

CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA



Universidade Federal  
de Campina Grande

PHABLO VINÍCIUS DE FRANÇA OLIVEIRA

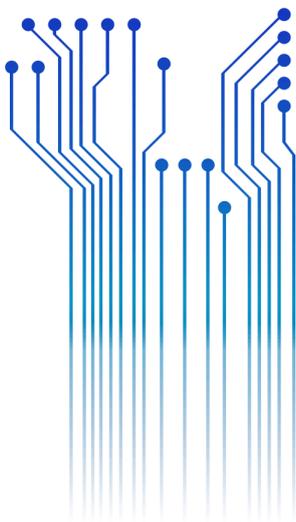


Centro de Engenharia  
Elétrica e Informática

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO  
ESTUDO DE IMPLANTAÇÃO DA GESTÃO E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA INDÚSTRIA  
TÊXTIL: MÉTODOS APLICADOS PARA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA



Departamento de  
Engenharia Elétrica



Campina Grande  
2018

PHABLO VINÍCIUS DE FRANÇA OLIVEIRA

ESTUDO DE IMPLANTAÇÃO DA GESTÃO E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA INDÚSTRIA TÊXTIL:  
MÉTODOS APLICADOS PARA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

*Trabalho de Conclusão de Curso submetido à  
Coordenação do Curso de Engenharia Elétrica  
da Universidade Federal de Campina Grande  
como parte dos requisitos necessários para a  
obtenção do grau de Bacharel em Ciências no  
Domínio da Engenharia Elétrica.*

Área de Concentração: Gestão e Eficiência Energética

Orientador:

Professor Luis Reyes Rosales Montero, D. Sc.

Campina Grande  
2018

PHABLO VINÍCIUS DE FRANÇA OLIVEIRA

ESTUDO DE IMPLANTAÇÃO DA GESTÃO E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA INDÚSTRIA TÊXTIL:  
MÉTODOS APLICADOS PARA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

*Trabalho de Conclusão de Curso submetido à  
Coordenação do Curso de Engenharia Elétrica  
da Universidade Federal de Campina Grande  
como parte dos requisitos necessários para a  
obtenção do grau de Bacharel em Ciências no  
Domínio da Engenharia Elétrica.*

Área de Concentração: Gestão e Eficiência Energética

Aprovado em        /        /

**Professor Avaliador**  
Universidade Federal de Campina Grande  
Avaliador

**Professor Luis Reyes Rosales Montero, D. Sc.**  
Universidade Federal de Campina Grande  
Orientador, UFCG

Dedico este trabalho ao meu pai, Marcos Venicio, modelo de humildade e dedicação, que com muita fé e amor me incentiva a continuar lutando em busca dos meus sonhos e objetivos.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Divino Pai Eterno, antes de tudo, por ter me abençoado com o dom da vida e por todas as conquistas derramadas no meu dia a dia.

Agradeço ao meu pai, Marcos, pela dedicação e esforço até aqui investido para que eu conseguisse ter uma educação de qualidade, por se apresentar um pai sempre presente nos momentos mais laboriosos e por ser uma pessoa firme me apoiando e encorajando perante todas as adversidades que encontrei durante minha caminhada acadêmica.

Agradeço também a minha Mãe e irmã, que com muito afeto e ajuda me motivaram a nunca desistir e finalizar mais uma etapa da minha vida.

Ao professor Luis Reyes Rosales Montero pelo tempo disponibilizado para orientação e por transmitir seus conhecimentos.

Agradeço aos meus amigos que sempre estiveram me apoiando e encorajando nos momentos difíceis, em especial Yuri Nobrêga, Pollyana Cavalcante, Priscila da Costa, Rayanna Maria, Hotoniones Bezerra, José Walisson e Diego Costa.

Finalmente agradeço aos demais amigos e colegas de graduação, que de certa forma contribuíram para formação de quem eu sou hoje.

*“A grande glória da vida não está em nunca cair, mas em se levantar a cada vez que caímos.”*

Nelson Mandela.

## RESUMO

No que diz respeito à energia elétrica, é percebido que ao longo dos anos, não apenas as fontes geradoras apresentam-se mais escassas, mas também a procura por alternativas energéticas provenientes dos grandes centros consumidores não evoluiu como esperado, o que resulta na necessidade da tomada de medidas para conservação da referida energia. Neste referido relatório, são mencionados os pontos importantes, a serem considerados no âmbito da gestão, bem como efeitos e possíveis soluções para os problemas encontrados. A priori, é realizado um embasamento teórico, no qual é incluído um breve estudo sobre a análise das etapas pertencentes à eficiência energética bem como a formação da indústria têxtil atual. Ao final deste trabalho de conclusão de curso, é apresentado métodos relacionados para obter eficiência energética dentro da indústria têxtil, dentre eles: correção de fator de potência, uso de manutenções periódicas em motores, métodos direcionados a climatização, monitoração via internet de celular GPRS, substituição de motores de indução de corrente alterna e continua por de ímã permanente, instalação de sensores de vibração e gestão no uso da iluminação.

**Palavras-chave:** Eficiência Energética, Gerenciamento Energético, Indústria Têxtil.

# ABSTRACT

Regarding electricity, it is perceived that over the years, not only the generating sources are more scarce, but also the search for alternative energies coming from the large consuming centers did not evolve as expected, which results in the need of crucial measures to conserve that energy. In this referred report, important points are mentioned to be considered in the management area, as well as effects and possible solutions to the problems encountered. At first, a theoretical background is made, which includes a brief study on the analysis of the stages belonging to energy efficiency as well as the formation of the current textile industry. At the end of this final work for the undergraduation, related methods are presented for energy efficiency within the textile industry, as: power factor correction, periodical engine maintenance, methods directed to climatization, monitoring by GPRS mobile internet, replacement of alternating current induction motors and continued by permanent magnet, installation of vibration sensors and management in the use of lighting.

**Keywords:** Model, Paperwork, CCW, Report, Thesis.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Despesas Encontradas no Processo de Fiação. ....	17
Figura 2 – Estrutura da Cadeia Produtiva e de Distribuição Têxtil e Confecção.....	18
Figura 3 – Fluxograma dos Tipos de Procedimentos de Fiação a Ser Seguido.....	19
Figura 4 – Fases Para Preparação da Tecelagem e a Tecelagem.....	20
Figura 5 – Fluxograma dos Principais Processos do Beneficiamento Têxtil. ....	21
Figura 6 – Organograma do Processo Produtivo Simplificado de Uma Fiação/Confecção.....	22
Figura 7 – Participação do Uso da Energia Utilizada Pelas Máquinas em %.....	23
Figura 8 – Participação do Uso da Energia Utilizada por Uso Final %. ....	23
Figura 9 – Etapas do Diagnóstico Energético. ....	28
Figura 10 – Resumo das Atribuições da CICE.....	39
Figura 11 – Organograma Básico Para Uma CICE.....	40
Figura 12 – Utilização da Termografia em Motor de Indução .....	49
Figura 13 – Sistema de Climatização Direta na Linha Produtiva.....	52
Figura 14 – Representação de um Ventilador Centrífugo .....	53
Figura 15 – Representação de um Lavador de Ar. ....	53
Figura 16 – Esquema Ventilação na Indústria.....	55
Figura 17 – Instalação do Monitoramento Via Internet Através de Celular GPRS. ....	56
Figura 18 – Comparação entre as Dimensões de Motores de Indução e Ímã Permanente.....	59

# LISTA DE TABELAS

# LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Contínua
CICE	Comissão Interna de Conservação de Energia
CIGE	Comissão Interna de Gestão Energética
CNI	Confederação Nacional da Indústria
ESCO	Empresa de Serviços de Conservação de Energia
FDR	Faturamento de Demanda Reativa
FER	Faturamento de Energia Reativa
GPRS	General Packet Radio Services
HP	Horse Power
LED	Light Emitting Diode
Ltda	Limitada
MMA	Ministério do Meio Ambiente
PGE	Programa de Gestão de Energia
Procel	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
QEE	Qualidade da Energia Elétrica
Tc	Transformador de Corrente
Tp	Transformador de Potencial
TUSD	Tarifa de Uso dos Sistemas Elétricos de Distribuição
UFER	Unidade de Faturamento de Energia Reativa
UFDR	Unidade de Faturamento de Demanda Reativa

# LISTA DE SÍMBOLOS

$\Delta t$	Intervalo de Tempo Considerado
&	E Comercial
$C'$	Consumo do uso final
$F'_{\text{carga}}$	Fator de Carga do uso Final
$F'_{\text{demanda}}$	Fator de Demanda do uso Final
kW	Kilowatt
kWh	Kilowatt Hora
kVA	Kilovoltes-Ampere
kVar	Kilovolts-Amperes-Reativos
kVarh	Kilovolts-Amperes-Reativos-Hora
$P'_{\text{instalada}}$	Potência Instalada em Equipamentos Operantes do uso Final
pu	Por Unidade
R\$	Símbolo do Real (Moeda Corrente Brasileira)
S.A	Sociedade Anônima
US\$	Moeda Americana Dólar

# SUMÁRIO

SUMÁRIO .....	13
1 INTRODUÇÃO.....	14
1.1 OBJETIVOS .....	15
1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	15
2 USO FINAL DA ENERGIA ELÉTRICA NO SETOR PRODUTIVO TÊXTIL.....	17
2.1 ETAPAS DO PROCESSO PRODUTIVO TÊXTIL.....	18
2.1.1 MÉTODOS PARA FIAÇÃO .....	18
2.1.2 MÉTODOS PARA TECELAGEM .....	19
2.1.3 MÉTODOS PARA BENEFICIAMENTO/ACABAMENTO .....	21
2.1.4 MÉTODOS DE FACÇÃO/CONFECÇÃO .....	22
2.2 ASPECTOS ENERGÉTICOS .....	22
3 ANÁLISE DAS ETAPAS DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA .....	25
3.1 PRÉ-DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO.....	26
3.2 DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO .....	28
3.2.1 ANÁLISE E TRATAMENTO DOS DADOS: PANORAMA DO CONSUMO GLOBAL	29
3.2.2 UTILIZAÇÃO DESAGREGADA EM USOS FINAIS .....	31
3.2.3 APONTADORES DO USO DE ENERGIA ELÉTRICA .....	32
3.3 GERENCIAMENTO ENERGÉTICO .....	33
3.3.1 PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO DE UM PROGRAMA DE GESTÃO	
ENERGÉTICA NA INDÚSTRIA TÊXTIL.....	35
3.3.2 MEDIDAS PARA SISTEMATIZAR O PROCESSO DE GESTÃO ENERGÉTICA.....	37
3.3.3 CICE.....	38
3.3.3.1 FUNCIONAMENTO DA CICE.....	39
3.3.4 DEMANDA CONTRATADA – MODALIDADE AZUL E VERDE .....	41
3.3.4.1 MODALIDADE TARIFARIA MAIS ADEQUADA PARA CONSUMO.....	41
4 ATIVIDADES RELACIONADAS A UMA BOA GESTÃO ENERGÉTICA NA INDÚSTRIA	
TÊXTIL.....	43
4.1 CORREÇÃO DO FATOR DE POTÊNCIA POR BANCO DE CAPACITORES .....	44
4.1.1 METODOLOGIA PARA IMPLANTAÇÃO DE BANCO DE CAPACITORES.....	44
4.1.2 DETALHES DA IMPLEMENTAÇÃO COM BANCO DE CAPACITORES .....	46
4.2 MANUTENÇÃO PERIÓDICA DE MOTORES DE INDUÇÃO NA INDÚSTRIA .....	46
4.2.1 MANUTENÇÃO CORRETIVA .....	47
4.2.2 MANUTENÇÃO PREDITIVA.....	47
4.2.3 MANUTENÇÃO PREVENTIVA.....	47
4.2.4 TERMOGRAFIA .....	48
4.3 CLIMATIZAÇÃO PARA SOLUCIONAR PROBLEMAS NA QUALIDADE DO AR NA	
INDÚSTRIA TÊXTIL.....	50
4.3.1 CLIMATIZADOR EVAPORATIVO DE AÇÃO DIRETA.....	51

4.3.2	SISTEMA DE VENTILAÇÃO .....	54
4.4	MONITORAMENTO VIA INTERNET POR CELULAR GPRS .....	55
4.4.1	MOTIVAÇÃO PARA O USO VIA INTERNET ATRAVÉS DE CELULAR .....	55
4.4.2	MOTIVAÇÃO PARA USO DE CELULAR GPRS .....	56
4.4.3	GATEWAY DE COMUNICAÇÃO .....	57
4.5	SUBSTITUIÇÃO DE MOTORES DE INDUÇÃO POR DE ÍMÃ PERMANENTE .....	57
4.5.1	TIPOS DE MOTORES .....	58
4.5.2	VANTAGENS DOS MOTORES DE ÍMÃ PERMANENTE PARA OS DE INDUÇÃO ...	58
4.6	SENSOR DE VIBRAÇÃO .....	60
4.6.1	VANTAGENS DESTE MÉTODO DE AVALIAÇÃO .....	60
4.7	RETROFIT DE ILUMINAÇÃO .....	61
4.7.1	USO DE LÂMPADAS DO TIPO LED .....	61
5	CONCLUSÃO .....	62
	REFERÊNCIAS .....	63

# 1 INTRODUÇÃO

Com o aumento acelerado do mercado consumidor de bens e produtos, em meados do século XX, as máquinas elétricas e os motores a combustão passaram a possuir um destaque significativo no mercado, assim sua produção e confiabilidade teriam que apresentar características de uma função crescente ao logo do tempo. Estas virtudes representaram uma considerável modificação nas plantas fabris, ocasionando uma concorrência lado a lado.

Fazendo uso dos conhecimentos científicos e dos avanços tecnológicos do tempo, logo foram aplicados modelos de máquinas com maior eficiência no mercado mundial, proporcionando como resultado final um produto com maior eficácia energética, em contrapartida, os custos foram reduzidos.

A eficiência energética além de assegurar e proporcionar o aumento da concorrência no mercado, diminui expressivamente a quantidade de poluentes liberados na atmosfera, trazendo com isso ações voltadas para a responsabilidade ambiental como meio para a preservar a qualidade vida no planeta. Assim, a melhoria da eficiência energética é a solução mais econômica e rápida para amenizar os impactos gerados pelo manuseio da energia elétrica.

Contudo, quando é destacado os impactos causados pelo processo de modernização das fábricas equivalente à Qualidade da Energia Elétrica (QEE) do sistema em que elas são empregadas, observa-se um comprometimento da QEE, devido ao surgimento de distorções indesejadas na rede com o aumento na utilização de sistemas automatizados por controle microprocessados, chaveamentos eletrônicos, cargas industriais e residenciais não lineares. Estas distorções resultam em distúrbios nos sistemas de distribuição, afetando a QEE injetada na rede para os usuários finais.

Nesse contexto, a necessidade de se fazer uso de novas tecnologias obrigou consumidores e fornecedores a buscarem novas formas de se obter energia elétrica de qualidade, ou seja, sem desvios ou alterações na tensão, corrente e frequência que geram a falha ou má funcionamento dos equipamentos dos consumidores.

Dentre os mais variados distúrbios de QEE conhecidos, destacam-se as distorções harmônicas, fenômenos de distorções periódicas de alta frequência presentes nas tensões

e nas correntes e que estão associadas à operação contínua de cargas com características não lineares, como os dispositivos que fazem uso de eletrônica de potência [1].

Perante ao que foi exposto, é correto destacar a importância que a Eficiência e Gestão Energética possuem nas empresas e identificar sua influência no beneficiamento econômico para o desenvolvimento da proposta de Trabalho de Conclusão de Curso apresentada neste relatório.

## 1.1 OBJETIVOS

O Trabalho de Conclusão de Curso exposto possui por finalidade apresentar o panorama nacional da eficiência energética no contexto atual, com foco direcionado para gestão energética das empresas do seguimento têxtil. Foi verificado quais as etapas necessárias para atingir uma eficiência energética de qualidade a nível mundial e local, bem como, a possibilidade de alcançar uma gestão de energia elétrica eficaz na indústria têxtil por meio de atividades direcionadas na redução dos custos com energia elétrica, e consequentemente, no melhoramento da gestão energética dentro das empresas do seguimento.

## 1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO

O referente Trabalho de Conclusão de Curso foi dividido em cinco Capítulos com o intuito de aproveitar ao máximo os conteúdos abordados.

O Capítulo 1 contém uma introdução responsável por apresentar de forma sintetizada o tema abordado referente ao estudo de implantações de eficiência energética na indústria têxtil, através de definições básicas. Ainda neste capítulo são apresentados os objetivos, a estrutura do trabalho.

O Capítulo 2 expressa os processos produtivos existentes na indústria têxtil, da geração da fibra, até o procedimento de beneficiamento. Demonstra o modo como as atividades realizadas são interdependentes, ou seja, a etapa seguinte sempre será gerada pela etapa anterior, independentemente de fatores atribuídos ao avanço tecnológico. E por fim, os aspectos energéticos utilizados nesses processos.

O Capítulo 3 descreve de forma prática uma análise das principais etapas pertencentes a eficiência energética, desde seu pré-diagnóstico, até a obtenção de uma gestão energética eficaz.

No Capítulo 4 é apresentado atividades que trouxeram resultados na obtenção de eficiência energética dentro da indústria têxtil, onde o custo com energia elétrica foi reduzido consideravelmente, dentre elas: correção de fator de potência por banco de capacitores, uso de manutenções periódicas em motores, métodos direcionados a climatização, monitoramento via internet de celular GPRS, substituição de motores de indução de corrente alterna e continua por de ímã permanente, instalação de sensores de vibração e gestão no uso da iluminação.

As conclusões acerca do estudo realizado são expostas no Capítulo 5 que reflete os principais resultados deste estudo.

## 2 USO FINAL DA ENERGIA ELÉTRICA NO SETOR PRODUTIVO TÊXTIL

Para a realização de um diagnóstico voltado para eficiência energética, é necessário possuir uma identificação dos passos utilizados nos processos, e o conhecimento da quantidade de energia que se é consumida em cada um deles, para que assim, seja feita uma boa elaboração desse diagnóstico. Acompanhar cada variável da planta industrial de forma detalhada, proporciona uma melhor orientação das ações de melhorias a serem executadas e a racionalização da operação de cada uma delas.

A fim de representar a importância da gestão energética numa indústria do seguimento têxtil, segue a Figura 1 como demonstrativo da composição percentual média dos custos de produção da etapa de fiação.

**Figura 1:** Despesas Encontradas no Processo de Fiação.



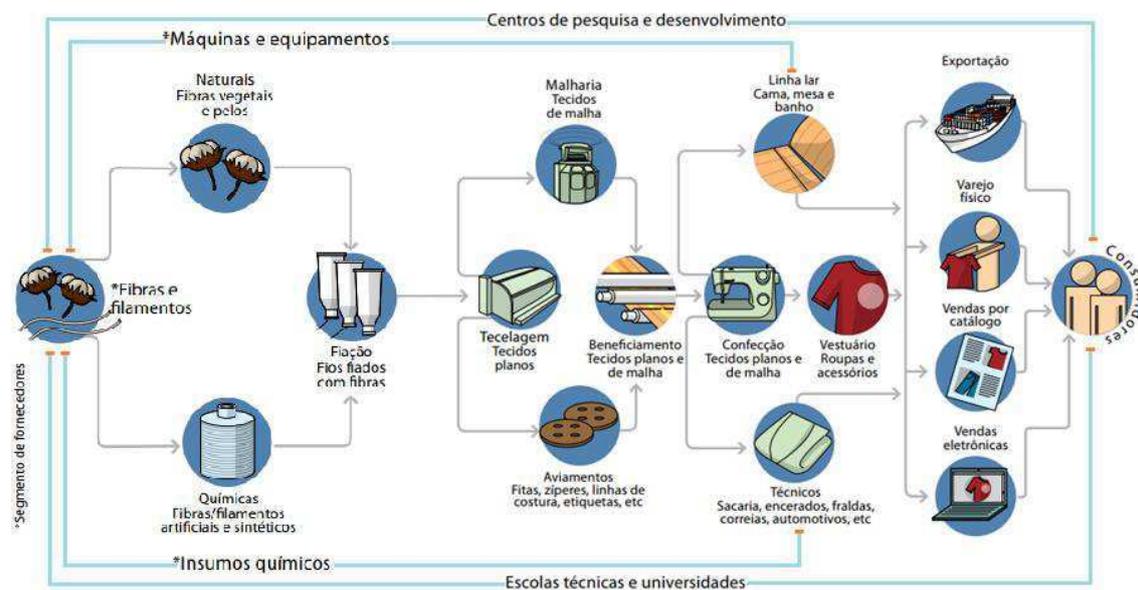
**Fonte:** UNICAMP (2018).

Neste capítulo, o foco estará voltado ao uso final da utilização de energia elétrica nas quatro etapas produtivas (fiação → tecelagem → beneficiamento/acabamento → fiação/confeção) desenvolvidas na indústria têxtil.

## 2.1 ETAPAS DO PROCESSO PRODUTIVO TÊXTIL

A cadeia produtiva global da indústria têxtil é caracterizada basicamente pelos processos de produção das fibras (de origem vegetal, animal e/ou mineral), processo de fiação, tecelagem e beneficiamento de peças destinadas ao vestuário, conforme é ilustrado na Figura 2.

**Figura 2:** Estrutura da Cadeia Produtiva e de Distribuição Têxtil e Confeção.



**Fonte:** ABIT (2013).

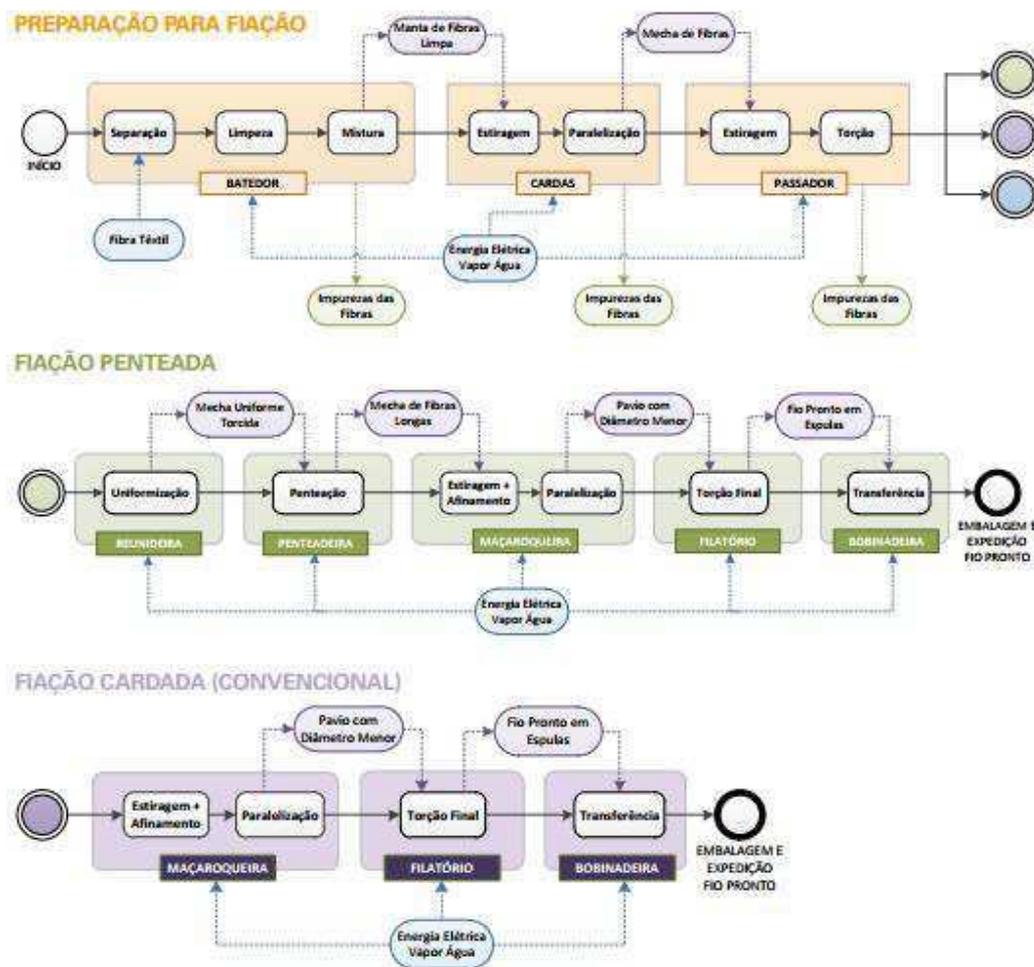
Um fato importante sobre a produção do segmento têxtil, é que as atividades realizadas são interdependentes, contudo, com relativa independência. Assim, a etapa seguinte sempre é gerada pela etapa anterior independentemente de fatores atribuídos ao avanço tecnológico [4].

### 2.1.1 MÉTODOS PARA FIAÇÃO

O processo de fiação está responsável por obter o fio a partir das fibras têxteis, onde as propriedades de cada tipo de fibra é quem vai ditar qual o tipo de processo de fiação a ser executado, e conseqüentemente, o título do fio confeccionado. Sabendo-se o título do fio, é possível determinar quais os melhores métodos para produção do setor observando o tipo e eficiência do filatório de fiação [5].

Os processos de fiação da atualidade apresentam características semelhantes entre si, independentemente do tipo de fibra usado pela empresa têxtil. Os métodos básicos conhecidos para os processos de fiação podem alternar entre a fiação penteada, a fiação convencional e a não convencional (filatórios *Open End – Rotor*), sendo estes utilizados após a etapa da preparação do fio. Os procedimentos de fiação estão descritos de forma sucintamente pela Figura 3 [5].

**Figura 3:** Fluxograma dos Tipos de Procedimentos de Fiação a Ser Seguido.



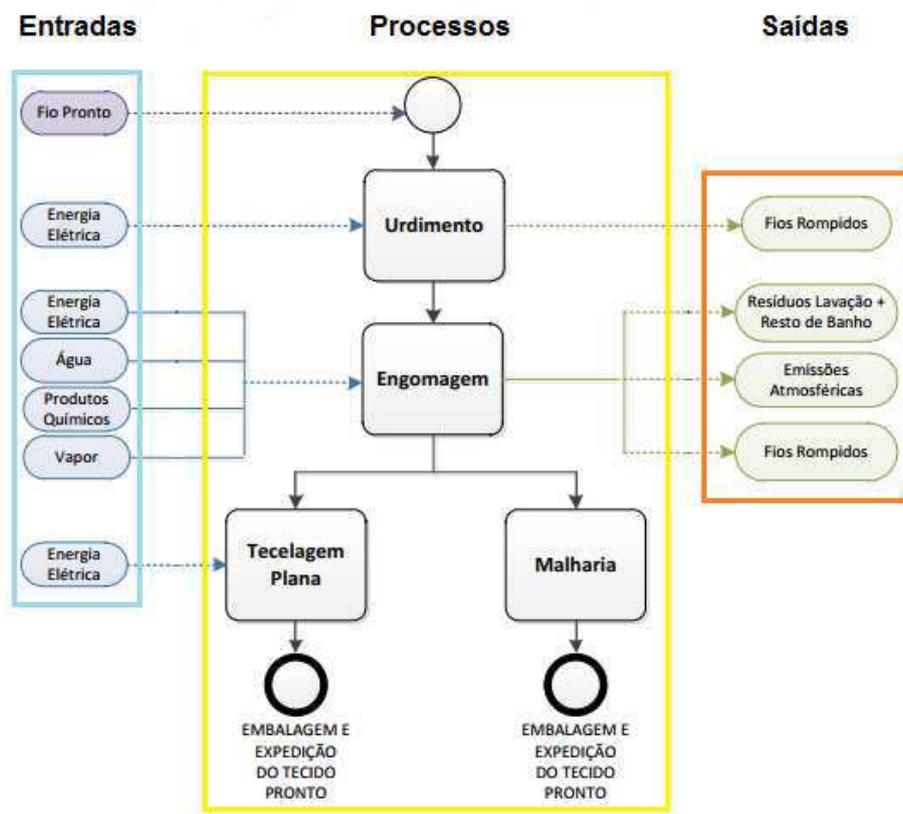
Fonte: FIEMG (2013).

### 2.1.2 MÉTODOS PARA TECELAGEM

O tecido plano e a malha são os produtos finais do processo de tecelagem, onde o tecido plano apresenta maior resistência a forças mecânicas se comparado com a malha, em contrapartida, as malhas possuem maior elasticidade e flexibilidade. Essas diferenças dar-se graças a composição estrutural e geométrica do tipo de tecido mencionado, bem

como, dos métodos e classes de materiais usados na confecção. O fluxograma para o processo de preparação da tecelagem e da tecelagem são descritos pela Figura 4 [5].

**Figura 4:** Fases Para Preparação da Tecelagem e a Tecelagem.



Fonte: FIEMG (2013).

Antes de chegar na etapa da tecelagem o fio passa pelo processo de Urdimento, que consiste no método de transferir os fios confeccionados no processo de fiação paralelamente, de mesmas proporções e propriedades, posicionados de tal forma que estejam no sentido longitudinal obedecendo a mesma ordem que o tecido num rolo de Urdume. Logo após o processo de Urdimento vem a etapa de Engomagem, esta possui como finalidade fazer com que o fio adquira maior resistência a adição de produtos químicos (goma) e de força físicas (aquecimento), ou seja, o fio passa por camadas de substâncias que aglutina as fibras e os reveste, proporcionando uma espécie de proteção ao entrar em contato com os equipamentos de tear [5].

A tecelagem plana e malharia são as últimas etapas antes do tecido pronto ser embalado e expedido. A tecelagem plana suporta desde os modelos mais convencionais até os mais modernos, possuindo lançadeiras operando num ritmo menor e com limitação

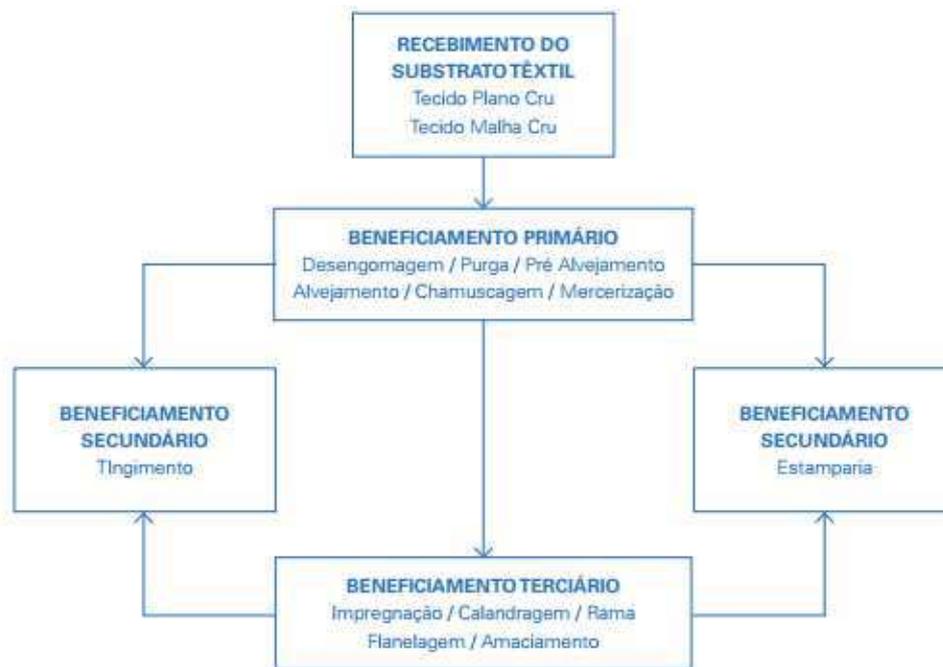
para tecer produtos que meçam mais de 140 ou teares de projétil de segunda e terceira geração [5].

Já a parte correspondente a etapa da malharia, os teares são chamados de teares circulares, pois os alimentadores encontram-se em forma de círculos, gerando tecidos no formato tubular contínuo. São divididos em duas classes: de pequeno e grande diâmetro, e seu uso gera uma boa eficiência produtiva, visto que ao término de todo o processo o insumo têxtil já sai praticamente semiacabado da máquina [5].

### 2.1.3 MÉTODOS PARA BENEFICIAMENTO/ACABAMENTO

Responsável por aperfeiçoar as características físico-químicas dos produtos (malhas, fibras, fio, entre outros) envolvidos nas etapas da indústria têxtil com diferentes processos e métodos. Pelo fluxograma da Figura 5 é possível observar os processos ou operações que consiste no beneficiamento têxtil deste seguimento [5].

**Figura 5:** Fluxograma dos Principais Processos do Beneficiamento Têxtil.



**Fonte:** FIEMG (2013).

O beneficiamento primário resume-se em colocar o substrato têxtil obtido nas etapas anteriores sobre condições de adquirir coloração total ou parcial, bem como receber os ajustes finais. Sendo necessário os tecidos passarem por processos como de chamuscagem, navalhagem, mercerização, alvejamento, dentre outros [5].

Para o beneficiamento secundário destina-se a colorar parcialmente o substrato têxtil, seja pela operação de estamparia (atribuir cor por meio de desenhos), seja pela operação de tingimento [5].

A terceira e última etapa de beneficiamento, é responsável pelo acabamento final da peça de tecido, buscando aperfeiçoar as características como toque/brilho, resistência a umidade, traços e dimensões da peça [5].

#### 2.1.4 MÉTODOS DE FACÇÃO/CONFECÇÃO

Para a etapa final dos métodos de produção do setor têxtil, tem-se o procedimento de facção e/ou confecção de peças de vestuário como sendo uma atividade baseada especificamente na prestação de serviços de corte, costura e acabamentos diversos.

O processo produtivo simplificado para uma facção/confecção pode ser visualizado conforme a Figura 6 como demonstrativo para suas seis principais etapas, podendo o mesmo sofrer variações em função das especificidades e porte de cada empresa do seguimento.

**Figura 6:** Organograma do Processo Produtivo Simplificado de Uma Facção/Confecção.



Fonte: FIEMG (2013).

## 2.2 ASPECTOS ENERGÉTICOS

Dentro do segmento têxtil a energia é representada como sendo a terceira maior despesa do seguimento, recebendo o “título” de recurso financeiro estratégico, consequentemente, fazer o seu uso de modo racional é imprescindível às organizações

em tempos onde a concorrência está muito acirrada entre os mercados consumidores dos países [6].

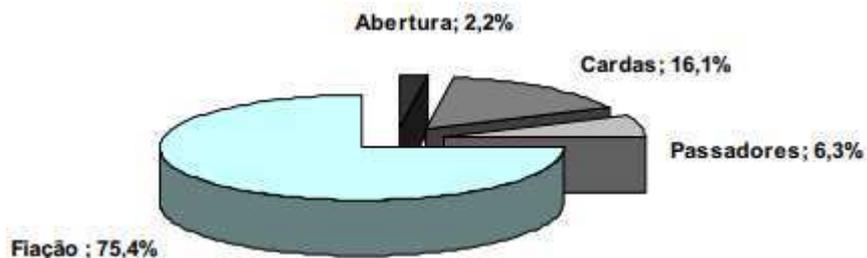
O Setor de Utilidades é o setor de apoio e suprimento da indústria. No setor de utilidades temos os seguintes processos: Centrais, Bombas, Máquinas de Refrigeração, Compressores, Estação de tratamento de Afluentes e Efluentes, dos quais podemos denotar uma parcela em torno de 40% do total da energia elétrica [7].

No setor Administrativo, como por exemplo, os escritórios, o refeitório, a recepção, a controladoria, são distribuídas as responsabilidades pelos aspectos burocráticos, jurídicos e de ordem de pessoal e representam em torno de 5% no consumo de energia. Os custos energéticos geralmente se distribuem com iluminação, ar condicionado, computadores, entre outros [7].

Cada etapa do processo produtivo da fiação requer o uso de energia elétrica, que é utilizada em ar condicionado; iluminação; compressores, porém o maior consumo encontra-se em máquinas (sistema motriz). [8]

No decorrer das etapas do processo produtivo, o uso da energia elétrica está configurado segundo é demonstrado na Figura 7.

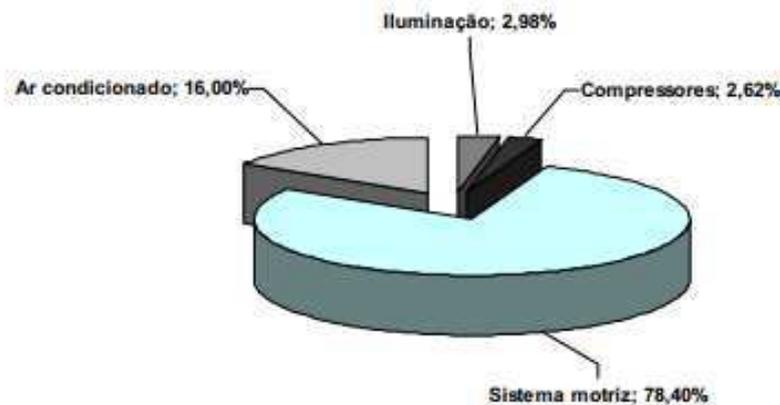
**Figura 7:** Participação do Uso da Energia Utilizada Pelas Máquinas em %.



**Fonte:** Silva (2013).

O processo produtivo da indústria têxtil implica em um consumo energético próprio, gerado a partir da transformação de sua matéria prima em produto acabado, desse modo, estudos foram realizados para verificar de forma genérica os potenciais pontos de perdas energéticas desse setor, conforme mostra a Figura 8 [8].

**Figura 8:** Participação do Uso da Energia Utilizada por Uso Final %.



**Fonte:** Silva (2013).

Os pontos mostrados com o consumo de energia maior no gráfico acima, evidenciam as maiores oportunidades de otimização do consumo deste recurso. Então para o setor de fiação que apresenta maior percentual de consumo é demonstrado pelo sistema matriz correspondendo a 78,4 % do consumo total, os demais itens são referentes a ar condicionado (16%); iluminação (2,98%) e compressores (2,62%) [8]. Sendo, portanto, esses os principais itens a serem abordados pelo trabalho.

### 3 ANÁLISE DAS ETAPAS DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Atualmente cada vez é visto se falando que as fontes de energias clássicas, ou que são consideradas “não renováveis”, estão se extinguindo com o decorrer do tempo e que, pelo contrário, com o crescente aumento populacional em nível global, o consumo dessas fontes energéticas só vem aumentando. Problemas ambientais é uma das causas relacionadas a esse fato, devido ao crescente aumento de emissões de gases poluentes na atmosfera, como por outro lado nos traz uma questão de pura sustentabilidade quanto ao como satisfaremos a nossa demanda energética num futuro próximo.

Para solucionar os problemas com os custos com a energia elétrica atualmente, são desenvolvidos novos meios de se obter energias renováveis e mais eficientes (poucas perdas), umas mais limpas que outras, uma mais eficaz que a outra. Contudo, a resposta para combater os problemas energéticos que enfrentamos não passa apenas em criar mais energia, desta vez sustentável, para basicamente compensar o aumento do consumo que se verifica.

A fim de enfatizar este fato, é correto afirmar que as energias “limpas” ainda não alcançaram um patamar adequado que permitam uma habitação sustentável no planeta por conta própria, pois esta tecnologia não se encontra desenvolvida o suficiente, e nem imprimida o suficiente na mentalidade da sociedade. Outra resposta a ser resolvida é quanto ao problema energético, está com um potencial tão grande senão maior que o das energias “limpas”, é o de tornar o consumo energético mais eficiente e inteligente.

Vale enfatizar que apenas as estimativas em si, não são capazes de proporcionar uma racionalização do uso da energia elétrica, já que são apenas a primeira etapa a ser levada em consideração, abrindo caminho para tomar medidas e ações posteriores de preferência no domínio de um Programa de Gestão Energética (PGE).

### 3.1 PRÉ-DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO

Com base nos estudos realizados ao longo dos últimos anos e com experiência de gestão e implementação de projetos de racionalização de atividades, que em grande parte das vezes, os administradores das empresas não têm recursos e disponibilidade para contratação de empresas especializadas em avaliar o potencial de eficiência energética, operacional e de perdas. E espera-se que o avanço tecnológico dos sistemas de medição, globalização do conhecimento teórico e técnico, e o uso de ferramentas computacionais permita que um levantamento prévio de oportunidades possa ser efetuado de forma fácil e prática [9].

A gestão energética localizada em qualquer instalação de uma empresa, requer no mínimo, um conhecimento aprofundado dos sistemas energéticos existentes, dos hábitos de como são usados na instalação, das ferramentas de aquisição de energia e da experiência dos profissionais e técnicos atuante na área [10]. Nesta fase, a empresa deve concentrar o foco para solucionar e intervir no parque produtivo instalado, ou seja, nas instalações, máquinas e equipamentos utilizados no decorrer do processo produtivo [11]. Assim, isso envolve os aspectos questionados a seguir [11]:

- O estudo e o monitoramento dos processos de manutenção dos equipamentos para testar se o serviço utilizado é adequado: as manutenções dos equipamentos estão sendo realizadas de forma que ele opere sem defeitos que acarretem maior consumo de energia?
- A tecnologia presente na composição dos equipamentos: está de acordo com os padrões da atualidade no que se refere ao consumo de energia?
- O uso do equipamento propriamente dito: o equipamento está sofrendo algum tipo de sobrecarregamento mecânico?
- No que se refere a aplicação de investimentos: já é encontrado, no mercado econômico, equipamento que possua um maior desenvolvimento tecnológico e mais rentável financeiramente, cujas suas trocas são vantajosas as partes interessadas no que diz respeito a relação custo-benefício?
- Os equipamentos apresentam adequada calibração e ajuste para que possa funcionar corretamente como se esperado?

- As instalações que atendem aos equipamentos encontram-se adequadamente dimensionadas?
- As automatizações dos meios de produção são capazes de proporcionar melhor utilização da energia demandada?

Assim, o ponto inicial para realizar um pré-diagnóstico energético, consiste em saber as formas necessárias para consumir energia elétrica na sua instalação e em monitorar o custo e o consumo mantendo, para isso, um registro de dados do local bem detalhado e constantemente atualizado. O levantamento de dados mensais e históricos para a elaboração de pré-diagnóstico são de grande relevância no decorrer de sua execução, podendo ser extraídos sua (as) [10]:

- Identificação: procurar os responsáveis técnicos, seus cargos, endereço, bairro/cidade, região entre outros;
- Caracterização da instalação: qual o setor e tipo da instalação, razão social, responsável pela conta de energia, área construída, quantidade de funcionários trabalhando nesta instalação, a ocupação média de público nesta instalação.
- Gestão energética: existe uma Comissão Interna de Conservação de Energia (CICE) ou algum outro grupo que tenha como atribuição analisar o desempenho energético da instalação, que tipo de análise de utilização de energia é feita, como classificaria a preocupação da Diretoria/Gerência com a melhoria da eficiência energética da instalação, dentre outros.
- Características do sistema elétrico e do fornecimento de energia elétrica: qual a tensão de fornecimento da instalação e a concessionária responsável por esse fornecimento, qual a tarifa de fornecimento de energia elétrica da instalação e as demandas de contrato máximo e mínimo.
- Informações gerais: qual o tipo de empresa, número de pavimentos existente da instalação e área medida dos pavimentos.

O segundo passo é procurar estabelecer uma metodologia que possa ser seguida para a elaboração o pré-diagnóstico, sendo as etapas a serem seguidas estabelecidas pela necessidade de cada projeto e profissional responsável.

Uma vez definidas as melhores oportunidades, os responsáveis pela gestão da iniciativa pública ou privada podem aplicar os devidos investimentos ou buscar meios que possuam interesse no assunto, para que em atividades posteriores, seja realizado o diagnóstico energético bem elaborado, pela empresa ou profissional especializada contratada [9].

## 3.2 DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO

O diagnóstico energético é um processo desenvolvido numa empresa por meio das mais diferentes áreas e etapas que o integram como é demonstrado resumidamente pela Figura 9, sob o ponto de vista energético e as causas que impedem que a eficiência não alcance seus objetivos principais, ou seja, o foco principal é determinar como encontram-se as condições atuais das instalações perante o ponto de vista do manuseio de energia, e identificar os problemas com suas possíveis soluções para que ela se torne eficiente.

**Figura 9:** Etapas do Diagnóstico Energético.



Fonte: ABIT (2013).

Possui como objetivos [12]:

- Adquirir conhecimento sobre a instalação do ponto de vista de energia elétrica;

- Dividir os consumos específicos por setor ou área;
- Possuir conhecimento sobre o público alvo para o consumo e sua perspectiva histórica de funcionamento;
- Identificar os fatores sazonais e climáticos que interferem diretamente nos índices energéticos;
- Desenvolver um banco de informações com o levantamento histórico dos parâmetros técnicos de consumo;
- Apontar quais as melhores formas de obter uma redução no consumo, tanto pela mudança da forma de manuseio dos equipamentos, quanto pela troca de equipamentos mais modernos e que possuam uma maior eficiência;
- Estabelecer o plano de ação direcionado para os investimentos e prazos de implementação.

O diagnóstico voltado para a eficiência energética pode interpretar-se como sendo uma radiografia no andamento do comportamento energético de uma determinada área específica de uma instalação consumidora, como por exemplo a de um sistema de consumo de energia elétrica por área habitacional (escritórios, lavanderias, recepção, cozinha de restaurantes, salas de conferência) de uma cidade, entre outros. Através dele, é possível avaliar quanto de energia é verdadeiramente produzida e consumida e quais as formas a serem utilizadas essa energia, estabelece e identifica os principais fluxos e os sectores ou áreas onde é prioritário seu uso, caminhando ao lado das economias de energia passíveis de serem executadas.

### 3.2.1 ANÁLISE E TRATAMENTO DOS DADOS: PANORAMA DO CONSUMO GLOBAL

Segundo o autor André Montero Alvarez, é essencial conhecer detalhadamente o seu perfil de consumo. O primeiro passo a ser dado nessa direção, é determinar o consumo global de energia elétrica e o consumo de energia elétrica desagregado por usos finais [13].

O consumo global de energia elétrica é um dos parâmetros de faturamento considerados pela concessionária. Como um dos principais objetivos das ações de uso racional e eficiente de energia elétrica é reduzir o consumo e os custos, é imprescindível o conhecimento do consumo global para a realização de qualquer diagnóstico energético.

A partir do consumo global, pode-se calcular a demanda média, que, juntamente com a demanda máxima, fornece o fator de carga da instalação, bastante útil em análises energéticas [13].

O consumo global de energia elétrica pode ser obtido diretamente nas contas expedidas pela concessionária ou determinado via processo de medição direta de cabinas primárias, podendo, também, ser estimado a partir dos dados levantados por inspeção de ambientes [13].

Os valores obtidos em contas de energia são extremamente úteis, permitindo verificar sazonalidades, existência de multas por ultrapassagem de demanda ou por excesso de reativos (baixo fator de potência), entre outras informações. A análise das faturas dos últimos dois anos permite, através de regressões, estimar tendências de crescimento do consumo e da demanda, uma importante ferramenta para o planejamento futuro da instalação no que diz respeito à expansão de seu sistema elétrico e ao seu contrato de fornecimento junto à concessionária. Ela permite, também, acompanhar a evolução das medidas de uso racional e eficiente de energia elétrica implementadas, comparando o consumo real da instalação com o consumo previsto. Em ambos os casos, os valores contidos nas contas de energia devem ser corrigidos para um período de tempo padrão, geralmente 30 dias. Esse procedimento tem por objetivo uniformizar as faturas da concessionária, que são expedidas em períodos próximos de 30 dias. Outra importante aplicação das contas de energia elétrica é na validação do consumo obtido através da medição direta ou de inspeção de ambientes, verificando a existência de distorções [13].

No caso da medição direta, o valor obtido por equipamentos analisadores de energia deve ser comparado com o consumo das últimas faturas, corrigindo-se o período de medição. Essa correção deve ser feita a partir do cálculo dos consumos médios relativos à dias úteis e de fim-de-semana obtidos por medição direta, compensando-se, também, os feriados quando existirem. A quantidade de dias úteis e de dias de fim-de-semana contemplados na conta de energia elétrica é obtida pelas datas de medição de duas faturas consecutivas. Consumos corrigidos discrepantes com os valores indicados nas contas expedidas pela concessionária podem indicar um perfil de consumo sazonal. Isso pode ocorrer principalmente em casos onde o procedimento de medição direta é realizado em períodos relativamente curtos ou de forma segmentada, onde cada cabina primária é monitorada em períodos distintos por falta de condições que propiciem uma monitoração simultânea (quantidade insuficiente de equipamentos analisadores de energia disponíveis, por exemplo) [13].

Quando não for possível a realização de medições diretas (questões técnicas, disponibilidade de equipamentos de medição e de recursos humanos, etc), o consumo poderá ser estimado a partir dos dados obtidos via inspeção de ambientes, através da soma dos consumos individuais de cada equipamento consumidor de energia elétrica presente na instalação. Os consumos individuais podem ser calculados a partir da potência média dissipada pelo equipamento multiplicada pelo tempo mensal de utilização [13].

Devido a imprecisões contidas nas informações levantadas via inspeção de ambientes, o consumo estimado poderá ser bastante diferente em relação ao consumo apresentado na conta de energia elétrica. A discrepância entre os valores faturado e estimado do consumo poderá ser reduzida através de ajustes realizados nas potências médias e nos tempos de operação dos equipamentos levantados, através da adoção de valores típicos [13].

É importante observar que os resultados obtidos por medição direta são intrinsecamente mais precisos do que as estimativas baseadas em potências médias e períodos de operação. Por outro lado, a estimativa do consumo global realizada a partir de dados obtidos via inspeção de ambientes já apresenta valores desagregados em usos finais. Para o caso da medição direta, dependendo da instalação, o cálculo do consumo desagregado em usos finais é um pouco mais complexo [13].

### 3.2.2 UTILIZAÇÃO DESAGREGADA EM USOS FINAIS

A metodologia utilizada para determinar o potencial de conservação de energia elétrica é distinta para cada um dos usos finais presentes na instalação. Os procedimentos de cálculo geralmente fornecem valores percentuais do potencial de conservação do uso final. Para determinar o potencial de conservação em termos de energia (kWh) ou de custos (R\$) é necessário conhecer o consumo individual de cada uso final. Dessa forma, a desagregação do consumo global nos diversos usos finais facilita a determinação precisa do potencial de conservação de energia elétrica total da instalação [13].

Existem várias maneiras de desagregar o consumo global e consumos por usos finais. A medição direta dos circuitos de alimentação de cada uso final fornece resultados com a máxima precisão possível. Infelizmente, boa parte das instalações não possuem circuito de alimentação independentes para os sistemas de iluminação e de ar condicionado, tornando muito difícil, na prática, segmentar a medição por usos finais [13].

Nos casos onde os circuitos de alimentação não sejam independentes, a desagregação do consumo global poderá ser realizada através dos fatores de carga e de demanda dos usos finais, através da Equação (1):

$$P' = F'_{carga} \cdot F'_{demanda} \cdot P'_{instalada}$$

A partir da equação anterior, o consumo por uso final pode ser calculado através da equação:

$$P' = F'_{carga} \cdot F'_{demanda} \cdot P'_{instalada} \cdot \Delta t$$

Onde  $C'$ : consumo do uso final,  $F'_{carga}$ : fator de carga do uso final,  $F'_{demanda}$ : fator de demanda do uso final,  $P'_{instalada}$ : potência instalada em equipamentos operantes do uso final e  $\Delta t$ : intervalo de tempo considerado [13].

Quando o fator de carga do uso final for desconhecido, pode-se admitir a hipótese de que ele seja igual ao fator de carga global da instalação. É importante enfatizar também que a potência instalada de cada uso final deve ser determinada sem considerar os equipamentos defeituosos ou fora de operação, uma vez que eles definitivamente não contribuem para o consumo de energia elétrica da instalação [13].

Embora a estimativa do consumo desagregado seja realizada a partir de alguns valores médios obtidos em normas, publicações especializadas, ou ainda, consolidados pela prática, os resultados obtidos pela aplicação da metodologia constituem um indicador razoável do potencial de conservação de energia elétrica real da instalação [13].

### 3.2.3 APONTADORES DO USO DE ENERGIA ELÉTRICA

Os indicadores do uso de energia elétrica constituem uma importante ferramenta para a realização de diagnósticos energéticos. Através de informações obtidas na fase de levantamento de dados, é possível determinar um conjunto de indicadores que retratam o perfil de consumo da instalação sob análise [13].

Esses indicadores, quando aplicados a diagnósticos energéticos, permitem um macro estudo das características de consumo da instalação, possibilitando a determinação do potencial de conservação de energia elétrica através de comparações com valores típicos obtidos para instalações com características semelhantes [13].

Os indicadores de uso de energia elétrica também podem ser utilizados no acompanhamento dos resultados das medidas de uso racional e eficiente de energia elétrica implementadas, permitindo estudar a evolução da instalação, no que diz respeito à sua eficiência, a partir da análise da série histórica desses indicadores. Dessa forma, é

possível planejar ações futuras e corrigir as ações em andamento, minimizando custos e maximizando resultados [13].

Os indicadores sugeridos para a realização de diagnósticos energéticos podem ser divididos em três categorias: indicadores globais, aplicados a instalação ou uma unidade com base das questões técnicas, direcionando a eficiência no consumo de energia elétrica de uma mais ampla [14]:

- Fator de carga;
- Fator de potência;
- Indicador de uso da energia por horários de utilização.

Os indicadores específicos, que visa avaliar o uso de energia elétrica para uma instalação específica, considerando as informações físicas, de ocupação e sua utilização final, ou seja [14]:

- Indicador por usuário da energia;
- Indicador por área edificada;
- Indicadores por uso final da energia.

E os indicadores financeiros, onde mostram a distribuição dos recursos em meio a uma unidade consumidora de energia [14].

### 3.3 GERENCIAMENTO ENERGÉTICO

Dentro de uma empresa é possível encontrar vários problemas relacionado a despesas econômicas, seja do setor industrial ou seja do setor comercial, onde a energia elétrica está diretamente ligada com os custos cada vez mais de forma crescente, sendo impulsionada pela redução de custos provenientes do mercado capitalista competitivo que se é adotado nos dias de hoje, pelas dúvidas que envolvem a disponibilidade energética ou pelas barreiras encontradas no âmbito ambiental.

Promover uma análise dos processos sobre eficiência energética é um dos caminhos a ser adotado para o desenvolvimento tecnológico e econômico de uma empresa, assim é essencial utilizar o conhecimento adquirido no assunto de forma

aplicada, atribuindo as teorias que abrange as áreas da engenharia, administração e economia das diretrizes energéticas. Porém, um ponto interessante a ser explorando é no que diz respeito aos métodos e técnicas para traçar metas e ações que busquem aprimorar o rendimento energético, ao mesmo tempo que proporcione uma redução nas perdas das técnicas de transportes, fornecimento e armazenamento de energia.

O manuseio de forma eficaz do consumo de energia possui caráter de interesse próprio, já que todas as formas de conseguir uma redução e simplificação nos processos técnicos-econômicos dos fatores de produção é oportuno para as partes interessadas, da mesma forma que é estratégico e crucial observar o impacto que os suprimentos de energia e combustível exercem na forma de produção mesmo apresentando uma contribuição reduzida nos gastos totais de uma empresa. Via de regra a energia não possui outros substitutos senão a própria energia, sem a qual os processos não se desenvolvem [15].

O profissional atuante na área da engenharia deve atentar-se a dois desafios importantes que devem ser levados em consideração na hora de buscar um gerenciamento energético eficaz: projetar o quanto será demandado de energia elétrica ao que é solicitado pela empresa atualmente e para possíveis instalações futuras, tal como, viabilizar uma forma de comprar no mercado essa disponibilidade energética. Além de sempre procurar tornar o mais eficiente possível os sistemas, equipamentos e instalações elétricas dentro do setor industrial e comercial para melhor se obter economia frente a temática da gestão energética.

Com o decorrer do tempo é imprescindível que as empresas e seus responsáveis por gerenciar a energia estejam atentos e capacitados ao que é necessário para entender o entendimento legal e regulatório que rege o mercado energético, as tecnologias que contribuam na projeção das perspectivas e tendências da situação atual e futura da energia no exterior e no país, tal como as possíveis perturbações entre a relação da oferta e procura de energia.

Toda gestão e aperfeiçoamento energético precisa passar por um estudo detalhado e permanente no que diz respeito a sua matriz energética, visando proporcionar possíveis estratégias sem prazo definido para a compra de energia elétrica e autoprodução. Evitando desta forma, possíveis despesas com transporte e adequando de forma mais apropriada ou viável o uso das fontes energéticas alternativas (biomassa, óleo combustível, lenha, entre outros) [15].

### 3.3.1 PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO DE UM PROGRAMA DE GESTÃO ENERGÉTICA NA INDÚSTRIA TÊXTIL

Economizar energia elétrica virou um hábito do brasileiro. Mas nem sempre foi assim. Até antes da crise energética de 2001, as televisões ficavam ligadas sem ninguém assistindo, as luzes permaneciam acesas o dia todo – e não eram lâmpadas econômicas. O “apagão”, como ficou mais conhecido, forçou a população a reduzir o consumo. O aprendizado daquela época rende frutos até hoje. Com medidas simples e de conscientização, o brasileiro descobriu que a conta de energia elétrica pode ficar bem menor [16].

A gestão energética de uma instalação ou de um grupo de instalações pressupõe tomar ciência sobre o padrão de consumo para gerar consciência coletiva em favor de uma economia benéfica a todos. Não se trata de um racionamento de energia, redução na qualidade dos serviços prestados, ou contenção de custos de uma empresa. Esses mitos ainda persistem, mas só com a informação compartilhada entre todos os envolvidos é que se pode eliminá-los [16].

Para a gestão energética virar rotina, deve-se tomar o cuidado de criar e implementar um programa que seja transparente, factível e cuja informação seja disseminada por todos os funcionários e colaboradores. É natural que, nas fases iniciais de implementação, se encontrem resistências, já que são ações e estratégias que mudam procedimentos, hábitos e rotinas no ambiente de trabalho. Quanto mais engajados, mais os funcionários contribuirão para a eficiência energética [16].

A maneira como deve ser conduzida as etapas impostas pela gestão energética, pode ter como base o Guia Técnico de Gestão Energético do Procel(2005). A gestão energética em uma instalação ou em um grupo de instalações compreende:

- Conhecer as informações sobre fluxos de energia, os processos e atividades que usam energia, gerando um produto ou serviço mensurável e as possibilidades de economia de energia;
- Acompanhar os índices de controle, como: consumo de energia (absoluto e específico), custos específicos, preços médios, valores contratados, registrados e faturados;
- Atuar no sentido de medir os itens de controle, indicar correções, propor alterações, auxiliar na contratação de melhorias, acompanhar as

melhorias, motivar os usuários da instalação a usar racionalmente a energia, divulgar ações e resultados, buscar capacitação adequada para todos e prestar esclarecimentos sobre as ações e seus resultados.

Estudos internacionais indicam que medidas de educação e de treinamento em empresas resultam na redução do consumo de energia de até 5%. Os gastos para alcançar esses resultados são inferiores a 1% do custo total de um Programa de Gestão de Energia (PGE) em instalações de uma edificação. Essa medida é fundamental para alcançar um uso eficiente da energia dentro das empresas e organizações [16].

Empresas que buscam a redução de custos com energia devem criar um PGE. Por meio dele, é possível otimizar o consumo de energia, orientando, direcionando e propondo ações e controles sobre os recursos humanos, materiais e econômicos. Ações isoladas têm efeitos positivos, mas a experiência indica que, ao longo do tempo, elas perdem efeitos e novas oportunidades deixam de ser consideradas. Um PGE criado pela alta administração das empresas e pelos responsáveis do setor de energia sinaliza uma cultura institucional e permanente contra o desperdício dentro das organizações [16].

A equipe de um PGE deve atuar em duas frentes. A primeira envolve ações de gestão nas instalações, com treinamento de pessoal, conscientização de funcionários e fixação de procedimentos operativos, de manutenção e de engenharia. As medidas educativas têm custos menores, mas os efeitos são obtidos no médio e no longo prazos. A segunda frente demanda ações de atualização tecnológica ou construtiva, muitas vezes com a necessidade de substituição de equipamentos existentes por outros mais eficientes ou realização de obras de *retrofit*. Pela natureza, dependem de investimentos, mas seus efeitos já são perceptíveis logo depois de implementados [16]. A metodologia para implantação de uma PGE é dividida conforme abaixo:

- Identificação dos vetores primários e secundários: os vetores primários correspondem aos insumos adquiridos na forma bruta e os vetores secundários são as formas de energia que serão utilizadas nas unidades produtivas e administrativas das instalações da empresa, tais como: energia elétrica para iluminação, motores, ar comprimido e vapor de processo;
- . Identificação dos parâmetros de controle: o controle deverá ser estabelecido para cada um dos centros de consumo identificados;

- Estabelecimento das metas de redução de consumo: a fixação das metas deverá ser sempre feita de forma realista, com objetivos claros e que possam ser efetivamente atingidos, mas que sejam desafiadoras;
- Estabelecimento dos sistemas de medição: só se pode gerenciar o que se pode medir, então se estabelecer um sistema de medição adequado que permita a obtenção da base de dados desejada e que possa servir para avaliar os resultados alcançados;
- Ações de treinamento e informação: inicialmente, deve ser constituída uma Comissão Interna de Gestão Energética (CIGE), que deverá estabelecer os principais usos da energia nas instalações da empresa, para definir o programa de treinamento mais adequado.

Para que um PGE tenha êxito, ele deve estar assentado em três pilares: auditoria energética (levantamento da situação atual), controle dos indicadores (análise e acompanhamento dos dados) e comunicação (divulgação e apresentação dos resultados). As ações dentro do PGE podem ser desenvolvidas simultaneamente e não há uma hierarquia entre esses pilares. Mas recomenda-se que se crie uma comissão interna que ficará responsável por sua gestão [16].

### 3.3.2 MEDIDAS PARA SISTEMATIZAR O PROCESSO DE GESTÃO ENERGÉTICA

Para adquirir medidas eficazes no âmbito da gestão energética é necessário possuir conhecimento no que diz respeito aos fluxos de energia elétrica, suas regras, quais seus contratos e ações que afetam, bem como os processos e atividades dos consumidores de energia que tem impacto sobre as possibilidades econômicas [16].

Acompanhar os principais indicadores de controle de energia elétrica (consumo de energia, custos específicos, preços médios, valores contratados, fatores de utilização dos equipamentos e/ou de instalação) [16].

Realizar a aferição desses indicadores de controle, apontando possíveis correções que devem ser feitas, auxiliar no investimento de melhorias, motivar a capacitação dos consumidores, e divulgar os avanços obtidos pela as ações e resultados das medidas adotadas [16].

### 3.3.3 CICE

A Comissão Interna de Conservação de Energia – CICE – é a entidade responsável por cuidar do processo de gerenciamento de energia em órgãos públicos, mas o mesmo raciocínio é aplicado as empresas do poder privado que tenha interesse em tornar a gestão energética parte integral do processo de tomada de decisão [16].

O uso eficiente de energia é uma obrigação de todos, o que demonstra um desafio a mais para empresas que trabalham com um número variado de colaboradores. A mudança de hábitos nas casas, empresas, escritórios e demais instituições privadas ou públicas é assim, uma ação imprescindível para se alcançar a eficiência energética, já que a força de vontade da participação coletiva de todas as pessoas e órgão envolvidos é capaz de gerar um processo economicamente viável para o uso de energia [16].

Desde 1990, cada órgão ou entidade da Administração Federal direta e indireta, fundações, empresas públicas e sociedades de economia mista controladas direta ou indiretamente pela União devem criar uma CICE. A CICE é responsável pela elaboração, implantação e acompanhamento das metas do Programa de Conservação de Energia, e divulgação ampla e transparente dos seus resultados para que todos os usuários se conscientizem e participem dessa iniciativa. Apesar de receber “energia” no nome, as CICEs podem ser utilizadas também para dirigir o consumo de água e as emissões de gases de efeito estufa. As principais atribuições da CICE podem ser vistas segundo a Figura 10 [16].

**Figura 10:** Resumo das Atribuições da CICE.

**Fonte:** MMA (2015).

### 3.3.3.1 FUNCIONAMENTO DA CICE

A Comissão Interna de Conservação de Energia deve ser constituída por um grupo de no mínimo seis pessoas, onde cada pessoa dessa equipe deve possuir um mandato de dois anos, e a presidência seja ocupada por um profissional da área de engenharia ou arquitetura com experiência em conservação energética. Esse grupo de seis pessoas é encarregada pelo administrador do órgão ou entidade e será responsável por propor, implementar e supervisionar as decisões efetivas de modo que a energia seja utilizada de forma racional, segundo é visualizado pela Figura 11 [16].

**Figura 11:** Organograma Básico Para Uma CICE.



**Fonte:** MMA (2015).

A gerência da CICE é responsável por promover a realização da primeira auditoria energética, produzindo um diagnóstico de como anda a atual situação das instalações, tanto da edificação, quanto dos equipamentos, e montar a composição da comissão.

É recomendado a gerencia da CICE que [16]:

- Fazer um levantamento preliminar referente as contas de energia elétrica dos consumidores, juntamente com seus respectivos gráficos da variação do consumo (kWh), da demanda (kW), do fator de potência e custos;
- Estabelecer qual a equipe de apoio técnico designada para recolher as informações operacionais presentes dentro das instalações;
- Definir a equipe responsável por apoiar administrativamente na elaboração dos relatórios, tal como na obtenção das contas de energia, estabelecer mudanças operacionais, entre outros;
- Atribuir quem será responsável por ser os colaboradores (diversos setores da organização e com boa relação com os integrantes do grupo);
- Escolha de um time responsável por: divulgação de planos estratégicos de comunicação e produção das empresas, tal como a exposição constantes de resultados e o engajamento do público.

Tendo concluído a formação da CICE e executada uma auditoria energética, faz-se necessário começar a investir em decisões operacionais que possua características de baixo custo, a fim de garantir que a cultura de redução do consumo de energia seja

inserida dentro das organizações, permitindo assim, que as ações tomadas possam ser implementadas gradativamente e de forma constante [16].

Os cursos ministrados pelo órgão ou na entidade com temas voltado ao esclarecimento sobre a energia elétrica, seus métodos de produção, geração, transmissão e distribuição, são de grande valia para buscar o interesse por parte dos servidores em relação ao tema, tal qual manter o espírito da eficiência energética na instituição [16].

#### 3.3.4 DEMANDA CONTRATADA – MODALIDADE AZUL E VERDE

A demanda contratada é definida segundo [17] como o volume de carga que será disponibilizado pela distribuidora para o uso da unidade consumidora. Esta é a base de contratos de suprimento de energia para o consumidor e para o distribuidor.

Os valores de demanda não dependem do consumo registrado e sua medição é em kW ao qual existe um valor fixo determinado pela Aneel para pagamento por parte do consumidor, seja ele consumidor cativo ou consumidor livre do mercado livre de energia.

A verificação da demanda é realizada por equipamento registrador da concessionária que traz informações a cada 15 minutos para fins de faturamento. Caso em algum momento, a demanda total da unidade consumidora passar o determinado no contrato, existirá uma multa a ser paga pela ultrapassagem de demanda.

Para a modalidade tarifária azul, há dois valores de demanda, um para o período de ponta e outro para o período de fora ponta. Em se tratando de modalidade tarifária verde, não haverá contrato de demanda de ponta, presumindo-se que a unidade consumidora não faz utilização de energia elétrica neste período ou que se utiliza de outras fontes de alimentação para suas atividades. Caso haja realização de consumo no horário de ponta, uma tarifa elevada de transporte e de energia, no caso do consumidor cativo, será aplicada.

##### 3.3.4.1 MODALIDADE TARIFARIA MAIS ADEQUADA PARA CONSUMO

Isto depende de algumas variáveis, mas a mais importante é o consumo de horário de ponta. No mercado livre de energia, os agentes que compram energia incentivada, recebem descontos nos valores pagos de transmissão (TUSD) no período de ponta, além de descontos no valor fixo de demanda, porém, é preciso verificar se não seria mais

vantajoso estar ligado à concessionária em um regime tarifário de modalidade azul, caso haja grande consumo de energia no período de ponta [17].

É preciso realizar simulações e levantamento das potências de máquinas instaladas para chegar ao valor ideal de demanda a ser contratada e verificar o consumo para chegar à modalidade tarifária ideal [17].

## 4 ATIVIDADES RELACIONADAS A UMA BOA GESTÃO ENERGÉTICA NA INDÚSTRIA TÊXTIL

Segundo a Confederação Nacional da Indústria (CNI), o setor industrial é responsável pelo consumo de 41% da energia elétrica do Brasil, ao passo que cerca de 537 mil unidades estão em funcionamento no país. Nesse sentido, a relação intensa entre as indústrias e o consumo da energia elétrica é evidente. Isso ilustra a importância de atividades voltadas para a obtenção de eficiência energética nas indústrias [18].

Pelas informações obtidas pela (Procel) - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, ao se levar em consideração as indústrias, residências e comércio, o desperdício de energia elétrica se aproxima da casa dos 22 milhões de kW, o que chega a representar cerca de US\$ 1,54 bilhões por ano.

À medida que o consumo de energia elétrica aumenta, um maior suprimento de energia nas atividades deve ser considerado. Para isso, investimentos em geração, distribuição e transmissão devem ser realizados, de forma que a demanda industrial seja atendida com confiabilidade. Devido a esse fato, a implantação e incentivos a programas e projetos de uso eficiente da energia devem ser estimulados pelo país, uma vez que os desafios no setor energético crescem gradativamente no Brasil.

Nesta seção será mostrado algumas atividades desenvolvidas a fim de se obter cortes nos gastos com energia elétrica, e conseqüentemente, uma gestão energética eficaz direcionada a indústria têxtil, dentro dessas atividades tem-se: correção de fator de potência por banco de capacitores, uso de manutenções periódicas em motores, métodos direcionados a climatização, monitoramento via internet de celular GPRS, substituição de motores de indução de corrente alternada e contínua por de ímã permanente, instalação de sensores de vibração e gestão no uso da iluminação.

## 4.1 CORREÇÃO DO FATOR DE POTÊNCIA POR BANCO DE CAPACITORES

O estudo de caso apresentado nessa seção, relata algumas informações importantes para a elaboração de projetos voltados ao uso de banco de capacitores a fim de corrigir os reativos presentes na rede elétrica. Os conhecimentos expostos estão segundo o livro intitulado “Eficiência Energética – Teoria & Prática” [15], onde a ação de gerenciamento energético está direcionada à correção do fator de potência implementada numa empresa do ramo da indústria têxtil.

A realização de um diagnóstico energético através da consultoria de uma ESCO viabiliza avaliar com profundidade o custo da energia elétrica, e assim, procurar elaborar projetos que solucionem o problema apresentado.

A conta de energia elétrica gerada pela concessionária local para os consumidores da estrutura tarifária horo-sazonal ou da estrutura tarifária convencional de alta tensão, possibilitou que fossem observados problemas com baixo fator de potência. O Faturamento de Demanda Reativa (FDR) ou o Faturamento de Energia Reativa (FER), que podem ocorrer simultaneamente ou não, são indicativos de gastos provocados pelo baixo fator de potência.

Outros indicativos de custos extras com energia elétrica observados na conta de energia elétrica foram provenientes de ultrapassagem de demanda ou de ociosidade de demanda contratada. A redução destes custos dependeu de uma avaliação histórica da sazonalidade da carga e muitas vezes de ações gerenciais sobre o processo produtivo, garantindo assim, com menor risco, que os limites de demanda não fossem ultrapassados.

Tendo conhecimento que o consumidor apresentou o problema de baixo fator de potência, decidiu-se que seria feito um investimento na instalação de bancos de capacitores para corrigir o fator de potência.

### 4.1.1 METODOLOGIA PARA IMPLANTAÇÃO DE BANCO DE CAPACITORES

Para atender as condições de fornecimento de energia elétrica, no que se refere ao fator de potência, uma instalação deve ter no mínimo o fator de potência igual a 0,92

indutivo no período das 6 às 24 horas, e 0,92 capacitivo no período das 24 às 6 horas, conforme estabelecido na Resolução da ANEEL no 456/2000.

Sendo assim, é necessário conhecer a curva de carga de potência ativa e reativa durante o período de faturamento mensal, para a realização dos cálculos dos fatores de potência médios horários para compensação.

Os dados são obtidos através da instalação de analisadores de energia elétrica, posicionados em um ponto equivalente ao medidor da concessionária. Estes dados também podem ser obtidos através da solicitação junto à concessionária, da memória de massa do medidor com o pagamento da correspondente taxa do serviço.

Se o consumidor não tem planos recentes de ampliação ou redução de carga, ou se não apresenta um processo com forte sazonalidade, é possível determinar uma curva de carga típica, como dados de referência para o cálculo do banco de capacitores, de forma que o problema seja corrigido em sua totalidade ou quase totalidade durante o ano.

A metodologia de realização do estudo para correção do fator de potência, ocorreu de acordo com as seguintes etapas:

- Identificar o problema;
- Quantificar os custos excedentes;
- Obtenção da curva de carga ativa e reativa através de medição;
- Cálculo do fator de potência horário;
- Cálculo da potência reativa capacitiva;
- Definição e especificação do banco de capacitores;
- Compra e contratação de serviço para instalação;
- Instalação;
- Acompanhamento dos resultados com nova medição ou pela fatura de energia.

Para determinar a potência reativa do banco de capacitores, é importante considerar as variações da solicitação de reativos ao sistema, buscando, na medida do possível, usar mais os bancos de capacitores fixos ao invés dos automáticos (que dependem de um circuito de automação com medição instantânea), contadores auxiliares e cabos de comunicação e comando, sendo por sua vez mais caros. Contudo, é importante desligar os bancos quando os equipamentos consumidores de reativos estiverem desligados, para evitar excedente de capacitivo nos horários da madrugada.

O funcionamento do banco de capacitores automático pode ser uma opção a ser realizada, sendo através da monitoração do fator de potência global pelo gerenciador de energia. O monitoramento é feito através de pulsos de potências ativa e reativa enviados pelo medidor ao gerenciador. Assim, o acionamento dos estágios do banco de capacitores, é realizada conforme a solicitação de compensação das cargas acionadas. Se o resultado estivesse diferente da referência adotada no controlador, esses estágios de capacitores seriam adicionados ou retirados.

#### 4.1.2 DETALHES DA IMPLEMENTAÇÃO COM BANCO DE CAPACITORES

A instalação de bancos de capacitores para correção do fator de potência pode ser feita de diferentes maneiras, dependendo da lógica de funcionamento dos equipamentos. Neste caso, optou-se por tomar os dados de medição da concessionária ao invés de fazer a medição através de transformadores de potencial (TPs) e de transformadores de corrente (TCs), pois os equipamentos eram de baixa tensão. Para instalar estes equipamentos alguns aspectos foram considerados:

- Local da cabine de medição da concessionária;
- Local onde será instalado o banco de capacitores;
- Local onde será instalado o gerenciador e seus controladores;
- Local onde será instalado o *software* de monitoramento.

## 4.2 MANUTENÇÃO PERIÓDICA DE MOTORES DE INDUÇÃO NA INDÚSTRIA

Uma das principais causas de defeitos em motores de indução de corrente alternada e continua na indústria, é falta de manutenção e conseqüentemente a queima do motor pelo desgaste excessivo dos rolamentos. Aplicação dos diversos tipos de manutenção é essencial para a aquisição de uma boa gestão energética na indústria, assim como verificação do torque mecânico, temperatura e velocidade, dentre outros. Os conhecimentos expostos estão segundo o trabalho de conclusão de curso “Guia da Gestão Ótima na Manutenção de Motores de Indução na Indústria” [18].

#### 4.2.1 MANUTENÇÃO CORRETIVA

Embora possa parecer ausência de uma política de manutenção, a manutenção corretiva é uma alternativa aparente. O problema dessa política não está em fazer intervenções corretivas, mas em que sua aplicação isolada requer enormes estoques de peças para suportar as sucessivas quebras, tornando o trabalho imprevisível e, portanto, sem um plano capaz de equacionar os custos. Entretanto, levando-se em consideração a importância do equipamento no processo, o seu custo e as consequências da falha, pode-se chegar à conclusão de que qualquer outra opção que não a corretiva pode significar custos excessivos.

Em outras palavras, a manutenção corretiva é a melhor opção quando os custos da indisponibilidade são menores do que os custos necessários para evitar a falha, condição tipicamente encontrada em equipamentos sem influência no processo produtivo.

#### 4.2.2 MANUTENÇÃO PREDITIVA

A manutenção preditiva caracteriza-se pela medição e análise de variáveis da máquina que possam prognosticar uma eventual falha. Com isso, a equipe de manutenção pode se programar para a intervenção e aquisição de peças (custo da manutenção), reduzindo gastos com estoque e evitando paradas desnecessárias da linha de produção (custo da indisponibilidade).

Por ser uma manutenção de acompanhamento, a preditiva exige uma mão-de-obra mais qualificada para o trabalho e alguns aparelhos ou instrumentos de medição. Seu aparente alto custo é plenamente recompensado por seus resultados, situando-se mais próximo do ponto ótimo da relação custo-benefício em equipamentos cuja parada traz grandes prejuízos ao processo e em que o custo do estoque de equipamento/peça também é elevado.

#### 4.2.3 MANUTENÇÃO PREVENTIVA

Com a utilização de um plano de manutenção adequado os custos operacionais se tornam mais baixos, já que os elementos do processo passarão a desenvolver suas atividades de forma mais eficiente.

A manutenção preventiva obedece a um padrão previamente esquematizado, que estabelece paradas periódicas com a finalidade de permitir a troca de peças gastas por novas, assegurando assim o funcionamento perfeito da máquina por um período predeterminado.

O método preventivo proporciona um determinado ritmo de trabalho, assegurando o equilíbrio necessário ao bom andamento das atividades. O controle das peças de reposição é um problema que atinge todos os tipos de indústria. Uma das metas a que se propõe o órgão de manutenção preventiva é a diminuição sensível dos estoques. Isso se consegue com a organização dos prazos para reposição de peças.

Assim, ajustam-se os investimentos para o setor. Se uma peça de um conjunto que constitui um mecanismo estiver executando seu trabalho de forma irregular, ela estabelecerá, fatalmente, uma sobrecarga nas demais peças que estão interagindo com ela. Como consequência, a sobrecarga provocará a diminuição da vida útil das demais peças do conjunto. O problema não pode ser resolvido com a troca da peça problemática, com antecedência, para preservar as demais peças.

Através do gerenciamento da manutenção produtiva, Xenos (1998) descreve que os gerentes das áreas de manutenção e produção de vários tipos de organização encontrarão orientações práticas e confiáveis sobre os métodos para melhorar os resultados das atividades de manutenção, obtendo alta confiabilidade operacional de sistemas de produção.

#### 4.2.4 TERMOGRAFIA

Na manutenção preditiva ou preventiva, a Termografia apresenta-se como uma técnica de inspeção de grande importância na obtenção de informações e análises das condições operativas dos componentes elétricos ou mecânicos constituintes dos equipamentos. Com a finalidade de revelar o grau de desgaste e as condições de funcionamento e segurança.

A Termografia pode ser definida como uma técnica não-destrutiva de sensoriamento remoto que possibilita a medição de temperaturas ou a avaliação das diferenças da distribuição térmica sobre os equipamentos, a partir do princípio da radiação infravermelha emitida pelos corpos. A radiação infravermelha é captada por sensores que são capazes de transformar esta em informações tanto qualitativas quanto quantitativas necessárias à análise termográfica. A Termografia permite:

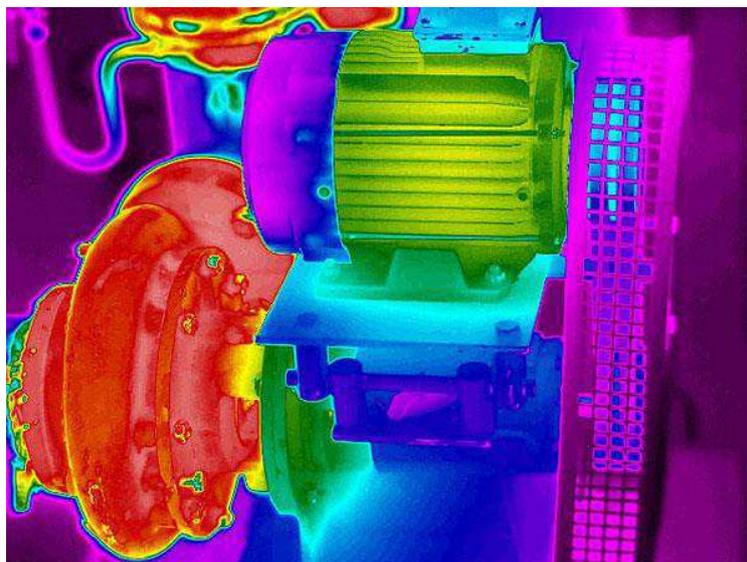
- Realizar medições sem contato físico com o equipamento, garantido segurança;
- Verificar os equipamentos em pleno funcionamento, não interferindo na produção;
- Inspeccionar grandes superfícies em pouco tempo, apresentando alto rendimento.

A Termografia é a técnica que estende a visão humana através do espectro infravermelho, atualmente ela tem um papel muito importante na área de manutenção preditiva. Através da sua utilização é possível eliminar muitos problemas de produção, evitando falhas elétricas, mecânica e fadiga de materiais.

A Termografia é uma técnica de inspeção não destrutiva e não invasiva que tem como base a detecção da radiação infravermelha emitida naturalmente pelos corpos com intensidade proporcional a sua temperatura. Através desta técnica é possível identificar regiões, ou pontos, onde a temperatura está alterada com relação a um padrão pré-estabelecido. É baseada na medida da radiação eletromagnética emitida por um corpo a uma temperatura acima do zero absoluto.

O princípio da Termografia está baseado na medição da distribuição de temperatura superficial do objeto ensaiado, quando este estiver sujeito a tensões térmicas (normalmente calor). Medição esta que é realizada pela detecção da radiação térmica ou infravermelha emitida por qualquer corpo, equipamento ou objeto.

**Figura 12:** Utilização da Termografia em Motor de Indução.



**Fonte:** Andrada de Montero (2015).

Todo componente elétrico gera calor devido à perda de energia durante o processo. Tipicamente, quando estes componentes se tornam menos eficientes, eles emitem mais calor. A temperatura de um componente defeituoso vai aumentar rapidamente antes de sua falha. A câmera termográfica é aplicada para avaliar a condição térmica dos componentes elétricos. A alta resolução de imagens térmicas fornecidas pela câmera IR pode ser usadas para descobrir potenciais problemas de equipamentos elétricos e eles podem ser armazenados para que sejam analisados mais tarde.

Uma inspeção termográfica identifica possíveis problemas antes que os mesmos ocorram e possibilita a realização de ajustes ou correções antes da próxima parada programada. Além disso, é uma técnica 100% segura, não oferecendo risco nenhum a equipe que realiza ou acompanha a inspeção, devido a distância de segurança que o trabalho é realizado.

A Termografia pode localizar rapidamente as conexões de alta resistência, desequilíbrio de carga e sobrecarga, enquanto o sistema de detecção está ainda operando, economizando tempo e dinheiro. Com uma câmera infravermelha, falhas catastróficas não programadas podem ser prevenidas com um baixo custo de equipamentos de teste e um programa.

Atualmente a Termografia tem aplicações em inúmeros setores; na indústria automobilística é utilizada no desenvolvimento e estudo do comportamento de pneumáticos, desembaçador do para-brisa traseiro, freios, no sistema de refrigeração, turbo, etc. Na siderurgia tem aplicação no levantamento do perfil térmico dos fundidos, durante a solidificação, na inspeção de revestimentos refratários dos fornos

### 4.3 CLIMATIZAÇÃO PARA SOLUCIONAR PROBLEMAS NA QUALIDADE DO AR NA INDÚSTRIA TÊXTIL

Nesta seção será exposto a utilização de um sistema de climatização, que usa a base funcional de um Climatizador Evaporativo, onde esse sistema será aplicado diretamente na linha de produção, a fim de melhorar a homogeneização das condições climáticas – como também o uso de ventilação natural e mecânica, para que pudesse renovar de forma mais abrangente o ar dentro da fábrica [19].

#### 4.3.1 CLIMATIZADOR EVAPORATIVO DE AÇÃO DIRETA

O sistema tradicional prevê o insuflamento através de difusores instalados no teto e este novo sistema, o insuflamento do ar é feito diretamente sobre o maquinário com o objetivo de melhorar a homogeneização das condições e reduzir os custos com o consumo de energia [19].

Em tecelagem, a urdidura é o conjunto de fios dispostos longitudinalmente através dos quais a trama é tecida. Para garantir as condições do processo, é instalado abaixo do forro um conjunto de difusores de insuflamento longitudinal. Estes difusores especiais estarão num ponto situado entre o urdume e a cala em altura próxima dos teares para concentrar o fluxo de ar diretamente sobre o processo, evitando perdas para o ambiente promovendo um ganho de eficiência na instalação [19].

A característica e disposição dos difusores longitudinais, insuflando diretamente na zona de inserção da trama, aliada as aberturas no piso localizadas sob o urdume e a aplicação dos filtros rotativos automáticos, garantem a manutenção das condições ideais e a limpeza eficiente nos ambientes climatizados. O controle automático das condições de temperatura e umidade relativa será obtido através de um conjunto de controle automático idêntico ao do sistema convencional [19].

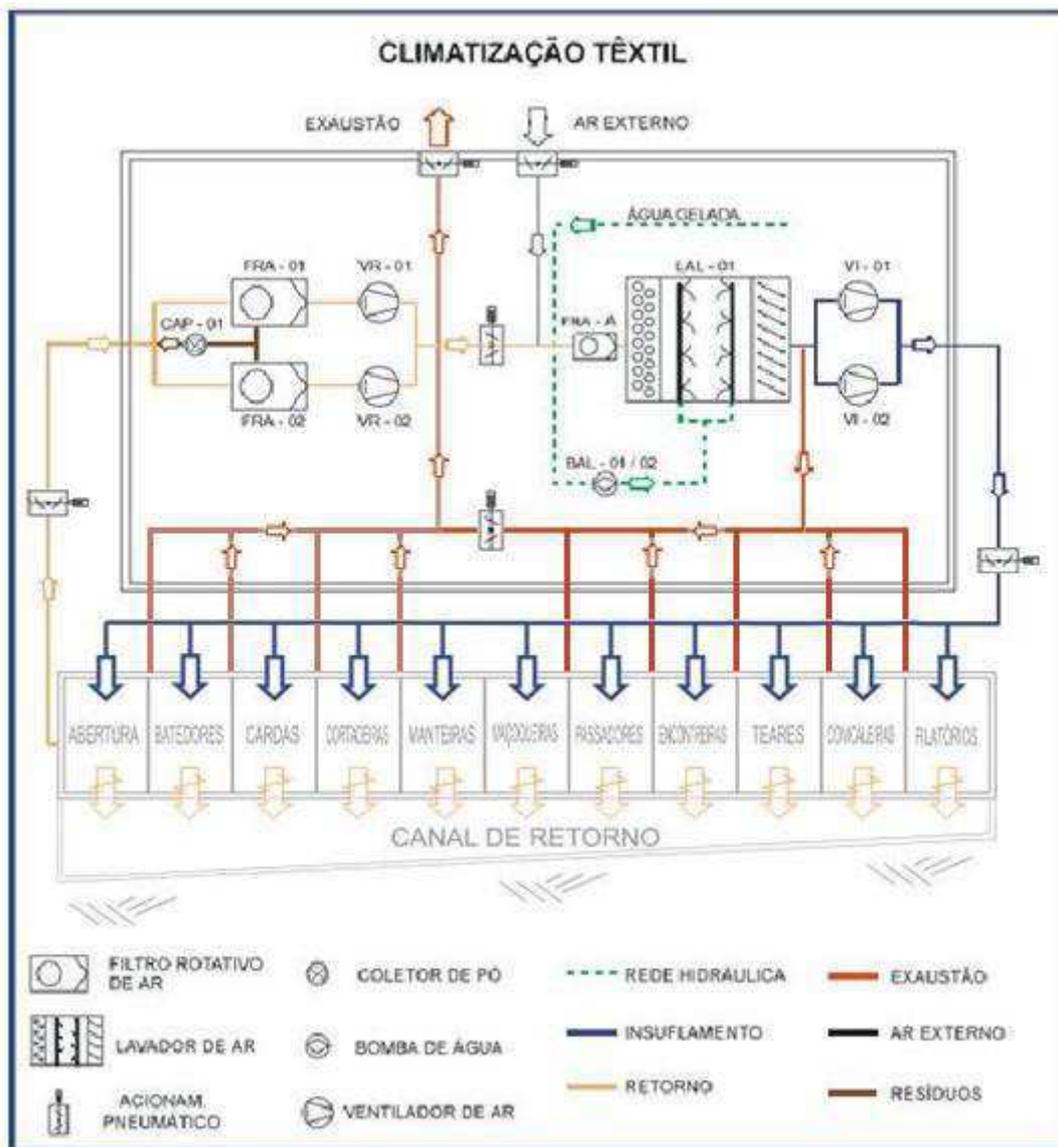
As vantagens deste tipo de sistema de climatização direta são listadas logo abaixo:

- Climatizar a fábrica com umidade relativa mais baixa;
- Climatizar o tear a uma umidade adequada ao padrão em processamento;
- Proporcionar limpeza eficiente no ponto de origem das impurezas;
- Obter uma regulagem de ar localizada para balanceamento;
- Reduzir a vazão de ar e a vazão de água no ambiente;
- Melhorar a qualidade do produto e aumentar a vida útil dos teares;

O controle adequado da poluição do ar tem início com uma adequada ventilação das operações e processos industriais (máquinas, tornos, equipamentos, etc.), seguindo-se uma escolha conveniente de um coletor dos poluentes (filtros, ciclones, etc.). Todavia, ao se aplicar a ventilação numa indústria, é preciso verificar antes, as condições das máquinas, equipamentos, bem como o processo existente, a fim de se obter a melhor eficiência na ventilação [19].

Mais adiante se pode ver um esquema tático de como foi projetado o sistema de climatização focado diretamente na parte dos maquinários utilizados na linha produtiva da indústria têxtil. Nele temos um sistema composto por: filtro de ar, coletor de pó, ventilador de ar, lavador de ar, acionamento pneumático (para insuflamento e exaustão) e bomba d'água. Onde o insuflamento é direcionado exatamente nas máquinas na linha de produção têxtil [19].

**Figura 13:** Sistema de Climatização Direta na Linha Produtiva.

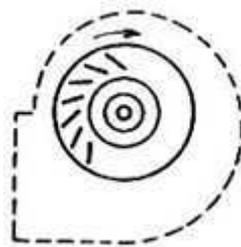


**Fonte:** Casado e Montero (2011).

De antemão do esquema acima abordado, teremos uma pequena explicação adiante de algumas de suas partes integrantes, como por exemplo, o ventilador e o lavador de ar [19].

- Ventilador centrífugo (pás para trás): um ventilador centrífugo como é visualizado na Figura consiste em um rotor, uma carcaça de conversão de pressão e um motor. O ar entra no centro do rotor em movimento na entrada, e acelerado pelas palhetas é impulsionado da periferia do rotor para fora da abertura de descarga. As pás para trás apresenta maior eficiência e auto-limitação de potência. Isso significa que, se o ventilador está sendo usado em sua máxima potência, o motor não será sobrecarregado por mudanças de sistema de dutos.

**Figura 14:** Representação de um Ventilador Centrífugo.



**Fonte:** Casado e Montero (2011).

- Lavador de ar: o equipamento consiste basicamente de uma carcaça metálica construída em aço carbono, um sistema de pulverização e uma área de eliminação de gotículas fabricada em polipropileno, conjunto este a ser instalado em gabinete de alvenaria. O sistema de pulverização é formado por um conjunto de células submetidas, através de bicos pulverizadores, à jatos contínuos de água, proporcionando alta eficiência de filtragem e saturação do ar.

**Figura 15:** Representação de um Lavador de Ar.



**Fonte:** Casado e Montero (2011).

#### 4.3.2 SISTEMA DE VENTILAÇÃO

A importância do ar para o homem é bastante conhecida, sob o aspecto da necessidade de oxigênio para o metabolismo. Por outro lado, a movimentação de ar natural, isto é, através dos ventos, é responsável pela troca de temperatura e umidade que sentimos diariamente, dependendo do clima da região. A movimentação do ar por meios não naturais constitui-se no principal objetivo dos equipamentos de ventilação, ar condicionado e aquecimento, transmitindo ou absorvendo energia do ambiente, ou mesmo transportando material, atuando num padrão de grande eficiência sempre que utilizado em equipamentos adequadamente projetados [19].

A forma pela qual se processa a transferência de energia e que dá ao ar capacidade de desempenhar determinada função. A velocidade, a pressão, a temperatura e a umidade envolvem mudanças nas condições ambientais, tornando-as propícias ao bem-estar do trabalhador. A ventilação é um método para se evitarem doenças profissionais oriundas da concentração de pó em suspensão no ar, gases tóxicos ou venenosos, vapores [19].

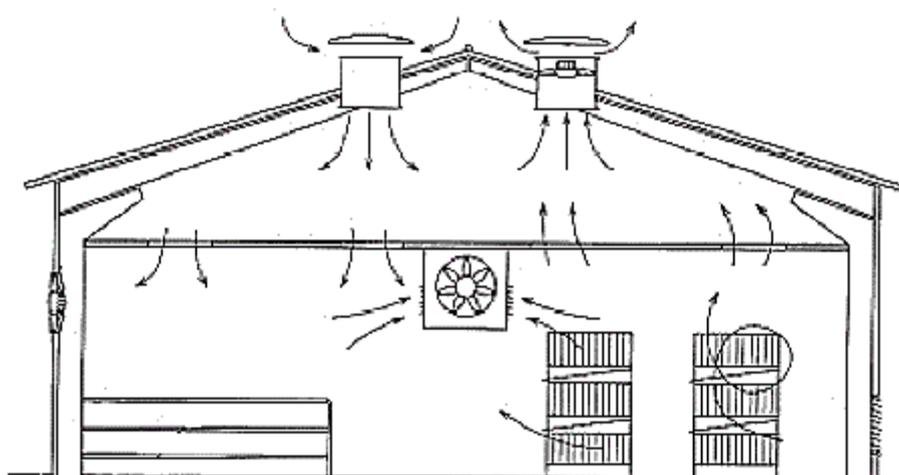
O controle adequado da poluição do ar tem início com uma adequada ventilação das operações e processos industriais (máquinas, tornos, equipamentos, etc.), seguindo-se uma escolha conveniente de um coletor dos poluentes (filtros, ciclones, etc.). Todavia, ao se aplicar a ventilação numa indústria, é preciso verificar antes, as condições das máquinas, equipamentos, bem como o processo existente, a fim de se obter a melhor eficiência na ventilação. A modernização das indústrias, isto é, mecanização e/ou automação, além de aumentar a produção melhora sensivelmente à higiene do trabalho com relação a poeiras, gases, etc [19].

Para a classificação dos sistemas de ventilação, é preciso levar em conta a finalidade a que se destinam. Dessa forma, os objetivos da ventilação são [19]:

- Ventilação para manutenção do conforto térmico: restabelecer as condições atmosféricas num ambiente alterado;
- Ventilação para manutenção da saúde e segurança do homem: reduzir concentrações no ar de gases vapores, até que baixe a níveis compatíveis com a saúde;
- Ventilação para conservação de materiais e equipamentos: reduzir aquecimento de motores elétricos, máquinas, etc.

Neste caso, podemos ver na figura abaixo o uso de ventiladores do tipo axial para a melhoria do fluxo de ar na indústria. Dessa forma, garantindo uma melhoria da linha de produção, visto que assim teremos uma renovação do ar dentro da mesma e assim podendo assim reduzir tanto o “clima pesado” que existe como melhorando a temperatura ambiente [19].

**Figura 16:** Esquema Ventilação na Indústria.



**Fonte:** Casado e Montero (2011).

## 4.4 MONITORAMENTO VIA INTERNET POR CELULAR

### GPRS

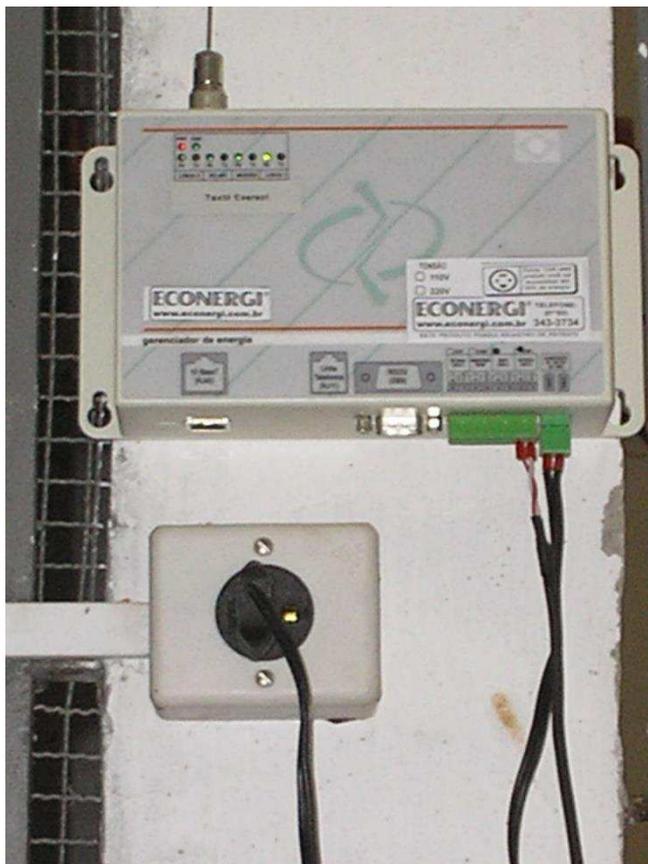
A monitoração via internet de celular GPRS possui como proposta reduzir os custos com energia elétrica, através do uso de uma tecnologia moderna e fácil de ser manuseada, apresentando nenhum risco aos profissionais comprometidos na manutenção desse sistema. Assim, através da implantação desse monitoramento a empresa ganha no que diz respeito a: manutenção de motores, melhoria no processo produtivo, preço justo da energia elétrica, competitividade no mercado de trabalho, dentre outros [20].

#### 4.4.1 MOTIVAÇÃO PARA O USO VIA INTERNET ATRAVÉS DE CELULAR

O processo de monitoração via internet através de celular possui características como: sincronismos com as medições da concessionária, fato importante a ser considerado no âmbito da gestão energética, a consulta pode ser realizada de qualquer

parte do mundo, já que a internet dos dias de hoje é o principal meio de comunicação global, estrutura de banco de dados robusta (Oracle/ SQL Server), expansível até milhares de pontos de medição, menor custo de implantação e operação, fácil instalação e transmissão de dados via celular (GPRS), possui *software* de fácil manuseio e o menor preço de mercado.

**Figura 17:** Instalação do Monitoramento Via Internet Através de Celular GPRS.



**Fonte:** Montero (2010).

#### 4.4.2 MOTIVAÇÃO PARA USO DE CELULAR GPRS

Os celulares GPRS possuem várias características que favorecem o seu uso, dentre elas pode-se destacar:

- Centralização: permite o gerenciamento de inúmeras plantas dos responsáveis parceiros espalhados pelo país;
- Apoio remoto: permite que especialistas acompanhem o gerenciamento à distância, propondo ações e melhorias;

- Simplicidade de uso: maior intimidade dos usuários com as aplicações *Web* (Internet Explorer, Chrome, *Firefox*);
- Confiabilidade: Menor número de componentes no sistema e maior segurança nos bancos de dados (SQL, redundância, *backup*);
- Baixo custo: dispensa a aquisição dos equipamentos, e a instalação é extremamente simplificada.

#### 4.4.3 GATEWAY DE COMUNICAÇÃO

O *gateway*, ou ponto de ligação, é uma máquina de caráter intermediário, destinada geralmente a fazer a ligação entre as redes, dividir os domínios de colisão, ou alguns casos traduzir protocolos. Seus principais recursos e características são:

- Aquisição de leituras da medição da concessionária no padrão CODI-ABNT;
- Capacidade de controle de demanda, consumo e fator de potência através de até 64 relés independentes;
- Expansível até 48 pontos de medição (2 concessionárias, 32 setoriais e 14 virtuais);
- Compatível com linhas telefônicas convencionais, redes Ethernet, ou celular GSM/GPRS;
- Criptografia de 128 bits na transmissão de dados;
- Memória de Massa para 104 dias;
- Compatível com Servidores *Proxy*, *Gateways*, Roteadores, *Firewalls*.

## 4.5 SUBSTITUIÇÃO DE MOTORES DE INDUÇÃO POR DE ÍMÃ PERMANENTE

Motores elétricos tornaram-se essenciais na vida das pessoas. Desde simples trabalhos domésticos, como por exemplo no uso de um liquidificador, até grandes processos industriais como extrusoras, compressores, moinhos e esteiras transportadoras [21].

Em períodos de escassez de recursos, racionamento de energia e altas tarifas, os pensamentos se voltam à eficiência energética e à busca por motores com maior rendimento, sem perder de vista a economia nos investimentos [21].

#### 4.5.1 TIPOS DE MOTORES

O motor de indução é o de maior aceitação nas indústrias, visto que apresenta maior robustez, simplicidade de manutenção e baixo custo, podendo ser utilizado em sistemas monofásicos ou trifásicos [21].

Os motores de indução de corrente alternada (CA) são basicamente constituídos por Rotor e Estator, onde o rotor pode ser constituído de condutores de cobre ou alumínio, engastados ou fundidos nas ranhuras do núcleo de ferro ou aço laminado. O estator é compreendido por carcaça, núcleo magnético e enrolamentos, por onde fluirá a corrente elétrica. Sua carcaça tem função de sustentação e ainda possui aletas para auxílio na refrigeração [21].

Para os motores de indução de corrente contínua (CC) seu controle é mais simples dentre os demais, sendo mais utilizados nas aplicações com exigência de alto torque e variação de velocidade. Também constituído principalmente de rotor e estator, porém com grandes diferenças dos motores CA. O rotor, normalmente chamado de armadura, possui enrolamento energizado através do conjunto comutador e escovas [21].

No que diz respeito aos motores de ímã permanente, eles estão sendo inseridos no mercado com grandes vantagens ao consumidor, principalmente em eficiência energética. Sua característica promissora é oferecer maior potência, trabalhando em menor espaço, com dimensões reduzidas e menor custo. Como este motor não pode ser ligado diretamente à rede, é necessário o uso um inversor com software incorporado específico. Esse controle é realizado sem a utilização de sensores, contando apenas com automação de seu inversor. Sua construção é simples e simples instalação [21].

#### 4.5.2 VANTAGENS DOS MOTORES DE ÍMÃ PERMANENTE PARA OS DE INDUÇÃO

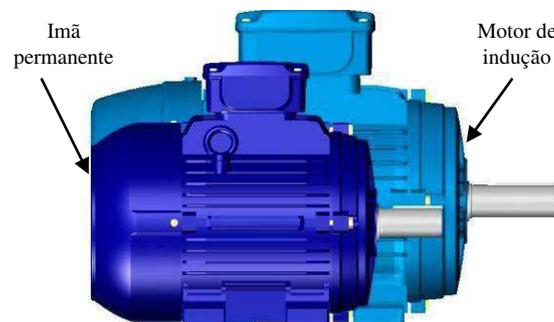
Os motores de ímã permanente são os mais eficientes dentre todos os motores elétricos e pela ausência de comutador, como nos motores CC, não possui perdas mecânicas. Devido sua distinta geometria de seu rotor, o mesmo evidencia indutâncias

diferentes em seu funcionamento, assim como saliências. Estes itens resultam em um torque de relutância, que auxilia no elevado torque resultante, quando acrescido do torque formado pelos ímãs – torque eletromagnético [21].

Outro fato está relacionado com suas dimensões, que são bem mais reduzidas e ainda conseguem um torque maior e constante. Seus níveis de ruído são os menores possíveis [21].

Comparado a um motor de indução equivalente, o volume do motor de ímã permanente é reduzido em aproximadamente 47%, resultando em uma alta relação de torque/volume e uma redução de 36% no peso, mostrado na Figura 18 [21].

**Figura 18:** Comparação entre as Dimensões de Motores de Indução e Ímã Permanente.



**Fonte:** Ribeiro e Prado.

Sua vida útil depende somente dos isolamentos das bobinas, rolamentos e desmagnetização de seus ímãs, não sendo necessária manutenção do motor. Porém, dependendo do ímã utilizado no motor, poderá elevar os custos desse motor [21].

Suas aplicações são tão abrangentes quanto aos motores CA e CC, como por exemplo em [21]:

- Bombas;
- Sistemas de ventilação;
- Extrusoras;
- Esteiras transportadoras;
- Bobinadeiras de papel;
- Compressores, entre outros.

## 4.6 SENSOR DE VIBRAÇÃO

A análise vibracional nas máquinas elétricas proporciona uma economia significativa para a empresa, quando aplicada ao setor de manutenção das fábricas, facilitando na orientação dos cronogramas de manutenção do maquinário e evitando, portanto, paradas inesperadas, que trazem prejuízos a produção. Pois na concepção moderna de gestão de manutenção é bastante importante investir na manutenção proativa, buscando identificar as causas dos defeitos e não esperando que os defeitos apareçam [22].

### 4.6.1 VANTAGENS DESTA MÉTODO DE AVALIAÇÃO

O uso desses sensores de vibração nas máquinas elétricas traz vantagens significativas na questão energética de uma empresa, assim, para esse método de avaliação pode ser citado [22]:

- Não é preciso parar a máquina em produção para escutar e analisar os motores, reduzindo, portanto, o prejuízo proveniente de uma parada ou de um atraso da produção. O que era necessário no antigo método parar a máquina para depois abri-la e tendo a necessidade de jameá-la, para permitir que a máquina funcione para a avaliação dos motores, caso contrário o sistema de segurança da máquina não permitirá;
- Traz segurança ao técnico na operação de escuta dos motores, sem a necessidade de abrir a máquina e jameá-la. O risco de acidentes é provável devido a presença de correias em velocidades altas, engrenagens e grandes polias em movimento;
- Um maior número de máquinas analisadas máquina/dia;
- Mais detalhes das vibrações, conseqüentemente. Uma maior precisão na análise da vibração.

## 4.7 RETROFIT DE ILUMINAÇÃO

Em alguns casos é necessária a substituição dos equipamentos. Em outros, é necessário o desenvolvimento de novo projeto luminotécnico. Ainda assim, muitas vezes a economia de energia paga o investimento inicial [23].

Aplicado à iluminação, o conceito de retrofit significa modernizar o sistema existente, com a devida substituição de equipamentos como lâmpadas, reatores e luminárias por outros com tecnologias mais avançadas e eficientes. É recomendado, principalmente, quando a instalação está obsoleta, apresentando desempenho luminotécnico inadequado e consumo de energia excessivo [23].

### 4.7.1 USO DE LÂMPADAS DO TIPO LED

À demanda por modernização dos sistemas, a indústria da iluminação tem respondido com inovações cada vez mais frequentes. O LED é talvez a novidade mais celebrada dos últimos anos. E não é para menos. Lâmpadas que usam a tecnologia geram economia de energia de até 85%, em comparação com os modelos convencionais [23]. Considerando também a ampla vida útil, baixo consumo de energia elétrica e zero de manutenção, a substituição por LED é inevitável [24].

Em indústrias, por exemplo, a eficiência energética em led representa um papel cada vez mais importante na iluminação de linhas de produção. Um alto fluxo luminoso, eficiência e longa vida útil devem ser considerados nas fontes de luz, além da preocupação com a manutenção, pois em locais com pé direito elevado ou dificuldade de acesso devem ter uma iluminação com vida útil elevada e eficiente [25].

Sem dúvida, os projetos que visam à iluminação em led só trazem benefícios em relação à eficiência e à economia, pois, se o valor ainda que esteja acima dos métodos convencionais, quando se faz a conta do custo-benefício, o projeto se paga ao longo de pouco tempo [23].

Portanto, é importante considerar todas as questões de eficiência energética e econômica ao projetar a iluminação de uma empresa e fazer a opção de escolher o led, levando em consideração a produtividade e a redução de custos com manutenção e trocas de luminárias e lâmpadas. A realidade da iluminação em led nos ambientes corporativos, além de aumentar a produtividade dos colaboradores, é essencial para a redução de custos [23].

## 5 CONCLUSÃO

Este Trabalho de Conclusão de Curso proporcionou um estudo voltado para implantação da gestão e eficiência energética de energia elétrica em usos finais, aplicada a diagnósticos energéticos de instalações direcionadas ao setor têxtil. Foi observado que é tendência mundial o incentivo ao combate de desperdício de energia através de métodos eficientes e novos costumes de consumo.

Sendo assim, uma das formas de economizar energia elétrica numa indústria do seguimento têxtil, é fazendo-se uso de projetos energéticos que corrijam perturbações na rede elétrica, nas máquinas utilizadas nos processos produtivos, nos setores administrativos (escritórios, o refeitório, a recepção, a controladoria) e de utilidades (centrais, bombas, máquinas de refrigeração, compressores, estação de tratamento de afluentes e efluentes) dentro da empresa, através da implementação de uma gestão energética eficaz.

A partir do estudo realizado, foi possível verificar a importância de atividades direcionadas a gestão energética dentro da indústria têxtil. Pôde perceber que o uso de banco de capacitores impacta positivamente na redução dos custos com energia elétrica, e que bancos de capacitores automático pode ser uma opção viável a ser realizada, sendo através da monitoração do fator de potência global pelo gerenciador de energia. A aplicação dos diversos tipos de manutenção é essencial para a aquisição de uma boa gestão energética na indústria, bem como, a troca de motores de indução por de ímã permanente, a solução encontrada para o problema de climatização do ar por meio de climatizadores evaporativo e ventilação natural ou mecânica, o uso de sensores de vibração a fim de evitar a parada das máquinas de produção e proporcionar maior segurança aos técnicos de operação e a adoção do sistema de monitoramento via internet por celular GPRS.

Conclui-se que a prática de gestão energética de uma maneira eficaz é viável, e que seu uso, quando aplicado ao meio industrial, só tende a gerar benefícios econômicos e sociais aos seus responsáveis e população, sem perda na produtividade e competitividade.

## REFERÊNCIAS

- [1] Freitas, G. E. R., Fonseca, R. J. *Análise de Distúrbios Harmônicos em Componentes do Sistema Elétrico*. Belém, 2006.
- [2] ABIT. *Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecções*. Disponível em: <<http://www.abit.org.br/>>. Acessado em 19/02/2018
- [3] Guerra, S. M. G.; Danella, M. A.; Silva, S. A. S.; Castro, R. A. *Consumo de Energia e Desempenho da Indústria Têxtil Oportunidades de Eficientização Energética*. Disponível em: <<http://www.seeds.usp.br/>>. Acessado em 19/02/2018. DE/FEM/UNICAMP.
- [4] Pereira, G. S. (2009). *Materiais de Processos Têxteis*. Disponível em: <<https://wiki.ifsc.edu.br/>>. Acessado em 15/02/2018.
- [5] FIEMG/FEAM. *Guia Técnico Ambiental da Indústria Têxtil*. Disponível em: <<http://www.feam.br/>>. Acessado em 08/12/2017.
- [6] Kaplan; Koç. E. (2010). *Investigation of Energy Consumption in Yarn Production with Special Reference to Open-End Rotor Spinning*. FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe.
- [7] Filho, F. L. B. S. (2011). *Estudo da Eficiência Energética no Sistema de Ar Comprimido da Unidade V da Vicunha*. Trabalho de Conclusão de Curso a UFC, Fortaleza, 2011.
- [8] Silva, P. V. (2013). *Análise da Eficiência Energética em uma Indústria Têxtil: Um Estudo de Caso Relacionando Perdas e Produtividade*. Dissertação submetida a UFPB, João Pessoa, 2013.
- [9] Carlos, A.; Danella, M. A. (2015). *Metodologia Ações de Eficiência Energética, Operacional e Redução de Perdas*. ARES-PCJ.
- [10] PROCEL EPP/ELETROBRÁS (2010). *Manual do Pré-Diagnóstico Energético-Autodiagnóstico na Área de Prédios Públicos*. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp>>. Acessado em 14/02/2018.
- [11] PROCEL Indústria (2009). *Metodologia de Realização de Diagnósticos Energéticos* (3ª ed.). PROCEL Indústria.
- [12] Celesc Distribuição S.A. *Manual Técnico Orientantico - Eficiência Energética e Gestão da Energia Elétrica na Indústria*. Disponível em: <<http://www.celesc.com.br/portal/>>. Acessado em 15/02/2018.
- [13] Alvarez, A. L. M. (1998). *Uso Racional e Eficiente de Energia Elétrica: Metodologia para a Determinação dos Potenciais de Conservação dos Usos Finais em Instalações de Ensino e Similares*. Tese de Mestrado apresentada a EPUSP, São Paulo, 1998.
- [14] Morales, C. (2007). *Indicadores de Consumo de Energia Elétrica como Ferramentas de Apoio à Gestão: Classificação por Prioridades de Atuação na Universidade de São Paulo*. Tese de Mestrado apresentada a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.
- [15] ELETROBRÁS/PROCEL EDUCAÇÃO (2007). *Eficiência Energética – Teoria e Prática* (1ª ed.). PROCEL EDUCAÇÃO.

- [16] BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *Guia prático: conceitos e ferramentas de gestão e auditoria energéticas*. Brasília: MMA, 2015. 80p.
- [17] InterEnergia. *Gestão e Representação de Consumidores no Mercado Livre de Energia*. Disponível em: <<http://www.interenergia.com.br/>>. Acessado em: 19/02/2018.
- [18] Andrade, P. R. L.; Montero, L. R. R. (2015). *Guia da Gestão Ótima na Manutenção de Motores de Indução na Indústria*. Trabalho de Conclusão de Curso a UFCG, Campina Grande, 2015.
- [19] Casado, R. S. G. R.; Montero, L. R. R. (2011). *Proposta de Climatização para Solucionar Problemas na Qualidade do Ar na Indústria Têxtil*. Seminário de Eletrotécnica Aplicada à Sustentabilidade a UFCG, Campina Grande, 2011.
- [20] Montero, L. R. R. (2010). Programa de Gestão de Eficiência Energética com Monitoração via Internet. Disponível em: <<https://sites.google.com/a/dee.ufcg.edu.br/luisreyes/home/eletrotcnica/avisos/unidade-3-aula-6?pli=1>>. Acessado em 22/02/2018.
- [21] Ribeiro, D. S.; Prado, C. C. Motores de Ímã Permanente. Disponível em: <<http://www.inatel.br/home/>>. Acessado em 22/02/2018.
- [22] Luciano. (2005). Sensor de Vibração. Disponível em: <<https://sites.google.com/a/dee.ufcg.edu.br/luisreyes/home/eletrotcnica/avisos/unidade-3-aula-6?pli=1>>. Acessado em: 15/02/2018.
- [23] AECweb. Retrofit de Iluminação Oferece Eficiência Energética e Operacional. Disponível em: <<https://www.aecweb.com.br/>>. Acessado em 22/02/2018.
- [24] Tairis - Iluminação LED. Retrofit de Lâmpadas Convencionais para Iluminação LED. Disponível em: <<http://blog.tairis.com.br/>>. Acessado em 22/02/2018.
- [25] Celena - Produtos e Projetos Eficientes em Iluminação. Eficiencia Energetica do LED só traz Vantagens ao Mundo Corporativo. Disponível em: <<http://www.celenapar.com.br/>>. Acessado em 22/02/2018.