

ALFREDO NUNES BANDEIRA BISNETO

**A AUTOMAÇÃO E CONTROLE AUXILIANDO A MANUTENÇÃO DE UNIDADES
DE PERFURAÇÃO MARÍTIMAS**

SALVADOR

2008

ALFREDO NUNES BANDEIRA BISNETO

**A AUTOMAÇÃO E CONTROLE AUXILIANDO A MANUTENÇÃO DE UNIDADES
DE PERFURAÇÃO MARÍTIMAS**

Monografia apresentada à Faculdade de
Tecnologia SENAI – CIMATEC, para
obtenção do título de especialista em
Automação, Controle e Robótica.

Orientador: Prof. MSc. Milton Bastos de Souza

SALVADOR

2008

*Dedico este estudo:
aos meus pais, Alfredo e Terezinha;
à minha irmã, Nínive;
à minha companheira, Clara.*

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho foi possível graças ao pai celestial que me deu a alegria de tê-lo em meu convívio.

Ao amor transmitido por minha cônjuge, meu pai, minha mãe e minha irmã. Na forma de carinho e compreensão, incentivo e dedicação, orientação, persistência; respectivamente.

"O gênio fala muitas vezes mal e não sabe gramática. Mas transporta montanhas, constrói cidades, estabelece estradas de ferro e telégrafos. Muitos homens cultos falam e escrevem muito bem, mas são incapazes de construir e criar".

Prentice Mulford

RESUMO

As unidades de perfuração marítima são sistemas complexos. Com a descoberta de petróleo em águas cada vez mais profundas, as unidades flutuantes tornaram-se as mais utilizadas, principalmente as dotadas de sistema de posicionamento dinâmico. Manter esse sistema funcionando é de vital importância para a perfuração. Sendo assim, a manutenção tem que funcionar perfeitamente. Neste contexto, o trabalho a seguir trata de como a manutenção pode ser auxiliada pela automação e controle. Para isso, dá uma visão geral sobre como explorar petróleo, define alguns conceitos de manutenção, Inteligência Artificial e Gerenciamento de alarme.

Para enfim, idealizar um sistema conceito, que interligue os sistemas de planejamento da manutenção e gerenciamento de alarmes, de forma que atuem como guias, direcionadores e planejadores da manutenção. Desta forma faça com que os custos de manutenção diminuam, aumente a divulgação das informações sobre a planta e diminuam a dependência de operadores.

Palavras Chave: sistemas de gerenciamento de alarme, unidades de perfuração marítima e manutenção.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – ESQUEMA DE UMA SONDA.....	5
FIGURA 2 – TIPOS DE UNIDADES DE PERFURAÇÃO MARÍTIMA	6
FIGURA 3 – PROPULSORES AZIMUTAIS	7
FIGURA 4 – MOVIMENTOS DE UMA EMBARCAÇÃO	8
FIGURA 5 – ESQUEMA DE UM SISTEMA DE POSICIONAMENTO DINÂMICO.....	9
FIGURA 6 – ESQUEMA DE TRANSMISSÃO TÍPICA DE SONDAS MARÍTIMAS	10
FIGURA 7 – EXEMPLO DE NAVIO SONDA.	11
FIGURA 8 – REGRA DO OPERADOR.....	17
FIGURA 9 – ARQUITETURA DE SISTEMA BASEADO EM CONHECIMENTOS.....	19

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. OBJETIVOS.....	2
1.2. SUPOSIÇÕES.....	3
1.3. DELIMITAÇÃO DO ESTUDO.....	3
1.4. IMPORTÂNCIA DO ESTUDO.....	3
1.5. ORGANIZAÇÃO DO ESTUDO.....	3
2. UNIDADES DE PERFURAÇÃO MARÍTIMAS.....	5
2.1. TIPOS DE UNIDADE DE PERFURAÇÃO MARÍTIMA (UPM).....	6
2.2. SISTEMA DE POSICIONAMENTO DINÂMICO.....	6
2.3. SISTEMA DE GERAÇÃO E TRANSMISSÃO DE ENERGIA.....	9
2.4. NAVIO SONDA.....	10
3. CONCEITOS DE MANUTENÇÃO.....	12
3.1. SISTEMA COMPUTADORIZADO DE GERENCIAMENTO DA MANUTENÇÃO - CMMS.....	14
3.2. ANÁLISE DE MODO E EFEITO DE FALHA - FMEA.....	15
4. GERENCIAMENTO DE ALARMES.....	16
5. INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL(IA).....	19
6. AVALIAÇÃO DOS CENÁRIOS.....	22
6.1. CENÁRIO ATUAL.....	22
6.2. CENÁRIO PROPOSTO.....	23
7 CONCLUSÃO.....	26
8 REFERÊNCIAS.....	27

1. INTRODUÇÃO

Em meados do século XVII foi descoberto o petróleo. Ele foi inicialmente explorado para a extração de querosene e utilizado para iluminação. Pouco a pouco, foram descobertas outras utilidades para o mesmo, principalmente com o advento da indústria automobilística e as guerras. Hoje em dia o petróleo é a principal fonte de energia e matéria prima do planeta, sendo conhecido como o ouro negro. Nesses mais de cem anos, o petróleo já foi explorado das mais diversas maneiras. Em 1947, no Golfo do México, iniciou-se a perfuração sobre o mar, através de estruturas apoiada no fundo marinho que alcançavam apenas 50 metros de lâmina de água. Juntamente com o desenvolvimento tecnológico a profundidade foi aumentando e atualmente chega a 3000 metros. Assim, os sistema de ancoragem e jaquetas, sistemas fixos, tornaram-se tecnicamente inviáveis a grandes profundidades para manter as plataformas flutuantes ou navios sondas em uma posição fixa, condição necessária a perfuração.

Sendo assim foi necessário o desenvolvimento de um sistema não fixo, que foi denominado de sistema de posicionamento dinâmico. Este utiliza motores de *Thruster* e propulsores para manter sua posição fixa sem ajuda de âncoras ou jaquetas. As primeiras embarcações com esse tipo de sistema surgiram no início da década de 60. Com isso, geradores e instrumentos de controle extras foram se tornando necessário.

A complexidade do sistema de posicionamento dinâmico tornou vital a automação dos sistemas de controle, uma vez que falhas no sistema e quedas de energia podem fazer com que as embarcações percam sua posição. Como o principal objetivo das plataformas é a perfuração, todas as outras unidades funcionam em função da mesma. A automação serve para auxiliar a operação de todas as unidades. Um sistema robusto e confiável é necessário para evitar falhas

que provoquem prejuízos financeiros. Para isto, ele deve utilizar alarmes para avisar sobre as anormalidades, cabe o operador o gerenciamento deste.

Na manutenção, uma ferramenta bastante utilizada para evitar falhas é a análise de modo e efeito de falha – *FMEA*. Este é utilizado para definir as ações a serem tomadas para evitar a falha. Por outro lado, existem os sistemas computadorizados para gerenciamento da manutenção - *CMMS* que, como o nome já diz, são utilizados para o gerenciamento da manutenção de grandes empresas. Nestes são colocados as ações de manutenção para cada equipamento e o período para execução das mesmas, assim, no tempo certo são gerados papéis, ordens de serviço, para execução dos serviços.

O sistemas de controle das plataformas flutuantes e os *CMMS* operam separadamente sendo necessária a intervenção humana para troca de dados entre eles. Caso se interligasse os dois sistemas por intermédio do *FMEA*, poderíamos antecipar as falhas e eliminar tempos de tomada de decisão. Ao invés dos sistemas de controle apenas alarmar as falhas o mesmos sugeririam soluções para as mesmas e gerariam as possíveis ordens de serviço a ser executadas. A partir de então, com o tempo e acúmulo de dados armazenados utilizando-se inteligência artificial, o *FMEA* seria paulatinamente modificado e as decisões seriam quase automáticas.

1.1. OBJETIVOS

Demonstrar o conceito teórico de um sistema de controle inteligente que interaja com o sistema de manutenção, e agilize o processo de tomada de decisão do operador. Visa apresentar uma linha de raciocínio para desenvolvimento de sistema de controle que auxiliem a manutenção.

1.2. SUPOSIÇÕES

Este trabalho parte do pré-suposto de que as unidades de perfuração marítimas utilizam sistemas automatizados de controle e os mesmos possuem gerenciamento de alarmes.

1.3. DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

O presente trabalho abrange apenas Unidades de Perfuração Flutuantes, dotadas de sistema de posicionamento dinâmico. Limita-se ainda, ao gerenciamento de alarmes do sistema de geração de energia elétrica, por que este é de vital importância para a unidade.

1.4. IMPORTÂNCIA DO ESTUDO

Os sistemas de gerenciamento de alarmes em geral são vagos e limitados, fazendo com que este dependa da experiência do operador para ser eficaz. Assim, no caso da ausência deste a operação da planta fica comprometida e em risco. A formação de outro operador pode ser demasiadamente demorada, devido a complexidade de uma planta e seus equipamentos.

Este estudo se propõe a demonstrar como estruturar um sistema menos dependente da experiência do operador. E assim, propor um gerenciamento de alarme com alertas claros, objetivos e orientadores.

1.5. ORGANIZAÇÃO DO ESTUDO

A seqüência do trabalho de pesquisa é a seguinte:

- PARTE I: REFERENCIAL TEÓRICO
 - Capítulo 2 (Unidades de Perfuração Marítima): Neste capítulo é

descrito em linhas gerais o que é uma unidade de perfuração marítima e quais são os tipos e características de cada uma.

- Capítulo 3 (Conceitos de Manutenção): Este capítulo procura apresentar os principais conceitos de manutenção, descrevendo os tipos de manutenção e algumas ferramentas utilizadas para gerenciamento das mesmas.
- Capítulo 4 (Gerenciamento de Alarmes): O objetivo desse capítulo é fornecer uma visão geral sobre gerenciamento de alarmes. Demonstrando seu funcionamento e suas características.
- Capítulo 5 (Inteligência Artificial): Este capítulo procura apresentar alguns conceitos sobre inteligência artificial. Buscando transmitir uma visão geral do assunto ao leitor.
- Capítulo 6 (Avaliação dos Cenários): O objetivo deste capítulo é apresentar a situação atual do processo de manutenção e controle de Unidades de Perfuração Marítimas e então propor uma nova configuração deste.
- **PARTE II: CONCLUSÕES DA PESQUISA**
 - Capítulo 7(Conclusão): Conclusões e recomendações para futuras pesquisas.

2. UNIDADES DE PERFURAÇÃO MARÍTIMAS

Antes de tratar das unidades de perfuração propriamente ditas, deve-se falar sobre perfuração. Entretanto, o objetivo deste capítulo não é comentar sobre as técnicas de perfuração de um poço, e sim sobre os equipamentos e sistemas utilizados para este fim. Sendo assim, é bastante dizer que, segundo Thomas *et al* (2001), a perfuração de poços de petróleo é realizada por meio de uma sonda (Figura 1). Esta é responsável pelo tipo de perfuração rotativa, que consiste da ação de rotação e peso aplicados a uma broca que é utilizada para perfurar as rochas, presa a extremidade de uma coluna de perfuração.

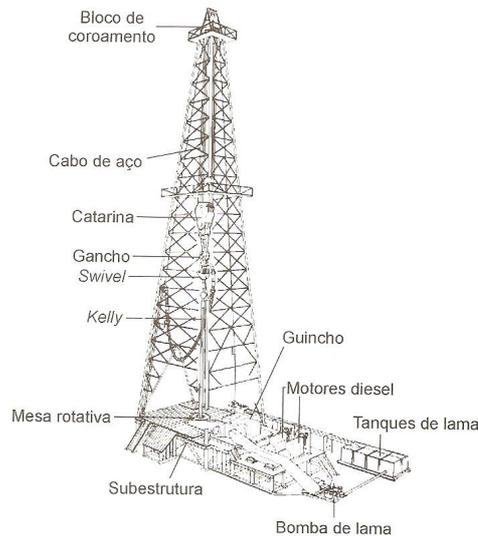


Figura 1 – Esquema de uma Sonda

A sonda é formada por vários sistemas, sendo os principais: de sustentação de cargas, de geração e transmissão de energia, de movimentação de carga, de rotação, de circulação, de segurança do poço, de monitoração e o sistema de sub-superfície (coluna de perfuração). Uma unidade de perfuração é basicamente uma sonda. As primeiras Unidades de Perfuração Marítima (UPM) eram simplesmente sondas terrestres montadas sobre uma estrutura para perfurar em águas rasas (Thomas *et al.* 2001).

2.1. TIPOS DE UNIDADE DE PERFURAÇÃO MARÍTIMA (UPM)

Existem alguns tipos de unidades de perfuração marítima (Figura 2), que podem ser divididos em dois grupos: as ancoradas ou apoiadas, que apoiam-se ao fundo do mar, e as flutuantes. Sendo, as plataformas fixas, as auto-eleváveis, as submersíveis e as *Tension leg*, as ancoradas, e o navio sonda e as plataformas semi-submersíveis, os flutuantes.

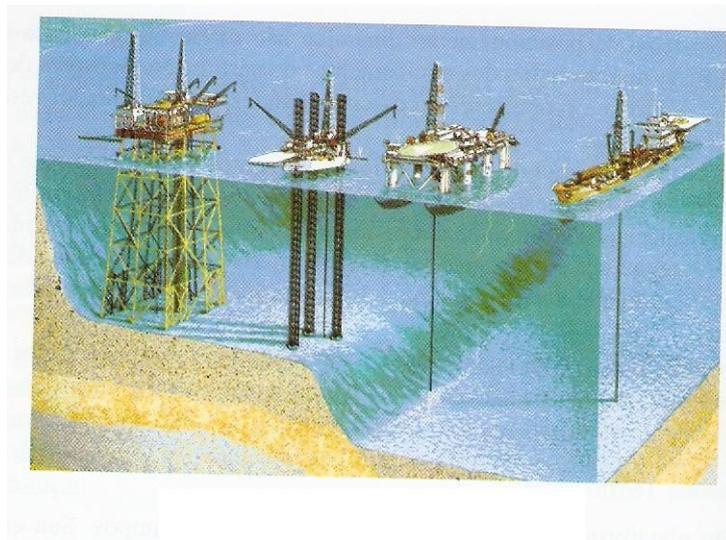


Figura 2 – Tipos de Unidades de Perfuração Marítima

Segundo Thomas *et al* (2001, p.110), cada tipo de UPM tem características diferentes e sua utilização depende dos seguintes fatores lamina d'água (distância que vai do fundo do mar até a superfície da água), condições de mar, relevo do fundo do mar, finalidade do poço, disponibilidade de apoio logístico e, principalmente, à relação custo/benefício.

2.2. SISTEMA DE POSICIONAMENTO DINÂMICO

É um sistema que controla automaticamente a posição e o aproamento de uma embarcação por meio de propulsão ativa (Bray, 1998 e Fossen, 1994). Utilizado em várias atividades navais tais com lançamento de cabos ou tubos, e em perfuração de poços. Teve o seu embrião no início da década de 60, quando foram instalados em uma embarcação quatro propulsores azimutais (Figura 3) que eram controlados manualmente, utilizando informações de um radar. Os primeiros sistemas de posicionamento dinâmico (PD) utilizavam um controlador proporcional-integral e derivativo (PID), que até hoje ainda é utilizado nos sistemas mais simples. Contudo, as embarcações mais modernas utilizam um sistema que usa um modelo matemático do navio, ou seja, o conjunto de equações matemáticas que descrevem a reação do navio a estímulos externos.



Figura 3 – Propulsores Azimutais

O PD basicamente controla o posicionamento do navio no plano horizontal nos movimentos de translação da frente e da ré, *surge*, direita e esquerda, *sway* e o movimento de rotação *yaw*, em torno do eixo de *heave*, que se movimenta para cima

e para baixo. Os movimentos podem ser melhor entendido observando-se a ilustração a figura 4.

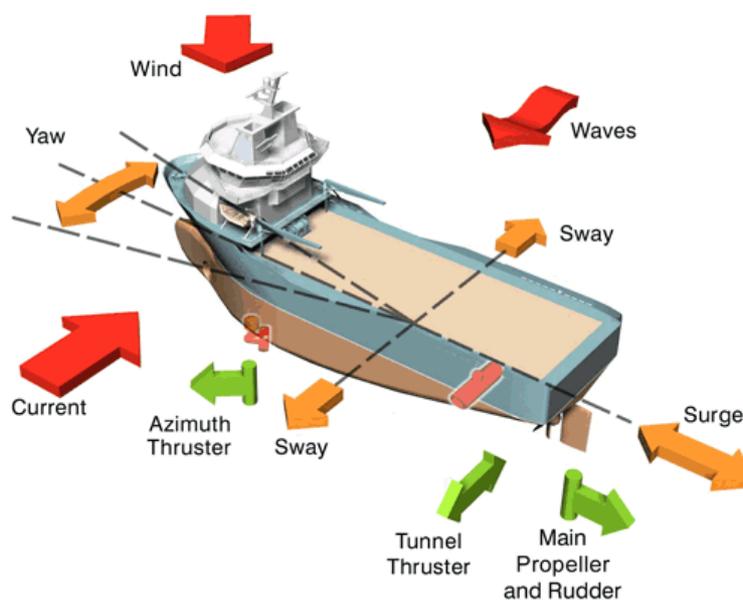


Figura 4 – Movimentos de uma embarcação

Os PD são formados pelos sub-sistemas de controle, potência, sensoriamento e atuação. Pode-se observar o funcionamento do sistema PD e seu sub-sistemas na figura 5. Uma falha em quaisquer desses sub-sistemas pode ter gravíssimas conseqüências e grandes prejuízos financeiros.

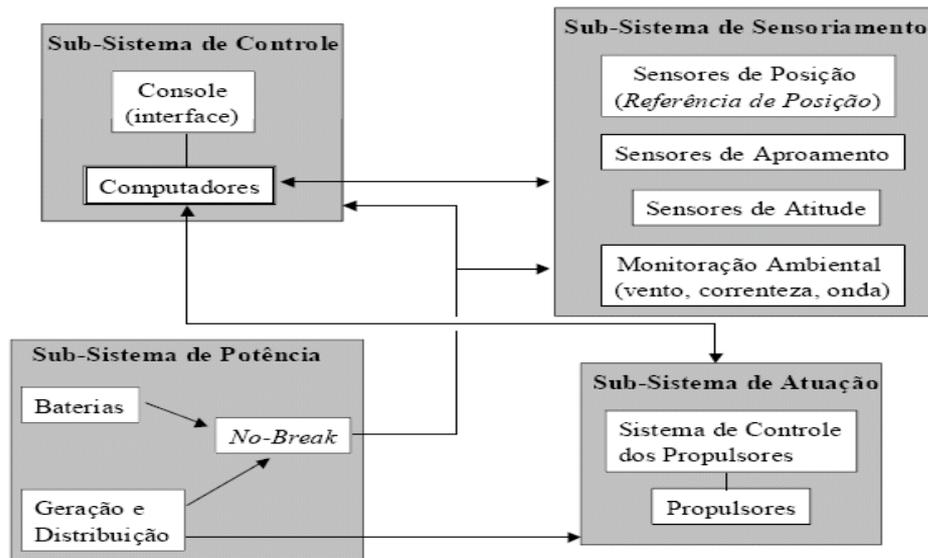


Figura 5 – Esquema de um Sistema de Posicionamento Dinâmico

Por isso, esses sub-sistemas contêm redundâncias, sendo assim o número de repetições critério para classificar embarcações dotadas do sistema. O subsistema de sensoriamento é o responsável por fornecer informações sobre o posicionamento da embarcação. Alguns fabricantes de PD são Kongsberg Maritime, Converteam, Nautronix, Rolls-Royce Marine, Marine Technologies e Navis Engineering OY.

Portanto, o PD permite que não exista uma ligação física entre o fundo do mar e a UPM, além da coluna de perfuração e os equipamentos de cabeça de poço. Como visto acima, este trabalho é realizado por sensores de posição que acionam os propulsores por computadores, fazendo com que a posição seja mantida.

2.3. SISTEMA DE GERAÇÃO E TRANSMISSÃO DE ENERGIA

Apesar de existirem vários sistemas em uma UPM, este trabalho somente irá se aprofundar no sistema de geração e transmissão de energia. Isto se deve ao

fato de que este sistema é de vital importância para o funcionamento do PD e de toda a embarcação.

Alguns são os tipos de fonte de energia que podem ser utilizadas para alimentar uma UPM, dentre elas: gás, eletricidade e diesel. Sendo assim, existem algumas configurações diferentes do sistema. O sistema mais utilizado é diesel-elétrico (Figura 6), que utiliza geradores diesel.

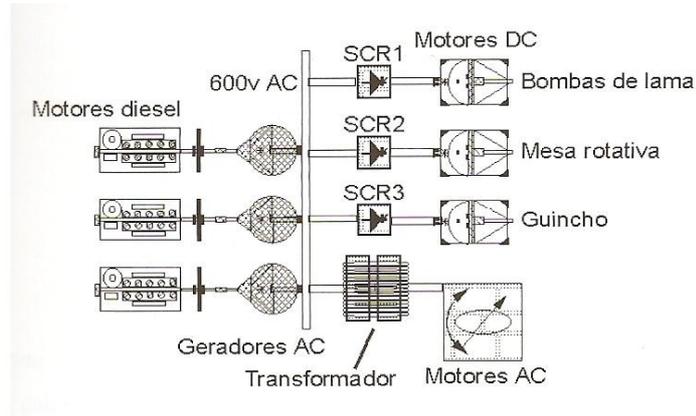


Figura 6 – Esquema de transmissão típica de sondas marítimas

Os motores a diesel transmitem rotação aos geradores de corrente alternada alimentando um barramento de 600 volts, esta energia elétrica gerada é transformada em corrente contínua por pontes retificadoras de silício (SCR). Após este processo os equipamentos da sonda são alimentados. Nos navios mais modernos existem salas de controle que, através de sistemas computadorizados, fazem a operação e manutenção do sistema, estas pertencem ao setor da Praça de máquina.

2.4. NAVIO SONDA

Como visto acima, um navio sonda (Figura 7) é uma UPM do tipo flutuante. Hoje em dia, geralmente são dotados de sistemas de posicionamento dinâmico. Sendo constituído basicamente da sonda, e seus componentes, localizada na parte

central da embarcação, e o navio propriamente dito, e ainda, se for o caso, do sistema de PD.



Figura 7 – Exemplo de navio sonda.

Sendo também parte do navio a praça de máquina, citada acima, setor responsável pela geração de energia para o navio e de vital importância.

3. CONCEITOS DE MANUTENÇÃO

Nesta seção pretende-se discutir um pouco sobre manutenção para dar ao leitor um noção básica sobre o assunto. Sendo assim, quando se for tratar do tema principal deste estudo o mesmo já estará familiarizado com os conceitos abordados.

A revolução industrial se iniciou no começo do século XX e determinou um grande avanço tecnológico desde então. Nos últimos cem anos a complexidade e a variedade dos equipamentos aumentou assustadoramente. Com isso, houve em paralelo uma revolução na maneira de se fazer manutenção. Assim, o gerenciamento da mesma passou de desprezioso e relaxado, para se tornar atualmente uma das mais importantes disciplinas do gerenciamento.

Todavia como pode-se definir manutenção? Uma das mais básicas seria: “Garantir que os equipamentos ou máquinas continuem a fazer o que os usuários querem que ele faça “ (Moubray, Jonh)

São três os tipos mais comuns de manutenção: corretiva, preventiva e preditiva.

Corretiva: é a forma mais básica de manutenção, consiste em esperar a falha ocorrer para consertar o equipamento. Foi muito utilizada no início da revolução industrial e, ainda hoje é utilizada em certos tipos de equipamentos de menor importância ou valor.

Preventiva: é aquela realizada em intervalos de tempos periódicos a fim de prevenir a ocorrência da falha, consiste em substituir ou reparar peças desgastadas antes que estas falhem.

Preditiva: neste tipo de manutenção são feitas análises para acompanhar o comportamento do equipamento, não sendo necessário pará-los para esta realizada. Tenta evitar substituições e intervenções desnecessárias. São exemplo de técnicas preditivas: análise de óleo, análise de vibração, termovisão e inspeções visuais.

No entanto, atualmente, existe uma nova forma de se gerenciar a manutenção que considerando fatores como: como meio ambiente, segurança, qualidade e custos de manutenção; define diferentes estratégias para se tratar o equipamento. Esse método busca uma maneira pró-ativa de se fazer manutenção de forma a assegurar a confiabilidade e disponibilidade do equipamento, caso seja viável e necessário, ele é chamado de Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC). Segundo Moubray , é um processo usado para determinar o que se deve ser feito para garantir que um equipamento continue a fazer o que seus usuários querem que ele faça no seu contexto operacional. O processo se baseia nas seguintes perguntas sobre o sistema ou equipamento em questão:

- Qual é o desempenho esperado nesta função ?
- Quais são as prováveis falhas que podem acontecer ?
- Qual é causa de cada falha que pode acontecer ?
- O que pode ser feito para prevenir/eliminar cada causa ?
- O que deve ser feito, se não encontrar uma tarefa preventiva adequada? Reprojeter ? Conviver amenizando as conseqüências?

Uma vez que manutenção não é o objeto principal de estudo deste trabalho não será tratado muito mais detalhes sobre o assunto. Sendo assim, aplicando-se o MCC define-se a política de manutenção a ser adotada para cada equipamento por meio de um diagrama de decisão. E então, é elaborada uma folha de dados para cada ativo da planta, com posse dessas informações pode ser montado um banco de dados. A partir deste pode-se usar um sistema de computador especialista que

auxilia na análise e tratamento das informações, afim de proporcionar uma maior agilidade e dinamismo nas revisões das políticas.

Contudo existem várias outras ferramentas que auxiliam a manutenção tais como programas de planejamento, chamados de *CMMS*, e os *FMEAS*, que também é uma ferramenta do MCC. Estes serão tratados nas sessões em seqüência e complementarão os conhecimentos básicos necessários para entendimento deste trabalho.

3.1. SISTEMA COMPUTADORIZADO DE GERENCIAMENTO DA MANUTENÇÃO - CMMS

O CMMS é um sistema utilizado para gerenciar as atividades de manutenção. Este é composto de um banco de dados com informações dos equipamentos e descrição dos serviços a serem realizados. O sistema serve basicamente para planejar e programar as intervenções para manutenção preventiva e inspeções nas máquinas, além de também registrar as ações corretivas. Ao atingir o tempo predeterminado são gerados documentos, denominado de ordem de serviço. As ordens de serviço (OS) contem as atividades a ser realizadas. Quando finalizada as ações a OS deverá ser preenchida e caso necessário comentada, assim este documento será registrado no sistema, que guardará em seu banco de dados mantendo assim um histórico.

Um sistema bem operado e atualizado auxilia muito a execução dos trabalhos de manutenção. Sendo importante ferramenta para o controle de custos e tomadas de decisões, além de auxiliar na análise e busca de falhas. Por isso, hoje em dia o CMMS é utilizado pelos setores de manutenção, ou empresas que prestam serviço de manutenção, das organizações que buscam a excelência no seu ramo de atuação.

3.2. ANÁLISE DE MODO E EFEITO DE FALHA - FMEA

Antes de falar do FMEA propriamente dito, deve-se definir modo de falha.. Assim, modo de falha é qualquer evento que pode causar uma falha em um ativo.(MOUBRAY, 1997). Portanto a Análise do Modo e efeito de falha – FMEA, é uma maneira pró ativa de manutenção, por meio dessa identifica-se os principais modos de falha do equipamento determinando-se os prováveis efeitos sobre o mesmo, afim de sugerir ações preventivas ou preditivas que evitem ou diminuam a probabilidade da falha.

Um FMEA bem elaborado orienta, também, as ações que devem ser tomadas para se corrigir a falha, quando ela já ocorreu, diminuindo-se o tempo de parada do equipamento. Além disso, evita que a informação seja perdida ou fique restrita a pessoas com maior experiência e tempo na planta. Portanto, este deve ser um processo dinâmico sendo revisado constantemente para se manter mais atual e útil possível.

4. GERENCIAMENTO DE ALARMES

Segunda a norma da EEMUA 191, alarmes são sinais dados a um operador de forma geralmente sonora e luminosa, e geralmente são acompanhados por uma mensagem. Um sistema de alarmes é formado por um conjunto de elementos de software e hardware, tais como sensores, cabos, equipamentos de medição e computadores. Atualmente, as mesas de controle contêm telas de monitoramento e operação da planta, onde os alarmes são indicados. Ou seja, são, normalmente, parte integrante de um sistema supervisorio ou SCADA – *Supervisory Control and Data Acquisition*. A principal função do gerenciamento de alarmes é manter a planta em condições normais de operação, por isso diante de quaisquer anormalidades este deve atrair a atenção do operador.

Os sistemas de alarme devem seguir os requisitos descritos abaixo:

- Alertar, informar e guiar o operador.
- Ser relevante e útil ao operador.
- Ter uma resposta definida.
- Ocorrer com tempo suficiente para o operador responder a situação.
- Fazer parte de um sistema, no qual, as limitações humanas são levadas em conta.

Portanto, em um sistema deste o operador tem papel vital e fundamental para o bom funcionamento da planta. Sendo assim, o gerenciamento correto dos alarmes deve aumentar a disponibilidade dos equipamentos. Entretanto, nem todos os sistemas seguem os preceitos descritos acima e nem sempre os operadores são experientes o bastante para lidar com certas situações de emergência. Para uma maior segurança e prevendo as limitações do homem, existe o Sistema de Desligamento de Emergência, *Emergency Shutdown System* – ESD, que desliga a planta automaticamente. Como pode ser observado na figura 8 o operador deve

fazer intervenções para manter o sistema em estado normal de operação.

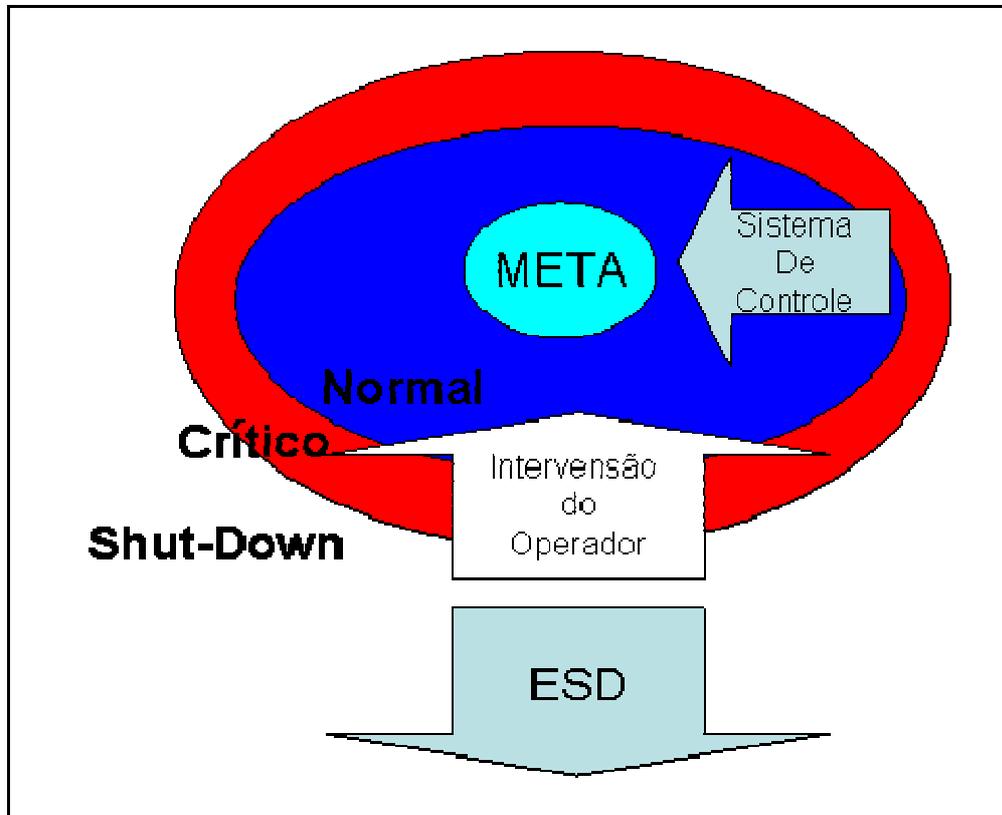


Figura 8 – Regra do operador

Entretanto, devido a alta complexidade das plantas industriais muitas vezes a quantidade de alarmes são exageradas. Isso normalmente acontece por erros de projeto e excesso de zelo dos operadores. Quando o ocorre um problema vários alarmes são disparados em seqüência dificultando a identificação do problema real. Assim, ao invés dos alarmes auxiliarem a resolução da falha eles atrapalham, pois mascaram a mesma.

Como visto a tarefa de projetar um sistema de alarmes não é nada simples, por que existem muitas variáveis a serem consideradas. Entretanto existem alguns princípios básicos que devem ser seguidos: reduzir a possibilidade de perdas econômicas, danos ambientais, danos aos equipamentos, danos aos homens e

manter a operação segura. Sendo assim, é recomendável que os alarmes sigam uma priorização, segundo a EEMUA 191 estes devem ser priorizados seguindo dois fatores :

- **Gravidade das conseqüências**(segurança, ambiental e econômica) que operador pode prevenir agindo da forma corretiva indicada pelo alarme.
- **O Tempo disponível** comparado com o tempo requerido para corrigir a falha.

Portanto, pode-se perceber que o sistema de alarme deve guiar o operador, auxiliando-o na operação e manutenção da planta. De maneira que os alarmes sejam objetivos e concisos, além de permitirem o diagnostico das falhas e não se tornem repetitivos e desnecessários. Para isso, pode ser usado como referência as características de um bom alarme descritos na EEMUA 191, e transcritos a seguir:

- Relevante: não seja insignificante ou falso, ou ainda sem valor operacional.
- Único: não duplicar outro alarme.
- Em tempo: não tão rápido que nenhuma ação seja necessária e nem tão demorado que nenhuma ação possa ser tomada.
- Priorizado: indique a importância para que operador deve dar ao problema.
- Claro: transmita uma mensagem direta e fácil de entender.
- Faça Diagnostico: identifique o problema que ocorreu.
- Faça advertência: identifique a ação a ser tomada.
- Focado: chame a atenção para o problema mais importante.

5. INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL(IA)

Como falar sobre automação e controle e sistemas supervisores sem esboçar nenhum comentário sobre Inteligência Artificial. Contudo, ainda não existe um consenso sobre como conceitua-la, por isso existem várias definições. Por motivo de circunstância o conceito abaixo foi o escolhido :“IA é o estudo de como fazer os computadores realizarem tarefas que, no momento, são feitas melhor por pessoas” (Rich, 1983). A IA é utilizada para auxiliar o homem em tarefas repetitivas, inseguras e insalubres. Além disso, permite o compartilhamento de conhecimento por muitas pessoas, sendo assim, desnecessária consulta a especialistas.

Então, como fazer isso? Uma resposta é através do aprendizado, ou seja, a aquisição de conceitos e de conhecimentos estruturados. Uma forma de aprendizado é a utilização de banco de dados, o qual pode servir de base para estabelecer os critérios para a tomada de decisão. Para isso existe uma máquina de inferência que deduz as ações a serem tomadas através do banco de conhecimentos (Figura 9).

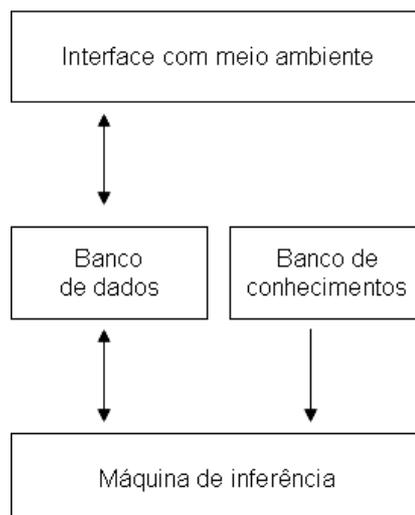


Figura 9 – Arquitetura de sistema baseado em conhecimentos

Segundo Cairo e Takashi (2004), são três principais ferramentas da IA:

1. **Sistemas de Produção:** onde se busca caracterizar a heurística e os conhecimentos de especialistas humanos através de conceitos de lógica.
2. **Lógica nebulosa:** onde se busca considerar as incertezas inerentes à representação humana dos fenômenos da natureza, refletida nas expressões verbais empregadas corriqueiramente.
3. **Redes neurais artificiais:** onde se busca mimetizar o sistema nervoso através de elementos de processadores simples denominados neurônios.

É pertinente para este estudo, dar uma maior atenção a ferramenta de Sistemas de produção definido por:

São aqueles que utilizam conjuntos de regras, usualmente do tipo 'Se(condição) Então(ação ou conclusão)', aliado a uma base de dados(de conhecimentos) e mecanismos de controle(que indicam a seqüência de regras a serem casadas com a base de dados e, na existência de conflitos, providenciam a sua resolução)(Cairo e Takashi, 2000).

Atualmente existem diversas pesquisas ligadas a IA utilizando variados tipos de ferramentas, procurando adequá-las as muitas possibilidades de aplicação. Esta pode ter desde fins profissionais, como robôs e sistemas especializados, até fins de entretenimento, como jogos eletrônicos. Devido ao grau de relevância para este trabalho dar-se-á ênfase aos sistemas especializados que:

São concebidos para atuarem como consultores altamente qualificados, em uma determinada área de conhecimento. Devem, portanto, fornecer diagnósticos, condutas, sugestões ou outras informações úteis, obtidas a partir de dados fornecidos localmente e de conhecimentos armazenados previamente" (Cairo e Takashi, 2000).

A arquitetura de um sistema especialista pode ser baseado em conhecimentos, para este fim a ferramenta utilizada é a do sistema de produção. Esses sistemas são utilizados para que a experiência heurística do operador humano seja incorporado pela máquina. Podendo estes serem utilizados para realizar as tarefas de: interpretação de dados, predição, diagnose, síntese, planejamento, monitoração, correção de falhas, treinamento e controle de ativos. Neste trabalho foram citados dois sistemas que utilizam IA, que são o sistema de PD e o de gerenciamento de alarmes, os quais são sistemas especialistas.

6. AVALIAÇÃO DOS CENÁRIOS

6.1. CENÁRIO ATUAL

Os navios são um conjunto complexo de processos responsáveis por produção, geração de energia, estabilidade, navegação, etc. Com advento da automação e controle, nos navios mais modernos estes processos são gerenciados por sistemas computadorizados robustos que contêm milhares de pontos de I/O. Isto se faz necessário devido a grande quantidade de informações que transitam nos sistemas. Um exemplo de uma embarcação desse tipo são os navios sondas dotados de sistema de posicionamento dinâmico (PD), utilizados para perfuração de poços de petróleo.

A tecnologia permite que as embarcações sejam operadas, praticamente, através de painéis de controle, e algumas vezes sem a intervenção do homem, como no sistema PD que necessita de poucos ajustes por parte do homem. Contudo, os sistemas PD, como visto anteriormente, dependem de outros subsistemas, principalmente do sistema de geração de energia elétrica. Este não é apenas responsável pela energia do PD, mas também de todo navio.

Em um navio sonda a atividade principal é a perfuração, sendo função do PD manter o navio dentro de um circunferência segura para não ocasionar uma desconexão e, conseqüentemente, a perda do poço. A operação de um navio sonda tem um grande custo financeiro, portanto um poço perdido significa um prejuízo da casa dos milhões. Sendo assim, um *shut-down* do sistema de PD provocaria a desconexão do poço e, por conseqüência, grandes perdas econômicas.

Como visto a praça de máquinas, onde estão alocados os motores diesel, deve ser tratada com grande zelo, atenção e cuidado. Por isso, este setor é monitorado por um sistema computadorizado dotado de um sistema de

gerenciamento de alarme, tendo ao menos um operador no controle vinte quatro horas por dia. Este, como dito anteriormente, deve acender um sinal de alerta caso algo esteja apresentando alguma anormalidade. Os alarmes indicam a ocorrência de uma situação que deve ser verificada e corrigida. Em casos extremos, esses sistemas agem por conta própria acionando comandos de emergência.

Um bom sistema de gerenciamento de alarme permite ao operador diagnosticar as falhas e o guia para a correção da mesma. Sendo, por isso, uma importante ferramenta da manutenção.

O chefe de máquinas é o responsável pela praça de máquinas. Ele e sua equipe são responsáveis pela operação e manutenção do sistema de geração de energia. No capítulo 3 foi falado sobre plano de manutenção e CMMS. Estas ferramentas são utilizadas pelo setor para gerir a manutenção. Sendo assim, existe um plano de manutenção para a planta, o qual, geralmente, é “baseado no tempo”, ou seja, uma manutenção basicamente preventiva. Enquanto que, o sistema de controle e monitoramento possibilita uma manutenção preditiva, por meio de pequenas ações corretivas. O CMMS não interage com o sistema de controle, sendo apenas um gerenciador do plano de manutenção.

Neste cenário, a operação e manutenção eficiente do sistema é muito dependente da experiência e conhecimento do operador. Além disso, o plano de manutenção “ baseado no tempo” favorece intervenções desnecessárias.

6.2. CENÁRIO PROPOSTO

Em um cenário proposto um sistema especialista com inteligência artificial utilizaria a arquitetura baseada em conhecimentos. A idéia é que este interaja com

um CMMS, o qual teria um plano de manutenção dinâmico baseado na condição do equipamento. Para isso algumas providências deveriam ser tomadas, tanto na parte de hardware quanto na de software. Na parte física, devem ser instalados sensores para monitoramento de vibração, temperatura, pressão, nível, etc. Na parte de programação, seriam utilizados os FMEAS e histórico das plantas com banco de dados do sistema.

Sendo assim, o sistema monitoraria a planta constantemente e de acordo com as tendências geraria as O.S., ou seja, de acordo com as condições do equipamento intervenções seriam propostas pelo programa. Estas seriam baseadas no banco de dados, formados pelo conhecimento adquirido pelo histórico da manutenção. Entretanto, para isso é aconselhável que seja feito um estudo de manutenção centrada na confiabilidade, seguindo os passos descritos no Capítulo 3, e ainda uma racionalização no sistema de alarme.

Pode-se comparar os dois cenários da seguinte maneira: no caso da manutenção de 10.000 horas de um dos motores a diesel do sistema de geração de energia. Neste serviço são substituídos os 20 cilindros do motor. Cada cilindro valendo aproximadamente R\$ 1.000,00, teria – se um gasto de R\$ 20.000,00, no caso do cenário atual cuja a manutenção é baseada no tempo. No cenário proposto, cujos os motores são monitorados e a manutenção é baseada na condição, não necessariamente todos os cilindros seriam trocados ao passar do período determinado. Supondo-se que neste intervalo apenas dois cilindros precisassem serem substituídos teríamos diminuído os gastos em 90%.

Portanto o cenário proposto diminuiria os riscos de manutenções desnecessárias e ou repetidas, e ainda reduziria os custos da manutenção. Visto que segundo pesquisa feita pela ARC Advisory Group: 50 % das atividades de manutenção industrial são ações corretivas e 12 % dos custos de manutenção são

gerados em função de manutenção desnecessária. E ainda, diminuiria a dependência do sistema em relação ao homem no que diz respeito à experiência e conhecimento. Uma vez que o sistema fosse instalado o conhecimento seria armazenado e compartilhado, mantendo-se o histórico. Sendo assim, a continuidade do processo não ficaria comprometida caso o operador fosse pouco experiente.

Esse objetivo pode ser atingido por meio de equipamentos de instrumentação inteligentes que permitem a identificação de situação anormal de funcionamento, e diagnóstico preditivos, utilizando protocolos de comunicação digital (Fieldbus).

Com as novas tecnologias de instrumentação disponíveis, os software gerenciadores de ativos podem deixar de ser meros geradores de alarmes e, começar a interagir com os programas de manutenção. Além disso, podem não apenas alarmar o problema e sim auxiliar a correção ou até corrigi-lo. Neste sentido, já esta sendo disponibilizadas algumas ferramentas pela **Emerson Process Management**.

Contudo, o software disponibilizado pela Emerson não atende todos os requisitos do sistema idealizado neste trabalho, uma vez que não interage com o CMMS. Um software com as características que atendam as necessidades, não foi encontrado disponível no mercado até a conclusão deste estudo. Mesmo assim, segue as etapas para a implementação do sistema teórico:

1. Mapeamento da planta e identificação de seus sensores;
2. Racionalização do sistema de alarme;
3. Realização de um estudo de MCC;
4. Construção de um banco de dados;
5. Fazer interação entre o sistema de alarme e o CMMS;
6. Operacionalizar e testar o sistema.

7 CONCLUSÃO

Este trabalho idealizou um sistema teórico com interação entre dois sistemas: o de gerenciamento de alarme e o de gerenciamento da manutenção. Assim, o processo se tornaria mais independente e dinâmico, com um plano de manutenção flexível e maior agilidade na resolução de falhas. O sistema permitiria uma maior divulgação da informação, não restringindo apenas a experiência das pessoas, e um menor custo de manutenção, pois eliminaria manutenções desnecessárias.

Entretanto é um sistema apenas idealizado, não experimentado. Pois, não foi objetivo deste trabalho desenvolver um sistema e sim demonstrar uma nova linha de raciocínio para manutenção. Portanto, um bom trabalho a ser explorado futuramente seria o desenvolvimento e a implementação, e experimentação de um sistema piloto seguindo as etapas descritas na seção 6.2.

8 REFERÊNCIAS

1. **ALARM systems: a guide to design, management and procurement.** Nº 191. EEMUA – The Engineering Equipment and Materials Users Association, 1999.
2. ALIPERTI, Jim. **Racionalização de alarmes: Metodologias e Técnicas de Implantação de Projetos de Gerenciamento de Alarmes** — InTech Brasil.
3. AOUN TANNURI, Eduardo. **Desenvolvimento de Metodologia de Projeto de Sistema de Posicionamento Dinâmico Aplicado a Operações em Alto-Mar.** São Paulo, 2002
4. BRAY, D. **Dynamic Position**, The Oilfield Seamanship Series, Volume 9, Oilfield Publications LTDA. (OPL), 1998.
5. BRUIN PEREIRA, Silvia **Gerenciamento de Ativos: A Inteligência dos Instrumentos e Sistemas a Serviço da Manutenção.** InTech Brasil.
6. FOSSEN. TI. **Guidance and Control of Ocean Vehicles**, John Wiley and Sons. Ltd., 1994.
7. NASCIMENTO JR e YONEYAMA, Cairo Lúcio e Takashi. **Inteligência Artificial em Controle e Automação.** São Paulo: Edgard Blüsher: FAPESP, 2004.
8. MOUBRAY, John. **Reliability-centered maintenance.** Butterworth-Heinemann. 1997.
9. THOMAS, José Eduardo, Organizador. **Fundamentos de Engenharia de Petróleo.** 2.ed. Rio de Janeiro: Interciência: Petrobrás, 2004.
10. *Computerized Maintenance Management System.* Site acessado em 12/10/2007. Disponível em: <<http://en.wikipedia.org/wiki/CMMS>>
11. *Dynamic positioning.* Acessado em 10/10/2007. Disponível em: <http://en.wikipedia.org/wiki/Dynamic_positioning>