



CENTRO UNIVERSITÁRIO DE BRASÍLIA - UniCEUB
CURSO DE ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO

Autor: Alfeno Rodrigues A Júnior

Acionamento de Dispositivo Elétrico
Utilizando a Tecnologia PLC X-10
(Power Line Communications)
em Ambiente Indoor

Orientador: José Julimá Bezerra

BRASÍLIA
JULHO, 2010

ALFENO RODRIGUES DE ASSUNÇÃO JÚNIOR

**ACIONAMENTO DE DISPOSITIVO UTILIZANDO TECNOLOGIA
PLC X-10 (POWER LINE COMMUNICATIONS)
EM AMBIENTE INDOOR**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia da Computação, como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheiro de Computação.

Orientador: Prof. José Julimá Bezerra Junior

BRASÍLIA/DF
2º SEMESTRE DE 2010

Este Trabalho foi julgado adequado para a obtenção do Título de Engenheiro de Computação,
e aprovado em sua forma final pela Faculdade de Tecnologia e Ciências

Sociais Aplicadas -FATECS.

Prof. Abiezer Amarilia Fernandez
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Prof. José Julimá Bezerra - Mestre em Engenharia Elétrica.
Orientador

Prof. Vera Farini – Mestre em Matemática
UniCEUB

Prof. Francisco Javier – Mestre em Engenharia Elétrica
UniCEUB

Prof. Edilson Ishikawa
UniCEUB

Dedico este trabalho aos meus pais por serem tão presente em minha vida, ensinando-me e guiando sempre para os melhores caminhos. A minha noiva pelo seu amor e compreensão ao longo dessa jornada que representou um dos maiores desafios para seu desfecho.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Alfenio Rodrigues de Assunção e Marlene Gonçalves Assunção, por estarem sempre ao meu lado ensinando o verdadeiro valor do estudo e da dedicação, por serem pessoas tão especiais, pelo amor incondicional e por sempre acreditarem em mim.

A minha noiva, Suzamar de Freitas Correia, por estar ao meu lado durante os últimos cinco anos, por compreender alguns momentos de ausência, pela paciência, por sempre ter respostas às minhas dúvidas e pelo incentivo constante.

Aos colegas de faculdade, por me ajudarem, ensinarem, confiarem, acompanharem e por fazerem estes longos anos de curso. Agradeço principalmente ao amigo Eurípedes Sobrinho por toda a ajuda com relação as dúvidas referente a plataforma .Net, colaboração, apoio e a amizade a mim dispensada.

Aos professores, por transmitirem seus conhecimentos com tanta sapiência e dedicação. Agradeço ao Professor Francisco Javier de Obaldía e ao Professor José Julimá Bezerra Junior por toda consideração, exclusividade e atenção. E a Deus por permitir que existam pessoas tão especiais em minha vida.

RESUMO

Este projeto apresenta uma proposta para automação de dispositivos elétricos utilizando a tecnologia PLC (*Power Line Communications*) em conjunto com o protocolo de automação X-10. Para isso, um protótipo foi construído com o objetivo de simular uma automação de um ambiente *indoor*. A tecnologia PLC é utilizada a fim de aproveitar a instalação elétrica existente como enlace de rede para o transporte de dados. O protocolo X-10 é um protocolo de camada 1 e 2 do modelo OSI. A customização realizada consiste no trabalho de integração da tecnologia PLC-X10 para o seu emprego e uso no campo da automação. Para atingir esse objetivo foi desenvolvido o software de controle e comunicação com a interface de *hardware* CM15A, sendo a central de controle para os módulos PLC-X10 que irão executar o acionamento de qualquer dispositivo elétrico neles instalados. O protótipo desenvolvido oferece uma interface gráfica a seus usuários para o controle e monitoramento dos dispositivos elétricos. A interface foi escrita utilizando a tecnologia .Net da Microsoft, baseada nos conceitos de *Rich Application* (Aplicações ricas) sendo um novo padrão de mercado para o desenvolvimento de aplicações. Isso significa que o usuário terá a mesma sessão e benefícios de um software de desktop quando este estiver interagindo com a interface em diferentes plataformas, como a Web. Como diferencial adotado para este projeto, posso destacar o desenvolvimento da solução de hardware e software voltado para as necessidades de mercado, filosofia (Formando profissionais para o mercado de trabalho) na qual o Centro Universitário de Brasília – CEUB está fundamentada

Palavras Chaves: PLC (*Power Line Communications*), Protocolo X-10, Rede elétrica, Automação.

ABSTRACT

This project presents a new solution for automation of electrical devices using PLC technology (Power Line Communications) in conjunction with the automation protocol X-10. For this, a prototype was built to simulate an automation of an indoor environment. The PLC technology is used to take advantage of the existing electrical wiring as the network link to carry data. The X-10 protocol is a protocol layer 1 and 2 of the OSI model. The customization is done in the integration work of the PLC-X10 technology for their use and use in the field of automation. The prototype provides a graphical interface to its users for monitoring and control of electrical devices. The interface was written using .Net technology from Microsoft, based on concepts of Rich Application is a new industry standard for developing applications. This means that the user will have the same session and benefits of desktop software when it is interacting with the interface on different platforms, such as the Web.

Key-words: PLC (*Power Line Communications*), X-10 Protocol, electrical network, Automation.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	10
LISTA DE SIGLAS.....	12
LISTA DE QUADROS.....	13
CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO.....	14
1.1.MOTIVAÇÃO E POSICIONAMENTO.....	14
1.2.APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA.....	14
1.3.OBJETIVO GERAL.....	16
1.4.JUSTIFICATIVA E IMPORTÂNCIA DO TRABALHO.....	17
1.5.ESCOPO DO TRABALHO.....	17
1.6.RESULTADOS ESPERADOS.....	18
1.7.ESTRUTURA DO TRABALHO.....	18
CAPÍTULO 2 – A TECNOLOGIA PLC-X10.....	20
2.1.TEORIA DE TRANSMISSÃO – PLC X10.....	20
2.2.FUNIONAMENTO DO PROTOCOLO PLC X10.....	21
2.3.CÓDIGOS DO PROTOCOLO X-10.....	26
2.4.X-10 - ATENUAÇÃO E RUÍDOS NO SINAL.....	29
CAPÍTULO 3 - DESENVOLVIMENTO DO PROJETO.....	32
3.1.DESENVOLVIMENTO DO PROJETO.....	32
3.1.1.ESTRUTURA GERAL DO PROJETO.....	33
3.1.2.FUNIONAMENTO BÁSICO DO PROJETO.....	34
3.2.ESQUEMÁTICO DO CIRCUITO.....	35
3.3.DISPOSITIVOS ELETRÔNICOS DO PROJETO.....	36
3.3.1.ESPECIFICAÇÕES DOS DISPOSITIVOS UTILIZADOS.....	36
3.3.1.1.INTERFACE - CM15A.....	37
3.3.1.2.MÓDULO LM15A.....	38

3.3.1.3.MÓDULO SR227.....	38
3.4.SOFTWARE.....	39
3.4.1.PRINCIPAIS FUNÇÕES UTILIZADAS NO PROGRAMA.....	39
3.4.1.1.ACTIVEHOME SCRIPTING SDK.....	39
3.4.1.2.COMUNICAÇÃO – INTERFACE CM15A.....	40
3.4.1.3.COMUNICAÇÃO – FRAMEWORK CM15A.....	40
3.4.1.4.INTERFACE DE USUÁRIO.....	41
CAPÍTULO 4 – ANÁLISE DE RESULTADOS.....	43
4.1.TESTES E RESULTADOS.....	43
4.1.2.CONFIGURAÇÃO DO ENDEREÇAMENTO – LM15A.....	43
4.1.3.CONFIGURAÇÃO DO ENDEREÇAMENTO – SR227.....	44
4.1.4.INSTALAÇÃO - ACTIVEHOME SCRIPTING SDK.....	44
4.1.5.REDE ELÉTRICA PLC.....	45
4.2.ANÁLISE DE RESULTADOS.....	47
4.3.CONCLUSÕES.....	49
4.4.SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	49
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50
APÊNDICE A – INTERFACE GRÁFICA.....	52
APÊNDICE B - INTERFACE CM15A.....	53
APÊNDICE C – INTERFACE DO USUÁRIO.....	55
ANEXOS - A.....	60
RESOLUÇÃO NORMATIVA N° 3752009.....	60
ANEXOS - B.....	63
SUPORTE – FABRICANTE ACTIVE HOME PRO.....	63

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.5.1: ESQUEMÁTICO DO PROJETO.....	18
FIGURA 2.2.1: TRANSMISSOR E RECEPTOR – ZERO-CROSSING.....	22
FIGURA 2.2.2: ESQUEMA DE TRANSMISSÃO DE BIT.....	22
FIGURA 2.2.3: PROTOCOLO X-10 - DOIS FRAMES DE DADOS.....	23
FIGURA 2.2.4: CICLOS DO PLC (POWE LINE).....	24
FIGURA 2.2.5: TRANSMISSÃO DE DOIS BLOCOS DE COMANDO.....	24
FIGURA 2.2.6: FRAME DO PROTOCOLO X-10.....	25
FIGURA 2.4.1: TRANSMISSÃO PLC.....	29
FIGURA 2.4.2: TRANSMISSÃO DE DADOS USANDO COMPLEMENTO.....	30
FIGURA 2.4.3: FILTROS NA FONTE.....	31
FIGURA 3.1.1: ETAPAS DO PROJETO.....	32
FIGURA 3.1.2: ESQUEMÁTICO DO PROJETO.....	33
FIGURA 3.1.3: ETAPAS DE VERIFICAÇÃO.....	34
FIGURA 3.2.1: ESQUEMÁTICO DO PROJETO.....	36
FIGURA 3.3.1:CM15A.....	37
FIGURA 3.3.2: LM15A.....	38
FIGURA 3.3.3: MÓDULO SR227.....	39
FIGURA 3.4.1: INTERFACE GRÁFICA - BETA 1.....	42
FIGURA 3.4.2: INTERFACE RESEDENHADA – WINDOWS FORM.....	42
FIGURA 4.1.1: TELA DE INSTALAÇÃO.....	45
FIGURA 4.1.2: SERVIÇO WINDOWS - X10 DEVICE NETWORK.....	45
FIGURA 4.1.3: MAQUETE - REDE PLC VISÃO POSTERIOR.....	46

FIGURA 4.1.4: MAQUETE - REDE PLC VISÃO FRONTAL.....	46
FIGURA 4.2.1: MÓDULO SR227 PRONTO RECEBER COMANDOS "OFF"	47
FIGURA 4.2.2: MÓDULO SR227 APÓS O ENVIO DO COMANDO "ON"	47
FIGURA 4.2.3: INTERFACE RESEDENHADA.....	48

LISTA DE SIGLAS

AC	Corrente alternada.
Mbps	Megabit por segundo (Mbps or Mbit/s).
ms	Micro segundos.
OSI	<i>Open Systems Interconnection.</i>
PLC	<i>Power Line Communications.</i>
SNMP	<i>Simple Network Management Protocol.</i>
USB	<i>Universal Serial Bus.</i>
UTP	Par trançado não blindado.

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1: CÓDIGOS DO PROTOCOLO X-10.....	28
QUADRO 2: FORMATO DE UMA MENSAGEM PADRÃO.....	41

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

1.1. MOTIVAÇÃO E POSICIONAMENTO

A motivação para a realização deste projeto surgiu a partir das observações das crescentes necessidades e benefícios que a automação pode proporcionar às pessoas, principalmente as portadoras de necessidades e idosas.

Com o intuito de amenizar este problema e estender a tecnologia para um novo patamar, este projeto propõe, por intermédio de um protótipo, o desenvolvimento de uma nova tecnologia de automação baseada no acionamento dos dispositivos elétricos pela rede elétrica.

1.2. APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

Com a automação de sistemas, consegue-se melhor aproveitamento dos recursos de água e luz. O uso mais racional desses bens pode proporcionar um novo modelo baseado na sustentabilidade, modelo este amplamente discutido nos últimos anos pela comunidade mundial. Um ambiente inteligente é aquele que aperfeiçoa certas funções inerentes à operação e administração de uma residência [12].

Como qualquer novidade, a automação residencial, inicialmente, é percebida pelo cliente como um símbolo de status e modernidade. No momento seguinte, o conforto e a conveniência por ela proporcionada passaram a ser decisivos. E, por fim, ela se tornará uma necessidade e um fator de economia [11].

É neste sentido que se deseja estimular o desenvolvimento desta idéia e propagá-la entre os profissionais, para que estes estejam preparados, desde o início, para o atendimento de um novo mercado, contribuindo assim para o seu próprio crescimento [11].

Vale ressaltar que o tema automação residencial não está ainda largamente difundido no Brasil. Uma das constatações feitas durante a condução deste trabalho é o seu pouco

emprego por parte das construtoras atuantes no mercado do Distrito Federal, em seus lançamentos. Somente com o lançamento do Setor Noroeste - DF é que seu emprego será amplamente utilizado, lembrando que o novo bairro é destinado à classe “A” da população. De 10 lançamentos pesquisados na cidade de Águas Claras - DF, somente um empreendimento contava com um projeto de automação mais completo.

A tecnologia PLC consiste na aplicação dos fios da rede elétrica como meio físico para o transporte de dados. A tecnologia pode substituir os cabos UTP utilizados nos enlaces das redes de dados. Essa tecnologia já é utilizada em caráter experimental em diversos países. No Brasil, empresas de energia elétrica como Eletropaulo, Cemi, Light, Excelsa e Copel realizam testes com o sistema. Tendo sua homologação concedida no dia 25 de agosto de 2009 através da resolução normativa nº375/2009 assinada pela ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) [2].

Como a ANEEL homologou a tecnologia PLC somente há pouco mais de um ano, até o momento não há fabricantes nacionais que oferecem os equipamentos no mercado nacional, dificultando assim sua aquisição.

A tecnologia PLC utilizada em ambientes *indoor* é conhecida pelo advento do protocolo X-10. A Motivação para o seu desenvolvimento é a criação de uma tecnologia eficiente e de baixo custo que pudesse substituir os atuais cabeamentos UTPs comuns nos projetos de automação.

A tecnologia X-10 é um protocolo de comunicação que efetua o controle remoto de dispositivos elétricos. Foi projetada para oferecer uma camada de software totalmente flexível e de domínio público. Os módulos transmissores e receptores são usualmente colocados no lugar de tomadas e interruptores, embora alguns necessitem de caixas elétricas especiais. Até a versão 1.7 do protocolo é oferecido suporte apenas a comandos simples, tais como: "*turn on*", "*turn off*" ou "*dim*". Cada receptor possui um endereço exclusivo na rede, atendendo somente aos comandos endereçados a ele.

Apesar de ser uma tecnologia já madura e aberta, houve certa dificuldade com relação à obtenção de documentações mais específicas, por exemplo, as que descrevem a tecnologia PLC-X10 em níveis mais técnicos. Para entender o funcionamento dos modems PLC compatíveis com o protocolo X-10, houve a necessidade da leitura de vários *papers* que descreviam de maneira breve o funcionamento da sinalização dos sinais nos cabeamentos

elétricos (Camada 01 e 02 do modelo OSI). Foi necessário um estudo de diversos *papers* e artigos provenientes de vários fabricantes, a fim de adquirir um conhecimento aprofundado sobre a tecnologia para o desenvolvimento deste trabalho de conclusão de curso.

Durante o processo de especificação dos equipamentos, a fim de montar o enlace PLC, surgiu o segundo momento de dificuldade durante o desenvolvimento deste projeto. Como dito anteriormente, a tecnologia adotada é aberta e dominada por diversos fabricantes disponíveis nas mais diversas implementações. Essa diversidade ocasionou equívocos por parte do autor durante a fase das especificações, ocorrendo atrasos e alterações no cronograma. Já que houve a necessidade de voltar à fase das especificações, refazer todo o trabalho e encomendar os novos equipamentos ao fabricante, que reside no exterior e aguardar todo o trâmite de envio do pedido ao Brasil. Aprendida a lição, obteve-se auxílio do fabricante com relação à escolha correta dos modelos dos equipamentos.

O Terceiro obstáculo foi o desenvolvimento do software que iria interagir com o modem (módulo) CM15A. Algumas funções necessárias para a implementação da interface, tiveram suas dúvidas sanadas nas documentações técnicas fornecidas pela IBM, principal mantenedora do protocolo. Limitações de conhecimento referente à literatura técnica e o alto nível dos códigos dos desenvolvedores da IBM, consistiram nas maiores dificuldades para a conclusão do projeto.

No Brasil ainda não existem soluções que integrem a automação em conjunto com a tecnologia PLC-X10 em ambientes *indoor*. As tecnologias adotadas pelas empresas no mercado brasileiro estão baseadas em cabeamento UTP. Essas soluções possuem a desvantagem de adequação da infra-estrutura do ambiente, que pode ter custos proibitivos. Em contrapartida, a tecnologia PLC-X10 pode ser empregada como uma alternativa as tecnologias que empregam cabeamento estruturado para o seu enlace de rede.

1.3. OBJETIVO GERAL

O objetivo deste projeto é apresentar uma solução alternativa no campo da automação residencial que poderá trazer melhoria na qualidade de vida das pessoas, principalmente as que necessitam de cuidados especiais como idosos e deficientes físicos. Pessoas com dificuldades de locomoção poderão ter maior liberdade em suas casas proporcionada pela

automação das tarefas do cotidiano, como ligar um eletrodoméstico.

A solução apresentada neste trabalho possui a vantagem de oferecer um processo de instalação simplificado além de utilizar a malha elétrica existente como elance de dados, reduzindo dessa forma a necessidade de obras no ambiente para a sua adequação.

1.4. JUSTIFICATIVA E IMPORTÂNCIA DO TRABALHO

No Brasil a tecnologia de transmissão de dados pela rede elétrica conhecida como PLC, teve sua homologação expedida no dia 25 de agosto de 2009 através da resolução normativa nº375/2009 assinada pela ANEEL [2].

A homologação da tecnologia PLC abre uma nova vertente para o emprego da automação. A fusão entre as duas áreas do conhecimento, engenharia e computação, irá originar um novo produto, ou seja, uma nova solução de mercado. Tendo como vantagem a possibilidade de transformar toda a infra-estrutura elétrica de uma residência ou edifício em uma rede local de dados, onde cada tomada pode ser encarada como um ponto de acesso, podendo ser utilizada de maneira simples e descomplicada.

1.5. ESCOPO DO TRABALHO

O projeto simula um sistema de automação residencial utilizando a tecnologia PLC-X10 em substituição aos convencionais cabos UTPs por intermédio de uma maquete. Como produtos desenvolvidos encontra-se:

- Interface Gráfica integrada à ambientes Microsoft Windows
- Um *framework* comunicando-se com o equipamento CM15A e com a interface gráfica
- Construção do enlace da rede de dados em PLC
- Maquete para apresentação e simulação

A Figura 1.5.1 apresenta o esquemático do projeto tendo o equipamento CM15A como a central de controle para o módulo LM15A. Este por sua vez recebe os comandos X-10 diretamente do *framework* desenvolvido neste projeto, camada de software mais baixa da solução, que está ligada a interface de usuário. Toda a pilha de software é processada em um

notebook que por sua vez está conectada pela porta USB com a interface de hardware CM15A.

Na rede elétrica somente os equipamentos PLC (*Power Line Communication*) encontram-se conectados. A comunicação entre os mesmo dá-se através da fase da rede.

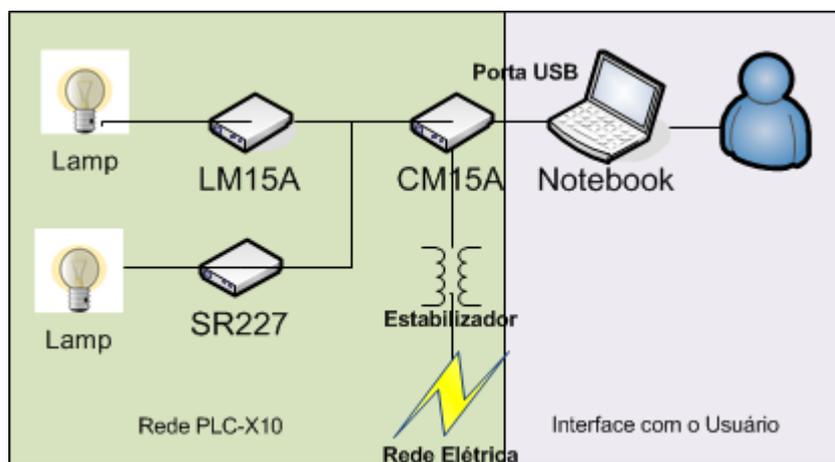


Figura 1.5.1: Esquemático do projeto

1.6. RESULTADOS ESPERADOS

Como resultado do trabalho, será possível o acionamento de um dispositivo elétrico utilizando uma interface gráfica, para o envio do comando até a interface de *hardware* (CM15A), que por sua vez irá utilizar uma pequena malha elétrica, como meio físico, para o acionamento do dispositivo.

1.7. ESTRUTURA DO TRABALHO

Além deste capítulo introdutório, esta monografia está estruturada em mais três capítulos e organizada da seguinte maneira:

Capítulo 02 – Trata-se do referencial teórico empregado para a solução do problema, sendo a base do conhecimento para a implementação da solução no capítulo 3. Abrindo o capítulo 02, é apresentado a teoria de transmissão da tecnologia PC-X-10 e um breve histórico de como a tecnologia foi desenvolvida a partir de um simples fenômeno de interferência eletromagnética introduzida pelos motores elétricos. Este fenômeno foi à inspiração para o desenvolvimento dessa tecnologia tão promissora. O subcapítulo seguinte, mais técnico, trata

da base científica do funcionamento da tecnologia. Abordando toda a grade curricular do curso, como: controle e servomecanismo, instalações elétricas e processamento digital de sinais. Tendo como foco a sinalização, modulação e demodulação do sinal na corrente elétrica além das regras de formação dos comandos do protocolo X-10. O tópico seguinte é um complemento do subcapítulo anterior, sendo explanada cada função de controle suportada pelo protocolo X-10. Finalizando o capítulo, são discutidos os recursos empregados pela tecnologia para lidar com os problemas de relacionados à perda e atenuação do sinal PLC.

O capítulo 03 apresenta o projeto – Este capítulo possui a visão e a topologia do projeto até m das especificações dos hardwares e softwares utilizados no protótipo. Esse capítulo também mostra os testes realizados e a simulação do projeto.

Finalmente o capítulo 04 apresenta a conclusão final da monografia e propostas para trabalhos futuros.

CAPÍTULO 2 – A TECNOLOGIA PLC-X10

Neste capítulo é apresentado todo o referencial teórico sobre a tecnologia PLC-X10. O item 2.1 apresenta uma pequena introdução sobre o tema e introduz a teoria de transmissão pela rede elétrica. Enquanto o item 2.2 aborda o protocolo X-10, responsável pela camada de enlace. O item 2.3 apresenta e explica em detalhes a tabelas de códigos internos do protocolo. O item 2.4 discute o problema da atenuação e ruído dos sinais na prática.

2.1. TEORIA DE TRANSMISSÃO – PLC X10

Por definição, a tecnologia PLC se baseia na modulação de sinais de telecomunicações sobre o canal da rede elétrica. Inicialmente ela foi desenvolvida observando diversos equipamentos que já geravam modulações nessa rede. Por exemplo, liquidificadores antigos, que inseriam modulações e ruídos identificáveis no canal. Portanto, quando esses aparelhos eram usados, outros aparelhos eletrônicos como aparelhos de som e televisão, sofriam interferências.

Eletrodomésticos como esses liquidificadores recebem eletricidade para o funcionamento do rotor de seus motores a carvão, o que gera atrito, de onde centelhas acabam por introduzir na rede elétrica sinais modulados. Tais sinais não são uniformes e possuem frequência bastante próxima da velocidade de giro do motor, além das frequências harmônicas. Assim como não existem controladores do nível de modulação e filtros que impeçam a propagação, o sinal modulado será conduzido pela fiação elétrica a outros equipamentos ligados na mesma fase.

Tendo como base esse fenômeno, desenvolveu-se uma tecnologia que permitisse a transmissão de sinais controlados, com frequências diferenciadas das utilizadas por outros equipamentos pela rede elétrica. O princípio fundamental dessa tecnologia é que como a ordem da frequência do sinal modulado é muito maior do que a do sinal elétrico que opera na faixa de 50 a 60Hz, ambos podem existir em harmonia no mesmo canal sem que ocorra perda de informação.

Os sistemas PLC trabalham na camada de enlace e física do modelo OSI, podendo ser acoplada a redes TCP/IP. De fato, as tecnologias PLC's são capazes de distinguir pacotes TCP e UDP, além de possuírem agentes SNMP para que se possa monitorar e controlar a rede.

2.2. FUNCIONAMENTO DO PROTOCOLO PLC X10

O protocolo X10 comunica-se enviando e recebendo sinais através da fiação da rede elétrica. O método usado pelo X-10 é baseado em uma estrutura de dados simples, com oito bits (um byte) precedidos por um código de início pré-determinado. O desafio no desenvolvimento dessa tecnologia consiste na técnica de transmissão e recepção dos dados pela rede elétrica. A solução consiste na implementação, em todos os dispositivos, de um detector “*zero-crossing*” que irá permitir a sincronização entre os transmissores e receptores PLC. O receptor ativa sua janela de recepção de dados duas vezes para cada senoide, amostrando 120 vezes por segundo ou 7.200 vezes a cada minuto [1].

Os dispositivos PLC não possuem uma fiação elétrica interligando-os diretamente, mas para a viabilidade da solução, os equipamentos necessitam enviar os dados sobre o enlace já existente. Os dados são transmitidos através de pulsos de frequência de 120 kHz, durante um curto espaço de tempo, mas precisamente 01 ms após o “*zero-crossing*” de 60Hz da onda de corrente alternada. Quando emitidos por um transmissor X10, os pulsos de frequência de 120 kHz, em sequência, são recebidos e interpretados como binários pelo receptor. No “*zero-crossing*” da onda de corrente alternada, a presença do pulso representa 1 (um), e a ausência do pulso em outro “*zero crossing*” é entendido como 0 (zero). Figura 2.2.1

Na Figura 2.2.1, encontra-se destacado por flechas os *zero-crossing* de uma onda senoidal. *Zero-crossing* é um termo muito utilizado em eletrônica, matemática e processamento de imagem. Em termos matemáticos significa a mudança do sinal da função, de positivo para negativo ou de negativo para positivo. O *zero-crossing*, em corrente alternada, é um ponto na equação da onda em que a voltagem é igual a zero. Em ondas senoidais, como no caso da Figura 2.2.1, isso normalmente ocorre duas vezes durante cada ciclo [7].

O *zero-crossing* é importante para sistemas que enviam dados digitais através de circuitos de corrente alternada, como os modems PLC-X10 (CM15A). Sendo a base teórica

para o seu funcionamento.

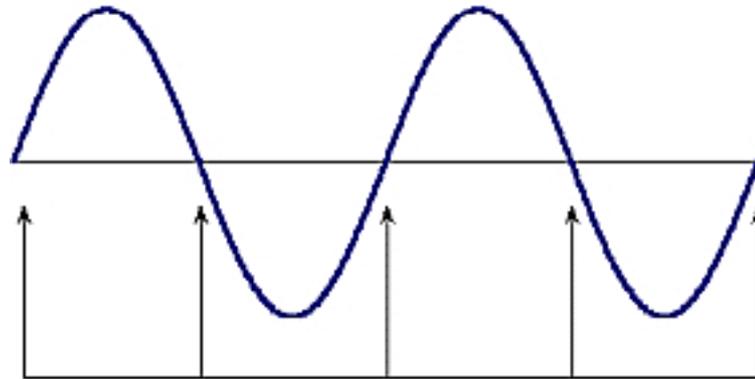


Figura 2.2.1: Transmissor e Receptor – zero-crossing
Fonte: [5]

A Figura 2.2.2 ilustra bem esse funcionamento. No ponto 01, o bit “1” é um pulso, seguido por uma abstenção de pulso no ponto 02. A abstenção de um pulso representa o bit “0” como ilustrando nos pontos 02 e 03, seguida por um segundo pulso, bit “1”, representado pelo ponto 04 da Figura 2.2.2. Diante dessa lógica constrói-se uma sequência binária, formando assim, os dados transmitidos pela tecnologia PLC.

Os pulsos estão representados na Figura 2.2.2, pelos pontos 01 e 04. Sua frequência de 120kHz aparentam como pequenos blocos, diante dos 60Hz da onda senoidal, frequência utilizada pelas concessionárias de energia elétrica. Sendo assim, os receptores PLC estão calibrados para reconhecerem pequenos “*short burst*”, de 120kHz. Frequência bem mais alta e nítida se comparados com os 60Hz da onda senoidal.

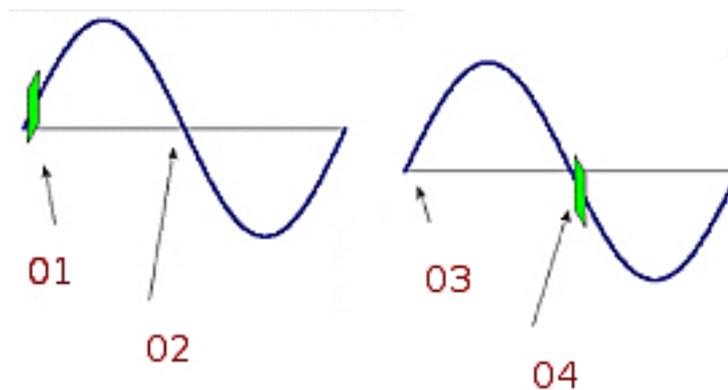


Figura 2.2.2: Esquema de transmissão de bit
Fonte: [5]

Enquanto a janela de tempo para a transmissão de um pulso de 120kHz possui uma duração de tempo de 1ms, a janela de tempo do receptor PLC é calibrado para uma janela de apenas 0.6ms. Este recurso permite lidar com perdas do sinal. A transmissão de um sinal PLC dá-se através de um cabeçalho, que indica o início de uma transmissão.

A transmissão completa de um comando X-10 necessita de 11 ciclos de *clock*. Sendo 02 ciclos para a transmissão do código *start code* (04 bits). Os próximos 04 ciclos representam *letter code* e os 05 últimos ciclos representam o *number code* ou *function code* (01 à 16). Os códigos de funções (*function code*) são comandos para a execução de uma atividade específica como: ligar, desligar, etc. Para efeitos de redundância e confiabilidade, todas as chamadas do protocolo X-10 são transmitidas em dois *frames* de dados para cada comando acionado. Figura 2.2.3

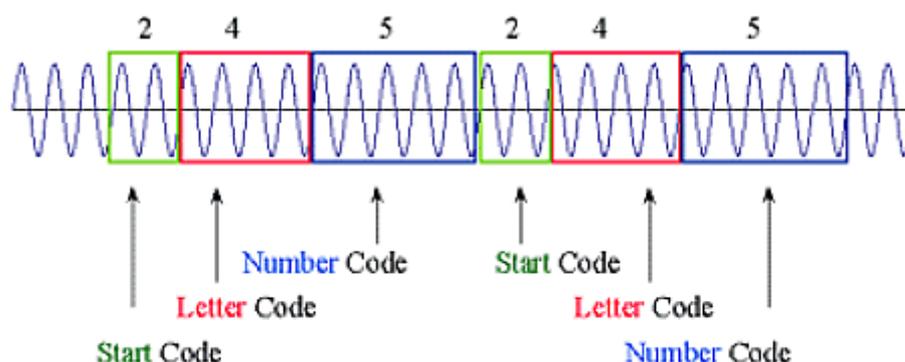


Figura 2.2.3: Protocolo X-10 - Dois frames de dados

Fonte: [4]

Na Figura 2.2.4, a linha 01 ilustra o código transmitido no momento do chaveamento de um dispositivo PLC específico na rede, cada dispositivo possui um número identificador ou endereço na rede. Já a linha 02, exemplifica a transmissão de um código X-10 para o acionamento de uma função específica de um dispositivo elétrico, como ligar ou desligar. A função a ser ativada é condizente de acordo com a natureza do dispositivo elétrico. Como por exemplo uma lâmpada. As propriedades inerentes a ela são: ligar e desligar.

Devido a diferentes fontes consultadas sobre o mesmo assunto, conseqüentemente diferentes autores, há a necessidade de realizar algumas explanações. Primeiramente *house code* e *letter code* são termos que se referem a mesma função do protocolo X-10, sendo o campo destinado ao endereçamento do dispositivo PLC na rede (seção 2.3). O Campo *number*

code corresponde a um número de 1 à 16 na coluna *command code* do Quadro 01 da seção 2.3, destinada, por exemplo, a expansão do endereçamento da solução. E por fim, *function code* é o campo do protocolo destinado ao transporte das funções suportadas pelo protocolo X-10.

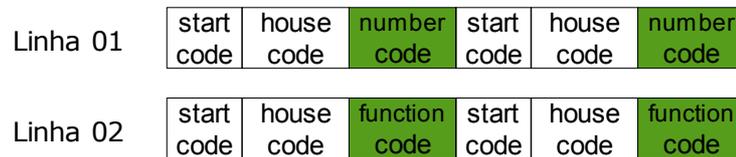


Figura 2.2.4: Ciclos do PLC (Powe Line)

A especificação do protocolo X-10, define que entre blocos de comando, seja ele um bloco de endereçamento ou de um bloco de ativação de uma função, há uma sequência de 06 zero (000000). Esse “*gap*” reinicia os registradores dos receptores e garante a integridade dos *frames* do protocolo.

A Figura 2.2.5 ilustra quatro *frames* de dados do protocolo X-10. O bloco inicial contém o endereço de um dispositivo PLC na rede, enquanto o segundo transporta o comando ou função para o dispositivo alvo. Para a transmissão completa dos dois *frames*, são necessários 47 ciclos de uma onda de frequência de 60 MHz. Alguns comandos exigem menos tempo para sua transmissão. Por exemplo, o comando All-Lights-On, que exige somente 1/3 de um segundo.

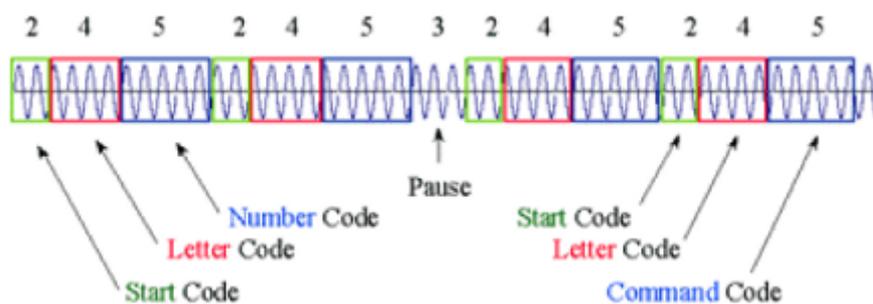


Figura 2.2.5: Transmissão de dois blocos de comando.

Fonte: [4]

Uma vez que o receptor tenha processado um *frame* de endereçamento, este encontra-se pronto para o recebimento do *frame* contendo o bloco de código (*function code*). Como dito anteriormente, todos os quadros de dados devem começar com o código de

inicialização (*start code*). A diferença entre um bloco de endereçamento para um bloco de função ou *function code* reside na ativação do bit D16 da coluna *command code* (seção 2.3). Sendo igual a “1” o *frame* será um bloco de função ou *function/command code*, caso contrário será um bloco de endereçamento estendido.

A Figura 2.2.6 ilustra a transmissão de um *frame* de um bloco de comando sem suporte ao endereçamento estendido, ou seja, o protocolo X-10 está habilitado para endereçar somente a 16 dispositivos para cada fase de uma instalação elétrica. O comando está sendo iniciado por um cabeçalho, que na especificação do protocolo recebe o nome de *start code*, esse cabeçalho sempre precede aos pacotes da rede PLC. O segundo campo destina-se ao endereçamento do dispositivo alvo na rede, tendo como correspondente o campo DST do protocolo IP. O campo possui uma sequência binária igual à 1100, que representa a letra **P** configurada como endereço durante a instalação de um dispositivo PLC qualquer na rede. Finalizando o *frame*, têm-se o campo chamado *function/command code*, que abriga o código binário da função a qual o protocolo oferece suporte. Na imagem é o comando “ON”, responsável por ligar o dispositivo elétrico desejado.

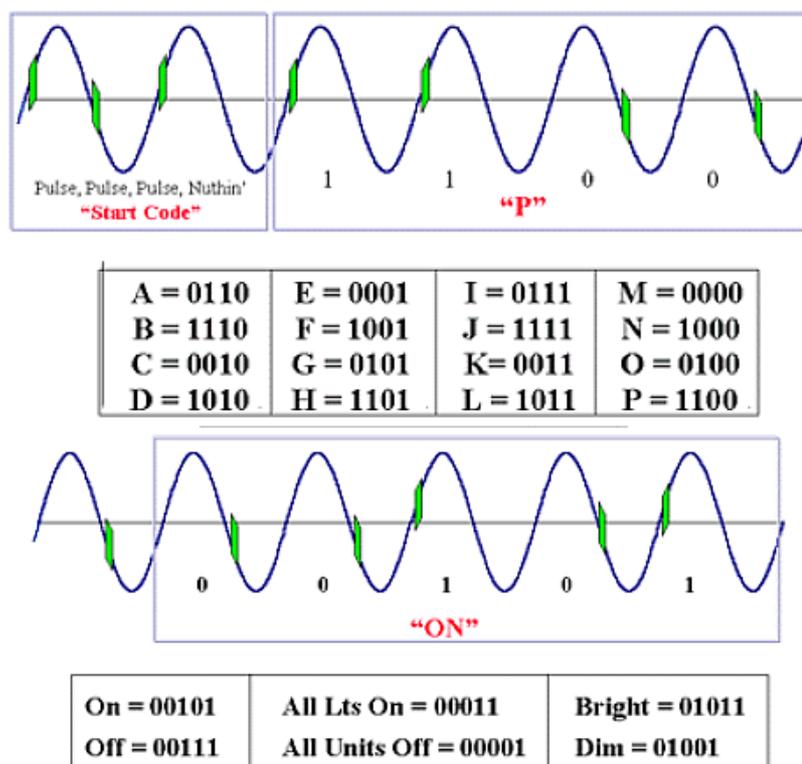


Figura 2.2.6: Frame do protocolo X-10

Fonte: [5]

2.3. CÓDIGOS DO PROTOCOLO X-10

O Quadro 1 ilustra o mapa de endereçamento e dos códigos das funções suportadas pelo protocolo X-10. O quadro possui duas colunas (*Letter Code/House Code* e *Command Code/Function Code*), cujos títulos já foram mencionados durante o desenvolvimento desta monografia.

A Coluna *Letter Code* possui um total de 16 endereços, que corresponde da letra **A** até a letra **P**. Sendo destinados à identificação dos dispositivos elétricos no enlace PLC, da mesma forma, que os endereços IPs são utilizados para a identificação de ativos de redes em enlaces padrão Ethernet.

A coluna *Command Code* ou *Function Code* é constituída por 5 bits e destina-se a dupla funcionalidade. A primeira delas refere-se ao complemento da coluna *Letter Code*, destinando 4 bits dos 5 bits a mesma, totalizando 8 bits para o endereçamento de dispositivos. Com isso consegue-se estender a quantidade de endereços para até 256 dispositivos elétricos, contornando assim uma limitação da tecnologia. A Segunda funcionalidade destina-se ao acionamento das funções suportadas pelo protocolo. Para isso o bit da coluna D16 deve ser igual a 1. O conjunto das funções disponibilizadas, estão destacadas em cinza escuro no Quadro 1.

As instruções “*on*” e “*off*” são as funções mais básica do protocolo X-10, tendo como função à ação de ligar ou desligar um dispositivo elétrico em específico, pois essas funções necessitam o endereço do dispositivo alvo na rede. As instruções “*All units - xxx*” são instruções que abrange todos os dispositivos do enlace PLC, ou seja, emite um sinal de *broadcast* na rede afetando todos dispositivos da fase elétrica (domínio do enlace). Na especificação do protocolo X-10, há comandos específicos para um determinado dispositivo elétrico, como as lâmpadas. As instruções “*DIM*” e “*Bright*” são destinadas ao controle da taxa de iluminação de um ambiente, ou seja, pode-se controlar a variação da taxa de luminosidade de um determinado ambiente. A Função “*Pre-set dim*” possui a mesma função das instruções anteriores, com o diferencial de possuir apenas dois níveis de intensidade luminosa predefinidos.

Há um conjunto de instruções com a finalidade de obter o status de um dispositivo. As instruções “*status*” oferecem essa funcionalidade. O conjunto de instruções “*status=on*” e

“*status=off*” permitem obter a informação se um dispositivo elétrico, em específico, foi ligado ou desligado, funcionando como uma confirmação de execução aos comandos “*on*” e “*off*”. “*Status request*” é um pedido sobre o status de um determinado dispositivo elétrico, ou seja, faz a verificação para saber se o mesmo encontra-se ligado ou não. Uma ausência de resposta indicaria algum tipo de problema com o dispositivo elétrico alvo, como sua queima. Essa função é usada no monitoramento dos dispositivos elétricos no enlace, alertando para eventuais queimas de dispositivos, como o de uma lâmpada.

A instrução “*hail request*” é utilizada quando se deseja realizar alguma transmissão para um determinado endereço. Ela é usada para detectar a ocorrência de transmissões no meio. O retorno da instrução “*hail acknowledge*”, indica uma transmissão em curso ao endereço desejado. Sendo assim, um novo endereço, “*Letter Code*”, poderá ser utilizado. Essa prática é empregada a fim de evitar colisões de pacotes no enlace PLC.

Existem algumas instruções cuja finalidade são de próprio controle do protocolo. Esse é o caso da instrução “*extended data*”. A instrução informa qual é o tamanho, em bytes, da carga útil de um pacote de dados. Como o protocolo possui *frames* de tamanho variados, essa instrução garante o correto entendimento dos mesmos, pois os *frames* da tecnologia PLC-X10 possuem tamanhos variados. Já a instrução “*extended code*” possui a faculdade de flexibilizar a limitação do protocolo relacionado ao endereçamento. Estendendo os 4 bits iniciais (*Letter Code*) para 8 bits, resulta em 256 endereços disponíveis.

Quadro 1: Códigos do protocolo X-10

	Letter Code					Command Code				
	H1	H2	H4	H8		D1	D2	D4	D8	D16
A	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0
B	1	1	1	0	2	1	1	1	0	0
C	0	0	1	0	3	0	0	1	0	0
D	1	0	1	0	4	1	0	1	0	0
E	0	0	0	1	5	0	0	0	1	0
F	1	0	0	1	6	1	0	0	1	0
G	0	1	0	1	7	0	1	0	1	0
H	1	1	0	1	8	1	1	0	1	0
I	0	1	1	1	9	0	1	1	1	0
J	1	1	1	1	10	1	1	1	1	0
K	0	0	1	1	11	0	0	1	1	0
L	1	0	1	1	12	1	0	1	1	0
M	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0
N	1	0	0	0	14	1	0	0	0	0
O	0	1	0	0	15	0	1	0	0	0
P	1	1	0	0	16	1	1	0	0	0
All units off						0	0	0	0	1
All units on						0	0	0	1	1
On						0	0	1	0	1
Off						0	0	1	1	1
Dim						0	1	0	0	1
Bright						0	1	0	1	1
All light off						0	1	1	0	1
Extend code						0	1	1	1	1
Hail request						1	0	0	0	1
Hail acknowledge						1	0	0	1	1
Pre-set dim						1	0	1	X	1
Extended data (analog)						1	1	0	1	1
status=on						1	1	0	0	1
status=off						1	1	1	1	1
Status request						1	1	1	0	1

Fonte: [5]

2.4. X-10 - ATENUAÇÃO E RUÍDOS NO SINAL

Um módulo receptor ou transmissor X-10, como CM15A utilizado no projeto, escuta a linha de transmissão (rede elétrica) a procura de um sinal de 120kHz em uma janela destinada ao protocolo, como discutido na seção 2.2 e 2.3 desta monografia. Para ilustrar esse fenômeno, na Figura 2.4.1 destacada em pequenos quadrados vermelhos, é representado um sinal de 120kHz justamente no ponto zero do cruzamento (*zero crossing*) da onda senoidal de 50Hz ou 60Hz.

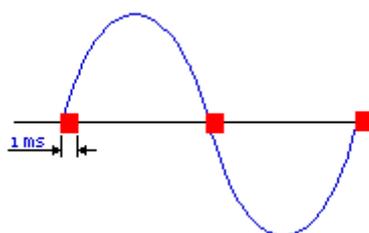


Figura 2.4.1: Transmissão PLC
Fonte: [5]

O protocolo X-10 incorpora algumas técnicas de detecção de erros no âmbito da especificação do mesmo. Cada bit "1" numa transmissão X-10 é um *burst* de 120KHz no sinal AC, e cada bit "0" é a ausência deste *burst*. Um *burst* é enviado a cada 60 graus, possuindo a duração de 1ms, começando no cruzamento pelo ponto zero (*zero crossing*) da tensão AC. O *burst* é enviado 03 vezes (Figura 2.4.2) para cada bit, uma para cada cruzamento do ponto zero (*zero crossing*). Isto é feito para enviar informações no momento mais calmo da tensão AC ao receptor, qualquer que seja a fase que este esteja. Isto leva à melhor relação sinal/ruído para transmissão de dados. Por conseguinte, a taxa real de transmissão de bits é de 2 bits/ciclo. Além disso, cada bit é enviado com seu valor verdadeiro e complementado, e cada sequência de código é enviada duas vezes. Toda esta redundância para que os bits vençam o ruído da linha (segurança de transmissão).

A Figura 2.4.2, é apresentado um *screen-shot* da tela de um osciloscópio, em que demonstra os sinais (120kHz) gerados por um equipamento PC X-10 e uma onda quadrada de 60Hz derivada do sinal da rede elétrica.

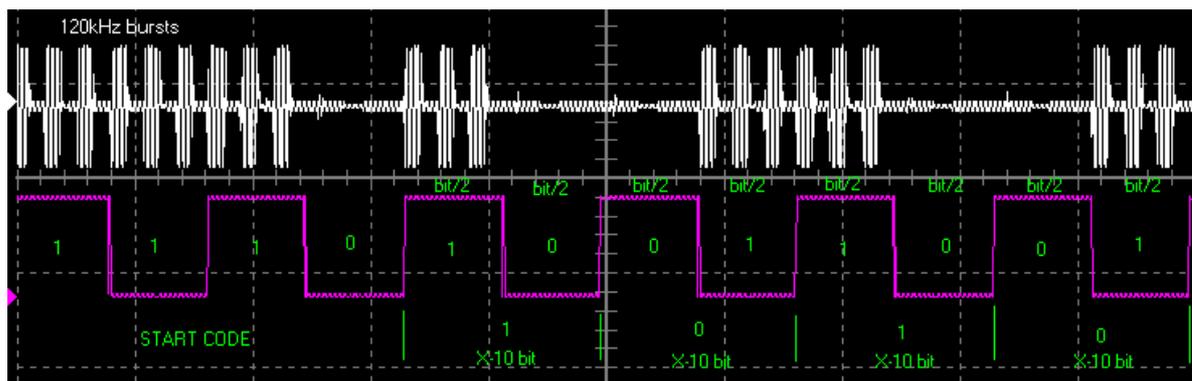


Figura 2.4.2: Transmissão de dados usando complemento.

Fonte: [9]

O receptor irá decodificar somente os sinais de frequência de 120 KHz, porém ruídos podem ocasionar uma má decodificação do sinal ou o descarte do mesmo. Fonte de ruídos como geradores elétricos, lâmpadas fluorescentes compactas, lâmpadas halógenas, fontes de computador, monitores de computadores, etc devem ser levadas em considerações em projeto de automação pela rede elétrica.

Similarmente tudo que possa atenuar o sinal (redução da amplitude), irá causar aos receptores uma má decodificação do sinal, fazendo-os interpretar nada além do que o bit “0” (ausência de sinal de 120kHz). O uso de capacitores através da alimentação ou outros filtros são destinados a filtrarem frequências mais altas, proporcionando impedâncias mais baixas (Figura 2.4.3).

Uma possível solução para estes problemas (ruído e atenuação), consiste no emprego de filtros projetados para bloquearem sinais de 120kHz, evitando que esses sinais consigam chegar até ao meio, poluindo-os assim. Estes mesmos filtros podem impedir que sinais legítimos (120kHz) cheguem a dispositivos que possam degradar o sinal.

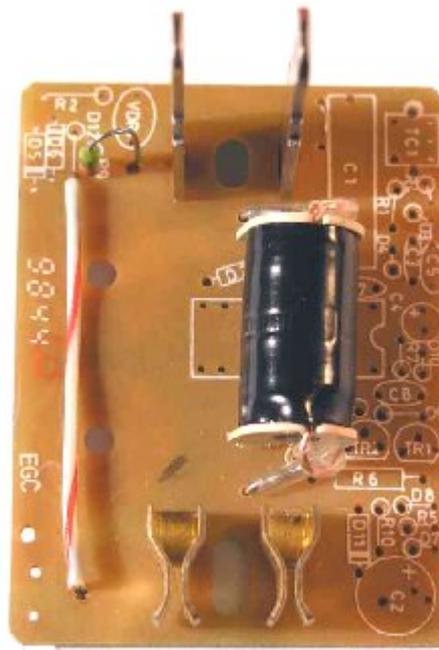


Figura 2.4.3: Filtros na fonte
Fonte: [5]

CAPÍTULO 3 - DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

Este capítulo apresenta a implementação, os testes e os resultados obtidos durante o desenvolvimento do projeto além da simulação do funcionamento. O item 3.1 e seus sub-tópicos referem-se aos hardwares comerciais utilizados no projeto para a construção do enlace de rede. O item 3.2 trata da descrição dos dispositivos eletrônicos implementados. Já o item 3.3 do software responsável pelo funcionamento do protótipo. A seção 3.4 apresenta as tecnologias e conceitos utilizados no desenvolvimento do software para o acionamento dos dispositivos elétricos.

3.1. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

O projeto foi desenvolvido em quatro etapas. A primeira etapa foi o planejamento geral do projeto e seu estudo bibliográfico. A segunda etapa foi marcada pela especificação e importação dos *hardwares* utilizados para a construção do enlace de dados em PLC e pela escrita dos primeiros capítulos da monografia. A terceira etapa iniciou-se com os primeiros testes que seção mostrados neste capítulo e montagem da maquete. Por fim, a quarta etapa foi a redação final desta monografia e finalização do protótipo. A Figura 3.1.1 mostra as quatro etapas do projeto.

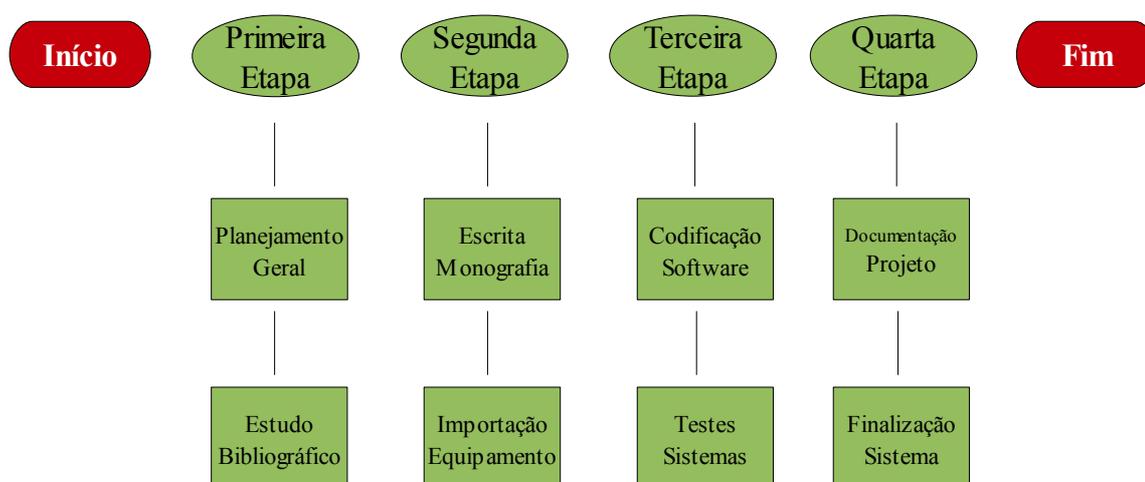


Figura 3.1.1: Etapas do projeto

3.1.1. ESTRUTURA GERAL DO PROJETO

Este projeto apresenta um protótipo de automação, cujo objetivo consiste no acionamento de um dispositivo elétrico, uma lâmpada, utilizando a tecnologia de transmissão de dados pela corrente elétrica (*Power Line*) em conjunto com o protocolo X-10 para a automação. A idéia deste sistema é poder controlar o dispositivo elétrico alvo remotamente, utilizando a rede elétrica como meio de transmissão. Um pequeno circuito elétrico foi construído com o intuito de simular uma instalação elétrica típica de qualquer ambiente *indoor* residencial. Neste protótipo encontram-se os seguintes dispositivos eletrônicos e elétricos:

- Interface PLC CM15A
- Módulo para carga resistiva – LM15A
- Módulo para carga resistiva ou indutiva - SR227
- Estabilizador e régua elétrica.

A Figura 3.1.2 ilustra o esquema de montagem do protótipo proposto. O protótipo é composto por um módulo de interface CM15A e pelos módulos LM15A e SR227. O módulo de interface CM15A tem a função de enviar aos demais dispositivos PLC-X-10 o comando de controle utilizando a rede elétrica como meio físico. O controle do dispositivo dá-se através de uma interface de usuário (desenvolvida durante o trabalho) que, a partir de um notebook irá controlar a interface PLC CM15A pela porta USB. Demais módulos PLC poderão ser adicionados e todos serão controlados sempre pela interface de *hardware* CM15A.

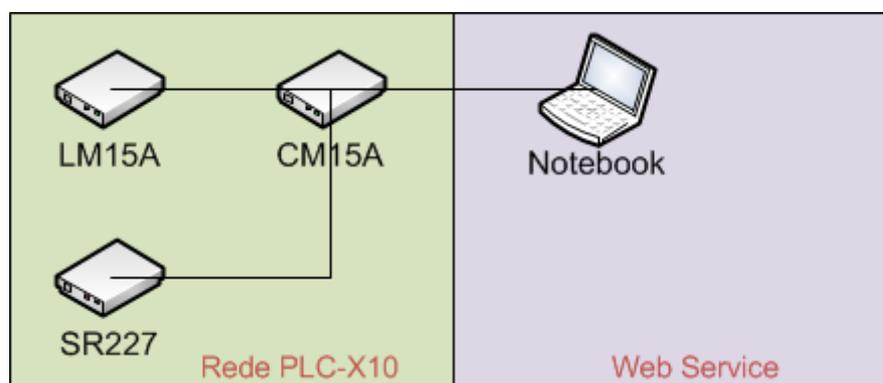


Figura 3.1.2: Esquemático do projeto

3.1.2. FUNCIONAMENTO BÁSICO DO PROJETO

O funcionamento básico deste projeto pode ser explicado em seis etapas de verificações. Estas etapas são verificações que constituem a lógica do sistema. A Figura 3.1.3 ilustra cada uma dessas etapas.

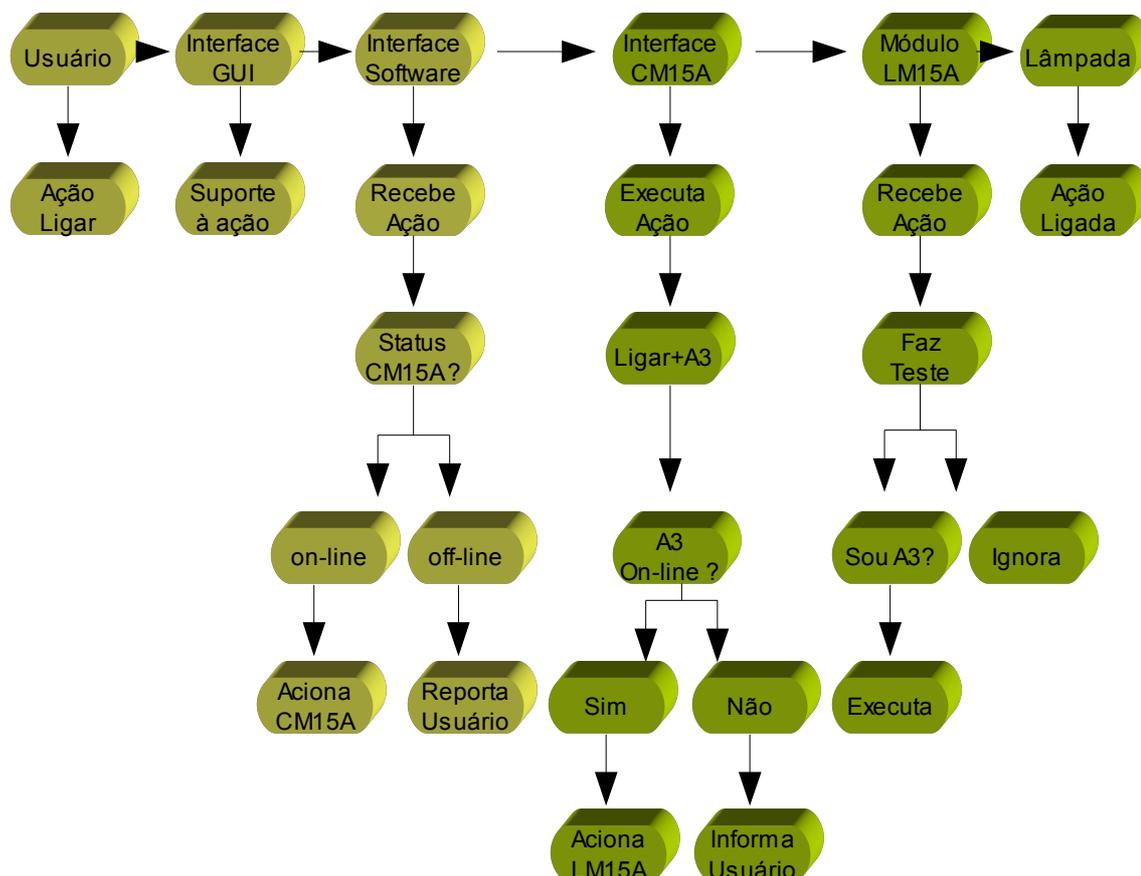


Figura 3.1.3: Etapas de Verificação

Com a Figura 3.1.3 pode-se entender melhor o funcionamento do protótipo. A figura possui duas cores em destaque com o intuito de ilustrar o fluxo do acionamento do dispositivo elétrico, para a camada de software e hardware. A interface GUI recebe o comando para o acionamento do dispositivo elétrico e o repassa para a camada mais baixa de *software* responsável pela comunicação com a interface CM15A. O software realiza toda a abstração no que tange a comunicação com o *hardware*, como as especificações do protocolo X-10.

Cada etapa possui suas validações a fim de assegurar que nenhum evento alheio possa criar uma exceção para o sistema, como por exemplo, a *interface de software* do terceiro estágio. Esta fará uma verificação para assegurar que a interface CM15A esteja pronta para

receber os comandos e processá-los.

A etapa seguinte consistirá na verificação da disponibilidade do dispositivo PLC cujo endereço é A3, que na Figura 3.1.3 é o módulo LM15A/SR227. O módulo foi configurado previamente com este endereço durante a fase da montagem do protótipo. O passo seguinte consistirá na criação dos *frames*, modulação do sinal em 120Khz e inserção do mesmo na fiação da rede elétrica pela interface CM15A.

Fazendo uma alusão a rede de computadores do padrão ethernet, o sinal PLC será recebido por todos os módulos PLC instalados na mesma fase da rede elétrica. Em resumo, cada fase será um domínio de colisão distinto do outro. Pois um sinal PLC não pode interferir, ou seja, migra de um domínio de colisão para outro. Assim que o módulo LM15A/SR227 recebe um sinal PLC, este realiza um teste com o objetivo de validar o endereçamento do pacote. Se o pacote é direcionado para o módulo, este recebe e realiza o seu processamento, caso contrário o pacote será descartado.

A última etapa da verificação é a o acionamento do dispositivo elétrico por parte do módulo LM15A/SR227, que após todos os testes, realizou o chaveamento para a alimentação elétrica, acendendo assim, a lâmpada instalada no seu bocal.

3.2. ESQUEMÁTICO DO CIRCUITO

O acionamento do dispositivo elétrico é realizado pela interface CM15A, a Figura 3.2.1 ilustra a disposição dos componentes. A Interface CM15A é o componente central deste projeto. O notebook está conectado pela interface USB do equipamento, sendo esta porta de comunicação com o equipamento que o software, desenvolvido no projeto, irá utilizar. Todos os equipamentos PLC estão conectados na rede elétrica, sendo usada como fonte de alimentação elétrica para o funcionamento dos dispositivos PLC e enlace de rede para o transporte de dados originados pelo software de administração da solução, sendo executado em um notebook.

O fluxo de dados segue sempre o mesmo percurso, sendo originado pelo software que se comunica com a interface CM15A que faz requisições aos módulos LM15A e SR227. O retorno será o percurso inverso tendo como destino a interface do usuário informando-o do status dos módulos LM15A ou SR227.

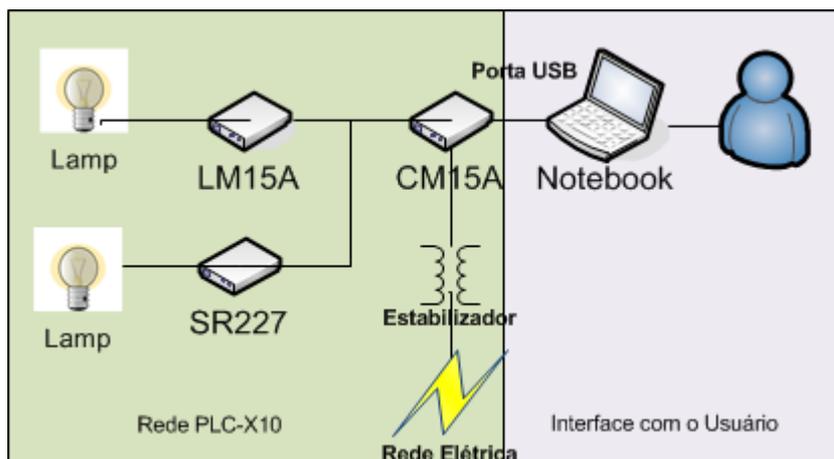


Figura 3.2.1: Esquemático do projeto

3.3. DISPOSITIVOS ELETRÔNICOS DO PROJETO

Os dispositivos eletrônicos utilizados neste projeto foram os seguintes:

- Interface PLC CM15A
- Módulo – LM15A
- Módulo – SR227
- Estabilizador de energia
- Filtro de linha
- Lâmpada de 110v

A interface PLC CM15A é o único dispositivo deste protótipo que está conectado via porta USB, como ilustrado na Figura 3.2.1 deste capítulo. Os módulos PLC-X10 restantes foram conectados através do enlace de rede utilizando a tecnologia PLC. Vale ressaltar que não há nenhum tipo de cabeamento interligando a interface CM15A com os módulos LM15A e SR227. A rede elétrica utilizada pelos equipamentos PLC, interface e módulos, foi montada com o intuito de servir como meio físico de rede e de alimentação elétrica para os equipamentos PLC.

3.3.1. ESPECIFICAÇÕES DOS DISPOSITIVOS UTILIZADOS

Neste subitem são dadas as especificações dos dispositivos utilizados. Essa fase

contou com o suporte do fabricante *Active Home Pro*. Foram trocados alguns e-mails sobre as orientações dos modelos, escolha do SDK disponibilizados no anexo B desta monografia.

3.3.1.1. INTERFACE - CM15A

O equipamento CM15A é uma interface PLC compatível com o protocolo X-10 que interliga a interface USB de um microcomputador à rede elétrica a fim de transmitir comandos para os demais dispositivos PLC. O módulo é capaz de endereçar até 256 dispositivos, sendo completamente compatível com as especificações X-10 descrita no capítulo 2 seção 2.3 deste trabalho.

A interface CM15A é o principal equipamento do protótipo. Todo o desenvolvimento foi realizado em torno dos recursos disponibilizados por ele.



Figura 3.3.1:CM15A

Fonte: [14]

Quando o CM15A realiza uma transmissão de dados, em modo estendido, o mesmo deve tratar e evitar colisões dos dados sempre que possível, e quando uma colisão ocorrer, o mesmo deve ser capaz de detectar e tratar o problema. Para fazer isso, um protocolo de controle de acesso deve ser implementado. Garantindo que todos os dados sejam tratados com o mesmo nível de prioridade.

A instrução “*hail request*” é utilizada quando se deseja realizar alguma transmissão para um determinado endereço. Ela é usada para detectar a ocorrência de transmissões no meio. O retorno da instrução “*hail acknowledge*”, indica uma transmissão em curso ao endereço desejado. Sendo assim, um novo endereço, “*Letter Code*”, poderá ser utilizado. Essa prática é empregada a fim de evitar colisões de pacotes no enlace PLC.

Existem algumas instruções cuja finalidade são de próprio controle do protocolo. Esse é o caso da instrução “*extended data*”. A instrução informa qual é o tamanho, em bytes, da carga útil de um pacote de dados. Como o protocolo possui *frames* de tamanho variados, essa instrução garante o correto entendimento dos mesmos, pois os *frames* da tecnologia PLC-X10 possuem tamanhos variados. Já a instrução “*extended code*” possui a faculdade de flexibilizar a limitação do protocolo relacionado ao endereçamento. Estendendo os 4 bits iniciais (*Letter Code*) para 8 bits, resulta em 256 endereços disponíveis.

3.3.1.2. MÓDULO LM15A

O módulo LM15A é utilizado para o controle de cargas resistivas. Porém é especialmente utilizado para o controle de lâmpadas a fim de fornecer um controle da iluminação do ambiente.

Este é o único módulo que não possui um código de *house code* pré configurado. O procedimento para a configuração do endereço PLC está descrito na seção 3.5.1. Uma vez configurado o código do *house code* este ficará memorizado permanentemente em uma memória EEPROM presente no módulo LM15A.

As funções suportadas são: ON, OFF, ALL LIGHTS ON e ALL UNITS OFF



Figura 3.3.2: LM15A
Fonte: [14]

3.3.1.3. MÓDULO SR227

O módulo SR227 é utilizado para o controle de equipamentos plugados no mesmo. Este consegue fornecer até 15 ampères. Possui suporte aos seguintes comandos; ON, OFF e ALL UNITS OFF.

Esse módulo permite que seja conectado qualquer eletrônico, respeitando a limitação

de 15 ampères, por exemplo: uma cafeteira, um aparelho de TV, aparelho de som, etc.



Figura 3.3.3: Módulo SR227

Fonte: [14]

3.4. SOFTWARE

Para fazer a integração dos dispositivos PLC com o software, foi escolhido a IDE (*Integrated Development Environment* – ambiente integrado para desenvolvimento) da Microsoft conhecida como Visual Studio em conjunto com o SDK (*Software Developer's Kit*) disponibilizado pelo fabricante dos equipamentos (*active home pro*). Para a integração do sistema com a interface de *hardware* CM15A foram utilizados trechos de código de demonstração incluído no SDK do fabricante Active Home Pro.

3.4.1. PRINCIPAIS FUNÇÕES UTILIZADAS NO PROGRAMA

Este subitem apresenta e explica as principais funções utilizadas no programa gerado. Na seção apêndice desta monografia, encontram-se o código fonte das funções descritas a seguir.

3.4.1.1. ACTIVEHOME SCRIPTING SDK

O ActiveHome Scripting SDK é uma camada de abstração de software entre a interface CM15A e o *framework* desenvolvido neste projeto de graduação. O objetivo desse toolkit é prover métodos e funções ao ambiente de desenvolvimento, abstraindo toda a pilha de software de baixo nível necessária para a comunicação com dispositivos X-10. O *ActiveHome Scripting* é o alicerce desta solução, sendo parte do kit de desenvolvimento utilizado no projeto. Seu emprego foi recomendado pelo fabricante (*Active Home Pro* –

Anexo B) durante a fase de especificação da tecnologia PLC-X10, sendo parte da solução do hardware CM15A utilizada no projeto. (item 3.1)

3.4.1.2. COMUNICAÇÃO – INTERFACE CM15A

Para a comunicação com este equipamento é utilizado a DLL (*Dynamic Link Library*) *Interop.ActiveHomeScriptLib* disponibilizada pelo kit de desenvolvimento do fabricante *Active Home*. Esta DLL contém as funções que fazem o controle de I/O (entrada e saída). É utilizada duas funções de grande importância que utilizam parte desta DLL para a comunicação com a interface CM15A. A primeira delas, uma classe chamada AHP (*Active Home Pro*) é utilizada para instanciar o dispositivo CM15A para a sua utilização. A segunda classe *sendDevControl* recebe dois parâmetros: o endereço do dispositivo alvo e o comando a ser enviado. Esta função irá somente executar o que foi pedido e retornará somente uma mensagem de erro, caso haja algum problema de comunicação com a interface CM15A.

3.4.1.3. COMUNICAÇÃO – FRAMEWORK CM15A

As principais funções utilizadas para a comunicação com a interface CM15A, foram inspiradas a partir dos códigos fontes disponibilizados, como por exemplo, os kit de desenvolvimento da *Active Home Pro* e modificados de acordo com a necessidade. As funções utilizadas desse kit foram:

- `AHPX10_RecvAction()` - recebe ação para o acionamento dos dispositivos PLC
- `SendDevControl()` - envia ação para o acionamento dos dispositivos PLC
- `BotãoA3On_Click()` - envia ação quando o botão receber a ação do *click*
- `BotãoA3Off_Click()` - envia ação quando o botão perde a ação do *click*

As demais funções são pertencentes a biblioteca *stdlib.h* e permitem fazer chamadas ao sistema operacional. As funções listadas referem-se somente as chamadas destinadas à comunicação com a interface CM15A.

A função **SendDevControl** cria um *frame* para a comunicação da interface CM15A com o módulo LM15A, por exemplo. O *frame* fica armazenando em um buffer antes de ser transmitido como mostra o Quadro 2:

Quadro 2: Formato de uma mensagem padrão

Ciclos de um sinal PLC

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
11	10	H8H8	H4H4	H2H2	H1H1	D8D8	D4D4	D2D2	D1D1	F1F1	00	00
STARTCODE		HOUSECODE				ADDRESS/FUNCTION				FUNC	EOM	

Fonte: [13]

Os códigos apresentados nos ciclos 03 a 11 do Quadro 02 representam os códigos do protocolo X-10. (Seção 2.3)

3.4.1.4. INTERFACE DE USUÁRIO

A interface de usuário foi desenvolvida utilizando um conceito de janelas chamado de *Windows Form*. Um aplicativo *Windows Forms* é uma aplicação orientada a evento presente no *Microsoft NET Framework*, sendo construída sobre a API existentes do *Windows*. A plataforma *.Net* é o novo ambiente de desenvolvimento da Microsoft para o ambiente *windows*.

Na Figura 3.4.1 é apresentado o *screen-shot* da interface gráfica do usuário. A versão beta 01 possui dois botões cujas funções consistem no acionamento do dispositivo elétrico com o endereço A3 (A3 On e A3 Off). A seção eventos possui dois tipos de campos ação e parâmetros. O campo ação apresenta o comando PLC enviado para o dispositivo de endereço A3 na rede, enquanto os campos chamados de parâmetros, são campos genéricos que apresentam o status de vários parâmetros do dispositivo alvo; como o status do comando enviado, ou seja, se o mesmo foi executado com sucesso, o status atual do dispositivo dentre outros.

O código da interface gráfica pode ser conferido no apêndice A desta monografia. Para que seja possível o envio da ação de ligar e desligar o dispositivo elétrico é utilizado a classe *ActiveHomeScriptLib.ActiveHome* Esta por sua vez possui como método a função *AHPX10.SendAction* responsável pelo envio de comando “ON” e “OFF” para a interface PLC-X10 CM15A.

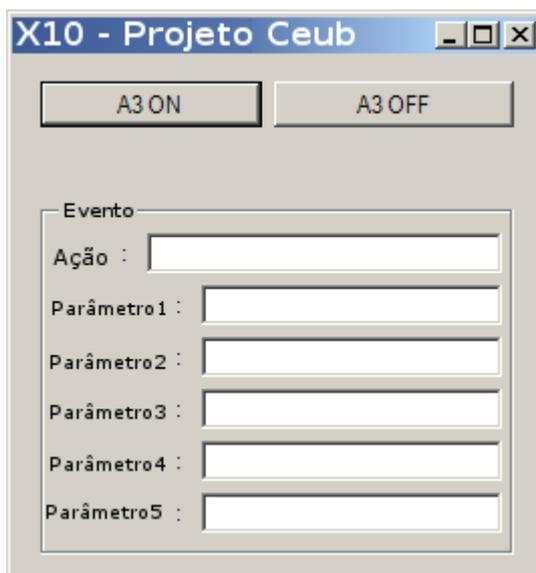


Figura 3.4.1: Interface Gráfica - Beta 1

A interface gráfica foi redesenhada com o objetivo de oferecer maior flexibilidade aos seus usuários. Como a nova versão do *software*, o usuário poderá executá-la em quase todos os dispositivos computacionais existentes no mercado como *desktop*, *smart-phone* ou *tablet*. O único pré-requisito existente é a exigência do *framework* da Microsoft chamado Silver Light já instalado.

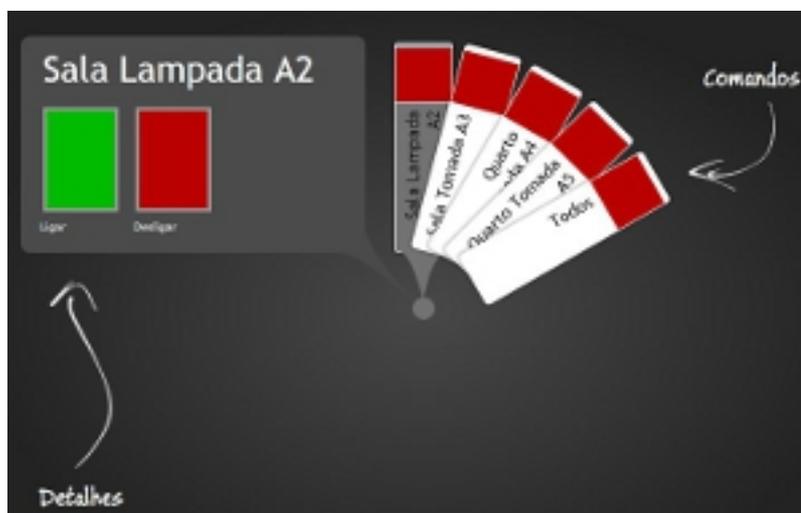


Figura 3.4.2: Interface resenhada – windows form

CAPÍTULO 4 – ANÁLISE DE RESULTADOS

O capítulo 4 é a conclusão e o desfecho do trabalho. Abrindo o capítulo é apresentado os testes e resultados realizados com os módulos PLC-X10 da *Active Home*. A configuração de endereçamento dos módulos X-10 também será abordada nesta seção. O item 4.2 trata dos resultados obtidos ao longo deste trabalho, trazendo algumas fotografias que comprovam os resultados alcançados. O item 4.3 é a conclusão do trabalho seguido pelo item 4.4 que apresenta sugestões de trabalhos futuros.

4.1. TESTES E RESULTADOS

Após alguns estudos, foi identificado que para controlar o módulo PLC LM15A seria necessário pré-configurar um endereço para o dispositivo. O módulo não possui um endereço pré-configurado de fábrica. Dessa forma o módulo não irá responder a nenhum comando PLC enviado pelo sistema.

4.1.2. CONFIGURAÇÃO DO ENDEREÇAMENTO – LM15A

Comparado à maioria dos módulos X10, o módulo LM15A não possui um chaveador no corpo do dispositivo para a configuração do código de endereçamento. O código pode ser configurado utilizando o próprio software desenvolvido nesta monografia. Como o módulo LM15A possui uma memória não volátil, o endereçamento fica configurado mesmo após uma interrupção no fornecimento da energia.

O procedimento para a configuração do módulo LM15A:

1. Retire a lâmpada do soquete e insira o LM15 na tomada
2. Coloque uma lâmpada (respeitando a potência máxima descrita para o módulo) no módulo LM15A
3. Certifique-se que o módulo esteja na mesma fase que a interface CM15A e que rede elétrica PLC esteja energizada.
4. Usando o software, X10 - Projeto Ceub desenvolvido neste projeto de monografia,

informe o endereço X10 desejado.

5. Pressione o botão enviar por três vezes com um intervalo de 01 segundo. No terceiro momento, se o procedimento for realizado com sucesso, a lâmpada irá acender e passará a responder pelo endereço configurado.
6. Para alterar o código X10 memorizado por ele, desligue e ligue novamente a fonte elétrica e repita o passo número 05.

4.1.3. CONFIGURAÇÃO DO ENDEREÇAMENTO – SR227

1. No corpo do equipamento há dois *dip switch* destinados ao endereçamento do dispositivo.
2. Com uma pequena chave de fenda. Gire o anel central para a posição correspondente a letra e ao número, por exemplo A3, L2, etc.
3. Certifique-se que o módulo esteja na mesma fase que a interface CM15A e que rede elétrica PLC esteja energizada.

4.1.4. INSTALAÇÃO - ACTIVEHOME SCRIPTING SDK

Como pré-requisito para o sistema é necessário a instalação do *Active Home Scripting* como primeira camada de software do sistema, oferecendo os serviços de rede PLC da camada 02 do modelo OSI (*Open Systems Interconnection*). Sua instalação é extremamente simples, seguindo a filosofia do Microsoft Windows, sendo realizada uma única pergunta que consiste no diretório de instalação do produto. (Figura 4.1.1)



Figura 4.1.1: Tela de instalação

Após a conclusão do processo de instalação é necessário um *reboot* do sistema operacional. Esse procedimento tem como objetivo a inicialização do serviço *X10 device network*. (Figura 4.1.2)

Sistema de Serviços	Descrição	Status	Tipo de Serviço	Localização
Spooler de impressão	Carrega ...	Iniciado	Automático	Sistema local
Telefonia	Fornece s...		Manual	Sistema local
Telnet	Permite q...		Desativado	Sistema local
Temas	Fornece ...	Iniciado	Automático	Sistema local
Testador de instru...	Fornece ...	Iniciado	Automático	Sistema local
VirtualBox Guest A...	Manages ...	Iniciado	Automático	Sistema local
Windows Installer	Adiciona, ...		Manual	Sistema local
X10 Device Networ...		Iniciado	Automático	Sistema local

Figura 4.1.2: Serviço Windows - X10 Device Network

A solução foi desenvolvida na plataforma .Net da Microsoft tendo como pré-requisito o *framework* que pode ser obtido no *windows update* gratuitamente.

4.1.5. REDE ELÉTRICA PLC

A Figura 4.1.3 ilustra a rede elétrica PLC construída para a instalação dos dispositivos PLC-X10 especificados neste projeto. A marcação 01 é o ponto elétrico para a instalação da

interface CM15A, funcionando como central de comando da solução. A marcação 02 são os bocais elétricos para a instalação dos módulos LM15A enquanto o ponto 03 ilustra a ligação elétrica dos módulos SR227. O ponto 04 é uma régua elétrica que faz a ligação da fonte elétrica da concessionária de energia para o circuito elétrico ligando todos os equipamentos X-10 na mesma fase elétrica conforme a especificação descrita no item 3.5.1 e 3.5.2 deste capítulo.

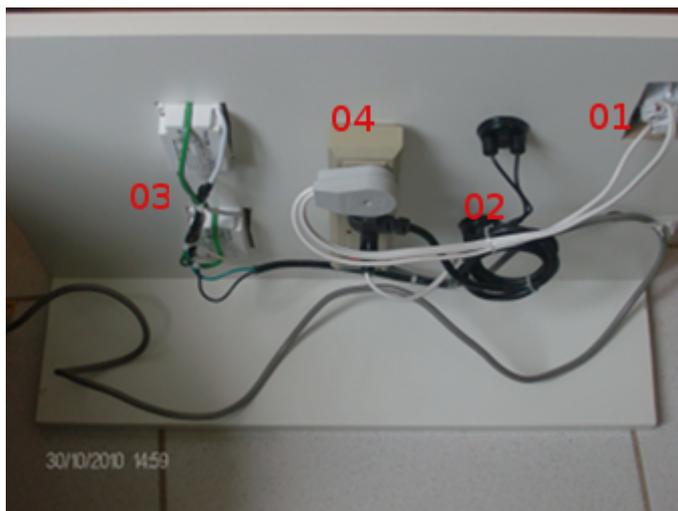


Figura 4.1.3: Maquete - Rede PLC Visão Posterior

A seguir, na Figura 4.1.4 é apresentada a mesma maquete do circuito elétrico PLC da Figura 4.1.3 sobre um segundo ângulo de visão, a fim de proporcionar uma visão e percepção melhorada sobre a construção da maquete. As numerações dos pontos coincidem com a numeração da figura anterior.



Figura 4.1.4: Maquete - Rede PLC Visão Frontal

4.2. ANÁLISE DE RESULTADOS

Após um estudo dos códigos fonte de referência do kit de desenvolvimento disponibilizado pelo fabricante foi possível desenvolver a primeira versão do *software* capaz de enviar o comando “ON” pelo enlace PLC até o módulo SR227. O código fonte capaz de executar essa função pode ser consultado no apêndice A dessa monografia.

Os módulos CM15A e SR227 estão ligados todos na mesma fase da corrente elétrica.



Figura 4.2.1: Módulo SR227 pronto para receber comandos "Off"

Após o envio do comando “ON” pelo *software* o dispositivo elétrico foi ligado com sucesso.



Figura 4.2.2: Módulo SR227 após o envio do comando "On"

Com o sucesso dos testes para o acionamento de um único dispositivo elétrico foi possível estender a quantidade de dispositivo empregado no protótipo. Para isso foi utilizados os módulos PLC-X10 LM15A e SR227, sendo utilizado duas unidades de cada modelo. A interface de usuário também foi redesenhada para permitir o controle dos demais dispositivos elétricos.

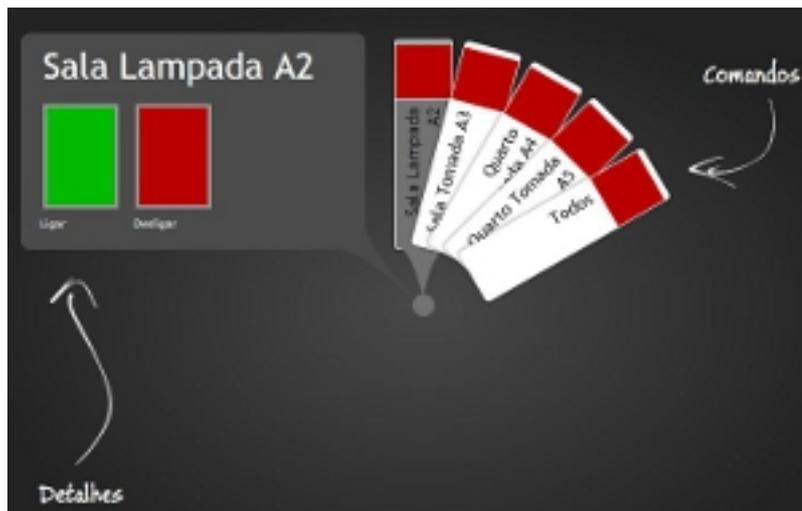


Figura 4.2.3: Interface redesenhada

A nova interface apresenta um novo conceito baseada no conceito de aplicativos RIA (*Rich Internet Application*) onde o software é disponibilizado para o usuário com uma interface agradável e de fácil utilização. Como a nova versão do *software*, o usuário poderá executá-la em quase todos os dispositivos computacionais existentes, como: *desktop*, *smartphone* ou *tablet*.

A melhoria na qualidade do *software* possibilitou uma experiência mais rica e agradável ao usuário. Essa constatação pode ser percebida comparando as Figuras 3.41 e 3.4.2 do capítulo 3.

4.3. CONCLUSÕES

O projeto apresenta uma proposta de automação de ambientes *indoor* utilizando a tecnologia PLC-X10 como enlace de rede. Para isso, foi construído um protótipo com o objetivo de demonstrar as potencialidades da tecnologia para o seu emprego em projetos no mercado. O protótipo atendeu as expectativas com relação a tecnologia mostrando-se viável para o seu uso no cotidiano.

O teste consistiu no acionamento de quatro dispositivos elétricos utilizando uma pequena malha elétrica isolada da rede elétrica da concessionária de energia. Tendo sido acionada a partir da interface gráfica, como defendida neste trabalho de graduação.

Como a homologação da tecnologia PLC pela ANEEL em 25 de agosto de 2009, espera-se o avanço da tecnologia nos próximos anos no Brasil. Essa homologação pelo órgão controlador do governo é um indicativo de que a tecnologia é promissora e deve ganhar o interesse do mercado brasileiro para o desenvolvimento de soluções baseada na tecnologia PLC e variantes.

4.4. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Com os estudos e pesquisas para o desenvolvimento deste trabalho surgiram novas ideias para projetos futuros. A tecnologia PLC-X10 está recebendo muito investimento e pode ser aplicada em diversas áreas por trazer muitas vantagens em comparação a outras tecnologias já existentes.

Não fugindo do tema “PLC-X10” as sugestões para trabalhos futuros estão citadas a seguir:

- Portar a aplicação para que esta seja compatível com o sistema operacional linux.
- Portar a aplicação para que esta faça uso da comunicação sem fio presente na interface PLC-X10 CM15A, eliminado dessa forma a comunicação pela porta USB.
- Portar a interface gráfica para a tecnologia HTML 5

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] - HAYKIN, S. **Sistemas de Comunicação: Analógicos e Digitais**. 4ª. Edição. Editora Bookman, 2004.
- [2] - ANEEL, **Agência Nacional de Energia Elétrica**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/hotsite/plc>> Acessado em: 20/07/2010.
- [3] - B. P. Lathi. **Linear Systems and Signals** (The Oxford Series in Electrical and Computer Engineering). Editora Hardcover,
- [4] - James Sankar, July, **An Assessment of Power Line Communications for the delivery of broadband network access**, 2004,
Disponível em: <http://www.cprsouth.org/wp-content/uploads/drupal/Daniel_Fink.pdf>
Acessado em: 01/08/2010.
- [5] - X-10 Security and Automation for Professional, **Tech Note - Communications Protocol and Power Line Interface**, Rev 2.4,
Disponível em: <<http://www.x10pro.com/pro/pdf/technote.pdf>> Acessado em: 10/08/2010.
- [6] - Marcus Vinícius de Almeida Ferreira, **PLC - Power Line Communication**, Universidade Federal Fluminense (UFF)
Disponível em: <<http://www.radiocb.com/main/images/pdf/PLC.pdf>> Acessado em: 10/07/2010.
- [7] - W. Liu, H. Widmer e P. Raf_n, “**Broadband PLC access systems and field deployment in european power line networks**“, IEEE Communications Magazine, vol. 41, no. 5, pp. 114.118, maio de 2003.
- [8] - N. Pavlidou, A. J. H. Vinck, J. Yazdani e B. Honary, “**Power line communications: State of the art and future trends**“, IEEE Communications Magazine, vol. 41, no. 4, pp. 34.40, abril de 2003.
- [9] - G. Zsoldos, F. Bal’azs e S. Imre, “**Application of effective capacity concept in power line communication environment**“, in International Symposium on Power- Line Communications and its Applications (ISPLC), Atenas, Grécia, março de 2002.
- [10] - K. Begain, M. Ermel, A. Haidine, H. Hrasnica, M. Stantcheva e R. Lehnert, “**Modeling**

of a PLC access network”, in First Polish-German Teletraffic Symposium (PGTS 2000), Dresden, Alemanha, setembro de 2000.

[11] - AURESIDE (Associação Brasileira de Automação Residencial). Temas técnicos: Conceitos Básicos, Benefícios da automação.
Disponível em: <<http://www.aureside.org.br/temastec/default.asp?file=concbasicos.asp>>.
Acessado em: 10/08/2010.

[12] - Caio Bolzani, **Residências Inteligentes**, Ed. Liv. da Física, 2004

[13] – Active Home Pro, **Standard and Extended X10 Code Protocol**, 2004
Disponível em: <<ftp://ftp.x10.com/pub/manuals/xtddcode.pdf>>. Acessado em: 10/08/2010.

[14] – Active Home Pro, <http://www.x10.com/homepage.htm>, Acessado em: 10/08/2010.

APÊNDICE A – INTERFACE GRÁFICA

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Text;
using System.Windows.Forms;
using ActiveHomeScriptLib;

public class AHP
{
    public ActiveHomeScriptLib.ActiveHome AHPX10 = new ActiveHome();
    /// <sumario>
    /// Envia comando de controle de dispositivo
    /// </sumario>
    /// <param name="Address">Endereço do dispositivo alvo</param>
    /// <param name="command">comando a serem enviados para o dispositivo alvo:
    ON, OFF, ...</param>
    /// <returns></returns>
    public string sendDevControl(string command)
    {
        try
        {
            AHPX10.SendAction("sendplc", command.ToString(), "", "");
        }
        catch
        {
            MessageBox.Show("Error", "Send Action");
        }
        return "";
    }
}
```

APÊNDICE B - INTERFACE CM15A

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Drawing;
using System.Text;
using System.Windows.Forms;

namespace X10 - Projeto CEUB
{
    public partial class formMain : Form
    {
        AHP X10cmd = new AHP();

        public formMain()
        {
            InitializeComponent();
            // adicionar form para a leitura dos eventos
            Load += new EventHandler(formMain_Load);

            // Adiciona evento para manipulação do AHPX10 (Active Home Pro - X10)
            // Quando recebe ação proveniente da função RecvAction executa
            // AHPX10_RecvAction - Tramamento da Função

            X10cmd.AHPX10.RecvAction += new
            ActiveHomeScriptLib_DIActiveHomeEvents_RecvActionEventHandler(AHPX10_RecvAc
            tion);
        }

        // <sumario>
        // Active Home Pro - Eventos de Retorno
        // </sumario>
        // <param name="bszAction">Tramento</param>
        // <param name="bszParm1">Parametro 1 Recebido</param>
        // <param name="bszParm2">Parametro 2 Recebido</param>
        // <param name="bszParm3">Parametro 3 Recebido</param>
        // <param name="bszParm4">Parametro 4 Recebido</param>
        // <param name="bszParm5">Parametro 5 Recebido</param>
        // <param name="bszReserved">Reserved Parametro</param>
        void AHPX10_RecvAction(object bszAction, object bszParm1, object
        bszParm2, object bszParm3, object bszParm4, object bszParm5, object
        bszReserved)
        {
            textBoxEventAction.Text = bszAction.ToString(); //Escreve o valor do
            parâmetro na caixa de texto.
            textBoxEventParam1.Text = bszParm1.ToString(); //Escreve o valor do
            parâmetro na caixa de texto.
            textBoxEventParam2.Text = bszParm2.ToString(); //Escreve o valor do
            parâmetro na caixa de texto.
            textBoxEventParam3.Text = bszParm3.ToString(); //Escreve o valor do
            parâmetro na caixa de texto.
        }
    }
}
```

```

        textBoxEventParam4.Text = bszParm4.ToString(); //Escreve o valor do
parâmetro na caixa de texto.
        textBoxEventParam5.Text = bszParm5.ToString(); //Escreve o valor do
parâmetro na caixa de texto.
    }

// <sumario>
// Botão A3 prescionado
// Ativa dispositivo alvo - A3
// </sumario>
// <param name="sender"></param>
// <param name="e"></param>
    private void BotãoA3On_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        X10cmd.sendDevControl("a3 on");
    }

// <sumario>
// Botão A3 perda do foco
// Desativa dispositivo alvo - A3
// </sumario>
// <param name="sender"></param>
// <param name="e"></param>
    private void BotãoA3Off_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        X10cmd.sendDevControl("a3 off");
    }

    private void formMain_Load(object sender, EventArgs e)
    {
    }
}
}

```

APÊNDICE C – INTERFACE DO USUÁRIO

```
namespace X10 - Projeto Ceub
{
    partial class formMain
    {
        /// <sumario>
        /// Instância a variável para a construção da interface gráfica.
        /// </sumario>
        private System.ComponentModel.IContainer components = null;

        /// <sumario>
        /// limpa da memória qualquer recursos alocado anteriormente.
        /// </sumario>
        /// <param name="disposing">verdadeiro se o recursos está disponível; caso
        coontrário será falso.</param>
        protected override void Dispose(bool disposing)
        {
            if (disposing && (components != null))
            {
                components.Dispose();
            }
            base.Dispose(disposing);
        }

        #Begin Windows form code

        /// <sumario>
        /// método necessário para suporte Designer
        /// </sumario>
        private void InitializeComponent()
        {
            System.ComponentModel.ComponentResourceManager resources = new
System.ComponentModel.ComponentResourceManager(typeof(formMain));
            this.buttonA3On = new System.Windows.Forms.Button();
            this.buttonA3Off = new System.Windows.Forms.Button();
            this.groupBoxEvents = new System.Windows.Forms.GroupBox();
            this.textBoxEventParam4 = new System.Windows.Forms.TextBox();
            this.labelEventParam4 = new System.Windows.Forms.Label();
            this.textBoxEventParam3 = new System.Windows.Forms.TextBox();
            this.labelEventParam3 = new System.Windows.Forms.Label();
            this.textBoxEventParam2 = new System.Windows.Forms.TextBox();
            this.labelEventParam2 = new System.Windows.Forms.Label();
            this.textBoxEventParam1 = new System.Windows.Forms.TextBox();
            this.labelEventParam1 = new System.Windows.Forms.Label();
            this.textBoxEventAction = new System.Windows.Forms.TextBox();
            this.labelEventAction = new System.Windows.Forms.Label();
            this.textBoxEventParam5 = new System.Windows.Forms.TextBox();
            this.labelEventParam5 = new System.Windows.Forms.Label();
            this.groupBoxEvents.SuspendLayout();
            this.SuspendLayout();

            //
            // Ação buttonA3 ligado
        }
    }
}
```

```

//
    this.buttonA3On.Location = new System.Drawing.Point(13, 13);
    this.buttonA3On.Name = "buttonA3On";
    this.buttonA3On.Size = new System.Drawing.Size(110, 23);
    this.buttonA3On.TabIndex = 0;
    this.buttonA3On.Text = "A3 ON";
    this.buttonA3On.UseVisualStyleBackColor = true;
    this.buttonA3On.Click += new
System.EventHandler(this.buttonA3On_Click);
//
// Ação buttonA3 Desligado
//
    this.buttonA3Off.Location = new System.Drawing.Point(129, 13);
    this.buttonA3Off.Name = "buttonA3Off";
    this.buttonA3Off.Size = new System.Drawing.Size(119, 23);
    this.buttonA3Off.TabIndex = 1;
    this.buttonA3Off.Text = "A3 OFF";
    this.buttonA3Off.UseVisualStyleBackColor = true;
    this.buttonA3Off.Click += new
System.EventHandler(this.buttonA3Off_Click);
//
// Evento dde groupBox
//
    this.groupBoxEvents.Controls.Add(this.textBoxEventParam5);
    this.groupBoxEvents.Controls.Add(this.labelEventParam5);
    this.groupBoxEvents.Controls.Add(this.textBoxEventParam4);
    this.groupBoxEvents.Controls.Add(this.labelEventParam4);
    this.groupBoxEvents.Controls.Add(this.textBoxEventParam3);
    this.groupBoxEvents.Controls.Add(this.labelEventParam3);
    this.groupBoxEvents.Controls.Add(this.textBoxEventParam2);
    this.groupBoxEvents.Controls.Add(this.labelEventParam2);
    this.groupBoxEvents.Controls.Add(this.textBoxEventParam1);
    this.groupBoxEvents.Controls.Add(this.labelEventParam1);
    this.groupBoxEvents.Controls.Add(this.textBoxEventAction);
    this.groupBoxEvents.Controls.Add(this.labelEventAction);
    this.groupBoxEvents.Location = new System.Drawing.Point(13, 72);
    this.groupBoxEvents.Name = "groupBoxEvents";
    this.groupBoxEvents.Size = new System.Drawing.Size(235, 178);
    this.groupBoxEvents.TabIndex = 3;
    this.groupBoxEvents.TabStop = false;
    this.groupBoxEvents.Text = "Events";
//
// Evento de textBoxEvent - Param4
//
    this.textBoxEventParam4.Location = new System.Drawing.Point(80, 121);
    this.textBoxEventParam4.Name = "textBoxEventParam4";
    this.textBoxEventParam4.Size = new System.Drawing.Size(149, 20);
    this.textBoxEventParam4.TabIndex = 9;
//
// labelEventParam4
//
    this.labelEventParam4.AutoSize = true;
    this.labelEventParam4.Location = new System.Drawing.Point(7, 124);
    this.labelEventParam4.Name = "labelEventParam4";
    this.labelEventParam4.Size = new System.Drawing.Size(67, 13);
    this.labelEventParam4.TabIndex = 8;
    this.labelEventParam4.Text = "Parameter 4:";
//
// labelEventParam3

```

```

//
this.textBoxEventParam3.Location = new System.Drawing.Point(80, 95);
this.textBoxEventParam3.Name = "textBoxEventParam3";
this.textBoxEventParam3.Size = new System.Drawing.Size(149, 20);
this.textBoxEventParam3.TabIndex = 7;

//
// Rótulo labelEventParam3
//
this.labelEventParam3.AutoSize = true;
this.labelEventParam3.Location = new System.Drawing.Point(7, 98);
this.labelEventParam3.Name = "labelEventParam3";
this.labelEventParam3.Size = new System.Drawing.Size(67, 13);
this.labelEventParam3.TabIndex = 6;
this.labelEventParam3.Text = "Parameter 3:";

//
// Evento para textBoxEventParam2
//
this.textBoxEventParam2.Location = new System.Drawing.Point(80, 69);
this.textBoxEventParam2.Name = "textBoxEventParam2";
this.textBoxEventParam2.Size = new System.Drawing.Size(149, 20);
this.textBoxEventParam2.TabIndex = 5;

//
// Rótulo labelEventParam2
//
this.labelEventParam2.AutoSize = true;
this.labelEventParam2.Location = new System.Drawing.Point(7, 72);
this.labelEventParam2.Name = "labelEventParam2";
this.labelEventParam2.Size = new System.Drawing.Size(67, 13);
this.labelEventParam2.TabIndex = 4;
this.labelEventParam2.Text = "Parameter 2:";

//
// Evento para o textBoxEventParam1
//
this.textBoxEventParam1.Location = new System.Drawing.Point(80, 43);
this.textBoxEventParam1.Name = "textBoxEventParam1";
this.textBoxEventParam1.Size = new System.Drawing.Size(149, 20);
this.textBoxEventParam1.TabIndex = 3;

//
// Rótulo labelEventParam1
//
this.labelEventParam1.AutoSize = true;
this.labelEventParam1.Location = new System.Drawing.Point(7, 46);
this.labelEventParam1.Name = "labelEventParam1";
this.labelEventParam1.Size = new System.Drawing.Size(67, 13);
this.labelEventParam1.TabIndex = 2;
this.labelEventParam1.Text = "Parameter 1:";

//
// Evento para o textBoxEventAction
//
this.textBoxEventAction.Location = new System.Drawing.Point(53, 17);
this.textBoxEventAction.Name = "textBoxEventAction";
this.textBoxEventAction.Size = new System.Drawing.Size(176, 20);
this.textBoxEventAction.TabIndex = 1;

//
// Rótulo labelEventAction
//
this.labelEventAction.AutoSize = true;
this.labelEventAction.Location = new System.Drawing.Point(7, 20);
this.labelEventAction.Name = "labelEventAction";

```

```

        this.labelEventAction.Size = new System.Drawing.Size(40, 13);
        this.labelEventAction.TabIndex = 0;
        this.labelEventAction.Text = "Action:";

//
// Evento para os textBoxEventParam5
//
        this.textBoxEventParam5.Location = new System.Drawing.Point(80, 147);
        this.textBoxEventParam5.Name = "textBoxEventParam5";
        this.textBoxEventParam5.Size = new System.Drawing.Size(149, 20);
        this.textBoxEventParam5.TabIndex = 11;

//
// Rótulo labelEventParam5
//
        this.labelEventParam5.AutoSize = true;
        this.labelEventParam5.Location = new System.Drawing.Point(7, 150);
        this.labelEventParam5.Name = "labelEventParam5";
        this.labelEventParam5.Size = new System.Drawing.Size(67, 13);
        this.labelEventParam5.TabIndex = 10;
        this.labelEventParam5.Text = "Parameter 5:";

//
// Formulário Main
//
        this.AutoScaleDimensions = new System.Drawing.SizeF(6F, 13F);
        this.AutoScaleMode = System.Windows.Forms.AutoScaleMode.Font;
        this.ClientSize = new System.Drawing.Size(261, 260);
        this.Controls.Add(this.groupBoxEvents);
        this.Controls.Add(this.buttonA3Off);
        this.Controls.Add(this.buttonA3On);
        this.Icon = ((System.Drawing.Icon)
(resources.GetObject("$this.Icon")));
        this.Name = "formMain";
        this.Text = "AHP Command";
        this.Load += new System.EventHandler(this.formMain_Load);
        this.groupBoxEvents.ResumeLayout(false);
        this.groupBoxEvents.PerformLayout();
        this.ResumeLayout(false);

    }

#endregion

private System.Windows.Forms.Button buttonA3On;
private System.Windows.Forms.Button buttonA3Off;
private System.Windows.Forms.GroupBox groupBoxEvents;
private System.Windows.Forms.TextBox textBoxEventParam4;
private System.Windows.Forms.Label labelEventParam4;
private System.Windows.Forms.TextBox textBoxEventParam3;
private System.Windows.Forms.Label labelEventParam3;
private System.Windows.Forms.TextBox textBoxEventParam2;
private System.Windows.Forms.Label labelEventParam2;
private System.Windows.Forms.TextBox textBoxEventParam1;
private System.Windows.Forms.Label labelEventParam1;
private System.Windows.Forms.TextBox textBoxEventAction;
private System.Windows.Forms.Label labelEventAction;
private System.Windows.Forms.TextBox textBoxEventParam5;
private System.Windows.Forms.Label labelEventParam5;

}

```

}

ANEXOS - A

RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 3752009

RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 375, DE 25 DE AGOSTO DE 2009

Regulamenta a utilização das instalações de distribuição de energia elétrica como meio de transporte para a comunicação digital ou analógica de sinais.

[Relatório](#)

[Voto](#)

O Diretor-Geral da Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, no uso de suas atribuições regimentais, de acordo com deliberação da Diretoria, tendo em vista o disposto no § 1º do art. 6º da Lei n.º 8.987, de 13 de fevereiro de 1995, nos incisos IV, VIII, IX, XIII e XVII do art. 3º da Lei n.º 9.427, de 26 de dezembro de 1996, nos incisos IV, XV e XVI do art. 4º, Anexo I, do Decreto n.º 2.335, de 6 de outubro de 1997, nos artigos 5º e 6º do Regulamento aprovado pela Resolução Conjunta n.º 001 ANEEL/ANATEL/ANP, de 24 de novembro de 1999, o que consta do Processo n.º 48500.000370/09-89, e considerando:

as contribuições recebidas no contexto da Audiência Pública – AP nº010/2009, realizada no período de 12 de março a 11 de maio de 2009, que contribuíram para o aperfeiçoamento deste ato regulamentar, resolve:

Art. 1º Regulamentar a utilização das instalações de distribuição de energia elétrica como meio de transporte para a comunicação digital ou analógica de sinais.

DAS DEFINIÇÕES

Art. 2º Para os fins desta Resolução são adotadas as seguintes definições:

I - *Power Line Communications* - PLC: sistema de telecomunicações que utiliza a rede elétrica como meio de transporte para a comunicação digital ou analógica de sinais, tais como: internet, vídeo, voz, entre outros, incluindo *Broadband over Power Line* - BPL.

II - Prestador de Serviço de PLC: toda pessoa jurídica detentora de autorização nos termos da regulamentação da Agência Nacional de Telecomunicações - Anatel para a exploração comercial de serviço de telecomunicações utilizando a tecnologia PLC.

III - Distribuidora: Agente titular de concessão ou permissão federal para prestar o serviço público de distribuição de energia elétrica.

DA ABRANGÊNCIA, ATRIBUIÇÕES E RESPONSABILIDADES

Art. 3º As distribuidoras que atuam no Sistema Interligado Nacional - SIN não podem desenvolver atividades comerciais com o uso da tecnologia PLC, exceto nos casos previstos em lei e nos respectivos contratos de concessão.

Parágrafo único. A distribuidora tem liberdade para fazer uso privativo da tecnologia PLC nas atividades de distribuição de energia elétrica, ou aplicação em projetos sociais, com fins científicos ou

experimentais, observadas as prescrições do contrato de concessão ou permissão e da legislação específica.

Art. 4º O Prestador de Serviço de PLC pode utilizar as instalações de distribuição de energia elétrica para a transmissão analógica ou digital de sinais, e disponibilizar seus serviços de telecomunicação aos seus clientes, de acordo com as normas e padrões técnicos da distribuidora, o disposto nesta Resolução e na regulamentação de serviços de telecomunicações e de uso de radiofrequências da Anatel.

§ 1º A implantação do sistema de PLC pelo prestador desses serviços deve ser precedida da celebração de contrato de uso comum das instalações da distribuidora.

§ 2º As instalações de distribuição de energia elétrica, por serem bens vinculados aos serviços concedidos, devem ter sua manutenção sob controle e gestão da distribuidora, de forma a atender às obrigações contidas no contrato de concessão ou permissão.

§ 3º A prestação dos serviços com o uso da tecnologia PLC não deve comprometer o atendimento aos parâmetros de qualidade da energia elétrica, segurança das instalações e proteção ao meio ambiente estabelecidos pelos órgãos competentes, assim como de obrigações associadas às concessões ou permissões outorgadas pelo Poder Concedente.

§ 4º É vedada, ao prestador de serviços PLC, a cessão ou comercialização com terceiros do direito de uso das instalações de distribuição de energia elétrica.

Art. 5º A destinação do uso das instalações de distribuição de energia elétrica para o desenvolvimento das atividades comerciais com o uso da tecnologia PLC deve ser tratada de forma não discriminatória e a preços livremente negociados entre as partes.

Art. 6º A distribuidora deve disponibilizar suas instalações para o desenvolvimento de atividades comerciais com o uso da tecnologia PLC mediante solicitação formal de algum interessado, ou por interesse próprio.

§ 1º Para disponibilizar suas instalações para o uso da tecnologia PLC, a distribuidora deve dar publicidade antecipada, durante três dias, sobre a infraestrutura e respectivas condições para uso das instalações de distribuição de energia elétrica, em, pelo menos, três jornais, sendo dois de circulação nacional.

§ 2º No ato da publicidade, deve ser dado prazo não inferior a 60 (sessenta) dias para apresentação das novas solicitações de uso das instalações para desenvolvimento da tecnologia PLC.

§ 3º A distribuidora deve fornecer todas as informações às empresas interessadas para a realização de estudos técnicos e econômicos relativos ao desenvolvimento de atividades comerciais com o uso da tecnologia PLC, os quais são de responsabilidade do interessado.

Art. 7º A solicitação de uso das instalações de distribuição de energia elétrica para o desenvolvimento das atividades comerciais com o uso da tecnologia PLC deve ser feita formalmente, por escrito, e conter as informações técnicas necessárias para a análise de viabilidade de disponibilização da infraestrutura, bem como o plano de implantação, a demonstração da capacidade de execução do referido plano e o valor a ser pago pelo contrato de uso comum.

§ 1º A distribuidora somente poderá negar a solicitação devido à limitação na capacidade, segurança, confiabilidade ou violação de requisitos de engenharia.

§ 2º Em todos os casos previstos no parágrafo anterior, a distribuidora deve fornecer a justificativa com o devido embasamento, em até 60 (sessenta) dias após o recebimento da solicitação formal do interessado.

Art. 8º A distribuidora deve selecionar o Prestador de Serviço de PLC considerando o atendimento a todos os requisitos técnicos e o maior valor a ser pago pelo contrato de uso comum.

Parágrafo Único A escolha do Prestador de Serviço de PLC deve ocorrer em até 30 (trinta) dias após o término do prazo estabelecido no §2º do art. 6º.

DAS RELAÇÕES CONTRATUAIS

Art. 9º Os critérios para celebração de atos e negócios jurídicos entre distribuidoras, suas sociedades controladas ou coligadas e outras sociedades controladas ou coligadas de controlador comum, no que tange à habilitação de prestador de serviços de PLC, considerado como parte relacionada, são os estabelecidos na Resolução Normativa nº 334, de 21 de outubro de 2008.

Art. 10. O contrato de uso comum das instalações de distribuição com o Prestador de Serviço de PLC deve dispor sobre as condições gerais dos serviços a serem prestados bem como as condições técnicas, operacionais, comerciais e responsabilidades mútuas a serem observadas.

§ 1º Objetivando resguardar as obrigações associadas às concessões ou permissões, cabe à distribuidora estabelecer, no contrato de uso comum de suas instalações com o Prestador de Serviço de PLC, cláusulas que definam responsabilidades e prazos para ressarcimento por eventuais danos causados a sua infraestrutura e que assegurem a prerrogativa de a mesma fiscalizar as obras do prestador de serviços, tanto na implantação do sistema quanto na manutenção e adequação.

§ 2º Os contratos devem revestir-se de todas as formalidades técnicas e legais, bem como observar as disposições contábeis previstas no Manual de Contabilidade do Setor Elétrico, instituído pela Resolução nº 444, de 26 de outubro de 2001.

§ 3º Os contratos devem conter Acordo Operativo observando, no que couber, o disposto no Anexo I da Seção 3.5 do Módulo 3 dos Procedimentos de Distribuição – PRODIST.

§ 4º Caso a distribuidora deseje utilizar a infraestrutura do Prestador de Serviço de PLC para atendimento às suas necessidades e interesses dos serviços públicos de distribuição de energia elétrica, o contrato de uso comum deve conter as condições para essa utilização.

Art. 11. Havendo necessidade de modificação ou adaptação das instalações da distribuidora, os custos decorrentes devem ser atribuídos ao Prestador de Serviço de PLC.

Art. 12. Os equipamentos a serem utilizados na composição do sistema de PLC que serão integrados às instalações de distribuição de energia elétrica devem obedecer à regulamentação específica da Anatel.

DAS DISPOSIÇÕES GERAIS E TRANSITÓRIAS

Art. 13. Para execução dos serviços nas instalações da distribuidora, o prestador de serviços de PLC deve observar as condições estabelecidas na Norma Regulamentadora NR 10 do Ministério do Trabalho - Instalações e Serviços em Eletricidade e outras aplicáveis, que estabelecem as condições

mínimas exigíveis para garantir a segurança dos empregados que trabalham em instalações elétricas e, também, de usuários e terceiros.

Art. 14. As receitas relativas à realização do objeto contratual devem ser contabilizadas em separado pelas distribuidoras, de forma a permitir, a qualquer tempo, a identificação dos valores relativos às operações de que trata esta Resolução pela ANEEL.

Art. 15. A apuração das receitas do uso das instalações de distribuição nas atividades com o uso do PLC terá reversão em prol da modicidade tarifária, nos termos da legislação específica estabelecida pela ANEEL.

Art. 16. Para fins de fiscalização pela ANEEL, a distribuidora deve manter as solicitações de uso das instalações de distribuição de energia elétrica para o desenvolvimento das atividades com o uso da tecnologia PLC, bem como as justificativas das negativas ao pedido ou o contrato de uso comum resultante da solicitação, em registro eletrônico e/ou impresso, de forma organizada e auditável, pelo período mínimo de cinco anos, contados da data do recebimento da solicitação.

Art. 17. Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação.

NELSON JOSÉ HÜBNER MOREIRA

Este texto não substitui o publicado no D.O. de 28.08.2009, seção 1, p. 110, v. 146, n. 165.

ANEXOS - B

SUORTE – FABRICANTE ACTIVE HOME PRO

 **Eric Boyd** to me [show details](#) Reply to all

Greetings!

>What the best X-10 Pro"s product,using a computer, to control others X-10
>component at the X-10 network.

The CM15A USB interface has an SDK:
<http://www.activehomepro.com/sdk/sdk-info.html>

>It describes how can I make a cable to connect the serial port of PC to
>serial port (R11) at the PSC05. What you can say about it ?

If you are asking about how to make that cable then I STRONGLY doubt that you have the low level serial programming experience required to develop a program that works with the PSC05. PLEASE look into the CM15A.

- Hide quoted text -

If you have any more questions, please reply to this email. Thanks for choosing X10!

Eric Boyd | ericb@x10.com | X10 Email Support | <http://kbase.x10.com/>

E-mail: Especificação da interface CM15A