



REEE COMO RECURSO DIDÁTICO EM AULAS PRÁTICAS DE MESTRADO EM ENGENHARIA – PÊNDULO INVERTIDO

Mércio Antônio O. de Andrade – mercioandrade@gmail.com
Escola Politécnica de Pernambuco – Universidade de Pernambuco
Rua Benfica, 455

50.750-470 – Recife - Pernambuco

Sérgio Campello Oliveira – scampello@ecom.poli.br
Escola Politécnica de Pernambuco – Universidade de Pernambuco
Rua Benfica, 455

50.750-470 – Recife - Pernambuco

John Kennedy Martins Alves – jkma@ecom.poli.br
Escola Politécnica de Pernambuco – Universidade de Pernambuco
Rua Benfica, 455

50.750-470 – Recife - Pernambuco

Resumo: Os equipamentos de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) descartados, por quebra ou obsolescência, ainda possuem componentes em bom estado de funcionamento. Componentes como motores, sensores, fotoacopladores, relés, diodos, transistores e outros ainda podem ser empregados na montagem de artefatos a serem aplicados nas aulas práticas dos cursos de formação em engenharia nos seus diversos níveis. Nesse contexto, propõe-se a criação de kits de treinamento montados a partir de REEE (Resíduo de Equipamento Elétrico e Eletrônico) e a elaboração de uma ferramenta para o compartilhamento das informações obtidas a respeito do uso dos componentes removidos de sucatas digitais. Facilitando, assim, a criação e a reprodução de dispositivos para treinamento a serem aplicados nas aulas práticas dos cursos técnicos e de engenharia. Este artigo descreve a experiência de confecção de um kit de treinamento, montado com peças removidas de sucatas, que reproduz o experimento do pêndulo invertido e a aplicação dele em aulas práticas na disciplina de Sistemas Embarcados, para alunos de mestrado nos programas de Engenharia da Computação e Engenharia de Sistemas (PPGEC – PPGES) ambos da Escola Politécnica de Pernambuco.

Palavras-chave: Lixo digital, Reuso, Kit de treinamento, Formação de Engenheiros, REEE



1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) tem proporcionado diversos benefícios para a humanidade. Os equipamentos de TIC são ferramentas indispensáveis e estão presentes em diversos ambientes, tais como indústrias, escritórios, laboratórios e lares (NNORM & OSIBANJO, 2008). Entretanto, a explosão de consumo aliada à rápida evolução da tecnologia vem causando a redução do tempo de vida útil desses produtos, criando preocupações devido às implicações ambientais causadas por sua produção, consumo e descarte (MURUGESAN, 2008).

O descarte incorreto dos equipamentos de informática prejudica o meio ambiente por contaminação do solo, além de causar males à saúde humana (LEE, 2004), uma vez que, os resíduos sólidos oriundos dos equipamentos de informática descartados contêm substâncias nocivas aos seres humanos, como chumbo, arsênico e outras. É de grande importância encontrar alternativas sustentáveis, que possibilitem a produção, o consumo e o descarte dos equipamentos de TIC de forma que não agredam o meio ambiente, preservando assim os recursos naturais do planeta e também a saúde humana.

As alternativas mais importantes existentes aplicadas para redução dos resíduos sólidos, gerados pelos equipamentos de TIC, são o reuso, a reciclagem e a logística reversa (KUEHR, & WILLIAMS, 2003) (CUI & FORSSBERG, 2003) (MIGUEZ, 2009), cada uma delas com vantagens e desvantagens. O reuso permite o aumento do tempo de vida útil dos equipamentos. No entanto, no reuso, os equipamentos novos que alcançam o término do seu tempo de vida útil são remanufaturados e posteriormente revendidos ou doados, em certos casos, sem a observação do controle necessário para o descarte do equipamento remanufaturado ao final de seu novo tempo de vida útil.

A reciclagem permite que os materiais que compõem os equipamentos sejam reencaminhados à linha de produção e aplicados na produção de novos produtos. Contudo, o processo de reciclagem de equipamentos de TIC, em alguns casos, depende de procedimentos sofisticados e dispendiosos (VARIN & ROINAT, 2008).

A logística reversa, por sua vez, é aplicada em algumas indústrias como um processo para reaproveitamento dos componentes removidos das sucatas de computadores defeituosos ou obsoletos. Tal processo tem por finalidade produzir produtos de segunda linha ou coletar peças para fabricação de novos produtos (MIGUEZ, 2007). Todavia, esse processo depende da qualidade desejada do produto a ser produzido, da quantidade de material retornado e do custo para inserção desse material como matéria prima para produção. E a seleção dos equipamentos sucatas se dá de acordo com a necessidade de peças dos equipamentos a serem produzidos, restringindo os tipos de componentes selecionados a aqueles que são necessários à produção. Os demais, que não são aproveitados no processo, são descartados ou enviados para reciclagem.

É relevante observar que quando os equipamentos de TIC param de funcionar ou ficam obsoletos, boa parte dos componentes usados na montagem continuam em bom estado de funcionamento. Equipamentos de informática são compostos por componentes elétricos, eletrônicos e mecânicos e muitos desses componentes continuam operacionais e podem ser removidos das sucatas e reutilizados na montagem de novos artefatos. Tal procedimento propicia o prolongamento do tempo de vida útil de cada componente. E o controle na aplicação de cada peça permite que sejam descartadas de forma correta ao fim de sua vida útil, evitando que sejam depositados diretamente na natureza.



Como forma de reaproveitamento mais abrangente dos componentes removidos das sucatas existe a alternativa de produção de kits de treinamento montados a partir dos componentes removidos das sucatas dos equipamentos de TIC, para serem aplicados como ferramenta educacional de baixo custo em cursos de tecnologia em seus vários níveis.

Os resíduos sólidos gerados pelo descarte dos equipamentos de TIC, denominados de lixo digital, estão inseridos em uma classe mais abrangente de resíduos denominada de lixo eletrônico ou Resíduo de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE). Ambas as denominações referem-se a resíduos potencialmente nocivos ao meio ambiente. Contudo, o lixo digital apresenta uma taxa de crescimento maior que a do REEE total, além de possuir em sua composição elementos mais nocivos ao meio ambiente. As soluções normalmente apresentadas para o problema da disposição ambientalmente adequada do lixo digital como o reuso, a reciclagem e a logística reversa, apresentam vantagens e desvantagens. E nenhuma delas isoladamente resolve o problema do descarte do lixo digital.

Independente da técnica aplicada para o tratamento dos resíduos, grande parte dos equipamentos descartados, que compõe o dito lixo digital, apresenta parte dos componentes eletrônicos, elétricos e mecânicos em bom estado de operação. Sendo assim, esses componentes ainda podem ser aplicados na produção de outros artefatos, aumentando o tempo de reuso e preservando recursos naturais aplicados na fabricação de cada um deles. Considerando que esses componentes, já usados, obtidos de sucatas estão com uma parcela de sua vida útil comprometida, os aparelhos a serem construídos também terão seu tempo de vida e qualidade de funcionamento comprometidos.

Para a produção de dispositivos, montados com peças de sucatas de equipamentos de TIC, em que a qualidade de funcionamento deva ser assegurada, seria necessária a criação de processos complexos que avaliassem o estado de funcionamento de cada componente a ser aplicado na montagem do produto final.

Contudo, a produção de dispositivos, voltados para o treinamento de estudantes e formação de mão de obra na área de tecnologia, montados com componentes reusados, surge como uma alternativa viável, considerando-se que a criação de kits de treinamento montados a partir da sucata digital, para auxílio na formação de estudantes e profissionais de tecnologia, dispensaria o rigor dos testes de qualidade dos componentes. A produção dos kits de treinamento traria também algumas vantagens como facilitar encaminhamento correto dos resíduos não aproveitados, promover a reflexão sobre o tema da preservação ambiental e aumentar o tempo de vida útil de cada componente evitando que sejam descartados mais cedo.

O trabalho também propõe a verificação da hipótese da produção de kits de treinamento atuar como uma alternativa plausível para solução do problema do descarte do lixo digital. Atuando, também como forma de estímulo a reflexão sobre o tema da preservação do meio ambiente.

Com o objetivo de avaliar essa proposta foram realizados três experimentos, e foram colhidos os resultados de aplicação deles. Foram produzidos três kits de treinamento para aplicações distintas. Seguindo as mesmas etapas de construção e de coleta dos dados inerentes ao processo de confecção e dos resultados das aplicações de cada um deles em sala de aula. A coleta desses resultados permitiu também a revisão progressiva das etapas de produção, objetivando aperfeiçoá-las. Os artefatos foram produzidos sequencialmente, com o nível de complexidade incrementado a cada nova produção.

Este artigo descreve a montagem de um kit de treinamento que reproduz o experimento do pêndulo invertido bem como os resultados preliminares da sua aplicação como tarefa



prática na disciplina de Sistemas Embarcados comum aos mestrados em Engenharia da Computação e em Engenharia de Sistemas da Universidade de Pernambuco; e por fim, descreve a elaboração de uma ferramenta *online* para coleta e compartilhamento de informações relativas aos componentes obtidos de sucatas, reprodução de experimentos e confecção de novos kits.

2. O PÊNDULO INVERTIDO

O princípio de funcionamento do pêndulo invertido linear é semelhante ao aplicado no problema de se tentar equilibrar um bastão ereto na palma da mão. Nessa atividade o controle é exercido deslocando-se a mão no sentido da inclinação da queda do bastão, com o objetivo de equilibrá-lo mantendo o bastão perpendicular ao plano da mão. A principal diferença entre esses experimentos é que, enquanto a mão pode deslocar-se em diversas direções, o experimento do pêndulo linear tem seu movimento limitado a uma dimensão (SULTAN, 2003). Diversos exemplos da vida real compartilham desse mesmo princípio, dentre eles o equilíbrio de um foguete durante o lançamento, o equilíbrio no caminhar de um robô bípede e o controle de estabilização do veículo de transporte humano *segway* (LIMA, 2006) mostrado na Figura 1.



Figura 1. Veículo de transporte Seagway (LIMA, 2006).

O sistema do pêndulo invertido é um problema clássico abordado na dinâmica e na teoria do controle, que é utilizado por muitos pesquisadores para projeto e teste de algoritmos de controle, como, redes neurais, controladores PID, controladores *fuzzy*, algoritmos genéticos e outros (YADAV & GAUR, 2011). Existem muitos artigos científicos descrevendo o experimento como ferramenta de aprendizado em diversas universidades. Muitos desses artigos abordam a modelagem física e o desenvolvimento de técnicas de controle implementadas com a aplicação de softwares, componentes mecânicos, elétricos e eletrônicos.

Diversas variações do pêndulo invertido, ou *balancing*, são citadas na literatura, tais como, linear; giratório ou pêndulo de Furuta; com haste única ou dupla; com rodas e outras variações (AHN & JUNG, 2008). Entretanto, todos os artefatos realizam experimentos relacionados ao mesmo princípio de funcionamento. Existem muitas versões comerciais destinadas ao mercado educacional, contudo alguns desses produtos têm um custo elevado (AHN & JUNG, 2008), o que torna difícil o acesso ao aparelho por parte dos estudantes.

Este trabalho teve como objetivo o modelo denominado pêndulo invertido linear, a palavra “linear” aqui diz respeito ao carro, que suporta a haste, deslocar-se unicamente na direção horizontal. O mecanismo foi montado a partir de componentes removidos de sucatas de equipamentos de informática.



2.1 Modelos comerciais de pêndulo invertido

Existem diversos modelos comerciais de kits de treinamento destinados ao ambiente educacional. Dentre eles pode-se destacar dois tipos que reproduzem o experimento do pêndulo invertido em uma dimensão: o primeiro é o modelo GLIP2001 da fabricante chinesa Googol Technology (Googol, 2012) e o segundo é o modelo IP02 fabricado pela empresa canadense Quanser (QUANSER, 2012).

O equipamento GLIP2001, que é mostrado na Figura 2, é constituído por um carro, que desliza sobre trilhos paralelos, acionado por um servo motor de corrente alternada, sobre esse carro um pêndulo é suportado por um pivô. Codificadores de alta resolução estão acoplados ao servo motor e ao eixo do pivô para prover as informações de posição do carro e do ângulo do pêndulo. Além do mecanismo, sensores e atuadores, o GLIP2001 vem acompanhado de um hardware de aquisição de dados, software de controle e interação com aplicativo Matlab®, além de um jogo de hastes de comprimentos variados (Googol, 2012).

Por sua vez, o dispositivo IP02 da Quanser consiste numa haste montada sobre um carro, que tem o eixo de rotação da haste perpendicular à direção de deslocamento horizontal do carro. O aparelho acompanha um par de hastes, uma de 12 polegadas e outra de 24 polegadas. O carro composto de alumínio sólido desloca-se sobre um eixo de metal horizontalmente sobre uma cremalheira. O movimento do carro é realizado por uma engrenagem pinhão presa ao eixo de um motor de corrente contínua de 6 Volts. A posição do carro é informada por um sensor, que trabalha acoplado a uma engrenagem pinhão presa ao carro. A leitura do ângulo da haste é feita por um sensor codificador incremental da quadratura. Nesse modelo a haste do pêndulo pode girar 360 graus diversas vezes em torno do seu eixo, permitindo assim o estudo do autoerguimento do pêndulo (QUANSER, 2012). O equipamento vem acompanhado de diversos acessórios como placa de aquisição de dados, módulo de alimentação e software de controle e interação com o programa Matlab®. A Figura 3 mostra em detalhes o carro que suporta o pêndulo.

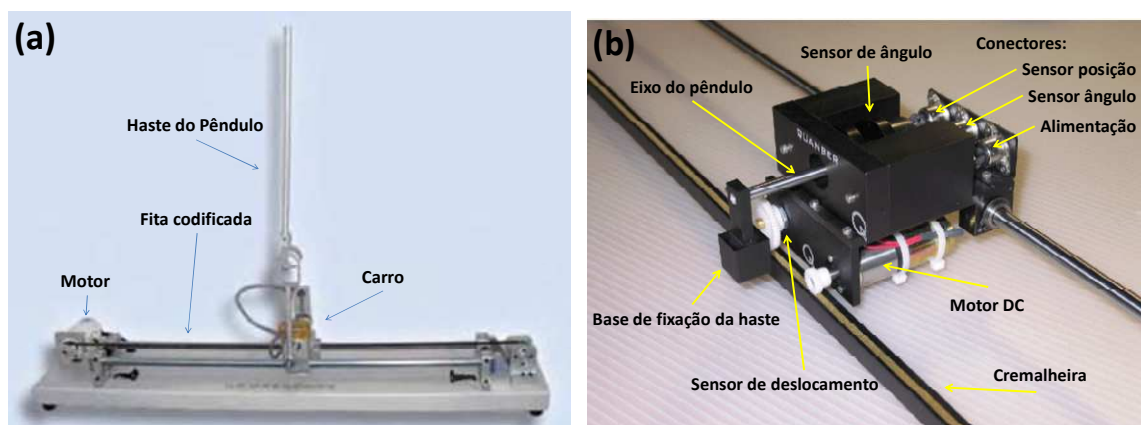


Figura 2. Pêndulos GLIP2001 (a) (Googol, 2012) e (b) IP02 (QUANSER, 2012).



3. MONTAGEM DO KIT

O kit de treinamento montado para reprodução do experimento clássico do pêndulo invertido foi construído com algumas peças removidas de sucatas de equipamentos. A partir da sucata de uma impressora jato de tinta foram obtidos o carro que dá suporte da haste do pêndulo, os sensores de ângulo e de posição, o eixo de deslocamento e o motor para acionamento do carro. O motor removido de um disco rígido foi usado como pivô fixado sobre o carro suportando a haste do pêndulo. De gabinete e unidade de CD foram obtidos fios e LEDs para montagem do dispositivo. A montagem do carro e do sensor de ângulo é mostrada em detalhes na Figura 3(a). O conjunto eletromecânico foi acoplado a uma plataforma de hardware Arduino (SARIK & KYMISSIS, 2010), que usa o microcontrolador ATmega328 e tem capacidade de se comunicar com qualquer microcomputador externo por meio da interface USB. O conjunto completo montado é mostrado na Figura 3(b).

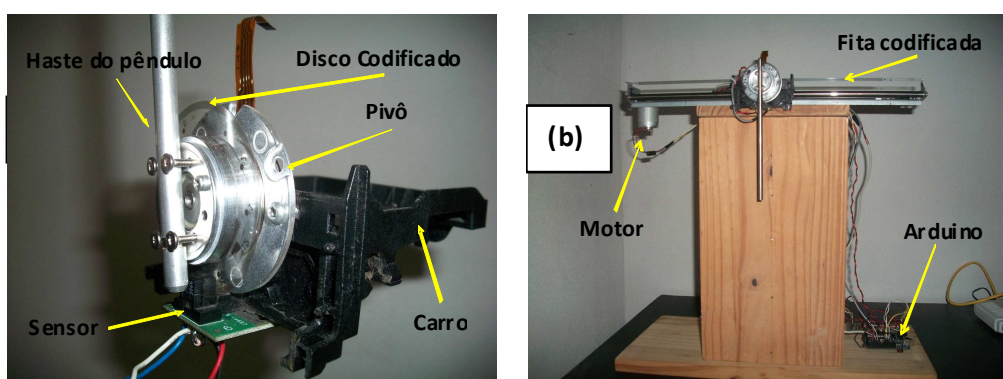


Figura 3. Carro e suporte da haste (a) e conjunto completo (b).

Foi desenvolvido um código que fica embarcado no microcontrolador. Esse código recebe como entrada as informações de velocidade e sentido para deslocamento do carro e devolve as leituras dos sensores de ângulo e posição. A comunicação com o meio externo é feita por comunicação serial virtualizada sobre uma interface USB. O fluxograma do código embarcado na plataforma arduino é mostrado na Figura 4. O fluxograma do código da rotina de tratamento da interrupção gerada pelo sensor de movimento do carro é mostrado na Figura 5, e da rotina que trata a interrupção gerada pelo sensor de variação ângulo do pêndulo é mostrado na Figura 6.

O kit montado recebe pela serial virtualizada sobre a interface USB os valores inteiros de 8 bits referentes à velocidade a ser desempenhada pelo motor de deslocamento do carro. O sentido do giro do motor é indicado aplicando-se o sinal de menos antes do número a ser transmitido. O código embarcado no kit fica em loop enviando uma string com as seguintes informações: caracter 'H', para marcar o início da string; o deslocamento do carro e marcação de tempo; o ângulo deslocado e a marcação de tempo; o estado do carro, repouso ou movimento; o estado do pêndulo, repouso ou movimento; finalizando com o comando de *line feed*. O diagrama com a estrutura de funcionamento do kit é mostrado na Figura 7.

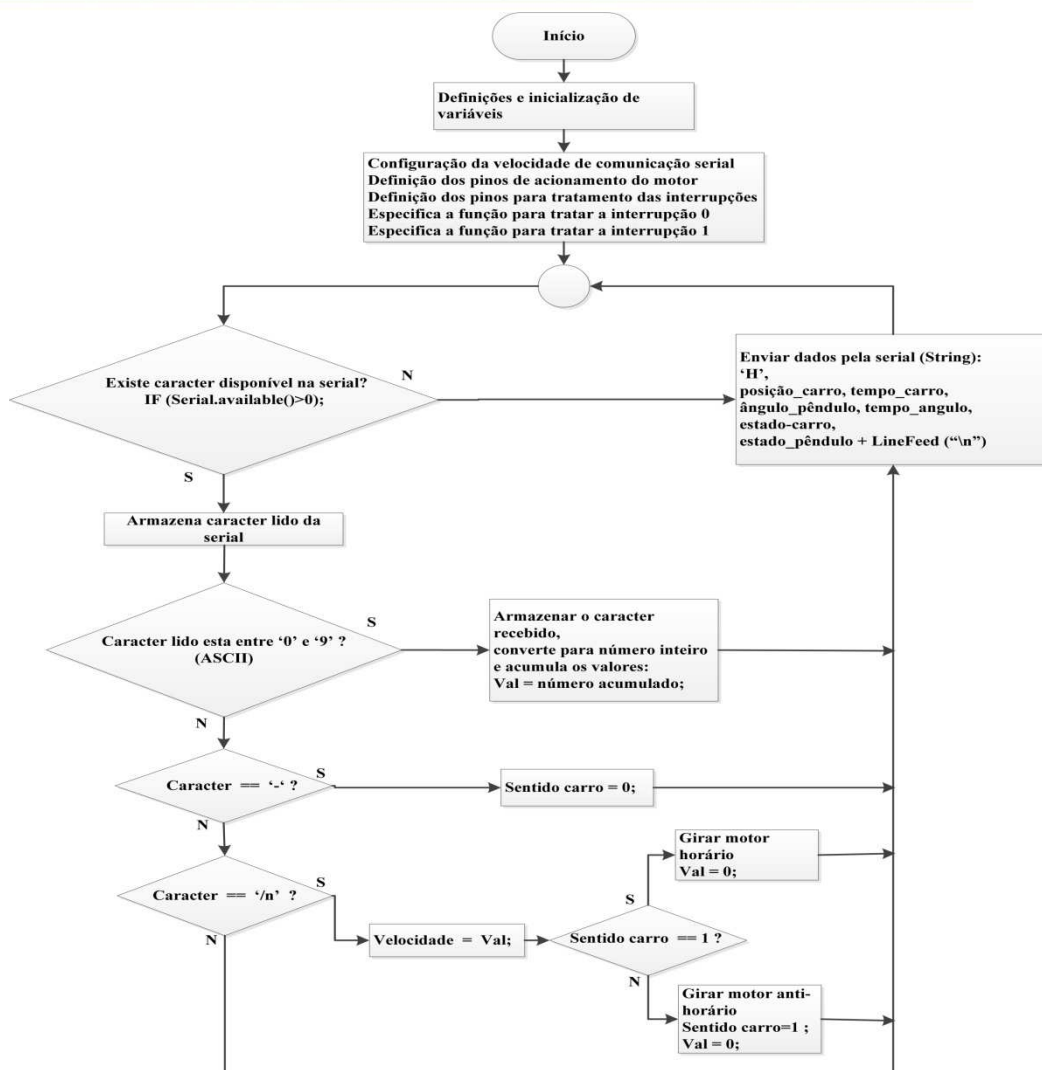


Figura 4. Fluxograma do código embarcado no microcontrolador.

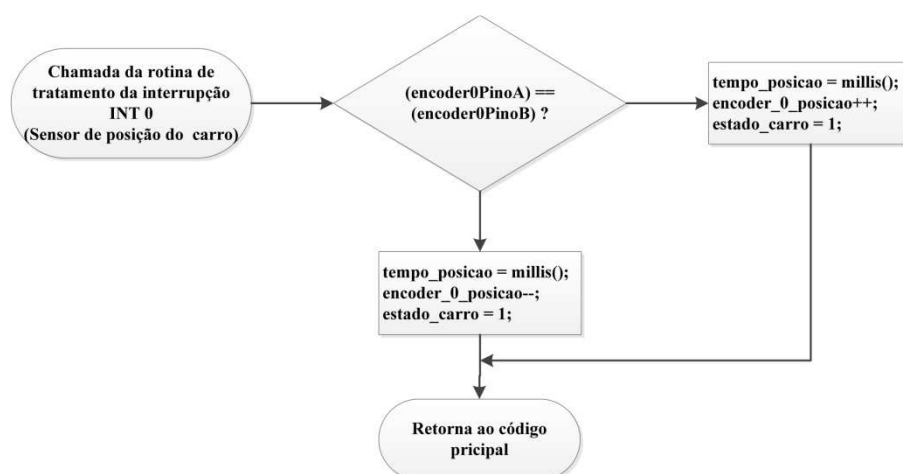


Figura 5. Fluxograma da rotina que trata a interrupção gerada pelo sensor de ângulo.

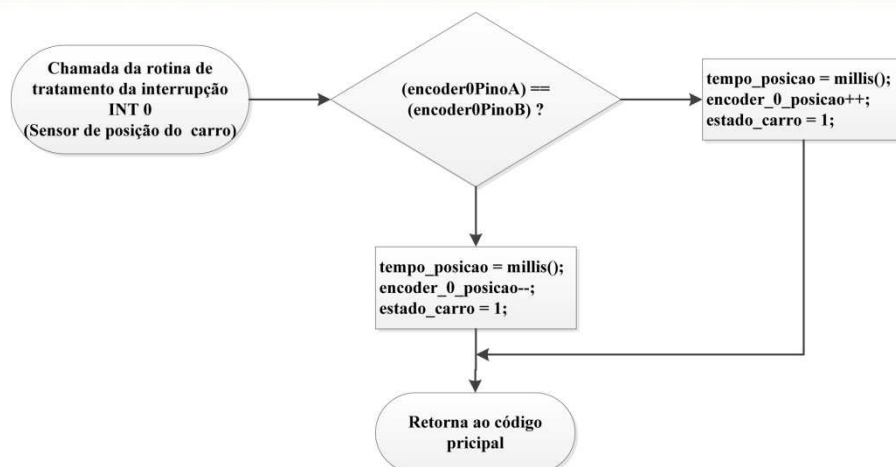


Figura 6. Fluxograma da rotina que trata a interrupção gerada pelo sensor do carro.

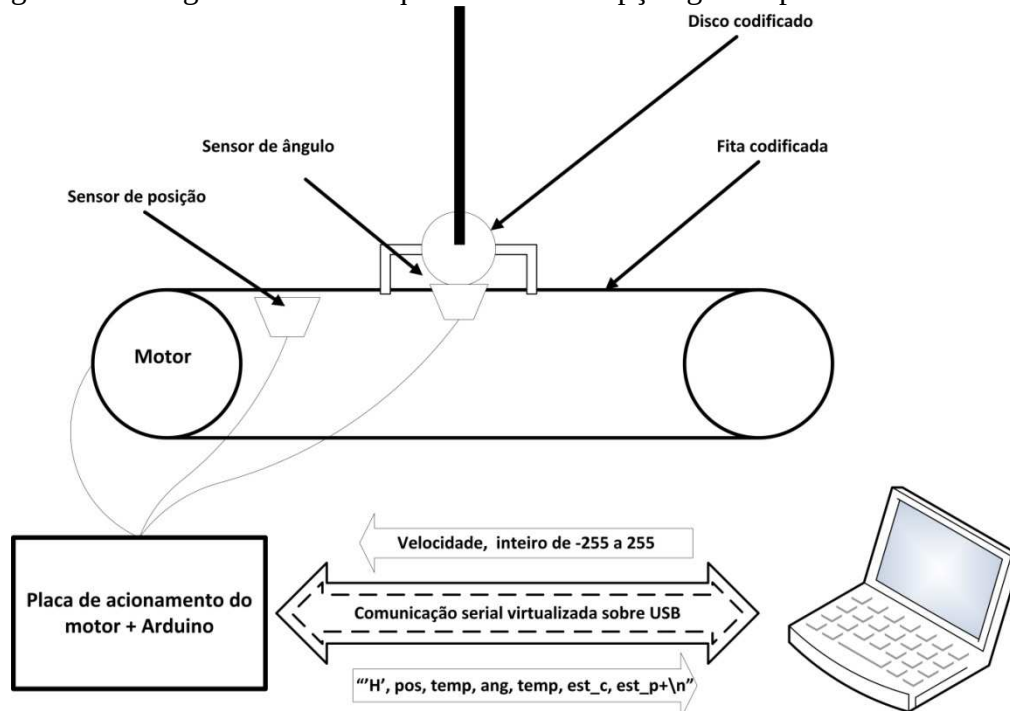


Figura 7. Diagrama do Kit de treinamento montado.

4. CRIAÇÃO DA FERRAMENTA WIKI

Foi desenvolvida uma ferramenta *online* para compartilhamento de informações técnicas sobre componentes removidos de sucatas e divulgação de informações sobre experimentos realizados com tais componentes, bem como disponibilizar informações sobre o correto encaminhamento de REEE. Essa ferramenta tem como finalidade atuar como fonte de consulta sobre dados técnicos e possíveis aplicações de peças removidas de sucatas de TIC, bem como facilitar a reprodução dos experimentos realizados. A página criada segue o estilo colaborativo *Wiki*, que é uma coleção interligada de muitas páginas de internet, sendo que cada uma delas pode ser vista, criada e atualizada por qualquer usuário, o que favorece o trabalho colaborativo.

A ferramenta em questão consiste em um sítio de internet desenvolvido com a utilização do *software* chamado MediaWiki, que é um programa gratuito para servidores de internet. Ele



foi aplicado originalmente no desenvolvimento do famoso sitio colaborativo Wikipédia (MEDIAWIKI, 2012).

Esse sitio colaborativo criado com o MediaWiki permite que as páginas com informações sejam facilmente editadas, sem exigir do usuário conhecimento de programação para criação de páginas. Quando um usuário submete uma edição de página, o MediaWiki insere a edição na base de dados e permite a gestão de imagens e arquivos multimídia, que são armazenados no sistema de arquivos. O sitio criado, intitulado Aprendendo com o Lixo Digital (2012), foi hospedado no servidor de web junto com o banco de dados necessários em servidor de rede pertencente à Universidade de Pernambuco e está disponível para acesso de todos, alunos, professores e comunidade. Um exemplo de página do referido sitio, que mostra uma aplicação para um motor de disco rígido, é mostrada na Figura 8.

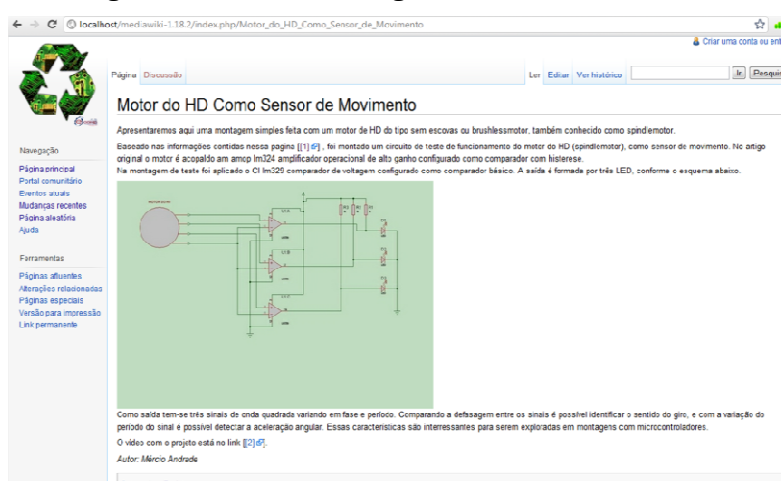


Figura 8. Exemplo de página do sitio colaborativo.

5. CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

A solução do problema do pêndulo invertido é fazer com que ele permaneça erguido na posição vertical mesmo com perturbações externas. Esse problema pode ser abordado de duas maneiras. A primeira usando controle clássico, obtendo o modelo matemático do dispositivo e achando a solução por aproximação linear do modelo ou resolvendo por espaço de estados, contudo para tal seria necessário conhecimento prévio de variáveis, como coeficiente de atrito viscoso da haste, atrito do carro, entre outros, o que exigiria a realização de ensaios para a obtenção desses valores. A segunda forma de resolver é aplicando técnicas de inteligência computacional, apropriadas para lidar com problemas que apresentam informações faltantes ou a princípio desconhecidas, o que dispensa a obtenção do modelo matemático.

Levando-se em consideração esse aspecto, o kit foi proposto como desafio a uma turma de alunos da disciplina de Sistemas Embarcados comum aos cursos de mestrado de Engenharia de Computação e mestrado em Engenharia de Sistemas da Universidade de Pernambuco. Foi proposto ao grupo resolver o problema do Pêndulo, usando o kit de treinamento, aplicando técnica de inteligência computacional embarcada em um microcontrolador. Para tal, o microcontrolador deveria se comunicar serialmente com o kit.

Para obtenção dos resultados desejados primeiro foi definido qual técnica de inteligência computacional melhor se adequava ao problema, as técnicas cogitas foram algoritmo genético, rede neural artificial, *neuro-fuzzy* e *fuzzy* (IBRAHIM, 2004). A abordagem



escolhida foi *fuzzy* levando em consideração a capacidade computacional do microcontrolador a ser empregado, no caso o microcontrolador PIC16F877A (MICROCHIP, 2012).

A segunda tarefa foi configurar a ferramenta de Desenvolvimento Assistido por Computador (CAD), usada para simular o microcontrolador PIC, de forma que ela fosse capaz de comunicar-se com a interface serial do kit de treinamento virtualizada via USB. Feito isso, estava pronto o ambiente para desenvolvimento dos códigos necessários.

Na terceira etapa realizada foi desenvolvido um protocolo de comunicação para estabelecer a troca de informações entre o microcontrolador PIC e o código de acionamento embarcado no kit de treinamento. O desenvolvimento desse código de comunicação permitiu o ensaio de testes de comando de velocidade e direção do carro e a leitura de ângulo de pêndulo e posição do carro. Criando assim a estrutura adequada para desenvolvimento do controle baseado na lógica *fuzzy*.

A forma escolhida para condução do experimento se mostrou inviável. Após vários testes e tentativas de ajuste nos conjuntos *fuzzy* foi observado que as simulações, apesar de não eximirem a capacidade dos PCs utilizados, não era executada em tempo real. Esse atraso gerava *delays* entre a percepção das informações do pêndulo e o envio de comandos. As ações sempre estavam baseadas em informações desatualizadas. Esse atraso mostrou-se crucial e impediu o correto funcionamento do experimento. Outras dificuldades como a reduzida capacidade de memória disponível no PIC16F877A dificultou o uso da técnica de controle uma vez que a memória disponível foi insuficiente para o número de regras *fuzzy* desejadas.

A evolução, já em andamento, do pêndulo invertido prevê o aumento no número de interfaces de comunicação, uma alteração no protocolo de comunicação bem como a inserção de uma rotina de testes, capaz de provar o correto funcionamento do pêndulo. Essas alterações aumentarão a flexibilidade de plataformas de comando do pêndulo, dará mais flexibilidade aos programadores bem como será capaz de provar seu bom estado de funcionamento.

6. DISCUSSÕES

A aplicação do kit de treinamento montado com peças de sucatas nas aulas práticas da disciplina de Sistemas Embarcados ressaltou algumas deficiências a serem superadas, como a necessidade de elaboração de um manual de operação do kit detalhando as práticas a serem executadas. Ao longo do tempo espera-se que as dificuldades experimentadas sejam divulgadas na página *wiki* criada na internet para compartilhamento de informações, permitindo que à medida que o experimento seja reproduzido ele possa também ser aperfeiçoado.

Em comparação com os kits de treinamento comerciais, o kit montado com sucata apresenta algumas diferenças: primeiro, o kit comercial usa servo motor para posicionar horizontalmente o carro, o que propicia ao dispositivo uma menor influência da inércia do conjunto carro mais pêndulo sobre o deslocamento horizontal do conjunto. Em segundo, o deslocamento do carro é feito por meio de rolamentos, o que reduz o atrito do carro com o eixo de deslocamento. Por último, as principais variáveis do conjunto, como momento de inércia, atrito viscoso e outros já são conhecidas e são fornecidas no manual do produto, enquanto que no pêndulo de sucata é necessário realizar ensaios específicos para se obter os valores referentes aos parâmetros físicos do conjunto.

Uma grande vantagem do kit é o baixo custo de montagem, uma vez que é grande a quantidade de sucata de equipamentos de informática e a possibilidade de ser montado por qualquer aluno que esteja interessado em realizar experimentos para aplicar os conhecimentos teóricos que aprendeu em sala de aula.



Outra questão importante é o cuidado necessário a ser tomado com relação ao descarte ambientalmente correto das peças não aproveitadas no processo de montagem. Esse é um ponto que desperta grande interesse, visto que, apesar de termos uma nova política para tratamento de resíduos sólidos, ainda não temos orientações claras de como descartar corretamente os resíduos potencialmente tóxicos dos equipamentos elétricos e eletrônicos. No futuro pretende-se disponibilizar na página *wiki* informações de para onde encaminhar o lixo digital a ser descartado de forma correta em prejuízo ao meio ambiente e à saúde humana.

7. CONCLUSÃO

Da realização do experimento conclui-se que é vantajosa a produção de artefatos montados com peças removidas de sucatas de TIC para atuarem como ferramenta educacional de baixo custo. O kit de treinamento aplicado na disciplina de Sistemas Embarcados permitiu aos alunos aplicarem na prática os conceitos teóricos para solucionar um problema do mundo real. Tanto o Kit quanto a página colaborativa na internet favoreceram o envolvimento dos alunos com o tema da preservação do meio ambiente.

Apesar das dificuldades iniciais de aplicação o kit apresenta-se como uma ferramenta educacional promissora de baixo custo, capaz de favorecer fortemente o aprendizado prático e envolver os estudantes com o tema da preservação do meio ambiente.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer aos alunos de mestrado: David Alain, Cristóvão Rufino, Waldir, Diogo, Diego Pinheiro, Débora Nascimento e Erick Barboza pelo empenho em desenvolver as tarefas propostas e contribuir com o avanço no desenvolvimento do kit. As melhorias atualmente são ponto central de artigo a ser publicado trazendo os alunos citados como autores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aprendendo com o lixo digital, Disponível em

<http://wikilixodigital.ecomp.poli.br/wiki/index.php/P%C3%Pagina_principal> Acessado em 11/06/2012

AHN, J. e JUNG, S. Swing-up Fuzzy Control of an Inverted Pendulum System for Control Education with na Experimental Kit, **International Conference on Control, Automation and Systems** 2008.

CUI, J. e FORSSBERG, E. Mechanical recycling of waste electric and electronic equipment: a review. **Elsevier, Journal of Hazardous Materials** B99, p243–263, 2003.

Googol, **Inverted Pendulum Experimental Manual**, Second Edition. Disponível em <<http://www.googoltech.com>>. Acessado em 20 de abril de 2012.

IBRAHIM, A. M. Fuzzy logic for Embedded Systems Applications, Elsevier Scienc004.

KUEHR, R e WILLIAMS, E. Computers and the Environment Understanding and managing their impacts. Holanda: **Kluwer Academic Publishers**, 2003.

LEE, Ching-Hwa et al. An overview of recycling and treatment of scrap computers. **Elsevier, Journal of Hazardous Materials**, B114, p. 93–100, 2004.



LIMA, J. L. et al. Inverted Pendulum Virtual Control Laboratory, 7th Portuguese **Conference on Automatic Control** Instituto Superior Técnico, Lisboa, Portugal, 2006.

MICROCHIP. PIC16F887A Datasheet. Disponível em <<http://ww1.microchip.com/downloads/Doc/41291F.pdf>> acessado em 01 junho 2012.

MIGUEZ, E. C. logística reversa de produtos eletrônicos: benefícios ambientais e financeiros, Dissertação de mestrado, UFRJ, 2007.

MEDIAWIKI. **Manual:What is MediaWiki?**. Disponível em <www.mediawiki.org>. Acessado em: 20 de Abril de 2012.

MURUGESAN, S. Adopting a holistic approach to greening IT is our responsibility toward creating a more sustaining environment. **IEEE Computer Society**, It Pro, 2008.

NNORM, I.C. ; OSIBANJO, O. Overview of electronic waste (e-waste) management practices. **Elsevier, Resources Conservation and Recycling** 52, pp 843–858, 2008.

QUANSER. **IP01 and IP02 - Single Inverted Pendulum (SIP): User Manual**. Disponível em <WWW.quanser.com>. Acessado em: 15 de abril de 2012.

YADAV, A. K., GAUR, P. Comparative Analysis of Various Control Techniques for Inverted Pendulum, 978-1-4244-7882-8, **IEEE** 2011.

SARIK, J. e KYMISSIS, I. Lab Kits Using the Arduino Prototyping Platform. 978-1-4244-6262-9, **Frontiers in Education Conference**, IEEE 2010.

SEAGWAY. Explore Segway PT Models for Individuals. Disponível em <<http://www.segway.com/individual/models/index.php>> Acessado em 01 de junho 2012.

SULTAN, K. Inverted Pendulum Analysis, Design and Implementation, Institute of Industrial Electronics Engineering, **IEEE Visionaries**, 2003.

VARIN, B. e ROINAT, P. The Entrepreneur's Guide to Computers Recycling Volume 1: Basics for starting up a computer recycling business in emerging markets. Paris:1ª ed. Tic Ethic Sarl. 2008.

WEEE AS DIDACTICAL RESOURCE ON PRACTICAL LESSONS ON POST-GRADUATION ON ENGINEERING – BALANCING

Abstract: *Equipments of Information Technology and Communication (ITC) damaged or obsolesces still have components well working. Components such as motors, sensors, relays, diodes and transistors can still be used in the assembly of artifacts to be applied in practical lessons of technical courses and graduations on engineering. In this context, we propose the creation of training kits assembled from WEEE (Waste Electrical and Electronic Equipment) and the development of a tool for sharing information regarding on the use of digital components removed for scrap. Thus facilitating the creation and reproduction of devices to be used for training in the practical lessons of technical and engineering courses. This article describes the experience of manufacturing a training kit, assembled with parts removed for scrap, which reproduces the experimental of inverted pendulum and applying it in practical classes in the discipline of embedded systems, for students in master's programs in Computer Engineering and Systems Engineering of the Polytechnic School of Pernambuco.*

Key-words: Digital Waste, Reuse, Training Kit, Engineers Formation, REEE.