



UNIVERSIDADE SÃO FRANCISCO
Engenharia Elétrica

JONNY AMORIM
PAULO SÉRGIO MAGLIANI
ROMUALDO SOARES SILVA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DO CURSO:
MONITORAMENTO E GERENCIAMENTO DE PICO DE DEMANDA E
FATOR DE POTÊNCIA INDUSTRIAL

Itatiba
2013

JONNY AMORIM - RA#002201301161
PAULO SÉRGIO MAGLIANI - RA#002200500060
ROMUALDO SOARES SILVA - RA#002201300879

MONITORAMENTO E GERENCIAMENTO DE PICO DE DEMANDA E FATOR DE POTÊNCIA INDUSTRIAL

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Elétrica da Universidade São Francisco, como requisito parcial para obtenção do título de Licenciado em Engenharia Elétrica.

Coordenador do TCC: Professor Dr. Washington Luiz Alves Correa
Orientador do TCC: Professor Dr. Paulo Eduardo Silveira

Itatiba
2013

**JONNY AMORIM
PAULO SÉRGIO MAGLIANI
ROMUALDO SOARES SILVA**

MONITORAMENTO E GERENCIAMENTO DE PICO DE DEMANDA E FATOR DE POTÊNCIA INDUSTRIAL

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Elétrica da Universidade São Francisco, como requisito parcial para obtenção do título de Licenciado em Engenharia Elétrica.

Data de aprovação: ____/____/____

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Paulo Eduardo Silveira (Orientador)
Universidade São Francisco

Prof. Ms Débora Meyhofer Ferreira(Examinadora)
Universidade São Francisco

Prof. Dr. Washington Luiz Alves Côrrea (Examinador)
Universidade São Francisco

RESUMO

No Brasil, o “Grupo A” de consumidores de energia elétrica possuem três tipos de tarifas: convencional, horo-sazonal azul e horo-sazonal verde. Nesta categoria paga-se pelo consumo, pela demanda e por baixo fator de potência. Dependendo da demanda de potência máxima instalada em uma instalação industrial, há uma tarifa associada e essa demanda é medida como a potência máxima consumida dentro de um período de 15 minutos, para termos de faturamento. O agendamento de carga inadequada pode resultar em acusações de demanda superior a 50% da conta de energia elétrica total, portanto, para tornarem-se competitivas, as indústrias estão sempre buscando a redução de custos e o controle de demanda elétrica industrial tem se mostrado uma tarefa imprescindível para a gestão de instalações industriais, de vários seguimentos industriais. Com um sistema adequado para controlar a demanda, esta taxa pode ser reduzida. O sistema monitorador deve ser aplicado às principais cargas elétricas da estrutura industrial, controlando compressores, motores ventiladores (através de variadores de velocidade), fornos aquecedores, sistema de ar condicionado, quadros de iluminação e outras cargas não essenciais. O controlador de demanda monitora e controla estes equipamentos através da coleta e interpretação de dados, on line. Quando um pico de demanda é detectado, o sistema começa a desligar cargas reativas, controlando a demanda dentro dos parâmetros estabelecidos e evitando com isso, um grande desperdício de dinheiro.

Palavras-chave: demanda elétrica. consumo elétrico.gerenciamento.controle de energia.

ABSTRACT

In Brazil, the “A Group” of Electrical consumers has three different fares: conventional, hourly-seasonal blue and hourly-seasonal green. This electrical category pays by electricity consumption, demand and low power factor. Depending on the maximum power demand installed in an industrial facility, there is an associated fare. The demand is measured as the maximum power consumed within a period of 15 minutes, to the billing terms. Scheduling it improperly may result in charges of demand exceeding 50% of the total electricity bill. Therefore, to become competitive the industries are always looking for cost reductions and control of industrial electricity demand has been an essential task for the management of industrial installations, in various industrial segments. With a suitable demand controlling system, these rates can be reduced. The tracker/monitor system should be applied to the main electrical charges of the industrial structure, controlling air compressors, fan motors (through speed controllers), furnaces heaters, air conditioning system, lighting and other non-essential loads. The demand controller system monitors and controls these devices through the data collection and on-going interpretations. When a demand peak is detected, the system begins to shutting down the unproductive loads, controlling the demand within the established parameters and thereby avoiding a big waste of money.

Keywords: electricity demand. electricity consumption. energy management. control.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Circuito puramente resistivo.....	14
Figura 2 – Circuito puramente indutivo.....	15
Figura 3 – Circuito puramente capacitivo	15
Figura 4 – Tráfego de informações em um sistema síncrono	18
Figura 5 – Tráfego de informações em um sistema assíncrono.....	19
Figura 6 – Algoritmo de Janela Móvel.....	21
Figura 7 – Algoritmo Reta de Carga.....	22
Figura 8 – Concentrador de Medidores.....	23
Figura 9 – Concentrador de Medidores com Memória de Massa.....	24
Figura 10 – Diagrama de Blocos.....	27
Figura 11 – Controle Kron sem o Conversor.....	28
Figura 12 – Controle Kron com o Conversor.....	28
Figura 13 – PLC/CLP e fonte.....	29
Figura 14 – Entradas PLC/CLP.....	29
Figura 15 – Saídas PLC/CLP.....	30
Figura 16 – Layout.....	30
Figura 17 – Fluxograma de Controle.....	31
Figura 18 – Painel com o multimedidor, o IHM e o CLP instalados e energizados	32
Figura 19 – Painel traseiro com as conexões elétricas instaladas.....	33
Figura20 – Conexão Conversor RS-232 PLC + Medidor + Concentrador	34
Figura21 – Medidor KPF-08 – Modelo com 8 saídas para controle de bancos, com ou sem comunicação serial.....	36
Figura 22 – Esquema de ligação do medidor KPF-8.....	39
Figura 23 – Diagrama de proteção, alimentação e entradas do medidor KPF-8.....	39
Figura 24 – String a ser enviado ao KPF-8	41
Figura 25 – String resposta do escravo.....	41
Figura 26 – Panelview para interfaces eletrônicas.....	42
Figura 27 – Capacidade de memória de dados do controlador ou PLC/CLP MicroLogix	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características da transmissão.....	20
Tabela 2 – Formatação dos blocos de dados.....	20
Tabela 3 – Condição de uma empresa com uma demanda atual e contratada de 4000KW... ..	26
Tabela 4 – Lista dos Materiais.....	32
Tabela 5 – Esquema de ligação do Multimetro (KPF-8).....	37
Tabela 6 – Entradas e Saídas na comunicação entre o controlador KPF-8 ePLC/CLP MicroLogix 1200 ou 1100.....	42

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL	– Agência Nacional de Energia Elétrica
Art.	–Artigo de uma referida norma ou especificação
CV	– Cavalo Vapor
EIA	– <i>Electronic Components Industry Association</i> (também conhecida como ECIA)
Fusíveis FF	– Fusíveis de Rápida Atuação (Fast Fusion)
IHM	–Interface Homem Máquina
KPF- 8	–Monitorador de Energia da Kron
kV	–kilo volt
kVAr	– kilo Volt Ampére Reativo
kW	– kilo Watts
LED	– Diodo Emissor de Luz (Light Emission Diode)
LSB	– <i>Least Significant Bit</i> (bit menos significativo)
ModBus	– Protocolo de Comunicação serial de dados amplamente utilizado em sistemas de automação industrial
ms	– mili segundo
MSB	– <i>Most Significant bit</i> (bit mais significativo)
NBR	– Norma Brasileira
NR13	– Norma de Regulamentação Brasileira de Segurança Industrial
PLC ou CLP	– <i>Programmable logic controller ou</i> Controlador Lógico Programável
RA	– Registro Acadêmico
RS 485	– Porta de comunicação para transmissão de dados coletados em rede ModBus ou FieldBus, possibilita o envio e recebimento de dados (RS = Recommended Standard – Padrão Recomendado).
s	– segundo
SMS	– Serviços de Mensagens Curtas (Short Message Services)
TC	–Transformador de Corrente
TP	–Transformador de Potência
X_c	–Reatância Capacitiva
X_L	–Reatância Indutiva
Φ	– Fator de Potência

TERMOS E DEFINIÇÕES

Fator de Potência: sempre um número entre 0 e 1 e pode ser resistivo, capacitivo ou indutivo.

Potência Ativa: gera calor, iluminação, movimento e é medida em kW.

Potência Reativa: mantém o campo eletromagnético necessário, pois a maioria das cargas presentes na instalação elétrica são indutivas. Cargas reativas não geram trabalho.

Potência Total: é a soma vetorial das potências ativa e reativa em kVA.

Tarifação por fator de potência: relação entre potência ativa, reativa e total de uma instalação.

Tarifação Horo-sazonal : deslocamento da carga para horários de menor carregamento e consumo para períodos do ano de maior disponibilidade. Os preços diferenciados, permitem o consumidor gerenciar as despesas.

Horário de Ponta: este horário é composto por um período de 3 horas consecutivas que é adotado entre as 17h e 20h pela companhia local, excetos sábados, domingos e feriados nacionais.

Horário Fora de Ponta: este horário é composto por um período de 21 horas diárias complementares ao horário de ponta, incluindo sábados e domingos. Eles se dividem em dois períodos; capacitivo (23h30 às 6h30) e indutivo (6h30 às 23h30).

Tarifa Horo-sazonal Azul ou Verde: dias divididos entre fora de ponta e de ponta, para faturamento da demanda, e em horário capacitivo e restante, para faturamento do fator de potência, além disso, o ano é dividido em período seco (Maio até Novembro) e período úmido (Dezembro até Abril do próximo ano).

SUMÁRIO

Resumo	
Abstract	
Lista de Figuras	
Lista de Tabelas	
Lista de Abreviaturas e Siglas.....	
Termos e Definições.....	
1 - Introdução.	12
2–Monitoramento e Gerenciamento de Demanda e Fator Potência Industrial..	13
2.1–Demanda.....	13
2.2–Fator de Potência.....	14
2.3 –Gerenciamento de Cargas Reativas.....	16
2.4–Controle de Demanda.....	16
2.4.1–Comunicação.....	17
2.4.2–Comunicação Serial.....	17
Taxa de Transferência.....	17
Transmissão Assíncrona vs. Síncrona.....	17
2.4.3–Protocolo.....	19
2.5–Métodos de Controle (Janela Móvel, Retas Carga, Preditivo Adaptivo)....	21
2.5.1–Janela Móvel.....	21
2.5.2–Retas Carga ou Retas Inclinadas.....	22
2.5.3–Preditivo Adaptivo.....	22
2.6–Concentrador de Medidores.....	23
2.6.1 - Medidores com Memória de Massa.....	23
3 - Metodologia.....	25
3.1 – Consumidor Potencial.....	25
3.2 – Problema.....	25
3.3 – Concepção da Solução do Problema.....	26
3.4 – Objetivos.....	26
4 – Esquema de Montagem do Protótipo.....	27
4.1 – Lista de Materiais do Protótipo.....	32
5 – Montagem do Protótipo.....	32
5.1 – Testes de Bancada.....	33
6 – Funcionamento do Sistema.....	34
6.1 – Funcionamento do Multimetro (Kron).....	34
6.2 – Funcionamento do PLC Micrologix (1200 ou 1100).....	35
6.3 – Funcionamento do IHM.....	35
6.4 – Banco de Capacitores.....	35
6.5 – Controle da Demanda.....	35
7 – Equipamentos que compõem o protótipo (detalhamento).....	36
7.1 – Medidor Kron.....	36
7.1.1 – KPF Conceitos Básicos de RS-485 e RS-422.....	36
7.1.2 – KPF-8 Seleção correta do esquema de ligação.....	37
7.1.3 – Fator de Potência.....	37
7.1.4 – Princípio de Funcionamento.....	37
7.1.5 – Interface Serial.....	38
7.1.6 – Contatos.....	38
7.1.7 – Relé para Alarme.....	38
7.1.8 – Relé para Ventilação.....	38
7.1.9 – Esquema de Ligação.....	38
7.1.10 – KPF-8 Modos de Operação e Programações	
Automático.....	40
Linear (P-01).....	40
Rotacional (P-02 a P-09).....	40

Customizável (P10).....	40
Manual.....	40
7.1.11 – Protocolo Modbus do KPF8l.....	40
7.2 – IHM – Panelview 300 (Allen Bradley).....	42
7.2.1 – Software do IHM.....	42
7.3 – PLC/CLP – Micrologix Allen Bradley (1200 ou 1100).....	42
7.3.1 – PLC/CLP Entradas e Saídas (E/S).....	42
7.3.2 – PLC/CLP Memória.....	43
7.3.3 – Requisitos de Software.....	44
8 – Considerações.....	45
9 – Trabalhos Futuros.....	45
Referências Bibliográficas.....	

1 - INTRODUÇÃO

A Resolução da ANEEL nº 456 de 29 de novembro de 2000, incluiu a tarifação sobre a demanda, que na tarifa de energia elétrica representa a estrutura de geração e transmissão que a concessionária disponibiliza para o consumidor, respondendo tipicamente por 20% desta, representando portanto um insumo significativo.

Com isso, as indústrias precisam de meios para controlar essa variável, já que a multa pela ultrapassagem da demanda (tipicamente três vezes maior do que a tarifa normal) muitas vezes não justifica a produção extra conseguida. Foi aí que começaram a surgir os primeiros controladores de demanda, que são os equipamentos destinados a monitorar e controlar essa variável, ajudando as indústrias a serem mais competitivas no mercado.

Este trabalho visa a montagem de um sistema monitor de energia elétrica, com foco no monitoramento da Demanda Contratada e o fator de potência, com o uso de um sistema integrado a um PLC, o qual fará a seletividade das cargas a serem desligadas e/ou ligadas, mantendo desta forma o controle das variáveis monitoradas de acordo com as exigências da concessionária em não ultrapassar o montante contratado em 5% e manter o fator de potência no nível desejado (0,92 a 1).

2 –Monitoramento e Gerenciamento de Demanda e Fator de Potência Industrial

Este trabalho foi elaborado , com base nas disposições atualizadas e consolidadas relativas às condições gerais de fornecimento de energia elétrica, dispostas na resolução 456 e 414, da ANEEL, a serem observadas tanto pelas concessionárias quanto pelos consumidores. A resolução 456 (2000) foi revogada e substituída pela 414 (Set 2010).

2.1 - DEMANDA

Ainda, de acordo com a resolução 456, Art. 2º, § VIII: “Demanda: média das potências elétricas ativas ou reativas, solicitadas ao sistema elétrico pela parcela da carga instalada em operação na unidade consumidora, durante um intervalo de tempo especificado”.

No Brasil o intervalo de tempo (período de integração) é de 15 minutos, portanto, em um mês teremos: 30 dias x 24 horas / 15 minutos = 2880 intervalos.

Para o autor,

“Em termos de medição temos os métodos de medição síncrona e assíncrona. O método de medição síncrona é aquele utilizado por todas as concessionárias brasileiras e pela maioria dos países, medindo a energia ativa num determinado intervalo de tempo que pode variar de 15 à 60 minutos na maioria dos casos. Na prática o que se faz é integrar os pulsos de energia dentro deste intervalo, por isso chamado de intervalo de integração, obtendo o que chamamos de demanda de energia ativa, ou seja, a demanda é a energia média consumida em cada intervalo de 15 minutos não existindo plenamente antes do fechamento do intervalo.

Na maioria dos casos a concessionária fatura pelos maiores valores registrados nos períodos de fora-ponta e ponta ou pelos valores contratados, os que forem maiores.

A cada início do intervalo de integração o consumo é zerado dando início a uma nova contagem. Se ao final do intervalo o valor médio de fechamento for superior ao limite permitido o usuário arcará com pesadas multas por ultrapassagem.” (Suppa e Terada, 2010).

2.2 – FATOR DE POTÊNCIA

O fator de potência é um parâmetro de medição de defasagem entre a tensão e a corrente que circulam por uma rede. Ele é o cosseno do ângulo dessa defasagem. Se a defasagem for de 1/8 de ciclo, 45° , o fator de potência é de $\cos 45^\circ$, que é 0,71.

No art. 95 da Resolução 414, ANEEL, estabelece que o fator de potência nas unidades consumidoras deve ser superior a 0,92 capacitivo e compreendido entre 23:30 até 06:30 e 0,92 indutivo durante 06:30 até 23h30. Esta mesma resolução estabelece que é obrigatório a medição do Fator de Potência para unidades consumidoras conectadas acima de 1000V.

Existem basicamente 3 tipos de cargas que podem ser ligadas numa rede elétrica: cargas resistivas, cargas indutivas e cargas capacitivas

Resistiva: A corrente que circula pela carga é alternada e acompanha a tensão aplicada, ambas em fase (defasagem zero). Toda carga puramente resistiva possui fator de potência 1.

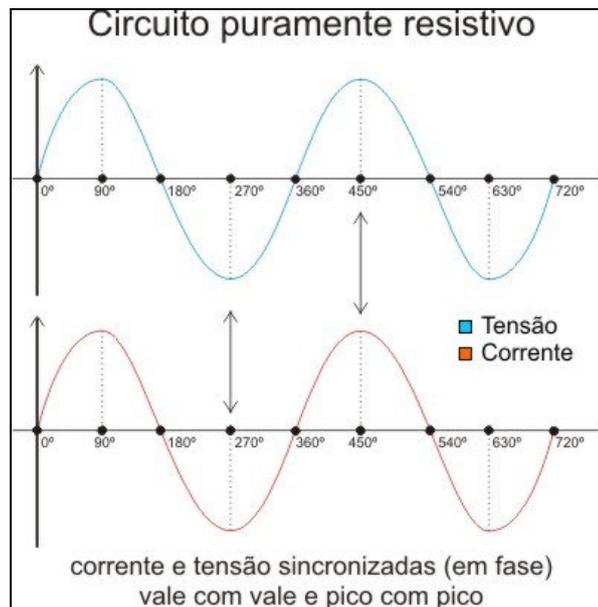


Figura 1: Circuito puramente resistivo, fonte:www.eletrica.info

Indutiva: Provoca um atraso da corrente, devido aos campos magnéticos criados pelos enrolamentos de fios (bobinas) existentes nas cargas indutivas, que ao serem ligadas faz com que a corrente comece a circular apenas quando se completa $\frac{1}{4}$ do ciclo, 90° , da tensão. Toda carga puramente indutiva possui fator de potência 0.

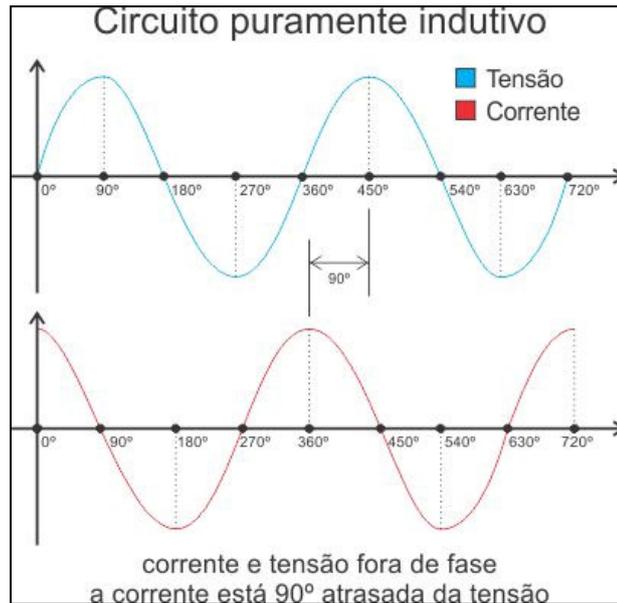


Figura 2: Circuito puramente indutivo, fonte:www.eletrica.info

Capacitiva: Provoca um atraso da tensão, devido à campos elétricos criados pelos capacitores existentes nessa rede, que ao serem ligadas faz com que a tensão comece a circular apenas quando se completa $\frac{1}{4}$ do ciclo, 90° , corrente. Toda carga puramente capacitiva possui fator de potência 0.

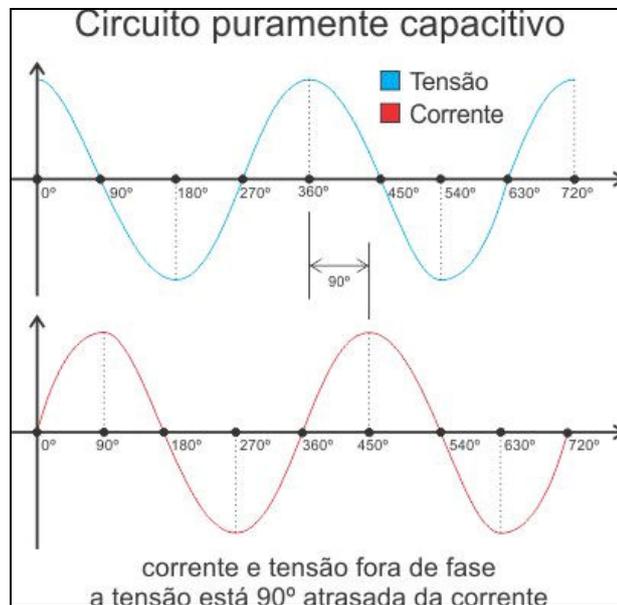


Figura 3: Circuito puramente capacitivo, fonte:www.eletrica.info

2.3–GERENCIAMENTO DE CARGAS REATIVAS

Os problemas da gestão de energia, só foram percebidos após a conscientização ecológica e da acentuada crise energética brasileira, ocorrida após o ano 2000. O Sistema de Gestão de Energia Elétrica, portanto, é um complexo e específico sistema capaz de gerenciar o consumo de energia elétrica, prevendo e advertindo os operadores nos momentos em que ocorrem estouros de consumo de energia, bem como de cortar, automaticamente, o consumo de dispositivos, com respeito à escala de prioridades e hierarquia pré-definidas.

A seletividade das cargas reativas a serem monitoradas é uma peculiaridade de cada uma das indústrias, ou seja, o que é importante para uma, pode não ser importante para outras.

2.4–CONTROLE DE DEMANDA

Segundo F.S Ozur **et al.**(2011, p.4), “O controlador de demanda é um equipamento eletrônico que tem como função principal manter a demanda de energia ativa de uma unidade consumidora, dentro de valores limites pré-determinados, atuando, se necessário, sobre alguns dos equipamentos (cargas) da instalação e segundo as regras de faturamento vigentes. A maior parte dos Controladores de Demanda controla também o fator de potência e o consumo de energia. Controlar a demanda é fundamental, não só para o consumidor diminuir seus custos com energia elétrica, mas também para a concessionária que necessita operar de forma bem dimensionada evitando interrupções ou má qualidade de fornecimento”.

Os controladores de demanda podem ser divididos em 2 grupos:

- Convencionais
- Inteligentes

Um controlador de demanda convencional poderá atuar de forma prematura ou intermitente dentro do intervalo de integração, pois utiliza medição por média móvel e controle por níveis (*on/off*) ou, ainda, por controle de projeção simples.

Um controlador de demanda inteligente posterga ao máximo sua atuação dando oportunidade para a demanda cair naturalmente, pois se baseia num método de medição preditivo mais elaborado.

2.4.1 - COMUNICAÇÃO

O controlador de demanda se comunica com os medidores das concessionárias, através da saída serial do usuário, disponível em todos os medidores eletrônicos. Sua comunicação é padronizada pela NBR 14522 “Intercâmbio de informações para sistemas de medição de energia elétrica – Padronização”

2.4.2 - COMUNICAÇÃO SERIAL

A transmissão bit-serial converte a mensagem em um bit por vez através de um canal. Cada bit representa uma parte da mensagem. Os bits individuais são então rearranjados no destino para compor a mensagem original. Em geral, um canal irá passar apenas um bit por vez. A transmissão bit-serial é normalmente chamada de transmissão serial, e é o método de comunicação escolhido por diversos periféricos de computadores

TAXA DE TRANSFERÊNCIA (*Baud Rate*)

A taxa de transferência refere-se à velocidade com que os dados são enviados através de um canal e é medido em transições elétricas por segundo.

Na norma EIA232, ocorre uma transição de sinal por bit, e a taxa de transferência e a taxa de bit (bit rate) são idênticas. Nesse caso, uma taxa de 9600 *bauds* corresponde a uma transferência de 9600 dados por segundo, ou um período de aproximadamente, 104 ms (1/9600 s). Outro conceito é a eficiência do canal de comunicação que é definido como o número de bits de informação utilizável (dados) enviados através do canal por segundo. Ele não inclui bits de sincronismo, formatação, e detecção de erro que podem ser adicionados a informação antes da mensagem ser transmitida, e sempre será no máximo igual a um

TRANSMISSÃO ASSÍNCRONA VERSUS SÍNCRONA

Geralmente, dados seriados são enviados de forma regular, em canais únicos e seguidos de pausas. Os comprimentos da pausa, são variáveis entre pacotes. O circuito receptor dos dados deve saber o momento apropriado para ler os bits individuais deste canal, evitando desta forma corrupção ou perda de dados nesta transmissão.

Duas técnicas básicas são empregadas para garantir a sincronização correta. Em sistemas síncronos, canais separados são usados para transmitir dados e informação de tempo. O canal de temporização transmite pulsos de *clock* para o receptor. Através da recepção de um pulso de *clock*, o receptor lê o canal de dado e armazena o valor do bit encontrado naquele momento. O canal de dados não é lido novamente até que o próximo pulso de *clock* chegue. Como o transmissor é responsável pelos pulsos de dados e de temporização, o receptor irá ler o canal de dados apenas quando comandado pelo transmissor, e portanto a sincronização é garantida.

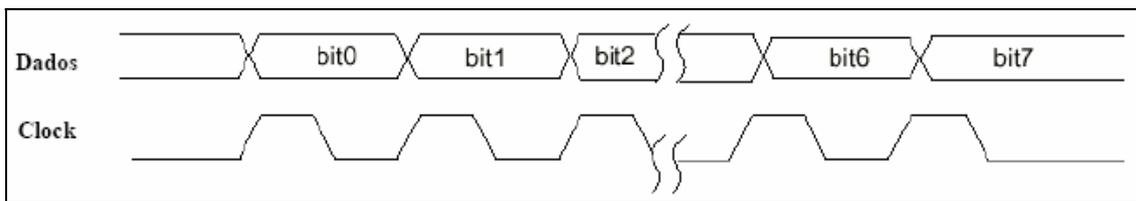


Figura 4 – Tráfego de informações em um sistema síncrono.

Em sistemas assíncronos, a informação trafega por um canal único. O transmissor e o receptor devem ser configurados antecipadamente para que a comunicação se estabeleça a contento. Um oscilador preciso no receptor irá gerar um sinal de *clock* interno que é igual (ou muito próximo) ao do transmissor. Para o protocolo serial mais comum, os dados são enviados em pequenos pacotes de 10 ou 11 bits, dos quais 8 constituem a mensagem. Quando o canal está em repouso, o sinal correspondente no canal tem um nível lógico '1'. Um pacote de dados sempre começa com um nível lógico '0' (start bit) para sinalizar ao receptor que uma transmissão foi iniciada. O "start bit" inicializa um temporizador interno no receptor avisando que a transmissão começou e que serão necessários pulsos de *clock*. Seguido do start bit, 8 bits de dados de mensagem são enviados na taxa de transmissão especificada. O pacote é concluído com os bits de paridade e de parada ("stop bit").

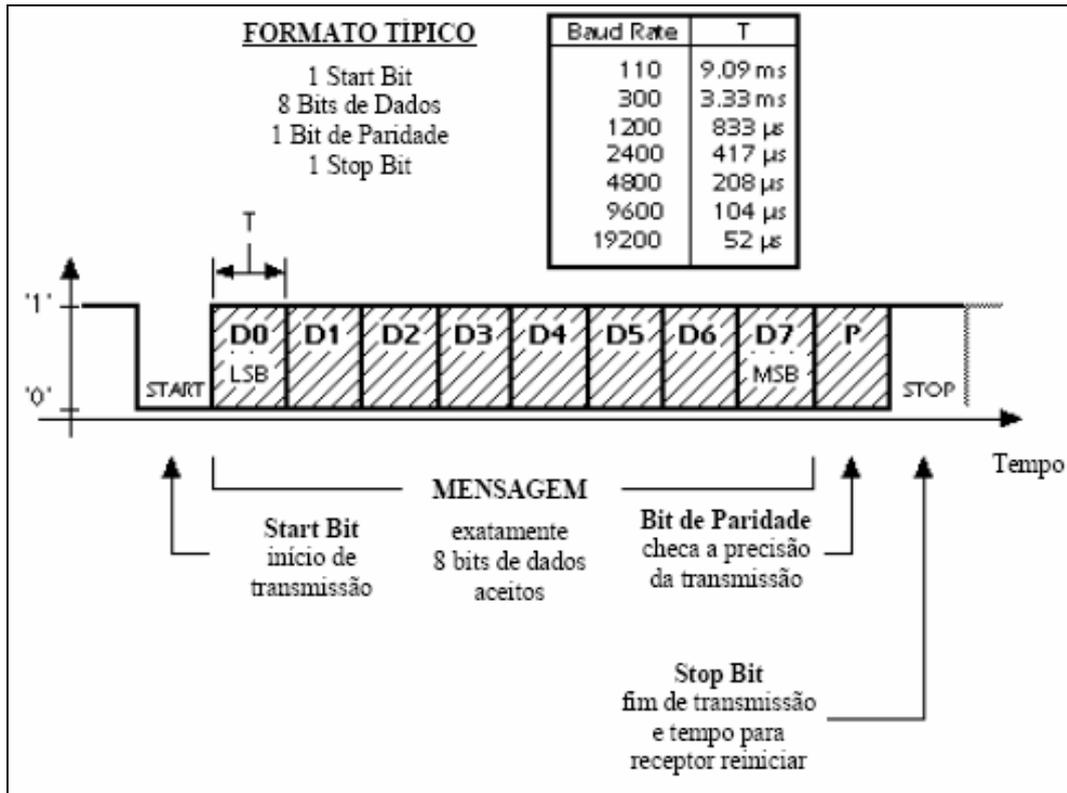


Figura 5 – Tráfego de informações em um sistema assíncrono (Protocolo serial)

O comprimento do pacote de dados é pequeno em sistemas assíncronos para minimizar o risco do oscilador do transmissor e do receptor variar. Quando osciladores a cristal são utilizados, a sincronização pode ser garantida sobre os 11 bits de período. A cada novo pacote enviado, o “start bit” reseta a sincronização, portanto a pausa entre pacotes pode ser longa.

2.4.3 - PROTOCOLO

A normalização para saída do usuário é descrita no capítulo 11 da NBR 14522:

“A cada segundo cheio, o Registrador deve enviar um bloco pela saída serial de usuário. A cada fim de intervalo de demanda, um bloco correspondente a este momento de ser enviado três vezes consecutivas, repetindo os mesmos dados, uma vez a cada segundo cheio;

Tabela 1 - Características da transmissão.

Velocidade:	110 Baud \pm 3%
Tipo:	Assíncrona
Modo:	Monodirecional
Caracteres:	1 start bit 8 bits de dado 1 a 2 stop bits
Tamanho do Bloco:	8 caracteres.
Tempo entre blocos:	1 segundo cheio
Correspondência lógica:	Nível lógico "1" corresponde à saída desativada

Fonte:Saída Serial do Usuário (NBR 14522 – ABNT, 2000)

Formatação dos campos:

Dados binários, exceto quando indicado.

Tabela 2 - Formatação dos blocos de dados.

Octeto 001:	Bits 0 a 7:	Número de segundos até o fim do intervalo de demanda ativa atual LSB
Octeto 002:	Bits 0 a 3:	Número de segundos até o fim do intervalo de demanda ativa atual MSB
	Bit 4:	Indicador de fatura. É complementado a cada reposição de demanda.
	Bit 5:	Indicador de intervalo reativo. É complementado a cada fim de intervalo de consumo reativo.
	Bit 6:	Se igual a 1, indica que os pulsos de energia reativa capacitiva estão sendo computados para cálculo de UFER e DMCR.
	Bit 7:	Se igual a 1, indica que os pulsos de energia reativa indutiva estão sendo computados para cálculo de UFER e DMCR.
Octeto 003:	Bits 0 a 3:	Segmento horo-sazonal atual: 0001 – ponta 0010 – fora da ponta. 1000 – reservado
	Bits 4 a 5	Tipo de tarifa 00 – Azul 01 – Verde 10 – Irrigantes 11 – Outras
	Bit 6:	Não usado
	Bit 7:	Se igual a 1, tarifa de reativos ativada.
Octeto 004:	Bits 0 a 7:	Número de pulsos de energia ativa desde o início do intervalo de demanda ativa atual LSB.
Octeto 005:	Bits 0 a 6:	Número de pulsos de energia ativa desde o início do intervalo de demanda ativa atual MSB.
	Bit 7:	Não usado.
Octeto 006:	Bits 0 a 7:	Número de pulsos de energia reativa desde o início do intervalo de demanda ativa atual LSB
Octeto 007:	Bits 0 a 6:	Número de pulsos de energia reativa desde o início do intervalo de demanda ativa atual MSB
	Bit 7:	Não usado

Octeto 008:	Bits 0 a 7:	Complemento do “ou exclusivo” dos octetos anteriores.
-------------	-------------	---

Fonte: Pacote de Dados da Saída Serial do Usuário (NBR 14522 – ABNT, 2000)

2.5 - MÉTODOS DE CONTROLE

O método de controle do controlador de demanda define a estratégia que este irá utilizar para monitorar e controlar a demanda. É, portanto, sua componente mais importante, afinal é o método de controle quem determina a maior ou menor precisão do controlador.

Os métodos de controle podem ser: **Janela móvel**, **Retas de cargas** ou **Retas inclinadas e Preditivo adaptativo**.

2.5.1 - JANELA MÓVEL

Segundo Suppa, “o chamado algoritmo de Janela Móvel, inventado no final da década de 70, para uso nos primeiros controladores microprocessados, nada mais é que um processamento *first-in first-out* (o primeiro que entra é o primeiro que sai), onde a janela de 15 minutos é dividida em compartimentos. Em cada compartimento é armazenado o total de pulsos de energia contados no correspondente período de tempo. Para exemplificar facilmente, diz-se que este compartimento é de 1 minuto. A janela móvel é um filtro de média móvel que “caminha” a cada período de atuação do controlador trazendo consigo todo o histórico do período de integração anterior”.

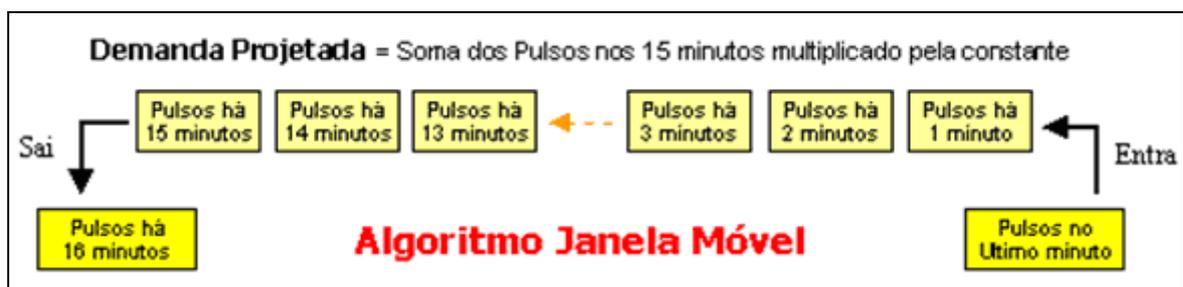


Figura 6 – Algoritmo de Janela Móvel – Fonte – EMG, 2011, p.14.

2.5.2 - RETAS DE CARGA OU RETAS INCLINADAS

O controle por retas de carga, foi inventado em meados da década de 80. Eram algoritmos que faziam uma "regra de três" com o número de pulsos acumulado no intervalo, o tempo transcorrido no intervalo de 15 minutos, para chegar à Demanda Projetada. Este algoritmo é síncrono à medição da concessionária, pois não considera valores do intervalo anterior na projeção do intervalo atual. Entretanto, apresenta grandes erros no início de cada intervalo.

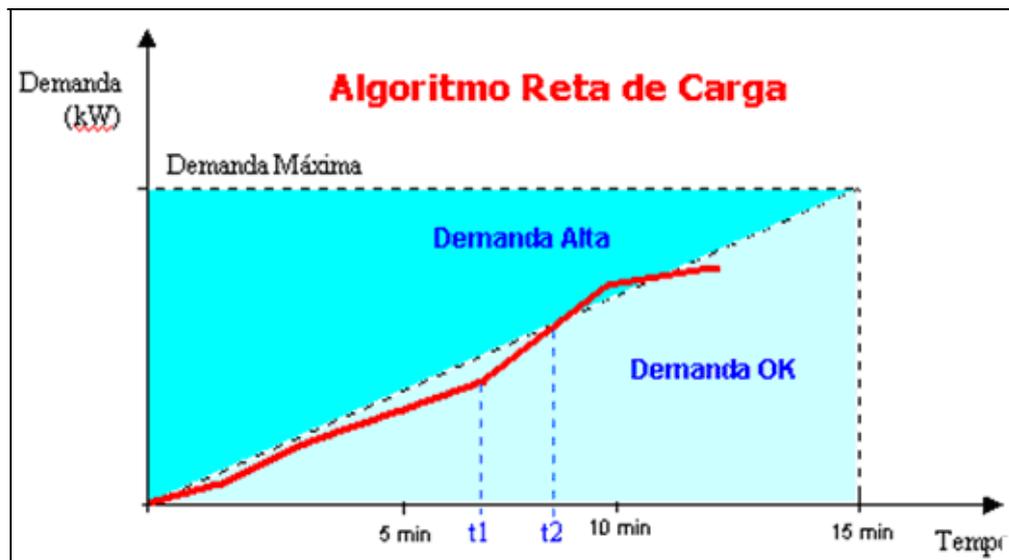


Figura 7– Algoritmo Reta de Carga – Fonte – EMG, 2011, p.15

2.5.3 - PREDITIVO ADAPTIVO

O controle preditivo adaptativo é uma variante do controle por retas inclinadas, porém, de complexidade maior, permite um melhor grau de otimização do controle da demanda, com menor interferência no processo. O termo adaptativo significa que a função de controle se adapta às mudanças do processo e no caso do controle de demanda significa que as prioridades de atuação sobre as cargas podem variar automaticamente de acordo com as condições do processo, impedindo que o controlador penalize primeiro sempre uma mesma carga.

A parte preditiva utiliza medição sincronizada com a concessionária, integrando os pulsos recebidos a partir do instante zero e trabalhando sempre com a projeção da demanda dentro do intervalo de integração e com o conhecimento prévio do valor da potência da carga, podendo ainda operar de forma adaptativa.

2.6 - CONCENTRADOR DE MEDIDORES

O concentrador de medidores, através da porta de comunicação serial, estará realizando a leitura eletrônica dos medidores e armazenando-as em sua memória. Posteriormente, o software de gerenciamento em execução no computador, realiza a leitura da memória do concentrador, registro destas grandezas em banco de dados para então emissão dos gráficos e relatórios analíticos do consumo de energia elétrica. Esta configuração baseia-se nos seguintes equipamentos:

- Medidores eletrônicos de energia com porta de comunicação serial (normalmente no padrão elétrico RS 485) que permitem leitura eletrônica;
- Concentrador de dados conectados aos medidores eletrônicos através de par metálico, interface de comunicação RS 485;
- Computador dedicado com software de gerenciamento de energia, conforme figura abaixo.



Figura 8– Concentrador de Medidores. Fonte – EMG, 2011

2.6.1 - MEDIDORES COM MEMÓRIA DE MASSA

Nesta arquitetura são utilizados medidores eletrônicos com memória de massa própria conectados a um computador, onde está instalado o sistema de gerenciamento de energia, que estará realizando a leitura dos medidores, registro dos dados de medição em banco de dados para, da mesma forma que a arquitetura anterior, permitir a emissão dos gráficos e relatórios analíticos do consumo de energia.

Memória de massa de um medidor pode ser definida como o registro dos dados medidos por um intervalo contínuo de no mínimo 35 dias (na chegada do 36º dia o primeiro é apagado, garantindo os últimos 35 dias na memória do medidor) em médias integradas de pelo menos 15 minutos. Assim, na arquitetura apresentada, caso venha ocorrer uma eventual falha na porta de comunicação de um medidor de forma a impedir a leitura dos outros medidores, esta falha poderá ser corrigida em um intervalo de 35 dias sem que haja perda de dados de medição.

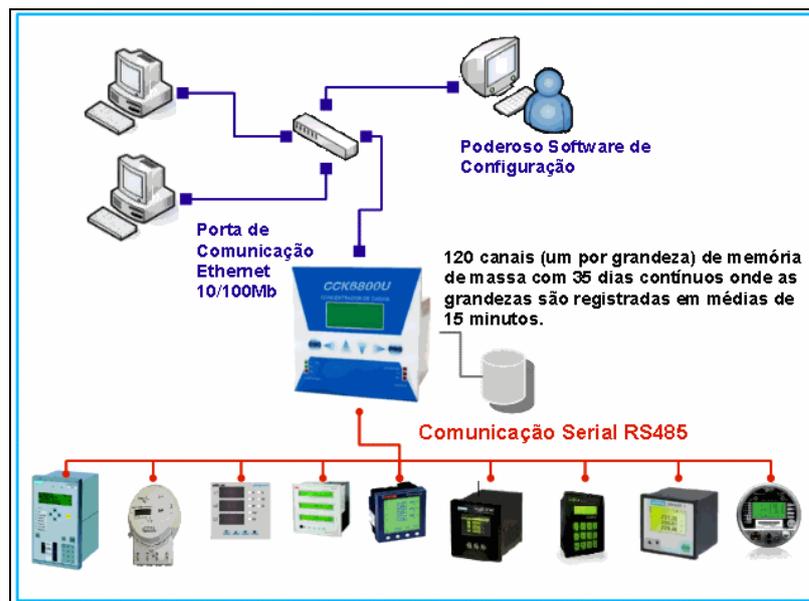


Figura 9– Concentrador de Medidores com Memória de Massa. Fonte – EMG, 2011

3 - METODOLOGIA

O trabalho apresenta uma proposta de metodologia para medição e controle de consumo e fator de potência em unidades fabris conectadas em média e alta tensão. Os consumidores nesta faixa de conexão elétrica são os potenciais usuários de sistemas de controle de energia.

O controlador foi implementado com base no algoritmo reta de carga, como apresentado no quadro de cargas da empresa (tabela 3, p.26).

3.1 - CONSUMIDOR POTENCIAL

Tipo: Indústria; Comércio

Classe de Conexão: Classe A

Tensão de Conexão em Média: 2,3 a 69 KV (Subgrupos A4-2.3/25KV, A3a-30/44KV e A3-69KV);

Tensão de Conexão em Alta: 69 a 230 KV (Subgrupos A3-69KV, A2-88/138KV e A1-230KV)

Medição: Indireta – TC e TP

Potência Instalada: Conforme contrato

Demanda Instalada: Conforme contrato

Fator de Potência Mínimo: 0,92

3.2 - PROBLEMA

Multas desnecessárias pagas na fatura de energia é um problema que torna algumas empresas menos competitivas, no mercado em que atuam. Portanto, a sugestão neste trabalho é controlar os seguintes parâmetros de qualidade de energia:

- ✓ Fator Potência (Φ) muito baixo – Carga Indutiva (X_L)
- ✓ Fator Potência (Φ) muito alto – Carga Capacitiva (X_C)
- ✓ Demanda Ultrapassada
- ✓ Multas na Tarifação

3.3 - CONCEPÇÃO DA SOLUÇÃO DO PROBLEMA

- A – Controlar Fator de Potência (Φ)
- B – Controlar Demanda – kW (Ativa)
 - kVAr (Reativa)
- C – Revisão dos Contratos de Demanda de Energia Elétrica

3.4 - OBJETIVOS

- A – Reduzir Cargas Indutivas (Iluminação, motores e indutores)
 - Dimensionamento dos Bancos Capacitores para motores >10CV (Pontual ou Automática)
 - Melhora no Processo de Produção
- B – Controle de Cargas
 - Revisão de Contratos
- C – Demanda vs. Contrato

Presumindo-se que a Demanda contratada esteja revisada e ajustada de acordo com as necessidades da empresa, o foco da nossa análise será no controle de demanda e no controle do fator de potência (**Sistema de Medição Fasorial**).

A Tabela 3 , exemplifica uma condição na qual a empresa tem uma demanda atual e contratada de 4000 kW.

Tabela 3 - Condição de uma empresa com uma demanda atual e contratada de 4000 kW.

Condição	Fator de Potência	Demanda Contratada	Comando
Set	$0,92 < \Phi < 1,00$	4000	
Cond1	$0,92 < \Phi < 1,00$	< 4200	Monitora
Cond2	$\Phi < 0,92$	< 4200	Coloca Capacitores
Cond3	$\Phi \geq 0,92$	< 4200	Retira Capacitores
Cond4	$0,92 < \Phi < 1,00$	> 4200	Desliga Carga
Cond5	$\Phi < 0,92$	> 4200	Coloca Capacitores
			Desliga Carga
Cond6	$\Phi \geq 0,92$	> 4200	Retira Capacitores
			Desliga Carga

Fonte: Paulo e Romualdo

- Informar ao PLC qual o fator de potência
- Informar ao PLC qual a Demanda
- Efetuar uma lógica para ligar/desligar saídas do PLC, conforme a tabela acima

4-ESQUEMAS DE MONTAGEM DO PROTÓTIPO

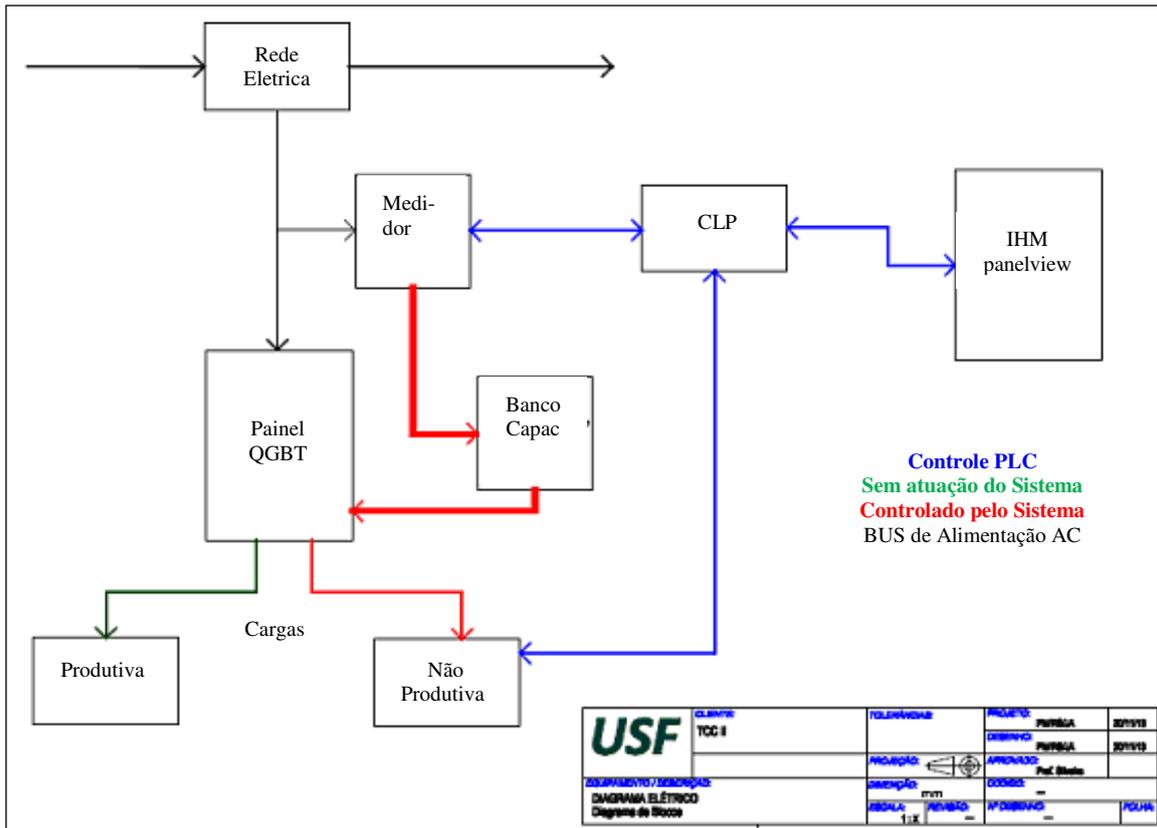


Figura 10- Diagramas de Blocos

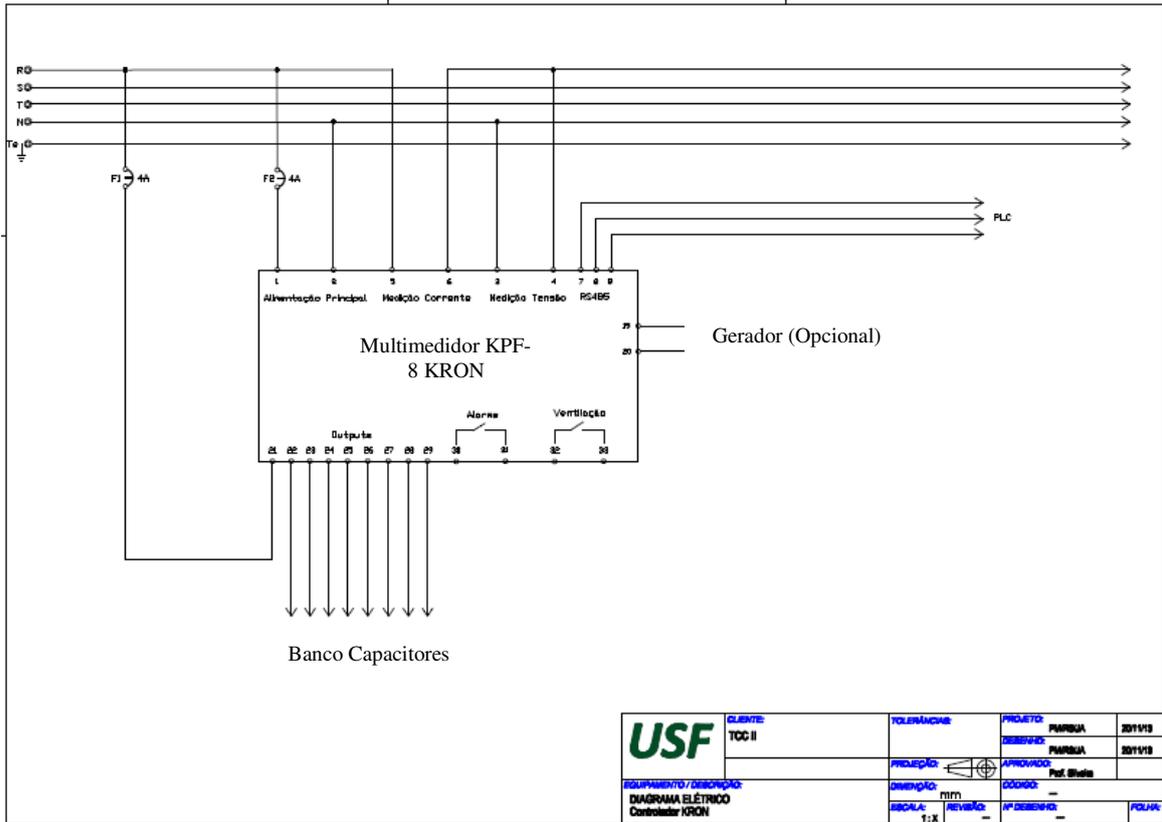


Figura 11– Controle Kron sem o Conversor

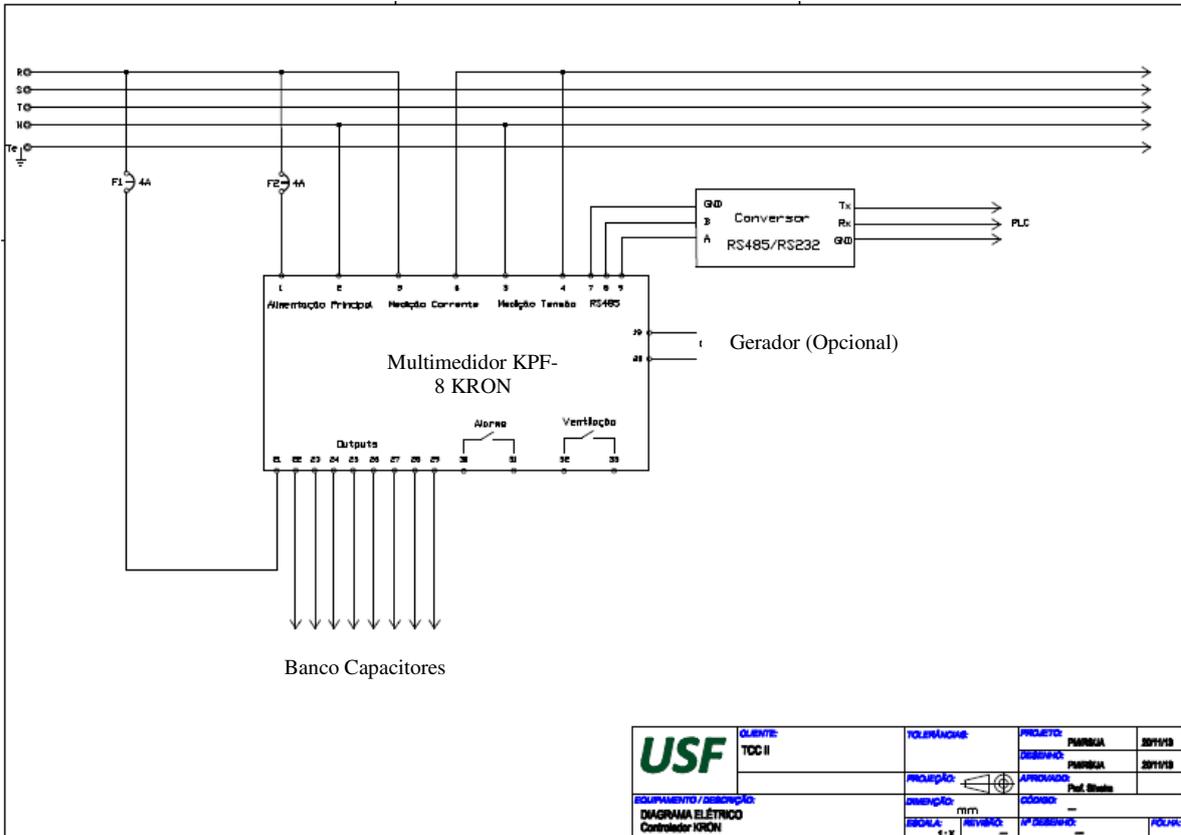


Figura 12– Controle Kron com o Conversor

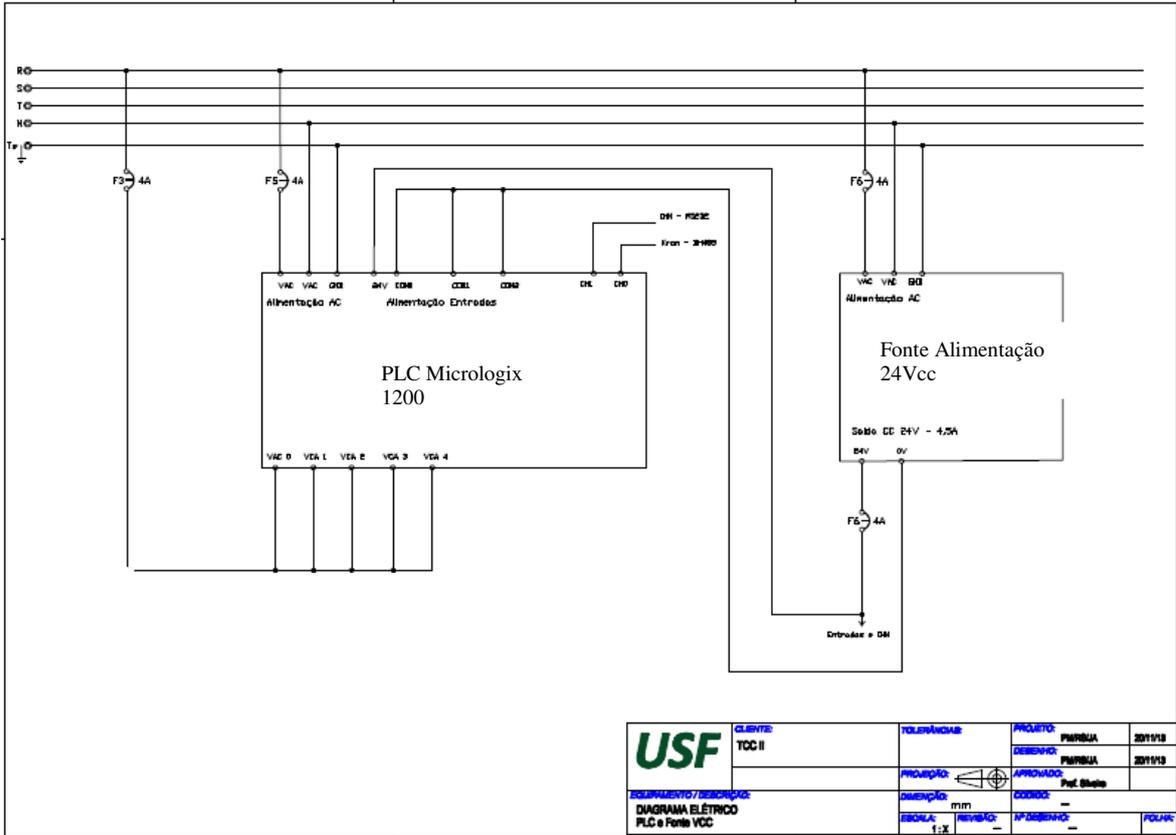


Figura 13– PLC/CLP e fonte

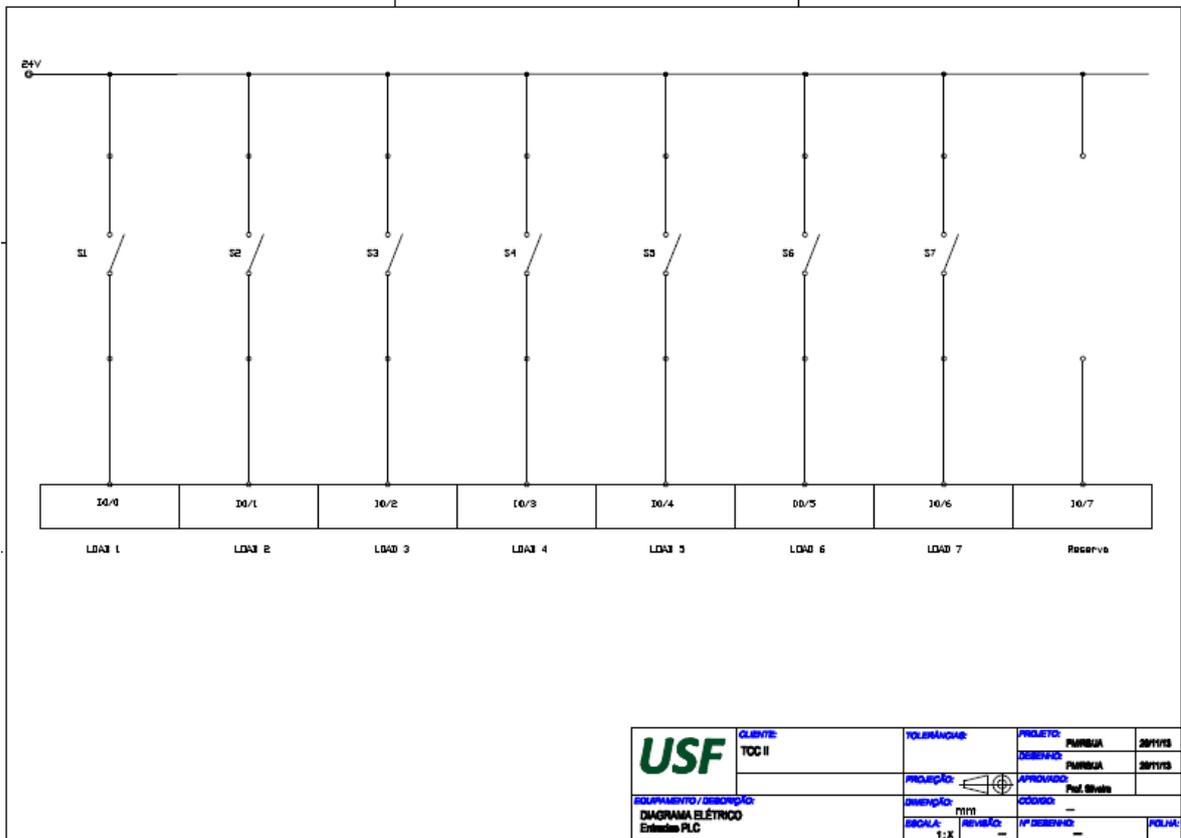


Figura 14– Entradas PLC/CLP

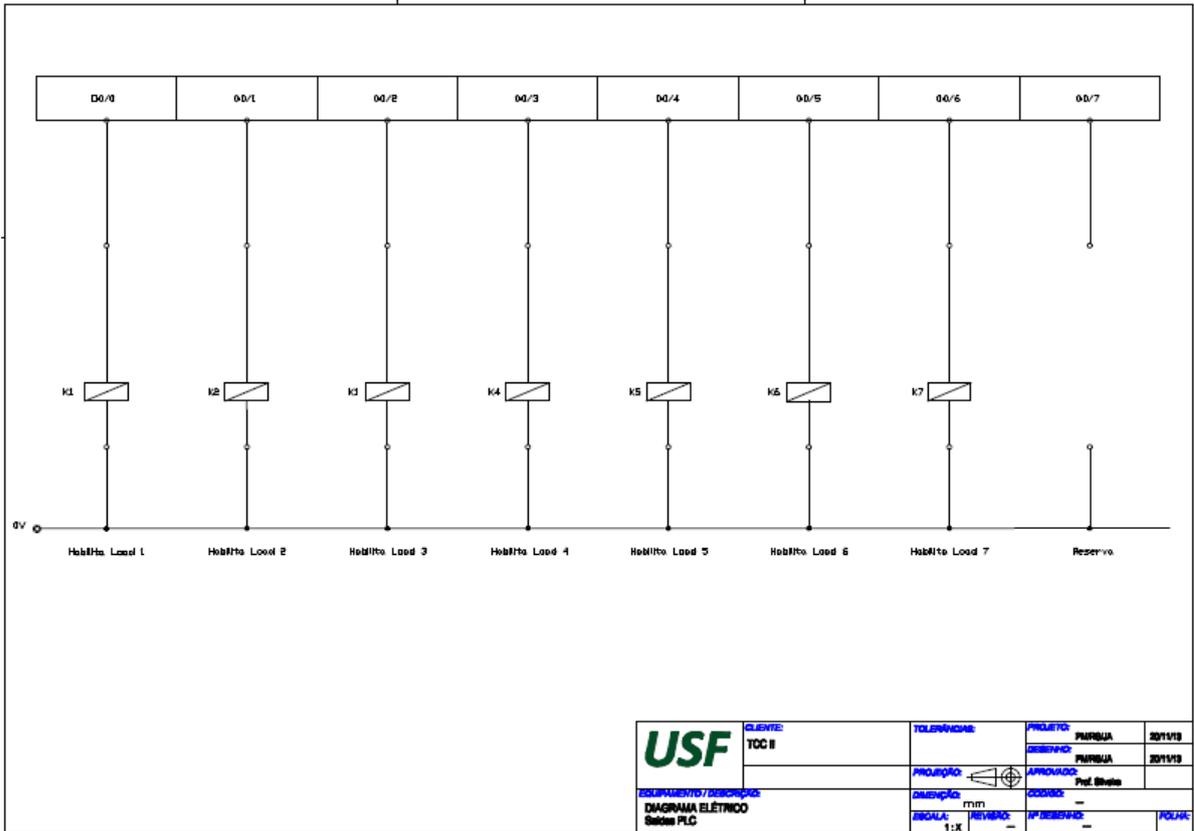


Figura 15 – Saídas PLC/CLP

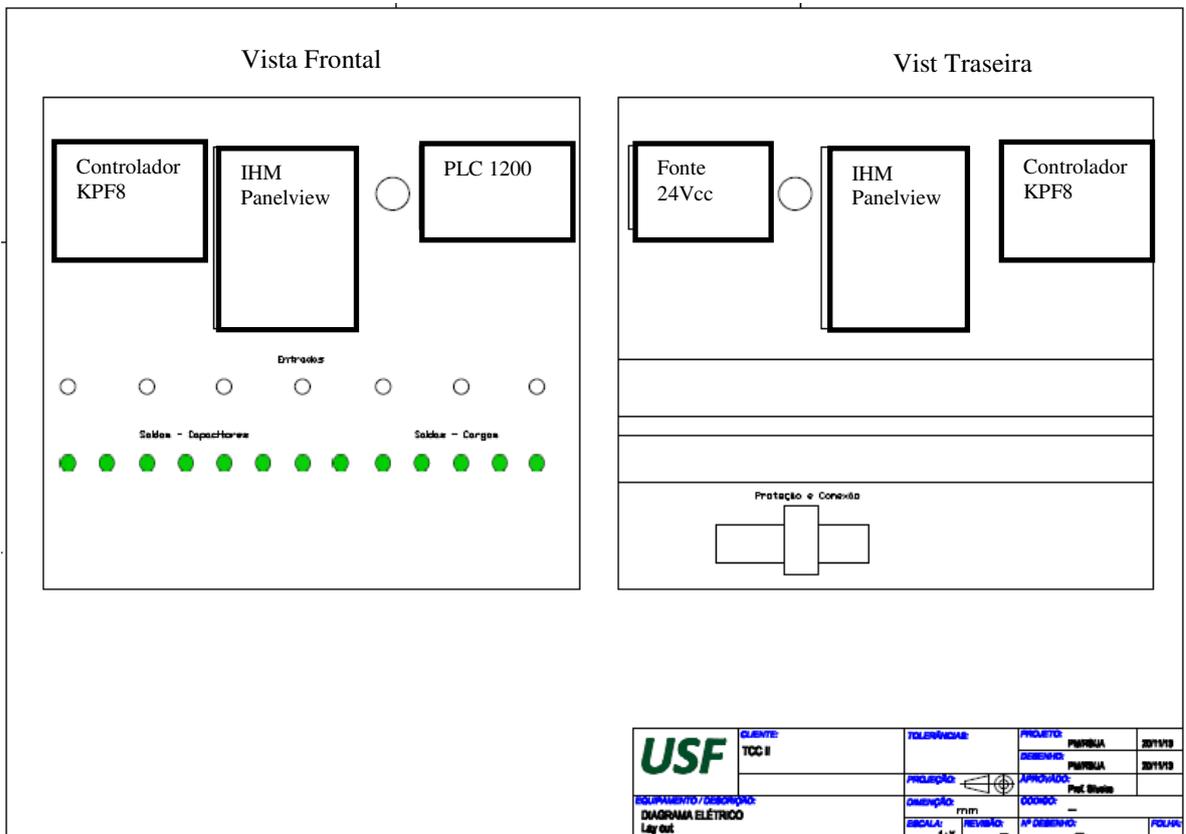


Figura 16– Layout

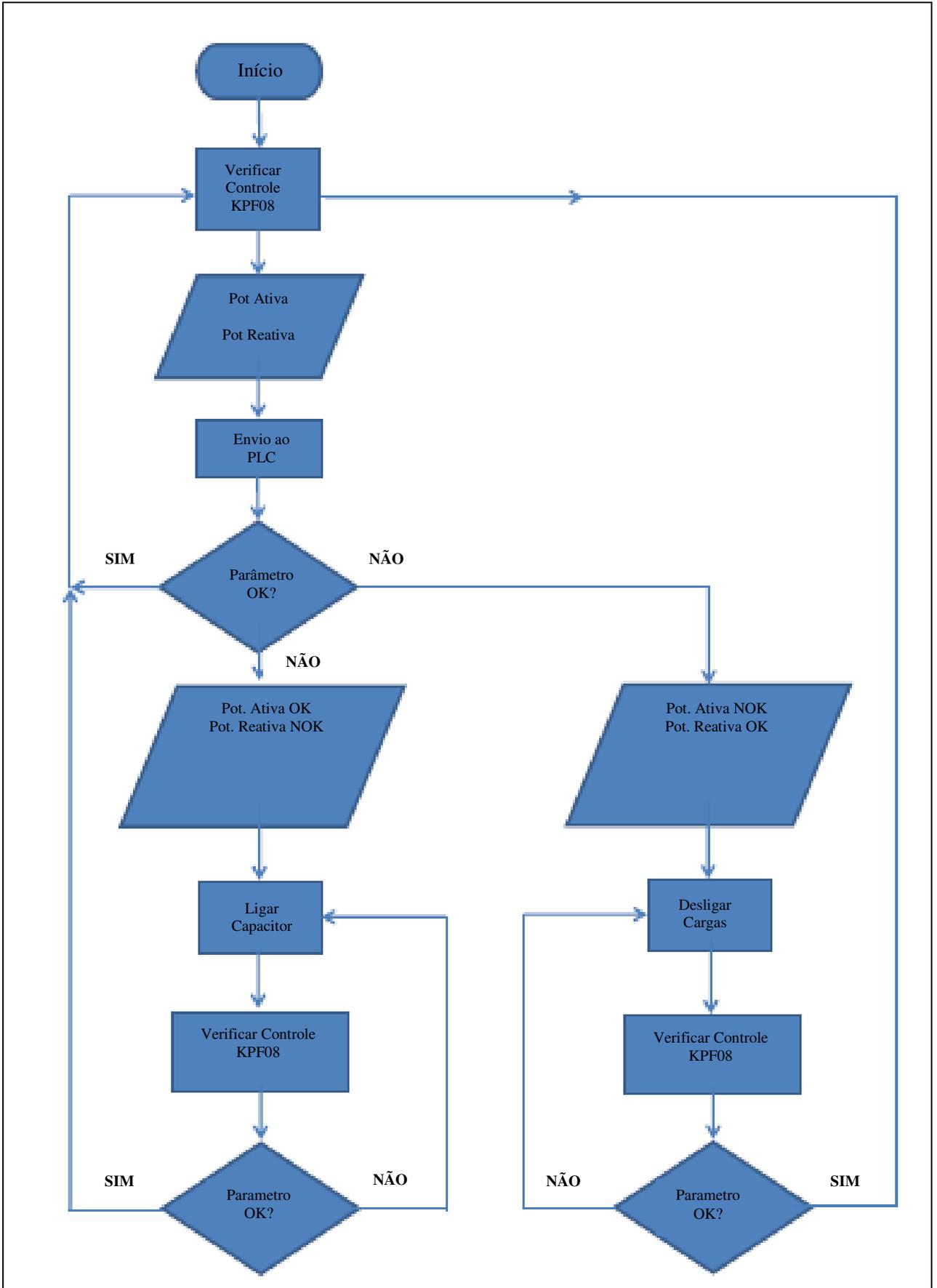


Figura 17– Fluxograma de Controle

4.1 – LISTA DE MATERIAIS PARA MONTAGEM DO PROTÓTIPO

Os equipamentos escolhidos para implementação do controlador de demanda ativa e reativa foram:

Tabela 4 - Lista dos Materiais.

Item	Descrição	Quantidade
01	Controlador KPF08 – Kron	01 un
02	CLP modelo Allen Bradley – Micrologix (1200 ou 1100)	01 un
03	Fonte chaveada para alimentação 4,5A - 4VDC/90-240VCA – Onrom - S8JX-G10024CD	01 un
04	HMI – Allen Bradley - Panelview 300	01 un
05	PC Pavillon dv7 – HP	01 un
06	Banco de Cargas	01 un
07	Cabo azul 1,5mm Pirelli Supersastic	03 metros
08	Cabo manga 9x26 AWG – Palha Frapa	02 metros
09	Cabo vermelho 1,5mm Pirelli Supersastic	07 metros
10	Canaleta rasgada com tampa 50x50 – Heladut	01 metros
11	Conector Mini Din 8 Pinos – CAC 60BV6	02 un
12	Placa MDF revestida com melanina - 64x60x10mm	01 un
13	Push button 10mm – CABY2LDB	07 un
14	Sinalizador verde MLB-F-3187415149-092012	08 un
15	Sinalizador vermelho – CA3PNJPZ	07 un
16	Disjuntor Bipolar – 20A – Schneider	01 un
17	Borne SAK2,5 – Conexxel	06 un

Fonte:Jonny, Paulo e Romualdo

5 - MONTAGEM DO PROTÓTIPO

O protótipo é composto pela instalação do multimedidor Kron, da IHM e do PLC em uma placa de montagem MDF. A figura 18 exibe da esquerda para a direita os equipamentos na respectiva sequência. A face frontal possui apenas o controle e as sinalizações do sistema.



Figura 18 – Painel com o multimedidor, o IHM e o CLP instalados e energizados

Na parte posterior, estão todas as conexões elétricas, conforme exibido na figura 19, a fiação de potência e sinalização possuem uma canaleta distinta e outra é específica para a rede de comunicação.

Para alimentação da IHM se faz necessário uma fonte de alimentação de 24Vcc, fixada atrás do PLC. Os demais equipamentos possuem seleção automática de voltagem.

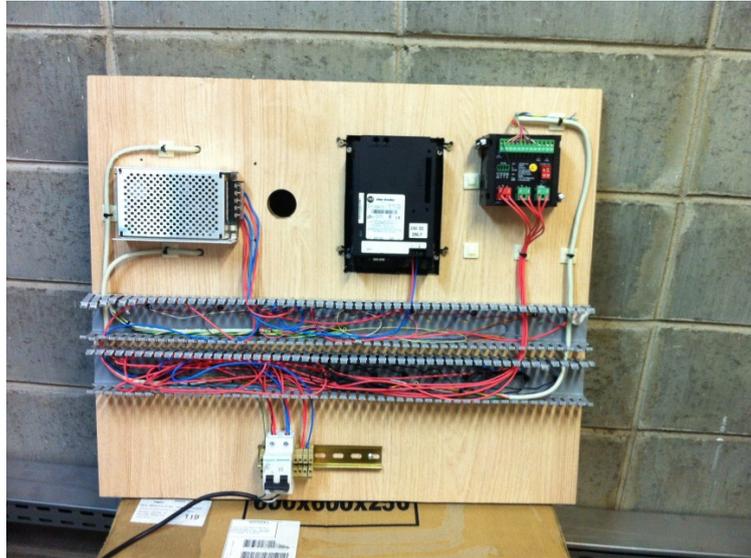


Figura 19 – Painel traseiro com as conexões elétricas instaladas

5.1–TESTES DE BANCADA

Após montagem do protótipo, programões do PLC micrologix 1100 e do controlador Kron, foram efetuados testes de funcionalidades.

6– FUNCIONAMENTO DO SISTEMA

São duas as arquiteturas utilizadas para a coleta de dados junto aos medidores: a arquitetura com rede de comunicação local ModBus e a arquitetura com protocolo TCP/IP, utilizando-se a internet ou intranet. Utilizamos a rede de comunicação local, aonde o equipamento de medição e o ponto de monitoramento são colocados numa mesma rede ModBus, configurados com um endereço que os identifica na rede e conectados por um par de fios. Desde modo o computador responsável pela aquisição dos dados coletará as informações do medidor e posteriormente enviar a IHM. Foi usado também um conversor RS232 para RS485, para que o PLC conecte-se a rede Modbus, conforme fig. 18.

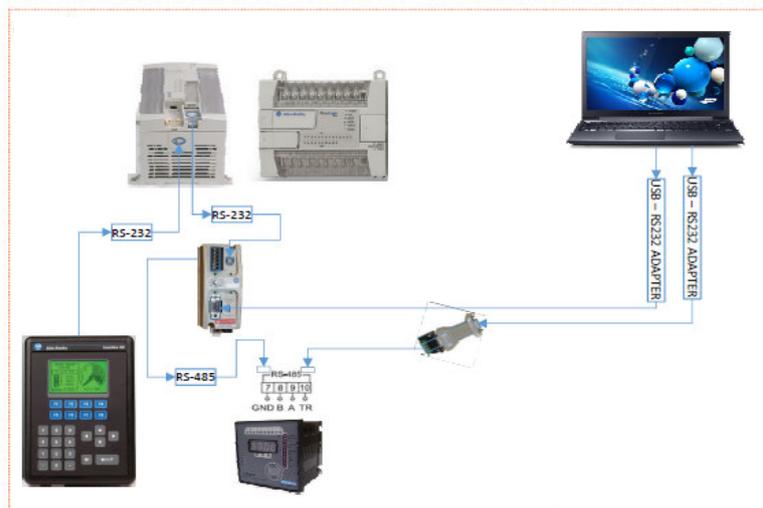


Figura 20 – Conexão Conversor RS-232 PLC + Medidor + Concentrador

6.1 - Funcionamento do Multimedidor

O controle do fator de potência, através das configurações dos parâmetros internos, supervisiona o $\cos \varphi$ e conforme a necessidade de adição de capacitância, estes serão incorporados à rede linearmente de 1 ao 8. Esta medição e controle é independente do sistema PLC/IHM. O KPF-8 envia os dados de tensão, corrente, fator $\cos \varphi$, potência ativa e aparente de acordo com a solicitação do PLC que irá fazer o gerenciamento das cargas improdutivas, permitindo que estas sejam ligadas ou interrompidas conforme o valor de demanda monitorado.

Em cada carga improdutiva, deverá ser instalado um relé de bloqueio que em estado de repouso, permitirá a partida da carga, pois deve estar ligado ao comando de desliga da respectiva carga, interrompendo a partida até a liberação do PLC (atendendo NR13).

6.2 - Funcionamento do PLC Micrologix (1200 ou 1100)

O PLC através dos valores coletados do medidor Kron, em uma lógica combinacional “ladder”, efetua a comparação dos valores de entrada com os de “set point”. A saída correspondente a carga um, dois, três, etc é ligada e o relé de bloqueio ativado. A partir deste momento a energia de comando é interrompida e a carga correspondente fica parada, fora do sistema, para não ultrapassar a demanda contratada.

6.3 - Funcionamento do IHM

Para o acompanhamento dos valores e “input” de “set point”, a IHM do sistema de medição auxilia na monitoração dos valores coletados no medidor, permitindo quais cargas poderão ser desligadas ou ligadas.

6.4 – Banco de Capacitores

Representando os capacitores do sistema elétrico, estão os sinalizadores verdes (leds), estes devem ser ligados quando o fator de potência estiver baixo, em ordem crescente, quando não for suficiente apenas um banco, é adicionado outro, e assim por diante.

Os sinalizadores vermelhos representam as cargas, inicialmente estarão todos desligados, ou seja, cada sinalizador representa um relé de bloqueio que ao ser energizado interrompe o funcionamento do equipamento. Quando o PLC recebe as informações do controle, processa e passa pela lógica implementada, a saída correspondente a carga 1, vai ser elevada para nível alto, energizando o sinalizador vermelho correspondente, neste momento a carga será desligada.

6.5 – Controle da Demanda

O valor da demanda contratada será inputado no PLC, e quando a condição de demanda estiver abaixo dos parâmetros, a saída do PLC será desligada (conforme tabela 3). Então, apaga-se o sinalizador (relé de bloqueio) e através de um pulso na entrada que está relacionada com a carga em operação, o PLC memoriza que a carga voltou a fazer parte do sistema.

7– EQUIPAMENTOS QUE COMPÕEM O PROTÓTIPO

Detalhamos a seguir, os principais equipamentos utilizado no projeto: Medidor Kron, IHM e o PLC.

7.1- MEDIDOR KRON



Figura 21 – Medidor KPF-8 – Modelo com 8 saídas para controle de bancos de capacitores, com ou sem comunicação serial. Fonte: Manual do Medidor KPF-8

7.1.1 - KPF Conceitos Básicos de RS-485 e RS-422

As normas RS-485 e RS-422 definem esquemas de transmissão de dados balanceados que oferecem soluções robustas para transmitir dados em longas distancias em ambientes ruidosos. Estas normas não definem qual o protocolo a ser utilizado para a comunicação dos dados, e são adotadas como especificação da camada física de diversos protocolos, como, por exemplo, *Modbus*, *Profibus*, *DIN-Measurement-Bus* e muitos outros.

Todos os aparelhos que possuem comunicação serial por barramento utilizam o padrão RS-485, devido as vantagens que o mesmo apresenta em ambientes industriais. Por ser amplamente difundido, e bem aceito em todas as partes do globo.

Enquanto a velocidade for relativamente baixa e as distâncias relativamente curtas, a influência da topologia da rede em seu desempenho não é significativa. Contudo, quando os efeitos de linhas de transmissão começam a aparecer, há apenas uma topologia simples que permite gerenciar estes efeitos: a *Daisy chain*.

Tanto a RS-422 quanto a RS-485 especificam um comprimento máximo de 1200 metros para os cabos de comunicação. A velocidade máxima de comunicação (em bits por segun-

do-bps) depende de características dos equipamentos instalados, da capacitância dos cabos de comunicação e dos resistores determinação instalados. Como regra geral quanto mais longo os cabos, menor deve ser a velocidade de comunicação.

7.1.2 – KPF-8 Seleção correta do esquema de ligação

O primeiro passo é selecionar corretamente qual o tipo de ligação a ser adotado. Em toda linha Mult-K, o tipo de ligação pode ser programado via painel frontal (caso do Multimetro Mult-K) ou interface RS-485.

Tabela 5 –Esquema de ligação do KPF-8.

Esquema	TPs	TCs	Aplicação
00	3	3	Trifásico Estrela (3F + N)
01	2	2	Bifásico (2F + N)
02	1	1	Monofásico (1F + N)
03	1	1	Trifásico Estrela Equilibrado (3F + N)
48	2 ou 3	3	Trifásico Delta (3F)
49	2 ou 3	2	Trifásico Delta aberto (3F)

Fonte:Manual da Kron (KPF-8)

7.1.3 - Fator de Potência

O fator de potência é definido pela razão entre potência ativa (W) e potência aparente (VA) e é medido pelos instrumentos e comparado com os valores ajustados previamente, a fim de prover a compensação necessária, administrando a entrada e saída dos bancos de capacitores.

7.1.4 - Princípio de Funcionamento

O funcionamento dos controladores de fator de potência é baseado na medição dos sinais de corrente e tensão do circuito trifásico no qual devem atuar os bancos de capacitores. A partir dessas medições o instrumento calcula qual (is) estágio de controle dos bancos de capacitores devem ser ligados para que o valor de $\cos \phi$ previamente ajustado seja atingido. Essa compensação leva em consideração a quantidade de acionamentos e o desgaste de cada banco, a fim de equilibrar a utilização dos mesmos no sistema.

7.1.5 - Interface Serial

- ✓ Tipo: RS-485 a 2 fios;
- ✓ Velocidade: 1200, 2400, 4800, 9600, 19200 ou 38400bps (configurável);
- ✓ Paridade: *None, Odd e Even*;
- ✓ Endereço: 1 a 247 (configurável);
- ✓ Protocolo: MODBUS-RTU;
- ✓ Software: Rede MB5 (envio dados 8N1, 8N2, 8E1 ou 8O1);
- ✓ Cabo: Para a RS-485 deve sempre ser utilizado cabo blindado, com no mínimo duas vias, secção mínima de 0,25mm² e impedância característica de 120 ohms.

7.1.6 - Contatos

O instrumento contará com 8 (**KPF08**) ou 12 (**KPF12**) contatos para controle dos bancos de capacitores.

- ✓ Tipo: contato seco (NA);
- ✓ Nível de Tensão: até 250 V c.a.
- ✓ Nível de Corrente: até 3 A c.a.

7.1.7 - Relé para Alarme

- ✓ Quantidade: 1
- ✓ Alarmes relacionados: Sobretensão; THD de Tensão; Limite da razão entre Ind/Cap

7.1.8 - Relé para Ventilação

- ✓ Quantidade: 1
- ✓ Alarmes relacionados: Temperatura

7.1.9 - Esquemas de Ligação

Basicamente, o controlador de fator de potência trifásico KPF-8 pode ser utilizado seguindo o modelo de instalação abaixo:

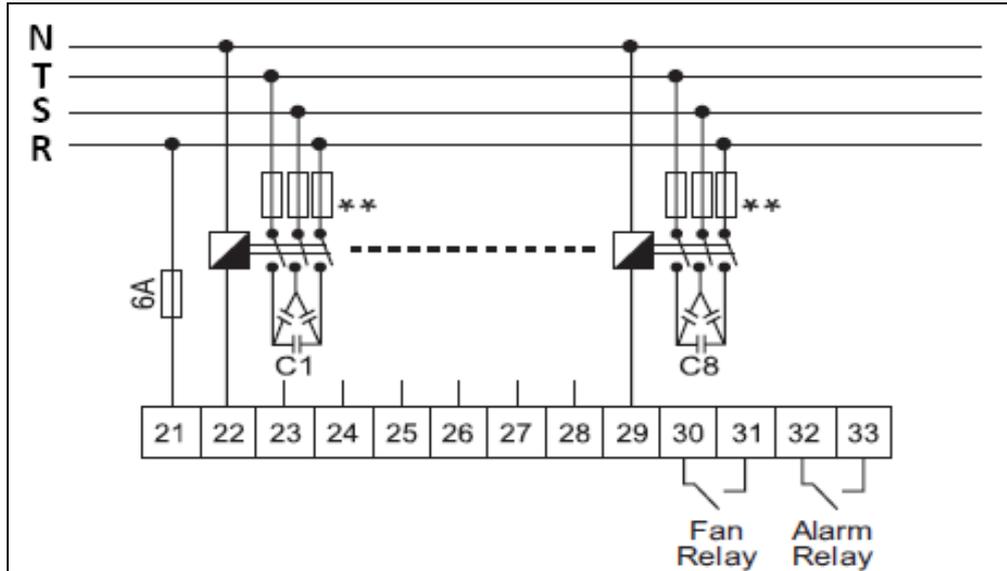


Figura 22– Esquema de ligação do medidor KPF-8

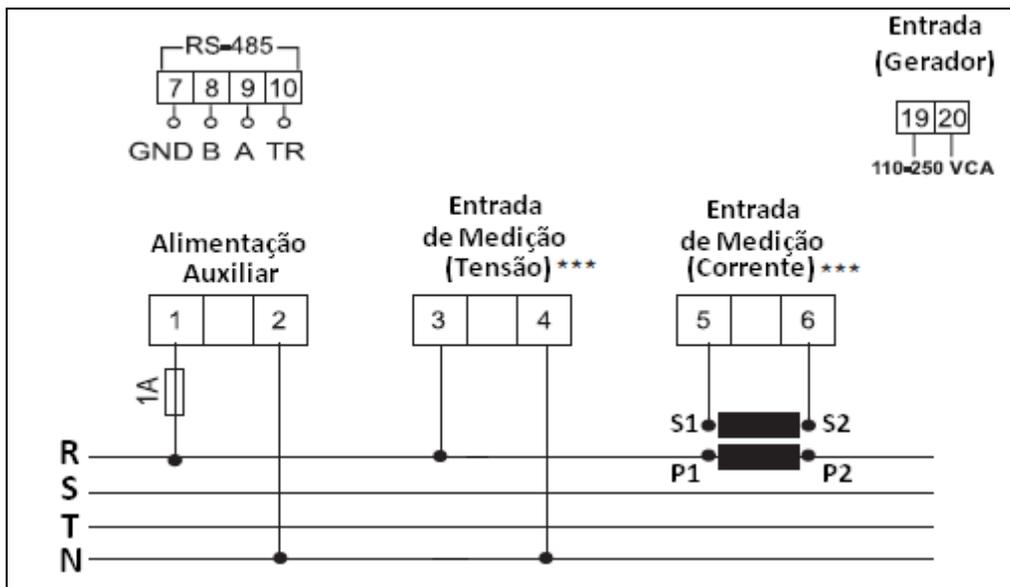


Figura 23– Diagrama de proteção, alimentação e entradas do medidor KPF-8

É altamente recomendável a instalação de disjuntores ou fusíveis automáticos entre a rede elétrica e o KPF-8. Os disjuntores devem estar nas proximidades do controlador. Todos os fusíveis devem ser do tipo FF (atuação rápida).

7.1.10 - KPF-8 Modos de Operação e Programações

O KPF-8 possui dois modos de operação:

Automático: Modo principal do instrumento, dependente da programação feita. São 10 programações disponíveis, divididas em 3 grupos:

Linear (P-01): No modo linear o instrumento sempre segue a ordem de estágios (Ex: 1,2,3,4..8) para entrada e saída dos bancos.

Rotacional (P-02 a P-09): No grupo rotacional os valores dos estágios de controle dos bancos seguem seqüência baseada em aumento de kVar (do menor para o maior). Dentro de uma determinada programação, o controlador seleciona qual dos estágios, entre estágios de **mesmo valor**, deve ser utilizado no momento (rotação sentido horário). Isso é feito para que o tempo de operação dos bancos seja bem distribuído.

Customizável (P-10): Nesse grupo não é necessário seguir lógica pré-definida. O instrumento pode selecionar automaticamente a melhor combinação de bancos para atuação de acordo com a necessidade de controle e tempo de operação dos estágios ou seguir uma ordem determinada pelo usuário. Pode também, ao utilizar a função de Auto Ajuste, calcular os valores de potência reativa de cada estágio capacitivo presente e acionar o(s) necessários para a correção. No grupo customizável ainda é possível programar qualquer um dos estágios como inativo ou sempre ativo e também programar os valores para qualquer um dos estágios selecionados.

MANUAL: Modo de teste, no qual há a possibilidade de ativar ou desativar as saídas a relé que controlam os bancos. Após 5 minutos de inatividade, o instrumento estando no modo Manual retornará ao modo Automático.

7.1.11 – Protocolo Modbus do KPF-8

Exemplo de Leitura;

Endereço do slave: 1

Função: 3

Registro inicial para leitura: 1000 (Valor em Hexadecimal)

Quantidade de Registros: 2

String a ser enviado pelo mestre:

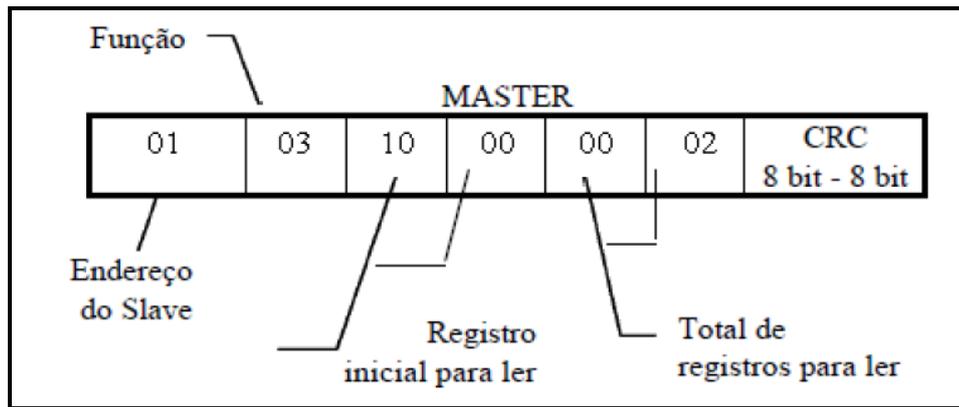


Figura 24– String a ser enviado ao KPF-8 – Fonte: Manual do Protocolo Modbus do KPF-8

Resposta:

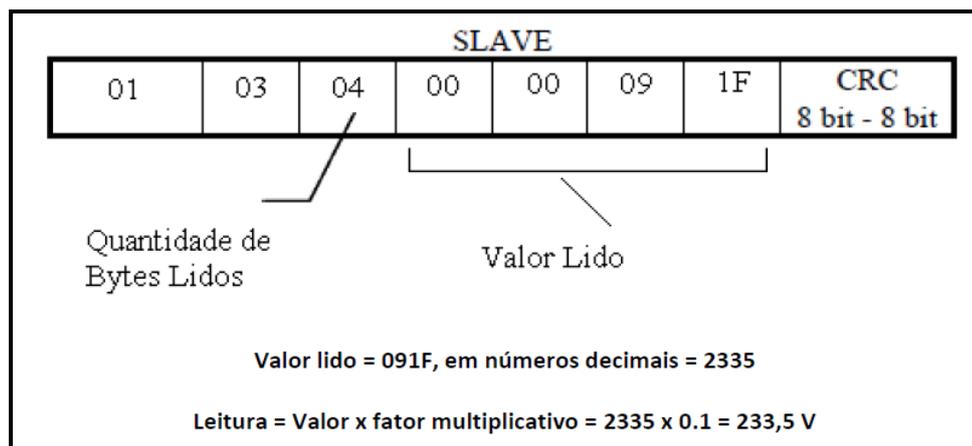


Figura 25– String resposta do escravo – Fonte: Manual do Protocolo Modbus do KPF-8

7.2 - IHM – PANELVIEW 300 ALLEN-BRADLEY



Figura 26 – Panelview para interfaces eletrônicas. Fonte: Manual do IHM Allen Bradley.

O IHM possui interfaces modular DH-485 (data highway) e RS-232

7.2.1- Software do IHM (Programa)

Panelbuilder 32 (Baseado em Windows) – suporte extensivo ao Controllogix, RSLogix

7.3 - PLC/CLP – MICROLOGIX ALLEN-BRADLEY - 1200 ou 1100

7.3.1 - PLC/CLP entradas e saídas (E/S)

O MicroLogix 1200 fornece E/S discreta que é incorporada ao controlador como listado na tabela seguinte:

Tabela 6 - Entradas e Saídas na comunicação entre o controlador KPF-8 eo PLC/CLP (MicroLogix 1200).

Familia do Controlador		Entradas		Saídas	
		Quantidade	Tipo	Quantidade	Tipo
Controladores MicroLogix 1200	1762-L24BWA	14	24 Vcc	10	relé
	1762-L24AWA	14	120 Vca	10	relé
	1762-L24BXB	14	24 Vcc	10	5 relés 5 FET
	1762-L40BWA	24	24 Vcc	16	relé
	1762-L40AWA	24	120 Vca	16	relé
	1762-L40BXB	24	24 Vcc	16	8 relés 8 FET
Unidades Base MicroLogix 1500	1764-24BWA	12	24 Vcc	12	relé
	1764-24AWA	12	120 Vca	12	relé
	1764-28BXB	16	24 Vcc	12	6 relés 6 FET

Fonte:Manual do Controlador MicroLogix1200

7.3.2 - PLC/CLP memória

O Controlador MicroLogix 1200 suporta 6 K de memória. A memória pode ser usada por arquivos de programa e arquivos de dados. O uso máximo da memória de dados são palavras de 2 K, como mostrado abaixo:

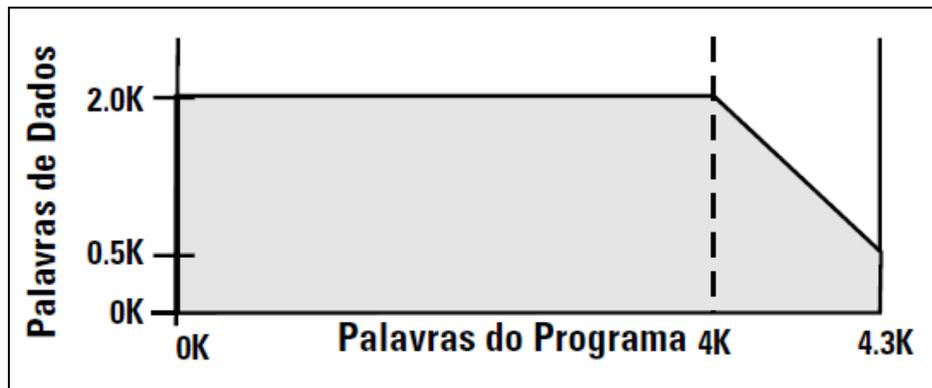


Figura 27– Capacidade de memória de dados do controlador ou PLC/CLP MicroLogix 1200

7.3.3 - Requisitos de Software

- ✓ *Microsoft Windows 2000 or up*
- ✓ *Windows XP (Service Pack 2)*
- ✓ *Windows Server 2003 (com ou sem Service Pack 1)*
- ✓ *Windows Server 2003 R2*
- ✓ *RSLogix 500 relies on RSLinx Classic™ communication software, version 2.51.00 or later. One copy of the RSLinx Classic Lite software is included with the RSLogix 500 software.*

8 - CONSIDERAÇÕES

Com este trabalho enfatizamos a importância da implantação de um sistema de gerenciamento de energia elétrica para as empresas fabris, de médio e grande porte. Com relação às diversas recomendações por parte das concessionárias, destaca-se a não-ultrapassagem da demanda de potência e por isso a necessidade de manter a mesma em seus limites estabelecidos.

A possibilidade de redução da demanda ativa, fazendo-se uma seleção adequada das cargas a serem retiradas, permite que se trabalhe dentro dos níveis aceitáveis de fator de potência, de modo a não ser multado pelo excesso de demanda reativa, o que torna fundamental a utilização de controladores inteligentes.

Através do controlador de fator de potencia e demanda Kron – modelo KPF-8, foi realizado o monitoramento da energia da rede, após a unidade de medição da empresa/consumidor e o mesmo mostrou-se eficaz na medição através da relação tensão x corrente em uma das fases, e neste caso, a fase R. Foi adotado protótipo uma corrente máxima de 5A, porém, numa implementação industrial, faz-se necessário o uso de TC's / TP's para manter a relação mais adequada (50:1).

O controle do sistema de energia (potência, consumo, demanda, fator de potência), favorece a competitividade das indústrias, devido ao não pagamento de multas indesejadas. Desta forma, a implementação deste sistema justifica o custo x benefício do investimento.

Durante a elaboração deste trabalho, a Resolução Normativa 563/2013 (Jul 2013) modificou a abrangência na aplicação do fator de potência para faturamentos dos excedentes de reativos de unidades consumidoras, alterando a 414/2010, porém sem prejuízos ao conteúdo deste trabalho de conclusão de curso.

9 – TRABALHOS FUTUROS

Para efeito de melhoria futura do projeto, pode-se utilizar um aplicativo supervisor tal como Labview, Scada ou Elipse, para expansão do controle, pois este supervisor permite avaliar mais variáveis de consumo e qualidade de energia. Tudo isso em tempo real, interligando o sistema em uma rede Ethernet, permitindo a coleta e configurações remotas, além da geração de relatórios e base estatística do monitoramento.

Outra sugestão, seria a implementação de um sistema sms para envios de alertas e controles à distância (remoto).

O PLC/CLP deve ser programado para simular uma janela de medição deslizante com largura de T min. Sempre que houver uma ultrapassagem da demanda máxima consumida, ime-

diatamente, o PLC deve desligar uma ou mais cargas. Essas cargas só poderão voltar a serem ligadas se houverem condições de não ultrapassagem da demanda máxima contratada e após um certo tempo pré-definido. Essa providência evita o contínuo desligamento e religação de uma única carga. Também pode ser interessante prever um sistema rotativo de cargas de modo que não seja sempre a mesma carga a ser ligada e desligada. Também é conveniente estipular uma saída do PLC para servir de alarme para a situação em que mesmo com todas as cargas programadas desligadas a demanda ainda permaneça acima da linha da contratada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, J. C. O; OLIVEIRA, M. A. G. Sistema de Gerenciamento do Consumo e da Qualidade de Energia Elétrica. Brasília/DF: XV Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica – SENDI, 2002. 6p.

Disponível em:http://www.gsep.ene.unb.br/producao/marco/send_i_2002.pdf

Acesso em: 11 Maio 2013

AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA -ANEEL. Resolução nº. 456. [S. I.]: 29 de novembro de 2000. Disponível em www.leffa.pro.br/textos/abnt.htm CELPE., Estrutura Tarifária. Pernambuco: CELPE,s/data

Disponível em: <http://www.celpe.com.br>

Acesso em: 27 Abril 2013

CEMIG., Estrutura Tarifária. [Minas Gerais] CEMIG,s/data.

Disponível em:<http://www.cemig.com.br/Atendimento/>.aspx>.

Acesso em: 27 Abril 2013

CPFL., Controle de Demanda. [Piratinga -São Paulo] CPFL

Disponível em: <http://www.cpfl.com.br/>

Acesso em: 26 Abril 2013

ENGECOMP Tecnologia em Automação e Controle Ltda. [S.I.] ENGECOMP, s/data.

Disponível em:<http://engecomp.com.br>

Acesso em: 11 Maio 2013

Gerenciamento de Energia. São Paulo: CCK, s/data.

Disponível em:<http://www.cck.com.br/>

Acesso em: 16 Jun 2013

MATHEUS, H. Controle de Demanda. Cuiabá/MT:Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT, 2003.32 p. (Trabalho de Conclusão de Curso)

Disponível: <http://www.ejm.com.br/download/Demanda.pdf>

Acesso em: 08 Junho 2013

OZUR, Fernando Silva et al. Controle de Demanda de Energia Elétrica

Exacta, 2011, 4 p.

SUPPA M.R., Como funciona um controlador de demanda. São Paulo: CCK, s/data. Dispo-

nível em:<http://www.cck.com.br/>

Acesso em: 23 Setembro 2013

SUPPA M.R., Evolução do Controle de Demanda de Energia Elétrica no Brasil. São Paulo: CCK, s/data.

Disponível em:<http://www.cck.com.br/>.

Acesso em: 14 Setembro 2013

SUPPA M.R., O Controle da Energia Elétrica na Nova Economia. São Paulo: CCK, s/data.

Disponível em:<http://www.cck.com.br/>

Acesso em: 18 Novembro 2013

SUPPA, M.R., TERADA, M.I. Artigo Comparativo entre métodos de controle de demanda: qual o mais eficiente para o usuário nacional . São Paulo:GESTAL, s/d.
Disponível em:<http://www.gestal.com/new>
Acesso em: 16 Maio 2013

SIBRATEC - Multimeditores
Disponível em : <http://www.sibratec.ind.br/>
Acesso em: 16 Agosto 2013

SIMÕES COSTA, A. J. A.; FREITAS, F. D.; SILVA, A. S.; 1997. Design of Decentralized Controllers for Large Power Systems Considering Sparsity. *IEEE Trans. on Power Systems*, 1997(12):144-152.

SIMÕES COSTA, A.J.A.; SALGADO, R.; 2002. Análise de Segurança em Sistemas Elétricos de Potência

O que é controle preditivo adaptativo?
Disponível em:www.gestal.com
Acesso em: 03 Setembro 2013

Rockwell Automation
Disponível em: www.software.rockwell.com
Acesso em: 08 Agosto 2013

Eletrica Informação
Disponível em :www.eletrica.info
Acesso em 04 Agosto 2013