

SISTEMA REMOTO DE MONITORAMENTO DE INTEGRIDADE ESTRUTURAL BASEADO EM IMPEDÂNCIA

Fábio Raffael Felice Neto

Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG, Campus Santa Mônica 1M
fabioraf@hotmail.com

Helea Cristina Pinto Gruppioni

heleagruppioni@yahoo.com.br

Karina Mayumi Tsuruta

karinamayumi@yahoo.com.br

José dos Reis Vieira de Moura Jr

zejunior@mecanica.ufu.br

Valder Steffen Jr

vsteffen@mecanica.ufu.br

Resumo: *Este trabalho visa contribuir no monitoramento remoto de estruturas focando o método de SHM (Monitoramento de Integridade Estrutural) baseado em impedância eletro-mecânica. Neste método, pastilhas piezelétricas são utilizadas para excitar localmente estruturas, sendo apto a identificar pequenas falhas incipientes. O sistema de monitoramento remoto em questão foi desenvolvido para que se torne possível o processamento e supervisão simultânea de várias estruturas em vários locais, permitindo interligação entre centros de pesquisa da indústria/academia. Neste processo, os dados coletados são previamente analisados e então armazenados em bases de dados, tornando possível ao longo do tempo, a obtenção de um grande conjunto de informações pertinentes na área, podendo-se aplicar em alguns anos, técnicas como data mining para enriquecimento teórico. Por fim, o sistema pode ser modificado para trabalhar com outras metodologias, além de possibilitar algumas melhorias, como o desenvolvimento completo baseado em paradigmas de orientação a objetos.*

Palavras-chave: *Monitoramento de Integridade Estrutural, Monitoramento Remoto, Método baseado em impedância eletro-mecânica.*

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho visa apresentar o método da impedância eletro-mecânica via monitoramento remoto, cujo objetivo é o de monitorar processos de falhas incipientes e armazená-los de forma consistente através de um banco de dados. Os sinais são processados automaticamente e alertas de desvios de comportamento são emitidos pelo sistema para os usuários responsáveis pelas estruturas para que se façam verificações presenciais. Com este estudo pretende-se aperfeiçoar as capacidades de monitoramento remoto para os fins de supervisão remota de estruturas através de um processo de SHM (Monitoramento de Integridade Estrutural) baseado na variação dos sinais de impedância eletro-mecânica.

1.1 Impedância Eletro-Mecânica e seu Monitoramento Estrutural

O método de monitoramento baseado na impedância eletro-mecânica utiliza sensores, constituídos de pequenas pastilhas piezelétricas, que monitoram mudanças na rigidez da estrutura, no amortecimento e na massa. Estes sensores são pequenas pastilhas piezelétricas de PZT (Titanato Zirconato de Chumbo), usualmente menores que 25x25x0.1 mm que, são utilizadas diretamente para medir a resposta dinâmica local.

Transdutores piezocerâmicos atuam de forma direta produzindo uma carga elétrica quando submetidos a esforços de natureza mecânica. Inversamente, uma deformação mecânica é provocada quando um campo elétrico é aplicado.

Para obter a leitura da impedância eletro-mecânica da estrutura, a técnica de monitoramento baseada na impedância do sistema utiliza simultaneamente os efeitos, diretos e indiretos, dos materiais piezelétricos. Quando o campo elétrico alternado atua na pastilha PZT colada na estrutura, o mesmo se deforma conjuntamente com a estrutura fazendo com que o conjunto vibre. Se a frequência de excitação for muito alta, a resposta dinâmica da estrutura refletirá apenas o comportamento de uma pequena região próxima ao sensor/atuador. A partir da resposta dinâmica da estrutura, o PZT se deforma gerando um campo elétrico. Assim, o mesmo funciona como atuador e como sensor de deformações. Quando algum tipo de dano ou fissura aparece na estrutura, a resposta dinâmica da mesma é alterada e percebida através da resposta elétrica do PZT. Logo, a impedância pode ser classificada em dois tipos: a impedância mecânica de um sistema mecânico que pode ser descrita como a divisão da força harmônica aplicada a este sistema pela velocidade com que o mesmo se desloca no mesmo ponto (Raju, 1997) e a impedância elétrica que é descrita como a oposição que um circuito ou componente oferece a corrente alternada. A impedância elétrica é uma grandeza bidimensional e, portanto, dividida em duas partes: resistência e reatância. A resistência nos circuitos de corrente alternada é a mesma que a contraparte da corrente contínua e é expressa como um valor ôhmico positivo. Já a reatância pode ser indutiva, ou seja, valor ôhmico não-negativo, ou capacitiva, ôhmico não-positivo (Gibilisco, 2002).

As pastilhas de PZT utilizam uma diferença de potencial muito baixa, ou seja, menores que 1 V, gerando uma alta frequência de excitação em determinados pontos da estrutura (Moura, 2004). Segundo Raju (1997), o valor de 1 V apresenta bons resultados para identificação de mudanças estruturais do que valores inferiores. O valor de 1 V é o máximo valor que pode ser atribuído pelo equipamento que foi realizado o estudo.

Na Figura 1, apresenta-se o modelo unidimensional eletromecânico do sistema de monitoramento de integridade estrutural utilizando os sinais de impedância eletro-mecânica. Considera-se que um atuador/sensor PZT axial seja posicionado em uma das extremidades do sistema, enquanto a outra está fixa. Liang et al (1994) demonstraram que a admitância $Y(\omega)$ do atuador PZT é uma função combinada da impedância mecânica $Z_a(\omega)$ e da estrutura $Z(\omega)$, como mostra a Equação 1.

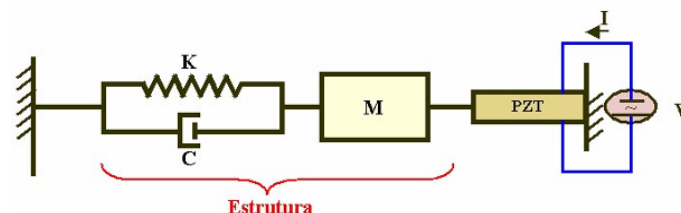


Figura 1: Modelo unidimensional do acoplamento eletromecânico utilizado pelo método baseado em impedância.

$$Y(\omega) = \frac{I}{V} = i\omega a \left(\bar{\epsilon}_{33}^T - \frac{Z(\omega)}{Z(\omega) + Z_a(\omega)} d_{3x}^2 \hat{Y}_{xx}^E \right) \quad (1)$$

onde V é a voltagem de entrada no atuador PZT, I a corrente de saída do PZT, a é a constante

geométrica. d_{3x} é a constante de acoplamento piezelétrico, \hat{Y}_{XX}^E é o Módulo de Young e $\bar{\epsilon}_{33}^T$ a constante dielétrica complexa do PZT com tensão zero.

Supondo que as propriedades mecânicas do PZT não variem ao longo do tempo e que o mesmo é utilizado para o monitoramento, a Equação 1 mostra que a impedância elétrica do PZT é diretamente relacionada com a impedância mecânica da estrutura, levando à utilização dos sinais de impedância elétrica do PZT para o monitoramento da integridade estrutural do sistema representado pela impedância mecânica da estrutura.

A técnica da impedância consiste basicamente na obtenção de funções de respostas em frequência (FRFs) da estrutura e posterior avaliação da modificação destes sinais. Idealmente, uma modificação destas FRFs indicaria uma modificação estrutural e, portanto, algum tipo de dano (Raju, 1997).

Os gráficos das respostas da impedância fornecem informações qualitativas a respeito da integridade da estrutura, enquanto a informação quantitativa geralmente é fornecida através de um escalar. Este valor escalar é descrito como “desvio da raiz média quadrática” definido por Sun et al. (1995) pela Equação 2.

$$M = \sum_{i=1}^n \sqrt{\frac{[\text{Re}(Z_{i,1}) - \text{Re}(Z_{i,2})]^2}{[\text{Re}(Z_{i,1})]^2}} \quad (2)$$

onde M representa a medida da falha, $Z_{i,1}$ representa o PZT medido sob condições iniciais e $Z_{i,2}$: representa o sinal a ser comparado, para o i -ésimo valor da frequência.

1.2 Conexões Sem-Fio e Aplicações para Internet

Um assunto importante que deverá ser tratado no trabalho será o uso de tecnologias de transmissão de dados sem fios. Duas tecnologias são bastante utilizadas hoje em dia: *Wi-fi* e *Bluetooth* (Davis and Mansfield, 2002).

Wi-fi é uma especificação para redes sem fio conforme promulgada pela Associação de Padrões IEEE (Davis and Mansfield, 2002). A IEEE utiliza números para designar padrões ao invés de nomes. Dentro do esquema da IEEE, o número 802 é utilizado para designar redes de áreas locais e metropolitanas (LANs e WANs). Para especificar redes LAN sem fio, utiliza-se o 802.11, e o 802.11b para a versão que trabalha no espectro de 2,4GHz em altas velocidades (acima de 11Mbps).

Em contrapartida ao *Wi-fi*, que utiliza equipamentos mais especializados e que comunica a centenas de metros, a tecnologia *Bluetooth* possui apenas capacidade de comunicação até no máximo de 100 metros, além de uma transferência de dados bem menor (Miller, 2001).

Uma outra ferramenta a ser utilizada diz respeito à comunicação de dados utilizando a Internet. A utilização da Internet (*world wide web*) é feita por computadores utilizando o protocolo *Hyper Text Transfer Protocol* (HTTP) (Tansley, 2002). Este método permite a interpretação de documentos tipo hipertexto, ou seja, páginas HTML, num método baseado em cliente-servidor. Resumidamente, ao utilizar o HTTP, ocorre a seqüência dos seguintes passos (Tansley, 2002):

1. O cliente através de um navegador (*browser*), abre uma conexão com um servidor web;
2. Através de um envio, o cliente faz uma solicitação;
3. O cliente é respondido pelo servidor;
4. A conexão é desfeita.

Através do navegador, o usuário acessa o endereço através de um localizador de recurso uniforme (URL), que pode ser algum nome do tipo www.teste.com.br/meusprogs/prog1.cgi, no qual este URL é composto pelo seguinte: protocolo, nome do domínio, caminho até o recurso, nome do recurso e por fim, caso exista, informações de consulta.

Algumas linguagens foram programadas especificamente para o desenvolvimento em ambiente Internet. Um dos casos mais populares é o PHP (Tansley, 2002). Diferentemente de outras linguagens, como C e Java, PHP é utilizada exclusivamente para Internet. O código, ou programa PHP, fica hospedado no servidor de internet. Assim, o usuário realiza uma chamada, a processa no servidor, e então, estas informações são enviadas de volta para o navegador do cliente (Tansley, 2002).

As páginas de Internet podem ser consideradas estáticas ou dinâmicas. As páginas estáticas são documentos que não são alterados, enquanto que as dinâmicas são reestruturadas de acordo com as solicitações dos clientes, sendo então gerada uma página personalizada que é retornada ao cliente. As páginas feitas em PHP são capazes de gerar páginas dinâmicas, trabalhando ao mesmo tempo com conceitos de classes (orientação a objetos) e bancos de dados. É importante lembrar que todas as ações são realizadas na máquina servidor, protegendo assim o código do aplicativo, diferentemente de aplicativos como Java *applets*. Toda vez que um navegador tenta executar um *script* ou PHP embutido em um documento HTML, o código em PHP é analisado pelo respectivo módulo no servidor e então é executado. Este processo pode ser compreendido pela figura 2.

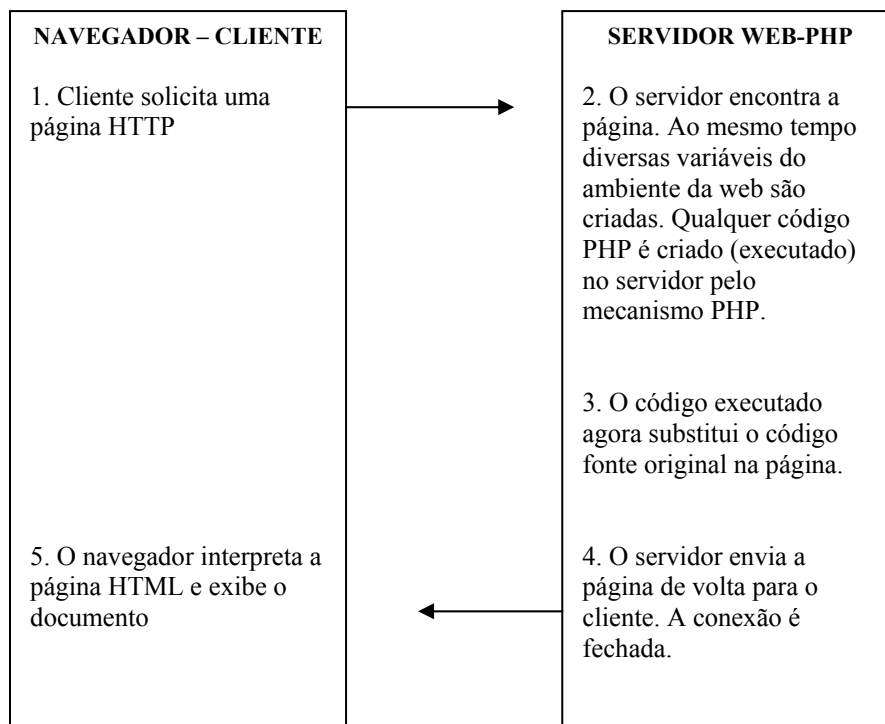


Figura 2: Cliente-servidor com PHP (Tansley, 2002).

Uma grande vantagem do PHP é que, além de ser um código aberto, podendo ser utilizado para aplicações tanto privadas quanto comerciais, ele é independente da plataforma em que é instalado, trabalhando tanto em ambientes Linux como em ambientes Windows.

Por outro lado, um sistema que precise manipular dados, como é capaz o PHP, necessita armazenar informação de alguma forma. O modo básico seria a utilização de arquivos com dados. Entretanto, tratando-se de um grande volume de movimentações e tipos de dados, é mais conveniente a utilização de um SGBD (Sistema Gerenciador de Banco de Dados). O SGBD, desta forma, pode ser considerado como um programa capaz de armazenar e gerenciar informações. Mais do que isso, para ser considerado um sistema SGBD, é necessário que o sistema, ou programa, seja capaz de gerenciar informações entre tabelas, não tornando o conjunto completo de informações inconsistente. Uma tabela é uma unidade básica capaz de armazenar informações relativas a um grupo específico de variáveis, campos ou propriedades de um objeto. Cada linha, ou instância de uma tabela é denominada registro. Os controles entre as tabelas, representando suas associações, são denominados por chaves primárias e estrangeiras.

O SGBD mais utilizado para Internet, voltado para pequenas aplicações, em geral é o MySQL. O MySQL apresenta as vantagens de ser pequeno, robusto (amplamente testado em diferentes abordagens), além de ser gratuito. Um esquema é ilustrado na figura 3 para mostrar o uso do MySQL associado ao desenvolvimento PHP.



Figura 3: Relacionamentos entre navegador cliente e banco de dados (Tansley, 2002).

Para mostrar a simplicidade dos scripts PHP e sua facilidade de conexão com bancos de dados, é apresentado a seguir um exemplo simples, no qual uma conexão é realizada na base de dados “Teste”, fazendo a seguir uma consulta na mesma base, como mostra a Listagem 1.

No código apresentado pela listagem 1, é realizada uma conexão no banco de dados MySQL com usuário e senha iguais a “usuario” e “senha”. A base de dados para ser realizada a consulta foi alterada para a base “Teste”. A tabela a ser consultada foi “minhatabela” e possui duas colunas “nome” e “profissao”. O script apenas conecta à base e lista todos os registros contidos nos dois campos da tabela, imprimindo cada um em uma linha separada num arquivo que retorna ao cliente no formato HTML. É importante lembrar que para o cliente, a única informação que poderá ser vista será o documento HTML mostrando as linhas da consulta à base de dados. Caso o cliente opte em exibir o código fonte do documento, o script não é apresentado, mostrando apenas os códigos do HTML resultante.

Listagem 1: Testebanco.php

```

<HTML>
<BODY>
<?php
#Este é o programa Testebanco.php que conecta ao MySQL e faz uma consulta
$conexão = mysql_connect(“localhost”, “usuario”, “senha”);
if(!$conexão)
{ echo “Não pôde se conectar ao MySQL” ;
  exit;}
$db = mysql_select_db(“Teste”, $conexão);
if(!$db)
{ echo “Não pôde selecionar a base de dados” ;
  exit;}
$sql = “SELECT * FROM minhatabela”;
$resultado = mysql_query($sql, $conexão);
$nr_linhas = mysql_num_rows($resultado);
if($nr_linhas == 0)
{ echo “Desculpe, não existe informação”; }
else {
while($linha = mysql_fetch_array($resultado))
{ $nome = $linha[“nome”];
  $profissao = $linha[“profissao”];
  echo “$nome : $profissao <BR>”; }
mysql_close($conexão); ?>
</BODY>
</HTML>
  
```

2. DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA REMOTO DE SHM

Para o desenvolvimento do sistema de monitoramento remoto baseado em sinais de impedância eletro-mecânica, várias tecnologias em conjunto são utilizadas para que torne o processo como um todo viável e funcional. Uma visão geral do sistema pode ser observada na figura 4.

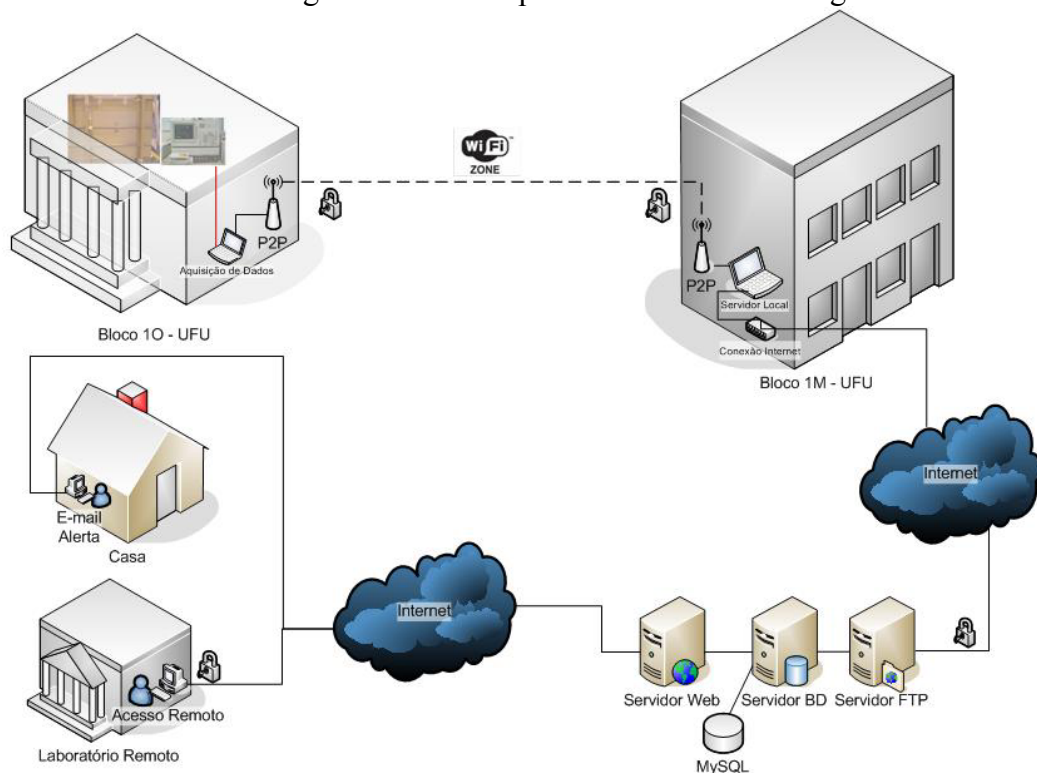


Figura 4: Esquema do Sistema Remoto de Monitoramento baseado em Impedância.

Inicialmente, o processo inicia no Bloco 10 do campus Santa Mônica da Universidade Federal de Uberlândia. No laboratório existe um analisador de impedância que adquire os sinais de uma determinada estrutura. Através de uma interface GPIB (IEEE 488) um laptop realiza o controle de aquisição dos sinais. Parte do código em linguagem C utilizado para a aquisição dos dados está apresentada na Listagem 2.

Listagem 2:

```
#include <windows.h>
#include <ni488.h>
#include <stdio.h>
int Device = 0;           /* Descritor do dispositivo */
int BoardIndex = 0;      /* Índice da interface (GPIB0=0,GPIB1=1,etc.) */

void main() {
    int PrimaryAddress = 17; /* Endereço Primário do Dispositivo */
    int SecondaryAddress = 0; /* Endereço Secundário do Dispositivo */
    char Buffer[8000];        /* Buffer de leitura */
    FILE *datafile1, *datafile2; /* Arquivos de transferência */
    ...
    ibwrt(Device, "A?", 5);   /* Envia a solicitação do canal A ao equipamento*/
    ibrd(Device, Buffer, 8000); /* Lê até 8000 bytes do canal A */
    Buffer[ibcntl] = '\0';    /* 'Null' é a referência de que terminou a 'String' */
    datafile1 = fopen("Z:\CANAL_A.dat","w"); /* Abrindo arquivo para escrita */
    fprintf(datafile1,"%s\n",Buffer); /* Escrevendo o 'Buffer' no arquivo */
}
```

```
fclose(datafile1);          /* Fechando o arquivo de escrita */
ibonl(Device, 0);          /* Tornar o dispositivo 'offline' */
...
```

Conforme observado na Listagem 2, o arquivo é salvo em Z:\CANAL_A.dat. O que se torna diferente neste processo de gravação de arquivos é que este é um diretório compartilhado no laptop servidor local que está no bloco 1M. A comunicação entre os laptops dos blocos 10 e 1M é feita ponto-a-ponto (*peer-to-peer*) por um meio sem fio (*wi-fi*) através do protocolo IEEE 802.11g. É importante ressaltar que para o acesso ponto-a-ponto uma chave criptografada é solicitada para realizar a validação do usuário.

No laptop servidor local (bloco 1M) está configurado um servidor Apache com scripts PHP que possibilitam a comunicação automatizada por scripts PHP com o servidor remoto através da internet (protocolo FTP). Em termos de segurança, uma chave criptográfica também é solicitada pelo servidor remoto para autenticar o usuário automático do servidor local. Através desta comunicação entre servidores, o servidor local apenas copia o arquivo “CANAL_A.dat” para o servidor remoto.

No servidor remoto estão configurados um servidor de FTP, um servidor Web Apache com scripts PHP, um servidor de banco de dados MySQL com uma base de dados denominada SHM. Neste servidor remoto existem alguns scripts PHP: um responsável por abrir o arquivo “CANAL_A.dat” que foi depositado, calcular a métrica do dano usando a equação (2), atualizar a base de dados SHM no servidor MySQL e se o valor estiver acima do esperado, gerar um e-mail para o responsável da estrutura mostrando a situação; um script que valida o acesso remoto via internet de algum usuário; um script que cadastra novos usuários; um script que apresenta a condição atual da estrutura.

Todo esse processo de aquisição de sinais local, transferência do arquivo para o servidor local, transferência para o servidor remoto e atualização no banco de dados é realizado periodicamente a cada 10 minutos. O tempo pode ser estabelecido conforme o tipo de falhas que se deseja, apenas alterando nos códigos o intervalo de tempo entre operações.

A figura 5 apresenta o script SQL para a geração de uma das tabelas da base de dados SHM, denominada Usuário.

```
CREATE TABLE `Usuario` (
  `Idusuario` INT UNSIGNED NOT NULL AUTO INCREMENT PRIMARY KEY COMMENT 'identificador-chave primaria',
  `Nomeusuario` VARCHAR( 40 ) NOT NULL COMMENT 'nome do usuario',
  `Instituicaousuario` VARCHAR( 40 ) NOT NULL DEFAULT 'FEMEC-UFU' COMMENT 'nome da instituicao de origem',
  `Funcaousuario` VARCHAR( 15 ) NOT NULL DEFAULT 'estudante' COMMENT 'funcao do usuario',
  `Enderecousuario` VARCHAR( 40 ) NOT NULL DEFAULT 'Campus Sta Monica-1M-Uberlandia-MG-Brasil' COMMENT 'endereço do usuario',
  `Emailusuario` VARCHAR( 30 ) NOT NULL COMMENT 'email do usuario',
  `Datacadastrousuariou` DATE NOT NULL COMMENT 'data do cadastro do usuario'
) ENGINE = MYISAM COMMENT = 'Tabela sobre os informacoes dos usuarios'
```

Figura 5: script SQL para criar a tabela Usuario.

As telas do sistema remoto de SHM baseado em impedância são apresentadas nas figuras 6 a 9. Na figura 6 é apresentada a tela inicial do sistema que faz a autenticação do usuário. Na figura 7 está apresentada a tela que encaminha o usuário que faz acesso ao sistema a duas opções, cadastro de novos usuários ou monitoramento das estruturas. Até o momento o sistema apresenta este problema que é o não direcionamento direto à tela de monitoramento se o usuário não for considerado um “administrador” do sistema, por causa do sistema inicialmente possuir poucos usuários.

Na figura 8 está apresentada a tela de cadastro de novos usuários. Na figura 9 está a tela de monitoramento que até o momento é realizado de forma textual. Futuras modificações poderão ser feitas para adequar a um formato de gráficos de barras que torne o sistema mais amigável. Os campos apresentados na tabela representam o monitoramento de uma estrutura exemplo.

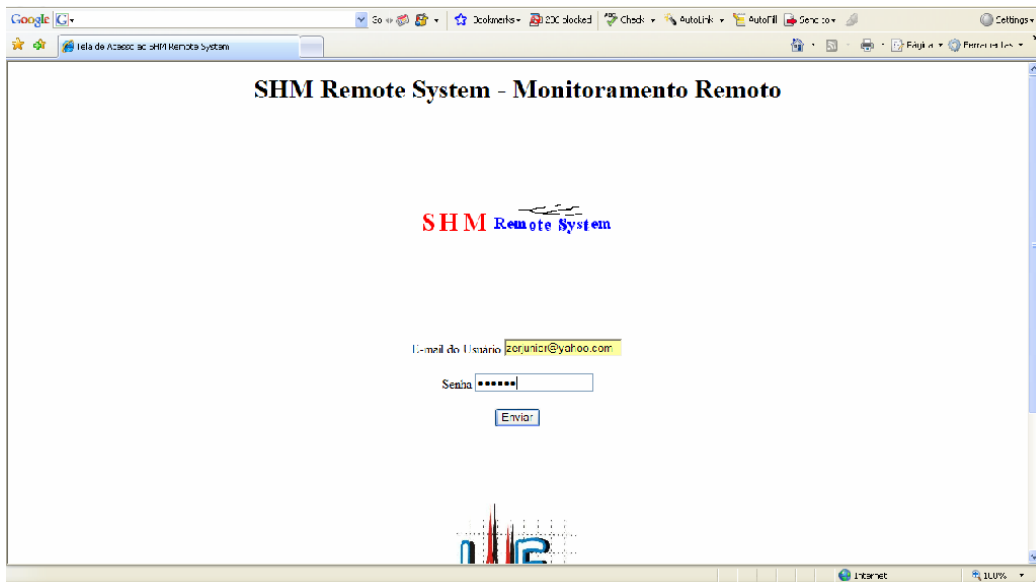


Figura 6: tela de autenticação do usuário do sistema remoto.

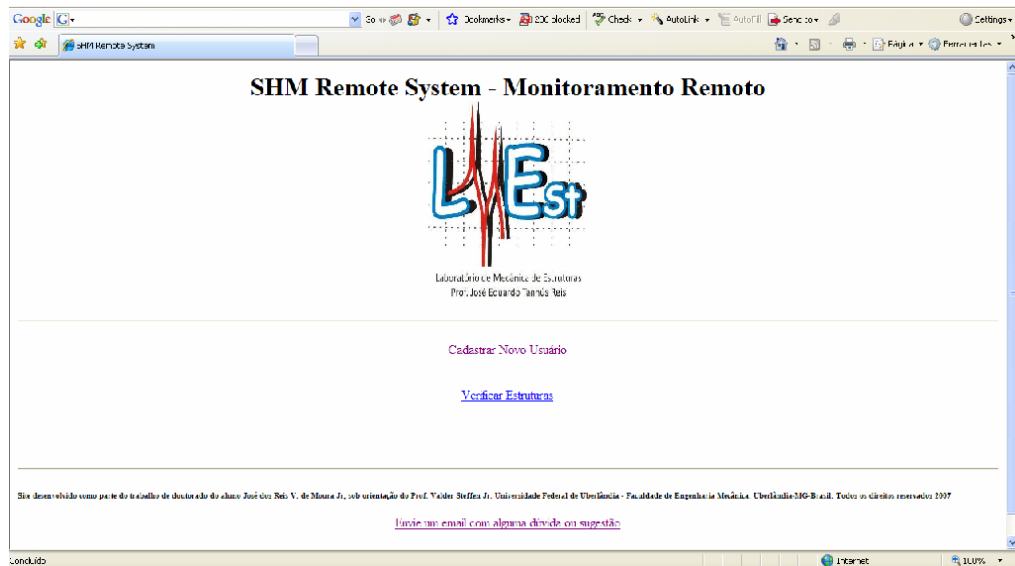


Figura 7: tela de encaminhamento do sistema.

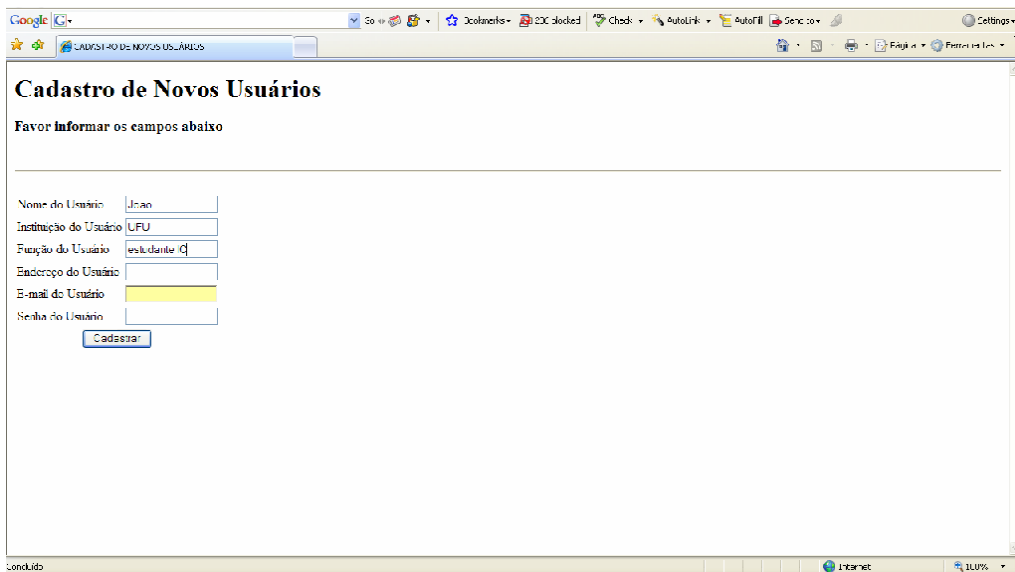


Figura 8: tela de cadastro de novos usuários.

IdMon	IdEstrutura	IdSensor	IdUsuario1	IdUsuario2	IdUsuario3	Data	Hora	Métrica do Dano	Início da Faixa	Fim da Faixa	Status
1	1	1	1	1	1	2/06/2007	10:13	0	32000	35000	OK
2	1	1	1	1	1	2/06/2007	10:23	0.01	32000	35000	OK
3	1	1	1	1	1	2/06/2007	10:33	0.02	32000	35000	OK
4	1	1	1	1	1	2/06/2007	10:43	0.02	32000	35000	OK
5	1	1	1	1	1	2/06/2007	10:53	0.02	32000	35000	OK
6	1	1	1	1	1	2/06/2007	11:03	0.01	32000	35000	OK
7	1	1	1	1	1	2/06/2007	11:13	0.02	32000	35000	OK
8	1	1	1	1	1	2/06/2007	11:23	0.02	32000	35000	OK
9	1	1	1	1	1	2/06/2007	11:33	0.02	32000	35000	OK
10	1	1	1	1	1	2/06/2007	11:43	0.02	32000	35000	OK

Figura 9: tela de monitoramento da estrutura.

3. CONCLUSÕES

Através deste estudo apresentado neste trabalho, torna-se possível compreender os recursos essenciais para o desenvolvimento de um sistema de monitoramento remoto. O tipo de monitoramento pode ser variado, utilizando sensores de temperatura, movimento, eletricidade, etc. O tipo de monitoramento utilizado neste trabalho é o estrutural baseado em impedância eletromecânica, um tipo de técnica que nos últimos anos tem apresentado grandes avanços para a área de identificação de falhas incipientes, principalmente para o segmento aeronáutico.

Entretanto, para o desenvolvimento do sistema de monitoramento remoto, alguns conceitos em ciência da computação, principalmente em linguagens de programação para internet e bancos de dados são essenciais para a criação de um sistema robusto e flexível para eventuais adaptações tecnológicas que se tornem necessárias.

6. AGRADECIMENTOS

Agradecimento aos professores Alberto A. Raslan, Raquel e Domingos Rade que tiveram participações imprescindíveis neste trabalho, além dos órgãos de fomento FAPEMIG, CAPES e CNPq pelas bolsas de pesquisa concedidas.

7. REFERÊNCIAS

- Crawley, P., 1983, "The impedance Method of Non-destructive Inspeccion". Ultrasonics International.
- Davis, H. and Mansfield, R., 2002, "The Wi-Fi Experience: Everyone's Guide to 802.11B Wireless Networking". USA. Que Press.
- Gibilisco, S., 2002, "Manual de eletrônica e de telecomunicações", Reichmann e Afonso Editores, Brasil.
- Ilvan Porto Pereira, 2004 "Caracterização Numérica e Experimental da Evolução do Dano em Materiais" Dissertação de Mestrado, UFU.
- Liang, C., Sun, F.P., and Rogers, C.A., 1994, "Coupled Eletromechanical Analysis of Adaptive Material Systems – Determination of the Actuator Power Consumption and System Energy Transfer ", Journal of Intelligent Material Systems and Structures , Vol. 5, 12 – 20.

- Mendonça, Paulo de Tarso R., 2005, “Materiais Compostos & Estruturas Sanduíche”. São Paulo: Manole.
- Miller, M., 2001, “Descobrimos Bluetooth”. Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Editora Campus.
- Moura Jr, J. R. V. and Steffen Jr, V., 2004, “Impedance based Health Monitoring: Frequency Band Evaluation”, XXII IMAC, Dearborn, MI – USA.
- Raju, V., 1997, “Implementing Impedance-Based Health Monitoring”. Master thesis. Virginia Polytechnic Institute and State University. Blacksburg – USA.
- Sun, F. P., Chaudhry, Z., Liang, C., and Rogers, C.A., 1995, “Truss Structure Integrity Identification Using PZT Sensor-Actuator”, Journal of Intelligent Material Systems and Structures, Vol. 6, 134-139.
- Tansley, D., 2002, “Como Criar Web Pages Rápidas e Eficientes Usando PHP e MySQL”. Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Editora Ciência Moderna.

IMPEDANCE-BASED STRUCTURAL HEALTH MONITORING REMOTE SYSTEM

Fábio Raffael Felice Neto

Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG, Campus Santa Mônica 1M
fabioraf@hotmail.com

Helea Cristina Pinto Gruppioni

heleagruppioni@yahoo.com.br

Karina Mayumi Tsuruta

karinamayumi@yahoo.com.br

José dos Reis Vieira de Moura Jr

zejunior@mecanica.ufu.br

Valder Steffen Jr

vsteffen@mecanica.ufu.br

Abstract: *This contribution aims to develop a structural monitoring remote system based on electro-mechanical impedance methods of SHM (Structural Health Monitoring). This method uses piezoelectric patches to excite structures locally, turn it capable to identify incipient damages. In this case, the monitoring remote system was developed to enable simultaneous supervision of many structures in many places, as industrial and academic research centers. The collected data are previously analyzed and stored in databases, which can be enriched in several years, and further, studied by the data mining techniques focus. Finally, the system can be modified to other methodologies, as well as its sophistication, e.g., the development of the complete system based on Oriented Object Programming.*

Keywords: *Structural Health Monitoring, Remote Monitoring, Impedance-based Methods.*