



EXPERIMENTAÇÃO REMOTA USANDO PREENSA DIDÁTICA PARA ESTUDO DE PROPRIEDADES ELÁSTICAS DOS MATERIAIS

Lucas Boeira Michels – lucasboeira@ifsc.edu.br

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina - IFSC
Av. 15 de novembro, 61 Bairro Aeroporto
88900-000 – Araranguá – Santa Catarina

Vilson Gruber – vilson.gruber@ufsc.br

Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

Rua Pedro João Pereira, Mato Alto
88900-000 – Araranguá- Santa Catarina

Lirio Schaeffer – schaeffer@ufrgs.br

Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS

Av. Bento Gonçalves 9500, Bairro Agronomia
91501-970 – Porto Alegre – Rio Grande do Sul

Roderval Marcelino – roderval@yahoo.com.br

Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

Rua Pedro João Pereira, Mato Alto
88900-000 – Araranguá- Santa Catarina

Resumo: *Os experimentos remotos são formas inovadoras de proporcionar a prática à estudantes de cursos de engenharia do mundo todo. Neste artigo apresenta-se um sistema de experimentação remota para estudo das propriedades elásticas dos materiais na engenharia. O experimento foi aplicado em uma mola helicoidal de automóveis. Esse sistema de experimentação está dividido em duas partes principais. O Lado do experimento físico, onde ficam uma prensa didática, sensores, válvulas, microcontrolador e um servidor com um site hospedado. No lado do usuário, fica disponível o acesso ao site via dispositivos móveis pessoais com acesso à internet. No site, o estudante pode consultar conteúdo didático e realizar o experimento. Durante o processo de experimentação, gráficos e outros dados são exibidos para posteriores análises e deduções.*

Palavras-chave: *Experimentação remota, Lei de Hooke, Propriedades Elásticas, Prensa, Educação na Engenharia*

1. INTRODUÇÃO

Em cursos de engenharia, a teoria é fundamental para a formação profissional. Porém, muitos conceitos são difíceis de serem compreendidos sem a experimentação, ou experimentação e observação metódica. Estas são maneiras relevantes no processo de aprendizagem, pois facilitam a produção do conhecimento teórico por parte do estudante. Apesar da necessidade, nem sempre é possível demonstrar esses fenômenos de forma experimental, devido a custos, agenda de laboratórios reais, inexistência de experimentos específicos, entre outras.

Por essa razão, inúmeras universidades do mundo inteiro vêm desenvolvendo experimentos remotos, que são ambientes controláveis e administráveis de forma online, visando à aprendizagem pela experimentação (TAWFIK, SANCRISTOBAL, *et al.*, 2012). As vantagens de usar experimentos remotos estão ligadas a economia de recursos, simulações de resolução de problemas práticos, segurança do estudante e a facilidade do acesso domiciliar ou de qualquer outro ponto distante da Universidade. Este tipo de experimento à distância

oferece aos estudantes uma visão do processo real de um fenômeno de forma remota, podendo aprimorar, também, a capacidade de aplicar teorias aprendidas em sala de aula ou em livros (SZIEBIG, TAKARICS e KORONDI, 2010; FARIAS, KEYSER, *et al.*, 2010). Por serem interativos permite que o estudante visualize simultaneamente a resposta do sistema (FARIAS, KEYSER, *et al.*, 2010). A vantagem maior é poder oferecer recursos reais à distância, para que o aluno possa estudar e interagir de qualquer lugar do mundo.

Entretanto, há uma dificuldade em encontrar experimentos remotos na área da mecânica. Nas publicações mais recentes, a maioria dos experimentos é relacionada às áreas da eletroeletrônica (SZIEBIG, TAKARICS e KORONDI, 2010; ANDÚJAR, MEJÍAS e MÁRQUEZ, 2011; LERRO, MARCHISIO, *et al.*, 2012; TAWFIK, SANCRISTOBAL, *et al.*, 2013) ou da automação (VARGAS, SÁNCHEZ, *et al.*, 2011; RAMOS-PAJA, SCARPETTA e MARTÍNEZ-SALAMERO, 2010; QIAO, LIU, *et al.*, 2010; DZIABENKO, A.ROJKO, *et al.*, 2012; SANTANA, FERRE, *et al.*, 2013) sendo mais raro encontrar algo voltado para estudos de fenômenos mecânicos ou sobre materiais (RESTIVO, MENDES, *et al.*, 2009).

Neste artigo, está apresentado um sistema de aprendizagem remoto para estudo das propriedades elásticas dos materiais (lei de Hooke) em cursos na área da mecânica, automobilística ou materiais. O experimento está aplicado ao estudo de uma mola mecânica helicoidal de suspensão de automóveis.

2. A LEI DE HOOKE E OS MATERIAIS

O objetivo do experimento é que o aluno aprenda e estude uma das características mais conhecidas dos materiais, chamada de Fase elástica. Esta propriedade é perceptível em gráficos Tensão-deformação (conforme Figura 1) que são emitidos por máquinas de ensaios de tração. O gráfico indica que a fase elástica de todo material segue uma linha reta, proporcional à força e variação de tamanho (deformação) do material ensaiado.

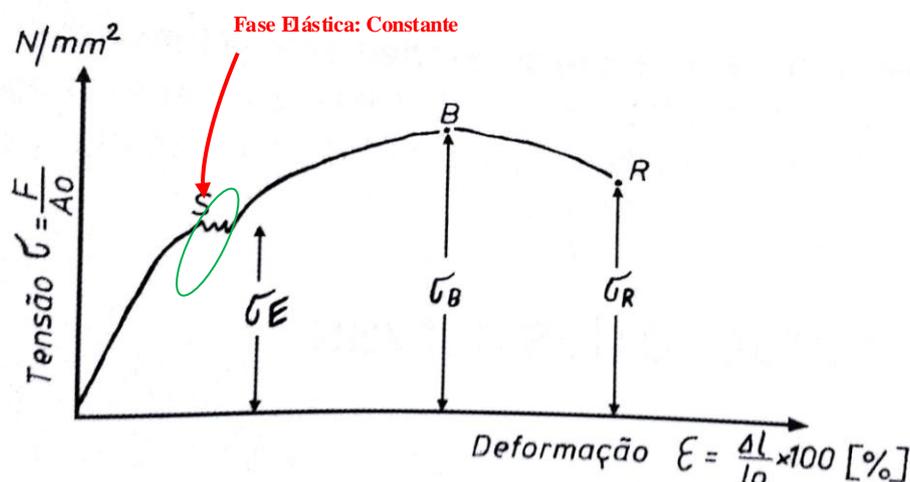


Figura 1 Gráfico Tensão-deformação

Fonte: (SCHAEFFER, 2009)

Esta característica elástica dos materiais foi melhor estudada por Robert Hooke nos anos 60 resultando na elaboração da Lei de Hooke, a qual estabelece que a força de uma mola mecânica é igual à (HUI, LEE e WU, 2012):

$$F = -k.x \quad (1)$$

Onde: F = força realizada pela mola em N;
 k = constante elástica da mola em N/m.
 X = deformação da mola em m

É importante explicar que a constante da mola é uma característica do material e do formato da mola e só varia caso ocorram variações em sua temperatura interna.

As molas mecânicas são ótimos exemplos para estudos desses conceitos, pois têm sido produzidas largamente para inúmeras aplicações, como suspensão de carros, camas e outros (HUI, LEE e WU, 2012). O corpo de prova usado neste experimento é uma mola mecânica de formato helicoidal (Figura 2) muito aplicada em suspensão de automóveis para amortecimento dos impactos ocasionados pelas deformações das rodovias.



Figura 2 Mola Helicoidal de suspensão de automóveis usada no experimento

Este conhecimento é útil para estudo em cursos que se preocupem com as propriedades elásticas dos materiais, como fabricação, manutenção, materiais ou até mesmo em aplicações da área automobilística, como em de suspensões.

3. PARTES DO EXPERIMENTO

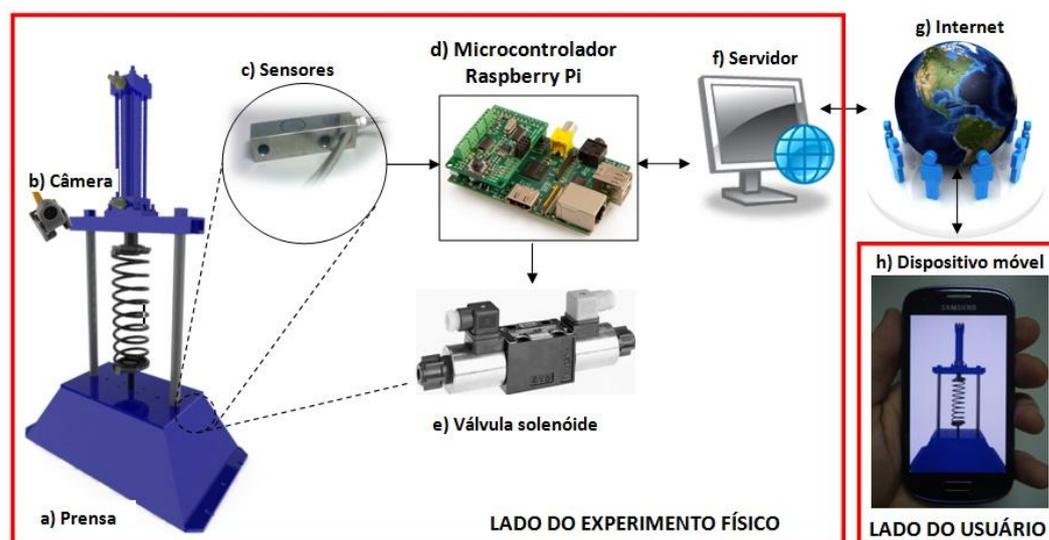


Figura 3 - Visão geral do Funcionamento do Experimento

Conforme mostra a Figura 3, o experimento é composto pelo lado físico e o lado do usuário. No lado físico ficam basicamente: a) Prensa remota b) câmera c) sensores d) Microcontrolador Raspberry Pi e) Válvula direcional e f) Servidor hospedando um site de de experimentação via internet. Do lado do usuário fica o dispositivo móvel com acesso à internet, por onde poderá acessar o site de experimentação. A internet é a rede mundial de computadores, a qual pode interligar dispositivos através de tecnologias como 3G, wireless, rádio, ADSL e outras.

A estrutura da prensa (Figura 4) é onde ocorre o fenômeno da experimentação propriamente dito e é composto por: a) Atuador Hidráulico b) Mola Helicoidal c) Base da

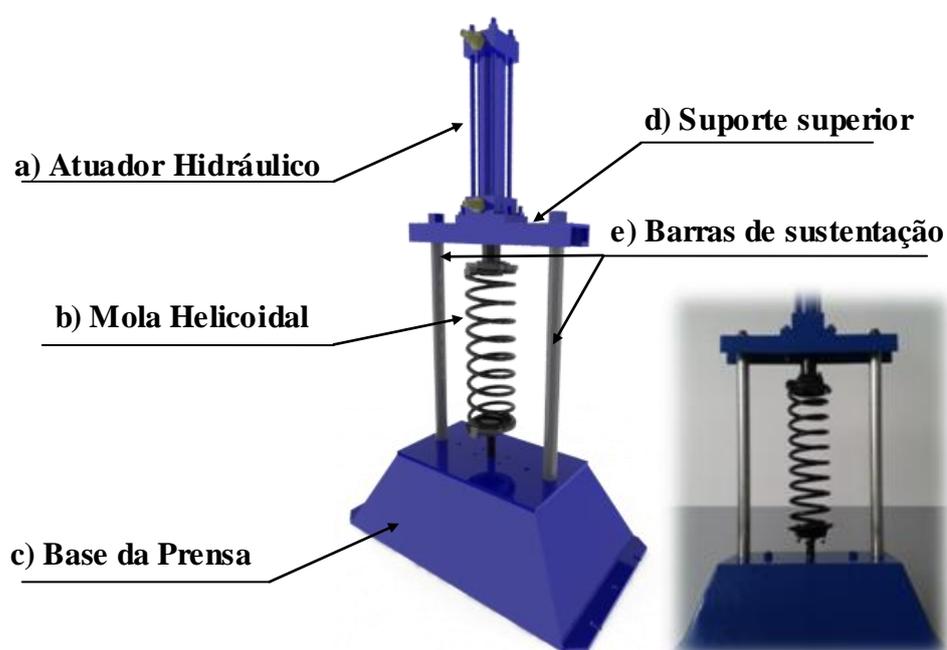


Figura 4 – Detalhamento da Estrutura da Prensa

Prensa d) Suporte superior e, e) Barras de Sustentação.

Neste experimento foi utilizada uma célula de carga tipo I de 400kg sobre uma base conforme mostra a Figura 6. Este sensor oferece sinal de saída de 20mV por Volt aplicado. Por conta desta baixa tensão de saída, foi necessário utilizar um amplificador de sinais na saída da célula de carga para obter um sinal de trabalho maior (Com variação entre 0 e 5 volts). Isso se deve, pois o Raspberry (microcontrolador) precisa de tensões de trabalho maiores, por não possuir amplificador interno para leitura de sinais de baixa tensão.

3.1. Aquisição e Processamento de dados

Ao contrário da maioria dos experimentos remotos que utilizam os cartões DAQ, neste trabalho a aquisição e o controle de sinais é feito através de um microcontrolador programável chamado RaspBerry Pi (ver Figura 5). Através dele é realizada a coleta de dados da célula de carga, o controle elétrico de acionamento dos reles dos solenóides das válvulas e a conexão entre experimento e o servidor de internet. As características desse dispositivo é ser código aberto (Opensource) e baixo custo. O Raspberry fica no painel elétrico da prensa, sua função é

converter os sinais de sensores em pulsos interpretáveis pelo computador e vice versa. Uma vantagem é que ele é desenvolvido para comunicação TCP/IP e já possui a porta RJ45 (ver Figura 5), proporcionando de maneira fácil uma conexão em rede ou à internet (ELINUX.ORG, 2013). Considera-se um dispositivo central para viabilizar este experimento.

Contatos dos reles



Porta RJ45

Figura 5 Dispositivo de aquisição e processamento de dados - Raspberry Pi

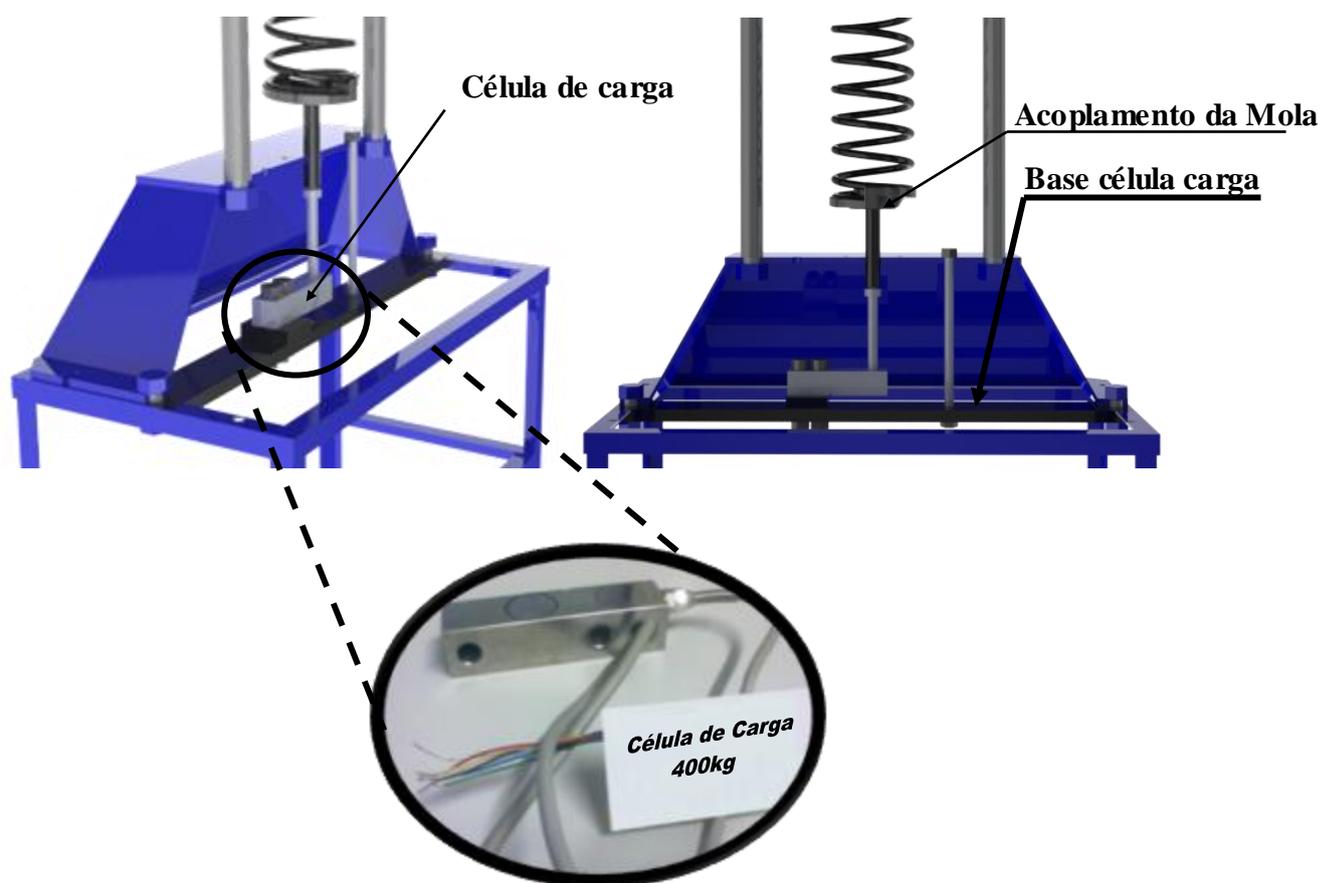


Figura 6 Vistas em corte do interior da base da Prensa

Para coletar informações sobre a deformação da mola, um sensor de infravermelho capta a variação do tamanho da mola e envia ao Microcontrolador.

3.2. Sistema Hidráulico

O circuito hidráulico da prensa foi desenvolvido para exercer o movimento de avanço e retorno do atuador, bem como possibilitar o controle da sua velocidade. O circuito é composto por uma unidade hidráulica e demais elementos de controle, atuação e sensoriamento (ver).

A Unidade Hidráulica (ver Figura 7) é responsável por gerar a vazão de óleo, e é composta basicamente de: Reservatório (tanque) de óleo; Bomba + acoplamento + Motor elétrico trifásico; Válvula de alívio e Mangueiras.

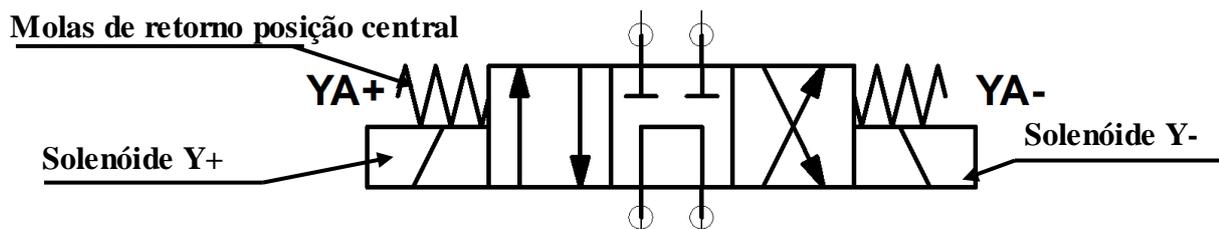


Figura 7 Simbologia da Válvula Direcional de três posições

Fonte: Produzido no AutomationStudio

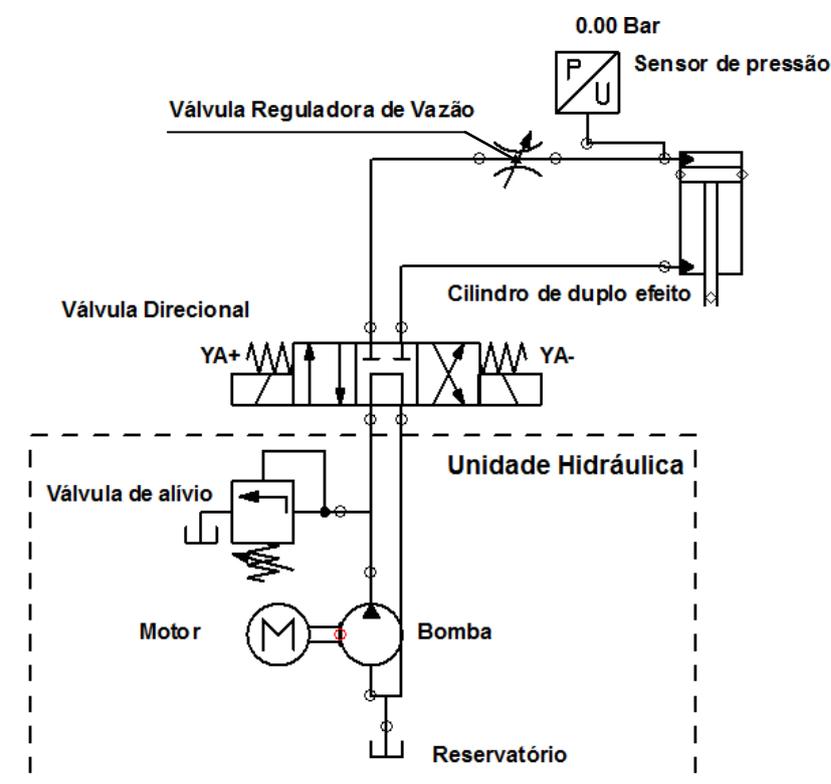


Figura 8 Circuito Hidráulico da Prensa

Fonte: Produzido no AutomationStudio



O que controla o avanço e retorno do atuador é a válvula direcional, pois ela altera o sentido do fluxo do óleo para a câmara do atuador. Esta válvula é de duplo solenóide centralizado por mola (detalhamento na Figura 7) possuindo três posições (quadrados) de controle.

Quando a válvula está na posição central o óleo faz um retorno direto para tanque (P-T). Enquanto que nas duas posições laterais da válvula o óleo flui de P para A (Solenóide Y+) ou de P para B (Solenóide Y-). O posicionamento para uma ou para outra posição é realizado acionando-se os seus respectivos solenóides com uma tensão de 24 volts, chaveados pelos reles do (ver Figura 7)

A válvula de alívio é utilizada por segurança, pois em caso de sobre carga do sistema hidráulico ela automaticamente faz o óleo retornar ao tanque.

3.3. Site: O lado do estudante

The screenshot displays the LABTEL website interface for an experiment. At the top, there are logos for LABTEL, LABORATORIO DE TELECOMUNICAÇÕES, and UFSC. Below the logos is a navigation menu with options: Página Inicial, Parceiros, Experimentos, Pesquisa, Colaboradores, Contate-nos, and Você ainda não se identificou (.

The main content area is titled "Experimento" and features a video player showing a spring mechanism. To the right of the video player, there are input fields for "Dados de entrada do Atuador": "Defina o deslocamento do Atuador:" (set to 4) and "Velocidade de Atuação da mola: 1 %". Below these fields is a table with the following data:

Deformação	Força
1	5 cm 7 N
2	5 cm 7 N
3	5 cm 7 N
4	5 cm 7 N

An arrow points from the text "Tabela: Parâmetros de de formação mola" to this table. Below the table is a button labeled "Inicie o experimento".

Below the video player, there are several data fields: "Velocidade do atuador: 0,15 m/s", "Vazão do óleo: 0,1 L/s", "Pressão do óleo: 10 MPa", "Força sobre a mola: 40 N", and "Posição do atuador: 0 cm".

There are two graphs: "Gráfico Distância x Tempo" and "Gráfico Força x Deslocamento". The "Gráfico Força x Deslocamento" graph is highlighted with a callout box. The graph shows a linear relationship between "Força sobre a mola (kgf)" on the y-axis (ranging from 0 to 240) and "Deformação de mola (cm)" on the x-axis (ranging from 4,00 to 7,00). The data points from the table are plotted on this graph.

Figura 9 Site do experimento



O site (Figura 9) possibilita que o estudante (usuário) faça o controle do dispositivo físico de forma remota. Inicialmente o usuário define na tabela de parâmetros (detalhes na Figura 9) 4 (quatro) valores de deformação. A seguir o processo de deformação da mola pode ser iniciado. Enquanto a mola vai sendo deformada pela prensa, a tabela de parâmetros vai registrando os valores de força respectivos aos valores de deformação definidos no início da experimentação.

Além disso, mostradores e gráficos (detalhes na Figura 9) são exibidos durante a experimentação. Os dados da tabela de parâmetros e gráficos são base para análises, deduções e conclusões em relação ao experimento. São dados que o estudante usará para compreender o fenômeno estudado. Além disso, o site possui conteúdo sobre funcionamento de prensas, lei de Hooke, e explicações sobre operação do experimento.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os testes demonstram que o experimento tem funcionalidade e acessibilidade. A nova tecnologia usada para controle (Raspberry) apresentou ótima estabilidade e controle dos sinais de entrada e saída, bem como, boa conexão com a internet.

Ainda não foi feita uma aplicação do experimento com uma turma de alunos para registrar a interação, impressão e aprendizagem dos alunos em relação ao processo de experimentação. Esta etapa será realizada na primeira semana de setembro de 2013 com alunos do Instituto Federal de Santa Catarina - Campus Araranguá.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDÚJAR, J. M.; MEJÍAS, A.; MÁRQUEZ, M. A. Augmented Reality for the Improvement of Remote Laboratories: An Augmented Remote Laboratory. **IEEE TRANSACTIONS ON EDUCATION**, v. 54, n. 3, p. 492-500, AGOSTO 2011.

DZIABENKO, O. et al. Training of Microcontrollers Using Remote Experiments. **Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV)**, 9th International Conference on, Bilbao, Julho 2012.

ELINUX.ORG. **Elinux**, 2013. Disponível em: <http://elinux.org/RPi_Hub>. Acesso em: 17 maio 2013.

FARIAS, G. et al. Developing Network Control LABs: A Matlab and Easy Simulations Approach. **Transactions on Industrial Electronics**, v. 57, n. 10, 2010.

HUI, S. Y. (.; LEE, C. K.; WU, F. F. Electric Springs - A New Smart Grid Technology. **IEEE TRANSACTIONS ON SMART GRID**, v. 3, n. 3, p. 1552-1561, SETEMBRO 2012.

LERRO, F. et al. Integration of an e-learning Platform and a Remote Laboratory for the Experimental Training at Distance in Engineering Education. **Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV)**, Bilbao, p. 133 - 137., 2012.



QIAO, Y. et al. NCSLab: A Web-Based Global-Scale Control Laboratory With Rich Interactive Features. **IEEE TRANSACTION ON INDUSTRIAL ELECTRONICS**, v. 57, n. 10, OUTUBRO 2010.

RAMOS-PAJA, C. A.; SCARPETTA, J. M. R.; MARTÍNEZ-SALAMERO, L. Integrated Learning Platform for Internet-Based Control-Engineering Education. **IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS**, v. 57, n. 10, p. 3284-3296, Outubro 2010.

RESTIVO, M. T. et al. A Remote Laboratory in Engineering Measurement. **IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS**, v. 56, n. 12, p. 4836-4843, Dezembro 2009.

SANTANA, I. et al. Remote Laboratories for Education and Research Purposes in Automatic Control Systems. **IEEE Transactions on Industrial Informatics**, v. 9, n. 1, p. 547-556, Fev. 2013.

SCHAEFFER, L. **Conformação Mecânica**. 3ª Edição. ed. Porto Alegre: Livre Editora, 2009.

SZIEBIG, G.; TAKARICS, B.; KORONDI, P. Control of an Embedded System via Internet. **Transactions on Industrial Electronics**, v. 57, n. 10, p. 3324-3333, Outubro 2010.

TAWFIK, M. et al. **State-of-the-Art Remote Laboratories for Industrial Electronics Applications**. Technologies Applied to Electronics Teaching (TAEE). Madri, Espanha: [s.n.]. Junho 2012. p. 359-364.

TAWFIK, M. et al. Virtual Instrument Systems in Reality (VISIR) for Remote Wiring and Measurement of Electronic Circuits on Breadboard. **Transactions on Learning Technologies**, v. 6, n. 1, p. 60-72, Janeiro 2013.

VARGAS, H. et al. A Network of Automatic Control Web-Based Laboratories. **IEEE Transactions On Learning**, v. 4, n. 3, p. 197-208, Julho-Setembro 2011.

REMOTE EXPERIMENTATION USING PRESS DIDACTIC FOR THE STUDY OF ELASTIC PROPERTIES OF MATERIALS

***Abstract:** The remote experiments are innovative ways to provide practice for students of engineering courses worldwide. This paper presents a system for remote experimentation study of the elastic properties of materials engineering. The experiment was applied to a coil spring car. This experiment is divided into two main parts: The physical side of the*



experiment, which are a press didactic, sensors, valves, microcontroller and a server with a hosted site. On the server side, access is available to the site via personal mobile devices with internet access. On the site, students can consult didactic content and conduct the experiment. During the experimentation, charts and other data are shown for analyzes and deductions.

Key-words: *Remote experimentation, Hooke's Law, Press, Elastic properties, Technical Education*