

Figura 05 - Vista Posterior - em perspectiva – da Máquina de Ensaio em Corrosão-Fadiga para Múltiplos Corpos de Prova

4- CONCLUSÃO

O Equipamento, projetado, confeccionado e testado, em condições de trabalho, por mais de dois anos ininterrupto (num regime de 24 horas/dia, sem quebras ou contratempos, apenas com duas paradas para limpeza) ensaiou, mais de 30 corpos de prova, nas condições de fadiga assistida pelo ambiente (água do mar). As metas objetivadas de construção de um equipamento simples e de baixo custo, que substituisse, eficientemente, as já consagradas servo-hidráulicas, em aplicações do gênero, foram plenamente alcançadas. Demonstrando, na prática, o êxito do projeto.

5- BIBLIOGRAFIA

- 1 – METAL Handbook, ASM International, vol. 19, first ed., “Fatigue and Fracture”, pp 193-195, 1996.
- 2 – THOMAS, W. H., “Cathodic Protection of Submerged Steel With Thermal-Sprayed Aluminum”, Corrosion’84, 2-6, 1984, New Orleans, Louisiana, paper no 338.
- 3 – CORROSÃO E PROTEÇÃO CONTRA A CORROSÃO EM EQUIPAMENTOS E ESTRUTURAS METÁLICAS, Manual – IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo), vol. II, ,pp 569.
- 4 – SURESH, s., “Fatigue of Materials”, Cambridge University press, pp 126 – 131, 1991.

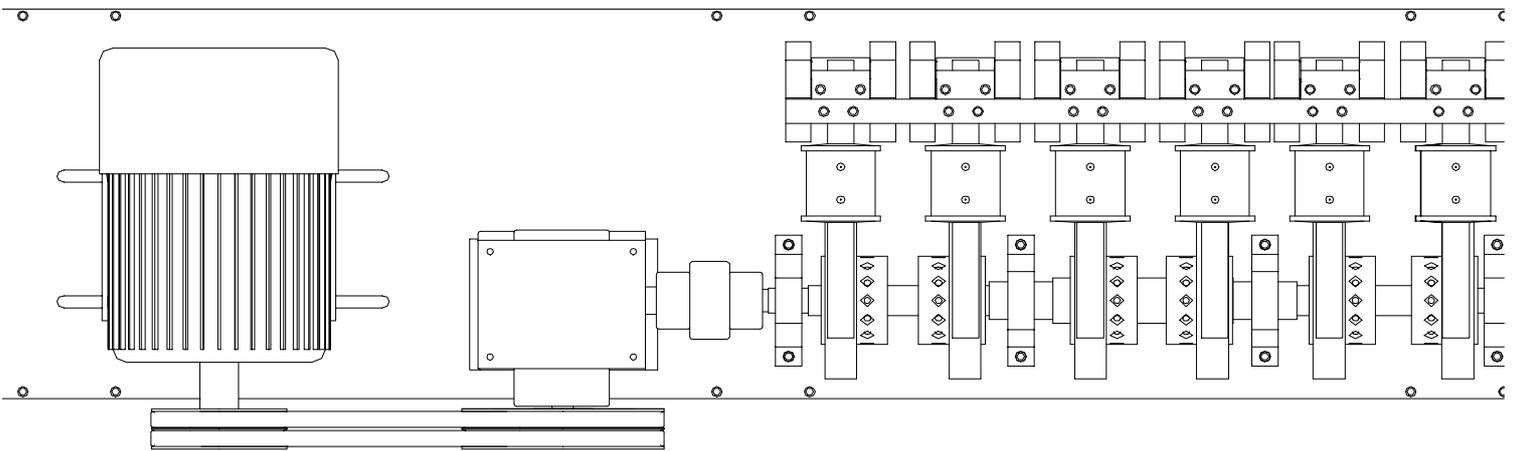
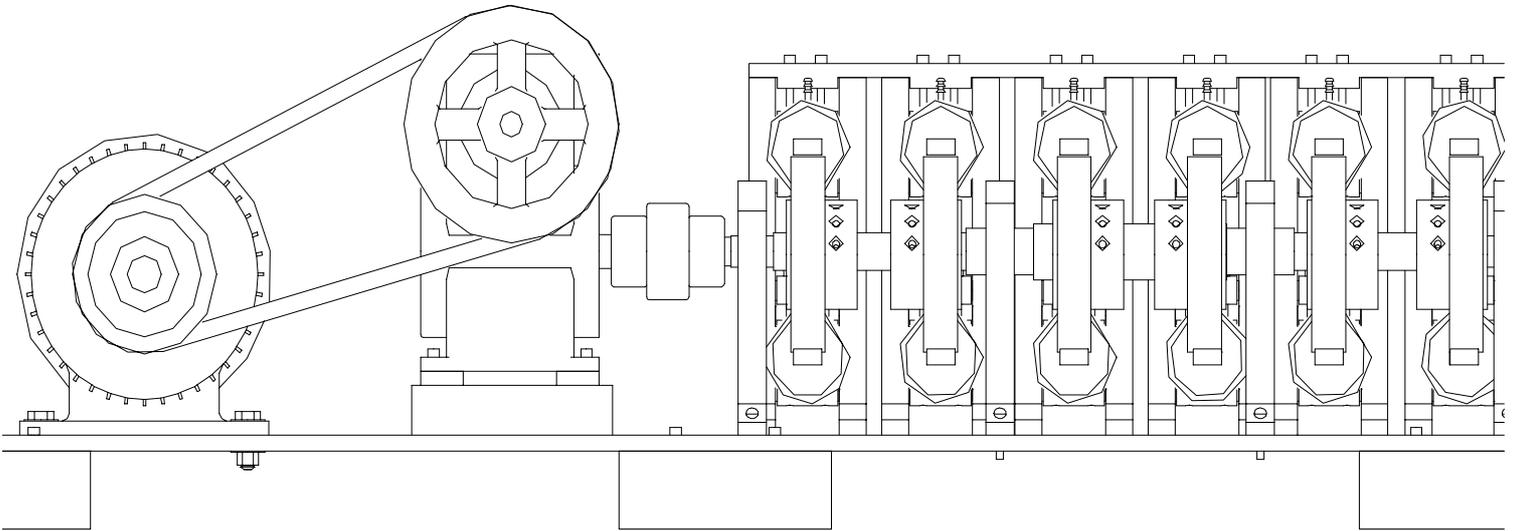


Figura 04 – Vista Superior e Frontal da Máquina com os Corpos de Prova Montados e com as Respectivas Células de Corrosão – Disposição Longitudinal das Torres em Relação ao Eixo.

Descrição dos componentes

- | | | |
|--|-----|--|
| 1 ⇒ Torre de suporte dos corpos de prova | /// | 2 ⇒ Eixo de apoio da placa |
| 3 ⇒ Função semelhante à peça 9 | /// | 5 = 6 ⇒ Chapa de apoio para o corpo de prova |
| 7 = 8 ⇒ Contra apoio | /// | 9 ⇒ Travessa superior |

Cada torre suportará dois corpos de prova, que estarão em contato com o rolamento, um na parte superior e outro na inferior. Isto faz com que os carregamentos sejam opostos - desencontrados - possibilitando menos esforço para o conjunto. Figura 03

As torres, em números de seis, são dispostas longitudinalmente ao eixo. Figura 04

Com combinação da excentricidade de seis segmentos do eixo e seis buchas, teremos excentricidades variáveis em cada torre, isto é, para cada par de corpos de prova. Porém, as torres oferecem fixação e pré-carga individualizada para cada corpo de prova. Isto cria condições diferenciadas em cada um dos doze corpos de prova (se assim for necessário). Figura 05

As células de corrosão são confeccionadas em plástico para não interferir no processo da oxidação corpo de prova meio. Figuras 04 e 05.

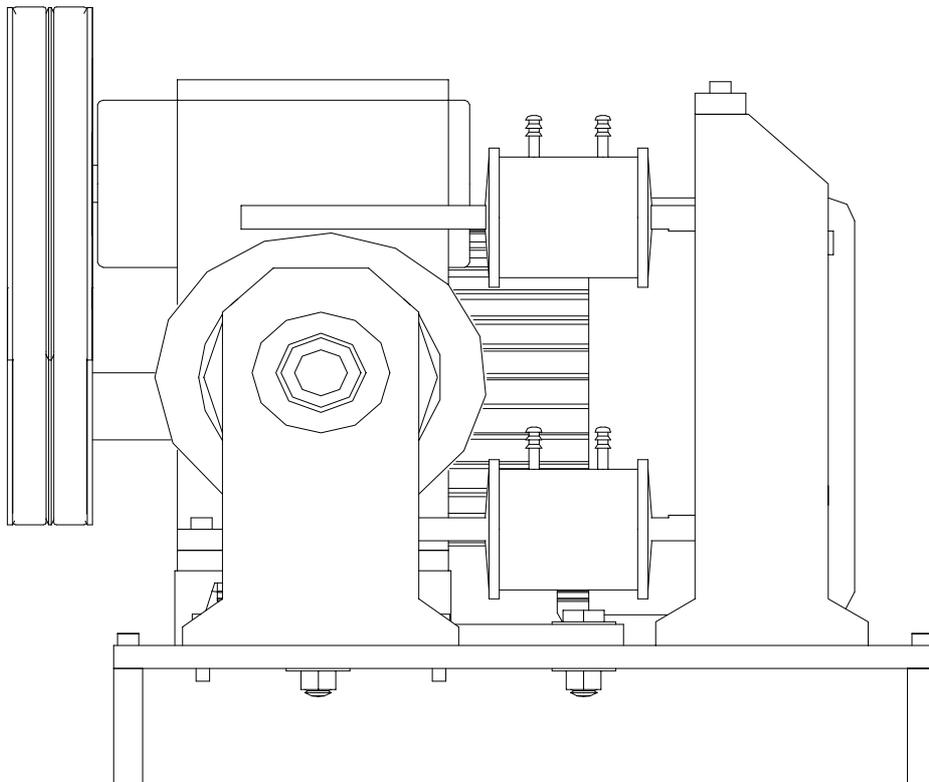


Figura 03 – Vista Lateral da Máquina com os Corpos de Prova Montados – O Rolamento Central Atua Simultaneamente em Dois Corpos de Prova - A Ação da Carga Está Defasada de 180°.

O atuador é um rolamento montado sobre a bucha excêntrica no próprio eixo, que comandará dois corpos de prova. Figuras 01 e 03.

O movimento da bucha excêntrica, montada sobre o segmento excêntrico do eixo, possibilita um controle de deslocamento do “came” que, por sua vez, controlará o carregamento - $\Delta\sigma$ - imposto ao corpo de prova.

O corpo de prova é fixado a uma torre, que também fará o pré-cargamento do corpo de prova. Esta fixação promoverá a situação de “viga em balanço” sobre o qual atuará o came. Figura 02.

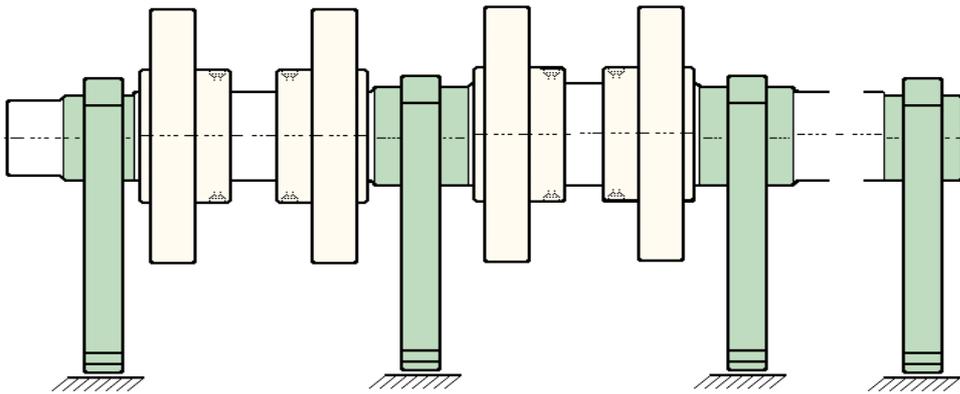


Figura 01 – Representação esquemática do eixo montado nos mancais suportando as buchas excêntricas e os rolamentos atuadores – vista frontal.

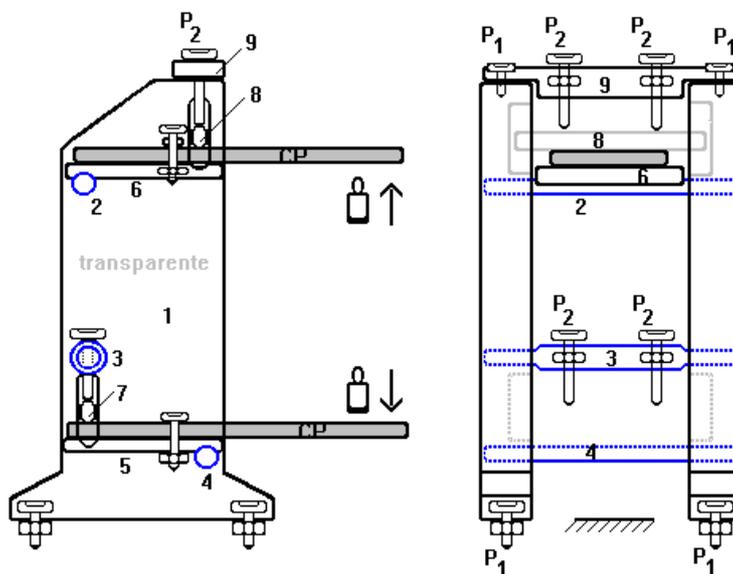


Figura 02 – Representação esquemática da Torre de fixação dos corpos de prova, em transparência para visualização dos dispositivos de fixação e pré-carga. Vistas lateral e frontal.

2- DESENVOLVIMENTO

Em termos de solicitações mecânicas, um componente estrutural, de aplicações offshore, está submetido a relativa complexidade de esforços, mas há a tendência de que alguns deles se sobrepujem. Os parâmetros da corrosão-fadiga (fadiga assistida pelo meio) tem se revelado um dos mais importantes para a manutenção e prolongamento da vida útil das estruturas offshore. (3)

Um componente sob solicitações de fadiga, será considerado insensível ao fenômeno, quando não apresentar danos ou, não propagá-los ,até 10^7 ciclos de carregamentos. (4)

Nos casos de corrosão-fadiga a frequência de carregamento é uma variável importantíssima, onde qualquer aceleração dos ensaios pode inferir grandes erros nos resultados.

As solicitações, mais significativas, nas estruturas “offshore” estão relacionadas com a constância e repetibilidade das corrente marinhas. A frequência de excitação, normalmente, situa-se entre 0,2 a 0,5 Hz (12 a 30 rpm). A 0,2 Hz – situação mais severa, sendo a mais usual nos ensaios - trabalhando 24 horas/dia, levaríamos 592 dias para alcançar a marca dos 10^7 ciclos.

Embora este limite não esteja bem definido para corrosão-fadiga, pode servir de referencial. Espera-se que o número de ciclos que estabeleça esse limite no processo de fadiga, sob o efeito do meio ambiente, seja menor. Entretanto a determinação desse limite em um número de ciclos menor, não é tão simples. Haveria necessidade de alguma comprovação, tipo: formação de danos (mesmo que fosse ainda na fase microestrutural) ou monitoramento de propagação à taxa baixíssimas. Por isto opta-se por alcançar a ordem de 10^7 ciclos.

O Projeto é uma proposta para construção de uma máquina que ensaie doze corpos de prova simultaneamente. Ainda, com possibilidade de serem submetidos à ação do meio ambiente específico – célula de corrosão.

Esta quantidade de corpos de prova, ensaiados em tempo equivalentel ao de apenas um (em uma máquina não especialmente projetada e/ou adaptada) produz uma massa critica de resultados, necessária e suficiente, para uma análise mais consistente e menos sujeita a erros de dispersão. Isto, em um tempo mínimo.

As principais metas contempladas neste projeto, além a quantidade de corpos ensaiados, foram:

- Robustez e confiabilidade.
- Simplicidade de operação.
- Custos de operação.
- Custos de confecção e manutenção.
- Aproveitamento de componentes industrializados.
- Controle individualizado dos corpo de prova (carga, número de ciclos, trocas, etc)

3- PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO

A aplicação da carga é feita através de um eixo com seis segmentos excêntricos – came – que estão associados a buchas, também excêntricas. Figura 01

Os projetos de estruturas offshore são abrangentes e envolvem as mais diversas áreas do conhecimento. Evidentemente a área da corrosão assume relevante significância, principalmente quando está envolvida com esforços estáticos – corrosão sob tensão – ou esforços cíclicos – corrosão-fadiga.

Com o advento dos Conceitos da MECÂNICA DA FRATURA (linear-elástica e elasto-plástica), os projetos de desenvolvimento de estruturas e/ou componentes mecânicos, avançaram significativamente, notadamente em áreas de segurança e a níveis de desempenho.

As previsões de comportamento do material/componente passaram a se apoiar em bases não só experimentais de caráter particularizador, mas também, em bases matemáticas mais amplas. Com isto, os projetos, de aplicações práticas, ultrapassaram a fase da “pura expectativa”.

Então, a pergunta é: Funciona? Até quando? Em quais condições?

A escolha de materiais, associada, aos minuciosos processos de fabricação, tem se revelado de grande importância no desenvolvimento e melhoria de propriedades mecânicas e físico-químicas dos aços, notadamente em ambientes adversos.

Nestes ambientes, as propriedades mecânicas convencionais, e não convencionais, como: resistência, tenacidade, soldabilidade, corrosão, corrosão sob tensão, corrosão-fadiga, suscetibilidade a ação de hidrogênio, são fortemente influenciadas pelas propriedades físico-químicas do binômio material-meio. Isto representa, na prática, uma multiplicação de variáveis de efeitos interdependentes.

Entretanto, o elevado número de variáveis envolvidas na fenomenologia corrosão-fadiga praticamente proíbe qualquer generalização (1). As estruturas offshore representa um desses casos, onde os ensaios preliminares – simulações laboratoriais - devem representar com fidelidade a situação prática.

A natureza destas aplicações exigem as melhores técnicas, pois são grandes as dificuldades de manutenção. O acesso difícil torna a simples ação da observação limitada. Reparar essa estrutura torna-se uma operação delicada e complexa, muitas vezes, deficiente e onerosa.

Portanto, é importante o desenvolvimento de sistemas que requisitem menos inspeção.

Usar um metal insensível é ponto fora de cogitação, os custos são proibitivos. A solução, atual, é a utilização de técnicas de proteção superficial associada à técnica de proteção catódica.

São muitos os métodos de proteção superficial, contra a corrosão e cada um leva em consideração a natureza do material e da meio ambiente.

A metalização - recobrimento através de metal – promove o isolamento da superfície com o ambiente e, em caso de falha, desta proteção, entra em cena a proteção eletroquímica. Caracterizada como catódica, para o recobrimento em aço, age como ânodo (2), isto é, desgasta-se preferencialmente, o que faz preservar o substrato – o aço - O alumínio tem sido amplamente utilizado neste tipo de proteção superficial (revestimento) substituindo, a técnica do ânodo de sacrifício localizado (corrente impressa).

DESENVOLVIMENTO – CONCEPÇÃO, VIABILIZAÇÃO E CONSTRUÇÃO – DE UMA
MÁQUINA DE ENSAIOS, PARA MÚLTIPLOS CORPOS DE PROVA, EM FADIGA
ASSISTIDA PELO MEIO AMBIENTE – ÁGUA DO MAR

M.Sc. Marconi Andrade Farias

DEM / CCT / UFPB – Campina Grande – PB – Brasil

marconi@dem.ufpb.br

D.Sc. Telmo Roberto Strohaecker

Escola de Engenharia / Metalurgia / UFRGS / Porto Alegre – RS – Brasil

Telmo@jupiter.demet.ufrgs.br

RESUMO

Ensaio em corrosão-fadiga demandam tempos excessivamente longos, podendo ultrapassar dois anos. A utilização de uma máquina servo hidráulica apresenta diversas limitações, como: custo elevado de operacionalização, sub-utilização, contaminação pelo meio corrosivo, além de só ensaiar um corpo de prova por vez.

Este Projeto visa o desenvolvimento e construção de uma máquina de ensaios em múltiplos corpos de prova submetidos ao processo de corrosão-fadiga.

Os principais atributos deste equipamento são: Ensaiar 12 corpos de prova simultaneamente, ter controle de carregamento, manipulação e acompanhamento individualizado, permitir a simulação do ambiente offshore. Quanto aos aspectos de construção destacam-se a simplicidade de confecção e operação, a robustez e confiabilidade, além do baixíssimo custo.

Palavras Chaves: Ensaio de Corrosão-Fadiga, Aspersão Térmica, Metalização, Dispositivos

1- INTRODUÇÃO

Os projetos atuais exigem alto grau de qualificação. Foi longe o tempo em que a vida útil de um equipamento se limitava a estimativas apenas baseadas em experiências anteriores; interferindo ou limitando novos desenvolvimentos. A superação era obtida com superdimensionamento, alguns equivocados.