

INCLUSÃO DO PROTÓTIPO DIDÁTICO ‘FAN PLATE’ EM LABORATÓRIO DE EXPERIMENTAÇÃO REMOTA

Flavio Masato Ishigaki – masato@amazon.com.br

Wingston Shoh Kuroda – wingstonsk@yahoo.com.br

Marcus Ciro Martins Gomes – marcus@ufpa.br

CO-ORIENTADOR: Max Rothe Neves – mrn@ufpa.br

ORIENTADOR : Orlando Fonseca Silva – orfosi@ufpa.br

Universidade Federal do Pará, Departamento de Engenharia Elétrica e Computação
Campus Universitário do Guamá, Rua Augusto Correa
66075-110 – Belém – PA

Resumo: *O Laboratório de Controle e Sistemas (LACOS) da Universidade Federal do Pará desenvolveu um laboratório de experimentação remota que permite não apenas que os alunos realizem experimentos com equipamento reais a distância, como também que desenvolvam e incluam novas plantas ao mesmo. O protótipo didático “fan plate” é constituído de um motor DC para acionamento de um compressor que produz um fluxo de ar num túnel de vento. Na saída do túnel tem-se uma placa de madeira com liberdade de rotação. Este protótipo permite aos alunos a oportunidade de aprofundar conhecimentos teóricos com experiências práticas, na área de sistemas de controle. Os objetivos deste trabalho foram: a recuperação do fan plate e sua inclusão no laboratório remoto, afim de que professores e alunos possam realizar experiências a distância, bastando que estes usuários tenham um computador com conexão com a internet. Desta forma tem-se, adicionalmente, um compartilhamento mais racional de recursos a baixo custo. Serão descritas no trabalho todas as etapas seguidas para recuperação do protótipo e sua inclusão ao laboratório remoto, bem como dos resultados obtidos nos testes em malha aberta e malha fechada. A experiência adquirida no trabalho vem sendo repassada para outros alunos do curso para que estes, uma vez tendo interesse, também dominem todas as questões técnicas ou teóricas envolvidas no problema..*

Palavras-chave: *Fan-plate, recuperação, inclusão, experimentação remota.*

1. INTRODUÇÃO

No curso de graduação de Engenharia Elétrica tem-se disciplinas relativas à área de sistemas de controle e, para um entendimento efetivo das mesmas é necessário a realização de experimentos práticos, além da teoria. Neste sentido é comum o uso de protótipos didáticos reais, que permitam a realização de experimentos. Tradicionalmente estes experimentos ocorrem em bancadas, contudo, com o advento da Internet tem-se atualmente a possibilidade destes experimentos serem realizados remotamente. Neste trabalho o protótipo real utilizado denomina-se fan plate e em relação ao mesmo objetivou-se: sua

recuperação, com soluções de baixo custo, bem como sua inclusão em laboratório de experimentação remota. O Laboratório de Experimentação Remota utilizado denomina-se RexLabControl, e é supervisionado pelo Laboratório de Controle e Sistemas - LACOS da Universidade Federal do Pará – UFPA. Este laboratório possibilita tanto a execução de experiências na planta utilizando a internet como elo de comunicação bem como a inclusão de novas plantas e experimentos, sem a necessidade do domínio de técnicas de programação distribuída.

2. A RECUPERAÇÃO DO PROTÓTIPO DIDÁTICO *FAN PLATE*

2.1 Descrição e funcionamento do protótipo

A planta consiste em um túnel de vento de madeira, com uma das suas extremidades tendo um ventilador acionado por motor DC, e na outra, uma placa de madeira que é fixa a um eixo, podendo ser rotacionada com a ação do vento canalizado pelo túnel. A distância entre a saída do túnel e a placa de madeira pode ser alterada, pois uma trilha de madeira permite o seu ajuste. Para este trabalho, fixou-se 10.7 cm de distância. Como já citado anteriormente o disco transparente fixado ao eixo da placa de madeira posicionada em sentido perpendicular ao fluxo de vento que sai do túnel, como já descrito, possui ranhuras escuras de 1mm de espessura e 1 cm de comprimento, distribuídas na borda do disco no sentido radial e com espaçamento angular de 1.2° ; com as ranhuras escuras há o bloqueio da passagem da luz e com a parte transparente há a passagem da luz através do disco, isto descreve de forma básica o funcionamento dos sensores que, são compostos pelo *led* e foto-transistores obtidos de mouses de computadores danificados; o *led* emite o sinal de luz, que é recebido pelo foto receptor que o leva a base do transistor BC548 que funcionará como uma chave, é necessário esse funcionamento para que o sinal seja o mais próximo de sinais quadrados, dessa forma estarão como níveis aceitáveis não necessitando qualquer outro tratamento desse sinal, portanto estes sensores convertem os sinais de luz em sinais elétricos e depois os sinais são tratados para níveis de tensão que o PIC possa reconhecer como sinais digitais(0 e 5V). O programa do microcontrolador utiliza esses sinais para medir a posição angular da placa de madeira e disponibilizar essa medida para o computador. Ainda há a necessidade de um terceiro sensor para estabelecer uma referência, um *reset*. A Figura 1 mostra o protótipo *Fan Plate*.

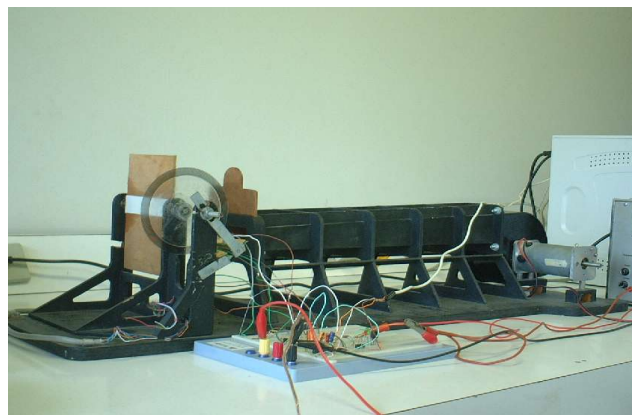


Figura 1 – O Protótipo Didático *Fan Plate*

Dentro do microcontrolador é utilizada uma lógica que permite a contagem crescente ou decrescente e armazenamento dos dados desta mesma contagem, estes dados são

transmitidos via porta serial para um computador PC que estando com o software desenvolvido num ambiente da linguagem de programação utiliza o controle que o usuário escolheu para o sistema, fazendo os devidos cálculos. O resultado é também transmitido através da porta serial do PC para o PIC, este então produz um sinal PWM que depois de ser amplificado pelo estágio de potência vai para a entrada do motor que gira o ventilador, que por sua vez faz deslocar a posição da placa de madeira, constituindo assim uma malha fechada para o sistema. O diagrama de blocos do sistema é visto na figura 2.

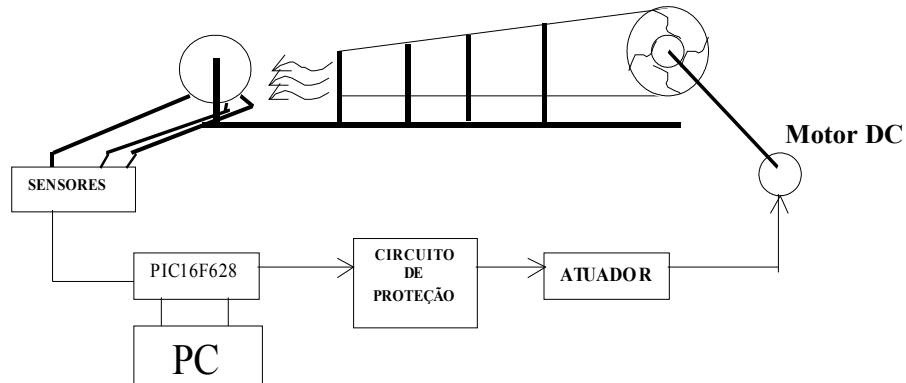


Figura 2 – Diagrama de blocos do sistema

2.2 Recuperação do protótipo

O protótipo *fan plate* já foi construído há certo tempo e para este trabalho houve sua recuperação, principalmente em sua parte eletrônica. Tiveram que ser modificados os sensores constituídos de dispositivos opto-eletrônicos e construídos novos suportes para os mesmos, pois os antigos não estavam em condições de uso, então construiu-se dois suportes de alumínio: um fixo e outro móvel para possibilitar fazer ajustes nos sensores, já que se buscou o máximo de precisão nos ajustes para que eletricamente os sinais estivessem defasados de aproximadamente 90°. Foi-se modificado o disco com ranhuras escuras que é utilizado para a medição angular, e utilizando o software *Corel Draw* criou-se um disco com ranhuras escuras de 1 cm na borda do disco com sentido radial e 11 cm de diâmetro, deixou-se as ranhuras espaçadas de aproximadamente 1 mm e distante 1.2°; este disco foi impresso utilizando impressora a laser em uma transparência e foi colocado na base do disco transparente menor de material acrílico de 9 cm de diâmetro.

Para uma lógica de medição foram necessários três sensores, sendo que apenas um sensor estava funcionando devidamente, os outros dois foram montados em um par formado por um *led* e um foto-transistor para cada sensor. A escolha dos sensores ópticos foi feita com o intuito de não haver atrito dos sensores com o disco para não dificultar o deslocamento angular do disco preso à placa. Todo o circuito eletrônico foi remontado no protoboard utilizando o PIC 16F628, com exceção das fontes de alimentação; tal utilização reduziu bastante o tamanho do circuito em relação ao circuito original antigo, pois o PIC 16F628 já incorpora diversas funções em seu circuito integrado. E finalmente, foi refeita toda a parte de programação, dessa forma, foram implementados dois programas em uma linguagem de programação: um para controle da planta em malha aberta e outro em malha fechada, ambos com a função de atender as características do Laboratório de Experimentação Remota (*RexLabControl*), recebendo e enviando os resultados em formato de arquivo de texto, pois apenas este formato de arquivo é aceita como válidos.

3. CONTROLE DO SISTEMA *FAN PLATE*

3.1 Modelo do sistema

Como se sabe, o modelo matemático de sistemas dinâmicos pode ser expresso por equações diferenciais. Para sistemas físicos reais tem-se que levar em consideração as não-lineares presentes, as quais podem inserir uma maior complexidade no modelo. No caso do sistema *Fan Plate* sabe-se que não-linearidades tais como: saturação de saída (ângulo de deslocamento em um determinado patamar em torno de 60°), zona morta do motor e da planta, etc., tornam mais complexos os procedimentos para determinar seu modelo. Assim, adotou-se a seguinte estratégia: dividir em regiões os possíveis deslocamentos angulares da placa e, para cada região estabelecer um modelo linear. Considerou-se regiões de aproximadamente 20°. Dessa forma, com o aplicativo desenvolvido para malha aberta (descrito no tópico 4.1), executaram-se ensaios aplicando uma série de degraus crescentes onde obteve-se respostas sub-amortecidas. A figura 3 ilustra um destes resultados, que revela os atrasos de transporte de cada região. Para cada região considerou-se dois modelos, um de primeira ordem, dado pela equação 1 e outro de segunda ordem dado pela equação 2.

$$G(S) = \frac{K_m e^{-\theta S}}{\tau s + 1} \quad (1)$$

$$G(s) = \frac{K_m \omega_n^2 e^{-\theta s}}{s^2 + 2\xi \omega_n s + \omega_n^2} \quad (2)$$

Onde:

θ : Tempo de atraso;

K_m : Ganho;

τ : Constante de tempo do sistema;

ξ : coeficiente de amortecimento;

ω_n : frequência natural.

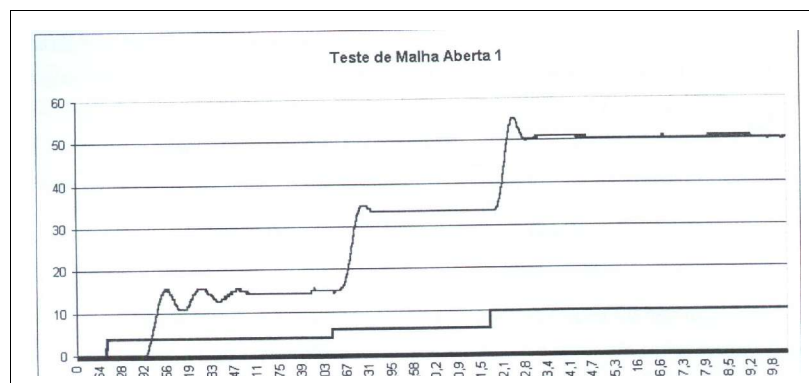


Figura 3 – Ensaio do Fan Plate em malha aberta.

3.2 Ensaio com o protótipo

Foram-se feitos 5 ensaios em malha aberta com degraus crescentes e, utilizando-se a média dos valores obtidos para cada parâmetro de uma dada região, obteve-se os

parâmetros dos modelos de primeira ordem. Para a região 1 (0° a 20°) o modelo é dado na equação 3.

$$G_{\dot{\omega}_i \dot{\omega}_i \dot{\omega}_i}^1(s) = \frac{3,84e^{-1,088s}}{0,338s+1} \quad (3)$$

Para a região 2 (20° a 40°) encontrou-se o modelo dado pela equação 4.

$$G_2(s) = \frac{9,18e^{-0,252s}}{0,383s+1} \quad (4)$$

Para a região 3 (40° a 60°) encontrou-se o modelo dado pela equação 5.

$$G_{\dot{\omega}_i \dot{\omega}_i \dot{\omega}_i}^3(s) = \frac{4,29e^{-0,223s}}{0,259s+1} \quad (5)$$

A dinâmica para um movimento descendente da placa de madeira apresenta um comportamento diferente do movimento ascendente. Neste caso o motor não poderá mudar o sentido do fluxo de vento, isto é, no caso de uma redução no ângulo de saída, a realimentação deverá somente diminuir a velocidade de rotação do motor, não podendo, portanto, inverter o sentido de rotação e conseqüentemente o fluxo de vento, assim, mais dois modelos foram obtidos para movimentos descendentes, um para a transição da região 3 para a 2, outro para a transição da região 2 para a 1. Foram realizados 5 novos ensaios com degraus decrescentes, obtendo-se duas funções de transferência, mostradas na Tabela 1.

Tabela 1 – Funções de transferência de primeira ordem para dinâmica de descida

Transição da região 3 para 2	Transição da região 2 para 1
$G_{3-2} = \frac{7,689e^{-0,337s}}{0,37s+1}$	$G_{2-1} = \frac{11,28e^{-0,38s}}{0,397s+1}$

Ainda baseado nos ensaios de malha aberta, determinou-se os parâmetros: tempo de atraso (θ), tempo de acomodação (t_s) e sobre sinal (M_p) para o cálculo de Km, ζ e ω_n dos modelos de segunda ordem, equação 2, de cada região. Os modelos obtidos estão dispostos na Tabela 2.

Tabela 2 – Modelos de segunda ordem

Região 1	Região 2	Região 3
$G_1(s) = \frac{3,84 e^{-1,088S}}{S^2 + 2,91S + 7,1}$	$G_2(s) = \frac{9,18 e^{-0,252S}}{S^2 + 10,44S + 77,28}$	$G_3(s) = \frac{4,29 e^{-0,233S}}{S^2 + 7,67S + 94,82}$

3.3 Controlador

Os modelos obtidos, que representam a dinâmica do sistema, possibilitaram a construção de controladores do tipo PID ou PI. Optou-se pela utilização do método de síntese direta para os cálculos dos controladores, cuja idéia básica é obter a expressão matemática do controlador, a partir das características dinâmicas desejadas em malha fechada, a desvantagem dessa abordagem é que o controlador resultante possivelmente não possuirá a estrutura de um PID, admitindo-se os modelos de primeira e segunda ordem com atraso, obtidos no item 3.2. Considerando o modelo de primeira ordem, tem-se um controlador PI cujos parâmetros são expressos pelas equações (6) e (7).

$$K_p = \frac{1}{2} \cdot \frac{\tau}{\theta + \tau_c} \quad (6)$$

$$T_I = \tau_c \quad (7)$$

Sendo τ_c a constante de tempo desejada para os sistema igual a 0,5. Então obteve-se T_I e K_p para cada região e transição de região, respectivamente: região 1 (0,338 e 0,05543), região 2 (0,383 e 0,05548), região 3 (0,259 e 0,0823), transição 2 para 1 (0,397 e 0,0582) e transição de 3 para 2 (0,37 e 0,0372). Dessa forma escolheu-se o controlador PI vista na equação (8) abaixo:

$$C(s) = K_p \left(1 + \frac{1}{T_I \cdot S} \right) \quad (8)$$

Utilizando a técnica de transformação de Tustin (equação 9) na equação (8) acima e discretizando-a, obtém-se o controlador discreto relacionado pela equação (10) abaixo, onde T_A é o tempo de amostragem do sistema:

$$s = \frac{2}{T_A} \cdot \frac{(1 - z^{-1})}{(1 + z^{-1})} \quad (9)$$

$$u(k) = u(k-1) + \frac{K_p}{T_I} \left[\left(\frac{2T_I + T_A}{2} \right) e(k) - \left(\frac{2T_I + T_A}{2} \right) e(k-1) \right] \quad (10)$$

Com os valores de K_p , T_I e T_A substituídos na equação (10) obteve-se, para cada região e transição, suas respectivas equações.

Agora usando o modelo de segunda ordem com atraso, fez-se uma análise dos efeitos do controlador PID sobre a estabilidade da planta. E observando o diagrama de bloco do sistema em malha fechada obteve-se a função de transferência, equação (11). Aplicando algumas operações algébricas na equação (11) e fazendo algumas substituições observa-se que há um pólo na equação obtida que por síntese direta torna a solução para os termos do controlador PID, visto na equação (12), muito difícil, então, considerou-se somente para termos de projeto o controlador PI, ou seja, o modelo de primeira ordem para o sistema *fan plate*.

$$\frac{Y}{R} = \frac{G_C(s) \cdot G_P(s)}{1 + G_C(s) \cdot G_P(s)}$$

(11)

$$G_{CP}(s) = K_P \left(1 + \frac{1}{T_I} + T_D S \right) \quad (12)$$

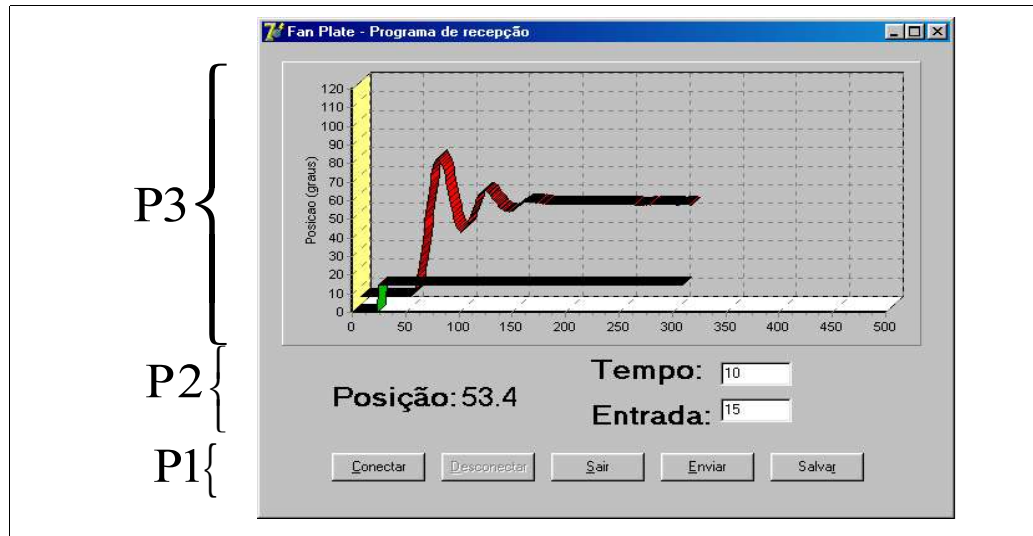
4. APLICATIVOS

4.1 O ambiente da linguagem de programação

A linguagem de programação usada foi escolhida por apresentar características como: linguagem de alto nível com interface de fácil manipulação e ferramentas visuais interativas; facilidade na implementação e eventuais alterações e programas com código fonte disponível na internet, e uma de suas características negativas é que o intervalo de amostragem pode ser alterado caso o sistema execute simultaneamente outro tipo de operação.

4.2 Interface para malha aberta

Criou-se uma interface dividida em três partes: P1, P2 e P3, ilustrada na figura 4. Esta interface permite a interação do usuário com a planta auxiliando-o na identificação de parâmetros como: ganho em malha aberta, constante de tempo, atraso de transporte, etc. A parte inferior, P1, contém os botões conectar e desconectar, que habilitam ou desabilitam, respectivamente, a comunicação do computador com o PIC através da porta serial COM2, os botões sair para fechar a janela da interface, salvar para salvar em arquivo de texto os dados obtidos na experiência e o botão enviar que executa a leitura do valor digitado na caixa de texto *Entrada*. A parte central, P2, comporta: a caixa de texto *Entrada* (valor numérico digitado pelo usuário entre 0 e 24 V, e que corresponde à tensão que será aplicada no motor DC), *valor* (correspondente à posição angular da placa de madeira, ou seja, a saída do sistema) e *tempo* (tempo de execução da experiência a partir do momento que o sinal é enviado para o PIC). A parte P3 situada na parte superior da janela da interface, comporta o gráfico da posição angular, em graus, da placa de madeira no tempo.



4.3 Etapas para tratar o sinal de entrada a ser enviado para o PIC

O programa desenvolvido deve enviar pela porta serial ao PIC uma palavra de 10 bits devido a resolução do sinal PWM gerado por ele, sabendo-se que a comunicação serial é de 8 bits a palavra binária deve passar por um tratamento de dados, na qual deve ser dividida em dois pacotes de 8 bits, onde o primeiro suporta os 8 bits mais significativos e o segundo os 2 bits menos significativos. A escala de tensão a ser aplicada no motor DC varia de 0 a 24 V, enquanto a escala de palavra de 10 bits em decimal varia de 0 a 1023. Dessa forma o valor mínimo de tensão aplicável ao motor é 0V e o máximo valor é 24 V. Para qualquer valor digitado inferior a 0 V será atribuído um sinal de entrada de 0 V, o mesmo ocorrerá para qualquer valor digitado acima de 24, será atribuído 24 V. A figura 5 ilustra o algoritmo de operação para um sinal de entrada.

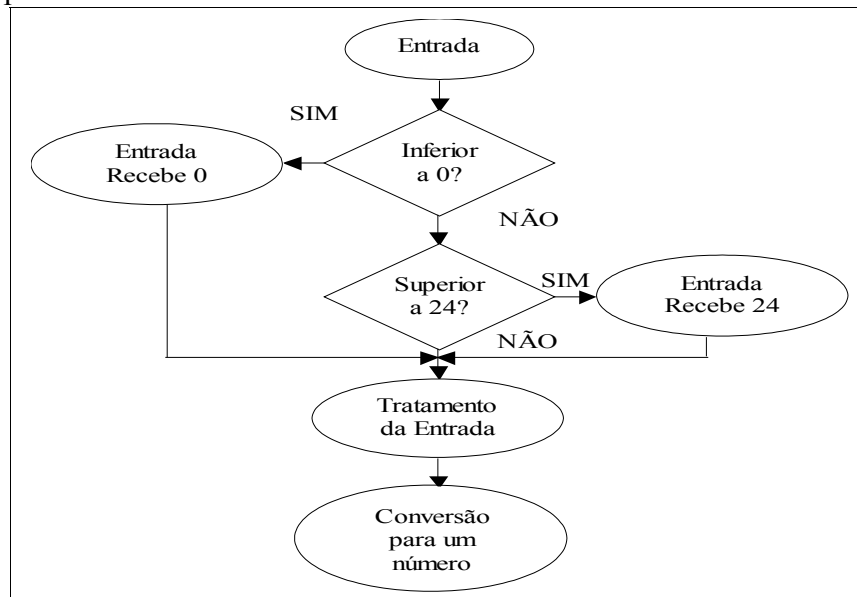


Figura 5 – Algoritmo básico de tratamento de dados a partir de um sinal de entrada

4.4 Utilização do Microsoft Excel

Fez-se a utilização deste aplicativo devido a sua característica de gerar funções lógicas e matemáticas, além de sua operação com gráficos a partir de dados inseridos nas células.

O programa de interface criado para a malha aberta, descrito no item 4.2, gera um arquivo de texto com informações como: Tempo, Tensão aplicada e Ângulo de saída. Este arquivo é aberto no aplicativo Excel configurando a janela de importação de texto, para que os dados do arquivo sejam convertidos de forma a se organizar em linhas e colunas comportadas em uma planilha. A primeira coluna representa o tempo em que decorreu a operação, a segunda corresponde à tensão aplicada e a terceira ilustra a posição angular da placa; estas duas últimas correspondentes ao tempo da primeira coluna. Desta forma, pode-se gerar o gráfico da tensão aplicada e o ângulo de saída no decorrer do tempo.

4.5 Levantamento de parâmetros

Utilizou-se da interface criada e do Microsoft Excel para se levantar alguns parâmetros como: Tempo de atraso (pois percebeu-se na segunda coluna uma demora na variação angular do sistema quando aplicada uma tensão no motor), Constante de tempo (procurou-se o valor do ângulo na terceira coluna quando o sistema entra em regime permanente, então multiplicou-se por 0.63, isto é, a constante de tempo é o tempo para o sistema atingir 63% do seu valor final) e Ganho do sistema (após abrir o arquivo no Excel deve-se visualizar na terceira coluna o valor do ângulo em regime permanente Y , e na segunda coluna o valor da tensão de entrada R , isto é, $K_m = Y / R$).

4.6 Interface para malha fechada

Esta seção é análoga à seção 4.2, no que diz respeito a interface em malha aberta. As únicas diferenças são que, na leitura da variável, o programa lê a posição desejada (em graus) em vez de tensão em Volts e tem-se o um bloco de controle antes do sinal ser transformado em uma palavra de 10 bits (decimal). Em termos visuais janela criada para a interface de malha fechada é semelhante a janela e interface de malha aberta e será omitida.

O objetivo deste programa é que o usuário digite o ângulo e que o computador execute os cálculos necessários de tensão que deve ser aplicada no motor para a placa alcançar o ângulo desejado e estabilizar.

5. O LABORATÓRIO DE EXPERIMENTAÇÃO REMOTA

5.1 Experimentação remota

Dentre as várias aplicações utilizando Internet como elo de comunicação, destaca-se a experimentação remota, que é a possibilidade de interagir com equipamentos reais ou simulados usando a internet, sem necessitar da presença física do usuário no local do experimento.

São características importantes da experimentação remota: permite interações com o mundo físico (o que garante que os mesmos resultados seriam obtidos localmente); não exclui a possibilidade de interações com simuladores; permite que o número de usuários possa ser ilimitado e que estes tenham recursos que localmente não teriam; custo reduzido para realização de experimentos reais; os experimentos podem ser realizados a qualquer hora e de qualquer lugar tendo-se acesso a Internet; além de que o usuário pode ganhar sentimento prático, mesmo não estando no laboratório para a realização de experimentos.

5.2 Classificação de laboratório de experimentação remota

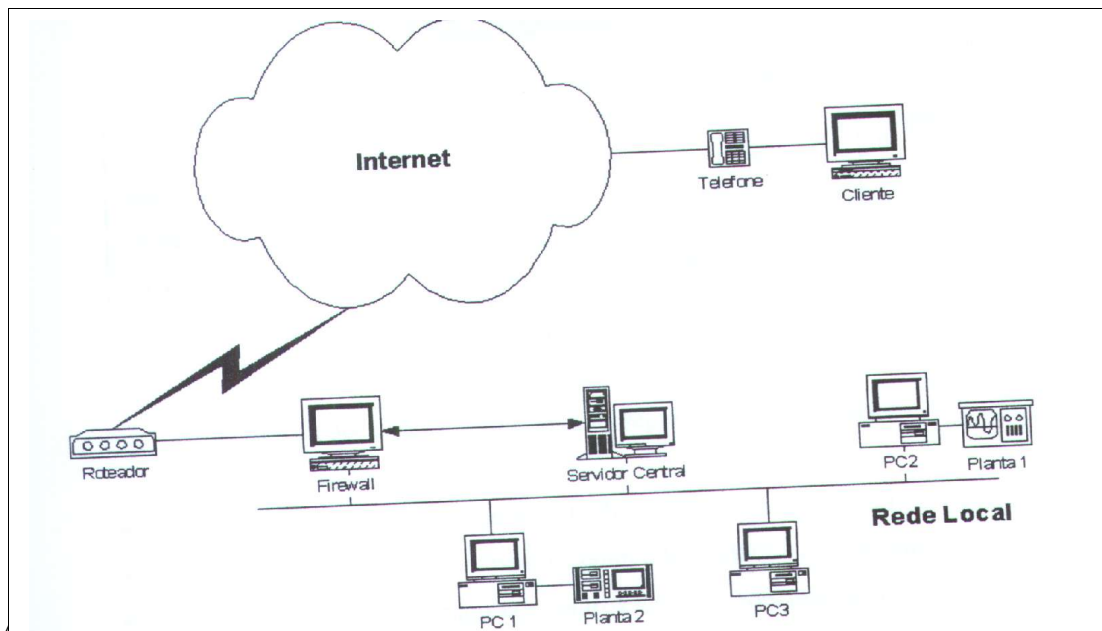
Um laboratório de experimentação remota consiste num agrupamento de instrumentos de propósito geral, interligados a um conjunto de sistemas de computadores pessoais

conectados à Internet. Pode-se classificá-lo quanto a natureza: 1) Da informação que trafega na rede (transferência de parâmetros e/ou códigos fonte); 2) Dos experimentos que podem ser realizados (equipamentos reais e/ou simulados); 3) Das mídias empregadas para interação com o usuário (de imagens de vídeo e/ou animação gráfica do experimento realizado; textos, sons; tabelas com resultados numéricos ,etc.); e por fim, quanto ao grau de autonomia e segurança nele incorporado (dizem respeito à capacidade do laboratório em realizar experimentos onde se faz necessário, por exemplo, o estabelecimento prévio de condições iniciais especificadas pelo usuário, ou a preservação física de equipamentos).

5.3 O RexLabControl

O laboratório de Controle e Sistemas (LACOS/UFPA) gerencia o RexLabControl descrito neste trabalho e que foi modelado sob uma perspectiva de ensino/aprendizagem em sistemas de controle, sendo seus principais objetivos: a possibilidade de realização de um vasto conjunto de experiências por usuários remotos ou presenciais e a inclusão de novos experimentos por alunos de graduação.

É um sistema distribuído com arquitetura do tipo duplo Cliente-Servidor, em que requisições de usuários remotos são submetidas a um servidor central que as repassa à servidores auxiliares, que realizam o experimento em si, e retornam os resultados ao usuário fazendo o caminho inverso. A figura 6 ilustra a arquitetura geral do RexLabControl.



5.4

Os aplicativos de manipulação aberta e fechada, descritos na seção 4, foram utilizados para testes em bancada. Para possibilitar que a experiências seja executadas remotamente deve-se saber que no aplicativo cliente, o usuário digita os parâmetros para a execução do experimento. Os parâmetros são enviados para o servidor e posteriormente, para o computador que comporta o protótipo pelo aplicativo gerenciador de experimentos.

Para a experimentação remota, o aplicativo que executa a experiência em si deve ler e reconhecer os parâmetros, executar a experiência e enviar de volta ao servidor um arquivo com dados obtidos.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste trabalho foi bem sucedida tendo em vista que foi feita a inclusão do protótipo no RexLabControl, assim como a recuperação do protótipo reconstruindo os sensores, os circuitos de aquisição de dados, de proteção, de decodificação e de geração de sinal PWM.

Apesar dos controladores utilizados não apresentarem um desempenho excelente, pode-se dizer que foi atingido um patamar satisfatório, visto que os resultados obtidos em malha fechada alcançavam e estabilizavam bem próximo da resposta desejada (resposta em regime permanente).

Usuários podem realizar experimentos tanto em bancada como remotamente comparando os resultados.

Retomando a discussão quanto á recuperação destacamos o PIC 16F628 Que muito contribuiu neste trabalho, pois tem incorporado as funções de conversão AD/DA e geração de sinal PWM, reduzindo assim o custo, tamanho e complexidade do circuito elétrico.

O ambiente de programação desenvolvido se mostrou eficiente para o desenvolvimento de aplicativos locais, observando a facilidade de manipulação da porta serial a partir de download e instalação de um componente específico para tal operação, em contrapartida a sua eficiência, ele apresentou dificuldades de implementação para trabalhar no modo remoto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- EIKAWA, Daniel Shoji, SOUZA, Lúcio Magno de. **Reestruturação e Controle do processo físico Placa e Ar a partir de ganhos escalonados**. 1997. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de graduação Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Pará, Belém.
- OGATA, Katsuhiko. **Engenharia de Controle Moderno**. Prentice Hall do Brasil, Inc, 1982. 2ª edição Rio de Janeiro
- SEDRA, Adel S., SMITH, Kenneth C. **Microeletrônica**. MAKRON Books do Brasil, São Paulo, 1995. vol.2.
- POWELL, J. David, Franklin, Gene F., Emani-Naeini, Abbas. **Feedback Control of Dynamic Systems**. Prentice Hall, 2002, 4ª edição. EUA, New Jersey, Upper Saddle River.
- SOUZA, David José de. **Desbravando o PIC** – Para PIC16F628A. Editora Érica. 2003.

INCLUSION OF THE DIDACTIC PROTOTYPE '*FAN PLATE*' IN THE LABORATORY OF REMOTE EXPERIMENTATION

Abstract: The Laboratory of Control and Systems (LACOS) of the Federal University of Pará it developed a laboratory of remote experimentation that it not just allows the students to accomplish experiments with equipment Real the distance, as well as that develop and include new plants to the same. The prototype didactic " fan plate " is

constituted of a DC motor for moving of a compressor that produces a flow of air in a wind tunnel. In the exit of the tunnel a wood plate is had with rotation freedom. This prototype allows to the students the opportunity to deepen theoretical knowledge with practical experiences, in the area of control systems. The objectives of this work were: the recovery of the fan plate and its inclusion in the remote, kindred laboratory that teachers and students can accomplish experiences the distance, being enough these users to have a computer with connection with the internet. This way he/she makes himself additionally a more rational partakely of resources at a low cost. They will be described in the work all the stages proceeded for recovery of the prototype and its inclusion to the remote laboratory, as well as of the results obtained in the tests in open mesh and it threshes shut. The experience acquired in the work comes being reviewed for another students of the course so that these, once tends interest, also dominate all the technical or theoretical subjects involved in the problem.

Key-words: *Fan Plate, recovery, inclusion, Remote experimentation*