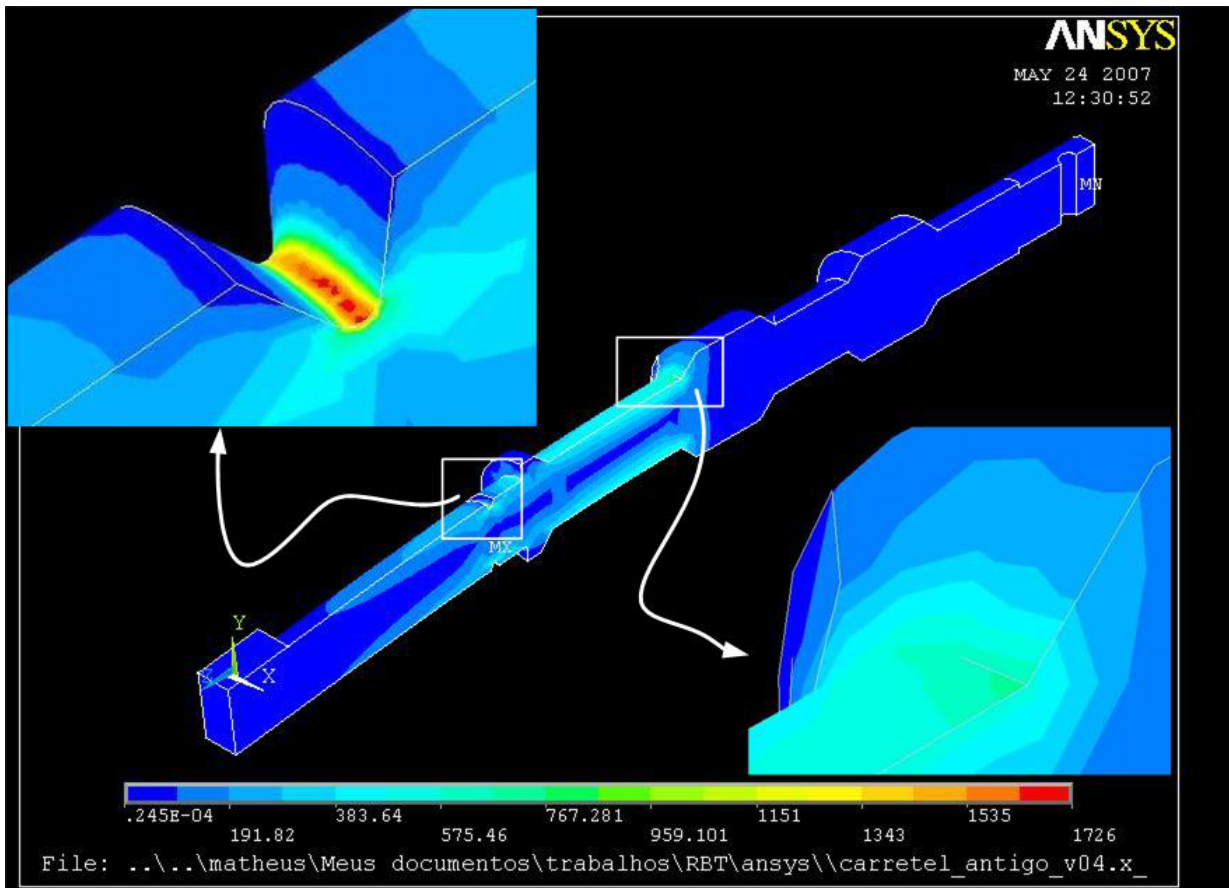


Figura 5 – Resultado da simulação de tensões na parte do corpo da válvula.

2.7. Proposição de um Novo Perfil

Utilizando mesmos métodos, restrições e demais detalhes utilizados no carretel atual, é feita a análise em um novo desenho do carretel, em que nele altera-se o tipo de vedação, que limitava a forma geométrica do produto na haste, além de passar a utilizar arredondamentos nos ressaltos, no sentido de evitar cantos agudos. Tal modelo pode ser visto na figura 6a.

Deste modo, deve ter um cuidado igual com a malha de elementos finitos aplicada no carretel, observando os cantos, arredondamentos e demais locais que irão ser estudados. Tal cuidado com a malha pode ser visto na figura 6b.

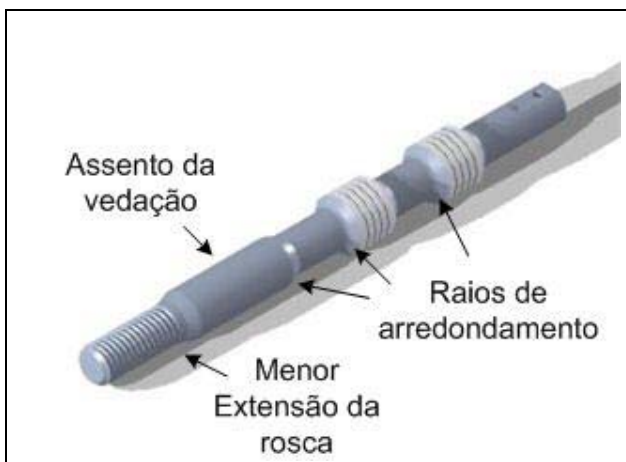


Figura 6a – Novo modelo do carretel.

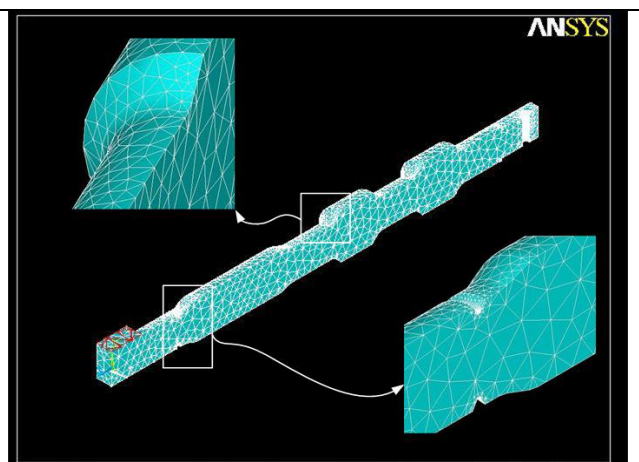


Figura 6b – Malha e detalhes do carretel.

2.8. Resultados

Através da comparação dos resultados da simulação de força aplicada do carretel original com a simulação realizada no carretel proposto, observa-se que há uma grande variação das tensões atuando nos dois pontos críticos, conforme análise na figura 5 (carretel original) com a figura 7 (corresponde ao carretel proposto). As tensões com a nova geometria ficam reduzidas a 45% do valor da tensão da geometria original no seu ponto mais crítico, o último filete de rosca, este ficando com 780 MPa de tensão. Além disto, também há uma queda acima de 10% na tensão no ressalto, graças a utilização de um raio de arredondamento nesta região, que fica com a tensão em aproximadamente 700 MPa.

Desta forma, veremos que tais mudanças na geometria do carretel resultam em um produto com melhores características mecânicas, mediante as pequenas modificações na geometria do carretel, realizadas principalmente pela troca do tipo de vedação dinâmica utilizada em sua haste.

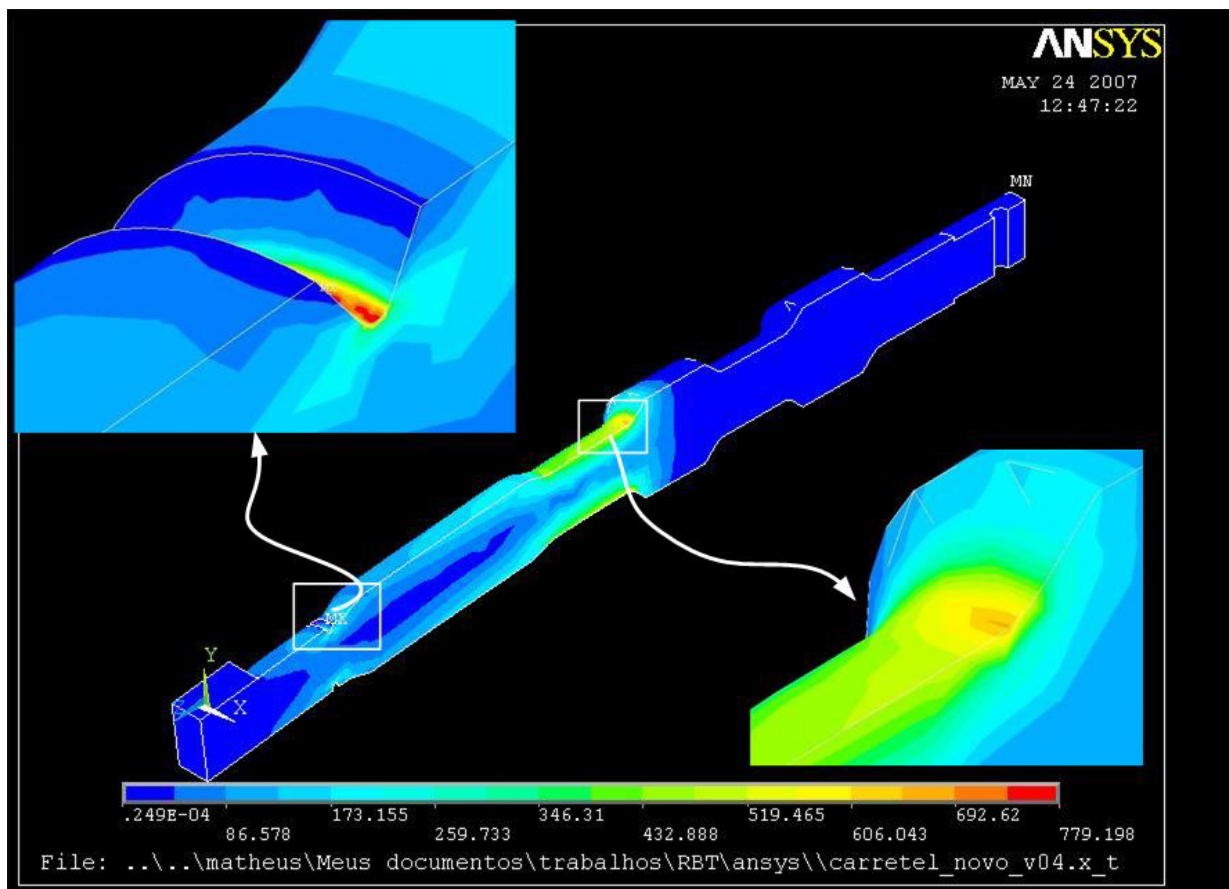


Figura 8 – Resultados da simulação com o carretel proposto

3. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Eletrobrás pelo apoio financeiro e à CNPq pela bolsa concedida.

4. REFERÊNCIAS

- Callister, W. D. Jr., 2002, “Ciência e engenharia dos materiais, uma introdução”, Livros Técnicos e Científicos, Rio de Janeiro.
- Shigley, J. E., Mischke, C. R. and Budynas, 2005, “Projeto de Engenharia Mecânica”, Bookman, Porto Alegre.

ANALYSIS IN FINITE ELEMENTS OF THE NEW CONCEPTION OF THE SPOOL OF A SPEED HYDRAULIC SENSOR

Matheus Ibagy Pacheco

Federal University of Santa Catarina
Campus Universitário - CEP 88040-900 - Florianópolis – SC- Brasil
matheusip@emc.ufsc.br

Luciano Retzlaff

Federal University of Santa Catarina
retzlaff@emc.ufsc.br

Prof. Victor Juliano De Negri, Dr. Eng.

Federal University of Santa Catarina
victor@emc.ufsc.br

***Abstract:** This work treats of the analysis of the spool of a speed hydraulic sensor, used as component of safety, which doesn't allow that it happens up speed in the group turbine generator of the hydroelectric power station of Tucuruí, acting in case it happens this up speed in a directional valve, that this supplies fluid for servant-motors, that they accomplish the closing of the shovels of the turbine.*

Due to the age of the product, corrosion, wear and difficult maintenance that exists in the mechanism that acts on the speed hydraulic sensor, they begin the emergence of radial forces in the spool, this all the time that safety's system is activated, creating like this an intermittent cycle of load, causing the fracture of the material.

With this, the analysis of the spool was accomplished in a system of finite elements, describing in parts such a situation, for the observation of his behavior before a load, for the analysis if the flaw was for some local defect of the material or for the geometry of the piece.

For the simulation of the force, an estimate static force of 50 kg was used, so much for the difficult obtaining of the real force that happens on the spool, as that it is just necessary to observe the behavior of the piece with the application of such a force.

This way, with the obtained results, several modifications are accomplished in the project of the spool, altering the geometry and his sealant, that with the too much age and with the lack of replacement pieces, the sealant became inefficient, putting in his place a sealant of larger robustness and sold commercially.

***Keywords:** speed hydraulic sensor, finite elements, improvement.*