



- **SOFTWARE EDUCACIONAL DE EMULAÇÃO DE PLANTAS DE PROCESSOS INDUSTRIAIS DISCRETOS CONTROLADAS POR CLP VIA MICROCONTROLADOR**

**Carlos Eduardo R. Batista** - Carlos.petcontrole@hotmail.com

**Marlon J. Carmo** - marloncarmo@ieee.org

**Ângelo R. Oliveira** - a.oliveira@ieee.org

**Lindolpho O. A. Junior** - lindolph@gmail.com

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Campus III

Rua José Peres, 558 – Centro.

36700-000 – Leopoldina – MG

***Resumo:** A proposta desse artigo é apresentar um "Ambiente Inteligente", com uma interface gráfica desenvolvida no Visual C#.NET, o objetivo dessa interface é ser controlada por um Controlador Lógico Programável (CLP) real. Para a realização do trabalho foi necessário um trabalho multidisciplinar unido conceito de Linguagem de Programação de Alto Nível, Automação e Controle. A plataforma desenvolvida emula processos industriais com atuadores e sensores virtuais que enviam ao CLP parâmetros a serem controlados e executados. A execução do programa no controlador é realizada a partir da supervisão e da interatividade, do aluno, com a interface. A comunicação entre o controlador e a interface gráfica se dá por meio do uso de microcontrolador PIC 18F4550 via cabo USB. Tal concepção será utilizada como ferramenta educacional, com a finalidade de suprir a deficiência no ensino de disciplinas de Automação e Controle de processos industriais discretos nos cursos técnicos e superiores de Engenharia, auxiliando os estudantes a absorverem melhor o conhecimento e o processo de ensino – aprendizagem.*

***Palavras-chave:** CLP, Ambiente Inteligente, Software Educacional.*

## 1. INTRODUÇÃO

O Controlador Lógico Programável (CLP) é um equipamento eletrônico digital, que utiliza uma memória programável para armazenar internamente instruções e para programar funções específicas, tais como: lógica, seqüenciamento, temporização, contagem e operações aritméticas. Controlando por meio de módulos de entradas e saídas, vários tipos de máquinas e processos.

Foi desenvolvido pela a empresa Modicon (atual Schneider Electric) em 1968, com o objetivo de substituir os complicados painéis de relés eletromecânicos. Tais painéis apresentavam grandes problemas, como a dificuldade para atualização, alto custos e necessidade de uma mão de obra especializada. (JUNIOR, 2003).

Realização:



Organização:





Ao longo dos quarenta e quatro anos, a utilização do CLP foi difundida em diferentes setores industriais que exigiam plantas automatizadas, passando a ser utilizado para o controle de processos discretos em varias áreas. Nesse contexto surge à dúvida será que as universidades atuais estão preparando profissionais com múltiplos conceitos e capazes de se adequar aos diferentes cenários de utilização do controlador?

Muitos profissionais estão saindo das universidades apenas com informações introdutórias do controlador, com conhecimento específico em uma pequena área da atividade profissional, cabendo as grandes empresas investirem em treinamentos em grandes plantas, muitas vezes localizadas em outras cidades ou países. O treinamento acarreta um alto custo e formações de profissionais com conhecimentos específicos somente naquela linha de produção (PEREIRA *et al*, 2009).

De acordo com Dick Morley, inventor do CLP, *“os atuais profissionais precisam entender que a tecnologia e os métodos de produção atuais são irrelevantes, de um dia pro outro ela se torna obsoleta. Eles têm que trazer das universidades os princípios fundamentais teóricos e a capacidade de se aderir a novas situações em diferentes ambientes”* (MORLEY, 2011).

O mercado de trabalho atual exige um profissional multidisciplinar capaz de se adaptar as diferentes situações. Assim, para as universidades formarem os profissionais com o perfil compatível com o contexto da sociedade atual, é necessário que elas tenham a sua disposição ferramentas de emulação e simulação, de baixos custos, que assemelham se com processos discretos reais. Sendo indispensáveis que essas ferramentas apresentem diferentes níveis de aplicações e complexidades. Servindo como apoio para absorção dos conceitos teóricos (VALENTIM *et al*, 2009).

Estudos comprovam que somente através de ferramentas educacionais é possível unir os conceitos teóricos com as aplicações práticas. Apenas com uso de tais será possível formar profissionais no conceito de habilidades e competências (MCDERMOTT *et al*, 2007).

A proposta deste trabalho é apresentar uma ferramenta desenvolvida para suprir a deficiência no ensino de disciplinas que envolvam automação e controle de processos industriais.

A ferramenta trata-se de um *Software educacional de Emulação de Plantas de Processos Industriais Controladas por CLP via Microcontrolador*. A idéia foi concebida com a finalidade de auxiliar na educação direta dos cursos de engenharia nas instituições de ensino.

A intenção da plataforma é criar um “Ambiente Inteligente”, emulando sensores e atuadores reais que participam de um processo automático como, válvulas, bombas e motores. Graduando alunos com conhecimento em diferentes setores de aplicações que utilizam uma lógica de programação. E aumentando a capacitação dos profissionais recém formados, sem a necessidade de enviar-los a grandes centros de treinamentos.

O projeto conta com interfaces supervisoras visual, possibilitando o controle instantâneo de uma planta fabril. Para a criação desse sistema foi utilizados programas para a criação das imagens. A linguagem de programação utilizada foi a Visual C#. NET, versão *Express*. O software foi escolhido por oferecer um ambiente de desenvolvimento integrado totalmente gráfico e de fácil criação de interfaces.

O funcionamento da plataforma se dará por meio da comunicação do CLP com um Kit de microcontrolador que terá a função de repassar ao software desenvolvido os parâmetros de entrada e a saída utilizada no CLP.

O trabalho foi estruturado em quatro etapas. A seção dois apresenta-se a metodologia utilizada na criação do trabalho. A seção três traz a modelagem da telas de simulações no



Visual Studio bem como a programação do controlador na linguagem ladder. Na seção quatro apontam-se os resultados esperados com o trabalho. Na seção cinco conclui-se este trabalho.

## **2. TÉCNICAS UTILIZADAS PARA EFETUAR A COMUNICAÇÃO ENTRE OS EQUIPAMENTOS DE CONTROLE, MICROCONTROLADOR E PC**

O trabalho consistiu em três partes sendo elas: a criação da interface e do código fonte; a programação da comunicação do microcontrolador com o Controlador Lógico Programável e a programação do CLP em ladder para as situações propostas.

A plataforma de emulação assim como toda a sua interface foi estruturada na linguagem Visual C#.NET, versão *Express*. O software escolhido para o desenvolvimento do designer visual da plataforma foi o Visual Studio.

O Visual C# é célebre por possuir ferramentas para desenvolvimentos de componentes, jogos e projetos de gerenciamentos que interagem com portas COM e com aplicações Web. Alia-se ao fato que sua versão *Express* poder ser utilizada gratuitamente para fins educacionais. Destaca na criação de software com bons índices de confiabilidade, flexibilidade e portabilidade (FAISON & FAISON, 2002).

A preocupação de se usar uma plataforma .NET, foi por ser um ambiente independente da maquina e do sistema operacional. Dessa forma o programa pode ser executado dando em Linux como Unix e Windows.

Foi selecionada essa técnica de usar a programação Visual C# para a criação da interface principal, por se abordar de uma linguagem muito utilizada na criação de programas dinâmicos, como jogos. E por se tratar também de um software que apresenta um ambiente visual, orientado a objeto, contendo tratamento de exceções, execuções de Multi thread e bibliotecas especializadas em comunicações com portas seriais.

Uma das propostas para aumentar o número de ambiente, é que empresas e universidades não apenas utilizam as situações pré-definidas de processos industriais discretos a serem controlados, em treinamentos de alunos e funcionários, como também que os próprios instrutores criem no Visual novos processos de acordo com as suas áreas de atuação.

Através da emulação o aluno supervisionará em tempo real, as disfunções dos equipamentos instalados. Caso haja uma alteração dos parâmetros, o próprio software através de comando preestabelecido sobre o CLP executará funções de controle.

A interface desenvolvida e o controlador lógico comunicam se através de um Kit de microcontrolador.

O microcontrolador escolhido para o sistema de automação foi o microcontrolador PIC 18F4550, conforme a “Figura 1”.



Figura 1- Kit de microcontrolador



A grande vantagem de se utilizar o microcontroladores está no fato da facilidade de se montar um sistema prático de comunicação com um custo reduzido e com uma estrutura mais simplificada (WOJSZNIS; & BLEVINS, 2002).

Com a utilização de microcontroladores, projetos envolvendo automação de ambientes tornam-se bastante facilitados, pois ele consegue substituir circuitos eletrônicos contendo um grande número de outros componentes (CARMO, 2005).

O microcontrolador é responsável por obter os dados da interface e transmiti-los ao CLP via porta serial RS-232. Na comunicação serial, a informação a ser transmitida é fracionada bit a bit, que são enviadas ao equipamento receptor uma após a outra, em série (ALBURQUERQUE *et al*, 2007).

Ao receber o sinal, o controlador terá a função de executar o programa Ladder criado pelo discente em treinamento. Após a execução do programa esse enviará os dados de saída para o microcontrolador fazendo a interatividade com a tela de simulação via cabo USB (Universal Serial Bus).

A “Figura 2” mostra o Controlador Lógico Programável do modelo Atos MPC4004 da empresa Schneider, utilizado no trabalho. Esse CLP é destinado à automação de máquinas de médio porte, com oito entradas digitais e oito saídas alimentado a uma tensão de corrente contínua de 24V. Porem, todavia o programa terá intercambiabilidade com controladores de outras empresas.

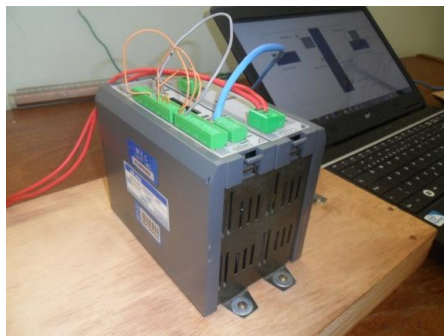


Figura 2 - Controlador Lógico utilizado

A “Figura 3” mostra o sistema ligado em conjunto. Nesse sistema montado, o Kit do microcontrolador está comunicando com a plataforma através da entrada USB do Computador e sua saída serial esta comunicando com o CLP.

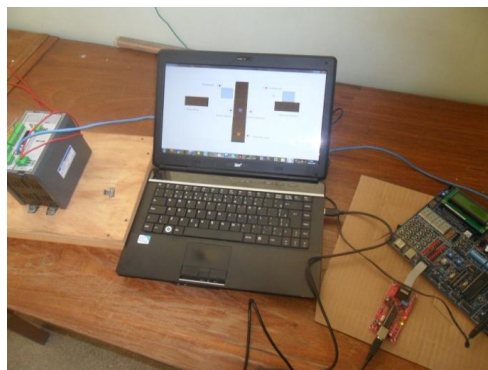


Figura 3- Comunicação do Sistema



### 3. APRESENTAÇÃO DOS PROCESSOS INDUSTRIAIS EMULADOS PELA PLATAFORMA

A primeira versão da plataforma para emulação de processos industriais discretos utilizando PC integrado ao CLP via microcontrolador contará com três situações a ser emuladas.

O primeiro processo industrial definido na plataforma é focado para estudantes principiante. A proposta desta tela é emular um sistema com o intuito de selecionar os materiais em uma esteira. Para isso o estudante terá que controlar duas entradas e três saídas no CLP, é proposto também nessa tela o uso de temporizador.

A segunda tela aborda a emulação de um sistema de tanques e reservatórios, o controle é feito através da análise de cinco variáveis de entradas e cinco de saídas.

E por ultimo será uma tela de comando de semáforos em um cruzamento de trânsito, onde o semáforo é controlado de acordo com a presença de carros na avenida, podendo ficar no máximo 30s em cada estado.

#### 3.1 Controle das seleções de materiais em uma esteira

A “Figura 4” apresenta a primeira situação de simulação de seleção de materiais na esteira. Trata de uma situação básica, com uma aplicação para alunos iniciantes do curso de controladores.

Foi proposta para esta primeira situação, uma esteira transportadora de caixas contendo aços e madeiras. No ponto A, da esteira, existem dois sensores; um indutivo que indica a presença de aço na caixa e um capacitivo que indica a presença de madeira. Existem na tela de simulação duas plataformas que são controladas pelos sinais de saídas do CLP. Após a detecção do tipo de material pelos sensores, as plataformas separam os materiais descarregando em esteiras secundárias.

É proposto também nesta emulação o uso de temporizador. Ele serve para controlar o movimento da esteira principal, sabendo que cada plataforma demora 30 segundos para busca o material e descarregá-los. A interface propõe que a esteira principal permaneça parada durante a movimentação das plataformas.

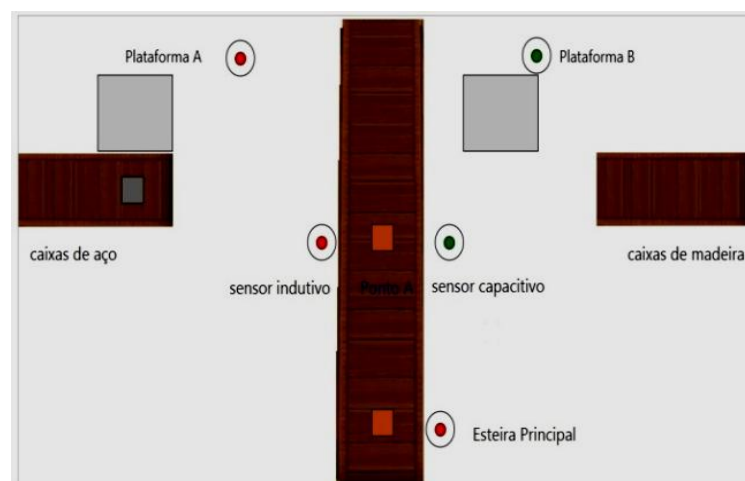


Figura 4- Primeira situação de simulação: Separação de Materiais em uma Esteira



Analisando os sensores temos:

- Sensor Capacitivo = verde; adverte que o material na esteira principal é feito de madeira, ativando a “Plataforma B”.
- Sensor Capacitivo = vermelho; indica que o sensor está inativo.
- Sensor Indutivo = verde; adverte que o material detectado é feito de aço, ativando a “Plataforma A”.
- Sensor Indutivo = vermelho; indica que o sensor não foi ativado.
- Esteira principal = vermelho; o sinal mostra que o motor que movimenta a esteira principal está desligado.
- Esteira principal = verde; exibe que o motor da esteira principal está ligado e ela está em movimento.
- Plataforma A = vermelho; indica que o motor que movimenta a plataforma está desligado.
- Plataforma A= verde; o sinal adverte que a plataforma foi ativada.
- Plataforma B = vermelho; indica que a plataforma está parada.
- Plataforma B= verde; o sinal adverte que a plataforma esta em movimento.

Para a programação do controle do CLP nesse processo, montou se o diagrama ladder da “Figura 5”.

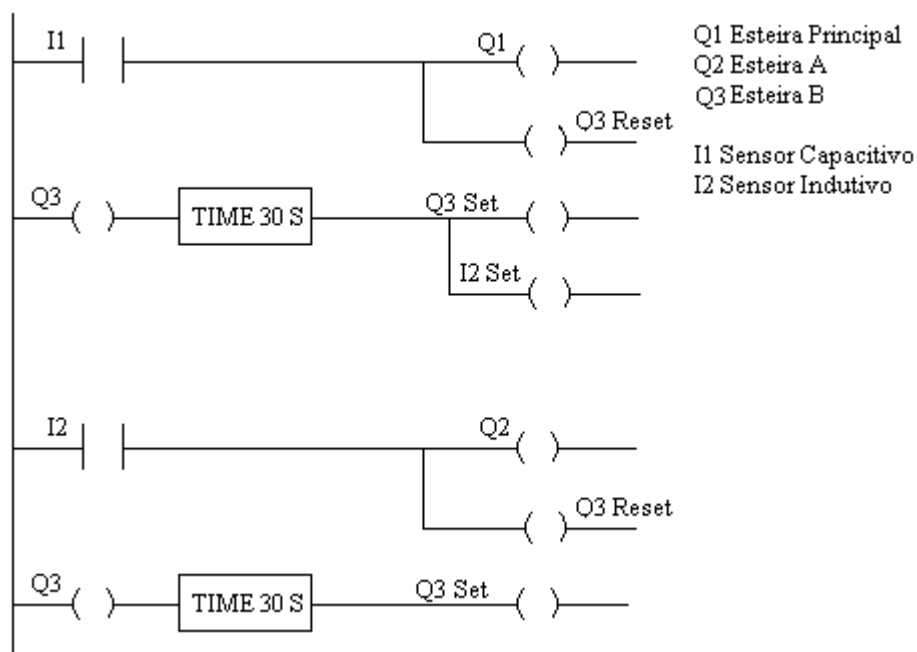


Figura 5- Diagrama Ladder para o controle da primeira situação

### 3.2 Controle de abastecimento de um reservatório e de três tanques secundários

Esse modelo trata-se de um controle mais complexo, exigindo do aluno um nível de aprendizado intermediário. O arquétipo da “Figura 6” sugere o controle de três tanques de



abastecimento por um reservatório principal. O programa apresentará 10 sensores, cinco servirão como variáveis de entradas e cinco de saídas.

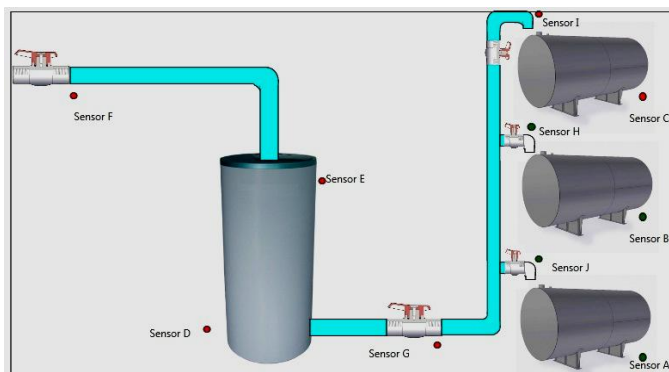


Figura 6 - Segunda situação de controle: Sistema de Tanques

A dinâmica dos sensores de entrada “A”, “B” e “C” é controlada pelas funções “Time” e “Randon” da linguagem C#. Essas funções geram uma vazão imprevisível no programa cabendo o estudante a solucionar o problema. A função “Randon” determina um numero de 1 a 10, que será utilizado, como o tempo que cada tanque irá gastar para consumir toda a sua capacidade. Esse número servirá ainda como parâmetro para a função “Time” que será responsável por alternar a cores dos sensores, de verde para vermelho ou vice e versa. Quando os sensores trocarem suas cores para vermelha eles indicaram para o usuário que os tanques estão vazios.

Os sensores “D” e “E” são utilizados para informar o estado atual do reservatório principal. O sinal vermelho no “D” indicara que o reservatório esta no nível crítico e que a “válvula G” necessita ser fechada ate o reservatório voltar ao seu nível máximo, representado pelo sinal verde no “E”.

A “válvula F” funcionará sempre aberta e só será fechada se o reservatório estiver no nível máximo.

As válvulas “H”, “I” e “J” serão as válvulas que alimentaram os tangues “A”, “B” e “C” respectivamente elas serão controladas diretamente pelo sinal de seus respectivos sensores.

Com esses dados obtém o programa em ladder da “Figura 7”.

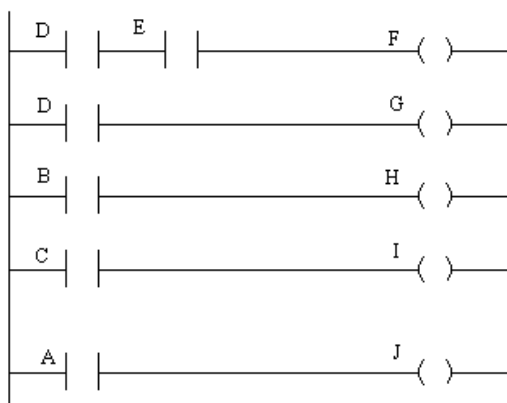


Figura 7 - Diagrama Ladder para o controle da Condição dois



### 3.3 Semáforo em um cruzamento

A tela trata de um exemplo de aplicação de CLP muito comum de ser encontrado em livros e apostilas de curso de controle.

O ambiente simula da “Figura 8” contém dois semáforos de trânsito em um cruzamento e dois sensores de presença. O CLP analisará a presença de carro para modificar o estado do sinal, porém os semáforos só poderão permanecer no status verde ou vermelho por apenas 30s, além do mais antes de mudar de evento ele necessita mostrar o sinal amarela e permanecer nele por 3s.

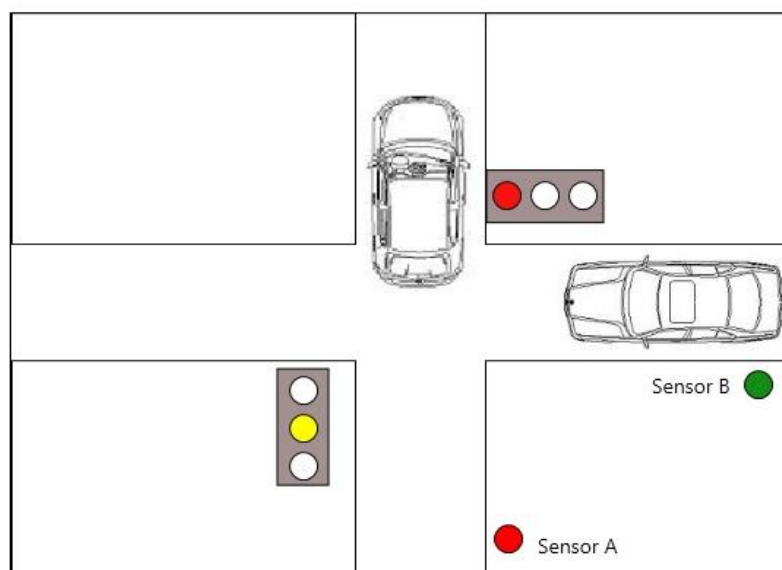


Figura 8: Terceira situação: Controle de Semáforo

As condições desse problema são:

- Sensor = verde; adverte a presença de automóveis;
- Sensor = vermelho; indica a ausência de automóveis;
- Cada sinal do semáforo é ligado à saída do CLP, dessa forma a saída 1 equivale ao sinal verde, a 2 corresponde ao amarelo e a 3 ao vermelho. As saídas 4, 5 e 6 no semáforo 2 são equivalentes a 1, 2 e 3 do semáforo 1;

Com essas informações foi programado o diagrama ladder da “Figura 9”.

## 4. ANALISE DOS RESULTADOS

O trabalho conseguiu emular uma planta de processos industriais supervisora contendo somente equipamentos virtuais.

A finalidade da plataforma de emular a prestação de serviços como válvulas, motores, tanques e esteiras a serem controlados pelo Controlador Lógico Programável, vem da necessidade das universidades de ter que utilizar esses equipamentos nas aulas práticas como ferramentas de ensino. Porém, a existência de limitadores econômicos como falta de orçamentos e espaços





físicos, para instalações, impedem a aquisição de tais. Limitando as pesquisas e o aprendizado dos alunos nas instituições (DESHMUKH, 2005).

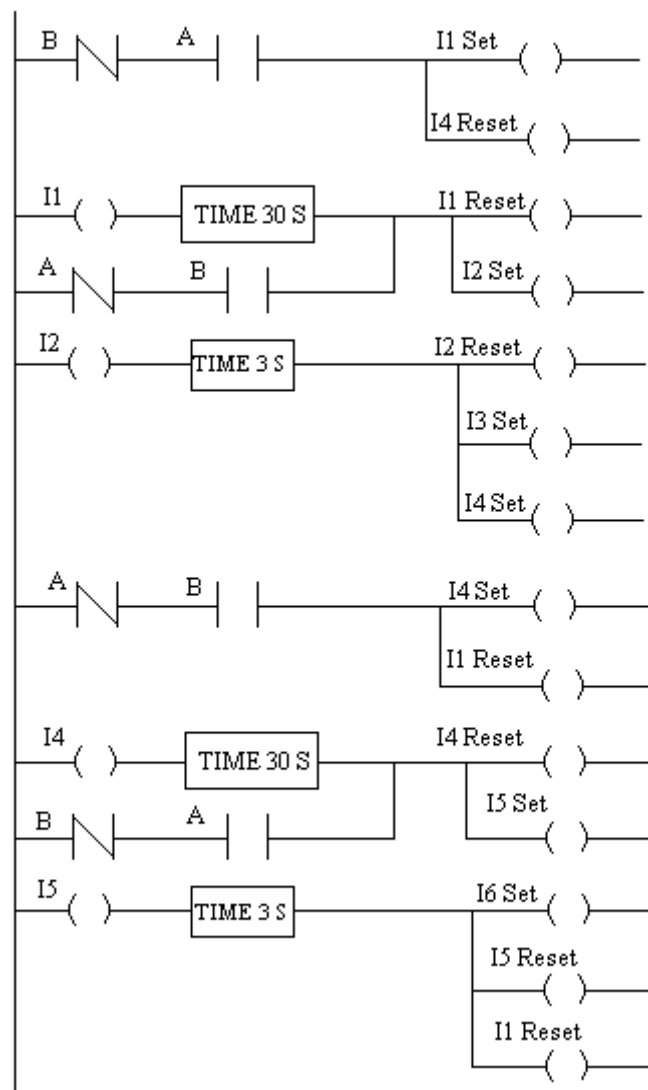


Figura 9: Diagrama Ladder para o controle da terceira situação

Diferentes das outras plataformas de simulação que apenas mostram as saídas para determinadas entradas. A plataforma em questão, mostrada no artigo, é dinâmica e foi programada com o mesmo princípio de lógicas para jogos. Onde foi criado no programa uma inteligência artificial através das funções “*Randon*” e “*Time*”, fazendo com que o sistema seja imprevisível quando o tipo de dado que o controlador irá receber em suas entradas. Permitindo com que o usuário possa interagir naturalmente com um cenário automatizado, adquirindo informações do sistema. Outro fator diferencial encontrando na ferramenta de emulação é que ela terá um menor custo do que outras encontradas no mercado.

Podemos notar como resultados, que as primeiras três telas de processos fabris desenvolvida na plataforma, permitiram que os alunos entendessem os conceitos básicos de



aplicação e funcionamento de um CLP, esperaram desenvolver novas simulações para que assim a plataforma atenda toda a ementa da disciplina de controle de processos.

Outro resultado positivo da aplicação está nos detalhes apresentados, através deles conseguiu-se com que a plataforma se aproximasse de um sistema real a ser controlado dentro de uma indústria.

## 5. CONCLUSÃO

Conclui-se que com o software o aluno poderá ter contato com situações reais de controle, sem a necessidade de fazer cursos de altos custos em grandes centros de treinamentos (muitas vezes, dependendo do tipo e do tamanho e da aplicação, são até inexistentes no Brasil). Obtendo assim, um melhor índice de aproveitamento nas disciplinas de Automação e Controle de processos industriais.

Pode-se notar que a ferramenta desenvolvida e apresentada no artigo, desempenha as mesmas funções de outro software similares existentes no mercado, porém ao contrário desse que foram desenvolvidos por grandes empresas, o “Software de Emulação de Processos Industriais Discretos Controlados por CLP via Microcontrolador” foi desenvolvida por discentes e docentes do curso de graduação de Engenharia de Controle e Automação do Centro Federal de Educação Tecnológica campus III, Leopoldina e apresenta um custo bem reduzido com a única finalidade de servir de apoio nas diretrizes de ensino dos cursos de graduações de Engenharias. Futuramente estaremos propondo uma interface mais elaborada em 3D, com novas plantas de processos fabris, podendo ter um acesso remoto.

Analisando as vantagens apresentada nesse artigo consegue-se perceber que as propostas de criar uma ferramenta que servisse de apoio na formação dos engenheiros e nas grades curriculares dos cursos técnicos, superiores e aperfeiçoamento, foram alcançadas.

### *Agradecimentos*

Os autores agradecem ao MEC/SESu, FNDE, Programa de Educação Tutorial - PET, CAPES, FAPEMIG, Fundação CEFET MINAS e CEFET-MG pelo apoio ao desenvolvimento deste trabalho.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] ALBURQUERQUE, P., URBANO B., AUZUIR R. de Redes Industriais: aplicações em sistemas digitais de controle distribuído. ed. Fortaleza, 2009.

[2] CARMO, Vilson. UNIVERSIDADE REGIONAL DE BLUMENAU- Protótipo de Controle de Acesso para Academias de Ginástica Utilizando Microcontrolador PIC e o padrão rs-485, 2005. Trabalho de Conclusão de Curso (Ciências da Computação).

[3] DESMAMUKH, Ajay V., Microcontrollers: theory and applications. ed. Tata McGraw-Hill Education, 2005.

[4] FAISON, Edmundo W. & FAISON Ted W, Book Component-Based Development with Visual C# 1st, ed John Wiley & Sons, Inc. New York, USA 2002



- [5] JUNIOR, Anthony S. CENTRO UNIVERSITARIO DO TRIANGULO MINEIRO, Estudo Sobre Controle Automático Utilizando Controlador Lógico Programável – PLC, Dezembro,2003.Monografia (Ciência da Computação).
- [6] MCDERMOTT, K. J., NEDIC Z., NAFALSKI A., MACHOTKA J. Experiential learning for first year engineering students, **10th UICEE**, Annual Conference on Engineering Education Bangkok, Thailand,2007.
- [7] MORLEY, Dick .A historia do CLP, Entrevista com Dick Morley” **Revista America do SUL Setting the Standard for Automation Intech** , n 119, p 21-22, 2011.
- [8] PEREIRA A.C., RIERA A. PADILLA,E. MUSULIN, N.J. NAKAMURA, Operator Trainer System for the Petrobras P-26 Semi-Submersible Oil and Gas Production Unit. 10th International Symposium on Process Systems Engineering: Part A, v.27 p.1959–1964 October,2009.
- [9] VALENTIM, R. A. M, PEREIRA, J. P; CASTRO, B. P. S. ;. Kit Educacional para Controle e Supervisão Aplicado a Nível.IFRN Holos, Natal, v. 2, p. 68-72,2009.
- [10] WOJSZNIS, W. K.; BLEVINS, T. L. Evaluating PID adaptive techniques for industrial implementation, Ed. American Control Conference, Anchorage, AK,2002, p.[1151] –1155.

## **EDUCATIONAL SOFTWARE EMULATION OF PLANTS FOR DISCRETE INDUSTRIAL PROCESSES CONTROLLED CLP VIA MICROCONTROLLER PIC**

**Abstract:** *The aim of this paper is to present an "intelligent environment" with a graphical interface developed in Visual C#.NET, with the goal of being controlled by a Programmable Logic Controller – PLC. To carry out the project was required interdisciplinary work, united concept of high-level programming language, automation and control. The platform developed emulates industrial processes with virtual actuators and sensors that send parameters to be executed by the PLC. The implementation of the controller is held from the supervision and interaction, the student, with the interface. The communication between the controller and the graphical interface is through the use of microcontroller PIC 18F4550 via USB cable. This design will be used as an educational tool, in order to supply the deficiency in teaching disciplines of automation and discrete industrial process control in course technical and superior engineering, helping students to better absorb the knowledge and the teaching - learning..*

**Key-words:** *PLC, Smart Environments, Educational Software.*