



PAULO ROBERTO SOUSA LARA

**SISTEMA AUTOMÁTICO DE CORREÇÃO DE FATOR DE
POTÊNCIA PARA UM LATICÍNIO**

LAVRAS – MG

2019

PAULO ROBERTO SOUSA LARA

**SISTEMA AUTOMÁTICO DE CORREÇÃO DE FATOR DE POTÊNCIA PARA UM
LATICÍNIO**

Trabalho de Conclusão de Curso em forma de relatório técnico apresentado à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia de Controle e Automação, para a obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Wilian Soares Lacerda

Orientador

LAVRAS – MG

2019

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Lara, Paulo Roberto Sousa.

Sistema automático de correção de Fator de Potência para um laticínio / Paulo Roberto Sousa Lara. - 2019.

34 p.

Orientador(a): Wilian Soares Lacerda.

TCC (graduação) - Universidade Federal de Lavras, 2019.
Bibliografia.

1. Banco de Capacitores. 2. Fator de Potência. 3. Automação. I. Lacerda, Wilian Soares. II. Título.

PAULO ROBERTO SOUSA LARA

**SISTEMA AUTOMÁTICO DE CORREÇÃO DE FATOR DE POTÊNCIA PARA UM
LATICÍNIO**

AUTOMATIC POWER FACTOR CORRECTION SYSTEM FOR A DAIRY

Trabalho de Conclusão de Curso em forma de relatório técnico apresentado à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia de Controle e Automação, para a obtenção do título de Bacharel.

APROVADA em de novembro de 2019.

Prof. Dr. Thomaz Chaves de Andrade Oliveira UFLA

Eng. Alberto Carlos de Oliveira Andrade UFLA

Prof. Dr. Wilian Soares Lacerda

Orientador

LAVRAS – MG

2019

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por essa conquista na minha vida, sem a presença e a força dele nada disso seria possível.

A Universidade Federal de Lavras, pela oportunidade de cursar uma graduação em uma das melhores universidades do Brasil

Aos meus pais Cristina e João Lara pelo amor e carinho imensurável, sempre me apoiando e me dando sábios conselhos nos momentos mais importantes e mais difíceis dessa jornada. Ao meu irmão Marcos e todos familiares por toda amizade e apoio durante esse tempo.

Ao professor Wilian Soares pela orientação, apoio e disposição para ajudar.

Aos amigos de república por toda a cumplicidade nesse tempo, por todos os momentos vividos, farras, alegrias, tristezas que passamos juntos, especialmente ao Jonhy, que foi igual um irmão para mim.

Aos meus amigos de curso, Alisson Dominghetti, Betão, Breno e tantos outros por todo o companheirismo, todo o aprendizado e amizade que ficarão pra sempre guardados na memória.

Aos amigos do estágio, por toda paciência, toda orientação e todos os ensinamentos, especialmente ao Lucas, e ao Senhor Aldo pela oportunidade.

Muito obrigado!

RESUMO

O trabalho a ser apresentado busca uma análise na experiência técnica de estágio do curso de Engenharia de controle e automação. É considerado uma complementação do curso, que tem como finalidade uma maior aproximação do aluno com o ambiente que ele encontrara no mercado de trabalho. Outro fator importante apresentado no trabalho, é a aplicação do conhecimento adquirido dentro da sala de aula, maioria das vezes de uma forma teórica, em aplicações práticas, que serviram para uma visão mais ampla do caso a ser estudado. Tal trabalho tem como objetivo descrever as atividades realizadas durante o período do estágio na Oficina Sbampato. O problema escolhido em questão é de um banco de capacitores, usado para diminuir o fator de potência em uma fábrica de Laticínios. Ao executar tal atividade, foram utilizados vários processos, desde a parte do estudo do caso, o dimensionamento do banco de capacitores, a montagem e pôr fim a instalação do mesmo.

Palavras-Chave: Banco de capacitores, montagem, fator de potência.

ABSTRACT

The work to be presented seeks an analysis of the technical experience of the control and automation engineering course. It is considered a complement to the course, which it uses as a closer approximation of the student with the environment he finds in the job market. Another important factor presented in the work, is an application acquired within the classroom, most often a theoretical form, in practical applications, which serves for a broader view of the case under study. Such work aims to describe how activities performed during the internship period at Sbampato Workshop. The chosen problem in question is a capacitor bank, used to lower the power factor in a dairy factory. In performing this activity, various processes were used, from part of case study, or capacitor bank sizing, assembly and installation of the same.

Keywords: Capacitor bank, mounting, power factor.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Oficina Sbampato	09
Figura 2: Contator	13
Figura 3: Disjuntor	14
Figura 4: Barramentos	14
Figura 5: Capacitor	15
Figura 6: DPS trifásico	16
Figura 7: PFW01	16
Figura 8: Triângulo de potências	17
Figura 9: Smart Meter-T	21
Figura 10: Diagrama de Potência do Banco de Capacitores parte 1	24
Figura 11: Diagrama de Potência do Banco de Capacitores parte 2	25
Figura 12: Banco de capacitores (potência)	25
Figura 13: Diagrama de Comando do Banco de Capacitores parte 1	27
Figura 14: Diagrama de Comando do Banco de Capacitores parte 2	27
Figura 15: Diagrama de Comando do Banco de Capacitores parte 3	28
Figura 16: Banco de capacitores (comando)	28

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
	1.1 Sobre a empresa	9
	1.2 Processos de produção da empresa	10
	1.3 Objetivos	11
	1.4 Estrutura textual	11
2	REFERENCIAL TEÓRICO	12
	2.2 Contatores	12
	2.3 Disjuntores	13
	2.4 Barramentos	14
	2.5 Capacitores	15
	2.6 DPS	16
	2.7 PFW01	16
	2.8 Potência ativa e reativa	17
	2.8.1 Fator de Potência	18
	2.8.2 Conseqüências e causas do baixo fator de potência	19
	2.8.3 Métodos para corrigir o fator de potência	19
	2.8.4 Benefícios conseguidos com a correção do fator de potência	20
3	METODOLOGIA	21
	3.1 Medição do valor do fator de potência	21
	3.2 Especificações e dimensionamento do banco de capacitores	22
	3.3 Montagens do banco de capacitores	23
	3.4 Montagens dos comandos e automatização do banco de capacitores	26
	3.5 Instalação e precauções	29
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
5	CONCLUSÃO	31
	REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO	32
	APENDICE A	34

1 Introdução

O trabalho trata-se de um relatório técnico, desenvolvido por meio da experiência adquirida durante o período do estágio. Procurando um melhor entendimento do trabalho realizado, e apresentando uma breve descrição das atividades da empresa em questão, como o processo de fabricação de seus painéis de acionamento e controle de diversas áreas, os processos serão apresentados ao decorrer do capítulo.

1.1 Sobre a empresa

A Oficina Sbampato demonstrada na Figura 1 é uma empresa do ramo da elétrica, com mais de 30 anos de história, com sede própria em São João Del Rei, Minas Gerais. A empresa é voltada para a parte de manutenção de motores trifásicos e monofásicos de indução, montagem e manutenção de painéis elétricos, instalação elétrica em empresas de médio e grande porte, desde o projeto até a montagem em campo, entre outros

O estágio foi realizado entre os dias 24/01/2019 e 04/05/2019 com início às 8 horas e término às 15 horas, foi realizado na parte de projetos e manutenção de painéis elétricos, auxiliando nos projetos, desde o dimensionamento, desenhos no AutoCAD, montagem, manutenção e instalação.

Figura 1: Oficina Sbampato



Fonte: do autor.

1.2 Processos de produção da empresa

A oficina Sbampato trabalha no ramo da elétrica; onde o seu forte é a manutenção de motores de indução, tanto mono como trifásicos. Neste departamento da empresa, motores que muitas vezes são levados por clientes para que possam fazer a manutenção do mesmo, em muitos casos, é constatado que o defeito do motor está em um rolamento quebrado, platinado colado, ou até mesmo um capacitor queimado. Nestes casos são substituídas as peças com defeito por outras em perfeitas condições, para que o motor volte ao seu perfeito estado de funcionamento.

Quando é constatado que o motor está queimado, é feito o seu rebobinamento, processo no qual é trocado todas suas bobinas (fios) de cobre por outra bobina nova, tudo devidamente calculado e projetado, como a espessura do fio, quanto a quantidade de voltas de cada bobina, seja as auxiliares como as de serviço. Depois disso, o motor retorna a seu funcionamento normal, sem perdas de potência e nem o aumento de sua corrente de partida, por ser tudo calculado e projetado conforme o fabricante.

Outra área de atuação da empresa é a montagem de painéis elétricos, onde são na maioria das vezes utilizados para acionamentos de motores, monitoramento de algum processo específico, acionamento de iluminação, partida estrela – triângulo de motores, banco de capacitores tudo conforme o pedido do cliente.

Para que isso tudo ocorra, é necessário um estudo, onde são realizadas visitas técnicas para poder analisar e dimensionar o projeto; os dados coletados em campo são levados a empresa para que possa fazer um melhor dimensionamento, tanto no tamanho do painel a ser utilizado, como nas bitolas dos cabos que variam de acordo com a corrente, como os componentes a ser utilizado no mesmo. Depois de todo esse processo finalizado e do painel testado, técnicos são deslocados para as empresas contratantes para que possam fazer a instalação dos mesmos.

1.3 Objetivos

O objetivo do projeto é a construção de um banco de capacitores para correção do fator de potência, colocando em prática os conhecimentos adquiridos em sala de aula e no estágio, pois um fator de potência mal corrigido gera multas altas da concessionária sobre o cliente. Outro aspecto importante dessa seção se refere ao tempo de execução de todo o processo, devido às multas serem muito altas, foi solicitado pelo cliente um prazo máximo de 10 dias para a execução do mesmo.

Esse projeto teve como um dos principais objetivos, o seu auto-funcionamento, para isso foi instalado controlador programável, onde trabalha sem o auxílio de um operador presente, reduzindo assim mais os custos de operação.

1.4 Estrutura textual

No texto a seguir, são abordados os elementos utilizados no projeto, primeiramente é demonstrado um pouco sobre cada componente utilizado no processo de fabricação, suas características e suas finalidades. Em seguida são apresentados conceitos teóricos aprendidos em sala de aula e usados no desenvolver do projeto.

A próxima etapa corresponde ao desenvolvimento do projeto, que vai desde o estudo de campo, cálculos realizados para o dimensionamento correto, desenhos de diagramas de potência e comando, escolha dos componentes. O próximo passo realizado já é em âmbito prático, constitui na montagem do painel, instalação do controlador programável, testes na oficina e por fim a instalação.

Em seguida está detalhado todo o resultado obtido, que vai desde diminuição da energia reativa, o aumento do valor de potência, e a inexistência da cobrança da multa por parte da concessionária. Por fim a conclusão, que está detalhada todos os desafios encontrados, a ligação do estágio com o curso de graduação, entre outros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção serão abordados os principais conceitos utilizados durante o período do estágio, desde equipamentos até componentes utilizados para a realização e execução dos projetos.

O setor que será mais abordado se refere ao projeto realizado no estágio em questão, que é o banco de capacitores, porém será apresentado um breve conteúdo sobre os outros conceitos utilizados na empresa.

2.2 Contatores

Contatores são dispositivos eletromecânicos que permitem o acionamento de cargas de correntes maiores, como os motores trifásicos por exemplo. Possuem uma bobina, um núcleo e um conjunto de contatos de força e de comando. Essas partes, em conjunto, são responsáveis pelo funcionamento do dispositivo graças ao eletromagnetismo (EDISCIPLINAS).

Eles funcionam como interruptores para os equipamentos de maior potência, garantindo assim uma maior vida útil aos equipamentos e permitindo também que sejam controlados a distância. Desse modo, os contatores conferem mais segurança e facilidade de manuseio de equipamentos que podem apresentar algum perigo ao operador.

Existem contatores com diversos tipos de contato:

- Contatos normalmente abertos (NA): permanecem sempre na posição aberta, e é fechado quando acionado, permitindo a passagem de corrente.
- Contatos normalmente fechados (NF): permanecem sempre na posição fechada, e é aberto quando acionado, obstruindo a passagem de corrente.
- Contatos comutadores: possuem as duas funções no mesmo contato, são empregados para comutar entre diferentes partes de um circuito.

A Figura 2 representa um contator da WEG:

Figura 2: Contator



Fonte: WEG.

2.3 Disjuntores

São componentes muito comuns e muito utilizados nos quadros de distribuição residenciais utilizados principalmente como elemento de proteção e seccionamento de circuitos.

O disjuntor é comumente utilizado como substituto do fusível, pois uma das vantagens sobre o fusível é que não é descartável. Após serem desarmados, os disjuntores podem ser rearmados diversas vezes para que assim haja a continuação do funcionamento do circuito. Já o fusível, é descartável após seu rompimento.

O disjuntor é um dispositivo mecânico com a função de um interruptor com desarme automático, que é acionado quando o mesmo recebe uma corrente de sobrecarga ou curto-circuito (WEG,2013). Foi desenvolvido com o intuito de proteger os elementos existentes no circuito caso ocorra uma corrente de pico maior que o limite suportado pelo mesmo. Entre os principais tipos de disjuntores estão os térmicos, magnéticos e termomagnéticos.

Figura 3: Disjuntor



Fonte: WEG.

2.4 Barramentos

São barras maciças, geralmente fabricadas usando cobre eletrólito como visto na Figura 4, que ajudam na condução de correntes elétricas em instalações fixas. São bastante requisitados em painéis elétricos e em instalações que transportam grandes quantidades de corrente elétrica.

Figura 4: Barramentos



Fonte: Mceig.

2.5 Capacitores

Capacitores são elementos reativos que reagem à passagem de corrente através do acúmulo de cargas elétricas, ou seja, o capacitor é capaz de armazenar energia eletrostática. Os mais comuns são construídos por duas placas condutivas (metálicas), separadas por um material dielétrico (material isolante).

O princípio de funcionamento acontece quando uma tensão elétrica é aplicada entre suas placas condutoras, conhecidas como “armaduras” (MUNDO DA ELÉTRICA, 2000). Um lado da armadura condutora armazena cargas positivas, o outro lado armazena cargas negativas. As cargas são acumuladas de igual modo, balanceado, tanto cargas negativas quanto as positivas possuem o mesmo valor em módulo.

O material dielétrico utilizado para isolar as placas geralmente dá o nome ao capacitor (cerâmica, poliéster, mica e etc.). Podemos dizer que a principal função de um capacitor é acumular cargas elétricas em um circuito para posteriormente descarregar estas mesmas cargas.

A Figura 5 representa um capacitor, esse modelo trifásico é o mesmo usado nesse trabalho.

Figura 5: Capacitor trifásico.



Fonte: WEG.

2.6 DPS

Dispositivos de proteção contra surtos (DPS) são equipamentos desenvolvidos com o objetivo de detectar sobre tensões transitórias na rede elétrica e desviar as correntes de surto (CLAMPER,2016). A Figura 6 representa um DPS trifásico.

Figura 6: DPS trifásico



Fonte: Clamper.

2.7 PFW01

O PFW01 é um controlador automático de fator de potência compacto, que além de eliminar ou diminuir multas e perdas em seu sistema por baixo fator de potência permite a supervisão de instalações elétricas (WEG,2013). A Figura 7 representa o PFW01, podemos observar as suas teclas, utilizadas para fazer a programação do valor de potência desejado, outro detalhe é a indicação dos valores de tensão e corrente no display.

Figura 7: PFW01



Fonte: WEG.

2.8 Potência ativa e reativa

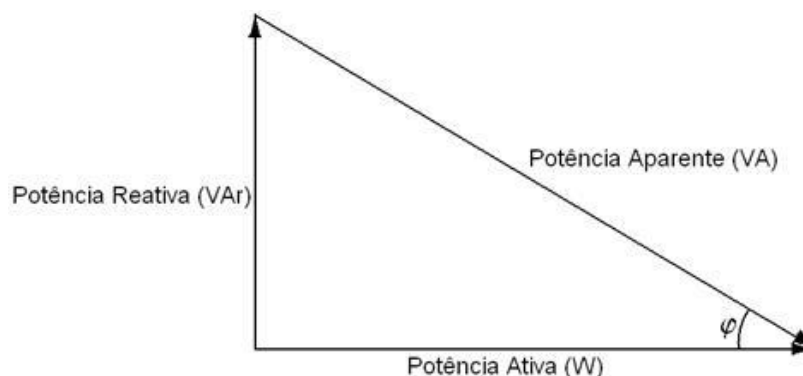
A maioria das cargas das unidades consumidoras consome energia reativa indutiva, tais como: motores, transformadores, fornos de indução entre outros (FILHO,2007). As cargas indutivas necessitam de campo eletromagnético para seu funcionamento, por isso sua operação requer dois tipos de potência:

- Potência ativa: potência que efetivamente realiza trabalho gerando calor, luz, movimento. É medida em KW.
- Potência reativa: usada apenas para criar e manter os campos eletromagnéticos das cargas indutivas. É medida em kVAr.

Desse modo, enquanto a potência ativa é consumida na execução de trabalho, as potências reativas, além de não produzir trabalho, circulam entre a carga e a fonte de alimentação, ocupando um espaço no sistema que poderia ser usado para fornecer mais energia ativa.

A potência ativa e a potência reativa constituem a potência aparente, medida em KVA (quilo volt Ampere), que nada mais é que a potência total gerada e transmitida a carga (FILHO,2007). A Figura 8 é utilizada para mostrar graficamente a relação entre as três potências, também conhecida como “triângulo de potências”.

Figura 8: Triângulo de potências



Fonte: WEG.

2.8.1 Fator de Potência

Fator de potência é a razão entre a potência ativa e a potência aparente de qualquer instalação (COPEL,2012). O nível máximo de energia reativa permitida sem a cobrança da multa está associado ao valor de 0,92 do fator de potência. Valores abaixo de 0,92 indicam um excedente reativo, o que é passível de multa.

Ele indica qual a porcentagem da potência total fornecida (KVA) é efetivamente usada como potência ativa (KW). Esse valor indica o grau de eficiência dos sistemas elétricos, quando o valor é alto,(aproximadamente 1.0), indicam o uso eficiente da energia elétrica, quando o valor é baixo, indica um mau aproveitamento e também uma sobrecarga no sistema elétrico.

2.8.2 Conseqüências e causas do baixo fator de potência

As perdas de energia elétrica ocorrem em forma de calor. Como essa corrente aumenta com o excesso de energia reativa, há uma relação entre o incremento das perdas e o baixo fator de potência, esse baixo fator de potência pode provocar os seguintes efeitos:

- Provoca um alto aquecimento de condutores e equipamentos, podendo queimá-los.
- Perdas de energia.
- Redução do aproveitamento da capacidade dos transformadores
- Aumento da conta de energia, pela cobrança do custo da energia reativa, entre outros.

As causas mais comuns da ocorrência do baixo fator de potência são:

- Motores elétricos trabalhando em vazio.
- Motores elétricos superdimensionados para as suas respectivas cargas.
- Grandes transformadores alimentando pequenas cargas por muito tempo
- Grande quantidade de motores de pequena potência, entre outros.

2.8.3 Métodos para corrigir o fator de potencia

Para a realização da correção do fator de potência, segue algumas medidas que podem ser tomadas:

- Evitar o funcionamento de equipamentos acima da sua tensão nominal;
- Instalação de capacitores onde necessária;
- Dimensionar corretamente todos os equipamentos;
- Entre outros.

Outra maneira de corrigir o fator de potência é concedida por meio de instalação de um banco de capacitores.

Banco de Capacitores

Bancos de capacitores são dispositivos dedicados exclusivamente para a correção do fator de potência em instalações elétricas industriais (FRAGOAS,2008). Eles são dimensionados de acordo com as características e necessidades das cargas conectadas a eles. Existem 3 tipos de banco de capacitores:

- Banco de capacitores manual: não possui nenhum tipo de controle. Os capacitores permanecem ligados as instalações independentemente das condições da carga.
- Banco de capacitores semi-automático: controlado pelo timer ou pelo valor da demanda de corrente do sistema. Proporciona um controle menos preciso que o automático.
- Banco de capacitores Automáticos: possui um controlador eletrônico programável, que insere ou retira capacitores de acordo com a variação do fator de potência.

2.8.4 Benefícios conseguidos com a correção do fator de potência.

A importância de um alto fator de potência tanto para a concessionária como para cliente são mostrados a seguir:

- Aumento da vida útil dos equipamentos;
- Conta de luz mais barata, pois um baixo fator de potência exige um aumento na geração de energia elétrica de transmissão para lidar com a potência reativa;
- Diminuição das variações de tensão;
- Maior capacidade do sistema elétrico, pois com o fator de potência baixo, causará perdas de energia do sistema de distribuição;
- Maior aproveitamento da capacidade de transformadores, entre outros.

3 METODOLOGIA

Nesta seção será apresentada a principal atividade desenvolvida durante o período do estágio que foi a construção de um banco de capacitores para corrigir o fator de potência em um laticínio.

3.1 Medição do valor do fator de potência

Primeiramente foi observado por meio das contas de energia fornecidas pelo cliente que houve um valor acima das energias reativas, causando várias multas. O medidor de faturamento instalado na unidade consumidora apura a energia reativa, através da medição do fator de potência. O valor da energia reativa medida é armazenado.

Foi utilizado um analisador de energia de energia *Smart Meter-T*, para realizar um correto dimensionamento, ele é responsável pelas medições feitas em cada fase. Este equipamento possui uma interface onde é possível analisar todas as grandezas medidas por ele. O equipamento foi conectado entre o secundário do transformador e as cargas. A Figura 9 ilustra o analisador utilizado.

Figura 9: *Smart Meter-T*



Fonte: IMS.

Com dados coletados e armazenados do fator de potência, foi feita uma média aritmética dos três valores das fases, encontrando uma variação dos valores entre 0.64 e 0.853, valores bem inferiores dos 0.92 estabelecidos pela resolução N° 456 da ANEEL, de 29 de novembro de 2000(ANEEL, 2000).

3.2 Especificações e dimensionamento do banco de capacitores

Para especificar o banco de capacitores, de acordo com as medições usaremos os seguintes dados e equações, primeiramente foi encontrado o valor da potência aparente por meio da equação 1 (TIPLER,2007):

$$Fp1=0.67$$

$$P= 250[KW]$$

$$Fp2= 0.93$$

$$S = \frac{P}{\cos\phi} = 319 KVA \quad (1)$$

Para encontrar α foi usado a equação 2 (FILHO,2007), esse valor é usado para multiplicar o valor da potência ativa, encontrando a potência reativa total do banco de capacitores.

$$\alpha = \left(\tan^{-1}(\cos^{-1}(Fp1)) \right) - \left(\tan^{-1}(\cos^{-1}(Fp2)) \right) \quad (2)$$

$$\alpha = \left(\tan^{-1}(\cos^{-1}(0.67)) \right) - \left(\tan^{-1}(\cos^{-1}(0.93)) \right)$$

$$\alpha = \left(\tan^{-1}(0.83) \right) - \left(\tan^{-1}(0.37) \right)$$

$$\alpha = (0.692) - (0.354)$$

$$\alpha = 0.338$$

O valor do banco da potência reativa total do banco de capacitores é encontrado usando a equação 3 (FILHO,2007).

$$Q = P * \alpha \quad (3)$$

$$Q = 250[KW] * 0.338$$

$$Q = 84.500 KVAR$$

$$Q \cong 85 KVAR$$

Onde:

Fp1= fator de potência anterior

Fp2= fator de potência desejado

P= Potência ativa

S= Potência aparente

Q= Potência reativa total do banco de capacitores.

A tabela 1 apresenta as especificações para o banco de capacitores, como a potência reativa total, a quantidade de capacitores utilizados, a potência de cada capacitor, a tensão e a frequência:

Tabela 1- Especificação do banco de capacitores

Nome	Quantidade	Valor
Potência reativa total do banco	-	85 kVAr
Quantidade de capacitores	11	-
Capacitor A	7	10 kVAr
Capacitor B	2	5 kVAr
Capacitor C	2	2.5 kVAr
Tensão dos capacitores	-	220 V
Frequência	-	60 HZ

Fonte: do autor.

3.3 Montagens do banco de capacitores.

A partir dos valores obtidos na seção 3.2, começa a etapa da montagem do banco de capacitores. Pelos valores encontrados foi possível estipular os valores dos disjuntores e dos contadores, por meio da corrente dos capacitores, informada pelo fabricante. Foi usado um total de 11 capacitores de potências diferente, com isso a tabela 2 refere-se aos diferentes tipos de componentes de acordo com a potência dos capacitores.

Tabela 2: Componentes usados na montagem do projeto

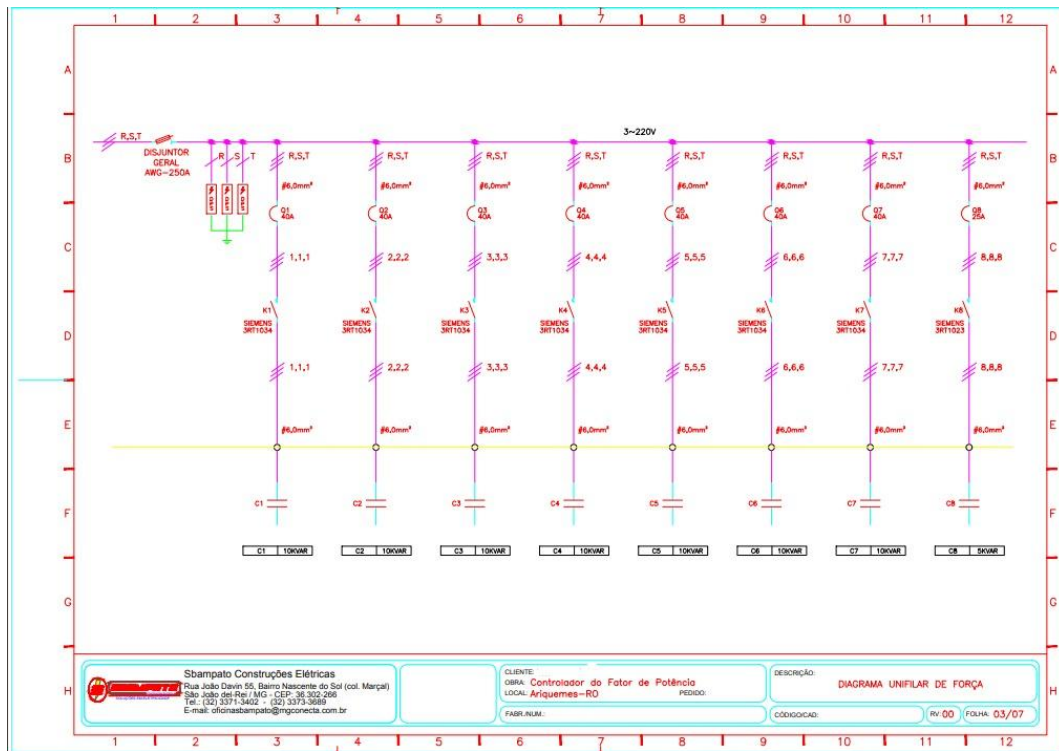
Quantidade	Capacitor	Disjuntor	Bitola (mm²)	Contador
7	10 kVAr	40 A	6.0	Siemens 3RT1034
2	5 kVAr	25 A	6.0	Siemens 3RT1023
2	2.5 kVAr	10 A	2.5	Siemens 3RT1017

Fonte: do autor.

Foi preciso adicionar mais 1 disjuntor geral de 250 A, que protege o banco como um todo, uma vez ele desarmado, nenhum elemento do banco de capacitores funcionará. Outro componente usado foi o DPS (Dispositivos de proteção contra surtos).

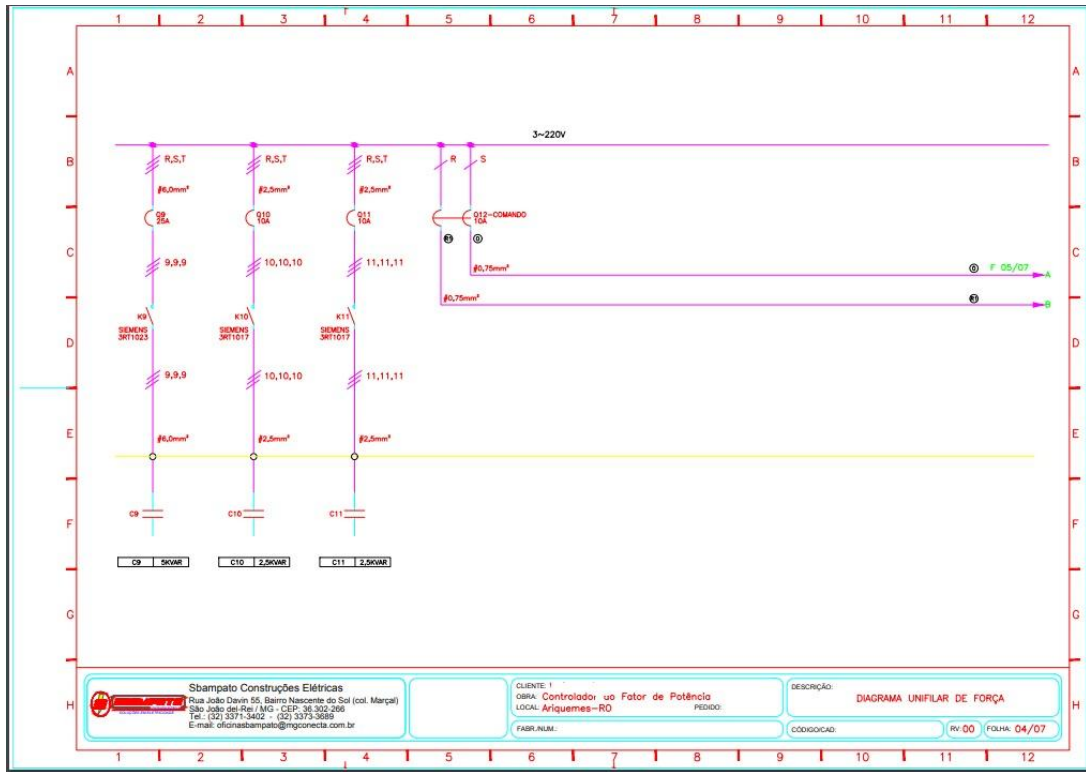
O uso de barramentos também foi preciso, onde se retiram energia para os componentes. Foram deixados alguns espaços vazios, para que, se no futuro precisar adicionar algum outro capacitor, terá como aproveitar o mesmo painel, não precisando fazer a montagem de outro. Feito isso, foi montado o banco de capacitores em paralelo, na Figura 10 e 11 podemos observar o esquemático do diagrama de potência do mesmo.

Figura 10: Diagrama de Potência do Banco de Capacitores parte 1



Fonte: do autor.

Figura 11: Diagrama de Potência do Banco de Capacitores parte 2



Fonte: do autor.

Na Figura 12 está representado o banco de capacitores depois de finalizado.

Figura 12: Banco de capacitores (potência)



Fonte: do autor.

3.4 Montagens dos comandos e automatização do banco de capacitores.

Para a montagem do diagrama de comando foi retirado 2 fases do barramento para fazer a ligação. Por motivos de segurança, os comandos de um painel podem ser montados com no máximo 24 V de tensão, para evitar acidentes com altas tensões.

As duas fases retiradas do barramento entram no primário de um transformador 10:1. Sendo o valor da tensão de entrada 220 V, e sua saída de aproximadamente 24 V. Foi colocado um disjuntor de 10 A para proteção e no caso de alguma manutenção ou falha no sistema.

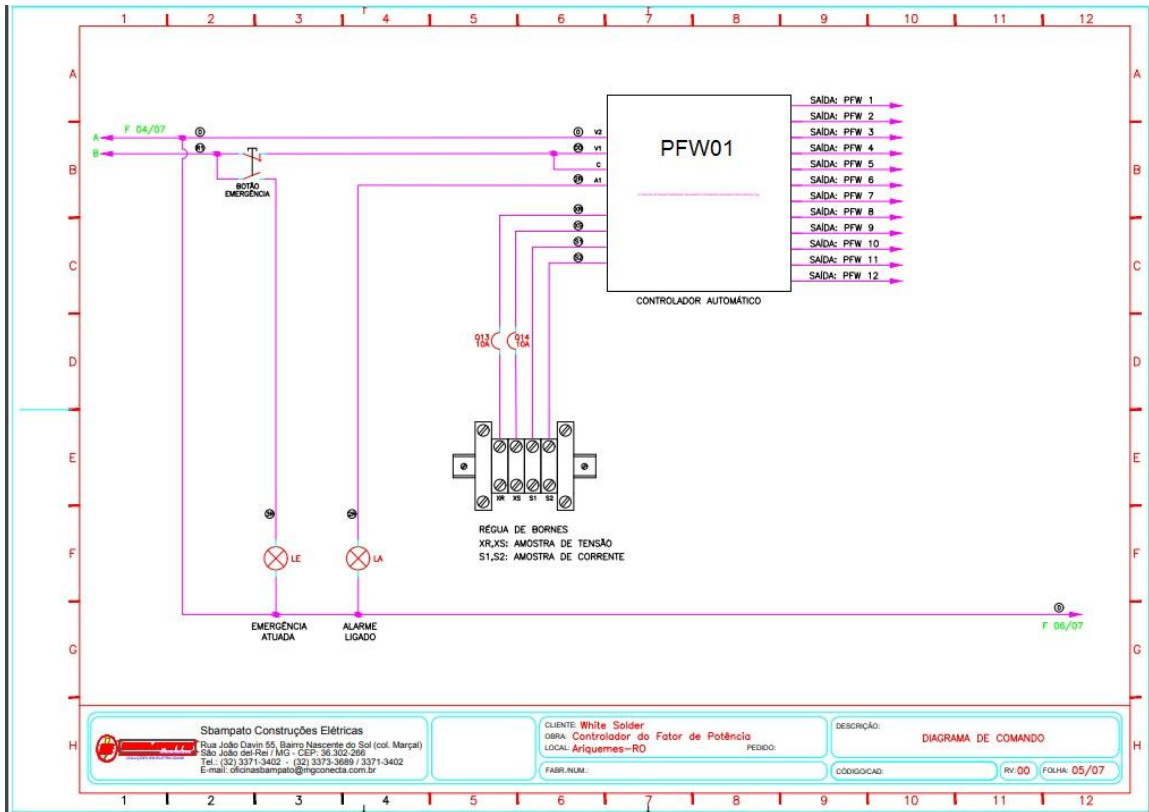
O controlador automático de fator de potência (PFW01) foi utilizado para controlar e automatizar o processo, onde é possível programar um determinado fator de potência para o sistema. Ele controla a entrada e a saída de cada capacitor de acordo com o valor que o sistema está no momento, sendo ligado nas bobinas dos contadores.

Para obter esse processo automático, foi colocada uma chave de três posições para cada capacitor:

- Posição da esquerda: o capacitor entrará manualmente, onde seu funcionamento será contínuo. É indicada para realização de testes ou manutenção dos mesmos.
- Posição central: o capacitor não entrará em funcionamento, ficando desligado.
- Posição da direita: o capacitor funcionará de forma a ser controlada pelo seu controlador (PFW-01).

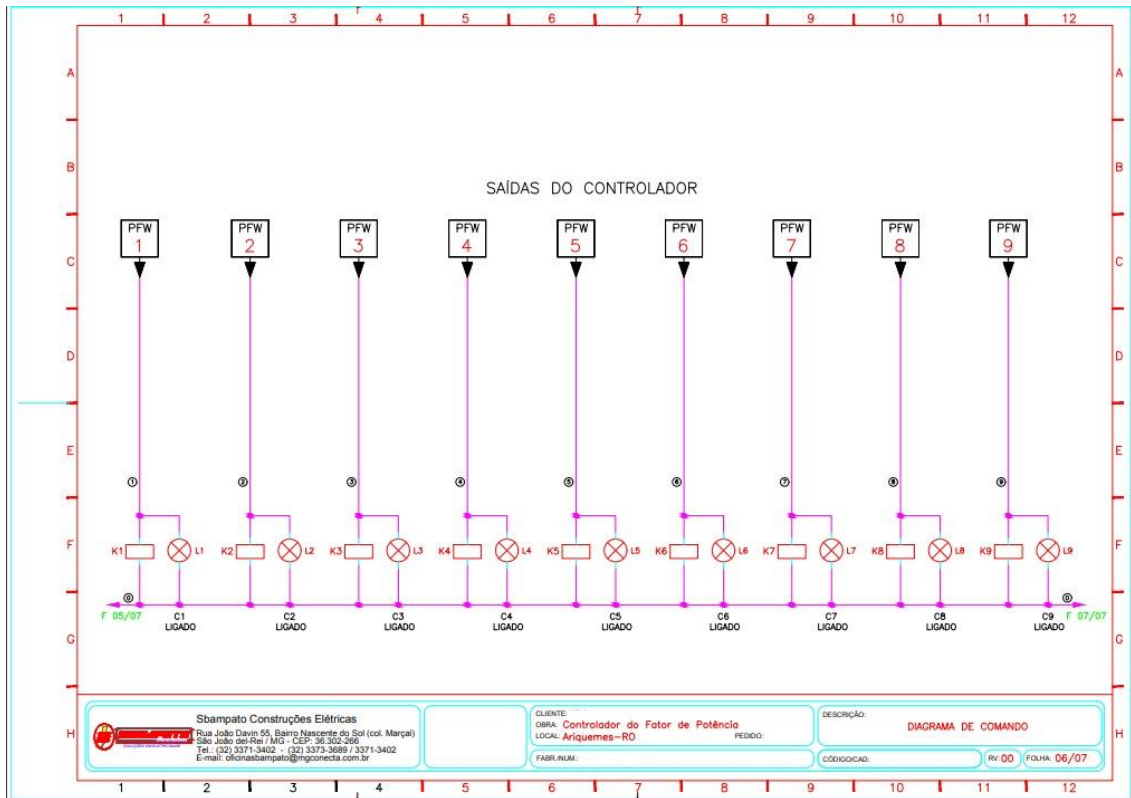
Outro elemento importante colocado foi à utilização de um botão de emergência, para poder manter a proteção e integridade do operador. Uma vez acionado, o sistema de comando é totalmente desligado, assim, desligando o sistema de potência. As Figuras 13, 14 e 15 estão representadas o diagrama elétrico de comando utilizado para fazer a montagem do mesmo.

Figura 13: Diagrama de Comando do Banco de Capacitores parte1.



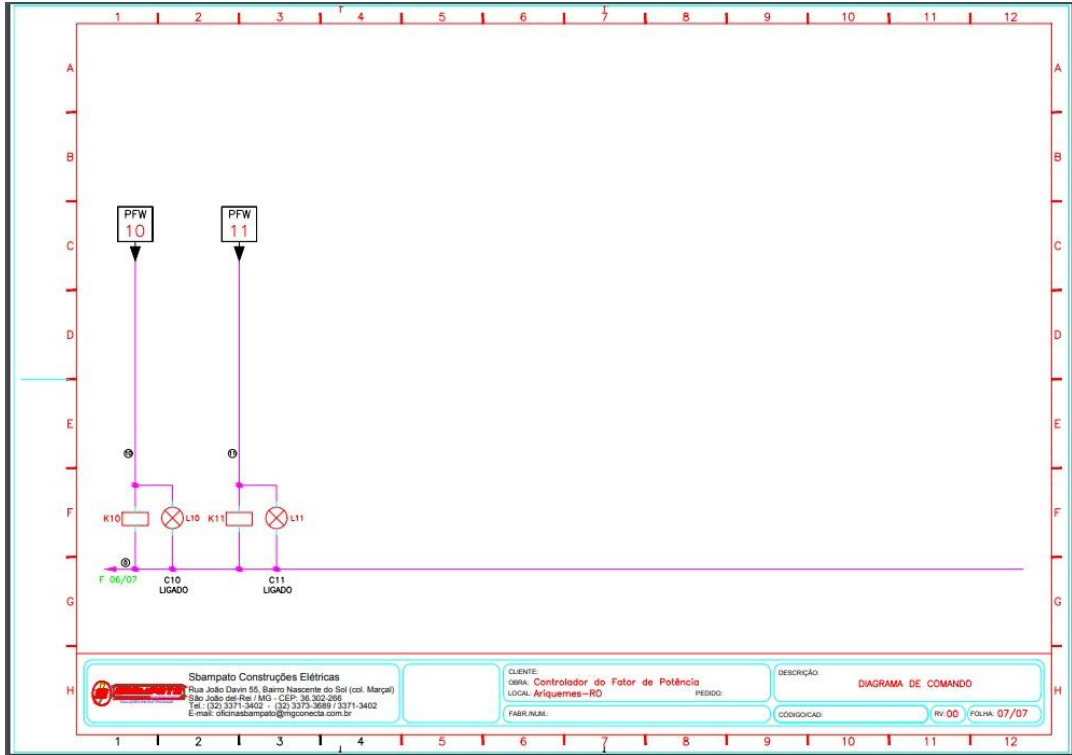
Fonte: do autor.

Figura 14: Diagrama de Comando do Banco de Capacitores parte 2.



Fonte: do autor.

Figura 15: Diagrama de Comando do Banco de Capacitores parte 3.



Fonte: do autor.

A Figura 16 refere-se ao diagrama de comando do banco de capacitores depois de devidamente montado.

Figura 16: Banco de capacitores (comando)



Fonte: do autor.

3.5 Instalação e precauções

Para realizar a instalação do banco de capacitores, primeiramente foram feitos vários testes, tais como: a aplicação de tensão na entrada, podendo verificar o funcionamento de todos os elementos; acionamento do botão de emergência, medições de corrente e tensão ao longo dos componentes; entre outros.

Com esses detalhes prontos o painel foi levado para o seu destino final. A instalação desse tipo de equipamento deve ocorrer em local onde haja boa ventilação e com espaço adequado para manuseio.

Após o desligamento, é recomendado esperar por algum tempo para religar o banco de capacitores, isso porque os capacitores retêm a sua carga por alguns minutos, mesmo desligados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após o trabalho realizado foram feitas várias medições e várias leituras das contas de luz. Assim como era esperado, o nível de reativos caiu drasticamente, conforme Tabela3.

Tabela 3: Valores iniciais e finais obtidos com o projeto

	Valores Iniciais	Valores Finais
Fator de Potencia	0.67	$\cong 0.93$
Potência Reativa	198 kVAr	85 kVAr
Multa	R\$ 3000,00	R\$ 00,00

Fonte: do autor.

Pelos valores obtidos, foi visto que o resultado foi satisfatório, uma vez que com a instalação do banco de capacitores, o fator de potência foi ajustado, o valor da Potência reativa caiu drasticamente e a multa foi deixada de ser aplicada.

Outro fator importante conseguido, foi com a automatização do sistema, sendo assim dispensa a presença de um operador, somente em casos extremos onde é preciso fazer alguma manutenção, mas para isso precisa de um técnico com conhecimento e experiência no assunto.

O valor investido pelo cliente é rapidamente recuperado, isso porque o valor do Banco de Capacitores com estas especificações é em torno de R\$ 27000,00; o valor da multa era em torno de R\$ 3000,00; em torno de 9 a 10 meses é recuperado o valor total investido.

5 CONCLUSÃO

No trabalho realizado foi construído um banco de capacitores automático para a correção do fator de potência, sendo realizado integralmente, desde o estudo dos valores medidos e encontrados, o dimensionamento, a montagem e a instalação. O autor procurou abordar da maneira mais simples e objetiva para um bom entendimento do mesmo.

Esse trabalho de conclusão de curso realizou uma abordagem aprofundada sobre os conceitos vistos em sala de aula. Dentro de uma indústria, sendo possível vivenciar diversos processos relacionados ao curso de Engenharia de Controle e Automação

O estágio é uma etapa essencial para o acadêmico, e nesse período que o aluno adquire experiência para o mercado de trabalho, aprendendo a conviver com os demais funcionários da empresa, aplicando vários dos aprendizados adquiridos em sala de aula, lidando com as dificuldades encontradas, muitas vezes tendo que resolvê-las de forma ligeira, para que o processo não pare, assim adquirindo mais responsabilidade e conhecimento.

Uma das maiores dificuldades encontradas, foi por em prática tudo que foi ensinado em sala de aula, pois estas aulas em sua maioria são muito focadas em teoria. Geralmente é uma dificuldade muito grande encontrada pelos alunos de engenharia nas indústrias, uma maneira de corrigir esse déficit, por exemplo, é aumentar a carga horária das disciplinas práticas, mais aulas em laboratório, etc.

REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

WEG, Disponível em: <<https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h07/hc1? WEG-pfw01-manual-controlador-automatico-50025514-manual-portugues-br.pdf> >

Acesso em 2 de novembro de 2019.

AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL)- Decreto No479, de 17 de Maio de 1992; Acesso em: <http://www.aneel.gov.br>.

Acesso em 7 de novembro de 2019.

VIEIRA, A. C.G.; **Correção de fator de potência** 2a edição. Rio de Janeiro: editora Manuais CNI, 1989, 155p.

FRAGOAS, Alexandre Gracioli. **Estudo de Caso do uso de Banco de Capacitores em uma rede de distribuição primária** - Indicativos da sua viabilidade econômica. 2008. 1 v. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008. Disponível em: <<http://www.tcc.sc.usp.br/tce/disponiveis/18/180500/tce-26032010-145421/>>.

Acesso em 9 de novembro de 2019.

CLAMPER, Disponível em: <https://www.clamper.com.br/2016/12/16/o-que-e-dps-dispositivos-de-protecao-contra-surtos-eletricos/>.

Acesso em 3 de novembro de 2019.

MUNDO DA ELÉTRICA Disponível em: <https://www.mundodaeletrica.com.br/o-que-e-um-capacitor-e-qual-a-sua-funcao/>.

Acesso em 3 de novembro de 2019.

VIEWTECH Disponível em:<https://www.viewtech.ind.br/controlador-de-fator-de-potencia-e-multimedidor-pfw01-m1-weg>.

Acesso em 6 de novembro de 2019.

COPEL,2012,disponível em:<[http://www.copel.com/hpcopel/root/sitearquivos2.nsf/arquivos/fator_de_potencia/\\$FILE/fator_potencia.pdf](http://www.copel.com/hpcopel/root/sitearquivos2.nsf/arquivos/fator_de_potencia/$FILE/fator_potencia.pdf)>.

Acesso em 6 de novembro de 2019.

COTRIM, Ademaro A. M. B. **Instalações Elétricas**. 5. Ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall,2009.

CREDER, Hélio. **Instalações Elétricas**. 15. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

BALTAZAR, Jamil de Almeida. **Definição de fator de potência**. Disponível em:<<http://www.eletrica.info/definicao-de-fator-de-potencia>>.

Acesso em 5 de novembro de 2019.

IMS, Indústria de Micro Sistemas Eletrônicos. **Smart Meter T-Medidor Registrador de Grandezas Elétricas Portátil com Memória**. Porto Alegre: IMS, 2000. Disponível em<http://www.vimelec.com.ar/fichas_tecnicas/SmartMeter-t.pdf>

Acesso em 8 de novembro de 2019.

EDISCIPLINAS Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4848864/course/section/5873287/teo_dispositivos_comando.pdf>

Acesso em 7 de novembro de 2019.

FILHO, João Mamede, **Instalação Elétricas Industriais**. 7. Ed. Editora: LTC, 2007. Páginas 176 e 177.

TIPLER, Paul A.; MOSCA, Gene, **Física para Cientistas e Engenheiros – Vol. 2, 5ª ed.**Rio de Janeiro: LTC, 2006.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de física**. 8. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, c2009 vol 4;

BOYLESTAD, Robert L. – **Introdução à Análise de Circuitos** – Prentice Hall/Pearson, 10ª. Ed, 2004.

APENDICE A

O PFW01 é um controlador automático de fator de potência compacto, que além de eliminar ou diminuir multas e perdas em seu sistema por baixo fator de potência permite a supervisão de instalações elétricas

O PFW01 realiza medições de tensão (F-F ou F-N) e corrente proveniente da rede elétrica, com os quais calcula e indica em valor eficaz (RMS) as grandezas elétricas de tensão; corrente; frequência; potência ativa, reativa e aparente, fator de potência, THD (distorção harmônica total) e no modelo trifásico harmônico ímpar de tensão até 11º ordem. Por meio da leitura de tensão e corrente, o PFW01 controla o fator de potência da rede elétrica, conforme a programação feita pelo usuário, adicionando ou retirando bancos de capacitores.

Leitura e programação dos dados:

- Fator de Potência e Estado dos Bancos

A primeira tela visualizada no display após a inicialização do PFW01 é a que exibe o valor do fator de potência da fase de controle, o modo de controle (AUTO ou Manual), o estado dos bancos de capacitores, ou seja, se eles estão ligados, desligados ou desabilitados.

- Fator de Potência por Fase

Pressionando PROG novamente é exibida a tela com as medições do FP por fase.

- Potência Reativa Requerida

Pressionando novamente PROG é exibida a potência reativa requerida (Pot.Req). Este valor é quanto ainda falta acrescentar para corrigir o fator de potência dentro da faixa programada.

- Programação da Faixa de Controle

Pressione F1 para confirmar e entrar na tela de programação do parâmetro. Nesta tela pode-se ajustar o valor do fator de potência máximo e mínimo entre os valores de 0,500 indutivo e 0,500 capacitivo.