



USO DE UM "SOFTPLC" COMO FERRAMENTA PARA O ENSINO DE SISTEMAS DE CONTROLE DISTRIBUÍDOS BASEADO NO PADRÃO IEC 61499

Lucas Nunes de Lima – lucasnunesk@gmail.com

Luis Claudio Gambôa Lopes – gamboa@leopoldina.cefetmg.br

Lindolpho Oliveira de Araújo Junior – lindolpho@leopoldina.cefetmg.br

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

Rua José Peres, 558, Centro

36700-000 – Leopoldina – MG

Resumo: *O aumento da utilização de sistemas de controle e automação distribuídos torna evidente a necessidade de profissionais capacitados nesse tipo de tecnologia. O consequente surgimento do padrão IEC 61499, criado para moldar o desenvolvimento da próxima geração de sistemas distribuídos, reforça essa necessidade. O principal impacto da utilização desse padrão no desenvolvimento de projetos está na redução do tempo e aumento da reusabilidade do projeto. Por essas razões foi desenvolvido o software ProPLC de baixo custo, que permite a modelagem e a execução de sistemas distribuídos pouco volumosos baseado no padrão IEC 61499 e com foco em pequenas e médias empresas. Apesar da finalidade de uso industrial, o ProPLC pode ser utilizado como ferramenta no ensino de disciplinas relacionadas ao controle lógico de sistemas distribuídos e ao padrão IEC 61499, podendo ser aplicado tanto para o ambiente acadêmico quanto na indústria. A importância desse conhecimento no ensino da engenharia está no fato de que nos próximos anos o padrão IEC 61499 se tornará mais comum na indústria.*

Palavras-chave: *IEC 61499, ProPLC, Modelagem, Sistemas distribuídos, Controle e Automação.*

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, os sistemas de controle distribuído estão em bastante evidência, visto que proporcionam aos sistemas de controle características como distribuição do processamento, redução do custo e complexidade, além tornar processos de diagnóstico e manutenção mais ágeis. Essas características se tornam mais importantes à medida que a complexidade dos sistemas aumenta (TAKARABE, 2009).

Os projetos de sistemas de controle automatizados se fazem por meio da utilização de dispositivos eletrônicos tais como os controladores lógicos programáveis, microcontroladores, entre outros. Tais técnicas são excelentes quando se trata de controle em nível isolado. No entanto, quando analisada a utilização para uso em sistemas de controle distribuído volumosos, o projeto se torna complexo, com baixa interoperabilidade e de difícil manutenção. Essa situação é ainda agravada se envolvida



a grande diversidade de dispositivos e protocolos de comunicação distintos presentes no mercado, sendo, em muito dos casos, soluções proprietárias.

A demanda crescente por uma maior integração e uma melhor solução para os sistemas de controle distribuídos levaram a *International Electrotechnical Commission* (IEC) ao desenvolvimento do padrão IEC 61499, que define uma arquitetura aberta para os sistemas de controle e automação distribuídos. Esse padrão é baseado no conceito de blocos funcionais, que, devido a modularidade e a resuabilidade, dão um grande potencial ao mesmo, uma vez que tais paradigmas tem uma importância cada vez maior na programação de controladores programáveis (BEZÁK, 2012).

Além dos métodos de controle citados, outra solução que vem se tornando bastante comum são os controladores programáveis baseados em computadores pessoais (*Personal Computers* - PC), utilizados para controle por meio de softwares “SoftPLC”. A utilização dos PCs dá ao sistema de controle maior flexibilidade, capacidade de monitoramento e armazenamento, além de permitir cálculos mais complexos quando comparados aos controladores programáveis tradicionais.

Considerando as tecnologias emergentes citadas e a importância das mesmas, torna-se visível a necessidade de ferramentas capazes de preparar os engenheiros e operadores para lidarem com os sistemas de controle distribuídos, visto que a tendência atual é o crescimento da utilização dessas tecnologias na indústria.

Esse artigo apresentará uma solução para essa questão por meio da utilização do software ProPLC, um software de baixo custo desenvolvido pelo CEFET-MG para levar o padrão IEC 61499 para pequenas e médias empresas, podendo ser utilizado também para a didática de sistemas de controle de distribuídos (LIMA, 2012).

2. O PADRÃO IEC 61499

O padrão IEC 61499 foi desenvolvido como uma metodologia para a modelagem de sistemas distribuídos utilizando uma rede de blocos funcionais, os quais foram herdados do padrão IEC 61131. É considerado uma resposta à falta de padronização entre os diferentes componentes de controle, um dos problemas atualmente enfrentados no projeto de sistemas distribuídos de controle e o que torna a troca de informações, por exemplo, um processo bastante complicado.

Por essa razão, o padrão IEC 61499 possui três características que ressaltam sua importância para o futuro dos sistemas de controle distribuído: a portabilidade entre diferentes implementações do padrão, a configurabilidade de diferentes componentes de software e a interoperabilidade entre diferentes nós do controle.

2.1. Blocos Funcionais

Os blocos funcionais definidos pelo IEC 61499 são comumente descritos como blocos de “software”, os quais dados valores de entrada, retornam valores de reposta de forma abstraída, ou seja, sem a necessidade de revelar a forma como o algoritmo foi desenvolvido.

Dessa forma, por meio da utilização dos blocos funcionais é possível descrever os instrumentos e os nós de controle utilizados no sistemas de controle, utilizando os conectores de variáveis para a troca de informações entre os nós. A “Figura 1” apresenta a representação gráfica de um bloco funcional. A título de exemplo, o bloco apresentado se comporta como uma porta lógica do tipo “E”. Como é visível no bloco, as variáveis de entrada e saída são externas, assim como os controladores da execução do bloco

(eventos). No interior dos blocos funcionais, o controle do algoritmo que será executado se dá por meio uma máquina de estados chamada de *ExecutionControl Chart* (ECC), que podem ser omitidos do usuário, garantindo a propriedade intelectual, caso seja necessário.

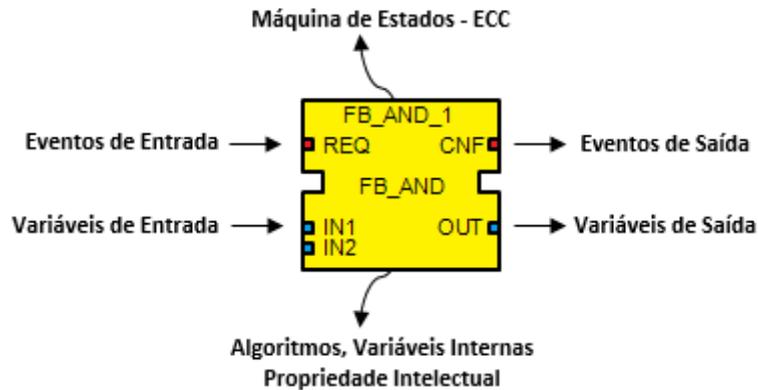


Figura 1 –Representação Gráfica de um Bloco Funcional no ProPLC.

Através das conexões realizadas entre os blocos funcionais, descreve-se a lógica de funcionamento de todo o sistema distribuído. A “Figura 2” exemplifica uma rede de blocos funcionais que lê duas entradas de uma remota (em DMA_RTU_1), aplica uma operação lógica E (em FB_AND_1) e envia a resposta, também através da utilização da remota.

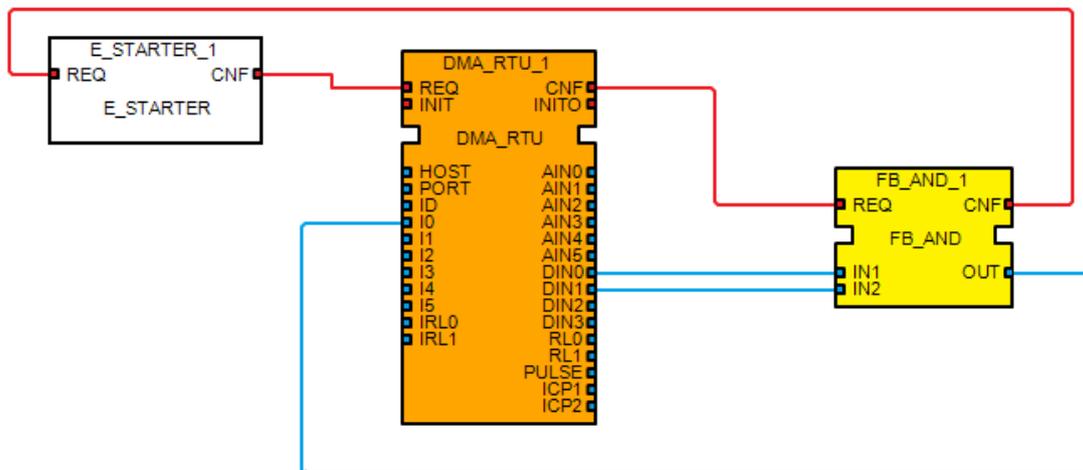


Figura 2–Representação Gráfica de um Bloco Funcional no ProPLC.

Para descrever a lógica de execução de um bloco funcional, o padrão IEC 61499 recomenda a utilização das linguagens de programação definidas pela IEC 61131-3: Texto Estruturado, Lista de Instruções e a linguagem *Ladder*. No entanto, essa questão depende apenas da implementação do padrão e, por isso, pode-se utilizar linguagens de programação de uso mais geral tais como C++, .NET, Java e até mesmo linguagens interpretadas. Por isso, a programação dos sistemas distribuídos com IEC 61499 torna a curva de aprendizado menor tanto para profissionais capacitados em programação de controladores lógicos programáveis, tanto para aqueles que programam em linguagens convencionais de computadores.

A utilização do paradigma da orientação a objetos para descrever os sistemas distribuídos, utilizado pelo padrão IEC 61499, torna o desenvolvimento de projetos mais simplificado, se comparado ao método tradicional, que faz uso de nós de controladores programáveis. Um sistema distribuído com base no IEC 61499 concentra a lógica de controle do sistema em um único ponto, nesse caso, em um software “softplc” executado em um computador. Graças a isso, diferentes nós de controle podem trocar informações de forma independente e influir na lógica de execução de forma local.

3. PROPLC

Para atender aos requisitos do padrão IEC 61499 e oferecer uma solução de baixo custo às pequenas e médias empresas, o CEFET-MG desenvolveu um software do tipo “softplc” chamado de ProPLC.

Apesar da finalidade industrial do software, o ProPLC pode ser utilizado como ferramenta para o ensino de sistemas de controle distribuído baseado no padrão IEC 61499. No entanto, a finalidade principal é aplicá-lo em automação de máquinas e equipamentos, bem como em processos de menor porte.

O ProPLC permite ao usuário criar aplicações (projetos de sistemas distribuídos) por meio do uso de blocos funcionais que podem ser criados pelo próprio usuário ou parte da biblioteca padrão de blocos. Tendo criado a aplicação, o usuário pode utilizar recursos do ProPLC para executar a aplicação. A “Figura 3” apresenta o diagrama de caso de uso do ProPLC.

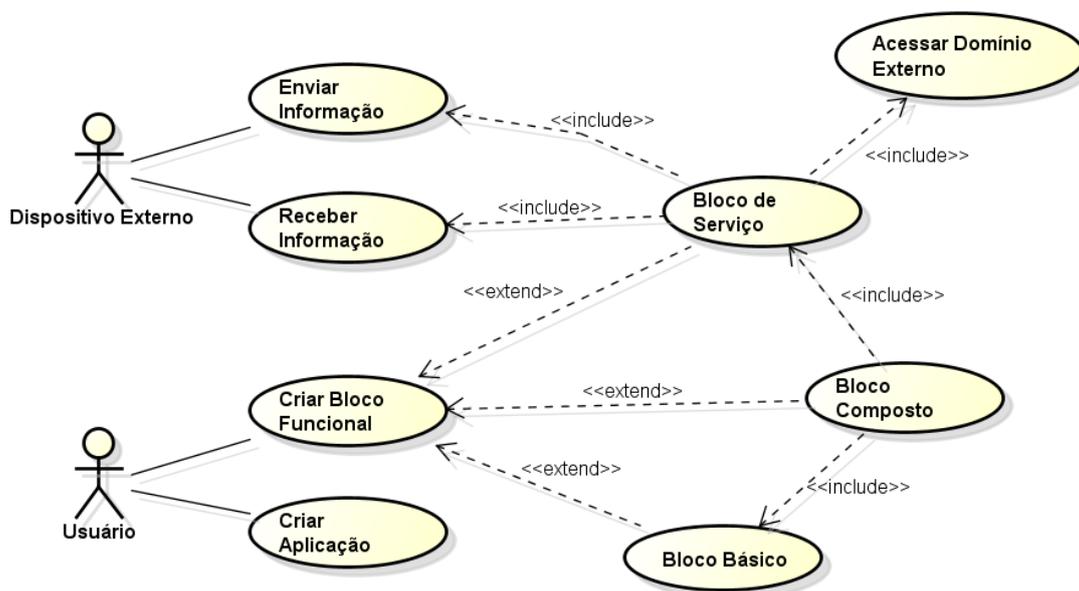


Figura 3 – Diagrama de Caso de Uso do ProPLC.

3.1. Funcionamento

Para controlar o sistema distribuído, o ProPLC centraliza as informações de todos os nós do sistema. Para isso, pode-se utilizar um protocolo de comunicação que será intermediado por um bloco funcional. De posse das informações enviadas pelos nós, o ProPLC verifica a ocorrência dos eventos e executa os algoritmos relacionados. Por fim, o software envia as respostas aos nós do sistemas.

A “Figura 4” ilustra essa situação. Onde os nós de controle são remotas “burras” (*Remote Terminal Unit - RTU*), que realizam a recepção e enviam informações aos instrumentos ligados a elas nas três áreas distintas. As remotas são ligadas ao programa utilizando o protocolo de comunicação *modbus TCP/IP*, onde são processadas. No ProPLC, as remotas podem receber informações referentes à outras áreas do sistema distribuído sem a necessidade de ligar fisicamente essas áreas e ainda pode-se utilizar um bloco funcional para armazenar essas informações em um banco de dados.

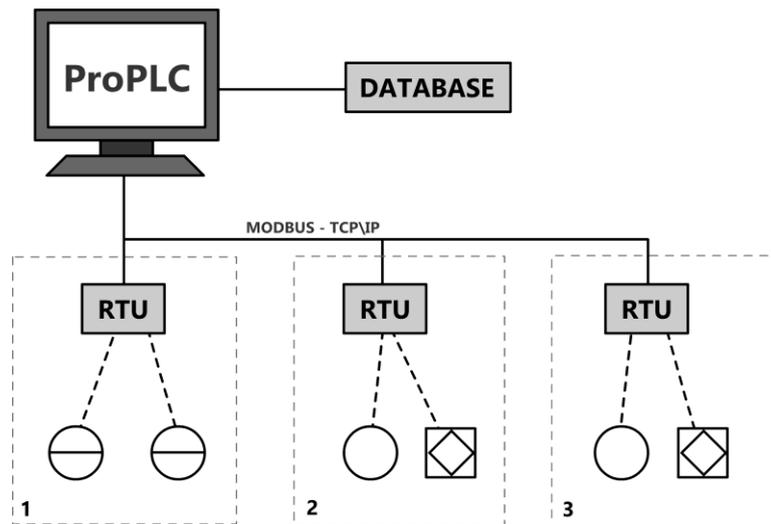


Figura 4 – Sistema distribuído usando o ProPLC.

3.2. Viabilidade como Ferramenta Educacional

O software ProPLC pode ser utilizado como uma ferramenta educacional para o ensino de controle de sistemas distribuídos considerando o fato de se tratar de um programa focado na modelagem dos mesmos, ou seja não é necessário a existência de um sistema de controle distribuído físico para a utilização do software. A razão disso é que o único momento em que o programa se comunica com o domínio externo é quando ele aciona um bloco funcional de serviço.

Com essas considerações, o ProPLC pode ser utilizado como ferramenta educacional tanto com um sistema distribuído pouco volumoso, quanto como um simulador do sistema, utilizando um bloco funcional que simule o comportamento do sistema real.

Relativo ao desenvolvimento de blocos funcionais, o ProPLC destaca-se pelo fato de atender tanto aos profissionais, por possuírem conhecimento prévio em programação de controladores programáveis, quanto aqueles que possuem conhecimento básico de programação de computadores. Pois, atualmente, para o primeiro caso, o ProPLC oferece programação utilizando a linguagem Lista de Instruções e, para o segundo, linguagem Lua. Por isso, pode-se dizer que se o aluno possuir conhecimento prévio nessas linguagens, a curva de aprendizado no que tange a aplicação do padrão IEC 61499 será reduzida.

Além dessas características, a possibilidade de depurar os blocos funcionais desenvolvidos na ferramenta, facilitam o desenvolvimento e a previsão de possíveis erros de desenvolvimentos no sistemas.



Outro fator favorável à aplicação do ProPLC como ferramenta educacional é a documentação presente no programa. Visto que em todo o processo de utilização do programa estão presentes documentos de ajuda ao usuário.

3.3. Viabilidade Econômica

Considerando que um dos objetivos desse software é aproximar as empresas de pequeno e médio porte do padrão IEC 61499, o ProPLC foi desenvolvido com a finalidade de possuir o menor custo possível. Para que isso fosse possível, foi necessário que o software possuísse baixo custo de desenvolvimento e que fosse compatível com padrões e ferramentas já disponíveis e atualmente utilizadas nas empresas. Por isso, optou-se por utilizar tecnologias abertas e softwares *open source*, ou seja, livre de custos com licenciamento, e focados para a plataforma dos computadores *desktop* atuais, em vez de desenvolver um hardware com o sistema embarcado. Uma vantagem de se utilizar computadores *desktop* é o fato de estarem bastante difundidos atualmente e com preço relativamente baixo em relação ao desempenho necessário.

Além disso, se compararmos, a utilização de PC sem relação à CLPs tradicionais, o uso dos PCs torna-se vantajoso na relação entre o custo e o tempo de resposta (LIPSON, 2011), além de trazerem facilidades para a manutenção.

Consequentemente, o baixo custo apresentado do ProPLC torna-o viável economicamente como uma ferramenta didática e de uso industrial.

3.4. Plataformas Alvo e Requerimentos Mínimos

Sabendo que o tempo de resposta do software é vital para o bom funcionamento de um sistema de controle, o ProPLC foi projetado para ser um software de alto desempenho. Por essa razão, optou-se por desenvolvê-lo utilizando C++11, com alvo os processadores baseados na arquitetura x86 (32 ou 64 bits) e com suporte às extensões *Streaming SIMD Extensions 3* (SSE3), podendo ser compilado para Microsoft® Windows Vista (ou superior), sistemas baseados em Linux e Mac OS X.

3.5. Testes Preliminares e de Desempenho do Software

Para verificar o desempenho do software, foram realizados testes preliminares não aprofundados, apenas com a finalidade de verificar a estabilidade e medir o tempo gasto para atualizar as entradas, a execução dos algoritmos e atualização da saída. Para isso, armazenou-se no código do programa o tempo antes e após a execução dos blocos funcionais, sendo a diferença desses valores o tempo gasto para a execução. Consequentemente, o tempo gasto para a execução de uma aplicação é levemente maior que a soma dos tempos de resposta dos blocos funcionais presentes no ciclo de execução do mesmo.

Utilizando um computador equipado com um processador Intel® Core i5-2500k 3.3GHz, o tempo médio gasto para a execução de um bloco funcional cujo algoritmo foi escrito utilizando a linguagem de *script* Lua foi de aproximadamente 0.5ms por ciclo de *scan* de cada bloco. Deve-se ressaltar que a versão com a qual foram realizados os testes é uma versão ainda não otimizada do programa (versão alfa). Além disso, no caso dos blocos funcionais programados em Lua, poder-se-á utilizar um compilador *Just-In-Time* (JIT) para agilizar a execução dos algoritmos. Além disso, para os blocos funcionais da biblioteca padrão do programa, compilados diretamente com o núcleo do ProPLC, deve-



se esperar tempo de resposta menor, pelo fato de serem compilados e de passarem por processos de otimização do código gerado.

Deve-se ressaltar, no entanto, que o desempenho do software e, conseqüentemente, o tempo de *scan* estão diretamente relacionados ao computador que executará o programa. Por isso, para que se possa obter tempos de resposta baixos deve-se utilizar computadores com desempenho comparável ao desejado.

Com relação ao desempenho em diferentes sistemas operacionais, em testes realizados constataram-se erros em sistemas Linux com relação à usabilidade do software. No entanto, no que se refere à execução do programa, o ProPLC foi testado com sucesso nos sistemas Microsoft Windows XP, 7, 8 e na distribuição Linux Debian 7.

4. DESAFIOS E A IMPORTÂNCIA DA EDUCAÇÃO

Apesar das vantagens apresentadas pelo padrão IEC 61499, a indústria tem apresentado certa resistência em sua adoção. Os fatores que causam essa resistência, tais como a escalabilidade, manutenção e expansibilidade; são os principais desafios enfrentados pelo IEC 61499 contra sua implantação. Esses fatores foram estudados por Hall *et al.*, nesse artigo serão apresentados apenas os casos em que o caso pode ser relacionado com os conhecimentos do usuário, descartando os casos técnicos.

4.1. Escalabilidade

Os projetos demonstrativos do padrão IEC 61499 geralmente apresentam um baixo número de dispositivos e um esquema de controle simples. No entanto, em uma aplicação industrial comum, o número de dispositivos sendo controlados tende a ser muito elevado (HALL *et al.*, 2007).

O problema da escalabilidade está na alta influência de um único programa sobre a grande quantidade de dispositivos controlados. Por isso, sistemas muito volumosos podem ter lógica complexa e difícil diagnóstico, em caso de falhas.

A solução para essa questão pode ser na qualificação do operador, apesar de não ser o único fator. Com isso, se usuário possuir treinamento desde a graduação para lidar com mudanças de níveis globais causadas por alterações locais nos sistemas de controle distribuídos, esse problema pode ser amenizado.

4.2. Manutenção

Outro fator que se relaciona ao operador é a manutenção, uma vez que o usuário deve estar apto para diagnosticar e isolar um possível problema nos dispositivos controlados. Para isso, o usuário deve estar familiarizado com o padrão, bem como a ferramenta que implementa o padrão IEC 61499 deve fornecer condições ao usuário para isso.

4.3. Expansibilidade

Com tempo de utilização de um sistema, pode haver a necessidade realizar modificações, expansões e adição de novos equipamentos. Essa necessidade levará a uma mudança na modelagem do sistema de controle distribuído. E nesse caso, essa mudança deve ocorrer no menor tempo possível, uma vez que a interrupção total do sistema pode ocasionar custos ao serviço realizado pelo sistema e, por isso, o



engenheiro encarregado dessa tarefa deve ser capaz de compreender o modelo anteriormente utilizado para realizar novas melhorias.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O surgimento do IEC 61499 e a crescente demanda sistemas de controle distribuído, tornam a utilização de uma ferramenta “*softplc*”, durante a formação de um profissional da engenharia, essencial para o bom funcionamento da indústria num futuro próximo, visto que alguns dos problemas enfrentados atualmente e relacionados ao padrão IEC 61499 deverão ser solucionados.

Por se tratar de uma ferramenta de baixo custo, que exige basicamente um computador para ser executado, o ProPLC é uma opção economicamente viável para fins industriais e educacionais, principalmente se comparado ao custo dos métodos tradicionais.

Agradecimentos

Esse trabalho contou com o suporte financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), através do projeto APQ-02222-10, do apoio logístico do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG) e da Fundação CEFETMINAS.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEZÁK, T. Usage of IEC 61131 and IEC 61499 Standards for Creating Distributed Control Systems. Universitätsverlag Ilmenau, 2012.

HALL, K. H.; STARON, R. J.; ZOITL, A. Challenges to Industry Adoption of the IEC 61499 Standard on Event-based Function Blocks. IEEE, p. 823-828, 2007.

LIMA, L. N.; DIOLINO, J. S. F.; LOPES, L. C. G.; ARAÚJO JUNIOR, L. O.; Especificação e Desenvolvimento de uma Ferramenta SoftPLC para Pequenas e Médias Empresas Baseado no Padrão IEC 61499. CBA, 2012.

LIPSON, P.; ZALME, G. v. d.; CORP, B. R. Inside Machines: PC Versus PLC: Comparing Control Options. Control Engineering. 2011.

TAKARABE, Erick W.; UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Sistemas de Controle Distribuídos em Redes de Comunicação, 2009. 22p, il. Tese (Mestrado).



USING A "SOFTPLC" AS TOOL TO DISTRIBUTED CONTROL SYSTEMS TEACHING BASED ON IEC 61499 STANDARD

***Abstract:** The increase of distributed control systems usage becomes apparent the need for trained professionals in that kind of technology. The consequent rise of the IEC 61499 standard, created to guide the next generation development of distributed systems, reinforces this need. The main result of this standard usage is time reduction and more resuability in projects development. For these reasons ProPLC was developed, a low cost software that allows the modelling and running of control distributed systems based on the IEC 61499 standard and focusing on small and medium enterprises. Even with industrial usage target, ProPLC can be used as an educational tool to teach disciplines related to the logic control of distributed systems and IEC 61499 standard. It can be applied to both the academic world and in industry. This knowledge importance in engineering education is the fact that in the coming years the standard IEC 61499 will become more common in the industry.*

***Key-words:** IEC 61499, Modeling, Distributed Systems, Control and Automation.*