



ESTÍMULO AO APRENDIZADO PRÁTICO DE ELETRÔNICA DIGITAL UTILIZANDO PROTÓTIPOS DE PROJETOS REAIS

Luiza Maria Romeiro Codá - luiza@sc.usp.br

Silvano Sotelo Pião - silvano.piao@usp.br

Rafael Santos Moura - rafael.santos.moura@usp.br

Universidade de São Paulo - Escola de Engenharia de São Carlos

Departamento de Engenharia Elétrica e de Computação

Laboratório de Eletrônica Digital

Av., Trabalhador São-Carlense nº400- Centro

13560-400-São Carlos-SP.

Resumo: *Nesse trabalho é apresentado um método de ensino de eletrônica digital baseado na cognição, modelo construtivista e no modelo construcionista, no qual o aluno é o construtor de conhecimento, participa do processo ensino/aprendizado, e o professor assume o papel de orientador. O objetivo do método consiste em estimular o interesse dos alunos pelo aprendizado prático de eletrônica digital através da utilização de protótipos de projetos reais nas aulas de laboratório. Esses protótipos são propostos, projetados e implementados pelos próprios alunos, sob a orientação da professora. As diversas técnicas de projeto e síntese de circuitos digitais são ensinadas ao aluno e ele as utiliza através do uso de uma ferramenta de software para projetar e sintetizar em um dispositivo lógico programável o circuito de controle desses protótipos. Desta forma, o aluno pode aprender eletrônica digital e visualizar o funcionamento de um projeto similar a um projeto real que ele possa vir a projetar em sua vida profissional futura.*

Palavras-chave: *Ensino de laboratório, Eletrônica Digital, Dispositivos Lógicos Programáveis, Construtivismo.*

1. INTRODUÇÃO

O modelo tradicional de aula (modelo instrucionista) o qual consiste na transmissão por parte dos professores do máximo de informações, referenciadas em um currículo pré-estabelecido, dificulta o crescimento do aluno, bloqueia a criação do conhecimento, fazendo com que o mesmo assuma um papel passivo no processo de ensino. Além disso, também é assumido que o aluno não apresenta nenhum conhecimento a ser agregado ao do professor (VALENTE, 2013), (FURTADO NETO *et al.*, 2012). Em um artigo sobre competências e habilidades no ensino de engenharia (CARVALHO *et al.*, 2010) os autores citam os resultados dos estudos de Felder (2005) que as posturas tradicionais utilizadas na educação em engenharia, com procedimentos que utilizam conhecimentos factuais e habilidades convencionais para solução de problemas pode se revelar totalmente questionável, mas é, seguramente, inadequada para o desenvolvimento de atributos como habilidades de comunicação, postura ética e



compreensão dos impactos das soluções da engenharia na sociedade, em âmbito global. Portanto, posturas não tradicionais para a educação em engenharia tem continuamente mostrado impactos e resultados superiores aos procedimentos costumeiros, e sua utilização vem crescendo de forma contínua nesta prática (CARVALHO *et al.*, 2010), (FELDER & BRENT, 2003), como as metodologias construtivista (PIAGET, 1977), baseada na cognição, e construcionista (PAPERT, 1986), baseada na criação, no desafio, no conflito e na descoberta.

O modelo Construtivista de Piaget consiste na idéia de que nada, a rigor, está pronto, acabado, e de que, especificamente, o conhecimento não é dado, em nenhuma instância, como algo terminado. Ele se constitui pela interação do indivíduo com o meio físico e social; e se constitui por força de sua ação e não por qualquer dotação prévia, na bagagem hereditária ou no meio (BECKER, 1994). O modelo construcionista de Papert (1986) consiste na abordagem pela qual o aprendiz constrói, por intermédio do computador, o seu próprio conhecimento (VALENTE, 2013). Na noção de construcionismo de Papert, 1986, existem duas ideias que contribuem para que esse tipo de construção do conhecimento seja diferente do construtivismo de Piaget. Primeiro, o aprendiz constrói alguma coisa, ou seja, é o aprendizado por meio do fazer. Segundo, o fato de o aprendiz estar construindo algo do seu interesse e para o qual ele está bastante motivado (VALENTE, 2013). O envolvimento afetivo torna a aprendizagem mais significativa. Portanto, o modelo construtivista instiga o discente a construir seu próprio conhecimento por meio da cognição e o professor tem a função de orientador, valorizando os temas propostos pelos discentes e propondo a realização de atividades em equipe.

O que pode ser observado muitas vezes dentro dos cursos de graduação em engenharia é que as práticas laboratoriais limitam-se apenas a realizações de simulações em ambiente virtual, onde características reais, que são amplamente encontradas em quase todos os sistemas reais, não são apresentadas (FURTADO NETO *et al.*, 2012). É necessária a reestruturação de procedimentos e posturas metodológicas de ensino/aprendizagem, tradicionalmente utilizadas nos cursos de engenharia e que refletem, na atualidade, experiência incipiente na área, especialmente aquela associada às práticas laboratoriais (GOMES & SILVEIRA, 2007), sendo assim o professor deve ter atitude aberta e incorporar o desenvolvimento tecnológico nas práticas pedagógicas (SANTOS NETO *et al.*, 2012).

Nesse contexto, a introdução de protótipos reais no ensino prático da eletrônica digital (CODÁ *et al.*, 2011) visa possibilitar ao aluno a experiência de projetar e verificar o funcionamento de um circuito real, complementando assim o tradicional modelo pedagógico instrucionista, propondo métodos de ensino dinâmicos e construtivistas. Esses protótipos são miniaturas de equipamentos ou máquinas cujos controles eventualmente o aluno venha projetar em sua vida profissional futura. Esses protótipos são propostos e idealizados pelos próprios alunos, de acordo com seus interesses, e são projetados e fabricados pelos mesmos, para posteriormente serem utilizados em aulas. O controle dos protótipos depois de fabricados é sintetizado em um Dispositivo Lógico Programável (PLD), do tipo CPLD (“*Complex programmable logic device*”) ou FPGA (“*Field-programmable gate array*”) nos módulos UP1 ou DE2-115 da Altera.

Este artigo está disposto da seguinte forma: na seção dois é apresentada uma descrição da metodologia de ensino empregada nas aulas de laboratório de eletrônica digital do depto. de Engenharia Elétrica e de Computação da EESC-USP. Na seção três são descritos os protótipos desenvolvidos e são apresentadas as características físicas dos módulos didáticos



de desenvolvimento UP1, DE2-115 da ALTERA. Na seção quatro são apresentados os resultados alcançados, e na seção cinco as conclusões e propostas de trabalhos futuros.

2. MÉTODO PROPOSTO

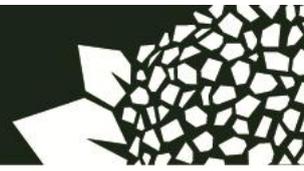
De acordo com BALCHEN *et al.* (1981) e citado em (SOUZA, 2010), “um experimento de laboratório deve mostrar idéias teóricas, refletir importantes problemas do mundo real, dar sensações acústica e visual, ter um adequado tempo de escala e experimentação, ser não perigoso e barato, e de fácil compreensão e utilização”. Além disso, aplicar nos experimentos de laboratório o conhecimento teórico é uma estratégia que motiva o aprendizado (BERNSTEIN, 1999). Desta forma, as aulas de laboratório devem estar organizadas e sincronizadas com as aulas teóricas e, devem através de experimentos e circuitos atrativos possibilitar a aquisição de experiência pela repetição aplicando no laboratório, o conhecimento adquirido nas aulas teóricas, envolver os alunos em atividades de prática em grupo, desenvolver a aptidão e a iniciativa de contornar as dificuldades da montagem prática (SOUZA, 2010).

O processo de aprendizagem é estimulado quando há curiosidade e interesse do próprio aluno. Práticas de laboratório que tragam situações que o aluno, intuitivamente, perceba que são semelhantes às que enfrentará em seu futuro ambiente de trabalho despertam o interesse em aperfeiçoar seu conhecimento (SOUZA, 2010), (CODÁ *et al.*, 2011). Mediante essas afirmações, muitos autores têm se preocupado em propor métodos de ensino de laboratório para melhorar o aprendizado em eletrônica digital, como os descritos em (SOUZA, 2010) e (ZAPELINI, 2001), e citados em (CODÁ *et al.*, 2011). A proposta de metodologia apresentada neste trabalho tem como ponto central a utilização, nos experimentos de laboratório de eletrônica digital, protótipos que reproduzem o funcionamento de um projeto real, os quais são de interesse e propostos pelos alunos, possibilitando assim sua participação no processo ensino/aprendizado.

2.1 Descrição do método proposto

Com objetivo de modernizar o ensino de Eletrônica Digital nos cursos de engenharia e de fornecer ao aluno ferramentas de motivação ao aprendizado, o método proposto se baseia em incluir inovações e cuidados na elaboração das práticas e do ambiente de trabalho como as listadas a seguir:

- Utilizar nos experimentos protótipos que reproduzem o funcionamento e a arquitetura de máquinas e dispositivos utilizados em diversas áreas onde o aluno, depois de formado engenheiro, atuará, como por exemplo: automação industrial, telecomunicações, controle, etc.;
- Os protótipos são sugeridos, projetados e manufaturados pelos próprios alunos, que já concluíram as disciplinas de laboratório de sistemas digitais, utilizando de preferência material sucateado, incentivando a reutilização;
- O circuito de controle dos protótipos é projetado e implementado pelo aluno matriculado nas disciplinas de eletrônica usando de preferência lógica programável;
- O conteúdo das práticas é vinculado à teoria de forma que o conjunto de todos os trabalhos contemple o conhecimento da disciplina de forma integrada, com abordagem de assuntos relacionados não dissociados e não compartimentados;
- As práticas são focadas na implementação de circuitos com componentes de tecnologias atuais, avançadas, como a de dispositivos programáveis do tipo HCPLD



- (Dispositivo Lógico Programável de Alta Complexidade), de tal maneira a preparar o aluno para o mercado competitivo;
- As práticas realizadas em grupo, para incentivar a integração e a socialização;
 - As medidas elétricas e eletrônicas são realizadas em equipamentos com tecnologia atual possibilitando medidas precisas.
 - Laboratórios com computadores e *internet* facilitando o acesso ao conhecimento e ao mundo digital;
 - O conteúdo das disciplinas disponíveis na *internet* e utilização do sistema MOODLE ("*Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment*"), facilitando a interação aluno/professor;
 - Ferramentas de projeto e simulação de circuitos com portas básicas convencionais e de dispositivos "*on chip*" atualizadas e disponíveis nos computadores do laboratório.

2.2 Vantagens do método proposto

A introdução nas práticas de protótipos de circuitos reais permite ao aluno vivenciar situações mais próximas das que enfrentará em seu futuro ambiente de trabalho, despertando o interesse por aperfeiçoar seu conhecimento adquirido na teoria.

Como os protótipos são projetados e manufaturados pelos alunos que cursaram a disciplina em anos anteriores, sob a orientação do professor, estes alunos contribuem para o aprendizado de seus colegas, participando ativamente do processo do ensino/aprendizado e aumentando assim a interação aluno/professor. E, por serem os agentes, o aprendizado das técnicas de síntese de circuitos digitais torna-se mais atrativo.

Por se tratar de um sistema completo, o projeto desses protótipos converge diversas áreas, tanto da eletrônica como de outras engenharias (e.g. mecânica) possibilitando ao aluno uma visão global do sistema. Isto propicia agregar o aprendizado em outras subáreas em um único projeto, proposta esta inovadora no ensino da eletrônica. Além disso, os materiais utilizados na confecção desses protótipos são, na sua maioria, reaproveitados de equipamentos obsoletos ou rejeitados, incentivando a prática de reutilização, que, além de ser ambientalmente correta, reduz o custo e possibilita ao aluno estimular sua criatividade.

O enfoque do curso enfatiza o ensino do projeto de dispositivos lógicos programáveis, utilizando tecnologias atuais. Devido à facilidade de implementação e baixo custo, esses dispositivos estão ganhando lugar no mercado, e é uma formação indispensável para um projetista de sistemas digitais. O controle dos protótipos é projetado, simulado e sintetizado em circuitos lógicos programáveis através do uso de uma ferramenta de software, o que facilita a verificação de erros e o trabalho de elaboração do projeto.

Por serem realizadas em grupo, as práticas possibilitam ao aluno o aprendizado de cooperação, essencial ao profissional que for trabalhar em uma empresa. Laboratórios com equipamentos, componentes e dispositivos de tecnologia atuais contribuem para a motivação do aprendizado, e remetem o aluno ao nível de competitividade no mercado de trabalho. Práticas disponíveis na *internet*, através do sistema MOODLE, e o acesso fácil à rede facilitam a evolução técnica do aprendiz.

3. DESENVOLVIMENTO DOS PROTÓTIPOS

A idéia principal na elaboração dos protótipos é de ser um sistema completo, que agregue diversas áreas da engenharia, e que reproduza, de forma mais realística possível, o funcionamento de dispositivos ou máquinas utilizadas em ambiente profissional. Os protótipos são, na maioria das vezes, dispositivos sugeridos pelos alunos, por demonstrarem interesse na verificação de seu funcionamento. Eles geralmente são compostos de uma parte mecânica, um circuito de visualização com LEDs ou *displays* e um circuito de controle, o qual é sintetizado em dispositivos do tipo CPLDs (*Complex Programmable Logic Devices*) ou FPGAs (*Field Programmable Gate Arrays*). Os projetos são elaborados e manufaturados pelos próprios alunos, com a orientação da professora e eventual auxílio dos técnicos de laboratório. Os circuitos de controle são sintetizados em dispositivos lógicos programáveis. A interface entre o protótipo e seu circuito de controle é feita através de conectores que facilitam o acesso aos sinais dos sensores.

3.1 Descrição dos protótipos

Jogo de dados

Trata-se de um protótipo que representavizualmente dois dados através de uma placa com 7 LEDs (*Light-emitting diode*) dispostos de tal maneira que, de acordo com o projeto do circuito de controle, possa ser implementado um jogo de dados onde todas as combinações dos dois dados (de 1 a 6 LEDs acesos) podem ser obtidas, ver Figura 1. A proposta de controle do jogo de dados possibilita aos alunos utilizarem o conceito de máquina de estados.

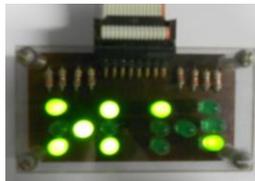


Figura 1- Jogo de dados

Display de LEDs Rotativo

O protótipo do display LED rotativo, Figura 2(a), consiste em uma placa com 9 LEDs, um soquete para CPLD EPM7128SLC84, um oscilador de 10MHz, uma bateria de 9V e um regulador de tensão 7805. O controle dos LEDs é programado no CPLD e deve ser tal que envie a informação de acendimento dos LEDs compatível com as letras que se deseja visualizar. Ao rotacionar o protótipo com uma velocidade adequada a visualização, através da persistência visual, pode-se ler a palavra programada, como pode ser visto no exemplo da Figura 2(b), onde a palavra é USP.

Semáforos de cruzamento e de pedestre

A Figura 3 mostra miniaturas decoradas de semáforos de cruzamentos de vias e de travessia de pedestre em via de mão única. Cada semáforo possui um LED vermelho, um LED amarelo e um LED verde. O semáforo de pedestre apresenta um botão para solicitação de passagem pelo pedestre e um *buzzer* que pode ser programado para

sinalizar aos pedestres, como fazem alguns semáforos reais, possibilitando a travessia de deficientes visuais. E, desta forma, conscientizar os alunos acerca da importância de projetar circuitos adequados a pessoas portadoras de deficiência. O projeto do circuito de controle para esses protótipos possibilitam aos alunos a utilização de contadores, na configuração de temporizadores, que são essenciais em qualquer circuito de eletrônica digital e, A inclusão do botão exige do aluno, um controle ativo dos contadores de tempo e torna o programa mais complexo.

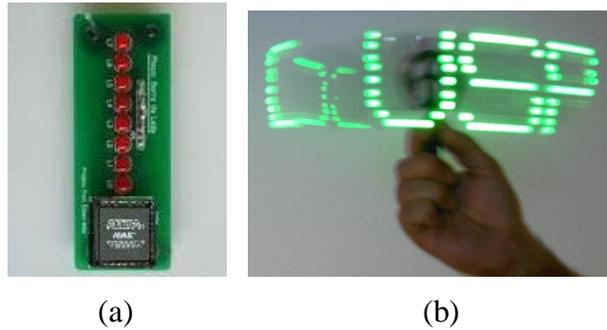


Figura 2 - Display de LED Rotativo.

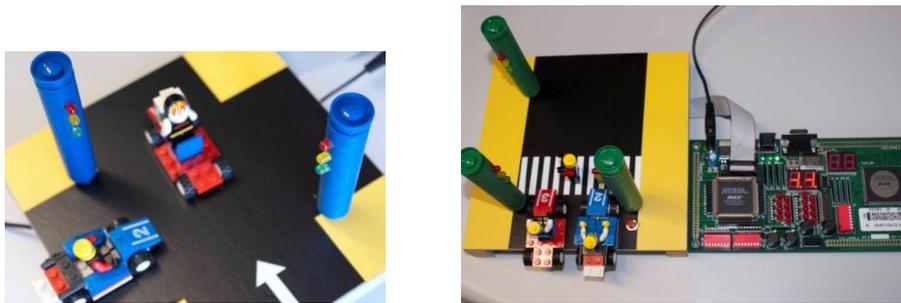


Figura 3 – Semáforo de cruzamento (esq.) e de pedestre ligado ao módulo didático UP1 Altera (dir.).

Relógio digital

Este módulo, mostrado na Figura 5, foi projetado para acolher todas as funções de um relógio digital comercial. Possui 6 *displays* de 7 segmentos (hh:mm:ss), um *buzzer* para tocar alarmes, dois LEDs para indicar a passagem dos segundos, um oscilador para prover a temporização, e 4 botões genéricos, cujas funções podem ser programadas livremente. Pode funcionar como relógio comum, despertador, e cronômetro. O projeto de controle deve prever o envio das informações aos displays sequencialmente (um de cada vez), com uma frequência alta suficiente para que o olho humano tenha a ilusão de que todos estejam acesos ao mesmo tempo (conceito de persistência visual). Essa técnica de varredura também é utilizada para economizar energia, pois apenas um *display* é aceso de cada vez,

Jogo de Memória

O protótipo Jogo de Memória eletrônico, Figura 6, consiste em uma plataforma de madeira com 4 (quatro) botões de acrílico com cores diferentes. A parte elétrica é composta por LEDs, um buzzer, uma CPLD. Os botões coloridos ao serem tocados, leds

de mesma cor dos botões se acendem, possibilitando a implementação de um jogo de sequências coloridas. Esse protótipo propicia ao professor a aplicação de vários conceitos teóricos de projetos digitais apenas pela mudança na complexidade do exercício.



Figura 5 - Relógio Digital



Figura 6 - Jogo de Memória

Girassol

O protótipo Girassol reproduz o comportamento de células solares utilizadas em campos de geração de energia, que usam este sistema para obter a máxima eficiência. O nome girassol foi dado por ser um movimento observado nos girassóis, sendo também uma maneira de mostrar que a natureza pode servir como inspiração para projetos avançados, e estimular métodos ecologicamente sustentáveis de geração de energia, que estão cada vez mais acessíveis com preços mais baixos e maior disponibilidade no mercado. O protótipo Girassol, mostrado na Figura 7, é formado por uma célula solar presa ao eixo de um mini servomotor, e dois LDRs (*Light Dependent Resistors*) conectados em cada extremidade da célula solar. A saída da célula é conectada a um motor DC de baixa potência. Os LDRs, conectados a um conversor analógico/digital, possibilitam calibrar e otimizar o posicionamento da placa solar. O conversor fornece um valor digital proporcional à tensão sobre cada LDR, que por sua vez, é proporcional à intensidade de luz recebida por ele. O circuito de controle analisa o valor digital para decidir o sentido de movimentação do servomotor, de modo que a célula receba sempre a máxima incidência de luz possível. A rotação do motor DC, que é produzida pela célula solar, permite que os alunos avaliem a quantidade de energia produzida. No laboratório uma luminária é utilizada como fonte de luz, no lugar do sol. A inclusão desta prática proporciona o fortalecimento do conhecimento adquirido sobre aplicação de contadores, uso de servomotor, motor DC, sensores de luz, conversores analógico/digital e sistemas realimentados utilizando CPLD ou FPGA.

Cofre Eletrônico

Uma aplicação comum em sistemas digitais é a aquisição e interpretação de dígitos de um teclado, portanto, foi construído um cofre eletrônico digital, mostrado na Figura 8(b). O cofre eletrônico consiste em uma caixa de acrílico transparente, possibilitando que o aluno visualize o funcionamento mecânico do dispositivo, com sistema de travamento eletromecânico, um sensor de travamento da porta, um teclado, e também LEDs e sinal sonoro para indicarem o status do cofre como *trancado* ou *senha incorreta*. O sistema de travamento da porta utiliza um servo motor o qual é controlado por dispositivos lógicos programáveis (PLDs). Os comandos para travamento e abertura do cofre são inseridos pelo usuário através de um teclado de membrana. A Figura 8(a) mostra a foto do topo do cofre com o teclado de membrana e os LEDs.



Figura 7 - Protótipo Girassol

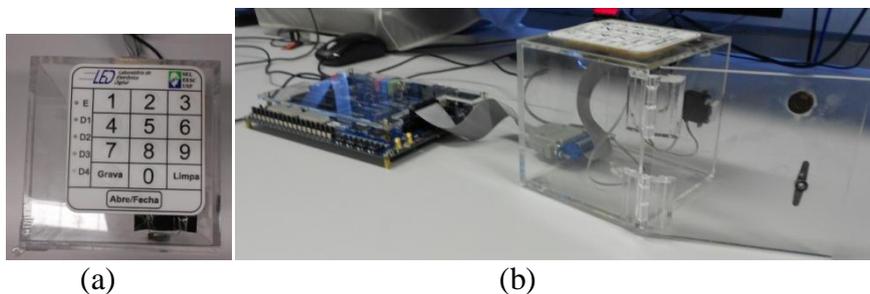


Figura 8 - (a) Cofre eletrônico (b) ligado ao módulo DE2-115 da Altera.

Mini Elevador

Este protótipo, mostrado na Figura 9, é um modelo em miniatura de um elevador de quatro andares, com botões externos e internos para simular o funcionamento de um elevador real. O circuito de controle programado no CPLD é responsável por controlar os motores (de passo e servo), recebe informação dos botões e dos sensores infravermelhos de cada andar, e é responsável por processar os pedidos de chamadas através dos botões, e acionar o motor de passo para posicionar o carro do elevador em cada andar, de acordo com a lógica programada, que é arbitrária. A presença do carro do elevador no andar correto é informada ao CPLD através de sensores infravermelhos presentes em cada andar, e então o controle aciona o servomotor para abrir a porta, e fechá-la após certo tempo enquanto um sinal sonoro (*buzzer*) pode ser acionado. Os *displays* de sete segmentos presentes em cada andar mostram o número do último andar por onde o elevador passou.



Figura 9 - Protótipo Mini Elevador de 4 andares

3.2 Circuito de controle dos protótipos

O circuito de controle dos protótipos de máquinas reais é sintetizado em CPLDs ou em FPGAs. A ferramenta disponível no laboratório para projeto e simulação é a Quartus II 13.0 da Altera (Quartus II, 2013) e para programação e configuração a plataforma utilizada são os módulos didáticos da Altera UP1 e DE2-11, mostrados nas Figuras 11 (a) e (b), respectivamente.

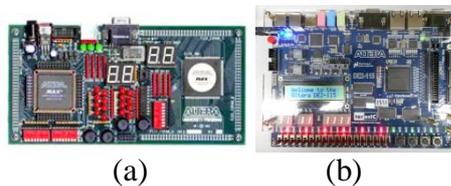
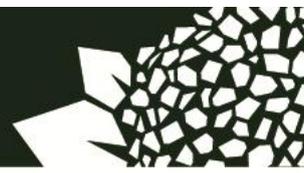


Figura 10 - (a) Módulo UP1 da Altera. (b) Módulo DE2-115 da Altera.

O módulo didático UP1, Figura 1(a), da Altera dispõe de um CPLD da família MAX7000S (EPM7128SLC84-7) e um FPGA da família FLEX10k (EPF10k20RC240-4), osciladores (cristal), *push-buttons*, *dip-switches*, LEDs polarizados e displays de 7 segmentos dedicados para cada um dos dois CIs (Circuitos Integrados). Possui ainda conector para interface paralela (PC, via padrão JTAG) e um conjunto de conectores que possibilitam a conexão para outro circuito (como para os protótipos desenvolvidos).

O módulo didático DE2-115 Altera, Figura 1(b) é um módulo de vanguarda da Terasic. Apresenta uma grande quantidade de interfaces para acomodar as diferentes necessidades de aplicação. E, possibilitará que protótipos mais complexos sejam fabricados. Possui programador *USB-Blaster* embutido, cartão SD, conector para microfone, saída e entrada de vídeo, porta RS232, sensor infravermelho, porta para teclado ou mouse, *ethernet*, USB (tipos A e B), 8 *displays* de 7 segmentos, *display* de caracteres LCD 16x2, 18 Chaves, 18 LEDs vermelhos e 9 verdes, 4 botões (sem ruído), *clock* de 50 MHz e entrada e saída para *clocks* externos.

A ferramenta Quartus II da Altera é utilizada para projetar o circuito de controle dos protótipos e sintetizar em CPLD ou FPGA dos módulos didáticos utilizando esquemático ou, para projetos mais complexos, linguagem de descrição de Hardware, no caso é utilizada a VHDL ("VHSIC Hardware Description Language") (D'AMORE,



2005), padronizada pelo IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineer's*), onde o projetista descreve o comportamento do circuito. Após a finalização do esquema que descreve o circuito, o usuário pode verificar o correto funcionamento através da visualização das formas de ondas de entrada e saída, obtidas por simulação. Depois desta etapa é feita a síntese para o tipo de arquitetura reconfigurável escolhida, e em seguida são descarregados os *bitstreams* (bits de configuração) obtidos utilizando o próprio ambiente de desenvolvimento de projetos.

4. RESULTADOS OBTIDOS

Antes da utilização em aula dos protótipos de projetos reais, os alunos observavam o funcionamento dos circuitos projetados nos módulos didáticos UP1 da Altera. A verificação do correto funcionamento se baseava apenas na observação de LEDs acesos ou apagados e *displays*. Apelando agora para o lúdico, com a introdução dos protótipos, os alunos mostraram um entusiasmo com a oportunidade de verificar o funcionamento de um projeto deles próprios em um equipamento semelhante ao real.

Para verificar o efeito da aplicação do método didático de introdução dos protótipos no ensino da eletrônica, uma turma de 50 alunos foi dividida em duas. Foi solicitado o mesmo projeto para as duas turmas (25 alunos cada). Para uma delas foram fornecidos os protótipos para verificação do funcionamento e, para a outra foi fornecido apenas os módulos didáticos da Altera. Em seguida, Foi aplicado um questionário no qual os alunos avaliaram o método de verificação do funcionamento do projeto, com e sem protótipo. O resultado foi unânime quanto a utilização dos protótipos de projetos reais em aula. Os alunos que não utilizaram os protótipos se mostraram frustrados em não conseguirem abstrair uma aplicação real. Os alunos que utilizaram os protótipos responderam positivamente quanto a verificarem o funcionamento de um projeto completo, controlado por eles, funcionando como em uma aplicação real, possibilitando uma melhor compreensão e visualização do projeto.

Dessa experiência resultou a formação do grupo LED_D (Laboratório de Eletrônica Digital_Desenvolvimento), onde os alunos propõem, projetam, fabricam os protótipos utilizados em aula.

A utilização de dispositivos de tecnologias atuais, como dispositivos lógicos programáveis, possibilita aos alunos a visualização e interpretação da constante evolução tecnológica, e os protótipos permitem que os alunos tenham idéia das reais possibilidades de aplicações destes dispositivos.

Os alunos que participaram do projeto e manufatura dos protótipos puderam observar o processo e as dificuldades reais para a execução de um projeto, desde a idealização teórica aos testes e aperfeiçoamento finais, incluindo seleção de materiais e análise de alternativas econômicas e ecológicas. Eles também aprenderam a elaborar os projetos com direcionamento didático, buscando a aplicação de conhecimentos importantes no estudo da eletrônica digital, sem desperdício no tempo de aula e sem criar dificuldades extras aos alunos das disciplinas de laboratório de sistemas digitais.

Desta forma, a metodologia proposta possibilita aos alunos de laboratório o vislumbre das aplicações e implicações das experimentações na futura profissão a ser exercida, facilitando o desenvolvimento de suas potencialidades. E, o trabalho dos alunos no projeto e manufatura dos protótipos contribuiu para a criação de atividades mais condizentes com as necessidades e dificuldades dos alunos e superar possíveis falhas no processo pedagógico.



5. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Como atividades práticas são de grande relevância para a formação/motivação do aluno, neste trabalho foi proposta uma metodologia de ensino de laboratório de eletrônica digital visando torná-las mais atraentes e desafiadoras, estimulando o aprendizado. As principais metas da metodologia são proporcionar ao aluno conhecimentos técnicos suficientes para enfrentar o mercado de trabalho competitivo. Com esse objetivo, foi utilizado, nas práticas de implementação de circuitos eletrônicos, protótipos que reproduzem o funcionamento de equipamentos e máquinas reais, somados a técnicas e componentes de última geração, na construção dos circuitos de controle desses dispositivos. Os resultados mostraram que essas inovações propostas, baseadas na cognição (construtivismo, (PIAGET, 1977)), e construcionismo (PAPERT, 1986), contribuíram para um aumento na motivação e estímulo do aprendizado fundamentado no desenvolvimento de soluções baseadas em problemas realísticos, aproximando o ensino didático da realidade profissional.

Essa metodologia possibilitou ao aluno vivenciar situações mais próximas das que enfrentará em seu futuro ambiente de trabalho aprimorando sua formação profissional. Auxiliou ampliar a interação docente/aluno e a participação do aluno no processo ensino/aprendizado.

Como atividade futura, serão fabricados projetos já propostos pelos alunos como o de um afinador digital uma mini pista de pouso de avião, no qual será utilizado um sensor ultrassônico, e de um jogo de tênis, todos sob a orientação e supervisão da professora, na direção sempre de projetar circuitos mais complexos além de aprimorar o conhecimento nas técnicas de síntese de sistemas digitais.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a colaboração dos demais componentes do Grupo LED_D e do técnico em eletrônica Rosenberg Julio da Silva por auxiliarem nas montagens dos protótipos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALCHEN, J. G.; HANDLYKKEN ,M.; TYSSO ,A. The Need for Better Laboratory Experiments in Control Engineering Education. In: 8th World Congress of IFAC. Kyoto, Japan, 1981.

BECKER, F.; O que é construtivismo?. São Paulo: FDE, n. 20, p 87 - 93. 1994.

BERNSTEIN, D. S.; Enhancing Undergraduate Control Education. In: IEEE Control Systems, p. 40-43. 1999.

CARVALHO, R. T.; VALENTE, H.B.; GOMES, F. J.; Construindo Competências e Habilidades na Educação em Engenharia com o Ramo Estudantil IEEE DA UFJF. COBENGE, 2010.

CODÁ, L. M. R.; PIÃO, S. S.; OLIVEIRA, F. A. M. de; MARQUES, D.; Ensino de Laboratório de Eletrônica Digital utilizando Protótipos de Projetos Reais. Inovar o Ensino, Melhorar o Aprendizado; Ed. Nídia Pavan Kuri, Paulo Cesar Lima Segantini-São Carlos: CETEPE- EESC-USP, p93-108, 2011.

D'AMORE, R. Vhdl - Descrição e Síntese de Circuitos Digitais, Rio de Janeiro, RJ, Brasil: editora LTC, 255p. 2005.



- FELDER, R** . Engineering Education in 2015 (or Sooner), Proceedings of the 2005 Regional Conference on Engineering Education December, Johor, Malaysia, 2005.
- FELDER, R.M.; BRENT, R.** Designing and Teaching Courses to Satisfy the ABET Engineering Criteria, J.Engr. Education , 92(1), p. 7–25, 2003.
- FURTADO NETO, G.; SILVA, B. L. E. da; ARAÚJO Jr., L. O de & PEREIRA, R. R.** Utilização do Kit Lego Mindstorm NXT no Ensino de Controle de Processos. Anais: XL Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, Belém-PA, UFPA, 2012.
- GOMES, F. J.; SILVEIRA, M. A.** Experiências Pedagógicas In: Manual de Automação e Controle, São Paulo SOCIEDADE BRASILEIRA DE AUTOMÁTICA, 2007.
- PAPERT, S.;** Constructionism: A new opportunity for elementary science education. A proposal to the National Science Foundation, Massachusetts Institute of Technology, Media Laboratory, Epistemology and Learning Group, Massachusetts, 1986.
- PIAGET, J.** Recherches sur l'abstraction réfléchissante. Études d'épistemologie génétique. PUF, tome 2, Paris, 1977.
- SANTOS NETO, A. F.; BARROSO, J.; QUINTINO, J.; GOMES, F.; BARBOSA, F.;** Tornando a educação em Controle de processos mais realista: a utilização do protocolo OPC. Anais: XL COBENGE, Belém-PA, UFPA, 2012.
- SOUZA, K. N.** Laboratório de Eletrônica Digital (DEECT/UFC) Novas Propostas de Práticas e Integração com o Primeiro Ano de Engenharia Elétrica. abril, 2010; disponível em:
 <http://www.cefetrio.hpg.ig.com.br/ciencia_e_educacao/8/CI/pld2/default.htm>
 Acesso: 06 jun. 2010.
- VALENTE, J.A;** Informática na educação: instrucionismo x construcionismo. Disponível em: <<http://www.educacaopublica.rj.gov.br/biblioteca/tecnologia/0003.html>> acesso em: 08 jun. 2013.
- ZAPNELINI, W. B.** Um Ambiente de Experimentação Educativa em Eletrônica Digital. XXIX COBENGE: PUCRS - Porto Alegre/RS, 2001.

STIMULUS TO PRACTICAL LEARNING OF DIGITAL ELECTRONICS CIRCUITS USING REAL PROJECTS PROTOTYPES

Abstract: In this paper we present a method of teaching digital electronics based on cognition, constructivist model and the constructionist model, in which the student is the builder of knowledge, participates in the teaching / learning process, the teacher assumes the role of advisor. The aim of the method is to stimulate students' interest in learning practical digital electronics through the use of real prototype designs in labs. These prototypes are proposed, designed and implemented by the students, under the guidance of the teacher. The different techniques of design and synthesis of digital circuits are taught to the student and he uses through the use of a software tool to design and synthesize in a programmable logic device control circuitry of these prototypes. In this way, students can learn digital electronics and visualize the functioning of a design similar to a real project that he can come to design in their future professional life.

Key-words: Teaching Lab, Digital Electronics, Programmable Logic Devices, Constructivism