

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL
TECNOLOGIA EM AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL**

**GUILHERME HENRIQUE TOGNIETTI KLEPA
ISAIAS VANDOSKI PEREIRA**

**AUTOMAÇÃO PARA ANÁLISE E CONTROLE DE DEMANDA DE
ENERGIA ELÉTRICA EM *SHOPPING CENTERS***

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PONTA GROSSA

2013

GUILHERME HENRIQUE TOGNIETTI KLEPA
ISAIAS VANDOSKI PEREIRA

**AUTOMAÇÃO PARA ANÁLISE E CONTROLE DE DEMANDA DE
ENERGIA ELÉTRICA EM *SHOPPING CENTERS***

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial à
obtenção do título de Tecnólogo em
Automação Industrial da Coordenação de
Autmação Industrial, da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Flávio Trojan

PONTA GROSSA

2013



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Ponta Grossa
Diretoria de Graduação e Educação Profissional
Coordenação de Automação Industrial
Curso Superior de Tecnologia em Automação Industrial



TERMO DE APROVAÇÃO

AUTOMAÇÃO PARA ANÁLISE E CONTROLE DE DEMANDA DE ENERGIA ELÉTRICA EM SHOPPING CENTERS

por

GUILHERME HENRIQUE TOGNIETTI KLEPA
ISAIAS VANDOSKI PEREIRA

Este trabalho de conclusão de curso foi apresentado em 09 de setembro de 2013 como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo em Automação Industrial. Os candidatos foram arguidos pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Flavio Trojan, DSc
Prof. Orientador

Prof. Percio Luiz Karam De Miranda, Eng.
Membro titular

Prof. Frederic Conrad Janzen, MSc
Membro titular

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso –

AGRADECIMENTOS

Este foi um trabalho extenso que envolveu diversas pessoas importantes para nós, agradecemos principalmente ao nosso orientador Prof. Dr. Flávio Trojan, que nos acompanhou durante todo o trajeto e nos guiou para a elucidação de diversos problemas.

Aos nossos colegas de trabalho que conseguiram materiais e deram uma força tanto profissional quanto emocionalmente.

Enfim, a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização desta pesquisa.

RESUMO

KLEPA, Guilherme Henrique Togniatti. PEREIRA, Isaias Vandoski. Automação e Supervisão da demanda de energia elétrica aplicados a *Shopping Centers*. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Automação Industrial) - Coordenação de Automação Industrial. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2013.

Para grandes consumidores, como *shopping centers*, a energia elétrica contratada é cobrada de maneira binômia, ou seja, pagam tanto pela energia consumida quanto pela demanda, e caso esse consumo ultrapasse a demanda contratada são cobradas multas com valores significativos, até mesmo para uma empresa de grande porte. Este trabalho procura desenvolver um sistema de controle e monitoramento da demanda de ar condicionado em *shopping centers* a fim de evitar as multas por excesso de consumo e extrapolação da demanda contratada. Para isso foi utilizado um protótipo no laboratório da UTFPR, simulando as situações de medição e controle da demanda de energia elétrica e desacionamento de circuitos para retomar o consumo dentro da faixa permitida. Como contribuição para a automação de processos são detectadas as amplas possibilidades de realizar um controle efetivo do consumo de energia nas edificações comerciais de grande fluxo de pessoas.

Palavras-chave: Demanda de energia elétrica, Controle de consumo de energia elétrica, Automação em shopping centers.

ABSTRACT

KLEPA, Guilherme Henrique Tognietti. PEREIRA, Isaias Vandoski. Automation and supervision of electricity demand applied to shopping malls. 2013. Work completion of course (Technology in Industrial Automation)- Coordination of Industrial Automation. Federal technological University of Paraná. Ponta Grossa, 2013.

For the big consumers, with malls, the electrical energy contracted is binominal way, in other words, pay as much as the power consumed by demand, and if this demand exceeds the contracted demand are charged fines with significant values, up to for a large company. This work seeks to develop a system to control and monitor the demand for air conditioning in malls to avoid fines for excessive consumption and extrapolation of the contracted demand. For this we used a prototype in the laboratory of UTFPR, simulating situations of measurement and control of electricity demand and disengagement circuit to resume consumption within the allowed range. As a contribution to the automation of processes are detected ample possibilities to make an effective control of energy consumption in commercial buildings to large flow of people.

Keywords: Demand for power, control power consumption, Automation in malls.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Transdutor de tensão	21
Figura 2: Multiplexador	22
Figura 3: CLP	24
Figura 4: Estrutura do CLP	25
Figura 5: Usina de Itaipú	28
Figura 6: Nós do Ifix	30
Figura 7: Processo do sistema supervisório.....	32
Figura 8: Gráfico de demanda.....	34
Figura 9: Gráfico de demanda por dia.....	34
Figura 10: Planta Baixa	40
Figura 11: Diagrama Geral	42
Figura 12: Maleta com o CLP.....	44
Figura 13: Caixa com sensores e acionadores	45
Figura 14: Ligações na maleta	46
Figura 15: STEP 7.....	47
Figura 16: Demanda.....	49
Figura 17: Diagrama de programação simplificado	50
Figura 18: Tela inicial do Supervisório.....	53
Figura 19: Tela de controle de demanda.....	54
Figura 20: Demanda máxima	55
Figura 21: Demanda controlada	55
Figura 22: Gerar relatório	56

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS

LISTA DE SIGLAS EM INGLÊS

SCADA	<i>Supervisory Control and Data Acquisition</i>
PLC	<i>Programmable Logic Controller</i>
AC	<i>Alternating current</i>
DC	<i>Direct current</i>
V	<i>Volt</i>
mA	<i>Miliamperes</i>
W	<i>Watts</i>
KW	<i>Kilowatts</i>

LISTA DE NOMES EM PORTUGUÊS

UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
LSUP	Laboratório de Sistemas Supervisórios
CLP	Controlador Lógico Programável
CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Contínua
QD	Quadro
QD'S	Quadros

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 TEMA DA PESQUISA.....	15
1.1.1 Delimitação do Tema	15
1.2 PROBLEMA	15
1.3 PREMISSA	16
1.4 OBJETIVOS.....	16
1.4.1 Objetivo Geral.....	16
1.4.2 Objetivos Específicos.....	16
1.5 JUSTIFICATIVA	17
1.6 MÉTODO DE PESQUISA	17
2 DESENVOLVIMENTO	19
2.1 REVISÃO DA LITERATURA.....	19
2.1.1 Sensores	19
2.1.1.1 Transdutor de Corrente	20
2.1.1.2 Transformador de Corrente	20
2.1.1.3 Transdutor de tensão	21
2.1.1.4 Multiplexador	21
2.1.2-CLP	22
2.1.2.1 Definição de CLP.....	22
2.1.2.2 Estrutura básica do CLP.....	24
2.1.2.3 Entradas e saídas.....	25
2.1.2.4 UCP	25
2.1.2.5 Memória	26
2.1.2.6 Fonte de alimentação	26
2.1.2.7 Barramento de Comunicação.....	26
2.1.2.8 Programação do CLP.....	27
2.1.3 Sistema Supervisório.....	28
2.1.3.1 Ifix.....	30
2.1.3.2 Outros Sistemas Supervisórios	32
2.1.4 Tarifas de energia elétrica	32
2.1.4.1 Convencional.....	33
2.1.4.2 Horosazonal Verde.....	33
2.1.4.3 Horosazonal Azul	33
2.1.4.4 Cálculo de demanda.....	34
2.1.4.5 Multa de ultrapassagem	35
2.2 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	36
2.2.1 Visão Geral.....	36
2.2.2 Projeto de implantação.....	37
2.2.3 Sistema de CLP's	42

2.3 TESTES E SIMULAÇÃO EM LABORATÓRIO	42
2.3.1 Instalação dos componentes	43
2.3.2 Programação do CLP	47
2.3.3 Comunicação	51
2.3.4 Sistema supervisorio	51
2.3.5 Testes e resultados	54
2.3.6 Custos de implantação vs Viabilidade	56
3 CONCLUSÃO	58
4 REFERÊNCIAS	60

1 INTRODUÇÃO

As transformações sociais, econômicas e ambientais que estão ocorrendo desde o início deste século XXI, têm redirecionado ações e reflexões sobre o uso da energia nos processos produtivos. Essas transformações impõem como regra, buscar cada vez mais alternativas sustentáveis para as necessidades do cotidiano. A energia elétrica, desde a sua descoberta, tem sido uma fonte de sustentação para os diversos setores da economia.

Até 1879, a idéia de energia elétrica já existia, mas ainda não era utilizada em residências particulares. A invenção da lâmpada levou o uso da eletricidade para a área doméstica e pouco a pouco começou a substituir os lampiões a gás da época.

Inicialmente, as redes elétricas de iluminação eram limitadas e concentradas nos centros urbanos, mas já era o bastante para fazer da eletricidade algo economicamente viável no dia a dia, nas comunicações e na metalurgia.

Em 1882, Thomas Edison construiu a primeira central elétrica conhecida, instalada em Nova York e movida a carvão, a qual alimentava eletricamente 7200 lâmpadas de cada vez e iluminava um bairro inteiro.

A partir deste desenvolvimento o consumo de eletricidade se elevou exponencialmente ao longo do tempo até atingir os dias atuais. Das pequenas áreas alimentadas com iluminação na época de Edison, evolui-se para grandes Indústrias, prédios e edificações residenciais e comerciais, aumentando conseqüentemente a demanda e o consumo, frutos da exploração, crescimento e desenvolvimento do setor elétrico.

Frente a este cenário, a reflexão que se deve fazer é sobre como desenvolver novas técnicas e tecnologias para o gerenciamento e o uso correto e eficiente da eletricidade. Mas como fazer isso, já que a cada dia ocorre um aumento significativo nos níveis de consumo de eletricidade decorrentes do crescimento econômico e populacional dos países?

A resposta poderá estar no desenvolvimento de técnicas para diminuir ou controlar o consumo relativo às cargas atualmente instaladas. Essas técnicas devem explorar principalmente: otimizações dos sistemas elétricos, desenvolvimento de equipamentos com redução de consumo, e no aspecto social a conscientização da população, entre outros.

O presente trabalho não propõe uma diminuição direta do consumo de energia, mas procura desenvolver e implementar técnicas de automação para apoiar as mudanças necessárias para que isso ocorra.

Um setor da economia mundial que se desenvolveu maciçamente nas últimas décadas foi o setor de vendas e serviços, através dos *Shopping Centers*. Nessas instalações existe uma grande quantidade de recursos dependentes de energia elétrica, que procuram levar maior conforto aos clientes, tais como: escadas rolantes, centrais de ar condicionado, elevadores, caixas eletrônicos.

Geralmente estes recursos estão alocados no interior do shopping, mas não são de responsabilidade direta das lojas e departamentos que o compõem. Normalmente quem é responsável por manter esses locais é um “condomínio”, ou seja, o proprietário ou administrador do shopping que aluga essas lojas.

Esses administradores, visando atender às necessidades instaladas, contratam com a concessionária de energia elétrica uma demanda mais próxima possível da necessidade real do estabelecimento. Isto significa que as chances da demanda real ultrapassar a contratada são significativas, caso o condomínio queira colocar um novo equipamento de ar condicionado, por exemplo.

A faixa de atuação para esses desvios é muito pequena. Dependendo do consumo de um novo equipamento instalado, há um grande risco da demanda contratada não suprir as suas necessidades, provocando a ultrapassagem dos valores acordados em contrato com a concessionária e acarretando assim em multas e prejuízos financeiros para a organização, além de utilizar um recurso que poderá se tornar escasso no futuro por falta do correto gerenciamento por parte das unidades consumidoras.

A proposta deste trabalho é que, através de um sistema de automação e supervisão, seja possível monitorar a demanda por energia elétrica de um *shopping center*, aplicando técnicas de automação industrial, para que ela não ultrapasse o contratado.

Outro benefício que esse sistema de monitoramento trará, é a oportunidade de gerar um histórico de consumo, setorizando áreas do *shopping* que mais gastam além de ter os horários e dias exatos em que ocorre o maior consumo. Com isso em mãos, um profissional especializado pode traçar planos para reduzir o consumo.

Um dos benefícios secundários que o sistema trará, é a possibilidade de agregar outros equipamentos e serviços ao programa, como dados do funcionamento dos transformadores e geradores, criar uma tela onde é possível acessar câmeras de segurança para desligar remotamente algum equipamento ou iluminação de um local menos utilizado, ou seja, se abrirá um leque amplo de possibilidades futuras.

1.1 TEMA DA PESQUISA

Automação e Supervisão da demanda de energia elétrica aplicados a *Shopping Centers*.

1.1.1 Delimitação do Tema

Geração e análise de dados sobre o consumo energia elétrica em *shopping centers* como ferramenta para monitorar e promover ações antecipadas de controle e otimização do consumo de eletricidade.

1.2 PROBLEMA

O problema estudado neste trabalho de conclusão de curso é o descontrole no consumo da energia elétrica nos *shopping centers* que incorrem em multas ao ultrapassar as demandas contratadas, principalmente nos períodos de alto fluxo de pessoas no ambiente controlado por ar condicionados.

1.3 PREMISSA

Espera-se com esse projeto, controlar o consumo de um sistema elétrico de um grande consumidor para que a energia contratada seja efetivamente utilizada sem que resulte em multas.

Além de gerar relatórios durante todo o tempo de contrato com a empresa prestadora de serviço para que os próximos contratos se adequem as necessidades do cliente com uma diminuição de custos.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo Geral

Desenvolver um sistema de automação capaz de monitorar e mostrar através de um *software* supervisor o comportamento do consumo de energia elétrica de um grande consumidor, gerando alertas no caso de algum valor estiver fora dos parâmetros de consumo normal.

Em caso de da demanda por eletricidade estar próxima de ser ultrapassada, o sistema deverá prever algumas possibilidades para estabilizar a situação.

1.4.2 Objetivos Específicos

- ✓ Levantamento bibliográfico;
- ✓ Elaborar um sistema de sensores para captar informação do sistema elétrico;
- ✓ Monitorar o consumo da demanda elétrica periodicamente;

- ✓ Traçar um estudo dos circuitos elétricos mais adequados para serem desligados em caso de risco da demanda ser ultrapassada;
 - ✓ Analisar os equipamentos adequados a serem usados no projeto;
 - ✓ Simular testes durante o projeto;
 - ✓ Gerar relatórios e gráficos de demanda parecidos com os gerados pela concessionária;
- ✓ Deixar um sistema preparado para implementações futuras.

1.5 JUSTIFICATIVA

Com o aumento das redes de *shopping centers*, hipermercados, centros de varejo, observa-se que ocorre grande consumo de energia elétrica para manter em funcionamento sistemas de iluminação, escadas rolantes, centrais de ar condicionado e outros sistemas, porém todo esse consumo pode acarretar uma despesa extra na conta de energia caso a demanda contratada da concessionária de energia seja ultrapassada.

Diante dessas condições a presente proposta é desenvolver um sistema automatizado e supervisionado para auxiliar no controle do consumo de todo sistema elétrico de forma que possa ser atualizada a todo instante.

1.6 MÉTODO DE PESQUISA

O projeto englobará as pesquisas:

-prática: trata-se da pesquisa ligada à práxis, ou seja, à prática histórica em termos de conhecimento científico para fins explícitos de intervenção; não esconde a ideologia, mas sem perder o rigor metodológico". Alguns métodos qualitativos seguem esta direção, como por exemplo, pesquisa participante, pesquisa-ação, onde via de regra, o pesquisador faz a devolução dos dados à comunidade estudada para as possíveis intervenções (Demo, 2000, p. 22).

-teórica: Trata-se da pesquisa que é "dedicada a reconstruir teoria, conceitos, ideias, ideologias, polêmicas, tendo em vista, em termos imediatos, aprimorar fundamentos teóricos" onde ampliará nossos conhecimentos para que

possamos aplica-los tanto em trabalhos acadêmicos quanto na prática (Demo, 2000, p. 20).

Neste projeto serão aplicados conhecimentos já formulados à prática em campo e laboratório.

O projeto será elaborado em várias etapas de pesquisa e aplicação, ou seja, pesquisaremos sobre uma parte e a desenvolvemos na prática logo em seguida, para depois passar para outra etapa. Esse método de pesquisa foi escolhido devido à extensão de conhecimentos que iremos abordar em nosso projeto. As etapas descritas acima não irão necessariamente ter uma sequência contínua, pois há várias partes que deverão ser pesquisadas ao mesmo tempo. Deve-se fazer uso dos recursos disponíveis na biblioteca da UTFPR além de seus laboratórios de controle e automação. Também haverá dados pesquisados em campo, especificamente em um *shopping* da cidade de Ponta Grossa em que temos acesso.

2 DESENVOLVIMENTO

Este capítulo engloba conhecimentos em diversas áreas de automação, elétrica, rede de dados e muitas outras, a seguir, os elementos pertinentes serão abordados desde os equipamentos até a programação utilizada.

2.1 REVISÃO DA LITERATURA

2.1.1 Transdutor

Dispositivo que fornece uma grandeza de saída que tem uma correlação determinada com a grandeza de entrada [VIM 4.3].

Transdutor é um equipamento que transforma um tipo de grandeza física em outra. Em nosso cotidiano estamos cercados de transdutores que nos ajudam como na máquina de lavar roupas, na geladeira, no ferro de passar, etc. Há várias maneiras de se classificar um transdutor, dentre elas estão:

- Passivos são quando precisam de uma fonte de alimentação externa;
- Ativos são quando são auto alimentados, ou seja, geram na saída uma tensão ou corrente.
- Linearidade é o grau de exatidão da grandeza física com o medido.
- Faixa de atuação é o intervalo de valores da grandeza que podem ser captados.

Para selecionar um transdutor podemos seguir alguns parâmetros como sensibilidade, precisão, limite de utilização, robustez, etc. Dentre os mais comuns estão o resistivo, capacitivo, indutivo, de corrente ou tensão, calor, entre outros.

Estes sensores geram algum tipo de sinal na saída que geralmente é qualquer quantidade que pode ser representada como uma função do tempo. Estes sinais podem ser analógicos ou digitais.

Um sistema eletrônico só é capaz de captar sinais de corrente e tensão, ou seja, para que se possa medir a luz de um ambiente, por exemplo, é necessário

transformar a luz em um sinal de corrente elétrica ou tensão equivalente. O padrão que geralmente é utilizado de corrente é 4 a 20mA e o de tensão é 0 a 10V.

2.1.1.1 Transdutor de Corrente

Transforma um sinal de corrente em 4 a 20mA ou 0 a 10V. Há dois tipos de transdutores de corrente, o primeiro transforma diretamente a corrente nos valores utilizados para medição, o segundo tipo necessita de um transformador de corrente ligado junto. A vantagem de se utilizar um transformador de corrente junto com o transdutor é quando há uma grande distância dos pontos medidos com o receptor desses sinais.

2.1.1.2 Transformador de Corrente

É um equipamento que tem seu enrolamento primário ligado em série com o circuito medido e seu secundário ligado aos equipamentos de medição. O enrolamento primário possui poucas espiras enquanto o secundário possui várias espiras projetadas para injetarem até 5A em sua saída.

Transformadores de Corrente foram lançados em 1958, com o objetivo de atender um mercado dedicado à instrumentação, medindo pulsos elétricos para assim monitorar a corrente elétrica em circuitos elétricos.

São aplicados quase em sua totalidade em áreas que exigem um controle de qualidade mais rigoroso, pois apresentam uma excelente resposta de frequência e amplitude.

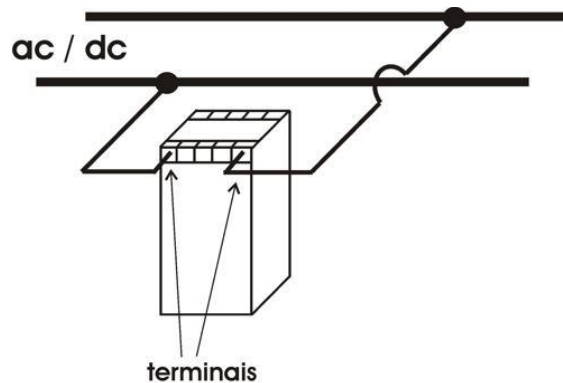
A escolha do tipo de material e dimensões do transformador de corrente depende de fatores tais como a intensidade do sinal, a indutância desejada e também a frequência do sinal que deve ser trabalhado.

No circuito elétrico do transformador de corrente o enrolamento primário é constituído de poucas espiras, com seção transversal de acordo com a corrente que se deseja avaliar, enquanto seu enrolamento secundário tem número de espiras

elevado e seção transversal pequena, onde geralmente, esses enrolamentos são constituídos de condutores de cobre.

2.1.1.3 Transdutor de tensão

Medem valores de corrente alternada e contínua e oferecem saídas de (0-5)V, (0-10)V, (4-20)mA e outras. A figura abaixo representa o esquema de ligação de um transdutor:



Transdutor com Tensão

Figura1: Transdutor de tensão

Fonte: SECON(2012)

2.1.1.4 Multiplexador

Quando existem várias saídas analógicas nem sempre podemos conectá-las diretamente ao CLP, o multiplexador, conforme figura 2, reduz essas entradas para que haja apenas uma saída. Na figura 2 apresenta um conjunto de transdutores enviando valores de suas saídas para um multiplexador que tem o papel de organizar e transmitir pra o CLP.

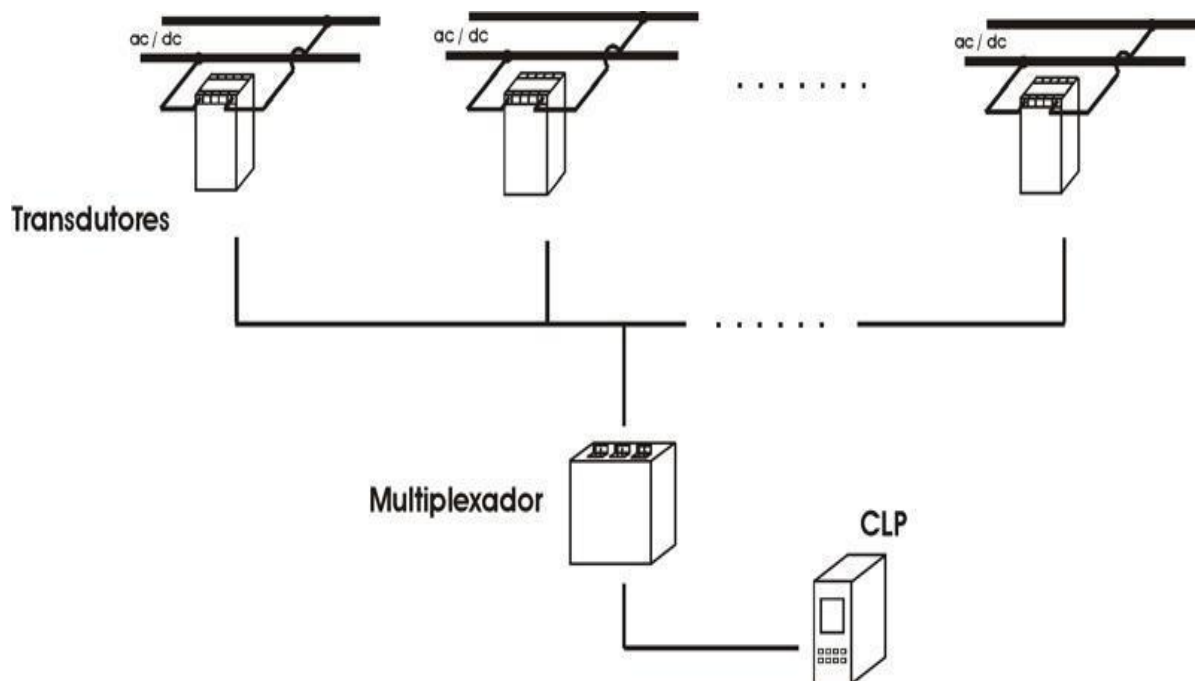


Figura 2: Multiplexador
 Fonte:SECON(2012)

2.1.2 CLP

O controlador lógico programável surgiu na indústria automobilística nos Estados Unidos mais precisamente na *General Motors* em 1968 foi o substituto dos painéis a lógica a reles, os primeiros CLP já eram mais confiáveis que os reles, pois sua lógica não utilizava movimento mecânico como nos reles.

A capacidade de alterar a programação do CLP para indústria foi algo de muito prestígio, pois principalmente a indústria automobilística quando desejava produzir um novo modelo antes na lógica a reles era preciso fazer várias alterações na lógica e com o uso do controlador lógico programável todo esse processo se tornou mais rápido.

As características do CLP se resumem por ser totalmente programável pois um mesmo clp pode ser programados diversas vezes, foi um equipamento desenvolvido

para trabalhar em ambiente industrial e pode ser considerado um equipamento flexível para uma ampla área de equipamento e funções distintas.

Essas características agregadas em um único equipamento despertou o interesse de outras empresas como a *Reliance Electric*, *Modicon*, *Shuthers-Dunn* entre outras. A *Medicon* foi primeira a ter resultados e começar a concorrer com a GM no ano de 1970 mas outras empresas já estavam interessadas na idéia de desenvolver um controlador lógico.

Na década de 70 o CLP desenvolveu-se juntamente com a tecnologia eletrônica, nesse período foram lançados vários componentes eletrônicos como microprocessador que facilitou realizar operações aritméticas, acumuladores, registradores que antes era usada a lógica discretas; os circuitos integrados possibilitou a redução de tamanho, diminuição de custos foi possível então a aplicação na indústria e foi na década de 80 que os CLP foram amplamente difundidos na indústria devido a sua funcionalidade de aplicações.

2.1.2.1 Definição de CLP

Segundo a norma Nema (National Electrical Manufacturers Association), ICS3-1978, parte ICS3-304, apud Kopelvski (2010, p.3) define um controlador programável como:

"Aparelho eletrônico digital que utiliza uma memória programável para o armazenamento interno de instruções para implementação de funções específicas, tais como lógica, sequenciamento, temporização, contagem e aritmética para controlar, através de módulos de entradas e saídas, vários tipos de máquinas ou processos. Um computador digital que é utilizado para desempenhar as funções de um controlador programável é considerado dentro deste escopo. Estão excluídas as chaves, tambores e outros tipos de sequenciadores mecânicos".

Basicamente ele é o responsável pelo controle e aferição de dados em campo, atualmente existem diversos modelos e marcas, na figura 3 é mostrado um CLP da Siemens.



Figura 3: CLP

Fonte:Siemens(2013)

O Controlador Lógico Programável (CLP) surgiu em 1968, na indústria automobilística GM, a partir de um projeto liderado pelo Engenheiro Richard Morley, levando em consideração a dificuldade da utilização da lógica relé em seus equipamentos nas linhas de montagem, pois – quando havia a necessidade de alteração ou implementação de um processo – as modificações nas lógicas relé eram complexas e apresentavam vários problemas e também visando a outras complexidades como o tamanho dos painéis que dificultava a manutenção (ANTONELLI, L. 1998)

2.1.2.2 Estrutura básica do CLP

A estrutura básica de um clp veio de um *hardware* básico de um computador, todos os clp's, desde o menor até os maiores usam os mesmos componentes básicos, são eles:

- Entradas
- Saídas
- Unidade Central de Processamento (*Central Processing Unit – CPU*)
- Memória para o programa e armazenamento de dados
- Fornecimento de alimentação
- Dispositivo de programação

A estrutura básica do clp pode ser vista na figura 4, a partir de um terminal de programação o operador envia os dados para o centro de programação do clp e dentro dele a uma interface que comanda as entradas e saídas.

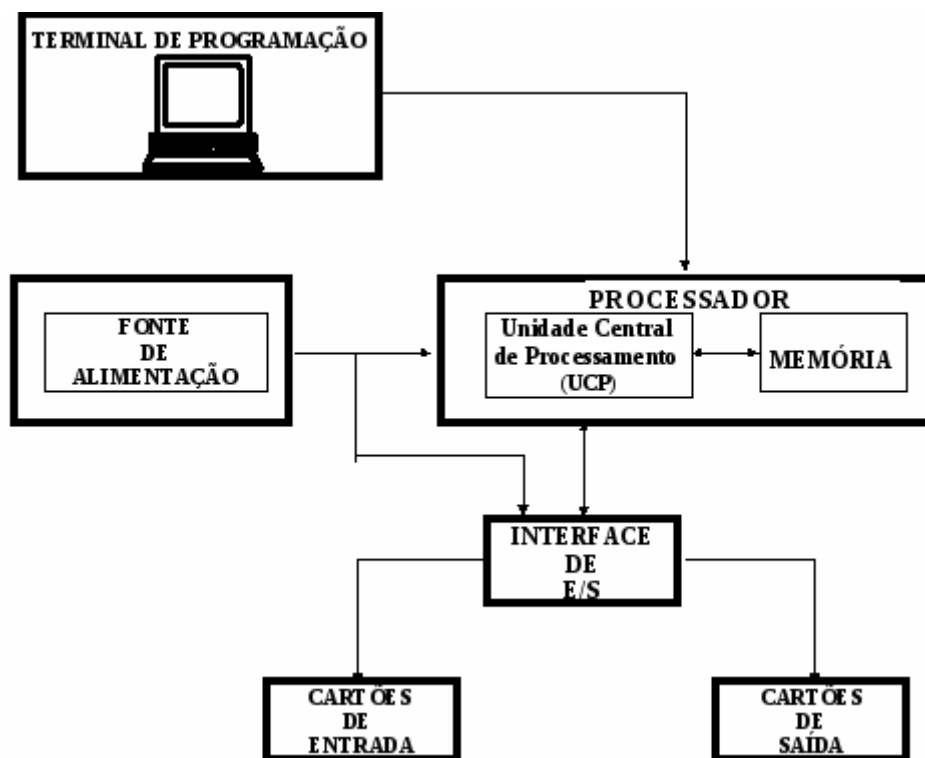


Figura4: Estrutura do CLP

Fonte: Autores(2012)

2.1.2.3 Entradas e saídas

São os meios de comunicação do CLP com processo a ser controlado. As entradas recebem os sinais e os transformam em sinais digitais para serem processados pela UCP. Após o processamento, os dados enviados pela UCP (digitais) são convertidos pelas saídas em sinais que possam acionar cargas externas (sinais elétricos).

2.1.2.4 UCP - (Unidade Central de Processamento)

Essa parte do CLP tem a função de realizar tomada de decisões ,a través do programa a UCP analisa as entradas e altera as saídas, de acordo com a lógica de programação.

2.1.2.5 Memória

A memória do CLP é responsável pelo armazenamento de todas as informações necessárias ao funcionamento do CLP.

2.1.2.6 Fonte de alimentação

A fonte alimenta a UCP e as entradas e saídas. Normalmente as fontes são projetadas para fornecer várias tensões de alimentação para os módulos. O processador normalmente necessita de uma alimentação de 5 Vcc. Cartões de entradas e saídas digitais precisam de alimentação auxiliar para os elementos de chaveamento e conversão, normalmente de 12 Vcc ou 24 Vcc. Cartões de entradas e saídas analógicas necessitam de alimentação 24 Vcc.

Os fabricantes especificam a capacidade máxima da fonte em Watts ou Amperes. Deve-se dimensionar a fonte para alimentar todos os cartões com folga de pelo menos 20%. Caso seja necessário pode-se usar fontes externas para complementar a capacidade da fonte.

Atualmente a grande maioria dos CLP são alimentados com tensão de 0 Vca /220 Vca, entretanto alguns modelos, principalmente os de pequeno porte necessitam de alimentação já rebaixada, por fonte externa, operando com 12 Vca ou Vcc e 24 Vca ou Vcc.

2.1.2.7 Barramento de Comunicação

Conjunto de condutores utilizados pelo processador para trocar dados com a memória e dispositivos de entrada e saída. É dividido em barramento de dados e barramento de endereços. O barramento de endereços é utilizado para transmitir ao *chipset* o endereço de memória ou de entrada e saída onde o processador irá ler ou escrever um dado.

O barramento de dados é utilizado para transmitir dados entre o processador e a memória, entradas e saídas. O tamanho do barramento de dados é correspondente ao tamanho da palavra do processador, ou seja, se o processador possui palavra de 32 bits, o barramento de dados possuirá 32 condutores.

2.1.2.8 Programação de CLP

A linguagem de programação é um conjunto padronizado de instruções que o sistema computacional pode se comunicar-se, visando uniformizar os diversos tipos de programação de CLP a norma IEC 61131-3 definiu 5 tipos de linguagem de programação:

- Diagrama de bloco de Funções (FBD- *Function Block Diagram*)

É uma linguagem gráfica bastante popular na Europa onde seus elementos são expressos por bloco interligados de forma parecida com eletrônica digital.

-Linguagem *Ladder* (LD- *Ladder Diagram*)

É baseada na lógica de relés e contatos elétricos é a linguagem mais usada nos CLP.

- Sequenciamento gráfico de funções (SFC – *System Function Chart*)

É uma linguagem gráfica onde é possível fazer a descrição de ações sequenciais paralelas e alternativas, como é descendente do *grafcet* o SVF fornece meios para estruturar uma unidade de organização de um programa num conjunto de etapas separadas por transição.

-Lista de instruções (IL – *Instruction List*)

Possui característica puramente sequencial, é indicada para pequenos CLP ou controle de processos simples.

-Texto estruturado (ST- *Structured Text*)

É uma linguagem de alto nível e poderosa, sendo excelente para a definição de blocos funcionais complexos que envolvam a descrição de comportamento sequencial.

2.1.3 Sistema Supervisório

Os sistemas supervisórios são programas destinados a melhorar a interação entre o homem e máquina e centralizar o monitoramento e ação de uma planta industrial. Até os anos 80 o sistema já era centralizado, através de painéis de contatos, visores analógicos, relés, válvulas. Mas este sistema demandava grande conhecimento do operador além de ocupar um grande espaço na sala.

Os primeiros sistemas SCADA permitiam monitorar corrente através de lâmpadas e indicadores sem que houvesse qualquer interação entre o operador e a máquina, mas só a partir da década de 80 que os sistemas supervisórios começaram a ser baseados em computadores e microcomputadores. Inicialmente estes sistemas eram dotados de pouca tecnologia e tinham um alto custo, quando baseados em computadores podiam facilmente chegar ao tamanho de duas geladeiras o que poderia ser solucionado com a adesão de microcomputadores que encareciam exponencialmente a sua implantação.



Figura5: Usina de Itaipú
Fonte: Autores(2012)

Um exemplo clássico da diferença entre os sistemas Supervisórios atuais com os antigos é o da Itaipu, conforme figura 5, em sua sala de controle eles mantêm

ao fundo o antigo sistema utilizado quando a usina foi lançada enquanto no centro estão funcionários com os desktops controlando a usina atualmente.

Com o passar do tempo à demanda de informações cada vez mais rápidas e precisas aliadas com a evolução dos computadores fez com que estes sistemas ficassem cada vez mais robustos e eficazes.

No início da década de 90 já existiam mais de 100 fabricantes de sistemas SCADA, que desenvolviam para apenas um tipo de sistema operacional como MS-DOS, UNIX, WINDOWS, isso significava que se o consumidor comprasse um determinado sistema, ele seria obrigado a ter o computador com o sistema operacional correspondente, isso limitava muito o uso deles. Logo os fabricantes perceberam este problema e criaram os sistemas multiplataforma, que poderiam conectar um sistema “X” com um “Y”.

Em 1993 foi lançado o Windows NT voltado para o ambiente corporativo, que junto com seu sistema multitarefas conquistou boa parte das empresas desenvolvedoras que migraram para o *software* da Microsoft.

Visando uma fatia maior do mercado, empresas fabricantes de *Hardwares* de controle como Schneider e GE começaram a comprar empresas menores que desenvolviam SCADA resultando em menos de 20 empresas deste setor nos anos 2000 que seguem até hoje.

Um sistema SCADA pode ser dividido em duas partes principais que são:

-Componentes Físicos: são os equipamentos externos do sistema como sensores, atuadores, rede de comunicação.

-Componentes Lógicos: se resume em como é formado o programa como núcleo de processamento, comunicação com o CLP, banco de dados, interface gráfica e outros que variam de acordo com o sistema.

O sistema supervisorio utilizado para o trabalho foi o IFIX, ele foi escolhido devido à disponibilidade de uma versão de testes além de ter uma interface agradável e de fácil compreensão. No projeto o sistema supervisorio irá cumprir apenas o papel de supervisão, ou seja, não irá atuar em nenhum equipamento, mas futuramente poderá ser implantado algum sistema que possa agir em cima de algum equipamento.

2.1.3.1 IFIX

O IFIX é um software desenvolvido pela GE e é usado para automação industrial que monitora e atua em diversos equipamentos de uma indústria. Tem como características básicas a aquisição e gerenciamento de dados, ou seja, ele busca a informação nos equipamentos e os mostra em uma tela de acordo com o que foi programado.

O Proficy iFIX é uma ferramenta consagrada para supervisão e controle de qualquer tipo de processo industrial. Extremamente flexível, este sistema HMI (Human Machine Interface)/ SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) é aplicável a projetos de pequeno ou grande porte, mantendo a robustez e confiabilidade, em uma interface amigável e completa.(PROFICY IFIX,2013)

Um computador que executa o IFIX é chamado de estação ou nó. O nó que adquire as informações do processo é chamado de SCADA(*Supervisory Control And Data Acquisition*), ele comunica-se com o hardware do processo através de um *driver* de comunicação. Também há nós que apenas recebem os dados do servidor SCADA, eles se chamam *iClient*. Por último há o nó que possui tanto as funções SCADA quanto as *iClient* que são chamados de *HMI PAK*. O sistema simplificado aplicado aos nós é mostrado na figura abaixo.

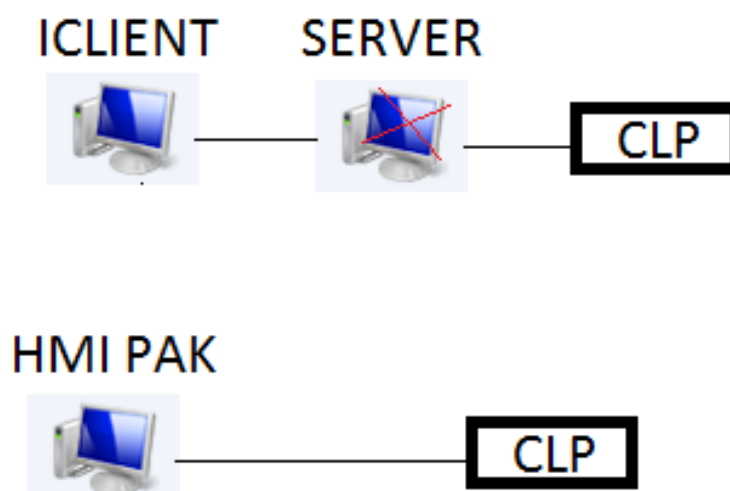


Figura 6: Nós do Ifix

Fonte: Autores(2013)

-ESTAÇÕES DE REDE

Estação *Stand-alone* – é um nó que não se comunica com outros nós da rede

Estação Local – é o nó em que se está trabalhando.

Estação Remota – é quando um nó é acessado a partir da rede.

Estação *Read-only* – só para leitura de dados.

Estação *Run-time* – são para leitura, mas pode haver ações adicionais.

-ARQUITETURA BÁSICA

-Dados do Processo - o IFIX adquire dados do hardware do processo através de tags que são os atalhos que chamam as funções.

-*Driver I/O* – é o responsável por fazer o IFIX entender os dados enviados pelo CLP, cada fabricante possui um *driver* diferente. O *driver* serve para leitura e escrita além de transferência de dados para a DIT.

- *DIT (Driver image table)* – é onde o driver de comunicação armazena os dados.

- *SAC (Alarm and Control)* – tem função de leitura e escrita na tabela de imagem de dados e na base de dados do processo.

- PDB (Base de dados do Processo) – a base de dados do processo é composta de tags. Uma tag corresponde a um bloco de instruções que realiza uma função no processo.

IHM (Interface Homem-máquina) – é a interface visual utilizada para mostrar os dados dos processos.

Todos estes elementos formam o sistema do clp, a figura 7, exemplifica o processo.

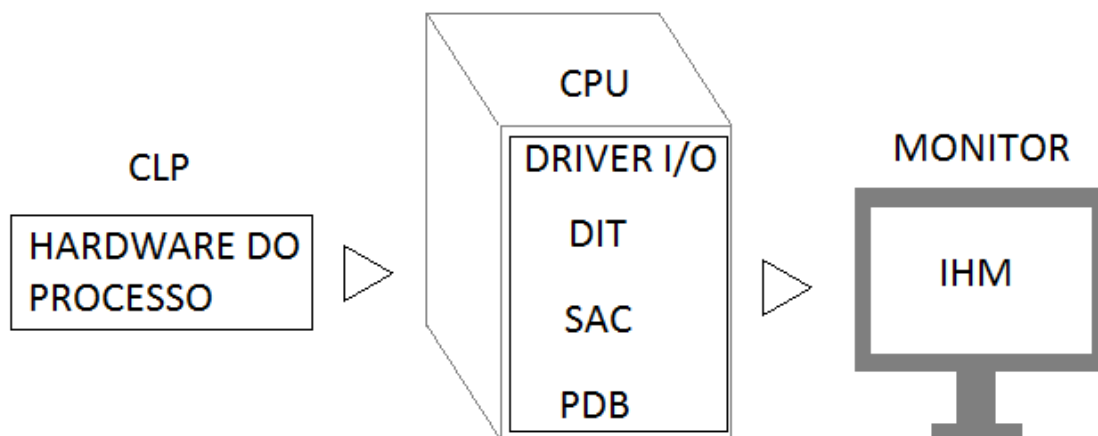


Figura 7: Processo do sistema supervisório

Fonte: Autores(2013)

2.1.3.2 Outros sistemas supervisórios

A escolha do IFIX se deu devido a familiaridade do programa mas dentro do mercado industrial existem vários sistemas supervisórios eficientes, tais como o Lintouch que é gratuito e o ElipseE3 que é um *software* brasileiro com grande importância no mercado nacional.

2.1.4 Tarifas de energia elétrica

As tarifas de energia são definidas através da demanda de potência e consumo de energia, segundo a ANEEL a:

“demanda de potência corresponde à média da potência elétrica solicitada pelo consumidor à empresa distribuidora, durante um intervalo de tempo especificado normalmente 15 minutos e é faturada pelo maior valor medido durante o período de fornecimento, normalmente de 30 dias. O consumo de energia é medido em quilowatt-hora ou em megawatt-hora (MWh) e corresponde ao valor acumulado pelo uso da potência elétrica disponibilizada ao consumidor ao longo de um período de consumo, normalmente de 30 dias.”

Devido ao fato de dependermos quase que exclusivamente de hidrelétricas para gerar energia, em períodos úmidos e chuvosos a eletricidade fica mais barata do que em tempos secos.

Há basicamente três tipos de tarifação de energia elétrica, são eles: Convencional, Horo-sazonal azul e Horo-sazonal verde.

2.1.4.1 Convencional

É a sistema utilizado para casas, lojas e pequenos consumidores em geral, se caracteriza simplificada pela potência de todos os equipamentos dividida pela quantidade de horas que cada um ficou ligado durante um mês, por exemplo, uma casa que tem quatro lâmpadas de 100W e um chuveiro de 5500W, suponhamos que as quatro lâmpadas sempre sejam ligadas ao mesmo tempo durante três horas por dia, e que o chuveiro seja ligado uma vez ao dia durante 5 minutos. Em trinta dias haverá:

$$(100W \times 4 \text{ lâmpadas} \times 3 \text{ horas} \times 30 \text{ dias}) + (5500W \times 0,083 \text{ horas} \times 30 \text{ dias}) = 36000 + 13695 = 49695 \text{ divididos por } 30 \text{ dias} = 1,66 \text{KWh}$$

2.1.4.2 Horo-sazonal Verde

A demanda contratada é igual nas 24 horas do dia, mas tem valores diferenciados entre horário de ponta e fora de ponta.

2.1.4.3 Horo-sazonal Azul

A demanda é diferente nos horários de ponta, geralmente o consumidor que opta por esse tipo de tarifa desliga a carga da rede e passa para um gerador quando atinge o horário de ponta.

Há casos de mercados em que se opta pela demanda horo-sazonal verde e quando chega no horário de pico, todo o sistema é desligado da concessionária e passa a trabalhar apenas com geradores próprios. Outro exemplo é o de uma cooperativa em que quando chegam seis horas o sistema de aeração de sementes é desativado, ou seja, os ventiladores, resfriadores e outros equipamentos que ajudam a resfriar as sementes são desligados e só voltam a funcionar a partir das 8 horas.

2.1.4.4 Cálculo de demanda

Quando o consumidor opta por um contrato de demanda, ele pode acessar os dados de consumo, demanda, fator de potência e outros pelo site da Copel, quando este contrato é feito nas regiões onde ela atende. A figura abaixo foi retirada do site onde mostra o gráfico de demanda num intervalo de tempo escolhido.

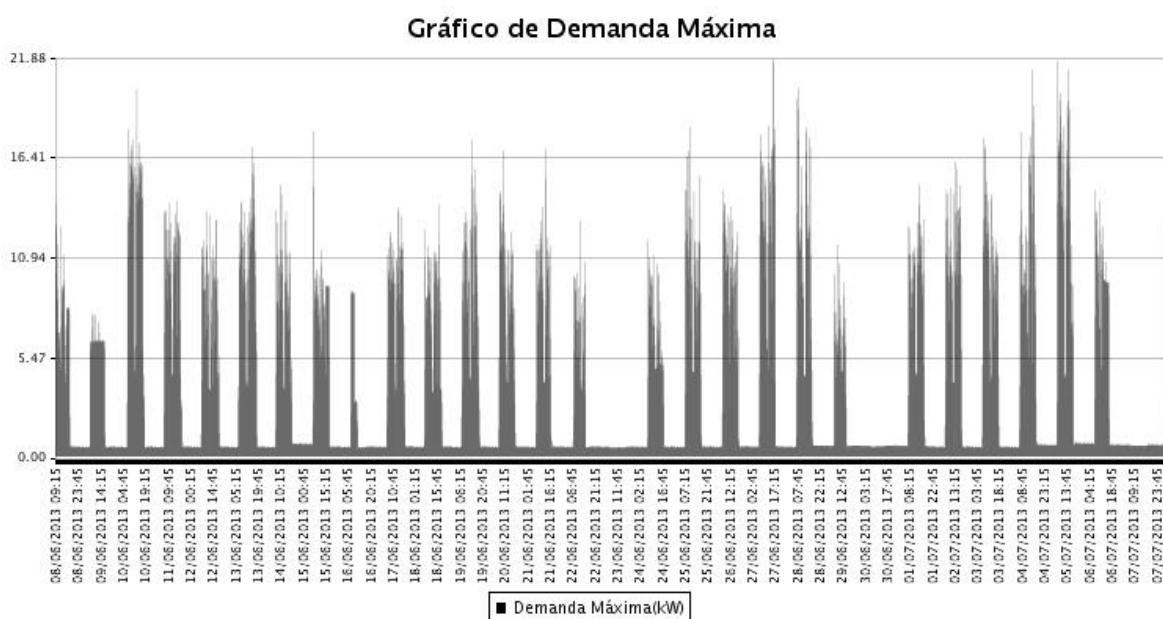


Figura 8: Gráfico de demanda

Fonte: Copel(2013)

O gráfico da figura 8 está mostrando no eixo y o valor máximo de demanda no intervalo de tempo enquanto no eixo x é mostrada a aferição de quinze em quinze minutos. O gráfico gerado abaixo é bem próximo do gráfico real de um shopping.

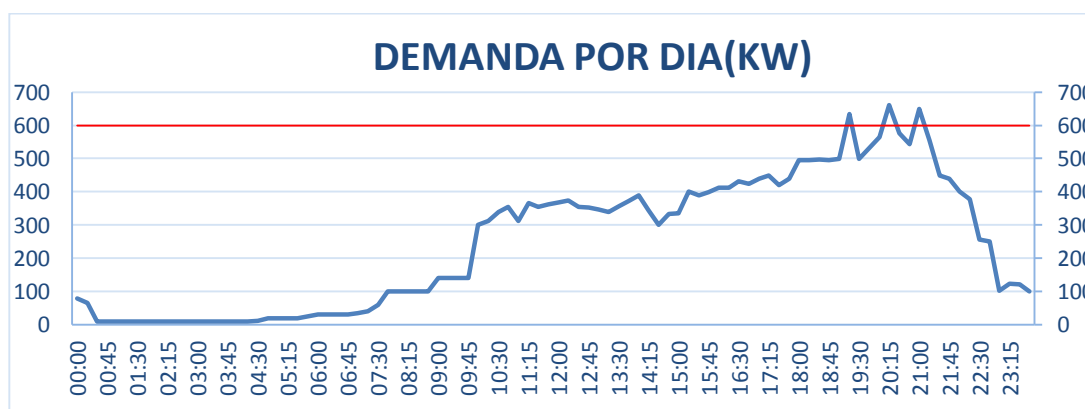


Figura9: Gráfico de demanda por dia

Fonte: Autores(2013)

Próximo as duas horas é o horário onde a demanda se resume a algumas máquinas de manutenção e iluminação chegando a consumir entre 10 a 100KW, quando o movimento de pessoas começa a subir por volta das 7 horas a demanda também sobe chegando ao ápice por volta das 19:30 sendo o horário em que as pessoas saem do trabalho.

2.1.4.5 Multa de ultrapassagem de demanda

A multa varia de acordo com contrato, mas o cálculo é igual para todos:

Custo de demanda(R\$) = Demanda x Tarifa

Custo de demanda com multa(R\$) =

(Demanda x Tarifa) + (Demanda ultrapassada x Tarifa para demanda ultrapassada)

Exemplo:

Um shopping contrata o sistema de tarifação Horo-sazonal Azul com demanda de 600KW. (Tarifa horosazonal Azul, 2013)

-Tarifas

Demanda de ponta(R\$/KW) 27,05

Demanda fora de ponta(R\$/KW) 8,25

Ultrapassagem de ponta(R\$/KW) 54,10

Ultrapassagem fora de ponta(R\$/KW) 16,51

a) Ao final de 1(um) mês a demanda no horário de ponta foi de 600KW e a fora de ponta foi de 590KW:

Custo de demanda DE PONTA(R\$) = Demanda x Tarifa

Custo de demanda DE PONTA(R\$) = 600 x 27,05

Custo de demanda DE PONTA(R\$) = 16230

Custo de demanda FORA DE PONTA(R\$) = Demanda x Tarifa

Custo de demanda FORA DE PONTA(R\$) = 590 x 8,25

Custo de demanda FORA DE PONTA(R\$) =4867,5

Custo total= $16230 + 4867,5 = \text{R\$ } 21097,5$

b) Ao final de 2(dois) meses a demanda no horário de ponta foi de 620KW e a fora de ponta foi de 610KW:

Custo de demanda com multa NO HORÁRIO DE PONTA(R\$) =

(Demanda x Tarifa) + (Demanda ultrapassada x Tarifa para demanda ultrapassada)

$(620 \times 27,05) + (30 \times 54,10) = 16771 + 1623 = 18394$

Custo de demanda com multa NO HORÁRIO FORA DE PONTA(R\$) =

(Demanda x Tarifa) + (Demanda ultrapassada x Tarifa para demanda ultrapassada)

$(610 \times 8,25) + (10 \times 16,51) = 5032,5 + 165,1 = 5197,6$

Custo total= $18394 + 5197,6 = \text{R\$ } 23591,6$

Com a demanda subindo 20KW que é o equivalente a 4 chuveiros ou 7 ar condicionados comuns, o custo aumenta em R\$2494,1. Este valor é pequeno comparado ao custo total da demanda mas se levarmos em consideração que qualquer equipamento com uma potência um pouco mais elevada poderia causar este aumento, não é algo a ser desconsiderado, além do mais, ao longo de um ano o valor chega a R\$29.929,20.

2.2 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

2.2.1 Visão Geral

Basicamente idealizou-se um sistema que busca a informação de cada quadro de disjuntores para centralizá-los em um sistema supervisorio, esses dados obtidos de cada quadro serão toda informação necessária para se calcular a demanda.

Devido ao custo de implantação, tempo e complexidade do projeto, será

apresentado uma visão geral de como ele seria implantado, e depois uma simulação em laboratório das principais variáveis do trabalho.

Também existem alguns projetos que já foram desenvolvidos com o objetivo de controlar a demanda, tais como, “Dispositivo de gerenciamento de energia elétrica” (Santos, 2012).

2.2.2 Projeto de implantação

No sistema de monitoramento serão incluídas todas as cargas para comparação com as informações entregues pelo multimedidor.

O objetivo é identificar quando a demanda está se aproximando da máxima contratada e propor circuitos a serem desligados para diminuí-la focando nos de ar condicionado. Uma vantagem de se monitorar a demanda em cada quadro será a possibilidade de fazer históricos de quanta energia cada quadro consome e em que intervalo de tempo esse consumo é maior. Tendo um histórico de consumo pode-se prever um contrato de demanda o mais próximo possível do consumido.

Este controle deverá ser feito num intervalo de 15 minutos que é o tempo que o multimedidor calcula para ter a demanda, ou seja, se o sistema supervisorio notificar que haverá ultrapassagem de demanda ele desliga parcial ou inteiramente algum equipamento “dispensável” por alguns minutos, no caso de aparelhos de ar condicionado o desligamento total pode resultar em um aumento de carga por causa do aumento de corrente, para contornar este fator quando o controle fosse feito em cima de equipamentos como este o correto seria apenas mudar suas funções para um modo de economia de energia.

A escolha de componentes foi dividida em cinco partes:

- ✓ Quadros: em cada quadro de disjuntores terá um conjunto de sensores para medição. Dentre esses sensores os mais prováveis a serem utilizados serão transformadores de corrente, transformadores de potência, transdutores de corrente, fasímetros, etc.
- ✓ Rede: com o decorrer do projeto será definido o tipo de rede, dependendo do tipo escolhido irão variar os componentes para transmissão.
- ✓ CLP: o CLP será definido de acordo com a quantidade de componentes, custo,

tipo de entradas analógicas ou digitais, e outras coisas a serem definidas no decorrer do projeto.

- ✓ Sistema Supervisório: o primeiro fator a ser considerado será seu custo, tentaremos utilizar o que fique mais viável ao cliente final.
- ✓ Multimedidor: ele é de propriedade da concessionária de energia e tem como função calcular a demanda e enviar para a mesma. Esse equipamento oferece uma saída digital, para que o cliente possa ter os valores calculados por ele. Nós usaremos o multimedidor para compararmos os valores encontrados por nosso sistema de sensores com os dados obtidos pelo multimedidor.

Foi montada uma planta arquitetônica que simula um shopping real com quadros espalhados pelo local. Serão colocados grupos de transdutores e afins em todos os locais que tem um quadro de distribuição secundário. O quadro de distribuição primário está sendo chamado de QD-CONDOMÍNIO e terá função de apenas seccionar a carga em diversos quadros secundários. Uma das soluções seria monitorar apenas este quadro já que se teria um visão de toda a carga de condomínio do shopping, ou seja, um único ponto monitorado já daria os valores para consumo de energia, mas o objetivo desse projeto é ir além, optou-se por colocar sensores em todos os quadros para ter a situação da figura 10.

Com vários pontos de monitoramento há possibilidade de se montar uma planta de carga que possibilita uma indicação de atividade em setores da planta, isso agiliza a correção de erros e também se poderá ter uma visão de onde estão os gastos maiores. Com históricos de consumo poderá haver comparações entre determinadas épocas do ano, variações de carga, problemas recorrentes no sistema, exemplificando, caso se instale uma máquina nova no QD-GARAGEM, irão ter fatores suficientes para comparar o quanto que aumentou o consumo de energia, se sobrecarregou alguma fase, etc.

Outro ponto a ser monitorado, que não será aprofundado neste projeto, será a aplicação de sensores e atuadores no gerador do condomínio, um shopping não pode parar, e acompanharam-se casos em diversas regiões que houve problemas na rede da concessionária de energia e quando o gerador tinha que funcionar ele não funcionou. Para que isso não aconteça, pode-se colocar uma rotina testes a se fazer no gerador que o próprio sistema supervisório faça. Também a possibilidade de colocar um calendário no supervisório que dê alertas na época das manutenções

preditivas, de quando tem que colocá-lo para funcionamento de rotina, época de trocar peças.

Por se tratar de um trabalho que foca na parte de automação, optou-se por mostrar apenas uma planta base em que contivesse a essência arquitetônica de um shopping.

Este Shopping fictício conta com diversas lojas, uma ampla área de circulação, área administrativa, praça de alimentação, garagem e banheiros.

Um Shopping funciona como um condomínio fechado, ou seja, há áreas comuns e áreas específicas dos condôminos.

Condôminos: compreendem cada loja alugada ou comprada pelo condomínio.

Condomínio: compreende a área de circulação do shopping, banheiros, área administrativa do condomínio, garagens, escadas entre pavimentos, elevadores, etc.

Em um momento inicial, o projeto abrangeria somente a parte de controle de demanda, com isso, toda a medição ficaria concentrada na sala da subestação e os acionadores na sala dos equipamentos de ar condicionado.

Dentro da sala da subestação ficariam o clp, computador, transformadores de corrente e outros sensores que forem necessários e os contadores para acionar os ar condicionados ficariam junto dos equipamentos. Estas medidas são tomadas para diminuir o custo de implantação do projeto, pois quanto mais diferentes e distantes os pontos forem entre si, mais caro ficará o projeto.

Conforme as necessidades do cliente, o projeto seria aumentado gradativamente para amenizar custos.

Etapas do projeto para uma futura instalação real:

1- Estudo das necessidades do cliente e posteriormente do projeto elétrico.

Possibilita um projeto único, feito exclusivamente para aquele cliente. Há necessidade de estudar o projeto elétrico pois o supervisor é ligado a ele pelos sensores e acionadores.

2- Projeto de controle de demanda.

Sistema que controla a demanda para que não ultrapasse o contratado.

3- Implantação.

Instalar toda a infraestrutura necessária para o sistema para depois instalar

os cabos, sensores, etc.

4- Testes e resultados.

Verificar o funcionamento de toda a instalação e corrigir falhas.

5- Projeto de ampliação de acordo com as necessidades do cliente.

Ampliar o projeto implementando funcionalidades ao programa original, com a instalação inicial o projeto fica mais barato para ampliar.

Este trabalho foca no item 2, mas as conclusões também são tiradas de acordo com os demais itens.

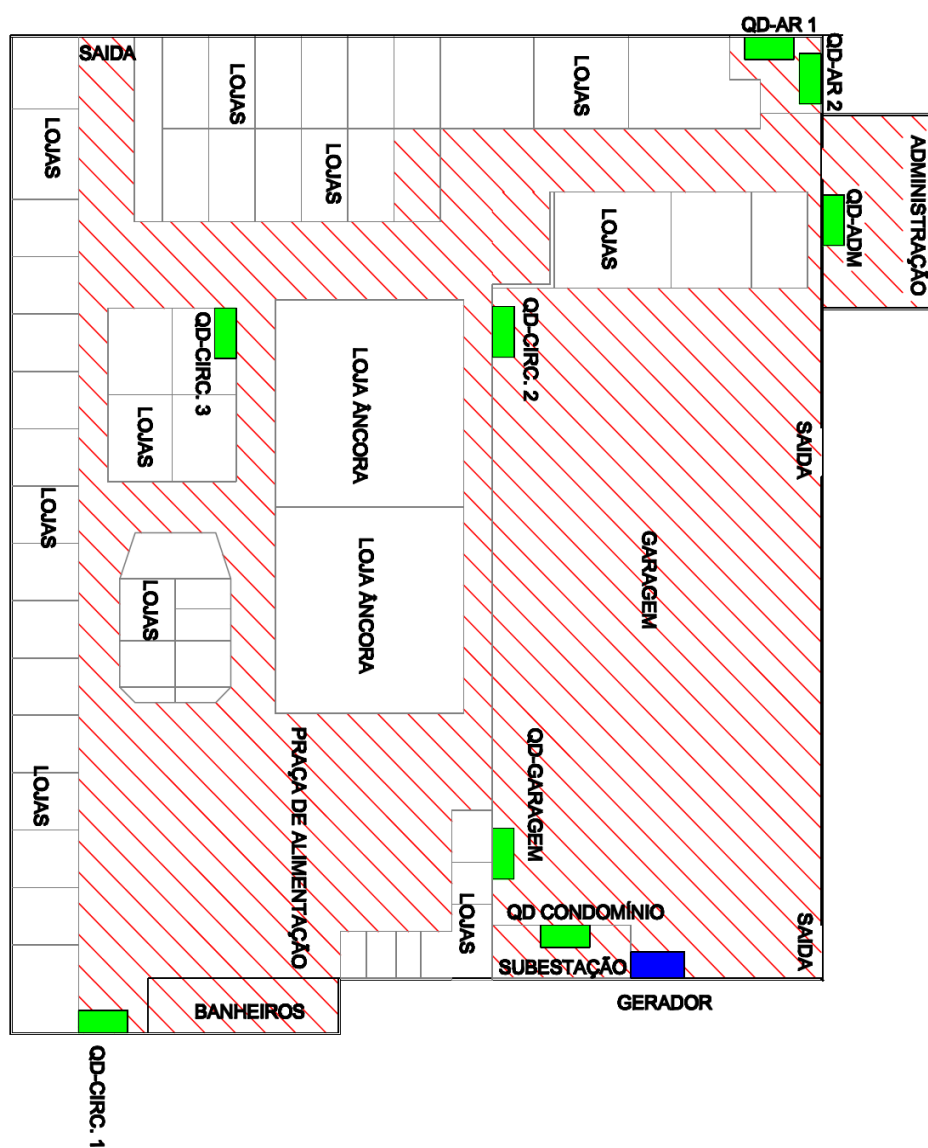


Figura 10: Planta Baixa

Fonte: Autores (2012)

Para esse trabalho não foi considerado todo o *shopping*, apenas a área do condomínio será controlada já que cada condômino deve arcar com os gastos de sua loja e tem o direito de consumir o que necessitar de energia elétrica.

O projeto elétrico constitui um dos pilares deste trabalho, a partir dele que será dimensionado o transdutor, a rede, o clp, etc. Na figura 10 os quadros estão destacados em verde. Eles estão alocados em diversas posições para distribuir melhor os circuitos com uma queda de tensão aceitável. Este projeto contará apenas com a planta onde mostra a posição dos quadros, pois é o único fator de interesse para monitoração. A posição de todos os itens na planta foram baseadas em projetos arquitetônicos e principalmente em projetos elétricos.

Os quadros são:

QD-CONDOMÍNIO: é o quadro principal, no caso da planta de exemplo ele servirá apenas como QDG, ou seja, um quadro de distribuição geral responsável por distribuir os circuitos dos quadros menores;

QD-AR 1 e QD-AR 2: Já que a carga de ar condicionado geralmente é a de maior potência então optamos por deixar dois quadros principais para distribuir melhor a carga;

QD-CIRC 1, 2 e 3: para circulação de clientes, banheiros e praça de alimentação.

QD-GARAGEM: para o estacionamento

A hachura em vermelho na imagem 11 indica o local que é de responsabilidade dos administradores do shopping, que será a área que o projeto irá abordar.

Devido ao tamanho da planta não haverá detalhamento de eletrocalhas, eletrodutos, suportes e outras coisas a mais para montar a estrutura do projeto no local, geralmente essa parte é projetada e executada por uma empresa que atua na área de engenharia elétrica.

Geralmente os QD's são colocados em setores da construção, devido a isso, pode-se mapear toda a planta através de um sistema supervisor. No caso do shopping fictício cada área que o quadro engloba poderia ser representada por uma cor, ou seja, caso ocorra um curto circuito num equipamento "X" o supervisor poderá

indicar o local aproximado do problema. Através de uma planta dessas também será possível saber onde há o maior consumo de energia.

2.2.3 Sistema de CLP's

Em cada setor da planta haverá um clp de pequeno porte responsável por processar e mandar os dados para um clp central localizado na administração. Foi descartado o uso de comunicação direta entre o clp central e os sensores devido as distâncias a serem percorridas e a quantidade de cabos envolvidos neste processo o uso de clp's pequenos reduz a quantidade de cabos para apenas um.

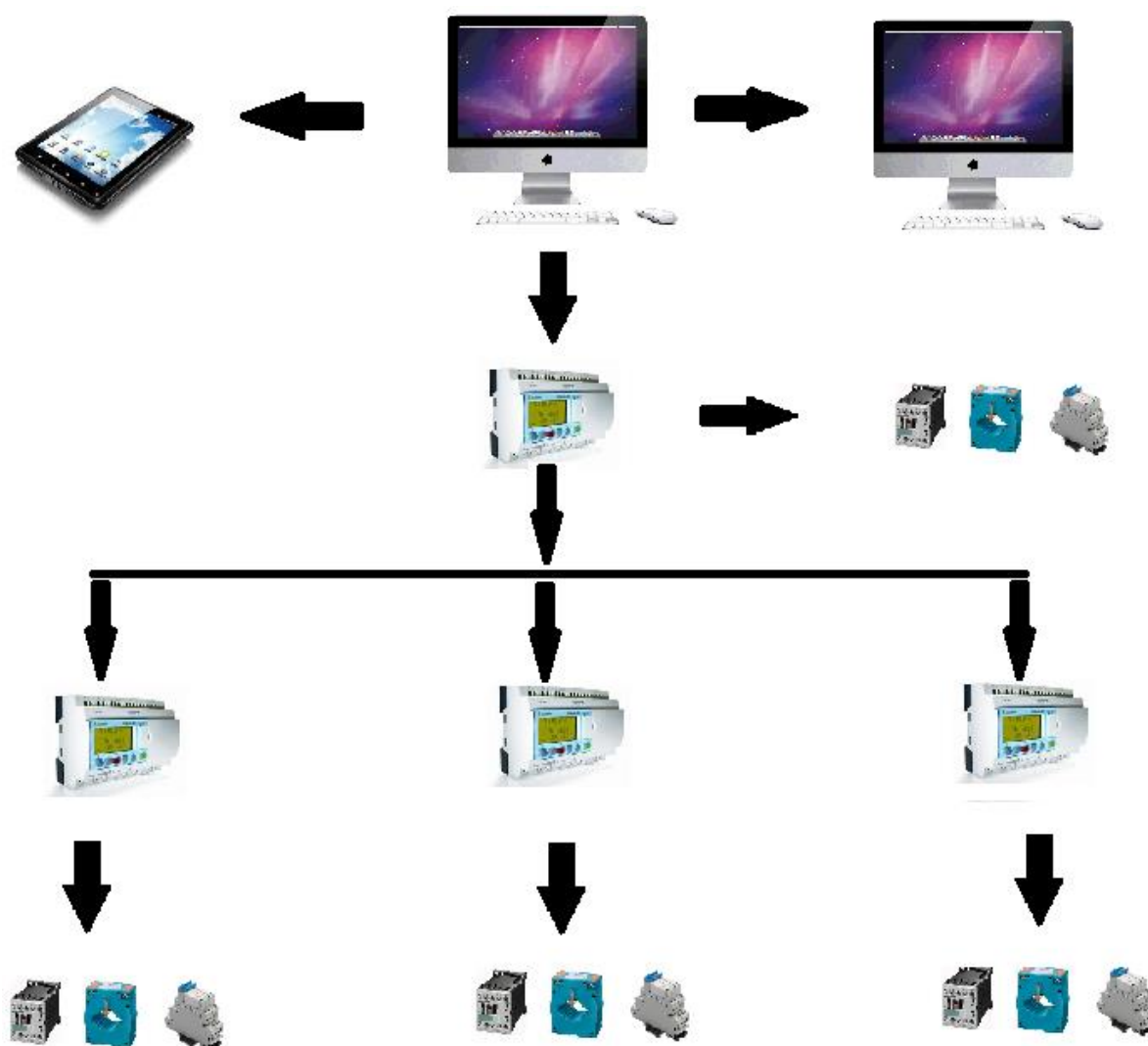


Figura 11: Diagrama Geral

Fonte: Autores (2013)

O diagrama acima representa de forma simplificada o sistema supervisório proposto, os sensores de cada setor são ligados nos clp's secundários e os dados obtidos são mandados por uma rede Ethernet ou outra a ser definida, até um clp central de onde serão interpretados e mostrados de forma simplificada em um ou mais computadores. Também há a possibilidade de interligação do computador a um *tablet* ou celular com sistema operacional mais atual. Nota-se que mesmo havendo um clp central, o mesmo pode comandar alguns sensores e acionadores.

2.3 Testes e simulação em laboratório

Para este projeto foi feito um sistema supervisório em escala reduzida para testes e simulações em laboratório de como seria o programa real. O sistema consistirá em acionar ou desacionar lâmpadas simulando circuitos, para controle de demanda. Foi estipulado um valor para a demanda e através do programa será possível mantê-lo sem que pessoas precisem fazê-lo.

O desenvolvimento deste sistema foi dividido nas seguintes partes:

- Instalação dos componentes
- Programação do CLP
- Comunicação
- Desenvolvimento do supervisório
- Testes e resultados

2.3.1 Instalação dos componentes

O supervisório foi instalado nas dependências da Universidade dentro de um laboratório, toda a instalação foi feita com o acompanhamento do professor orientador. Por se tratar de um projeto que envolve energia elétrica e que ficará por um tempo funcionando junto ao sistema elétrico todas as partes energizadas foram protegidas por caixas com tampas parafusadas, os cabos foram dispostos dentro de eletrodutos de ferro galvanizado e foram colocados avisos de segurança próximo aos pontos onde passavam cabos aparentes.

Inicialmente foi escolhido o clp que será usado, ele é um equipamento que pode ser programado seguindo diversas lógicas de programação se adequando as

necessidades da indústria. Existem vários fabricantes, sendo que os mais conhecidos são a Siemens, ABB, Rockwell e Altus. Neste trabalho está sendo utilizado o CLP Siemens modelo S7200 que atende as necessidade do projeto e está disponível no laboratório da universidade junto dele está acoplado uma maleta educacional onde estão discriminadas as entradas e saídas digitais e entradas e saídas analógicas (0 a 10 vcc, 4 a 20mA) facilitando assim o projeto. Na figura 12 é mostrada a maleta junto com o clp.



Figura 12: Maleta com o CLP
Fonte: Autores (2012)

Próximo ao quadro elétrico do laboratório foi instalada uma caixa, conforme figura 13 onde ficam os sensores e acionadores do sistema. Nela se encontram os dois relés acionadores(verde), transdutor de corrente(branco) e transformador de corrente(preto).

O transformador de corrente é responsável por medir a corrente e enviar o sinal de 0 a 5A para o transdutor que o transforma em 0 a 10V para depois mandar o sinal até o CLP.

Os relés acopladores tem a função de acionar ou desacionar os cabos de retorno das lâmpadas simulando assim uma variação de carga e consequentemente de demanda.



Figura 13: Caixa com sensores e acionadores
 Fonte: Autores (2012)

Segue abaixo uma descrição mais detalhada de fabricante e dos equipamentos utilizados:

- Transdutor de corrente

Esse dispositivo eletrônico trabalha de forma integrada com o transformador de corrente (TC) sendo responsável por transformar um sinal de 0 a 5A em seus bornes 1 e 3 em 0 a 10Vcc nos bornes 61 e 62.

O transdutor usado é da marca ABB, modelo ETM50, com alimentação de 100 a 240 Vca e saídas de 0 a 10 vcc.

- Transformador de corrente

É usado para monitorar o fluxo de corrente, nesse caso mais específico ele monitora o circuito de iluminação da sala. O transformador usado é da classe de 50 para 5 amperes, ou seja, ele é capaz de reconhecer com qualidade uma corrente no circuito de até 50 amperes e transformar na saída uma corrente 10 vezes menor. A corrente que passa pelo circuito é de aproximadamente 8A, isso significa que o ideal era conseguir um transformador de classe menor, mas a ideia foi logo abandonada devido à dificuldade de encontrar equipamentos deste tipo para baixas correntes.

-Relé acoplador

O relé acoplador é o responsável por controlar os dois cabos de retorno dos interruptores, através dele as luminárias podem ser controladas pelo CLP. O sistema de comunicação ocorre quando o clp emite algum pulso em sua saída analógica com tensão de 24 vcc e esse sinal é transmitido as entradas de comando do relé acoplador intervindo nos contatos normalmente aberto e normalmente fechado. A alimentação desse dispositivo em 24 Vcc e seus contatos de força permite uma circulação de no Maximo 10 amperes e 240 Vca.

Este tipo de relé não é muito indicado pra trabalhar em circuitos de força e só foi utilizado devido ao seu baixo custo e fácil instalação. O maior problema encontrado em sua utilização foi sua baixa confiabilidade tendo que ser trocado algumas vezes durante o trabalho. Uma alternativa para esse problema que deverá ser usada em um sistema real é o uso de contactores.

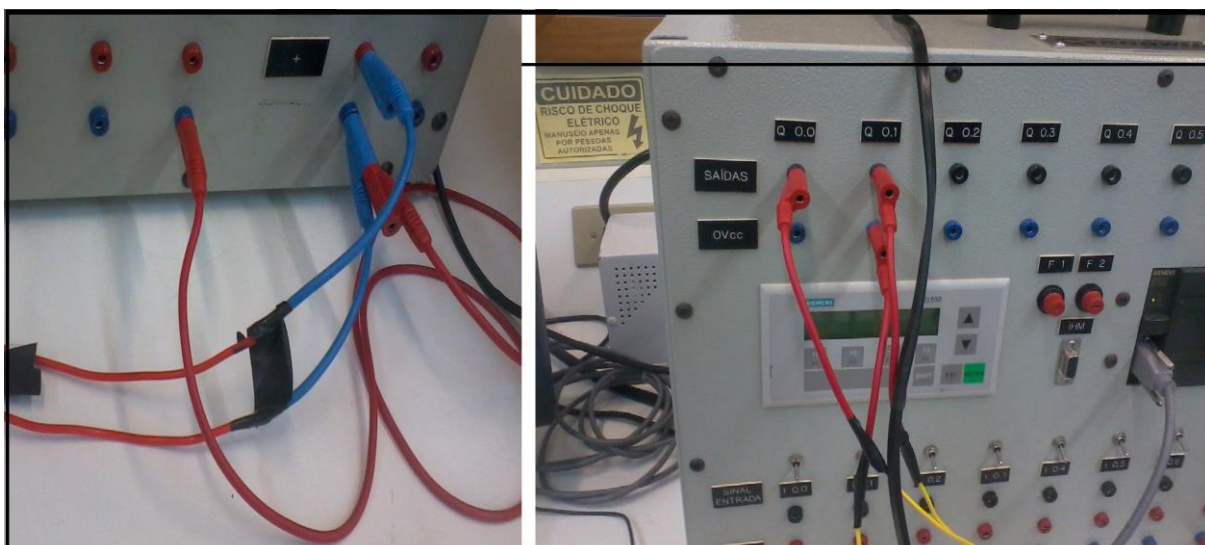


Figura14: Ligações na maleta

Fonte: Autores (2013)

Os relés acionadores foram ligados nas saídas Q0.0 e Q0.1 do CLP na parte superior esquerda da maleta e foi feito um *jumpno* 0Vcc para diminuir um cabo da instalação, já os cabos do transdutor chegaram em uma das saídas analógicas do CLP situadas na parte direita e inferior da maleta. Por fim, conectou-se um cabo serial

para fazer a comunicação entre o CLP e o computador. Todos os cabos ligados na maleta aparecem na figura acima.

2.3.2 Programação do CLP

Quando todos os equipamentos estavam instalados foi desenvolvido o software de programação, ele é responsável por monitorar e acionar o clp, e desenvolvido de acordo com cada fabricante, neste caso o programa se chama STEP 7, conforme figura15, que é desenvolvido pela Siemens. A linguagem de programação utilizada para desenvolver o programa foi a Ladder devido a fácil compreensão e ter sido abordada frequentemente durante o curso.

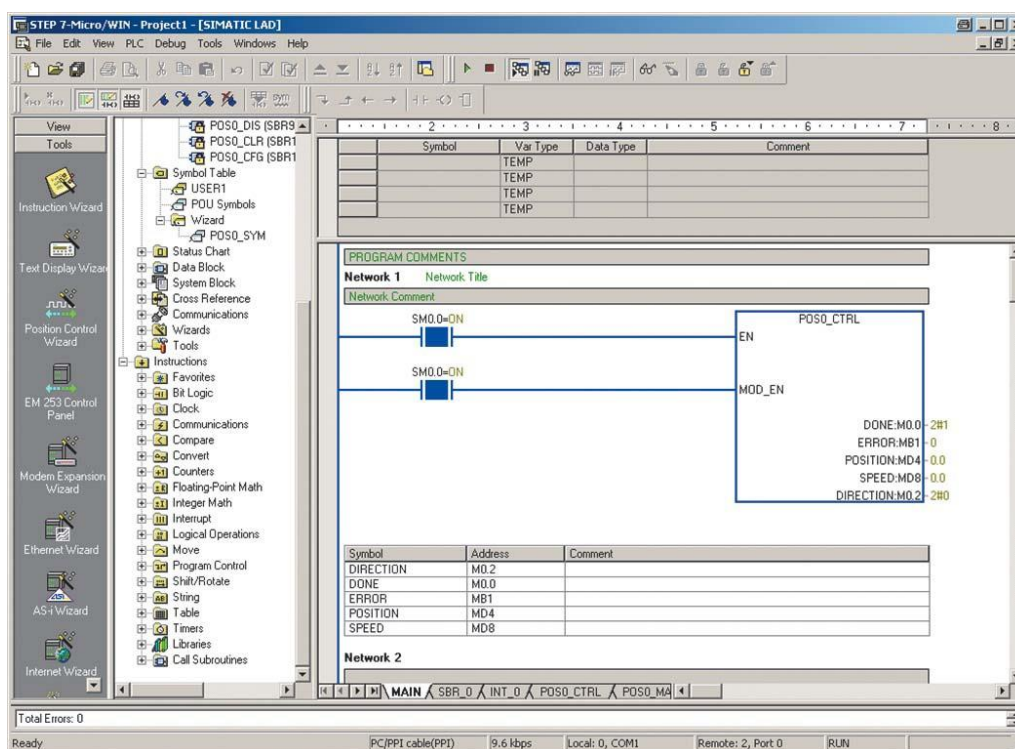


Figura 15: STEP 7

Fonte:Siemens(2013)

O programa elaborado para simular o trabalho foi dividido e três partes, a primeira é a lógica de programação para capturar o sinal do transdutor e convertê-lo em corrente e potência, a segunda é responsável pelo acionamento das lâmpadas e a terceira é responsável por cálculos variados para incrementar o supervisorio.

Inicialmente foi definido que 1 segundo equivale a 1 minuto, 60 segundos em 1 hora e 1440 segundos em 1 dia. Esta definição foi necessária para poder fazer testes em laboratório e fazer uma apresentação mais abrangente do projeto envolvendo alguns meses.

O sinal do transdutor foi enviado para uma das entradas analógicas do clp, a entrada analógica lê de 0 a 10V contínuo e envia valor numérico para um endereço de memória que varia, este valor é convertido em um dado que possa ser usado. Com o valor de corrente e potência estabelecidos foi possível fazer primeiramente o cálculo de demanda. Por ser uma simulação o cálculo de demanda foi elaborado a cada 10 segundos, ele consiste em, a cada 1 segundo acumular a corrente e depois dividir por 10 conforme fórmula abaixo:

$$(P1+P2+P3+P4+P5+P6+P7+P8+P9+P10)/10$$

Sendo P1 a potência em 1 segundo, P2 em 2 segundos e assim sucessivamente.

A potência de iluminação do laboratório onde estão sendo feitos os testes é de 710W (a potência varia um pouco de acordo com o dia, temperatura, lâmpadas queimadas e outros fatores) sendo possível controlá-la através dos relés acionadores. A função principal do programa será controlar esta iluminação sendo que quando todas as lâmpadas estiverem acesas será considerado como se fosse a demanda em 100%. Para pôr em prática o sistema de controle aqui proposto a demanda contratada estipulada foi de 510W, ou seja, durante 10 segundos a soma das potências dividido por 10 não pode passar deste valor, conforme figura abaixo:

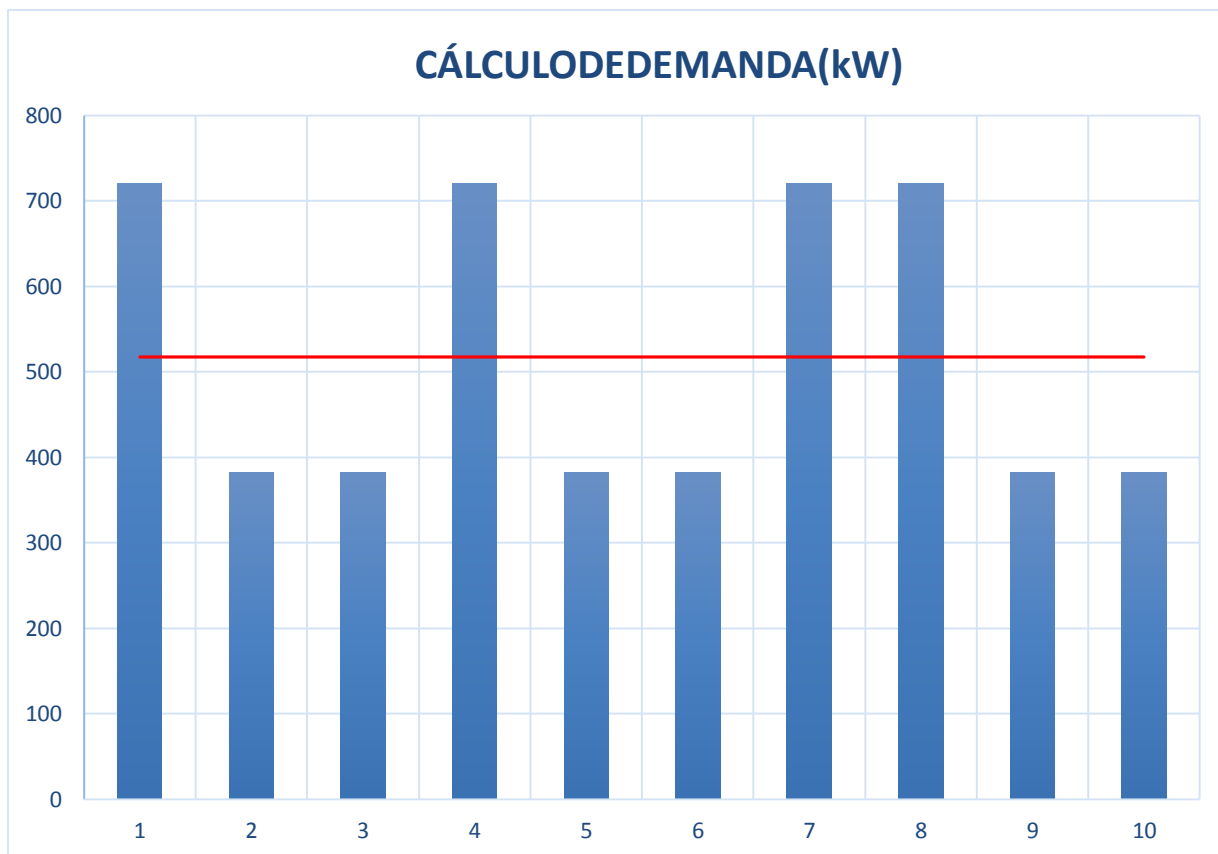


Figura 16: Demanda

Fonte: Autores (2012)

O programa prevê se a demanda passará ou não de 510W ao final de 10 segundos. Quando o programa detecta um consumo excessivo ele automaticamente desliga um circuito de iluminação fazendo assim a potência cair quase que pela metade, resultando na queda de demanda.

O controle de demanda constitui o programa principal deste trabalho sendo que as outras partes da programação foram feitas apenas para incrementar o sistema, o diagrama abaixo apresenta em uma forma simplificada, toda a programação do clp.

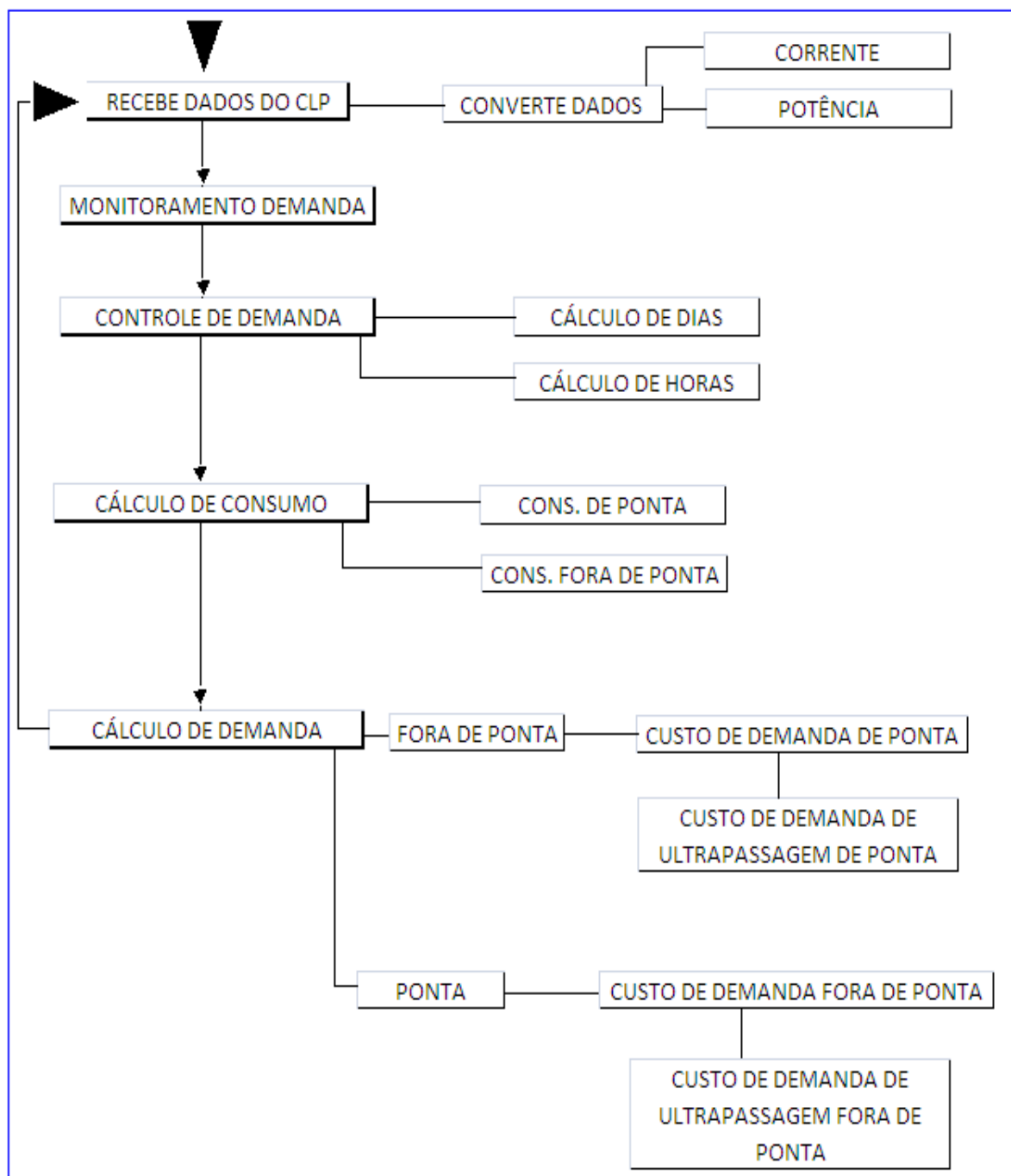


Figura 17: Diagrama de programação simplificado

Fonte: Autores(2013)

Inicialmente o clp recebe os dados através de sua entrada analógica, através do programa este valor é transformado em corrente e potência. Em seguida é feito o cálculo de demanda, a cada 1 segundo o valor da potência é acumulado e ao final de 10 segundos o valor é dividido por 10 tendo assim a demanda. Optou-se por calcular a demanda a cada 10 segundos para facilitar nos cálculos e lógica de programação.

O controle de demanda leva em consideração apenas o intervalo de 10 segundos, ou seja, o programa irá controlar a demanda antes que ela ultrapasse o

contratado. Se todas as lâmpadas estiverem ligadas a demanda extrapolará, então, a cada 1 segundo o programa verifica se a soma provável no final dos 10 segundos será ou não ultrapassada, caso ele perceba que sim, automaticamente é desligado um grupo de lâmpadas as deixando apagadas até o intervalo de contagem reiniciar.

Os cálculos de consumo e demanda foram baseados em tarifas de energia da COPEL para tarifação Horosazonal Azul. O cálculo leva em consideração o horário de ponta e fora de ponta, além de tarifas diferenciadas para ultrapassagem de ponta.

2.3.3 Comunicação

Para comunicação do Clp com o sistema supervisorio é necessário um software OPC. Para o projeto foi utilizado o Top Server, que é o sistema disponível no laboratório.

Os cálculos são feitos dentro do CLP e salvos em sua memória, através do Top Server os resultados são transmitidos dele para o computador onde se encontra o supervisorio.

Depois de definidos todos os dados que precisam ser lidos do CLP o programa supervisorio pode ser desenvolvido.

2.3.4 Sistema supervisorio

O sistema supervisorio é o programa onde o operador poderá ver o controle de demanda, consumo e alterar algumas variáveis se for necessário. Ele é constituído por duas telas, sendo uma responsável por dar ao operador uma visão geral do local e uma segundo tela que é responsável pelo controle de demanda.

A tela de visão geral, conforme figura 18, é onde as informações mais importantes são mostradas, como o consumo, a demanda, o custo do consumo, além da planta do local onde é feito o controle que neste caso consistem em um Shopping fictício 'com várias lojas.

Pelo o projeto contar apenas como uma simulação, foi inserida uma sala chamada "Laboratório" onde a demanda será controlada. Em uma situação real está sala seria substituída pelo controle do ar condicionado e outras cargas que poderiam influenciar a demanda.

Dentro dela foi incluso um sistema de histórico que ao colocar uma data específica ele lista em um arquivo do Excel todas as medições e ações realizadas.

Ao se clicar em “Laboratório” o programa redireciona o operador a uma segunda tela onde é feito o controle da demanda conforme figura 19.

O controle de demanda consiste em uma tela com a função principal para este trabalho, através dela é possível ligar o controle de demanda ou desligá-lo. Para o sistema não depender exclusivamente do supervisor é possível ligar e desligar o controle através de duas chaves alavanca localizadas na maleta junto ao clp. Se o sistema for ligado ou desligado manualmente, aparecerá uma mensagem de aviso no programa.

Quando o controle de demanda é desligado tanto digitalmente quanto manualmente, aparecerá uma mensagem avisando que haverá multas caso a demanda seja ultrapassada.

O programa pode ser desligado caso seja necessário o uso de todos os equipamentos mesmo sabendo que isto causará custos adicionais, por exemplo, um dia de liquidação onde há grande concentração de pessoas e está muito quente, as vezes desligar o sistema de ar mesmo que por alguns minutos pode não ser viável

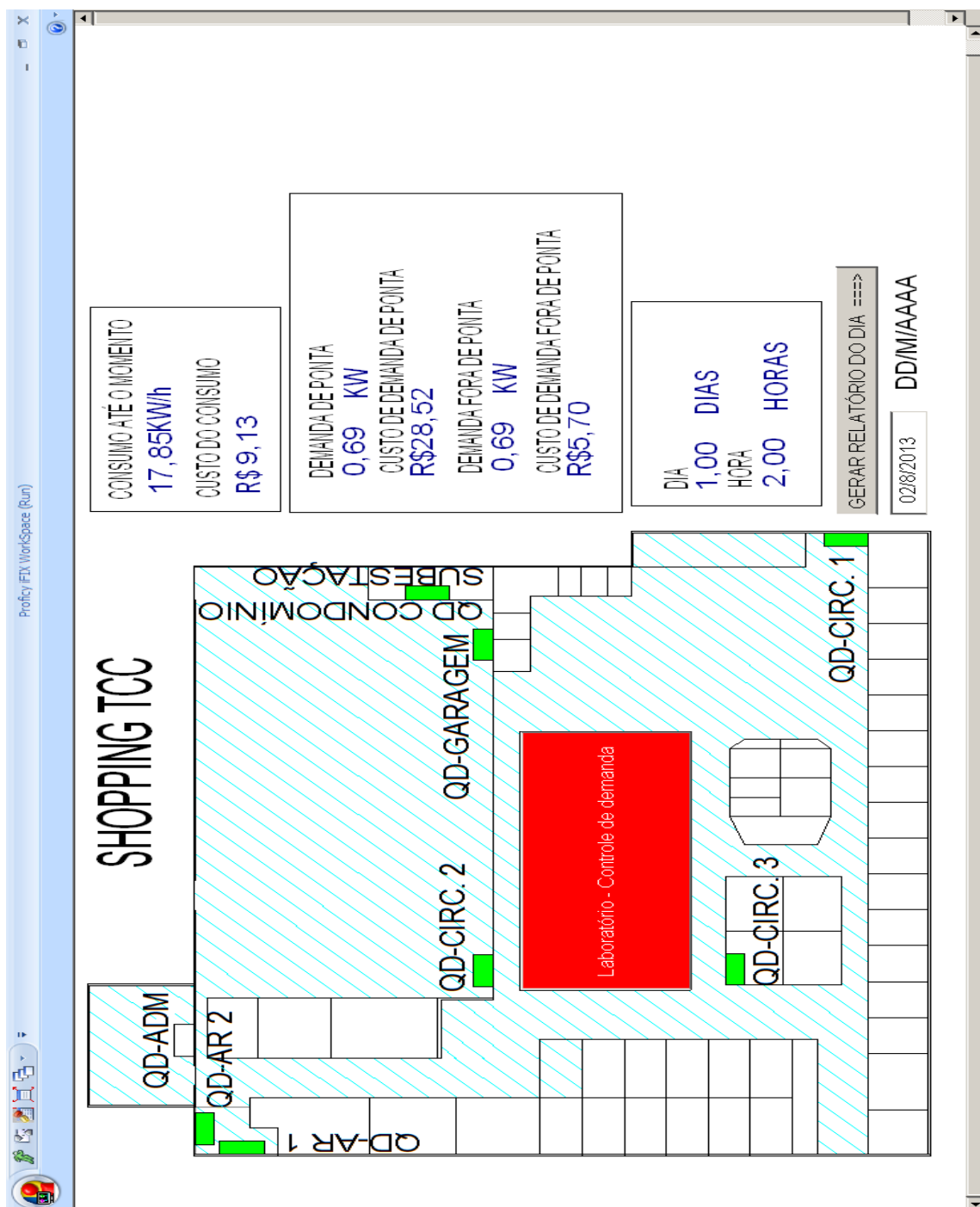


Figura 18: Tela inicial do Supervisor

Fonte: Autores (2013)

Através de outra chave alavanca, foi criado um sistema de parada total que desliga todas as funções do programa do clp, ela foi criada para o caso de alguma manutenção ou emergência.



Figura 19: Tela de controle de demanda
 Fonte: Autores (2013)

2.3.4 Testes e resultados

Por se tratar de um projeto de controle pequeno, o transformador de corrente pode obter apenas 3 valores de potência distintos, 0W com todas as lâmpadas desligadas, 390W com apenas um retorno do interruptor ligado e 700W com todas ligadas.

O sistema foi programado para manter a demanda o mais próximo possível de 510W e que nunca ultrapasse este valor, ou seja, se todas as lâmpadas estiverem apagadas ou um retorno estiver acionado a demanda não será ultrapassada, mas se todas as lâmpadas estiverem ligadas a demanda excederá o estipulado. Sem o controle a demanda fica em 700W conforme o gráfico abaixo (linha azul). Quando o controle é ligado a demanda cai para 510W (linha azul):

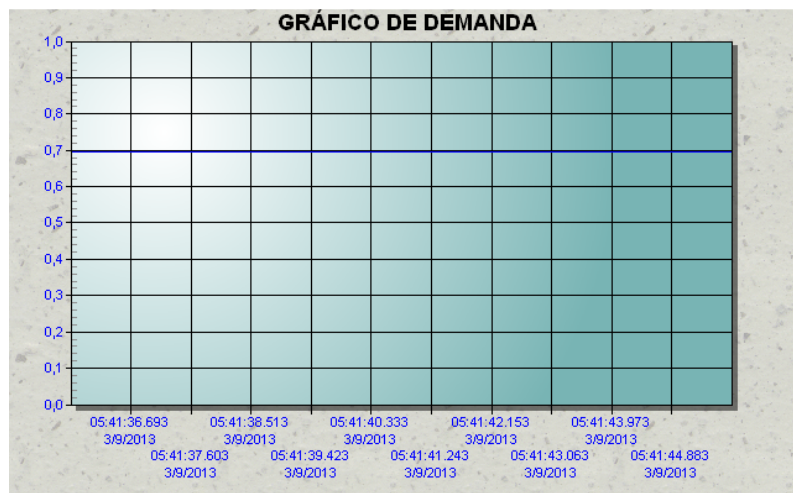


Figura 20: Demanda máxima
Fonte: Autores (2012)

Depois de acompanhar este controle por várias semanas notou-se que dependendo do horário ou do dia a potência varia para mais ou menos resultando numa pequena variação de demanda. Caso este sistema fosse implantado, o correto seria manter uma margem de no mínimo 10W a menos da demanda contratada, ou seja, desenvolver o programa para que controlasse a demanda em 500W.

CONSUMO ATÉ O MOMENTO	50,07 KW/h
CUSTO DO CONSUMO	R\$ 28,07
DEMANDA DE PONTA	0,70 KW
CUSTO DE DEMANDA DE PONTA	R\$28,83
DEMANDA FORA DE PONTA	0,70 KW
CUSTO DE DEMANDA FORA DE PONTA	R\$16,01
DIA	3,00 DIAS
HORA	1,00 HORAS

Figura 21: Demanda controlada
Fonte:Autores(2012)

Na tela principal do supervísório foram criados três quadros com os dados mais significativos para o operador, conforme figura 21, através deles é possível saber os consumos e demandas até a data atual. São dados calculados pelo Clp por isso, mesmo que o computador seja desligado eles continuarão a ser atualizados com *reset* ao final de um mês. Alguns destes valores também foram mostrados na tela de controle de demanda. Eles foram acompanhados constantemente para verificar a precisão dos valores.



Figura 22: Gerar relatório

Fonte: Autores (2012)

Uma das utilidades mais versáteis e indicadas para um supervísório é ter a opção de gerar relatórios e históricos, conforme figura 22, através do controle mostrado acima o operador pode digitar qualquer data depois que o sistema começou a operar e terá um relatório detalhado de todos os valores medidos, gerados num arquivo do excel. A vantagem de ser um arquivo gerado neste formato é que ele é uma ferramenta muito mais acessível e simples, podendo, através dos dados conseguidos, gerar gráficos mais elaborados que os gerados pelo ifix.

2.3.6 Custos de implantação e Viabilidade

Com base nas pesquisas e compras de alguns equipamentos foram estimados os custos de implantação de um supervísório em um *Shopping*. O sistema previsto é o mais simples possível podendo futuramente, aumentar o programa.

-Licença do software supervísório elipse: R\$6.500,00

Por mais que o desenvolvimento tenha sido feito em outro programa, o fato do Elipse ser produzido no Brasil pesa para a escolha deste software, pois facilita a compra, suporte e busca de materiais técnicos em português.

-Sensores, acionadores, cabos e outros equipamentos: R\$10.000,00

O valor foi estimado com base em equipamentos que abrangem grandes correntes além de alguns contadores para acionamento das cargas de ar condicionado.

-Infraestrutura e instalação: R\$10.000,00

A instalação da infraestrutura é relativamente pequena inicialmente não demanda mais de 2 semanas de trabalho de eletricitas e técnicos. O material inicial, como eletrodutos, curvas, e quadros custará cerca de R\$ 5.000,00 e já está incluso no valor acima. O tempo de trabalho e valor foi cotado por uma empresa de engenharia.

-Projeto e assessoria\$ 5.000,00

O projeto apenas do supervisório para controle de demanda é relativamente simples para um tecnólogo ou engenheiro em Automação formado resultando assim em um valor justo e acessível de projeto. O tempo de projeto é estimado em um mês e a assessoria se dará em mais um mês.

-Custo final: R\$31.500,00

Este seria o valor inicial para projeto e implantação do sistema de controle de demanda, considerando o cálculo do item” 2.1.4.5 Multa de ultrapassagem de demanda” que mostrou uma economia de R\$29.929,2 em um ano, o custo seria abatido no mesmo tempo.

No mercado atual, existem softwares e equipamentos que fazem este trabalho por menos de R\$5.000 e outros por mais de R\$50.000,00, por isso, a implantação deste sistema só é viável se o cliente precisar dos seguintes itens:

- Personalização do programa de acordo com o gosto do cliente.
- Projeto único e melhor protegido.
- Possibilidade de implantação de um sistema extremamente complexo que envolva até mesmo algumas áreas administrativas.
- Versatilidade para implantar praticamente qualquer sistema automatizado dentro do ambiente.

O objetivo do sistema supervisório desenvolvido em laboratório para este trabalho foi testar a funcionalidade do programa para controle de demanda em *Shopping Centers*, além de pesquisar futuras ampliações e aplicar métodos aprendidos em sala de aula na prática.

3 CONCLUSÃO

Diante dos testes apresentados conclui-se que um sistema supervisório que controle a demanda é de fundamental importância para grandes centros de pessoas, mesmo não tendo uma implantação fácil e barata, ter o controle sobre a demanda pode evitar multas além de diminuir o consumo já que o operador terá uma visão simplificada do que está gastando em planta.

Outro fator que deve ser levado em consideração é a possibilidade de implementação do sistema com diversas funcionalidades, tais como:

-monitoramento de equipamentos elétricos

A grande quantidade de equipamentos elétricos exige um acompanhamento de perto de seus funcionamentos, principalmente deve-se monitorar o estado dos geradores, elevadores e equipamentos de ar condicionado.

Caso haja uma queda de energia o gerador deve ligar quase que instantaneamente para não haver pânico e correria, infelizmente é um item lembrado apenas quando se precisa dele. Outro ponto que geralmente ocasiona transtornos são os elevadores que com a devida manutenção e acompanhamento pode ter o risco de problema reduzido a próximo de zero.

A solução para estes problemas é implantar no supervisórios algo que lembre, mostre e avise o operador onde possa haver possíveis problemas, gerar um histórico com os erros mais comuns e com o passar do tempo reduzi-los.

Num mercado é possível monitorar os equipamentos da área de produção, sabendo assim, quanto tempo cada um é utilizado, em que horário as máquinas ficam mais ligadas, podendo assim planejar uma melhor distribuição de consumo durante o dia.

-acionamento da iluminação

O controle de iluminação pode não ser o item que gere mais economia em comércios de grande porte, mas sem dúvidas é uma das áreas onde mais é recomendado o uso da automação. Utilizando um computador para realizar o

acionamento das lâmpadas é possível acendê-las apenas quando chegar a hora de abrirem as portas sem a necessidade que um funcionário faça isso. Pode-se implantar um sistema que controle a quantidade de luminárias ligadas de acordo com a luminosidade, número de pessoas, hora do dia, tudo isso sendo executado sem a ajuda de ninguém.

-Controle de pessoas

Com a instalação de alguns sensores é possível saber quantas pessoas entram no local por dia, em que corredor ou área elas ficam mais concentradas num dia e elaborar estratégias de marketing nestes locais e direcionar estas pessoas para outros lugares. No caso de *shopping's* é possível valorizar determinados pontos de loja baseado em dados técnicos e concretos.

4 REFERÊNCIAS

- 1 DEMO, Pedro. **Pesquisa e construção do conhecimento: metodologia científica no caminho de Habermas**. Rio de Janeiro: Tempo Brasileiro, 1994.
- 2 VIM. **Vocabulário internacional de metrologia – Conceitos fundamentais e gerais e termos associados**. INMETRO 1ª edição, 2008.
- 3 KOPELVSKI, M. **Teoria de CLP**. São Paulo, 2010. Disponível em:
<http://www.cefetsp.br/edu/maycon/arqs/ap_clp_rev00.pdf> Acesso em: 13ago.2013
- 4 ANTONELI, L. 1998. Introdução aos Controladores Lógicos Programáveis (CLPs). Disponível em: <<http://claudinhamatematica.com.br/Introducao%20CLP.pdf>>. Acesso em: 12 de abril. 2013
- 5 Marcos de Oliveira Fonseca, M. Sc. / ATAN. **Curso Norma IEC61131-3 para Programação de Controladores / ISA**, 10 e 11 de Maio de 2005.
- 6 PROCIFY IFIX. Disponível em: <http://www.aquarius.com.br/automacao-industrial/produtos/proficy-ifix/>. Acesso em: 20 de julho.2013
- 7 TARIFAS de fornecimento de energia. ANEEL. Abril, 2005
- 8 GEORGINI, Marcelo. **Automação Aplicada Descrições e Implementação de sistemas seqüenciais com PLC**. 9.ed. São Paulo: Érica Ltda, 2008
- 9 CAPELLI, Alexandre. **Automação Industrial controle do movimento e processos contínuos**. 2.ed. São Paulo: Érica Ltda, 2002.
- 10 Tarifa **horosazonal Azul**, Disponível em: <http://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Froot%2Fpagcopel2.nsf%2F5d546c6fdeabc9a1032571000064b22e%2F122f9702b1e6fa0e03257488005939ca/> Acesso em: 09 de maio de 2013
- 11 Rosa, Danilo. **Dispositivo de gerenciamento de energia elétrica**. Disponível em: < <http://www.osetoelettrico.com.br/web/component/content/article/58-artigos-e-materias-relacionadas/174-dispositivo-de-gerenciamento-de-energia-eletrica.html>>. Acesso em: 2 fev. 2012

12 Santos, Daniel M. S. Mecatrônica Atual: **Gerenciamento de energia elétrica para redução de demanda.** Disponível em: <http://www.mecatronicaatual.com.br/secoes/leitura/63>> Acesso em: 12 de jan. 2012

13 Pinto, Mozart C. “**Projeto Elétrico: Ampliação Shopping Palladium**”. Ponta Grossa, 2010.

14 DEPARTAMENTO DE NORMALIZAÇÃO TÉCNICA NTC 901110: **Atendimento a edificações de uso coletivo.** Paraná, 2011.

15 ABB LTDA. **Manual Transdutores.** Osasco: ABB. 1p

16 EPE – **Empresa de Pesquisas Energéticas.** PDE 2020. Disponível em : http://www.epe.gov.br/geracao/Documents/Estudos_26/NT_AtendimentoaDemandaMaxima_PDE2020.pdf. Acesso em 05 abril13.

17 Elipse Software Ltda. **Tutorial Elipse.** 3ª Edição. Porto Alegre: Elipse, 2007.

18 Sistema **de tarifação.** Disponível em: <http://www.aeseletropaulo.com.br/clientes/PoderPublico/Informacoes/Paginas/SistemasdeTarifacao.aspx>. Acesso em: 10/02/2012