



AVALIAÇÃO DE INTEGRIDADE DE EQUIPAMENTOS DA INDÚSTRIA PETROLÍFERA ATRAVÉS DA TÉCNICA DE CAMPO MAGNÉTICO E INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Koje Daniel Vasconcelos Mishina¹, Renê Michael de Sena Serafim², Priscila Farias Nilo³

¹ Universidade Federal da Paraíba, Unidade Acadêmica de Engenharia Mecânica - kojemishina@gmail.com

² Universidade Federal da Paraíba, Unidade Acadêmica de Engenharia Mecânica –
ren.michael@hotmail.com

³ Universidade Federal da Paraíba, Unidade Acadêmica de Engenharia Mecânica - cilanilo@gmail.com

RESUMO

Ao longo dos anos, técnicas têm sido desenvolvidas e aprimoradas com o intuito de garantir uma operação segura em dutos e demais equipamentos de processos. Os mecanismos de danos associados aos esforços mecânicos tornam ainda mais crítica a operação dos equipamentos. A identificação de micro trinca é de difícil acesso humano, uma vez que se têm dimensões de trincas na resolução micrométrica. Recorre-se então aos Ensaio Não Destrutivos para avaliação da integridade física destes. Os Ensaio Não Destrutivos (END) são utilizados para analisar a presença de descontinuidades que futuramente venham a comprometer a integridade física de materiais em serviço. Por não afetar o funcionamento normal das peças e nem danificá-las, estes tipos de ensaios são considerados não destrutivos. Várias técnicas não destrutivas são empregadas com esta finalidade, a exemplo da técnica do campo magnético de fuga, ultrassom, radiografia industrial, infravermelho, exames termográficos, entre outras. Estas técnicas são consideradas ferramentas imprescindíveis para garantia da integridade de equipamentos de processo, reduzindo significativamente a diminuição do grau de incerteza na utilização de materiais ou peças de responsabilidade. Neste projeto será utilizada a Técnica do Campo Magnético de Fuga, a fim de identificar danos em equipamentos de processo, com auxílio do sensor Hall. Para reconhecimento e caracterização do dano atuante serão empregadas técnicas de Inteligência Artificial, como Redes Neurais Artificiais.

Palavras-chave: Ensaio Não Destrutivos, Redes Neurais Artificiais, Campo Magnético, Sensor Hall e Dano.

1. INTRODUÇÃO

Em função da característica básica de escoamento de hidrocarbonetos, os dutos operam sobre elevadas pressões e podem ser administrados por empresas diversas. No entanto, os acidentes têm chamado à atenção pública pelas consequências envolvidas. Normalmente, os dutos operam em regiões habitadas, ou locais que apresentam elevada sensibilidade ambiental, tais como, manguezais, fontes de abastecimento de água potável, mananciais e etc.

A integridade física dos dutos e dos equipamentos torna-se essencial para impedir vazamentos que causem acidentes e conseqüentemente perdas de materiais, ambientais e humanas. Normalmente estes dutos trabalham sobre condições de pressão e temperatura bem distintas da ambiente, além disso, comumente transportam fluidos que não podem ser liberados para a natureza sem um prévio tratamento específico.

Os métodos de análise têm se desenvolvido para garantir uma operação



cada vez mais segura dos dutos e equipamentos. O surgimento de trincas e de corrosão associados aos esforços tornam mais crítica a operação dos equipamentos, logo a detecção e avaliação antecipada do aparecimento de corrosão e, principalmente, de trincas e microtrincas.

A identificação da microtrinca é de difícil acesso humano, uma vez que se têm dimensões de trincas na resolução micrométrica (12). Não é tecnicamente aconselhável o corte de partes dos equipamentos para inspeção, pois, isto exigiria serviços de manutenção em condições especiais. Recorre-se então, aos Ensaios Não Destrutivos para avaliação da integridade física destes.

Os Ensaios Não Destrutivos (END's) são utilizados para analisar a presença de descontinuidades que, futuramente, venham a comprometer a integridade física de materiais em serviço. Por não afetar o funcionamento normal das peças e nem danificá-las, estes tipos de ensaios são considerados não destrutivos. Este é o principal motivo pelo qual são usados em manutenção, para detectar defeitos. Várias técnicas não destrutivas são empregadas com esta finalidade, a exemplo da técnica do campo magnético de fuga, ultrassom, radiografia industrial, líquido penetrante, exames termográficos, emissão acústica e etc.

Neste projeto será utilizada a Técnica do Campo Magnético de Fuga, a fim de identificar os danos em equipamentos de processo, com auxílio do sensor Hall. E para reconhecimento do dano atuante será empregado técnicas de Inteligência Artificial, como Redes Neurais Artificiais.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Campo Magnético de Fuga

O campo de fuga se origina quando as linhas de força do campo magnético são perturbadas por uma descontinuidade (trinca). Quando são aplicadas as Partículas Magnéticas, elas se acumulam em torno do campo de fuga, ou seja, se acumulam para facilitar a passagem do campo magnético e compensar o vazio existente devido à falta de continuidade mecânica do material. Podemos dizer que o ensaio por Partículas Magnéticas é um ensaio detector de campos de fuga, assim toda descontinuidade como trincas, microtrincas, erosões e etc, possuem características bem diferentes do metal base, o que atribui ao ensaio grande sensibilidade de detecção. Para detectar com precisão um campo de fuga, este precisa estar o mais perpendicular possível ao plano formado pela força magnetizante.

2.2. Efeito Hall

O efeito Hall, descoberto por Edwin Herbert Hall em 1879, já é conhecido por mais de cem anos, mas só foi colocado à utilização perceptível nas últimas três décadas com o advento da microeletrônica, Mundin, 1999. Hall realizou uma experiência para medir diretamente o sinal e a densidade de portadores de carga em um condutor. Em homenagem a Edwin H. Hall, este efeito ficou conhecido como *Efeito Hall*, Mundin, 1999.

A principal característica deste efeito é o aparecimento de uma diferença de potencial nas bordas de um material condutor quando sobre esse material passa uma corrente elétrica e há um campo magnético atuando sobre esse material na direção perpendicular em relação à corrente principal.

A Figura 1 mostra uma folha fina de material semiconductor (elemento de Hall) através do qual uma corrente é passada.

As conexões de saída são perpendiculares à direção da corrente. Quando nenhum campo magnético está



presente, a distribuição atual de corrente é uniforme, sem diferença de potencial e é vista em toda a saída.

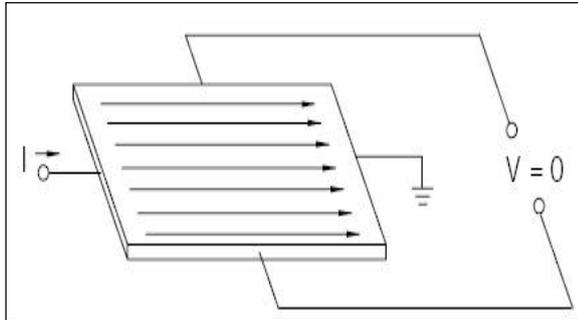


Figura 1. Princípio do efeito Hall, sem campo magnético (1).

Quando um campo magnético perpendicular está presente, como mostrado na Figura 2, uma força perturba a distribuição atual de corrente elétrica, resultando em uma diferença de potencial (tensão) em toda a saída. Essa força é denominada força de Lorentz.

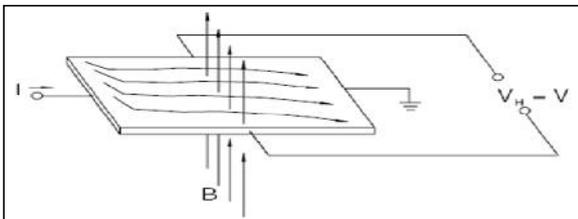


Figura 2 - Princípio do efeito Hall, com campo magnético Albuquerque, (1).

O efeito Hall pode ser encontrado na indústria em aplicações de sensoriamento, como por exemplo: tacômetros, switches, medidores de posição, inclinação, nível, corrente, tensão e etc. Também podem ser encontrados na indústria de aviação, utilizados em técnicas não destrutivas, com o propósito de detectar fissuras em materiais (7).

2.3. Redes Neurais Artificiais

As Redes Neurais Artificiais são modelos matemático-computacionais inspirados no funcionamento das células neuronais. Possuem processamento

altamente paralelo, executado por unidades denominadas neurônios, "que têm a propensão natural de armazenar conhecimento experimental e torná-lo disponível para o uso", (ALEKSANDER & MORTON, 1990). Apresentam as seguintes propriedades neurobiológicas:

- O conhecimento é adquirido pela rede, a partir de seu ambiente, através de um processo de aprendizagem;
- Forças de conexões entre neurônios, conhecidas como pesos sinápticos, são utilizadas para armazenar o conhecimento adquirido (Figura 3).

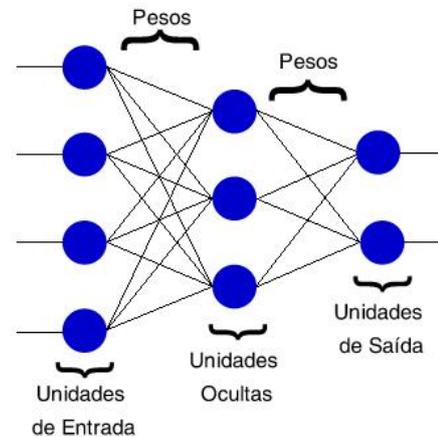


Figura 3. Representação da Rede Neural Artificial.

Os pesos sinápticos são alterados através de processos algorítmicos, para que possam representar o conhecimento adquirido. Estas alterações caracterizam o processo de aprendizagem de uma rede neural.

A modelagem de uma rede neural depende da análise consistente de um sistema muitas vezes complexo, implicando em dificuldades para definir qual arquitetura melhor responde às necessidades do problema proposto e na escolha de quais dados são verdadeiramente relevantes para o processamento. Além da entrada, também devemos definir de forma ideal os parâmetros de aprendizagem, os pesos sinápticos e os níveis de bias, os quais são de severa importância para o



processo de aprendizado (KARRER, 2005).

3. METODOLOGIA

Considerando que a pesquisa está em seu estágio inicial, a prioridade nesta fase está sendo a revisão bibliográfica envolvendo os seguintes tópicos: os principais mecanismos de dano em equipamentos da indústria do Petróleo, emprego da técnica de campo magnético de fuga na identificação de danos e aplicação das Redes Neurais Artificiais na caracterização dos mecanismos de dano. Os próximos passos serão:

- Confecção dos corpos de prova;
- Seleção e Calibração do Sensor Hall, responsável por fazer a leitura do campo magnético de fuga;
- Emprego de um Imã permanente, responsável por realizar a imantação da área em estudo;
- Desenvolvimento de uma bancada para fixação do sensor e do imã permanente;
- Utilização de um Osciloscópio digital para leitura das ondas eletromagnéticas;
- Utilização de um Multímetro digital para a verificação dos parâmetros;
- Desenvolvimento de um sistema de aquisição e processamento dos dados;
- Emprego de Técnicas de Inteligência Artificial (Redes Neurais Artificiais) com o objetivo de caracterizar os mecanismos de danos atuantes, a partir dos sinais do sensor hall. Nesta etapa, será utilizado o Toolbox de RNA do Software MatLab;
- Realização de testes em laboratório nos corpos de prova simulando diferentes tipos de mecanismos de danos;
- Desenvolvimento do Sistema Especialista capaz de identificar e caracterizar o mecanismo de dano atuante.

3.1. Elaboração da amostra

Foram confeccionadas duas amostras com dimensões 200x30x20mm. A primeira amostra foi usada como bloco padrão (sem falha) e na segunda é composta de dois furos transversais, sendo o primeiro furo de 2 mm de diâmetro e o segundo furo com 4 mm de diâmetro.

A amostra foi confeccionada na Oficina Mecânica da Universidade Federal da Paraíba a partir de uma chapa de aço 1020 de 1" (25,4mm) de espessura (Figura 4).

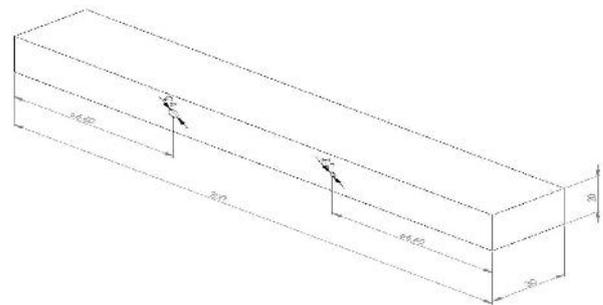


Figura 4 – Dimensões da amostra.

3.2. Equipamento de medição

O instrumento de medição foi criado no Laboratório do Grupo de Simulação de Comportamento de Materiais (GSCMat) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB).

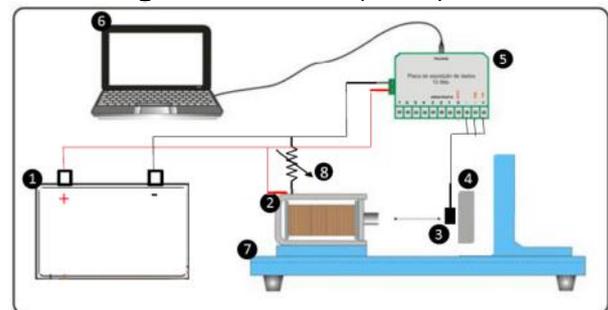


Figura 5- Representação esquemática do equipamento de teste: (1) Sistema de alimentação; (2) solenóide; (3) sensor Hall; (4) amostra; (5) placa de aquisição de dados; (6) computador; (7) bancada; (8) potenciômetro. Fonte: LEITE, 2014



3.3. Método Experimental

O princípio de atuação da técnica END campo magnético de fuga, dar-se da seguinte maneira: o solenóide é responsável por criar um campo magnético quando submetido a uma diferença de potencial. O sensor hall é fixado na saída do solenóide. As amostras serão posicionadas entre a bancada e o sensor hall. Com essa disposição o sensor conseguirá captar qualquer variação do campo magnético.

Dessa forma, ao entrar em contato com o campo magnético gerado pelo solenóide, a permeabilidade do material passará a interferir nos valores de tensão hall de saída do sensor.

No primeiro momento será utilizado a amostra 1(sem furo) onde será avaliado qual a interferência da permeabilidade do aço 1020 sobre os valores de tensão hall.

Com o mapeamento das características de funcionamento do sensor nessa amostra, é possível interpretar e identificar a presença de descontinuidade presente no material.

A partir dos sinais do sensor Hall, será possível caracterizar o dano através do emprego das RNA.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a realização dos ensaios espera-se que o sistema proposto seja capaz de caracterizar os mecanismos de dano em função do sinal do sensor Hall. Neste contexto, espera-se que o Sistema Especialista (SE) proposto emita uma decisão apoiada em conhecimento justificado, a partir de uma base de informações, tal qual um especialista da área de conhecimento humano.

O SE, além de inferir conclusões, deve melhorar as decisões e o desempenho de raciocínio. Para tal, utiliza regras de condição-ação, que têm como objetivo ajudar a resolver determinado problema por meio de informações

reunidas em um banco de dados, inseridas por um especialista humano.

Estas regras, denominadas regras de produção, baseiam-se em pressupostos lógicos, utilizando para isso um vocabulário próprio, de forma que o computador entenda as afirmações verdadeiras, falsas ou condicionais. Desta forma, a utilização do SE / E/ ENTÃO definem a lógica de um sistema computacional, fazendo com que ele apresente os resultados pretendidos, baseado na lógica programada. O conhecimento do especialista no assunto a ser programado é então fundamental, para que o sistema atinja a resultados plausíveis.

Conhecido o comportamento do campo magnético na presença de inclusões, a RNA será treinada para que possa identificar e informar qual o tamanho da inclusão, mesmo que ela não tenha sido treinada para aquela inclusão, visto que ela possui a capacidade de extrapolar.

Neste contexto espera-se desenvolver um sistema especialista de baixo custo e com alto grau de confiabilidade, capaz de localizar possíveis inclusões presentes no material, baseado nos sinais do Campo magnético de fuga e RNA.

4. CONCLUSÕES

Os resultados esperados são bastante promissores, tendo em vista que é uma técnica simples, de baixo custo e com alto grau de confiabilidade. Espera-se com a conclusão deste trabalho:

1. Desenvolvimento de uma bancada instrumentada para fixação do sensor e do ímã permanente;
2. Desenvolvimento de um sistema de aquisição e processamento dos dados;
3. Realização de testes em laboratório nos corpos de prova simulando diferentes tipos de mecanismos de danos;



4. Identificar e caracterizar o mecanismo de dano atuante, baseado em Técnicas de Inteligência Artificial (Redes Neurais Artificiais) com o objetivo de caracterizar os mecanismos de danos atuantes, a partir dos sinais do sensor hall.
5. Desenvolvimento do Sistema Especialista capaz de auxiliar na avaliação de integridade de equipamentos da indústria do petróleo e conseqüentemente na tomada de decisão;
6. Divulgar os resultados obtidos através dos mecanismos de transferência (publicação em Congressos Nacionais/Internacionais, publicação em revistas especializadas e em periódicos);

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Albuquerque, V.H.C.; Silva, E.M.; Leite, J.P.; Moura, E.P.; Freitas, V.L.A.; Tavares, J.M.R.S. "**Spinodal decomposition mechanism study on the duplex stainless steel UNSS31803 using ultrasonic speed measurements**", Materials and Design, v. 31, pp. 2147-2150, 2010.
2. Braga, A. P.; Carvalho, A. C. P. L. F.; Ludemir, T. B. "**Redes neurais artificiais: teoria e aplicações**". Rio de Janeiro: LTC, 2000.
3. Cunha, S.B., "**Otimização de Programas de Inspeção de Dutos por Pigs de Corrosão**", Conferências sobre Tecnologia de Equipamentos – 5ª COTEQ, Petrobras, 9 p., São Paulo, Brasil, 2001.
4. Gomes, M. S. B. S; SILVA, Edigard. "**Estudo da Utilização de Tensão Hall para Caracterização da Fragilização em Aços Inoxidáveis Duplex**". Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, João Pessoa, PB.
5. Iwanowski, P.G. "**Detecção de Campos de Fuga Magnéticos Por Meio de Sensores Hall**". Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.
6. Kaminski, P.C., "**Um Sistema de Diagnóstico de Falhas estruturais baseado em Redes Neurais Artificiais e Frequências Naturais**", Tese de Doutorado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, p. 139, São Paulo, Brasil, 1997.
7. Kosmasa, K. , CH. Sargentisb, D. Tsamakib, E. Hristoforoua, "**Non-destructive evaluation of Magnetic metallic materials using Hall sensors**", Journal of Materials Processing Technology, v. 161, p. 359–362, 2005.
8. Leite, J, P. "**Técnica não destrutiva para análise da interação das linhas de campo magnético e material**". Tese de Doutorado apresentada no Departamento de Engenharia Mecânica. UFPB. 2014.
9. Ramos, M, B. "**Desenvolvimento de um Sistema para Análise de Integridade Estrutural de Equipamentos Estáticos Baseado em CAD VPS Micro Cracks e Ultrassom**". Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, 2009.
10. Silva, E, M; Neto, J, L, G; Neto, F, A, F; Leite, J, P; César, S, N. "**Avaliação das transformações de fases em um aço inoxidável duplex através de medidas de tensão hall**". VI CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA, 2010.
11. Terzi, R; Manier, F,B. "**Monitoramento da Corrosão Interna em Plataformas Offshore**". Departamento de Engenharia Química, Escola de Engenharia, Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ.
12. Wenk, S, A. a Mc, Master, R, C., 1987, Choosing NDT: "**Applications, Cost and Benefits of Nondestructive Testing in Your Quality Assurance Program**". Paul Mc. Intire, Editor, ASNT, USA.