



INSTITUTO FEDERAL
GOIÁS

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE PESQUISA E INOVAÇÃO

RELATÓRIO FINAL

TÍTULO DO PROJETO

OTIMIZAÇÃO DO NÍVEL DE CONTROLE EM SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL COM ÊNFASE AOS ASPECTOS DE SOFTWARES DOS CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMÁVEIS – CLP's

NOME DO BOLSISTA: ALEX DE OLIVEIRA FREITAS

NOME DO ORIENTADOR: ANDRÉ LUIZ SILVA PEREIRA

DATA DE INGRESSO COMO BOLSISTA (MÊS/ANO): AGOSTO/ 2012

NOME DO CURSO: ENGENHARIA ELÉTRICA

PERÍODO QUE ESTÁ CURSANDO: 8º

É BOLSISTA DE RENOVAÇÃO: () SIM (X) NÃO

JATAÍ, JULHO DE 2012

1 – Identificação do Projeto e Componentes

Título do Projeto: Otimização do Nível de Controle em Sistemas de Automação Industrial com Ênfase aos Aspectos de Softwares dos Controladores Lógicos Programáveis – CLP's.

Bolsista: Alex de Oliveira Freitas

Orientador: André Luiz Silva Pereira

Local de execução: Jataí - GO

Vigência: 08/2011 à 07/2012

2 – Introdução

A automação tem invadido os ambientes industriais, tornando-se cada vez mais complexa, à medida que procura substituir o homem em todas as atividades que era de seu domínio na produção, principalmente tarefas repetitivas, lógicas e sistemáticas (MAMEDE FILHO, 2007; PRUDENTE, 2007). Graças a inserção de novas tecnologias no mercado, a automação industrial vem abrangendo inúmeras aplicações, o que tem permitido a expansão da indústria no aumento da produção, na inovação da infra-estrutura, na qualidade de seus produtos e na redução de custos, contribuindo direto e indiretamente para o crescimento da economia do país.

No meio acadêmico, as atividades de pesquisa em sistemas de controle e automação tem contribuído incessantemente tanto para solução quanto para inovação dos mais diversos projetos de instalações elétricas: prediais, comerciais e principalmente industriais.

A automação industrial exige a realização de muitas funções, em grande parte complexas. Portanto sua arquitetura é representada por uma pirâmide com os diferentes níveis de automação encontrados em uma planta industrial. Na base da pirâmide está frequentemente envolvido o Controlador Lógico Programável (CLP), atuando via inversores, conversores ou sistemas de partidas suave sobre máquinas, motores e outros processos produtivos (CASTRUCCI; MORAES, 2007). Nesse sentido, vale ressaltar a característica fundamental dos CLP's em termos de acionamentos elétricos, com sua capacidade de substituir incomparavelmente os acionamentos tradicionais de máquinas, envolvendo botoeiras, chaves comutadoras, contadores e relés, simplificando a compreensão do processo automático e viabilizando a manutenção eficiente dos possíveis problemas que possam vir ocorrer no processo controlado ou máquina acionada (MAMEDE FILHO, 2007; SENAI-BA CIMATEC, 2002).

Controlador Lógico Programável - CLP ou PLC (Programmable Logic Controller), pode ser definido como um dispositivo de estado sólido (hardware) - um Computador Industrial, capaz de armazenar instruções para implementação de funções de controle (sequência lógica, temporização e contagem, por exemplo), além de realizar operações lógicas e aritméticas, manipulação de dados e comunicação em rede, sendo utilizado no controle de Sistemas Automatizados (GEORGINI, 2007).

Desta forma, os CLP's atuais podem atuar tanto em controle discreto, tais como, automação da manufatura, onde as máquinas apresentam ações automáticas e discretizada no tempo, como em controle contínuo, tais como, processos químicos e siderúrgicos, com características primordialmente analógicas.

Devido aos diversos modelos e versões de CLP's, há algum tempo os mesmos eram programados por uma série de linguagens sem manter um determinado padrão ou modelo. Visando atender aos diversos segmentos da indústria, incluindo seus usuários e uniformizar as várias metodologias de programação dos controladores industriais, a International Electro-Technical Commission - IEC através da norma 61131-3 definiu sintática e semanticamente cinco linguagens de programação (FRANCHI; CAMARGO, 2008), sendo elas:

- Linguagem Ladder (LD – Ladder Diagram)
- Diagrama de Blocos de Funções (FBD – Function Block Diagram)

- Sequenciamento Gráfico de Funções (SFC – System Function Chart)
- Lista de Instruções (IL – Instruction List)
- Texto Estruturado (ST – Structured Text)

A norma tem tido boa aceitação por parte dos grandes fornecedores do ramo de automação, porém, tem encontrado certa resistência tanto de usuários como de alguns fornecedores (GEORGINI, 2007). Por exemplo, um problema não solucionado pela norma refere-se à portabilidade do programa de aplicação, ou seja, atualmente o programa desenvolvido para determinado equipamento não pode ser utilizado diretamente em outro. Além disso, alguns fabricantes de CLP's não atendem a norma no que diz respeito às simbologias, sintaxe e semântica diretamente estabelecidas pelas cinco linguagens acima citadas.

A implantação da norma muitas vezes passará por estágios onde as linguagens irão paulatinamente sendo incorporadas às novas versões dos aplicativos. Isto faz com que haja um freio natural na disseminação da norma, cabendo ao usuário saber dimensionar de forma consistente as fases que deverá percorrer até que o próprio fornecedor ofereça todos os recursos da norma (FILHO, 2010).

Com tais considerações é importante que o profissional que trabalha com CLP's seja muito bem instruído quanto aos meios e ferramentas de programação que se encontra nas instalações industriais atuais, visto que problemas de portabilidade e sintaxe pode comprometer (perca de tempo gerando elevação de custos) a reinstalação, atualização, manutenção preventiva ou corretiva em um sistema de automação industrial.

3 - Material e Métodos

3.1 Materiais:

Visto que o trabalho se trata de um domínio mais teórico, os materiais utilizados ficaram limitados a um microcomputador com todos os softwares encontrados de acordo com os fabricantes propostos, literatura referente a norma IEC, automação e CLP's.

3.2 Métodos:

A norma IEC 61131 foi publicada em 1990 instituindo um padrão para todos os segmentos que incorporam um CLP. O objeto dessa pesquisa tomou como regra e, portanto estruturou na parte 3 desta norma que trata da definição da **Estrutura do Software do CLP, execução do programa e linguagens de programação**; esta foi publicada em 1993.

Como um guia de análise à adequação ou não da norma e aos parâmetros e padrões que de certa forma visam otimizar o nível de controle nas instalações automatizadas, o trabalho baseou-se em critérios que avaliam a certificação de produtos determinados pela PLCOpen, uma organização independente destinada a promover e suportar o uso da norma 61131-3.

Foram definidos para análise softwares dos fabricantes WEG, Schneider, Siemens e ainda da 3S que se tornou referência a norma. Observou-se detalhadamente os modelos disponíveis e seus respectivos softwares, aprofundando na estrutura de linguagem de programação de cada um e recursos próprio do software. Todos os passos de análise foram orientados segundo a Norma IEC 61131-3, verificando funções de compatibilidades, reusabilidade de códigos, modularização (facilita na verificação da funcionalidade do programa), manutenção e reparos.

Foram ainda de uma forma minuciosa investigados os requisitos de portabilidade vinculados a um selo de conformidade denominado "Portability Level" que os fabricantes devem respeitar ao exportar um determinado Function ou Function Block.

4 – Resultados


Esta etapa da pesquisa foi norteada com base no trabalho de GUIMARÃES, 2005.

Nesta análise foram permeadas as características padrões apresentadas pela norma IEC, onde são questionadas um método de adesão dessas características aos fabricantes a fim de certificar seus produtos como produtos IEC. A PLCOpen prossegue com o desenvolvimento das seguintes atividades:


- Especificação de elementos mandatórios para certificação de produtos em diferentes níveis de conformidade com a norma IEC 61131-3;
- Desenvolvimento de software baseado nas especificações de certificação;
- Realização de testes e certificação de produtos conforme a norma IEC 61131-3;
- Divulgação da norma e realização de eventos para estimular a adoção da norma;
- Elaboração de bibliotecas de funções e blocos funcionais padronizados para atendimento às necessidades dos usuários da norma;
- Atuação junto às entidades normatizadoras e usuários para definição de melhorias e sugestões para revisão da norma junto a IEC;
- Complementação dos aspectos não cobertos pela norma IEC 61131-3.

Os produtos aprovados em testes são certificados por um selo de conformidade de acordo com o nível de certificação obtido:


➤ Nível Básico (*Base Level*):

	<p>Define as características mínimas a serem obedecidas para que os produtos sejam considerados como aderentes à norma IEC 61131-3 e que utilizam a sintaxe padrão;</p>
---	---

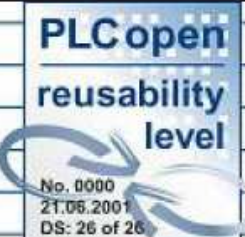
➤ Nível de Portabilidade (*Portability Level*):

	<p>Define os requisitos para que alguns elementos de <i>Software</i> (blocos) possam ser portados entre diferentes produtos compatíveis com este nível;</p>
---	---


➤ Nível de Conformidade (*Conformity Level*):

 <p>No. 0000 ST 21.06.2001 Datatypes supported: 26 of 26</p>	<p>Define a conformidade quanto a quantidade de tipos de dados declarados baseado na IEC 61131-3;</p>
---	---

➤ Nível de Re-utilização (*Reusability Level*):

 <p>No. 0000 21.06.2001 DS: 26 of 26</p>	<p>Define o quanto o produto é reutilizável baseado na IEC 61131-3;</p>
---	---

➤ Nível de Controle de Movimento (*Motion Control*):

	<p>Certifica Blocos Funcionais de acordo com a especificação do Controle de Movimento;</p>
--	--

- *Full Compliance Level*: Define os requisitos para que todos os elementos de *Software*, incluindo toda uma configuração, sejam conformes e compatíveis entre diferentes produtos certificados neste nível.

Três são os princípios bases da programação IEC:

- *Modularização* – decomposição de qualquer sistema, complexo ou não, em partes menores capazes de serem gerenciáveis;
- *Estruturação* – forma hierárquica utilizada para a programação em níveis facilitando a modularização e reutilização de blocos;
- *Reutilização* – de funções, de blocos funcionais ou programas.

Esses três princípios são empregados no que pode de ser chamado modelo de software IEC representado na Figura 1, este inter-relaciona as interfaces de um CLP da seguinte forma:

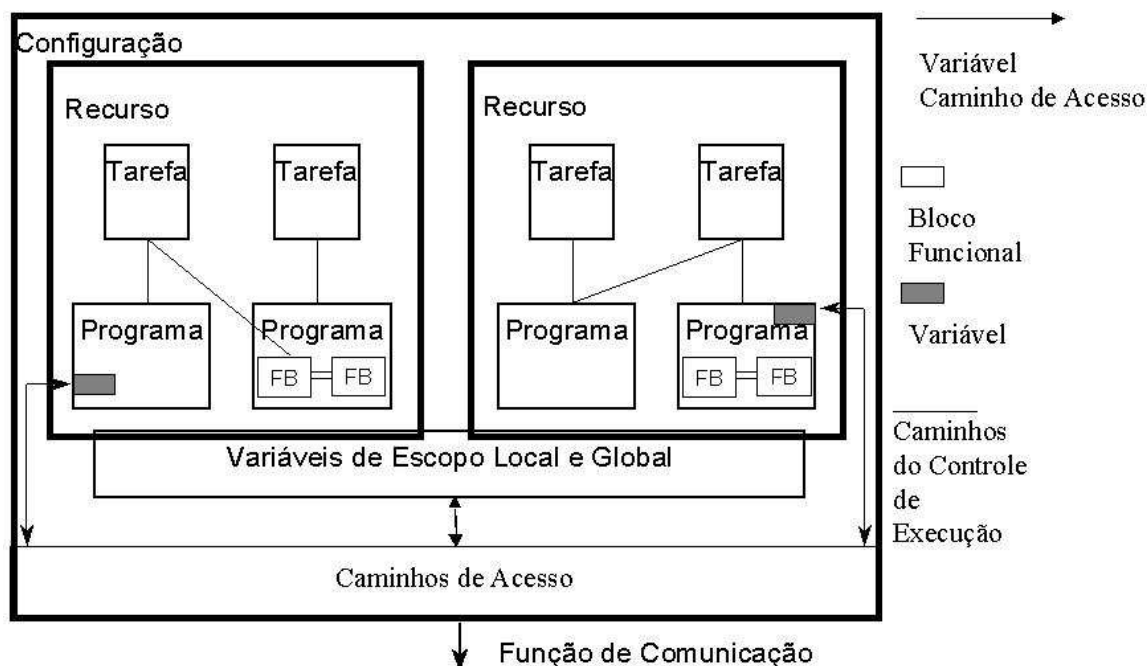


Figura 1 – Diagrama do modelo de software IEC 61131-3 para CLP's.

Vale lembrar que as interfaces são as de entradas/saídas, comunicação e de sistema.

Observando o diagrama da figura 1, se tratando da primeira etapa, tem-se a divisão de “Configuração”. Ela comporta o nível mais alto de um software para um sistema de controle. Os IHM's, módulos de CLP's e de comunicação compõem o bloco de configuração.

Internamente à configuração existem as opções de “Recursos”, que são elementos com capacidade de processamento, responsáveis pela execução dos programas. Podem ser físicos ou virtuais.

Em um nível abaixo dos recursos é alocado o “Programa”, composto por distintos elementos de software e podendo também ser escrito em qualquer uma das cinco linguagens da norma. O espaço de programa integra todos os elementos constituintes das linguagens de programação a fim de processar os sinais desejados. Um programa pode acessar as variáveis E/S e então comunicar com outros programas.

“Tarefas” (Tasks) são os elementos controladores, de acordo com sua configuração controla a execução de programas ou blocos funcionais. A necessidade da execução de programas em períodos diferentes tem a finalidade de atender as exigências de controle de tempo de resposta do processo do processo e de otimizar o uso da capacidade de processamento do CLP.

Os “Blocos Funcionais” são escopos contidos nos programas. O pilar da norma IEC 61131-3 são os blocos funcionais, eles de fato mudam o paradigma da programação de controladores industriais permitindo projetar o software de forma hierárquica e estruturada. Eles podem ser úteis na criação de novos ícones com ações específicas de acordo com a necessidade, tornando a solução indicada para programas complexos, bem como a generalização em demais códigos sendo totalmente reutilizáveis.

Existem ainda as “Funções”, elementos de softwares não vistos no modelo de software, pois elas não possuem persistência como é o caso dos blocos funcionais, existem apenas em tempo de execução.

Finalizando, o modelo de software IEC trabalha com a declaração de variáveis dentro de diferentes estruturas de softwares, bem como programas e blocos funcionais. Essas variáveis ao serem declaradas recebem um nome simbólico e podem ser de diferentes tipos de dados. Elas podem ser de alocações dinâmicas, e associadas a posições de memória, que é uma representação

direta. O escopo pode ser local, que permite acesso dentro da própria estrutura de software a qual foi declarada, ou global, que permite acesso por todas estruturas de softwares. As variáveis podem ser declaradas em qualquer instância: configuração, recurso, programa, bloco funcional ou função; as variáveis globais são declaradas dentro dos níveis mais altos, configuração ou recurso.

A norma IEC integra programas, blocos funcionais e funções em um único módulo, chamado de Unidades de Organização de Programas ou POU - Program Organization Units, essa mesclagem de elementos na POU dão o poder da reutilização de códigos desde o nível micro ao macro.

É oportuno validar ainda quanto as linguagens de programação no texto da norma, que são cinco: Diagrama Ladder (LD), Texto Estruturado (ST), Diagrama de Blocos Funcionais (FDB), Lista de Instruções (IL) e Sequenciamento Gráfico de Funções (SFC). A norma IEC 61131-3 define elementos comuns às cinco linguagens de programação com o fim de tornar padrão o correto entendimento de variáveis e tipos de dados para permitir a utilização de qualquer linguagem de programação.

Mediante esta análise da norma, agora serão classificados os softwares dos fabricantes pesquisados, segundo os critérios do modelo de software IEC.

Avaliação de Softwares de CLP's Segundo Critérios da Norma IEC 61131-3							
Fabricante	Software	Modularização	Estruturação	Reutilização	Linguagens	POU	Modelo IEC
WEG	CLIC 02	insatisfatório	insatisfatório	insatisfatório	Apenas LD e FDB	não	não
Siemens	STEP 7	insatisfatório	insatisfatório	insatisfatório	Apenas LD e IL	não	não
Schneider	Twido Soft	insatisfatório	insatisfatório	insatisfatório	Apenas LD e IL	não	não
Schneider	Zélio Soft	insatisfatório	insatisfatório	insatisfatório	Apenas LD e SFC	não	não
3 S	CoDeSys	OK	OK	OK	Todas as 5 linguagens da norma	sim	sim

Tabela 1 – Classificação de softwares com base na norma IEC 61131-3.

Como pode ser visto apenas o CoDeSys se enquadrando nos requisitos da norma, e pode ser figurado como um modelo de software IEC. Existe ainda um grande descaso em relação aos critérios da norma.

O modelo de software IEC diz que o controlador programável ao processar um determinado programa necessita das interfaces de entrada/saída, de comunicação, e de sistema, tais interfaces são na verdade elementos essenciais no funcionamento do CLP e nesse sentido todos os softwares possuem. Entretanto elas são traduzidas em níveis que determinam sequencialmente o fluxo de controle, sendo: configuração, recurso, tarefas e programas, tornando um modo de organização padronizado, otimizando assim, a execução e elaboração de programas. Esse modelo menos elementar e mais eficiente foi representado também apenas pelo CoDeSys.

As simbologias e sintaxe obtiveram em parte o padrão IEC em alguns softwares diferindo de alguns detalhes.

5 - Conclusão

Numa apreciação mais sucinta dos resultados o que pode ser ressaltado da análise é que as indústrias de CLP's ainda estão num processo de transição de seus softwares e hardwares rumo ao sistemas abertos e unificados, deixando interesses individuais próprios de mercado e inter-relacionando, visando soluções globais e de tempo real sobre os sistemas de controle. No objeto de pesquisa deste trabalho verificou-se as primícias dessa transição apenas no software CoDeSys, sendo os demais ainda parte da política proprietária de fabricantes de softwares direcionada aos seus hardwares.

A norma influencia em grande escala a as aplicações dos programas industriais de automação, ela evidenciou uma integração dos modelos programáveis antigos direcionando a um novo paradigma de ferramentas de programação de CLP's.

Pode-se destacar que os benefícios proporcionados pela norma ficaram nítidos no software CoDeSys do fabricante 3S, e a aceitação e adequação a norma evoluem lentamente, o que se pode indicar como resultado a utilização do CoDeSys em CLP's de fabricantes como a Schneider. Os atrativos à adequação, tal como a visão de um produto diferenciado do seu concorrente enfatizando a adequação a norma e a quantidade de recursos a mais que é disponibilizado, tornaram a motivação e assim acelerou o processo de submissão a IEC 61131-3.

No que se refere aos fabricantes WEG, Siemens e Schneider, os softwares referenciados neste trabalho ainda a encaixam em suas autonomias de produção e suporte técnico, o que restringe a ampliação a outros segmentos de controladores até mesmo de modelos diferentes de sua própria fabricação.

6 – Apoio e Agradecimentos

CNPq e IFG pelo apoio financeiro.

7 – Referências Bibliográficas

CAPELLI, A. **CLP Controladores Lógicos Programáveis na Prática**. 1º ed. Rio de Janeiro: Antenna, 2007.

CASTRUCCI, P. L.; MORAES, C. C. **Engenharia de Automação Industrial**. 2º ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

FRANCHI, C. M.; CAMARGO, V. L. A. **Controladores Lógicos Programáveis – Sistema Discretos**. 1º ed. São Paulo: Érica, 2008.

FILHO, J. A. B. Benefícios da norma IEC 61131-3 aplicada a CLP's. ISA Rio de Janeiro, 2010. Disponível em <<http://www.isarj.org.br/artigos.php>>. Acesso em: 21 Mar. 2011.

GEORGINI, M. **Automação Aplicada: Descrição e Implementação de Sistemas Sequenciais com PLC's**. 9º ed. São Paulo: Érica, 2007.

GUIMARÃES, H. C. F. Norma IEC 61131-3 para Programação de Controladores Programáveis: Estudo e Aplicação. 86 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.

MAMEDE FILHO, J. **Instalações Elétricas Industriais**. 7º ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

PRUDENTE, F. **Automação Industrial – PLC: Teoria e Aplicações**. 1ª ed. Rio de Janeiro. LTC, 2007.

SENAI-BA CIMATEC – Centro Integrado de Manufatura e Tecnologia. Acionamento de Máquinas. Salvador, 2002. 66p.