

14/10

# PROJETO BÁSICO - CONVÊNIO

## RPDBCS - Reconhecimento de Padrões de Defeitos em Sistemas de Bombeio Centrífugo Submerso

Projeto de Pesquisa do Departamento de Informática, Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo

### 1 - OBJETO

Metodologia Computacional para Detecção de Defeitos em Sistemas de Bombeio Centrífugo Submerso

### 2 - OBJETIVO

Este projeto visa utilizar técnicas de inteligência computacional [1] para a identificação de padrões de defeitos em sistemas de bombeio centrífugo submerso (BCS) durante a fase de teste e aceitação desse sistema.

Objetivo Geral:

O projeto desenvolverá uma metodologia computacional para analisar dados característicos de vibrações de uma bomba centrífuga submersa, coletados em campo durante a fase de teste e aceitação do equipamento, e inferirá automaticamente se esse equipamento se encontra em condições adequadas para ser colocado em operação.

Objetivos Específicos:

- Construir, através da análise, tratamento e estruturação de dados históricos, um banco de casos de vibração e falhas em bombas centrífugas submersas;
- Investigar a viabilidade do uso de técnicas de inteligência computacional para a determinação de defeitos em bombas centrífugas submersas a partir da análise de dados de vibrações;
- Criar um modelo computacional adequado para o problema de diagnóstico de falhas em bombas centrífugas submersas;
- Construir um software para diagnóstico automático de falhas em bombas centrífugas submersas durante a fase de teste e aceitação do mesmo através da análise de sinais de vibrações coletados nesta fase.

### 3 -JUSTIFICATIVA

O Bombeio Centrífugo Submerso [2] é um método de elevação artificial muito usado na produção de petróleo e gás e se caracteriza por utilizar uma bomba centrífuga de múltiplos estágios acionada por um motor elétrico. Sistemas de bombeio centrífugo submerso submarino vêm sendo implantados, com graus adequados de confiabilidade e desempenho, em campos marginais situados em águas profundas. Para estas aplicações, foram projetados e desenvolvidos vários sistemas capazes de bombear grandes volumes de petróleo e gás, a grandes profundidades na plataforma continental do Brasil, considerando grandes variações na composição gás-líquido.

BCSs pertencem a uma classe de equipamentos utilizados na extração e exploração de petróleo e gás sujeitos a severas condições de trabalho. Elevadas pressões, elevadas temperaturas, trabalho em presença de meios agressivos, vazões muito elevadas e necessidade de trabalho diuturno são condições críticas para qualquer máquina. Adicione-se a isso o agravante desses equipamentos serem instalados na superfície do solo marinho abaixo de grandes lâminas d'água. Essas regiões são inóspitas para a instalação e manutenção de qualquer equipamento. Falhas que demandem a parada, manutenção e, eventualmente, substituição desses equipamentos normalmente provocam grandes perdas financeiras em virtude do próprio custo elevado da realização da manutenção e principalmente pela interrupção da produção por um longo período de tempo.

Uma maneira de reduzir os riscos de falha nestes sistemas é realizar uma ampla verificação de seu funcionamento em laboratório antes de sua instalação em campo. Sistemas BCS são construídos por um pequeno grupo de fabricantes de equipamentos que possuem laboratórios adequados (em alguma parte do mundo) para a análise do funcionamento de um sistema BCS. Assim, quando um novo sistema BCS está presumivelmente pronto para ser entregue para instalação em campo, é enviado um especialista para o laboratório de análise da empresa fabricante para realizar o teste de aceitação do equipamento. Para realizar essa análise o especialista demanda que sejam instalados dezenas de acelerômetros ao longo de diferentes pontos do sistema BCS e que sejam coletados dados de sinais de vibração por períodos longos (por exemplo, 72 horas). De posse desses dados, o especialista utiliza ferramentas computacionais para análise do espectro de vibração desses sinais. Com base nessa análise ele pode considerar o equipamento como em condição adequada para instalação e aceitar a sua entrega ou pode rejeitar o equipamento demandando que sejam feitas alterações no mesmo. Esse processo se repete até que o equipamento seja considerado apto a ser instalado em campo.

Enquanto esse procedimento é bastante eficaz para reduzir o risco de falha em sistemas BCS instalados em campo, ele apresenta um inconveniente para a empresa: são muito raros os especialistas em condições de realizar esse teste com eficácia. Tipicamente, o conhecimento necessário para realizar essa tarefa é alcançado ao longo de muitos anos de experiência e não é facilmente ensinado ou transmitido para outros técnicos especializados. Esse tipo de

16/10

conhecimento é chamado de conhecimento tácito por que não é passível de verbalização e, por consequência, de ser ensinado.

Assim, a empresa se torna muito dependente dos especialistas capazes de realizar esse teste. Isso é inconveniente porque a indisponibilidade do mesmo (por motivo de férias, doença ou aposentadoria) pode prejudicar o negócio atrasando cronogramas ou, até pior, fazendo que técnicos menos capacitados acabem aceitando equipamentos em condições inadequadas para funcionamento. Além disso, se a indisponibilidade dos especialistas for definitiva, levará alguns anos até que um novo especialista adquira experiência suficiente para exercer esta tarefa com efetividade.

O ideal para a empresa é que esse conhecimento especializado seja despersonalizado e incorporado ao conhecimento corporativo da instituição. Um sistema computacional capaz de reconhecer padrões de defeitos em sistemas BCS cumpriria esse papel auxiliando aos técnicos a analisarem os dados de vibração coletados durante o teste e a identificar situações nas quais o equipamento não se encontra em condições adequadas. Para utilizar técnicas de aprendizado automático [3] para construir esse sistema é necessário ter disponível uma quantidade significativa de dados a partir dos quais se possa extrair as assinaturas (sinais característicos) dos defeitos. Há uma disponibilidade de uma grande massa de dados brutos obtidos dos vários testes de sistemas BCS feitos nos últimos anos. Esses dados poderão ser utilizados para se efetivar o aprendizado.

A metodologia computacional empregada neste projeto será uma adaptação da metodologia desenvolvida pela equipe executora para reconhecimento de padrões de falha em motobombas centrífugas horizontais de um estágio [4]. Neste trabalho foi desenvolvida uma metodologia computacional baseada em técnicas de inteligência computacional (tais como, técnicas de extração e seleção de características, aprendizado de classificadores e combinação de classificadores) capaz de reconhecer padrões de 8 tipos diferentes de defeitos.

A adaptação dessa metodologia para o problema de reconhecimento de defeitos em sistemas BCS é um trabalho árduo de pesquisa pois será influenciado pelas características estruturais e de funcionamento dos sistemas BCS e da qualidade, quantidade e tipo de dados disponibilizados para a realização do aprendizado. Ambas, características do domínio e natureza dos dados, são substancialmente diferentes daquelas utilizadas quando do desenvolvimento da metodologia. Trata-se, portanto de uma iniciativa que envolve pesquisa e inovação em área de interesse para a indústria do petróleo.

### **Metodologia**

A metodologia de pesquisa utilizada envolverá o estudo e especificação detalhada do problema, revisão dos trabalhos existentes na literatura sobre técnicas de inteligência computacional para detecção de falhas em equipamentos e análise de vibração em sistemas BCS. Será proposta uma

17/10

metodologia computacional visando automatizar o processo de detecção de falhas em sistemas BCS baseada em análise dos sinais de vibração coletados durante o teste do sistema.

Essa metodologia será implementada em um sistema computacional para verificação experimental. Com dados históricos de análise de vibração de testes executados no passado, será montado um grande banco de dados para treinamento, teste e avaliação de classificadores criados a partir da aplicação da metodologia proposta.

A metodologia proposta será confrontada experimentalmente com metodologias frequentemente utilizadas para a resolução de problemas de detecção de falhas em equipamentos.

### **Bibliografia**

[1] Rezende, S.O. (ed.) Sistemas Inteligentes - Fundamentos e Aplicações, Editora Manole, 2003.

[2] Takacs, G. Electrical Submersible Pumps Manual - Design, Operations and Maintenance, Elsevier Inc., 2009.

[3] Bishop, C. M. Pattern Recognition and machine learning. Berlin: Springer, 2007.

[4] Wandekokem, E. W.; Mendel, E.; Fabris, F.; Valentim, M.; Varejão, F. M.; Rauber, T. W.; Batista, R. J.; Diagnosing multiple faults in oil rig motor pumps using support vector machine classifier ensembles. Integrated Computer-Aided Engineering, 18, pp. 61-74, 2011.

### **4 - PRAZO DE DURAÇÃO**

O prazo previsto para a realização deste projeto é de vinte e quatro meses. Será contratada uma fundação para apoiar a execução e gestão de referido projeto, conforme previsto no art. 1º, §2º do Decreto 5.205/2004.

### **5 - ENQUADRAMENTOS LEGAIS DO PROJETO**

O presente projeto está amparado e rege-se pela Lei 8.958/94, Decreto nº 5.205/04 e Lei 8.666/93 e, para efeito de tipificação e enquadramento no âmbito do artigo 1º da Lei 8.958/94, classifica-se como Projeto de Pesquisa.

### **6 - JUSTIFICATIVA DA CONTRATAÇÃO DA FUNDAÇÃO DE APOIO**

Apresentamos a seguir as razões pelas quais definimos a Fundação Espírito Santense de Tecnologia - FEST, como a Fundação de Apoio para execução dos serviços de gerenciamento dos recursos relativos a este projeto de pesquisa:

18/10

1. A FEST é uma instituição idônea, localizada dentro do Campus da UFES, em Goiabeiras, sendo de fácil acesso e apresentando boa disponibilidade de atendimento;
2. A FEST tem à disposição para consultar toda a documentação necessária, atualizada, para que possa realizar convênios e contratos com instituições públicas, isto é, todas as certidões negativas de débito junto aos diversos órgãos de controle e fiscalização;
3. A FEST já vem gerenciando vários convênios/contratos da UFES com outras instituições, tendo demonstrado bom desempenho no mesmo;
4. A FEST oferta preços compatíveis com os valores de mercado, de instituição especializada no ramo, na Praça de Vitória (ES), para execução dos serviços;
5. A FEST encontra-se constituída nos termos da legislação brasileira;
6. É próprio da finalidade da FEST, apoiar as diversas atividades originadas da instituição federal de Ensino Superior, dando maior flexibilidade às ações estabelecidas entre a UFES e a comunidade interessada sem seus serviços, nos estritos termos previstos na Lei 8.958/94;
7. A FEST realiza compras, locações, contrata serviços e obras, para atender as necessidades dos projetos apoiados, realizando as licitações pertinentes, nas hipóteses previstas em lei.

Diante do exposto, escolheu-se a FEST para ser responsável pela administração e aplicação dos recursos financeiros do projeto acima referido, visando a melhor funcionalidade, praticidade do mesmo, e também, com a intenção de conservação do bem da União.

#### **7 - ATRIBUIÇÕES DA FUNDAÇÃO DE APOIO**

As atribuições principais da Fundação Espírito Santense de Tecnologia - FEST consistirão em:

- A) abrir uma conta bancária específica para execução do projeto;
- B) efetuar os pagamentos solicitados pelo Fiscal do Contrato conforme descrito no projeto;
- C) manter atualizadas as informações sobre a aplicação dos recursos do projeto;
- D) executar os serviços, compras e contratações estritamente de acordo com a Lei 8666/93, com as normas e com as especificações fornecidas pela Coordenação do Projeto e Ordenador de Despesa;
- E) pagar, quando cabível, todos os encargos trabalhistas, previdenciários, fiscais e comerciais resultantes da execução do contrato, apresentando à UFES a comprovação do efetivo recolhimento dos valores correspondentes à nota fiscal/fatura;

19/10

F) adquirir material de consumo e/ou permanente, equipamentos, conforme as especificações fornecidas pela UFES de acordo com as disposições contidas na Lei nº 8.666/93;

G) repassar à UFES, quando cabível, todo material permanente adquirido para a execução do projeto, de modo que os bens adquiridos passarão a fazer parte do acervo da UFES através de doação, que deverá ser efetuada até o ano seguinte da compra, em atendimento ao Acórdão 483/ 2005 - TCU - Plenário;

H) contratar serviços de terceiros e/ou de pessoa jurídica, quando cabíveis e solicitados pelo coordenador do projeto, de acordo com as disposições contidas na Lei 8.666/93, observando o disposto no parágrafo único do artigo 3º do Decreto nº 5.205/2004, quando houver a utilização de recursos públicos;

I) devolver à UFES, por meio de GRU, o saldo existente por ocasião do término ou da rescisão do contrato em prazo máximo de 48 (quarenta e oito) horas, incluindo-se aí os recursos resultantes da aplicação financeira dos saldos em caixa;

J) responsabilizar-se pelos danos causados diretamente à Administração ou a terceiros, decorrentes de sua culpa ou dolo na execução do contrato;

K) manter durante a vigência do contrato todas as condições de habilitação e qualificação exigidas na Lei nº 8666/93;

L) apresentar, sempre que solicitado, as informações contábeis relacionadas ao Projeto;

M) atender, no prazo de 24 (vinte e quatro) horas, quaisquer notificações da UFES, relativas a irregularidades praticadas por seus empregados, bem como ao descumprimento de qualquer obrigação contratual;

N) prestar contas parciais semestralmente. A prestação de contas final da execução do projeto dar-se-á dentro de 60 (sessenta) dias após o término da vigência do contrato e será feita ao Conselho Universitário da UFES.

## **8 - PERÍODO DE VIGÊNCIA DO CONTRATO COM A FUNDAÇÃO DE APOIO**

O contrato a ser firmado com a Fundação de Apoio terá vigência de vinte e quatro meses a partir de sua assinatura.

## **9 - COORDENAÇÃO DO PROJETO**

A Coordenação do Projeto ficará a cargo do servidor Flávio Miguel Varejão, matrícula SIAPE 297887, lotado no Departamento de Informática, a quem caberá dentre outras as atribuições previstas no Art. 2º, § 2º da Portaria 489 do Gabinete do Reitor.

## **10 - CARGA HORÁRIA ATRIBUÍDA À ATIVIDADE DE COORDENAÇÃO**

20/10

A carga horária que será atribuída à atividade de Coordenador do Projeto é de 4 (quatro) horas mensais.

### **11 - FISCALIZAÇÃO DO CONTRATO A SER FIRMADO COM A FUNDAÇÃO DE APOIO**

A Fiscalização do Contrato ficará a cargo do servidor José Gonçalves Pereira Filho, matrícula SIAPE 297751, lotado no Departamento de Informática, a quem caberá dentre outras as atribuições previstas no Art. 2º, § 3º da Portaria 489 do Gabinete do Reitor.

### **12- CARGA HORÁRIA ATRIBUÍDA À FISCALIZAÇÃO DO PROJETO**

A carga horária que será atribuída à atividade de Fiscal do Projeto/Gestor do Contrato é de 2 (duas) horas mensais.

### **13- RECURSOS FINANCEIROS E PLANILHA DE RECEITAS E DESPESAS**

Planilha de Receitas e Despesas do Projeto, em conformidade com o modelo adotado pela Resolução nº 24/2008-CONSUNI em anexo.

#### **13.1 - Receitas:**

Os recursos para implementação do projeto serão originados da Petróleo Brasileiro S.A. - PETROBRAS. Sociedade de Economia Mista, CNPJ/MF nº 33.000.167/0001-01, como parte dos investimentos em Participações Especiais regulamentadas pela Lei do Petróleo, sob fiscalização da Agência Nacional de Petróleo - ANP.

Os recursos para implementação do projeto serão provenientes de Convênio a ser firmado entre a UFES e a PETROBRAS, e serão depositados na conta única da UFES e, posteriormente, repassados à fundação que será contratada para apoiar a execução e gerenciamento do projeto.

A receita financeira do projeto não é variável e especificada no modelo de orçamento da Resolução nº 24/2008-CONSUNI.

#### **13.2 - Despesas:**

##### **a) Detalhamento das despesas e descrição sucinta**

##### **Pessoa Física**

<b>Descrição</b>	<b>Valor (R\$)</b>
24 meses de bolsa para Pesquisador Doutor II (professor quadro UFES)	∩ 94.080,00
20 meses de bolsa para Pesquisador Doutor II (professor quadro UFES)	∩ 61.600,00
20 meses de bolsa para Pesquisador Doutor I (professor quadro UFES)	∩ 52.800,00
24 meses de salário para Pesquisador Graduado (celetista)	∩ 102.906,38
24 meses de bolsa para Mestrando (Mestrado em Informática UFES)	40.032,00
24 meses de salário para Auxiliar Administrativo (celetista)	25.726,59

21/8

24 meses de bolsas de Iniciação Científica para 4 Graduandos (Cursos de Engenharia da Computação e Ciência da Computação da UFES)	46.080,00
Encargos Sociais (37,10% sobre celetistas)	47.722,83
Fundo de Rescisão (40,40% sobre celetistas)	51.967,72
Diárias	1.000,00
<b>Total</b>	<b>523.915,52</b>

### Pessoa Jurídica

Descrição	Valor (R\$)
Material de consumo	9.600,00
Livros científicos	0,00
Despesas com alimentação em viagens	6.000,00
Despesas com hospedagem em viagens	13.000,00
Passagens aéreas	28.000,00
Despesas com locomoção	2.000,00
Despesas administrativas da fundação contratada	36.348,34
Ressarcimento UFES	22.900,09
ISS-QN	0,00
Desenvolvimento do ensino, pesquisa e extensão	7.709,04
Equipamentos e material permanente	73.500,00
Obras e instalações	3.000,00
Serviços de terceiros	11.040,00
Vale transporte	15.235,20
Vale Alimentação	11.088,00
<b>Total</b>	<b>239.420,67</b>

b) Planilha de Custos Operacionais da Fundação de Apoio: em anexo, cujo total é exatamente igual ao valor consignado na Planilha de Receitas e Despesas do Projeto.

### 13.3 - Destinação dos Saldos Remanescentes

Havendo saldo positivo, os recursos disponíveis serão devolvidos à PETROBRAS.

### 13- RECURSOS FINANCEIROS E PLANILHA DE RECEITAS E DESPESAS

Vitória/ES, 25 de Agosto de 2011.

  
Flávio Miguel Varejão

Coordenador do Projeto