

2. CONSERVAÇÃO E RACIONALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NO MEIO RURAL

ODIVALDO JOSÉ SERAPHIM¹ NELSON MIGUEL TEIXEIRA¹

2.1 INTRODUÇÃO

A necessidade de conservar e racionalizar o uso de energia elétrica no Brasil, levou o Governo, através das concessionárias estatais de energia elétrica, Agência para Aplicação de Energia, CEPEL, CODI, comandadas pela ELETROBRAS, o DNAEE e em sintonia com a Iniciativa Privada, ABILUX - Associação Brasileira da Indústria de Iluminação; ABRAVA - Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento e outras, à criação do PROCEL - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. Este programa tem como objetivos, promover a conservação e combater o desperdício de energia elétrica, utilizando-se de planos estratégicos, aplicados para a indústria, para o comércio, para o setor residencial e bem discretamente para o meio rural, através de iniciativas das Concessionárias e Órgãos governamentais, como: elaboração de manuais, distribuição de prêmios, realização de palestras, aplicação de tarifas diferenciadas, utilização de fontes renováveis, e etc..

Para retratar as iniciativas das Empresas Estatais e Privadas transcrevemos algumas notas referentes a conservação e ao uso racional de energia elétrica, relacionadas com a economia, o meio ambiente e a sociedade, apresentadas em linhas gerais em artigos, manuais, livros e folhetos, colocados à disposição dos consumidores, descrevendo a importância do assunto em pauta.

A soma dos esforços e a permanente interação entre Governo e Iniciativa Privada pode trazer grandes benefícios a toda sociedade. Conservar energia é, do ponto de vista estratégico, uma atitude moderna e fundamental para o país, pois otimiza os custos e investimentos, estimula a pesquisa e o desenvolvimento tecnológico, além de diminuir impactos ambientais.

O objetivo deste documento é fornecer informações e ferramentas que auxiliem a incorporar técnicas modernas de uso racional e conservação de energia em projetos e instalações que se utilizam da energia elétrica, garantindo o conforto e a redução das despesas operacionais, das obras de engenharia e das instalações elétricas e hidráulicas. Lembrando que, conservar energia não significa redução de conforto e privação dos benefícios que ela proporciona.

Em anexo, apresentamos uma relação das Teses e Dissertações defendidas no Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Energia na Agricultura da Faculdade de Ciência Agrônomicas - UNESP, Campus de Botucatu. Trabalhos estes relacionados com a área de Conservação e Racionalização de Energia Elétrica em

¹ Professor Assistente Doutor do Departamento de Engenharia Rural na área de Eletrificação e Aplicação de Energia Elétrica na Agricultura e Professor do Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração - Energia da Agricultura da FCA/UNESP - Campus de Botucatu , Cx Postal 237, CEP 18.603-970 - Botucatu - SP. Fone/Fax (014) 821 3883 r 194.

atividades do setor rural, os quais mostram a importância do desenvolvimento e da pesquisa no tema em pauta.

2.2 ENERGIA E A SOCIEDADE

IFUSP e CESP (1986). A produção de energia nas sociedades modernas resulta do trabalho de milhares de pessoas. A energia produzida é consumida pelo conjunto da sociedade, mas isso não se dá de maneira uniforme em todos os setores de atividades.

Atividades como mineração, agricultura e produção industrial consomem mais energia que escolas, lojas comerciais ou residências.

Mesmo o consumo residencial de energia é diferente de uma para outra residência. Famílias de maior poder aquisitivo têm condições de consumir mais energia.

As decisões sobre a escolha, a exploração e utilização das fontes devem atender às necessidades do conjunto da sociedade. Mas nem sempre todos os grupos sociais estão em condições de influir na decisão de construir ou expandir um sistema energético. Por outro lado, estas mesmas decisões acabam influenciando na vida de toda sociedade.

A construção de usinas de eletricidade, a prospecção e exploração de petróleo, a construção de destilarias de petróleo e de álcool exigem, em geral, decisões de governo. A definição dos preços da energia também. Numa sociedade que busca ser democrática, espera-se que as decisões procurem representar, cada vez mais, os interesses da maioria dos cidadãos. Isso vale, também, para as decisões sobre a produção e utilização da energia.

Existem também decisões mais simples sobre energia que devem ser tomadas cotidianamente, tanto nos grandes complexos industriais como em uma residência ou numa propriedade rural.

Nas empresas há vários exemplos de decisões sobre o tipo de energia a ser utilizada. Uma panificadora ou uma indústria de cerâmica pode usar fornos a lenha, a óleo combustível ou elétricos. Os custos de instalação e operação de cada tipo de forno são diferentes em cada caso.

Na indústria, no comércio, na agricultura ou nos serviços públicos faz-se constantemente opções energéticas. Os responsáveis por uma indústria metalúrgica devem decidir com que forno aquecer metais, o cafeicultor deve decidir como secar os grãos de café, o dono de uma loja deve escolher que tipo de iluminação utilizar, os responsáveis por um hospital como produzir água quente e vapor. Estas escolhas estão constantemente sendo feitas em todo setor produtivo.

Em uma residência, quando alguém escolhe um aquecedor de água a gás, ao invés de optar por um chuveiro elétrico, está escolhendo o tipo de energia que vai consumir; esta escolha depende de uma avaliação de custos, da convivência e do conforto pessoal. O mesmo se passa quando se opta entre um veículo movido a álcool e outro a gasolina.

Da mesma forma, quando alguém escolhe colocar uma lâmpada de 40 watts de potência num corredor, ao invés de uma de 100 watts, está decidindo economizar energia elétrica.

Do ponto de vista social, as grandes decisões sobre energia afetam a todos. Como vimos, a exploração em grande escala de fontes naturais de energia pode interferir em vários ciclos naturais e comprometer a qualidade de vida das populações.

O petróleo é, mundialmente, essencial para o sistema de transporte, aquecimento e produção industrial. Ele, no entanto, é uma fonte não renovável de energia. A exploração

indiscriminada das reservas de petróleo pode levar a um rápido esgotamento de petróleo no planeta. Ao mesmo tempo, a queima de grandes quantidades de derivados de petróleo contribui para a deterioração da qualidade de vida das populações, devido à poluição que provoca no ar e nas águas.

A exploração de fontes renováveis de energia também pode provocar problemas. A construção de grandes usinas hidrelétricas exige o alagamento de grandes áreas, deslocando pessoas e mesmo cidades inteiras e comprometendo o equilíbrio ecológico de toda uma região. Se as terras alagadas são férteis, há um problema adicional, pois elas ficam inutilizadas para a agricultura. Por outro lado, as hidrelétricas são essenciais para a produção de eletricidade no Brasil.

A produção do álcool, através do cultivo da canas-de-açúcar, diminui no Brasil a importação de petróleo. Mas sendo uma monocultura, traz conseqüências ambientais sérias.

Podemos perceber por estes três exemplos (petróleo, hidrelétricas e álcool) que toda decisão sobre produção de energia depende sempre de uma comparação entre riscos e benefícios. É preciso saber avaliar para poder decidir. Por exemplo, em todo o mundo há um intenso debate em torno da construção de usinas nucleares que, em alguns países, parecem ser necessárias, mas em qualquer parte são sem dúvida, muito arriscadas.

Numa sociedade moderna é muito complexo o sistema de produção de bens de qualquer tipo. É cada vez mais importante que os profissionais compreendam o conjunto de atividades produtivas relacionadas ao seu ofício, além de desempenhá-lo bem.

Com relação às fontes de energia, a exploração de qualquer uma delas implica em custos financeiros e sociais. As decisões sobre energia afetam a todos os cidadãos. É importante que todos tomem consciência desse fato e procurem participar dessas decisões.

2.3 CONSERVAR E RACIONALIZAR O USO DE ENERGIA

Conservar energia implica na transformação da sociedade do desperdício numa sociedade mais racional na utilização de seus recursos globais, especialmente os insumos energéticos. Além disso a conservação pode conduzir à redução da necessidade de novas centrais de geração de energia elétrica, contribuindo para a preservação do meio ambiente.

Basicamente podemos mencionar dois estágios diferentes de conservação: a eliminação dos desperdícios e a introdução de técnicas que aumentem a eficiência no uso da energia. Na maioria dos casos a eliminação dos desperdícios requer um investimento mínimo ou nulo e os resultados são obtidos através da conscientização dos consumidores e usuários. No segundo nível há necessidade de realização de investimentos, seja na substituição de equipamentos e processos por outros de maior rendimento, seja na implantação de dispositivos de controle e operação, investimentos estes com retorno garantido.

MESQUITA (1996). O mundo inteiro vive hoje um novo desafio: continuar seu desenvolvimento e atender as necessidades do homem moderno sem, contudo, degradar de forma irreversível ou desnecessária o meio-ambiente. Esse desafio pode ser resumido por duas palavras: desenvolvimento sustentável. Poucas necessidades levam o homem a interferir mais no meio-ambiente do que a obtenção de energia; por ela devastam-se florestas, inundam-se campos; emite-se grande quantidade de poluentes nos mares, no ar e nos rios. Pela energia faz-se a guerra e todos sabemos de seu caráter estratégico. Que nação conseguiria sobreviver sem energia? Como seria possível manter nosso desenvolvimento

sem disponibilidade energética? Particularmente, o Brasil encontra-se em um desafio ainda maior.

Temos que alcançar taxas significativas de crescimento para obtermos nosso pleno desenvolvimento. Entretanto, sabemos que para possibilitar tal desenvolvimento necessitamos de investimentos energéticos para os quais não se dispõe de recursos. Dentre as opções oferecidas sem dúvida aquela de menor custo é conservar o que nós já temos.

ABILUX (1992). Mais do que nunca, conservar energia é uma questão colocada na ordem do dia para o Brasil. O desafio de participar dos avanços tecnológicos e da competitividade internacional é uma necessidade inquestionável. Não basta crescer, é preciso crescer com inteligência e qualidade.

AGÊNCIA PARA APLICAÇÃO DE ENERGIA (1986). O crescimento econômico do País tem exigido um aumento proporcional na disponibilidade e fornecimento de insumos energéticos. Neste contexto a eletricidade apresenta uma participação crescente ao longo dos anos, respondendo por uma parcela expressiva do consumo nacional de energia. Sua produção e distribuição exige investimentos de elevada monta, devendo ser utilizada racionalmente de modo a evitar seu desperdício.

Apesar dos equipamentos elétricos apresentarem, de maneira geral, elevadas eficiências, nem sempre eles são adequados para a finalidade que se destinam, e muitas vezes não são utilizados de maneira eficiente. O uso racional de energia elétrica pode contribuir significativamente para a redução das despesas operacionais das empresas agro-industriais e propriedades rurais, sem prejuízo do processo produtivo.

Para implementar um programa de racionalização do uso de energia elétrica, é muito importante conhecer as aplicações e os equipamentos que consomem esta forma de energia. De posse destas informações deve-se procurar identificar os pontos onde ocorrem desperdícios de energia elétrica e onde é possível obter maiores economias com a implantação de um programa de ação desta natureza.

ELETROBRÁS (1993). O setor rural representa uma parcela muito pequena no consumo de energia elétrica, sendo em 1990, responsável por somente 3,3 % do consumo total do País. Este setor vem apresentando taxas de crescimento excepcionalmente altas no passado recente, como os 16,8 % a.a. entre 1970 e 1990, como conseqüência do desenvolvimento da eletrificação rural e dos programas de irrigação.

Porém há de se considerar também para o setor rural o consumo das agro-indústrias: Usinas de Açúcar e Alcool, Beneficiadoras de arroz e café, Fábricas de ração e farinhas, Fecularias, Laticínios, Granjas, Frigoríficos e etc., as quais absorvem as produções agropecuárias e as transformam utilizando-se da energia elétrica, e devem ter uma atenção especial no uso racional desta energia nos mesmos padrões das demais indústrias, desenvolvendo tecnologias e se utilizando de fontes renováveis e de processos automatizados para contribuir com a conservação e racionalização de energia.

Estes fundamentos são dirigidos aos consumidores de energia elétrica interessados em reduzir suas despesas mensais, sem comprometer, o conforto, a segurança, a qualidade do seu produto ou sua capacidade de produção.

As atividades industriais, rurais e agroindustriais, abrangem uma larga faixa dos principais usos de energia elétrica no processo produtivo, e a conservação de energia elétrica proporciona as seguintes vantagens:

Para o consumidor:

1. redução do consumo energético e conseqüentes aumento da produtividade, sem afetar a segurança;
2. redução com as despesas com energia elétrica;
3. melhor aproveitamento das instalações e equipamentos elétricos, com conseqüente melhoria na qualidade do produto.

Para a sociedade em geral:

1. redução dos investimentos para a construção de usinas e redes elétricas e conseqüente redução dos custos da energia elétrica;
2. redução dos preços de produtos e serviços;
3. maior garantia de fornecimento de energia elétrica e de atendimento a novos consumidores no futuro.

2.2.2 Utilização de fontes renováveis

ABRAVA (1996). Para a conservação de energia, a energia solar para aquecimento de água tem se mostrado extremamente eficaz. No Brasil, mais do que em outras partes do mundo, utiliza-se preferencialmente a energia elétrica para o aquecimento de água. Parte significativa de nossa energia elétrica é utilizada apenas para este fim (mais de 6% de todo o consumo nacional de energia elétrica é utilizado para alimentar chuveiros elétricos). Uma energia nobre e cara, subutilizada. O Aquecimento Solar tem totais condições de se tornar a opção brasileira de aquecimento de água: custos competitivos, tecnologia própria e uma imensa riqueza energética através de uma fonte inesgotável: o sol. Novas oportunidades mundiais surgem a partir da implantação de sistemas de gerenciamento ambiental, através das normas ISO 14000 e do desenvolvimento do ecoturismo no país, assim como das ações do setor elétrico dentro do conceito de GLD (Gerenciamento pelo Lado da Demanda), todas atreladas à utilização racional da energia.

Hoje, o Setor Elétrico reconhece a urgente necessidade de motivar um novo padrão para a questão do aquecimento de água para o banho no país, haja visto a situação crítica nos horários de ponta de sistema, situação esta que em grande parte ocorre em função da utilização dos chuveiros elétricos.

É importante atentar que no novo “modelo” do setor elétrico brasileiro, a conservação de energia será um instrumento para uma ação comercial vigorosa, bem como para gestão empresarial, dentro de um conceito de planejamento integral de recursos. E a energia solar térmica tem uma importante contribuição para dar neste sentido.

Por outro lado pode ser mais rentável gastar com conservação de energia elétrica do que com a expansão dos sistemas elétricos. E a medida que o Governo permitiu remunerar o capital alocado na conservação de energia elétrica, maior será a atratividade de conservação de energia elétrica para a concessionária.

Há de considerar-se ainda que a adoção deste novo padrão de aquecimento de água para o país deva ser introduzida gradativamente, de forma responsável, para que possa contribuir substancialmente com a redução do chamado “Custo Brasil”, além de promover uma ação social fundamental: acabar com desperdícios, pois somente com o uso competente dos recursos públicos disponíveis poderemos aplicar cada vez mais no desenvolvimento social brasileiro.

2.4 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA - PLANO 2015

ELETROBRÁS (1994). O uso eficiente de energia deve ser entendido como o menor consumo possível para obter uma mesma quantidade de produto ou serviço, não alterando a qualidade, o conforto e a satisfação. Esse conceito é semelhante àquele utilizado em economia, onde a eficiência está relacionada à noção do melhor uso possível dos recursos econômicos disponíveis para produzir um determinado bem.

A tendência nos países desenvolvidos é a de realização de esforços cada vez maiores no sentido do aumento da eficiência energética a partir do uso intensivo de novas tecnologias. Acordo entre organismos governamentais e fabricantes são cada vez mais difundidos objetivando o aumento da eficiência. Existe também uma importante sinergia entre as questões ambientais e as de eficiência energética, visto ser a “cadeia” da energia, da sua obtenção ao uso final, também relevante quanto às conseqüências da demanda de energia para o meio ambiente.

O consumo de energia global nos países desenvolvidos, na década de 80, cresceu 6%, enquanto que seu Produto Interno Bruto (PIB) elevou-se aproximadamente 30%, espelhando dessa maneira, um aumento da eficiência energética global. Tal melhoria decorre, em parte, da política industrial que privilegiou setores não intensivos em energia e de tecnologia avançada (com alto valor agregado), da ampliação da atividade de serviços e comércio e dos esforços para aumentar a conservação de energia e a eficiência energética. Nesse período, o consumo de energia elétrica desses países acompanhou o crescimento do PIB, o que explica parte do menor crescimento da energia global pelo aumento da eficiência decorrente de substituições de combustíveis por eletricidade e pela maior eficiência global dessa modalidade de energia.

Após os choques do petróleo, houve também, nos países desenvolvidos, uma política de transferência, para os países em desenvolvimento, fabricação de produtos intensivos em energia e de baixo valor agregado, contribuindo, dessa maneira, para a redução da intensidade energética. Como exemplo, pode-se citar a indústria de alumínio primário no Japão, cuja produção foi reduzida em 95% na década de 80. Nos países em desenvolvimento, esses processos trouxe efeitos contrários no tocante à relação entre o PIB e consumo de energia, e, sob alguns aspectos, negativos, considerando-se o baixo índice de utilização de mão-de-obra na fabricação desses produtos as necessidades de vultosos investimentos para expandir o sistema energético e os impactos ambientais.

Nos países em desenvolvimento, durante a década de 80, o consumo global de energia cresceu cerca de 45% e o PIB aumentou 38%. ao contrário dos países desenvolvidos, a participação da indústria no PIB continua crescendo.

Os anos que precedam o primeiro choque do petróleo foram marcados por altas taxas de crescimento econômico no Brasil, acompanhadas pelo aumento do consumo global de energia. Esse comportamento pode ser explicado por condições favoráveis tanto no plano interno, capacidade industrial ociosa, quanto no externo - elevada liquidez no mercado internacional e baixos preços de energia particularmente dos combustíveis.

Com o choque de preços, ocorrido em 1973, a participação do petróleo na pauta de importação nacional passou de 14% naquele ano para um patamar de 30% nos anos subsequentes. Com o intuito de minimizar a dependência do petróleo importado (80% do consumo nacional era de origem externa), foram implementadas as seguintes medidas:

1. intensificação da prospecção do petróleo nacional, especialmente em programas *off-shore*;

2. criação do Programa Nacional do Álcool, com o objetivo de reduzir o consumo de gasolina através da mistura com álcool anidro;
3. substituição da geração termelétrica a óleo combustível por geração elétrica

Para enfrentar a crise energética, o governo adotou uma política de restrição ao consumo interno de derivados petróleo, cujos principais instrumentos foram a elevação dos preços do óleo combustível e d gasolina em termos reais e a implementação de programas de conservação e substituição de energia importada (CONSERVE E 2ª Fase do Pró-Álcool).

O CONSERVE foi inicialmente idealizado com o intuito de reduzir o consumo dos derivados de petróleo, especialmente o óleo combustível, através do uso mais eficiente e da substituição por fontes renováveis de energia. Os resultados alcançados pelo programa apontaram a predominância de projetos que visaram à substituição dos derivados, tendo a eletricidade um papel fundamental nesse processo, inclusive mediante tarifas especiais para essa finalidade, válidas por tempo determinado, como as de EGTD - Energia Garantida por Tempo Determinado.

O aumento do consumo de energia elétrica, combinado à escassez de recursos para expandir o sistema, conduzia a um crescente risco de déficit. Diante desse quadro, o uso racional da energia passava a ser uma questão importante e, em fins de 1985, foi criado o PROCEL - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, visando à implantação efetiva de medidas de conservação. O programa vem tendo uma atuação destacada em projetos de desenvolvimento tecnológico referentes a equipamentos e processos mais eficientes, projetos de etiquetagem, auditorias energéticas em diversos segmentos industriais e campanhas promocionais e educacionais a fim de divulgar para os consumidores medidas de racionalização de energia. Os resultados alcançados, possíveis de serem quantificados, representaram uma economia de energia elétrica da ordem de 1.200 Gwh/ano em 1991.

A estratégia do desenvolvimento brasileiro deve contemplar uma política industrial que incentive o aumento da eficiência energética e a implementação de instrumentos que promovam o uso racional de energia nos diversos segmentos da sociedade. Isso resultará numa importante postergação de novas instalações do setor energético, caracterizadas pelo vulto dos investimentos exigidos e pelo longo prazo de manutenção.

Uma política de conservação ativa tem um papel fundamental para atingir os potenciais de economia de energia de médio e longo prazos. Dentre os instrumentos que podem ser utilizados, destacam-se o estabelecimento de padrões mínimos de eficiência, linhas de financiamento para os fabricantes e os consumidores e incentivos fiscais. Além disso, as tarifas devem espelhar o custo real de suprimento, o que pode contribuir para que o consumidor venha a investir, com maior segurança, nos diversos procedimentos que lhe ofereçam redução de custos em termos de conservação, co-geração e substituição de fontes energéticas.

As estimativas realizadas pelo PROCEL indicam que, a longo prazo, existem potenciais de conservação de energia elétrica da ordem de 20% do mercado total para 2015, dos quais 13% são relativos aos usos finais e 7% decorrentes do aumento de eficiência do sistema elétrico. Essas estimativas são técnicas e economicamente viáveis no horizonte de planejamento considerado e foram baseadas em tendências tecnológicas consideradas nos estudos.

Do lado da oferta, a preocupação da eficiência do suprimento de energia elétrica, em termos tecnológicos e econômicos, é anterior à do uso final de energia (lado do consumo). Considerando-se a programação da oferta para atendimento do mercado a nível de risco de déficit tido como satisfatório, a busca da eficiência energética no parque gerador hidrotérmico se dá através da otimização no seu planejamento e operação. Dessa maneira, tem-se a minimização do consumo de combustível e das perdas nos intercâmbios.

Nos sistemas de transmissão e distribuição, o aumento na eficiência energética resulta da redução das perdas elétricas nos condutores e demais equipamentos. Essa redução pode ser conseguida com recursos operacionais, no curto prazo, e mediante a análise das alternativas de expansão, no médio e longo prazos, com utilização de modelos que considerem o custo das perdas dentre as variáveis a serem otimizadas.

A evolução da interligação do sistema elétrico brasileiro permitiu, através da complementação dos sistemas regionais, um aumento da eficiência global. Esse aumento pode ser explicado tanto pela otimização da operação do sistema nacional, quanto pela racionalização do uso de energéticos menos eficientes nas centrais térmicas.

As perdas técnicas na transmissão e na distribuição, em 1991, situaram-se em 13,6% da energia elétrica produzida no País. A parcela da distribuição corresponde a cerca de 60% dessas perdas. Esse valor, quando comparado ao de um sistema bem administrado, é muito elevado, apenas como um exemplo, no Japão, as perdas de transmissão e distribuição atingem 5,7%. Dessa maneira, importantes ganhos de eficiência podem ser obtidos, em particular no sistema de distribuição. Deve ser ressaltado que as características do sistema elétrico brasileiro, de grandes hidrelétricas distantes dos centros consumidores, dificultam a redução substancial de perdas na transmissão.

No Brasil, a geração térmica responde por apenas 5% da oferta de energia elétrica. Porém, nos sistemas isolados, essa forma de geração é a preponderante. Existem importantes potenciais de conservação de energia na geração termelétrica no sentido de minorar a obsolescência e a falta de manutenção adequada dos equipamentos, particularmente em sistemas isolados de menor porte.

Na geração de energia, as tendências de médio e longo prazos são de crescente utilização de fontes renováveis a partir da evolução tecnológica combinada a um aumento da economicidade dessas alternativas. O uso de novas fontes como a energia solar e a eólica, a intensificação do aproveitamento de pequenos potenciais hidrelétricos e a cogeração, estas duas últimas em prazos mais curtos, permitirão aumentar a oferta de eletricidade em localidades remotas e junto aos próprios consumidores. Isso resultará em redução das distâncias de transporte e, conseqüentemente, das perdas nas redes elétricas.

Em termos de geração térmica, existem novas tecnologias, algumas tecnicamente comprovadas, que alcançam, a partir do reaproveitamento de gases (ciclos combinados) e do uso de turbinas a gás, rendimentos de até 55%, em contraste com eficiências da ordem de 35% obtidas no processo convencional.

No segmento de distribuição de energia, o desenvolvimento tecnológico e o processo de melhoria de qualidade tendem a induzir, a médio e longo prazos, um importante aumento de eficiência. Além disso, o uso de recursos informatizados avançados levará a uma racionalidade técnica e econômica maior na expansão das redes, além de ensejar melhor controle sobre o desvio de energia, isto é, o consumo não faturado à revelia da concessionária.

Deve ser destacado, ainda, que a qualidade de suprimento tem um papel importante para a eficiência não só na oferta como também no uso da energia. A eficiência do uso depende, em muitos casos, do nível da qualidade da energia fornecida ao consumidor.

2.5 FORNECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA

Os investimentos em conservação de energia elétrica poderão ser viabilizados em função da adequada utilização de energia elétrica, tendo em vista as condições gerais de fornecimento em vigência (Portaria DNAEE nº 222, de 22/12/87) e os atuais sistemas tarifários.

2.5.1 Tensões de Fornecimento

O Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica - DNAEE estabelece qual é o nível de tensão de fornecimento para a unidade consumidora, observando os seguintes limites:

- Tensão secundária de distribuição: quando a carga instalada na unidade consumidora for igual ou inferior a 50 KW;
- Tensão primária de distribuição: quando a carga instalada na unidade consumidora for superior a 50 kW e a demanda contratada ou estimada pela concessionária para o fornecimento for igual ou inferior a 2.500 kW;
- Tensão de transmissão: quando a demanda contratada ,ou estimada for superior a 2.500 kW;

Em determinadas condições, previstas na legislação, a concessionária poderá adotar outros limites para estabelecimento da tensão de fornecimento.

2.5.2 Grupos Tarifários

Para efeito de faturamento da energia elétrica, distinguem-se dois grupos tarifários: Grupo A: são as unidades consumidoras atendidas em tensão de fornecimento igual ou superior a 2.300 volts. Para esses consumidores são aplicadas tarifas de demanda e de consumo.

Grupo B: são as unidades consumidoras que atendidas em tensão de fornecimento inferior a 2.300 V. Para esses consumidores é aplicada somente tarifa de consumo

2.5.3 Demanda e Consumo

A demanda é a média das potências instantâneas solicitadas pela unidade consumidora, integralizada em intervalo de 15 minutos.

O consumo de energia faturado é o efetivamente medido no período mensal.

2.5.4 Tarifas de Energia Elétrica

As tarifas de energia elétrica são determinadas pelo DNAEE, através de portarias específicas.

As tarifas variam de acordo com os níveis de tensão de fornecimento no caso do Grupo A e com a classificação do consumidor (indústria, rural, residência, comércio e serviços, etc.) para o Grupo B.

2.5.4.1 Sistema Tarifário Convencional

No sistema tarifário convencional, a demanda é faturada pelo maior dos seguintes valores:

- a) maior potência demandada, verificada por mediação, durante o período de faturamento;
- b) 85% da maior demanda verificada em qualquer dos últimos 11 meses anteriores;
- c) demanda contratada, quando houver;

2.5.4.2 Sistema Tarifário Horo-Sazonal

Esse sistema tarifário constitui-se na aplicação de preços diferenciados de demanda e consumo, de acordo com as horas do dia (ponta e fora de ponta) e períodos do ano (seco e úmido).

O horário de ponta é composto por 3 (três) horas consecutivas, entre 17:00 e 22:00 horas, exceto sábados e domingos, atendendo as condições do sistema elétrico da concessionária. O horário fora de ponta é o conjunto das horas complementares às da ponta. O período úmido compreende os meses de dezembro de um ano a abril do ano seguinte e o período seco compreende os meses restantes.

2.5.4.2.1 Tarifa Azul

Aplica-se às unidades consumidoras do Grupo A, que apresentem as seguintes condições:

- I. são atendidas em tensão de fornecimento igual ou superior a 69 kV;
- II. são atendidas em tensão de fornecimento inferior a 69 kV, possuindo no entanto demanda superior a 500kW;
- III. em caráter opcional, aquelas unidades consumidoras do Grupo A, que possuam demanda inferior a 500 kW.

Neste caso há um cronograma de implantação de Tarifa Azul, em ordem decrescente de demanda. Consulte a sua concessionária.

A Tarifa Azul compreende dois preços para demanda (ponta e fora de ponta) e quatro preços para consumo (ponta em período úmido, ponta em período seco, fora de ponta em período úmido e fora de ponta em período seco).

2.5.4.2.2 Tarifa Verde

Aplica-se, sempre por opção, às unidades consumidoras atendidas em tensão de fornecimento inferior a 69kV, de acordo com o cronograma de implantação da Tarifa Verde, em ordem decrescente de demanda. Consulte a sua concessionária.

A tarifa Verde compreende um único preço para demanda e quatro preços para consumo, para os mesmos segmentos e especificados na Tarifa Azul.

A Portaria do DNAEE nº 033, de 11/02/88, regulamenta a aplicação das tarifas Azul e Verde. Todos os consumidores com demanda acima de 500kW são enquadrados na Tarifa Azul, sendo que os ligados em tensão de fornecimento inferior a 69kV poderão optar pela Tarifa Verde. No caso de opção entre ambas e, também, considerando a tarifa binômica convencional, deve ser realizado estudo de viabilidade econômica para a escolha da melhor modalidade tarifária em cada caso.

2.5.4.3 Ajuste de fator de Potência

Em ambos os sistemas tarifários, tanto Convencional como Horo-Sazonal, o ajuste é cobrado quando o fator de potência da unidade consumidora no período de faturamento resulta inferior a 0,92.

No caso da Tarifa Azul, o fator de potência é calculado separadamente para os dois segmentos, ponta e fora de ponta.

2.6 INSTALAÇÕES E EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS

Um adequado projeto e um bom plano de operação e manutenção da instalação elétrica podem representar significativas economias de energia, assim como garantir boas condições para funcionamento e segurança dos equipamentos e continuidade da produção.

2.6.1 Perdas nas instalações elétricas

As principais perdas que ocorrem em circuitos elétricos são de três tipos:

Perdas por Efeito Joule. São provocadas pela passagem de corrente elétrica através de condutores, ocasionando seu aquecimento. Aparecem em todos os componentes do circuito: transformadores, condutores, motores, lâmpadas, etc. Estas perdas são, sem dúvida, as mais significativas, variando com o quadrado da corrente elétrica.

Perdas por Histerese. São provocadas pela imantação remanescente do ferro, manifestando-se em todos os circuitos magnéticos submetidos a campos alternados: transformadores, motores, reatores, etc.

Perdas por Correntes de Foucault. São originadas pelas correntes parasitas induzidas. Tornam-se mais significativas nos circuitos magnéticos de maior porte e nos condutores de maior seção.

2.6.2 Energia Ativa e Reativa

Todos os equipamentos que possuem um circuito magnético e funcionam em corrente alternada (motores, transformadores, etc.) absorvem dois tipos de energia: a ativa e a reativa.

Energia ativa: é aquela que efetivamente produz trabalho. Exemplo: a rotação do eixo de um motor.

Energia reativa: é aquela que, apesar de não produzir trabalho efetivo, é indispensável para produzir o fluxo magnético necessário ao funcionamento dos motores, transformadores, etc.

A cada uma destas energias corresponde uma corrente, também denominada de Ativa e Reativa. Estas duas correntes se somam vetorialmente para formar uma corrente aparente. Esta, embora chamada Aparente, é bastante real, percorrendo os diversos condutores do circuito, provocando seu aquecimento, e, portanto, gerando perdas por efeito Joule.

O fator de potência (FP) pode ser calculado pela relação da corrente ativa (IA) com, a corrente aparente (Iap), ou da potência ativa (PA) com a potência aparente (Pap):

$$FP = \frac{PA}{P_{Ap}}$$

2.6.3 Transformadores

Os transformadores são equipamentos estáticos que transferem energia elétrica de um circuito para outro, variando os valores de corrente e tensão. Nesta transferência de

energia ocorrem perdas, que dependem da construção do transformador e do seu regime de funcionamento. As perdas são de dois tipos: em vazio (no ferro) e em carga (no cobre).

As perdas em carga são provocadas por efeito Joule, ocasionando aquecimento. O rendimento dos transformadores é, em geral, elevado, principalmente se o equipamento é de boa qualidade. O conjunto de suas perdas pode parecer desprezível quando comparado à sua potência nominal, tornando-se significativo, porém, quando comparado com o consumo total da instalação, uma vez que estes equipamentos permanecem em funcionamento, praticamente o tempo todo.

Apesar do transformador ser projetado para operar adequadamente em condições de carga nominal, é evidente que, quanto maior for a carga do transformador, maior será o aquecimento do equipamento, provocando uma redução em sua vida útil.

Por isso, pode-se utilizá-lo com carregamento na faixa de 30 a 80% de sua potência nominal, obtendo-se rendimento e vida útil satisfatórios, com os seguintes procedimentos:

1. Eliminar progressivamente os transformadores muito antigos, substituindo-os, quando ocorrerem avarias, por outros mais modernos;
2. Quando um transformador é mantido sob tensão e não fornece nenhuma potência, suas “perdas no cobre” são praticamente nulas, enquanto que as “perdas no ferro” ocorrem sempre. Assim, é aconselhável deixar os transformadores desligados da rede quando não estão em serviço, durante prazos relativamente curtos (períodos não superiores a uma semana), evitando-se problemas decorrentes da absorção de umidade;
3. Quando existirem diversos transformadores para alimentar a mesma instalação, seria teoricamente econômico ajustar a carga em funcionamento, alternando o uso dos transformadores quando cabível, limitando-se assim as perdas em vazio nas horas de baixa carga. Em muitos casos pode ser interessante se dispor de um transformador de menor porte, exclusivo a execução dos serviços de limpeza e vigilância nos horários em que a não esteja equipamentos elétricos em funcionando;
4. Fazer manutenção preventiva nos transformadores, visando eliminar paralisações de emergência. A manutenção de transformadores é relativamente simples e se constitui basicamente dos seguintes itens: detecção de vazamento, ensaio de rigidez dielétrica do óleo, inspeção das partes metálicas, testes de isolamento e limpeza geral.
5. Comprar equipamentos de boa qualidade, observando sempre as normas brasileiras.

2.6.4 Circuitos de Distribuição

Os principais desenvolvimentos da tecnologia de fios e cabos não resultaram em economias de energia, mas sim na melhoria dos isolantes. Os materiais atualmente utilizados podem suportar, por tempo prolongado, temperaturas maiores, elevando a capacidade de condução de corrente dos condutores. No entanto, as perdas por efeito Joule crescem devido ao aumento da resistividade decorrente da elevação da temperatura dos condutores.

Deve-se, para cada instalação calcular a seção ótima e mais econômica dos condutores, considerando-se os diversos parâmetros, como o custo do capital e o preço da energia. Esta análise é fácil quando da concepção de novas instalações e difícil quando em instalações já existentes.

A Norma Brasileira NBR-5410 - Instalações Elétricas de Baixa Tensão - define, entre outras, as máximas intensidades de corrente admissíveis em condutores em função do

tipo de eletroduto utilizado. Se estes valores não são respeitados, os isolantes serão submetidos a temperaturas incompatíveis com suas características técnicas, comprometendo sua segurança.

Utilizar condutores mal dimensionados equivale a efetuar desperdícios consideráveis de energia, além de comprometer a segurança da instalação.

A norma conduz à determinação das bitolas mínimas a serem utilizadas.

Tais normas, no entanto, não restringem a utilização de bitolas superiores aos valores mínimos, pois quanto maior a bitola menor resistividade dos condutores e, portanto, menores perdas por efeito Joule.

Para realizar uma instalação elétrica sob os diversos pontos de vista, deve-se, portanto, sempre respeitando as normas, estabelecer um equilíbrio entre o investimento em material de melhor qualidade e as economias de energia que se possa realizar.

O transporte de elevadas correntes em baixa tensão é muito oneroso, seja em função das maiores bitolas de condutores exigidos (em cobre ou em alumínio) seja pelas perdas de energia devido ao efeito Joule. pode-se reduzir, simultaneamente, estes dois custos, implantando centros de transformação nas proximidades dos centros de carga das instalações.

Esta política conduz a um aumento no número de transformadores existentes e exige a implantação de uma rede interna de alta tensão para alimentá-los. Os longos circuitos de distribuição mais carregados são assim substituídos por cabos de alta tensão com seções menores, com perdas significativamente inferiores.

Utilizar a tensão de 380 e 440 V é, na prática, suficiente para a alimentação da maior parte dos motores elétricos de maior potência. Esta prática pode não só reduzir os custos da instalação elétrica, como também evitar desperdícios desnecessários de energia elétrica.

2.6.4.1 Recomendações básicas

1. O circuito de distribuição ótimo é aquele que apresenta o melhor balanço entre as economias em material e em energia;
2. A Norma Brasileira NBR-5410 indica somente as grandezas mínimas que devem ser observadas;
3. Implantar os transformadores próximos aos principais centros de consumo;
4. Evitar sobrecarregar circuitos de distribuição e manter bem balanceadas as redes trifásicas;
5. Conductor superaquecido é um sinal de sobrecarga. Substituir este condutor por outro de maior bitola ou redistribuir a sua carga para outros circuitos;
6. Para potências elevadas dar preferência ao transporte de energia em alta-tensão, mesmo que isso exija a instalação de um outro transformador.

2.6.5 Proteção e segurança para instalação

Sempre que houver necessidade da instalação de novos equipamentos ou simplesmente aumento significativo de carga, consulte a concessionária, para verificar a disponibilidade de fornecimento na rede, e um profissional habilitado para averiguar se a fiação e sua respectiva proteção estão de acordo com a nova carga.

A distribuição não equilibrada de cargas pelas fases pode causar vários defeitos como: queima de fusíveis ou desligamento de disjuntores, aquecimento de condutores e conexões e funcionamento inadequado dos equipamentos de fase mais carregada para as outras, que possam suportar o acréscimo sem prejuízo da segurança.

As emendas de fios e cabos devem ser bem feitas, através de conectores apropriados, devendo-se dar atenção às emendas de cobre com alumínio, usando-se nesse caso conectores bimetálicos. Isolar as emendas com fita isolante, não utilizando fitas adesivas, etc. As emendas necessárias deverão estar sempre em caixas de passagem e derivações, nunca em eletrodutos.

Os fusíveis são dispositivos de proteção contra sobrecorrentes provocadas por sobrecarga ou curto-circuito na instalação elétrica. Portanto, quando um fusível se “queimar”, deve-se desligar imediatamente a chave elétrica correspondente e procurar identificar a causa da “queima”. Trocar sempre o fusível danificado por outro de igual capacidade, em ampères. Nunca substituir fusíveis por moedas, arames, fios de cobre ou alumínio, ou quaisquer outros objetos. Essa adaptação, além de perigosa, elimina o principal dispositivo de segurança contra “queima” de equipamentos, motores e lâmpadas. É recomendável a utilização de proteção através de chaves com fusível, contadores com relé térmico, relés e disjuntores, etc.

2.6.6 Fugas de corrente

Uma causa muito comum de perda de energia e o conseqüente aumento na conta de energia elétrica é a fuga de corrente. As principais causas da fuga de corrente, são: emendas malfeitas ou mal isoladas, fios desempapados ou com isolamento desgastada, além de conexões inadequadas e também pode ser provocada por aparelhos defeituosos. Em geral, há necessidade do auxílio de profissional habilitado, para a detecção de fugas de correntes, em instalações de médio e grande porte, com a utilização de equipamentos de medição.

2.6.7 Correção do Fator de Potência (FP)

O fator de potência (FP) é um índice que merece uma atenção especial. Alguns aparelhos elétricos, como os motores, em um determinado período de tempo, além de consumirem energia ativa solicitam também energia reativa necessária para criar o fluxo magnético que o seu funcionamento exige. Com a relação entre estes dois valores determina-se o fator de potência médio indutivo (FP) num determinado período. Quando o fator de potência é baixo, surge uma série de inconvenientes elétricos.

Em razão disto, a legislação do setor elétrico prevê a cobrança de um ajuste devido ao baixo fator de potência para aquelas unidades consumidoras que apresentam este fator inferior a 0,92.

Quando o fator de potência é inferior a 0,92, o total desembolsado por sua empresa a título de ajuste do baixo fator de potência se constituirá em um potencial de economia que poderá ser obtido com a adoção de algumas medidas bastante simples.

2.6.7.1 Principais causas do baixo Fator de Potência.

Motores operando em vazio:

Os motores elétricos consomem praticamente a mesma quantidade de energia reativa necessária à manutenção do campo magnético, quando operando a vazio ou a plena carga.

Entretanto, o mesmo não acontece com a energia ativa, que é diferente proporcional à carga mecânica no eixo do motor. Assim, quanto menor a carga mecânica solicitada, menor energia ativa consumida, conseqüentemente, menor o fator de potência.

Motores superdimensionados:

Este é um caso particular do anterior, cujas conseqüências são análogas. Geralmente os motores são superdimensionados, apresentando um potencial de conservação de energia.

É muito comum o costume de substituição de um motor por outro de maior potência, principalmente nos casos de manutenção para reparos que, por acomodação, a substituição transitória passa a ser permanente, não se levando em conta que um super dimensionamento provocará baixo fator de potência.

Transformadores operando em vazio ou com pequenas cargas:

Analogamente aos motores, os transformadores, operando em vazio ou com pequenas cargas, consomem uma quantidade de energia reativa relativamente grande, quando comparada com a energia ativa, provocando um baixo fator de potência.

Transformadores superdimensionados:

É um caso particular do anterior onde transformadores de grande potência são utilizados para alimentar, durante longos períodos, pequenas cargas.

Nível de tensão acima da nominal:

Tensão superior à nominal, quando aplicada aos motores de indução, há o aumento do consumo de energia reativa e, portanto, diminui o fator de potência.

Lâmpadas de descarga:

As lâmpadas de descarga (vapor de mercúrio, vapor de sódio, fluorescentes, etc.) para funcionarem necessitam do auxílio de um reator.

Os reatores, como os motores e os transformadores, possuem bobinas ou enrolamentos que consomem energia reativa, contribuindo para a redução do fator de potência das instalações.

A utilização de reatores do alto fator de potência onde contornar, em parte, o problema de baixo fator de potência da instalação.

Grande quantidade de motores de pequena potência:

A grande quantidade de motores de pequena potência, provoca baixo fator de potência, uma vez que o correto dimensionamento desses motores às máquinas a eles acopladas é dificultoso, ocorrendo freqüentemente o super dimensionamento dos mesmos.

2.6.7.2 Conseqüências para a instalação

Uma instalação operando com baixo fator de potência apresenta os seguintes inconvenientes:

1. Incremento das perdas de potência;
2. Flutuação de tensão, que podem ocasionar a queima de motores;
3. Sobrecarga da instalação, danificando-a ou gerando desgaste prematuro;
4. Aumento do desgaste nos dispositivos de proteção e manobra da instalação elétrica;
5. Aumento do investimento em condutores e equipamentos elétricos sujeitos à limitação térmica de corrente;

6. Saturação da capacidade dos equipamentos, impedindo a ligação de novas cargas;
7. Dificuldade de regulação do sistema.

2.6.7.3 Métodos de correção do Fator de Potência.

A correção do fator de potência deverá ser cuidadosamente analisada e não resolvida de forma simplista, já que isto pode levar a uma solução técnica e economicamente não satisfatória.

É preciso critério e experiência para efetuar uma adequada correção, lembrando que cada caso deve ser estudado especificamente e que soluções imediatas podem não ser as mais convenientes.

De modo geral, quando se pretende corrigir o fator de potência de uma instalação surge o problema preliminar de se determinar qual o melhor método a ser adotado.

Independente do método a ser adotado, o fator de potência ideal, tanto para os consumidores como para as concessionária, seria o valor unitário (1,0), que significa inexistência da energia reativa no circuito. Entretanto, esta condição nem sempre é conveniente e, geralmente, não se justifica economicamente.

A correção efetuada até o valor de 0,95 é considerada suficiente.

Os métodos utilizados na prática e que poderão servir como modelo para a orientação de cada caso específico, são:

Alteração das Condições Operacionais ou Substituição de Equipamentos:

As primeiras medidas que se deve aplicar para correção de baixo fator de potência são aquelas relacionadas às condições operacionais e características dos equipamentos, observadas nas descrições das principais causas de sua ocorrência.

Correção por Capacitores Estáticos:

A correção do fator de potência através de capacitores estáticos constitui a solução mais prática em geral adotada.

Entretanto, alguns cuidados devem ser tomados, para que os capacitores não sejam usados indiscriminadamente.

Podem os capacitores, em princípio, ser instalados em quatro pontos distintos do sistema elétrico:

1. Junto às grandes cargas indutivas (motores, transformadores, etc.);
2. No barramento geral de Baixa-Tensão (BT);
3. Na extremidade dos circuitos alimentadores;
4. Na entrada de energia em Alta-Tensão (AT).

Para cada situação deve ser estudada qual a melhor alternativa. Em geral, no caso de motores, a opção é instalar o capacitor próximo da carga.

No que se refere ao dimensionamento dos bancos de capacitores, isto é, na determinação da potência reativa em kVAr a ser instalada de modo a corrigir o fator de potência, verifica-se que tal problema não é suscetível de uma solução imediata e simples.

Cada problema exige um estudo individual e tem uma solução própria, quanto ao melhor local para instalação dos capacitores, como segue:

Junto às grandes cargas indutivas:

Uma das vantagens dessa opção, é que esse tipo de instalação alivia todo o sistema elétrico, pois a corrente reativa vai do capacitor às cargas sem circular pelo transformador, barramentos, circuito alimentar, etc.

Sendo ambos, capacitor e carga, os elementos comandados pela mesma chave, não se apresenta o risco de haver, em certas horas, excesso ou falta de potência reativa, além de que, obtém-se uma redução no custo da instalação pelo fato de não ser necessário um dispositivo de comando e proteção em separado para o capacitor.

Por essas razões a localização dos capacitores junto a motores, reatores etc. é uma das soluções preferidas para a correção do fator de potência.

No barramento geral de baixa tensão:

A vantagem dessa ligação é que se pode obter apreciável economia, usufruindo da diversidade de demanda entre os circuitos alimentadores, uma vez que a potência reativa solicitada pelo conjunto da instalação é menor que a soma das potências reativas de todo o conjunto.

Neste tipo de ligação de capacitores, haverá necessidade de ser instalada uma chave que permite desligá-los quando o consumidor finda suas atividades diárias.

Não o fazendo, poderão ocorrer sobretensões indesejáveis que, provavelmente, causarão danos às instalações elétricas.

Nas extremidades dos circuitos alimentadores:

A instalação na extremidade dos circuitos representam uma solução intermediária entre as localizações citadas acima.

Este método aproveita a diversidade entre as cargas supridas, embora o investimento seja superior ao da alternativa anterior. Por outro lado, fica aliviado também o circuito alimentador.

É utilizada, geralmente, quando o alimentador supre uma grande quantidade de cargas pequenas, onde é conveniente a compensação individual.

Na entrada de energia em alta tensão:

Não é muito usual a instalação do lado da alta-tensão.

Tal localização não alivia nem mesmo os transformadores, e exige dispositivos de comando e proteção dos capacitores com isolação para tensão primária, embora o preço por kVAR dos capacitores seja menos para maiores tensões.

Neste caso a diversidade de demanda entre as subestações pode redundar em economia na quantidade de capacitores a instalar.

2.6.8 Medidas de Conservação de Energia Elétrica.

Serão abordados os principais usos clássicos de energia elétrica na indústria, compreendendo os equipamentos básicos, sua utilização e outras medidas de caráter operacional e administrativo visando a conservação de energia.

2.6.8.1 Motores Elétricos.

A produção de energia mecânica absorve grande parte da eletricidade, consumida no setor rural, para os sistemas de irrigação e na agro-indústria. Este ponto é, portanto, um daqueles sobre os quais é preciso tentar, prioritariamente, economizar.

O êxito nesta tarefa depende de uma melhor adaptação da potência do motor àquela da máquina que o utiliza. Quando o seu regime de funcionamento é muito variável, este ajustamento pode ser obtido, por exemplo, com a instalação de um dispositivo eletrônico de variação de velocidade. Outra possibilidade que pode-se explorar são os motores com perdas reduzidas cuja utilização pode conduzir a economias significativas.

O rendimento de um motor é a relação entre a potência mecânica fornecida no seu eixo e a potência elétrica que consome.

De modo geral, os motores são instalados com potência muito superior à potência efetiva necessária, o que leva a desperdícios de energia. O rendimento de um motor varia de acordo com a potência fornecida, apresentando maiores valores quando opera acima de 70% de sua potência nominal (de placa), caindo muito abaixo para cargas menores.

Por outro lado, a operação a plena carga em regime permanente limita a vida útil pelo aquecimento que isso provoca.

Da energia elétrica total consumida por um motor, parte é utilizada para ser efetivamente transformada em energia mecânica e parte para magnetizar os seus circuitos. A relação entre energia elétrica transformada em mecânica e a energia elétrica total consumida é chamada de fator de potência e tem valores que variam sempre entre “zero” e “1” (um). Para valores de fator de potência inferiores a 0,92 as concessionárias de energia cobram um acréscimo no valor pago pela energia consumida, denominado de ajuste de fator de potência. Valores baixos de fator de potência levam a correntes mais elevadas e, portanto, a quedas de tensão mais acentuadas nas instalações, com o conseqüente aumento de consumo global. Uma das maneiras de aumentar o fator de potência dos motores é a instalação de capacitores. Se a carga elétrica devida aos motores for significativa dentro do consumo total, deve-se verificar a viabilidade de correção do fator de potência.

Os motores devem ser instalados em locais que favoreçam a dissipação do calor gerado na sua operação, pois tanto sua vida útil como seu rendimento dependem da temperatura com que funcionam.

Existem vários tipos de motores elétricos indicados para cada tipo de serviço, estes podem ser:

1. assíncronos, síncronos, de indução, de coletor, de repulsão, de corrente contínua, universais;
2. Para serviço contínuo ou intermitente;
3. Com várias modalidades de refrigeração.

2.6.8.1.1 Potência e Rendimento dos Motores

A curva de rendimento dos motores modernos, mais comumente encontrados, apresenta maiores valores quando os motores operam com níveis acima de 70% de seu carregamento nominal. O fator de potência (FP) continua a crescer com o aumento do carregamento, conforme mostra a Figura 01.

Pela curva, observa-se que abaixo de 60% de carregamento, os motores consomem mais energia para realizar um dado trabalho. Próximo à plena carga em regime permanente, o aquecimento limita sua vida útil. Desta forma torna-se mais econômico funcionar os motores com carregamento da ordem de 60% a 90%.

Infelizmente, nem sempre é possível ajustar a potência do motor àquela efetivamente necessária. Isto acontece muitas vezes nas máquinas mais comumente utilizadas, cujos motores raramente funcionam próximos de sua plena carga.

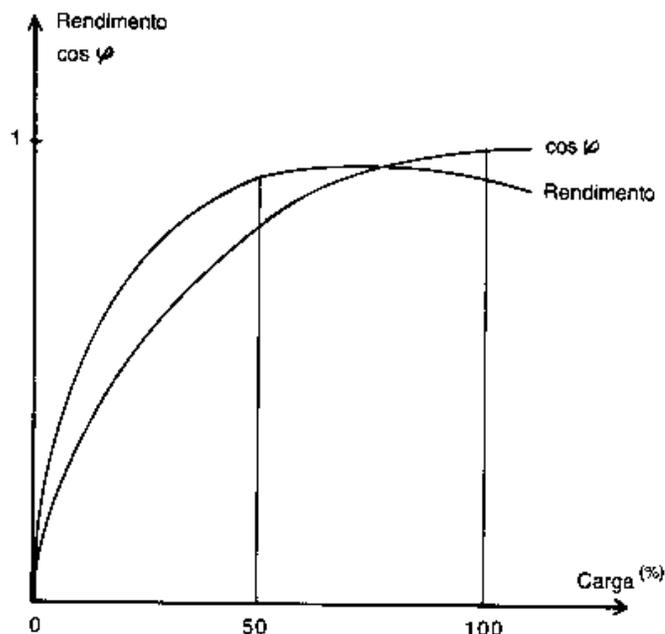


FIGURA 01- Curva característica típica de rendimento e $\cos \varphi$ de motores trifásicos.

Para todas as máquinas com carregamento previsível e pouco variável, o problema é mais simples caso a rotação necessária seja relativamente constante. Este tipo de máquina é muito comum nas atividades agro-industriais.

No entanto, a experiência mostra que elas são em geral equipadas com motores superdimensionados.

Como solução, deve-se medir a corrente do motor para a carga desejada, verificando se o carregamento está na ordem de 60% a 90% da potência nominal do motor. Caso contrário, estudar a viabilidade de sua substituição.

2.6.8.1.2 Variação de Velocidade para Reduzir o Consumo de Eletricidade

Para um determinado número de atividades, o emprego de motores com velocidade variável é indispensável ao processo de fabricação. Seria o caso, por exemplo, das laminações e as máquinas de tração elétrica. Seu uso é por demais clássico e as soluções evoluem na medida do progresso tecnológico.

Existe, em contrapartida, uma série de aplicações onde a adoção da velocidade variável proporciona economias sensíveis de energia. Este é o caso das bombas, ventiladores, insufladores, compressores, e outros. Estas máquinas requerem, de fato, uma regulação contínua do ponto de funcionamento em função de parâmetros do processo. Os métodos clássicos de regulação consistem, geralmente, na introdução de perdas de carga

suplementares na rede, por estrangulamento, utilização de pás com ângulo variável, etc. Estas são, portanto, soluções que provocam desperdício de energia.

A velocidade variável é um procedimento aplicável, com vantagens, a esta família de máquinas.

Vários são os métodos utilizáveis para variação de velocidade dos motores. Alguns deles apresentam como principal desvantagem o desperdício de energia devido ao aumento das perdas.

Entre as alternativas mais eficientes, a solução convencional consiste em se utilizar um motor de corrente contínua alimentado por conversor estático. Este tipo de conversor se adapta bem a uma larga gama de potências. Sua tecnologia é simples e comprovada, apresentando boa flexibilidade e desempenho muito bom.

No entanto, as características do motor de corrente contínua são limitadas pela capacidade de comutação e a resistência mecânica do coletor. Ainda, a existência de um contato elétrico deslizante pode se revelar incompatível com as exigências de segurança e manutenção. Por esses motivos, nos últimos anos, os equipamentos de velocidade variável para motores de corrente alternada tiveram um avanço considerável.

Para estes motores, pode se utilizar os inversores estáticos para corrente alternada, que apresentam rendimentos elevados para diversas condições de rotação do motor.

Os inversores estáticos são equipamentos que permitem variar a velocidade de motores trifásicos de indução a partir da variação da sua frequência e tensão de operação. A tensão e a frequência são modificadas proporcionalmente para que o torque seja mantido constante em toda a faixa de variação de velocidade.

Como desvantagem principal destes sistemas pode-se citar o seu alto custo inicial, mas, para motores de grande potência com utilização intensa, a economia de energia pode amortizar o investimento em prazos atraentes.

2.6.8.1.3 Dimensionamento e Utilização Racional de Motores

Uma das aplicações mais comuns da energia elétrica na setor rural é a produção de energia mecânica através de motores. Apesar de sua elevada eficiência, estes artefatos nem sempre são perfeitamente compatíveis com a tarefa que executam e, muitas vezes, não são utilizados de maneira racional e eficiente.

Existe, portanto, nesta aplicação, um significativo potencial de economia de energia. Para sua determinação vamos dividir esta análise em dois itens:

Dimensionamento dos motores:

Dentre os vários tipos disponíveis no mercado, interessam-nos particularmente, os motores trifásicos de indução, por serem estes os mais freqüentemente encontrados.

As curvas características de tais motores mostram que o seu rendimento e fator de potência variam conforme o carregamento. Quanto menor a potência solicitada, tanto menores serão estas grandezas e, conseqüentemente, sua operação se torna menos eficiente.

Nem sempre é possível ajustar a potência do motor àquela efetivamente necessária, isto porque, muitas vezes, o regime de funcionamento e carregamento das máquinas é variável. Por outro lado, uma prática muito comum é o superdimensionamento de motores que os leva a trabalhar ineficientemente, aumentando de forma desnecessária seu consumo de energia.

Utilização Racional dos Equipamentos:

A energia elétrica deve sempre ser usada de maneira racional, evitando seu desperdício. Isto pode ser conseguido, muitas vezes, a partir da adoção de medidas simples e de fácil implantação, como por exemplo o desligamento dos motores e máquinas quando não efetivamente utilizados, e operar em horários, fora de ponta, onde o custo da energia elétrica é menor. Medidas desta natureza podem proporcionar uma significativa economia de energia que o consumidor não pode desprezar.

2.6.8.1.4 Motores Mais Eficientes

Existem no mercado internacional os motores com perdas reduzidas, mais caros que os modelos clássicos, mas cujo uso pode se revelar rentável desde que o número de horas anuais de utilização seja suficientemente longo, para proporcionar significativas economias de energia.

Nestes motores aumentou-se a massa de material ativo (cobre e chapas metálicas) de forma a reduzir as perdas no cobre e no ferro. Neste sentido são utilizadas chapas magnéticas com baixas perdas e entalhes especiais em determinados casos. A parte mecânica foi revisada, com ênfase à ventilação, de forma a reduzir perdas por atrito e diminuir os níveis de ruído.

Como conseqüência, os motores mais eficientes apresentam peso da ordem de 15% superior e seu custo aumentou da ordem de 20 a 25%. A melhoria de rendimento e do FP é da ordem de 2 a 5 %, permitindo amortizar rapidamente este custo adicional.

2.6.8.1.5 Recomendações.

1. Os motores devem funcionar entre 60 a 90% de sua potência nominal;
2. Se a máquina necessitar de duas ou três velocidades diferentes, pode-se utilizar um motor assíncrono com 2 ou 3 velocidades;
3. Adotar, sempre que possível, os variadores eletrônicos de velocidade;
4. Considerar a utilização dos motores com perdas reduzidas;
5. Evitar de utilizar motores superdimensionados. Por ocasião de uma troca, instalar um novo motor com potência adequada.
6. Desligar os motores das máquinas quando estas não estiverem operando;
7. Verificar se as características do motor são adequadas às condições do ambiente onde está instalado (temperatura, atmosfera corrosível, etc.);
8. Verificar a possibilidade de instalar os motores em locais com melhor ventilação e em ambientes menos agressivos;
9. Verificar se os dispositivos de partida, comando e de proteção são adequadas.

2.6.8.2 Iluminação

Geralmente a iluminação participa com uma pequena parte do consumo de energia elétrica no setor rural e da agro-indústria, porém existem grandes possibilidades para obter uma redução de consumo de energia. Porém, alguns conceitos e informações são necessários para se praticar a conservação de energia elétrica.

2.6.7.2.1 Características de um Bom Sistema de Iluminação

O bom desempenho de um sistema de iluminação depende de cuidados que se iniciam no projeto elétrico, envolvendo informações sobre luminárias, perfil de utilização, tipo de atividade a ser exercida no local e outras.

2.7 ESTUDO DE OTIMIZAÇÃO ENERGÉTICA

Estes resumos de trabalhos que serão apresentados a seguir fazem parte do “*Estudo de Otimização Energética Setorial*” em desenvolvimento pela CEMIG, com parceria da Universidade Federal de Viçosa e financiado, parcialmente, pela ELETROBRÁS (PROCECON), compreendendo os setores de: Irrigação por Aspersão Convencional, Irrigação por Pivô Central, Avícola e do Café.

O projeto foi executado por uma equipe formada por Professores da Universidade Federal de Viçosa - UFV e por Engenheiros da Companhia Energética de Minas Gerais - CEMIG.

A avaliação do sistema de irrigação foi realizada pela equipe da UFV e a avaliação do sistema elétrico, foi realizada pela equipe da CEMIG

2.7.1 Irrigação por Aspersão Convencional

2.7.1.1 Introdução

A racionalização do uso de energia elétrica é uma preocupação a nível nacional, uma vez que a maioria dos cursos d’água com capacidade de geração de energia elétrica já está sendo utilizada e há escassez de recursos para construção de novas usinas hidrelétricas.

A irrigação é responsável por grande parte do consumo de energia elétrica no meio rural. Parte da energia utilizada na irrigação é perdida em razão das perdas de água por percolação, por evaporação e arrastamento pelo vento e por escoamento superficial, e parte é perdida devido ao baixo desempenho do sistema de bombeamento. As perdas de água e energia podem ser minimizadas com o dimensionamento adequado e o manejo racional do sistema de irrigação, incluindo a otimização do sistema de bombeamento. Entretanto, somente com a avaliação do sistema de irrigação no campo é que se pode quantificar cada uma das perdas de água e identificar as alterações a serem feitas no sistema a fim de maximizar a eficiência de uso de água e energia.

Segundo levantamento feito pelo PROINE/PRONI, em 1988 a região Sudeste tinha uma área irrigada de 500.000 ha, sendo 60% desta, irrigada por aspersão, o que correspondia a 300.000 ha.

A irrigação por aspersão é um dos métodos de irrigação pressurizados, no qual a água é aspergida, caindo em forma de chuva artificial. Dentre os vários tipos de irrigação por aspersão destacam-se a aspersão convencional, o pivô central e o autopropelido.

Um programa de otimização do uso de energia elétrica é de interesse do agricultor devido a redução nos custos com irrigação e conseqüentemente maior retorno econômico, e da CEMIG que poderá, no futuro, vir a ter problema de suprimento de energia em regiões agrícolas.

Em 1993, a CEMIG, em convênio com a Universidade Federal de Viçosa, desenvolveu um projeto de otimização do uso de energia elétrica na irrigação do tipo pivô central no Estado de Minas Gerais, com o apoio do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL). Com base nos resultados obtidos, concluiu-se que as perdas de água chegavam a 17,8% e que era possível economizar 10% da energia consumida com a

otimização do sistema de bombeamento, ou seja, poder-se-ia economizar 27,8% do consumo de energia elétrica na irrigação com pivô central, setor que consome 130 Gwh anuais. Como o pivô central irriga área relativamente grande, geralmente o sistema é alimentado em alta tensão.

A irrigação por aspersão convencional é a responsável pela maior área irrigada por aspersão no Estado de Minas Gerais, sendo, geralmente, alimentada em baixa tensão. Outro aspecto importante, é que nesse tipo de irrigação pode-se ajustar facilmente o tempo de operação, evitando-se os horários de pico. O incentivo ao uso desse tipo de irrigação pode proporcionar um aumento do uso de energia elétrica fora do horário de pico, quando, geralmente, o sistema elétrico opera com ociosidade, ressaltando-se assim a grande importância desse tipo de irrigação para a concessionária de energia, no caso a CEMIG.

2.7.1.2 Objetivos

Com base nas considerações anteriores realizou-se este trabalho com o objetivo geral de se fazer a otimização do uso de energia elétrica na irrigação por aspersão convencional no Estado de Minas Gerais. Os objetivos específicos foram:

1. determinar a distribuição dos sistemas de irrigação por aspersão convencional no Estado de Minas Gerais;
2. avaliar o sistema de irrigação por aspersão convencional em unidades de referência, escolhidas pelas suas representatividades nas principais regiões com irrigação por aspersão no Estado de Minas Gerais;
3. determinar o potencial de economia de energia elétrica na irrigação por aspersão convencional no Estado de Minas Gerais.

2.7.1.3 Conclusões

A análise dos resultados possibilitou concluir que:

1. - No Estado de Minas Gerais, os sistemas de irrigação de consumidores rurais da CEMIG, atendidos pela tarifa noturna, alimentados em baixa tensão estão distribuídos, em percentagem do total, da seguinte maneira: aspersão convencional, 66,5%, pivô central, 21,0%, inundação, 4,2%, microaspersão, 1,9%, gotejamento, 2,0% e autopropelido, 1,1%;
2. a potência por unidade de área irrigada por aspersão convencional variou de 0,88 kW/ha (1,19 c.v./ha) à 4,99 kW/ha (6,78 c.v./ha), com um valor médio de 2,16 kW/ha (2,93 c.v./ha);
3. a relação entre a potência instalada e a potência do transformador (c.v./kVA) variou de 0,68 à 1,07, com uma média ponderada, em relação ao número de irrigantes amostrados por região, de 0,73;
4. há maior demanda de energia elétrica no período de 7:00 às 17:00 horas;
5. caso seja feita a otimização dos sistemas de irrigação testados pode-se economizar, em média, 23,5% da energia consumida no Estado de Minas Gerais que corresponde a 9,25 GWh por ano;
6. o critério segurança deve ser melhor observado, pois em todos os casos constatamos riscos com a operação dos equipamentos elétricos (observar os tópicos concernentes, principalmente no que diz respeito ao aterramento).

2.7.2 Irrigação por Pivô Central

2.7.2.1 Introdução

O pivô central é um equipamento de irrigação muito utilizado no Brasil. Em 1985 foram comercializadas 224 unidades e em 1986, 1000 unidades. O pivô central tem a preferência dos produtores rurais por ser um equipamento automatizado, viabilizando a irrigação em grandes áreas desvinculando-a da dependência de mão-de-obra, cada vez mais escassa na zona rural. O pivô central é formado por um conjunto de torres móveis que suporta uma tubulação conectada em um ponto fixo da área irrigada. O equipamento irriga uma área circular e o irrigante possui controle da velocidade para a cobertura dessa área, podendo assim variar a lâmina d'água aplicada à cultura.

Apesar de seu uso ser simples, a grande maioria dos proprietários não possui parâmetros básicos para sua correta operação. Poucos sabem determinar o momento exato da irrigação e a velocidade correta do pivô central a ser usada. Essa falta de informação dos usuários leva, muitas vezes, a um desperdício muito grande de água e, conseqüentemente, de energia.

No Estado de Minas Gerais, os usuários de pivô central consomem em média, 130 GWh anuais, utilizados no bombeamento de 350 milhões de metros cúbicos de água para produzir 1.5000.000 ton de alimentos entre grãos, olerícolas e frutas, movimentando diretamente cerca de 350 milhões de dólares ao ano. Com a expansão da demanda por alimentos o setor tende a crescer e a disponibilidade de energia poderá restringir esse crescimento, se não for racionalmente utilizada.

O manejo racional da irrigação consiste na aplicação da quantidade necessária de água às plantas no momento correto. Por não adotar um método de controle da irrigação, o produtor rural usualmente irriga em excesso, temendo que a cultura sofra um estresse hídrico, que pode comprometer a produção. Esse excesso tem, como conseqüência, o desperdício de energia gasta em um bombeamento desnecessário de água. Para exemplificar, um milímetro de lâmina de água excedente em uma área irrigada por um pivô central de 100 ha, representa a condução desnecessária de um milhão de litros de água, que consome, em média, 400 kWh de energia elétrica. É necessário, portanto, manejar racionalmente a irrigação para que se evite o mau uso de fatores de produção tão essenciais como água e energia.

A energia utilizada em pivô central também pode ser desperdiçada pelo próprio equipamento de irrigação. Quase sempre é possível aumentar a eficiência energética de sistemas de bombeamento utilizados em equipamentos tipo pivô central, adotando-se medidas como a utilização da vazão ideal, a usinagem de rotores de bombas, a troca de bombas, a substituição de tubulações, etc. Pode-se ainda evitar o desperdício de energia diminuindo-se as perdas de água que ocorrem durante a utilização do equipamento de irrigação, como as perdas de água por evaporação e arrastamento pelo vento e as perdas de água provenientes da baixa uniformidade da irrigação. Em pivô central essas perdas podem ser diminuídas implantando-se quebra-ventos ao redor da área irrigada, adotando-se tubos de descida (bengalas) nos pivôs e melhorando a uniformidade de aplicação de água com uma vistoria e manutenção constante dos aspersores.

Este trabalho, desenvolvido em Convênio entre a CEMIG / Fazenda Energética e a Universidade Federal de Viçosa, procurou avaliar o uso da energia elétrica em pivôs

centrais, determinando o desempenho dos pivôs, apontando soluções e orientando o produtor no correto uso de seu equipamento de irrigação.

2.7.2.2 Conclusões

- 1 A otimização energética dos sistemas de bombeamento, é possível em sete dos 11 pivôs avaliados (64% dos casos). A máxima economia possível foi de 28% e a mínima 7%. Considerando-se todos os testes, a otimização energética dos sistemas de bombeamento poderia resultar em uma economia de energia de 10%, em média.
- 2 A potência do motor do sistema de bombeamento por unidade de área foi, em média, 2,35 C.V./ha.
- 3 A potência do transformador por unidade de área foi, em média, 2,32 kVA/ha.
- 4 A potência demandada pelo sistema de bombeamento por unidade de área foi, em média, 1,56 kW/há.
- 5 O consumo anual de energia por unidade de área foi, em média, 2714 kWh/ha.
- 6 Em média, os motores elétricos utilizados no acionamento de bombas apresentaram potência 14% maior que a necessária.
- 7 Se fosse adotado um controle racional da irrigação, 17,8% da água consumida poderia ter sido economizada, com uma conseqüente economia de 17,8% da energia utilizada em seu bombeamento. Se os equipamentos utilizados fossem otimizados, 10% da energia consumida poderia ter sido economizada. Portanto, em média, 27,8% da energia total utilizada na irrigação poderia ter sido economizada.
- 8 Supondo-se que em 20% da área irrigada com pivô central do Estado de Minas Gerais seja adotado um manejo racional da irrigação e a otimização energética dos equipamentos, espera-se uma economia de energia de 7,2 GWh/ano (o consumo anual de energia elétrica em pivô central é de aproximadamente 130 GWh).

2.7.3 Setor Café

2.7.3.1 Introdução

Minas Gerais detém uma cafeicultura bastante tecnificada, possui clima favorável à atividade e dispõe de grande potencial para sua expansão, especialmente nos cerrados. O Estado responde, hoje, por mais de 40% do parque cafeeiro e da produção nacional, sendo responsável por 60% do volume de exportações de café do Brasil.

Com a recuperação econômica da atividade, que vem ocorrendo nos últimos anos, a cafeicultura tende a assumir uma importância cada vez maior no cenário econômico e social do país. Aumento de produtividade e, sobretudo, a melhoria da qualidade, via adoção de novas tecnologias, deverá ser a tendência natural do setor como meio de melhorar suas relações de troca, conquistar novos mercados e elevar a rentabilidade.

qualidade do café, por sua vez, está correlacionada, entre outros fatores, às práticas adotadas nas operações pós-colheita, onde o consumo de energia tem peso considerável.

Portanto, a utilização eficiente de energia, seja pela conservação, seja pela incorporação de novos energéticos, assume importância superior aos demais fatores do sistema de produção do café, quando o objetivo é a busca da melhoria de qualidade. Neste contexto, estudos e pesquisas sobre novas tecnologias e o uso dos energéticos dentro de

princípios de maior eficiência devem ter caráter preventivo em futuras alocações de energéticos nas operações de pós-colheita do café.

Preocupados com estas questões, CEMIG, EMATER-MG e EPAMIG, num trabalho em parceria, realizaram um estudo sobre a utilização racional e otimização energética nas operações pós-colheita do café em Minas Gerais. Este estudo está inserido nas diretrizes gerais da ELETROBRÁS, através do Programa de Concessionária - PROCECON.

2.7.3.2 Objetivos

O estudo foi desdobrado em 2 etapas distintas. Na 1ª etapa foi realizada uma pesquisa por amostragem em 638 propriedades cafeicultoras atendidas com energia elétrica. Já na 2ª etapa foram identificadas 10 (dez) propriedades típicas de processamento mecanizado de café, tomadas como Unidades de Referência - UR, onde foram efetuados os diagnósticos de utilização da energia durante as operações pós-colheita. Neste sentido, os objetivos podem ser assim definidos:

Primeira Etapa:

1. Traçar perfil da cafeicultura nas propriedades rurais eletrificadas;
2. Identificar máquinas, equipamentos e energéticos utilizados e definir o perfil de carga do cafeicultor;
3. Correlacionar o potencial de lavouras nas diversas fases de produção com a demanda de energia na cafeicultura e
4. Conhecer o potencial de incorporação e conservação de energia, permitindo um melhor ajuste do planejamento elétrico e de outros energéticos.

O atendimento destes objetivos foi objeto de um relatório específico, elaborado e publicado pelos parceiros do estudo.

Segunda Etapa:

1. Quantificar, através de medições detalhadas, os consumos específicos de energia;
2. Identificar pontos críticos de perdas e má utilização de energia;
3. proceder à análise comparativa dos principais equipamentos disponíveis no mercado, propondo melhorias tecnológicas aos fabricantes de equipamentos e
4. Propor e divulgar medidas de utilização racional de energia.

O presente relatório, que procura atender aos objetivos desta 2ª etapa, tem como base os diagnósticos agroenergéticos realizados nas 10 (dez) Unidades de Referência - UR, que também foram objetos de relatórios específicos apresentados aos cafeicultores proprietários das UR.

2.7.3.3 Conclusões

1. A potência média instalada em transformadores nas UR é de 39 kVA, o que corresponde a 18,4 kVA para cada 1.000 sacas de café processado. Considerando que esta potência é demandada apenas no período da safra, deve-se procurar dimensionar e programar adequadamente o uso dos motores, objetivando a redução de sua potência;
2. A adequação dos circuitos de alimentação de motores e lâmpadas, reduzindo quedas de tensão - observadas em 50% das UR, indica um potencial de economia de energia de 2%, o equivalente a 1.342 kWh/safra;

3. Através das medições de campo verificou-se que cerca de 82% dos motores instalados estão superdimensionados, apresentando baixos valores de corrente e de fator de potência, o que sugere a existência de potencial de economia pelo dimensionamento adequado de suas potências. Não foi possível quantificar este potencial por não dispor das curvas de trabalho dos equipamentos, o que permitiria o rendimento correto dos motores;
4. Através das monitorias realizadas durante os trabalhos de campo, não identificou-se possibilidades de redução do consumo de energia nas Máquinas de Beneficiamento;
5. O somatório das economias possíveis de serem obtidas com a redução de quedas de tensão (2,0%) E A MELHORIA DE PROCESSOS (23,9%), indicam um potencial de redução no consumo de energia elétrica de 25,9%;
6. Considerando-se que 20% dos cafeicultores que utilizam energia elétrica no processamento de café em Minas Gerais, adotem as medidas de racionalização, o consumo por safra, atualmente estimado em 32,9 milhões de kWh, poderia ser reduzido em aproximadamente 1,5 milhões de kWh.

2.7.4 Setor Avícola

2.7.4.1 Introdução

O presente relatório faz parte dos trabalhos que vêm sendo desenvolvido pela CEMIG com o objetivo de melhorar a eficiência do uso de energia no meio rural. Neste sentido, já foram realizados 3 (três) estudos nas áreas de pivô central, aspersão convencional e café, os quais apontaram um potencial médio de economia de energia elétrica da ordem de 28%, 31% e 26%, respectivamente. Torna-se importante enfatizar que tais potenciais podem ser obtidos basicamente com alterações de processos, sem necessidade de grandes investimentos por parte dos produtores.

Informações preliminares sobre a avicultura indicam que o setor também possui grande potencial de economia de energia, principalmente através da melhoria da eficiência dos programas de iluminação, usando lâmpadas mais eficientes e índices adequados de iluminação. Após medições detalhadas em unidades típicas e representativas do setor, este potencial deverá ser quantificado, paralelamente à identificação de medidas que os avicultores deverão adotar com vistas a melhoria a eficiência do uso de energia e, conseqüentemente, reduzir custos de produção.

A redução de custos é particularmente importante no momento atual em que os avicultores de todo o país estão diante de um mercado, tanto interno como externo, altamente competitivo e com preços bastante aviltados, não obstante a alta produtividade física da avicultura nacional. Ressalte-se que o setor avícola detém um dos maiores acervos tecnológicos do ramo agropecuário, principalmente em termos da melhoria genética das aves, que hoje alcançam uma considerável produtividade, comparável a países como Estados Unidos e França onde a avicultura mundial encontra o seu maior nível de desenvolvimento.

A análise em nível do Estado mostra que, apesar da incorporação de novas e modernas tecnologias ao longo dos últimos anos, a avicultura mineira não tem apresentado o mesmo dinamismo observado nos estados do sul do país, cuja causa principal pode ser creditada às economias de escala obtidas pelas granjas integradas, sistema de produção

muito comum naquela região. Neste ambiente de concorrência torna-se fundamental a redução dos custos de produção, principalmente aqueles relacionados aos fatores variáveis, que são responsáveis por mais de 80% dos custos totais e onde estão incluídos os gastos com energia elétrica.

2.7.4.2 Objetivos

O estudo de otimização energética no setor avícola em Minas Gerais está inserido nas diretrizes gerais da ELETROBRAS, através do Programa de Conservação de Energia na Concessionária - PROCECON. Este relatório, que apresenta os resultados da referida pesquisa de campo, tem os seguintes objetivos:

1. Traçar um rápido perfil da produção avícola;
2. Definir a estrutura de uso da energia elétrica no setor através da caracterização das máquinas, equipamentos e sistemas de iluminação utilizados e da determinação das curvas de carga;
3. Quantificar os consumos específicos de energia e
4. Fornecer as informações básicas para que na segunda fase do estudo seja possível determinar o potencial de economia de energia elétrica nas granjas avícolas de Minas Gerais.

Numa segunda fase do estudo, após diagnósticos detalhados em granjas típicas e representativas, será emitido um relatório final com a identificação dos pontos críticos de perdas e proposição de medidas de utilização eficiente de energia. Os resultados, conclusões e recomendações do estudo serão discutidos em seminários, envolvendo avicultores, técnicos, associações, cooperativas e outros segmentos relacionados com o setor.

2.7.4.3 Conclusões e Recomendações

As conclusões e recomendações apresentadas a seguir são parciais, desde que o universo de conclusões e recomendações de medidas que os avicultores deverão adotar visando a maior eficiência do uso de energia somente estarão disponíveis no relatório final do estudo de otimização energética setorial, após os resultados das medições de campo.

Deve-se ressaltar que a consistência dos dados obtidos de uma amostra de 415 granjas, representando cerca de 25% do universo da avicultura em Minas Gerais, conferir fidelidade aos resultados e às inferências discutidas ao longo deste relatório.

1. Apesar do número de granjas de postura representarem apenas 30% do total, estas unidades são, em média, substancialmente maiores em relação às granjas de corte. Enquanto o plantel médio destas últimas unidades situa em torno de 24.000 aves, as granjas de postura alojam, em média, 39.000 aves. Este resultado apresenta uma alta correlação com o consumo médio de energia elétrica pelos diferentes tipos de granjas;
2. Em função do tamanho das granjas, da produção própria de ração e, principalmente do maior índice de mecanização o consumo médio mensal de energia elétrica nas unidades de postura (4.516 kWh/mês) é superior em mais de 100% ao consumo médio mensal observado nas unidades destinadas à produção de frangos (2.169 kWh/mês);

3. A média geral de consumo mensal da avicultura foi estimada em 2.781 kWh por granja, quase dez vezes maior do que o consumo médio rural na área de concessão da CEMIG (300 kWh);
4. Não foi possível determinar a participação da iluminação no consumo médio mensal de energia. Pode-se inferir, entretanto, que tal participação é muito significativa, tendo em vista tanto o regime intenso de funcionamento das lâmpadas, como a alta carga de iluminação por granja (média de 5.555 Watts);
5. Os consumos específicos médios estimados foram de 1,88 kWh para a produção de 1 caixa de ovos (cx. de 30 dúzias) e 0,16 kWh para a produção de 1 frango de corte. Cada avicultor individual deve procurar medir os seus próprios consumos específicos e identificar meios de otimizá-los, principalmente através do uso de lâmpadas mais eficientes e da melhoria de processos operacionais e da produtividade. O potencial para a melhoria de tais consumos específicos é, certamente, muito alto, levando em conta as grandes variações existentes entre granjas de diferentes tamanhos e de diferentes regiões;
6. Considerando a percentagem de uso de diferentes equipamentos eletromecânicos, chega-se à conclusão de que o índice de mecanização do setor ainda é relativamente baixo; A potência média instalada por granja é de 20,3 kW, sendo 28% representada por cargas de iluminação (média de 5,6 kW por granja) que entram em funcionamento no período de 17:00 às 22:00 horas, contribuindo para sobrecarga o sistema elétrico no “horário de ponta”.

2.7.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGÊNCIA PARA APLICAÇÃO DE ENERGIA. Auto Avaliação dos Pontos de Desperdício de Energia Elétrica na Indústria. CESP, São Paulo. 1986. 43p.
- COMITÊ DE DISTRIBUIÇÃO - CODI. Manual de Conservação de Energia. Eletrobrás/Procel. 1990. 79p.
- ELETROBRÁS. Projeto 14 - Eficiência Energética Global. Plano 2015 - Plano Nacional de Energia Elétrica, vol. IV, Eletrobrás. Rio de Janeiro. 1994
- CEMIG/PROCEL. **Estudo de otimização energética - Setor Irrigação - Pivô Central**, Belo Horizonte, 1993. 22p.
- CEMIG/PROCEL. **Estudo de otimização energética - Setor Irrigação por Aspersão Convencional**, Belo Horizonte, 1993. 26p.
- CEMIG/PROCEL. **Estudo de otimização energética - Setor Café**, Belo Horizonte, 1994. 26p.
- CEMIG/PROCEL. **Estudo de otimização energética - Setor Avícola**, Belo Horizonte, 1996. 21p.

ANEXO I

DISSERTAÇÕES E TESES DEFENDIDAS NO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA - ÁREA DE CONCENTRAÇÃO ENERGIA NA AGRICULTURA - UNESP - F.C.A. - CÂMPUS DE BOTUCATU.

ÁREA DE CONSERVAÇÃO E RACIONALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

<i>Título da Dissertação</i>	<i>Data da Defesa</i>
Elementos Mecânicos de Linhas de Eletrificação Rural.	27/08/1984
Consumo de Energia no Processamento de Milho (<i>Zea mays</i> (L.)) e Sorgo (<i>Sorghum bicolor</i> (L.)).	26/10/1984
Proposição de um Sistema Modificado para Quantificação de Biogás.	06/08/1985
Distribuição e Utilização de Equipamentos Eletromecânicos em Função do Tamanho da Propriedade Rural e do Tipo de Exploração Agrícola.	25/10/1985
Características do Consumo de Energia Elétrica numa Destilaria de Aguardente.	10/03/1986
<i>Exame</i> de Racionalização do Uso de Energia Elétrica em Função de Parâmetros Elétricos e Legislação Tarifária.	05/09/1986

Cálculo Mecânico em Linhas de Eletrificação Rural para Postes de Concreto Armado	16/12/1987
Desempenho dos Motores de Indução de 5 e 7,5 cv Acoplados em Moinhos a Martelos no Processamento de Grãos Agrícolas.	07/10/1988
Consumo de Energia Elétrica no Processamento de Milho Utilizado na Alimentação de Frangos.	18/12/1989
Uso de Energia Elétrica nos Sistemas de Pivô Central nas Áreas Irrigadas no Município de Guaíra - SP.	18/05/1990
Comportamento de Condutores de Aço Zincado e de Alumínio do Sistemas de Eletrificação Rural (MRT).	18/05/1990
Uso da Energia Elétrica no Beneficiamento de Café e na Secagem de Milho Associada a Produção de Ração.	21/11/1990
Consumo de Energia Elétrica na Moagem de Sorgo e Soja Utilizados na Alimentação de Frangos.	29/11/1990
Uso de Energia Elétrica em Atividades Ligadas à Avicultura.	19/06/1991
Análise da Tarifa Horo-Sazonal no Uso da Energia Elétrica em uma Agroindústria.	19/07/1991
Condutores com Aço em Linhas de Eletrificação Rural.	02/10/1991
Confronto e Limitações de Diversos Métodos de Cálculo das Reações do Solo na Fundação de Postes.	24/11/1992
Análises de Relações Potência/Velocidade para o Projeto de Agitadores com Respostas Dinâmicas Desejadas.	27/05/199
Transmissão de Calor em Reatores com Serpentina Interna.	27/05/1993
Uso do Poste de Pinus em Redes Monofilares com Retorno por Terra.	16/08/1993
Comportamento de Motores de Indução Monofásicos, Acionando um Moinho a Martelos de Pequena Capacidade, no Processamento de Grãos de Milho (<i>Zea mays</i> L.).	13/09/1993
Análise Econômica da Produção Industrial e do Consumo de Energia Elétrica em uma Usina Sucro-Alcooleira.	28/10/1993
Radiação solar global: algumas considerações sobre o meio ambiente do solo	19/12/94
Transmissão da radiação solar global e difusa em estufas plásticas e nebulizadora	10/02/95
Análise das forças e deformações atuantes no conjunto isolador - pino - cruzeta utilizado em eletrificação rural	19/04/95

<i>Título da Tese</i>	<i>Data da Defesa</i>
Considerações sobre o Estudo Mecânico de Linhas de Eletrificação Rural.	04/12/1986
Distribuição Probabilística de Velocidade do Vento para Avaliação do Potencial Energético Eólico.	15/12/1986
Considerações sobre a Racionalização do Uso da Energia Elétrica	24/11/1987

em Três Atividades Agroindustriais.	
Níveis Apropriados de Vazão de Alimentação de Moinhos a Martelos no Processamento de Alguns Produtos Agrícolas.	27/11/1987
Estudo Compartivo de Biodigestores Modelos Indiano e Chinês.	22/12/1987
O Uso de Descarga Elétrica no Controle de Plantas Daninhas.	15/07/1988
Parâmetros Energéticos na Elaboração de Programas de Irrigação para o Distrito de Santa Terezinha - MS.	10/12/1990
Um Modelo Matemático para Avaliação da Incidência de Radiação Solar em Superfícies Topográficas.	01/02/1991
Desenvolvimento de um Radiômetro para Medir Simultaneamente Radiação Solar Global, Fração Refletida da Radiação Solar Global e Radiação Líquida de Ondas Curtas.	27/06/1991
Metodologia para Estimativa da Produção Contínua de Biogás em Biodigestores Modelo Indiano.	19/12/1991
Análise do Desempenho Eletro-Mecânico de um Moinho a Martelos.	20/12/1991
Desenvolvimento de um Sistema Computacional para o Controle Automático do Processo de Aeração de Grãos de Milho.	19/02/1992
Resistividade e Resistência ao Aterramento em Solos da Fazenda Experimental Lageado, Município de Botucatu - SP.	30/04/1992
Características da Evolução da Eletrificação Rural no Brasil.	23/02/94
Radiômetro Solar para Meio Aquoso e Relações entre Radiação Global, Refletida e Transmitida.	23/02/94
Análise de Racionalização do Uso de Energia Elétrica através de Hiperbolóides de Carga e Potência em Operações de Processamento de Arroz (<i>Oryza sativa</i> , L.).	15/03/94
Desenvolvimento de um Modelo Matemático não Linear para o Gerador de Indução - uma Fonte Alternativa de Energia para Pequenas Propriedades Rurais.	29/04/94
Desenvolvimento de um Modelo Matemático para Analisar o Desempenho dos Motores Elétricos em Máquinas de Processamento de Arroz.	1º/06/94
Aplicação da Programação não Linear na Solução de Problemas de Energia na Agricultura.	28/06/94
Uso de condutores não convencionais em instalações elétricas rurais de baixa tensão	07/06/95
Ajustamento do método russo para cálculo das reações do solo na fundação de postes com seção circular	17/07/95