

*Gabriel Medeiros*

GABRIEL MEDEIROS

**TCC:  
ESTUDO DE CASO DO CONTROLE DE DEMANDA DE ENERGIA DE UMA EMPRESA  
ALIMENTÍCIA**

Relatório de TCC apresentado ao  
Centro Universitário UNIFACVEST,  
como parte dos requisitos para obtenção  
do título de Bacharel em Engenharia  
Elétrica.

Prof.(a) orientador (a):  
Francieli Lima de Sá Biasiolo  
Coordenador do Curso:  
Francieli Lima de Sá Biasiolo.



*Gabriel Medeiros*

**CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIFACVEST<sup>1</sup>  
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA  
GABRIEL MEDEIROS**

**TCC:  
ESTUDO DE CASO DO CONTROLE DE DEMANDA DE ENERGIA DE UMA EMPRESA  
ALIMENTÍCIA**

**LAGES  
2020**

---

<sup>1</sup> Os argumentos e estrutura do TCC estão nos passos metodológicos do livro de metodologia, p.44 a p.53: RODRIGUES, Renato. Gonçalves, José Correa. *Procedimento de metodologia científica*. 9.ed. Lages, SC. PAPERVEST. 2020. Disponível em Material Acadêmico UNIFACVEST, Biblioteca Física UNIFACVEST ou [prpe@unifacvest.edu.br](mailto:prpe@unifacvest.edu.br).

Gabriel Medeiros

GABRIEL MEDEIROS

**TCC:  
ESTUDO DE CASO DO CONTROLE DE DEMANDA DE ENERGIA DE UMA EMPRESA  
ALIMENTÍCIA**

Relatório de TCC apresentado ao  
Centro Universitario UNIFACVEST,  
como parte dos requisitos para obtenção  
do título de Bacharel em Engenharia  
Elétrica.

Prof (a) orientador (a):  
Francieli Lima de Sá Biasiolo  
Coordenador do Curso:  
Francieli Lima de Sá Biasiolo

Lages, SC 07/07 /2020 Nota 9,0 Francieli Lima de Sá Biasiolo  
(data de aprovação) (assinatura do orientador- assinatura-digital ou scanner)

Francieli Lima de Sá Biasiolo

(coordenador do curso de graduação, nome e assinatura-digital ou scanner)

Artigo apresentado ao Centro Universitário Facvest – UNIFACVEST, como requisito necessário para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Gabriel Medeiros

NOME DO ALUNO

Estudo de Caso de Controle de Demanda  
de Energia de uma Empresa Alimentícia

TÍTULO DO TRABALHO

BANCA EXAMINADORA:

Dra. Eng. Eletricista Francieli Lima de Sá Biasiolo

Titulação e nome do Orientador (a)

Msc. Eng. Eletricista Silvio Moraes de Oliveira

Titulação e nome do Avaliador (a).

Msc. Eng. Leonardo Breving Goff

Titulação e nome do Avaliador (a).

Francieli Lima de Sá Biasiolo

Coordenador (a) Prof. (a). Titulação e nome da Coordenador (a).

Lages, 07 de julho de 2020.

# ESTUDO DE CASO DO CONTROLE DE DEMANDA DE ENERGIA DE UMA EMPRESA ALIMENTÍCIA

Gabriel Medeiros<sup>1</sup>

Francieli Lima de Sá<sup>2</sup>

## RESUMO

A tarifação possui várias opções de contratação, permitindo com que o consumidor possa contratar a forma mais vantajosa de acordo com sua necessidade de sua instalação industrial. Cada indústria possui uma forma de produção que pode variar anualmente em diferentes períodos ou até mesmo diariamente influenciando diretamente na demanda da empresa. A demanda é medida de acordo com a potência máxima registrada no medidor dentro de um período de 15 minutos, registrando um faturamento. As linhas de produção procuram uma evolução constante em seus processos tornando sua indústria mais competitiva no mercado e a área de manutenção tem a função de adaptar a infraestrutura elétrica buscando a redução dos custos. O controle de demanda vem se tornando um investimento que permite a gestão de manutenção mostrar resultados eficientes em economia tornando os investimentos em automação do controle de demanda rentáveis já nos primeiros meses de aplicação. O monitorador é instalado em pontos estratégicos e além de permitir a contratação de uma forma de demanda mais eficiente também permite que sejam identificados pontos de desperdício. Este sistema permite que sejam mostrados os dados em tempo real e o histórico tudo em forma de gráfico na data desejada pode identificar quais equipamentos precisam ser melhorados.

**Palavras-chave:** Automação, Controle, Demanda.

---

<sup>1</sup>Aluno de graduação do curso de Engenharia Elétrica - UNIFACVEST.

E-mail: [gabriel22medeiros@hotmail.com](mailto:gabriel22medeiros@hotmail.com).

<sup>2</sup>Dra. Eng. Eletricista, Professora e coordenadora do curso de Engenharia Elétrica - UNIFACVEST. E-mail: [franciellimadesa@gmail.com](mailto:franciellimadesa@gmail.com)

## **ABSTRACT**

The tariff has several options of contracting, allowing the consumer to be able to contract the most advantageous way according to his need of its industrial installation. Each industry has a form of production that can vary annually in different periods or even daily influencing directly the demand of the company. The demand is measured according to the maximum power recorded in the meter within a period of 15 minutes, recording a billing. The production lines seek a constant evolution in their processes making their industry more competitive in the market and the maintenance area has the function of adapting the electrical infrastructure seeking the reduction of costs and control of demand has become an investment that allows the maintenance management to show efficient results in economics making investments in demand control automation profitable already in the first few months of application. The monitor is installed at strategic points and besides allowing the hiring of a more efficient form of demand, it also allows the identification of waste points. This system allows the data to be shown in real time and the history, all in the form of a graph on the desired date can identify which equipment needs to be improved.

**Keywords:** Automation, Control, Demand.

## 1. INTRODUÇÃO

Existem várias formas diferentes de tarifas aplicadas aos consumidores de energia elétrica, diferente dos consumidores residências (baixa tensão) ou com carga menor que 75kW, que possuem sua tarifa baseada no consumo mensal de energia elétrica também temos os consumidores indústrias com tensão igual ou maior 13,8kV que possuem a sua tarifa baseada em pacotes de demanda contratada que pode variar de acordo com o horário de maior consumo.

Por isso se faz necessário o uso de uma ferramenta capaz monitorar a carga consumida em cada momento e capaz de tomar ações preventivas de acordo com o horário pré-estabelecido pela distribuidora, de acordo com posto tarifário de cada região (ANEEL, 2015).

O entendimento da forma de como é cobrada a energia elétrica e como é feito o cálculo dos valores apresentados nas faturas de energia elétrica, emitidas pelas concessionárias de energia elétrica, é importante para iniciar um projeto de eficiência energética de uma indústria.

O objetivo deste trabalho é realizar uma verificação nos setores da fábrica mais suscetíveis a otimização do consumo de energia com foco na eficiência energética e através dos dados coletados em determinados períodos implementar um sistema que realize uma tomada decisão referente ao desligamento de cargas para manter a demanda dentro dos valores do contrato.

Os resultados obtidos servirão para que o consumidor industrial tenha um uma base de dados históricos referentes ao consumo de energia elétrica, podendo optar pela melhor forma de contrato de acordo com o consumo em cada horário ou época estabelecida.

A preocupação referente à demanda é dívida entre os consumidores finais e as concessionárias de energia. A tarifa aplicada tem por finalidade remunerar as fornecedoras de energia e as multas aplicadas aos consumidores por ultrapassagem da demanda servem para dividir a responsabilidade de trabalhar nos horários de demanda máxima chamado horário de ponta.

O controle de demanda existe na maioria das empresas de grande consumo, mas com uma eficiência reduzida pelo fato de ter apenas um controlador que derruba as cargas de acordo com o que foi programado e

quando acionado gera danos a produção podendo até parar linhas de produção. O controle automatizado permite ter várias condições programadas que podem ser alteradas dentro ou fora da fábrica de acordo com a necessidade empresa. O sistema é lucrativo para estas empresas, seja para controlar demanda ou até mesmo para gerar relatórios de consumo indicando os pontos mais críticos e apresentando os resultados da otimização.

O combate ao desperdício é uma questão debatida em todas as empresas do ramo industrial elétrica usada de forma eficiente torna-se um instrumento principal para o combate ao desperdício. (MESQUITA, 2009).

## **2 EMBASAMENTO TEÓRICO SOBRE DEMANDA DE ENERGIA E TARIFAÇÃO**

### **2.1 DEMANDA DE POTÊNCIA**

A demanda de potência aplicada representa um valor considerável nas despesas com energia elétrica das indústrias ligadas em tensão igual ou superior a 13,8kV, principalmente daquelas que adotam a estrutura horo-sazonal. Manter a indústria com a menor demanda possível, sem prejudicar a produção, representa uma economia e uma utilização racional de energia elétrica. Por outro lado, uma indústria faturada por tarifa horo-sazonal tem que operar de tal forma que a demanda solicitada se situe dentro de uma pequena margem, para que a demanda contratada seja realmente utilizada e não ultrapasse a tolerância prevista em contrato. Para atender a essas duas condições, a demanda de potência deve ser supervisionada e controlada.

A demanda contratada por uma indústria é medida em intervalos de 15 minutos e não a potência instantânea, como muitos imaginam. Como a energia elétrica é medida em kWh e quinze minutos representam um quarto de uma hora, a demanda de potência solicitada, em um determinado intervalo de 15 minutos, é considerada igual ao consumo de energia nesse intervalo multiplicado por quatro (CELESC, 2002).

Os controladores de demanda convencionais acompanham o consumo de energia elétrica a cada 15 minutos, não permitindo que ultrapasse o valor contratado, desligando cargas elétricas escolhidas pela indústria.



Este valor medido entre os quinze minutos têm um valor de contrato que pode variar de acordo com cada horário estabelecido por cada distribuidora. Os valores se dividem em grupos horário de ponta, horário fora de ponta e horário intermediário (ANEEL, 2015).

## **2.2 PROGRAMAÇÃO DAS CARGAS**

Para reduzir a demanda é necessária a implantação de um controlador de demanda como estabelecimento de uma programação de cargas elétricas. Para a programação das cargas elétricas temos um planejamento de funcionamento das máquinas elétricas de uma indústria, e assim procurando controlar o seu funcionamento ao longo da jornada de trabalho e dos períodos horo-sazonais. A obtenção da curva de carga de um dia normal de operação da indústria contribui para uma boa programação de cargas (ARAUJO, 2019).

## **2.3 COMO CONTROLAR A DEMANDA AUTOMATICAMENTE**

Controlar automaticamente a demanda de potência de uma indústria significa supervisionar, por meio de um sistema automático, as potências médias de 15 minutos solicitadas do sistema elétrico da concessionária distribuidora, para que valor contratado não seja ultrapassado (ANEEL, 2015).

Atualmente, um vasto mercado de aparelhos controladores de demanda de diversos tipos, desde os mais simples aos mais sofisticados, que são verdadeiros computadores e que, além de controlarem a demanda, desempenham outras funções de controle e supervisão (SUPPA, et al.).

A escolha do aparelho depende do sistema de controle e supervisão adequado para cada caso específico. Cabe a empresa consumidora escolher qual a melhor forma de controlar e supervisionar o seu consumo. Neste projeto serão usados controladores convencionais que transmitiram dados ao CLP que vai estabelecer condições e tomar as decisões. Estas decisões serão acompanhadas e poderão sofrer ajustes manuais através do sistema de supervisão.

Para se obter um bom aproveitamento da demanda de energia ativa contratada junto à concessionária de energia elétrica a indústria necessita de uma automação industrial aplicada às cargas e as da instalação através de um

controlador digital do tipo CLP (controlador lógico programável) além dos medidores (SUPPA, et al.).

#### **2.4. FATOR DE CARGA**

Segundo a resolução a normativa nº 414 de 9 de setembro de 2010 da ANEEL, o fator de carga está definido como sendo a razão entre a demanda média e a demanda máxima da unidade consumidora ocorridas no mesmo intervalo de tempo. Também se pode afirmar que o fator de carga é a razão entre a energia ativa consumida e a energia máxima que poderia ser utilizada em um dado intervalo de tempo. (PUC - Estimativa do Fator de Carga).

O fator de carga é um dado que informa se utilizamos de maneira inteligente a energia contratada. O fator de carga varia de 0 (zero) a 1 (um), mostrando a relação entre o consumo de energia e a demanda de potência, dentro de um determinado espaço de tempo.

O fator de carga vai indicar se pode obter uma redução dos gastos da empresa no quesito de energia elétrica.

#### **2.5 FATOR DE DEMANDA**

Segundo a resolução normativa nº 414 de 9 de setembro de 2010 da ANEEL, o fator de demanda é a divisão entre a demanda máxima num intervalo de tempo especificado e a potência instalada na unidade consumidora industrial. (PUC - Estimativa do Fator de Carga).

#### **2.6 FATOR DE POTÊNCIA**

As cargas indutivas alimentadas em tensão alternada produzem defasagem entre as ondas de tensão e de corrente causando o surgimento da potência reativa. Então quantificando desta defasagem podemos chamá-la de fator de potência (CELESC, 2002).

O fator de potência precisa ser corrigido pelos consumidores pode ser aplicando capacitores diretamente nas cargas indutivas ou na rede geral através do banco de capacitores e assim tornando a potência reativa menor consequentemente diminuindo a potência aparente e evitando o pagamento de multas.

## **2.7 POTÊNCIA APARENTE**

A potência aparente é a potência total absorvida pela rede expressada por quilovolt-ampere (kVA). Resumindo a potência aparente é o somatório entre a potência ativa e a reativa (CELESC, 2002).

## **2.8 POTÊNCIA ATIVA**

É a potência que transformada em trabalho, ou seja, é o que realmente é utilizado para girar um eixo de um motor, por exemplo, é potência calculada sem fluxos magnéticos da corrente alternada e sua unidade é (kW) (CELESC, 2002).

## **2.9 POTÊNCIA REATIVA**

É a potência instantânea gerada para produzir os fluxos magnéticos em equipamentos com presença de campos magnéticos como, por exemplo, motores transformadores e reatores (CELESC, 2002).

## **2.10. TARIFAÇÃO**

A principal ferramenta para uma escolha eficiente em relação ao modelo tarifário de energia é o estudo das modalidades tarifárias de acordo com o consumidor final.

As tarifas podem variar de acordo com critérios relacionados ao consumidor, classes de demanda, nível de tensão e sazonalidade assim as empresas se tornam mais competitivas e mercado energético mais justo (ARAUJO, 2019).

### **2.10.1 GRUPOS CONSUMIDORES**

Os consumidores de energia ou anuidade são definidos segundo a Resolução Normativa 414/2010 da ANEEL, tem o dever de solicitar o fornecimento, o uso da energia elétrica ou a contratação de energia a uma distribuidora, assumindo os deveres cumprir as normas de contrato e arcar com as multas aplicadas (ARAUJO, 2019)

A ANEEL separou o sistema em dois grandes grupos:

O grupo A são os consumidores de tensão igual ou superior a 2,3 kV, caracterizado pela tarifa binômica e subdividido nos seguintes subgrupos:

- subgrupo A1- tensão igual ou superior a 230 kV;

- subgrupo A2- tensão de 88 kV a 138 kV;
- subgrupo A3- tensão de 69 kV;
- subgrupo A4- tensão de 2,3 kV a 25 kV;
- subgrupo AS- tensão de fornecimento inferior a 2,3 kV, a partir de um sistema subterrâneo de distribuição.

O grupo B abrange consumidores com tensão inferior a 2,3 kV em geral como residências prédios e lojas, caracterizam pela tarifa monômnia e subdividida nos seguintes subgrupos:

- subgrupo B1 – residência;
- subgrupo B2 – rural;
- subgrupo B3 – demais grupos;
- subgrupo B4 – iluminação pública

### **2.10.2 MODALIDADES TARIFARIAS E TARIFAÇÃO**

De acordo com a ANEEL existem duas formas de tarifação a diária, que obedece a variação do consumo dentro de 24 horas, e anual, obedecendo às diferentes estações do ano de acordo com sazonalidade. A modalidade tarifaria também permite variações de acordo com o contrato escolhido em relação a diferentes horários de acordo com a demanda nacional.

### **2.10.2 TARIFAÇÃO CONVENCIONAL**

A tarifa Convencional exige um contrato específico com a concessionária no qual se pactua um único valor da demanda pretendida pelo contratante. Independentemente da hora do dia (ponta ou fora de ponta) ou período do ano (seco ou úmido) (ANEEL, 2015).

Pode contratar esse modelo de tarifação consumidores que não ultrapassam 300 kW no valor de demanda.

### **2.10.3 TARIFAÇÃO HORÁRIA BRANCA**

Este modelo de tarifação não é aplicado nas grandes indústrias, pois é aplicado somente em consumidores do grupo B com tensão abaixo de 2,3kV tem a principal característica de obter uma terceira tarifação referente ao horário além do horário de ponta e fora de ponta este modelo de tarifação possuem o horário

intermediário referente à uma hora antes e uma hora depois do horário de ponta iluminação pública e consumidores de baixa renda não se enquadram neste modelo de tarifação consumidores do grupo A também não se enquadram neste modelo por enquanto (ARAUJO, 2019).

#### **2.10.4 TARIFAÇÃO HORO SAZONAL VERDE**

Esta modalidade se aplica a unidades consumidoras do grupo A com tensão inferior a 69 kV e a demanda contratada superior ou igual a 300 kW, possui um único contrato de demanda de potência contratada em (kW) e uma tarifa diferenciada para o consumo de energia de acordo com as horas de utilização em (kWh).

Segundo (ARAUJO, 2019) a estrutura tarifária final desta modalidade será composta da seguinte forma:

- I – Por demanda de potência (kW) em uma tarifa única
- II – Tarifa por consumo de energia (kWh)
  - Tarifa para o horário de ponta no período úmido;
  - Tarifa para o horário fora de ponta no período úmido;
  - Tarifa para o horário de ponta no período seco;
  - Tarifa para o horário fora de ponta no período úmido.

#### **2.10.5X TARIFAÇÃO HORO SAZONAL AZUL**

Modelo de tarifação obrigatório para consumidores dos subgrupos A1, A2 e A3 do grupo A. É o modelo que possui mais opções de cobrança de acordo com determinada hora do dia.

Segundo (ARAUJO, 2019) estruturada por aplicação de tarifação diferenciada de consumo de energia elétrica de acordo com as horas de utilização o dia e períodos do ano, assim como tarifação de demanda de potência de acordo com as horas solicitadas no dia. A estrutura tarifária final será repartida da seguinte forma:

- I – Por demanda de potência (kW)
  - Tarifa para o horário de ponta;
  - Tarifa para o horário fora de ponta.
- II – Tarifa por consumo de energia (kWh)
  - Tarifa para o horário de ponta no período úmido;

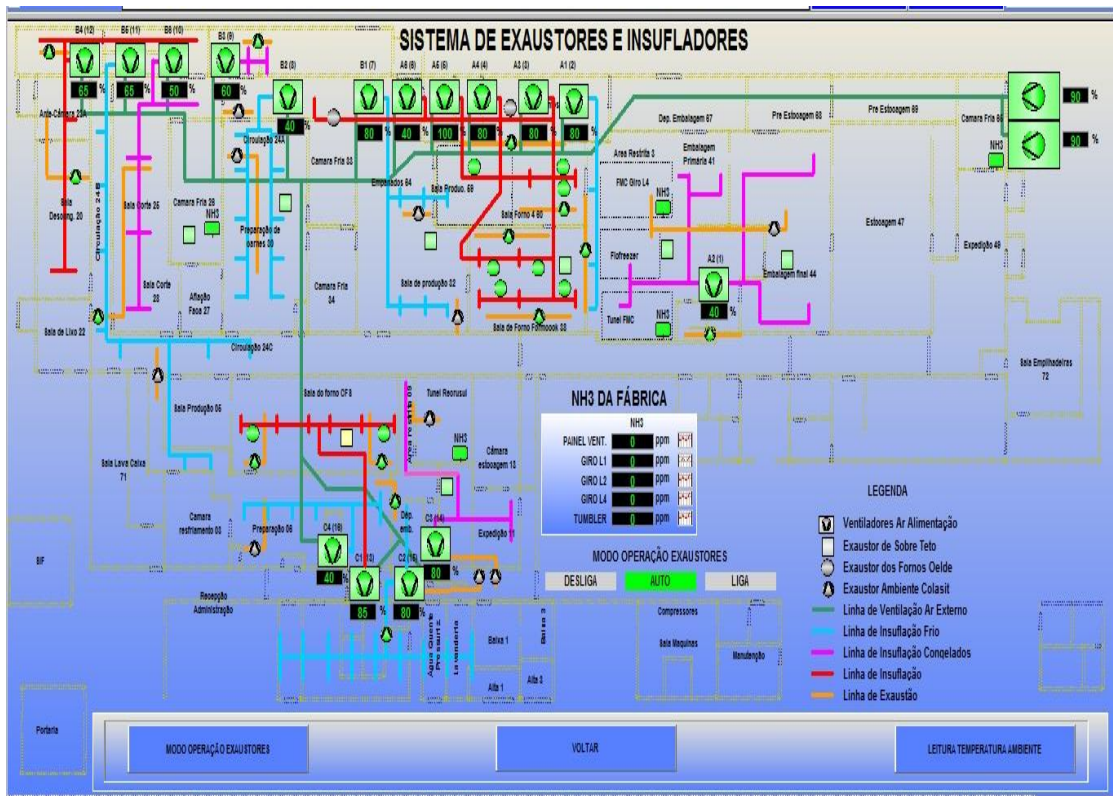
- Tarifa para o horário fora de ponta no período úmido;
- Tarifa para o horário de ponta no período seco;
- Tarifa para o horário fora de ponta no período úmido.

### **3. ESTUDO DE CASO DO CONTROLE DA DEMANDA DE ENERGIA ELÉTRICA**

Inicialmente o objetivo do projeto era apenas controlar a demanda, mas para controlar a demanda houve a necessidade de reduzir as cargas da empresa para manter a demanda de consumo dentro dos valores de demanda contratada. A redução é feita através do desligamento dos equipamentos, troca dos equipamentos por outros mais eficientes ou melhoria dos próprios equipamentos já existentes para se tornarem mais eficientes.

O desligamento de equipamentos tem um impacto mais significativo na demanda total da empresa, mas a quantidade de equipamentos que podem ser desligados e tempo que eles podem ficar inativos é muito pequeno neste projeto os únicos equipamentos que tiveram esta opção foi os exatores do entre teto que foi analisando que podiam ficar um grande período desligado, mas possuem uma demanda pequena em relação ao tamanho da fábrica. Os três compressores com eficiência menor também poderão ser desligados estes equipamentos têm uma demanda significativamente alta, mas serão desligados somente como alternativa emergencial para controlar a demanda e em curtos períodos.

Na figura abaixo mostra como e feito o monitoramento dos exatores e se estão ativos ou inativos somente os do entre teto podem ficar desligados e caso precise podem ser ligados em modo local ou remotamente.



**Figura 01 – Controle automatizado dos exaustores**

Fonte Supervisório da Empresa

A troca dos equipamentos é uma boa alternativa para diminuir o consumo, mas o custo se torna muito elevado e o retorno do investimento demorado principalmente quando os equipamentos estão em boas condições de uso e o índice de manutenção está de acordo com o planejado. Equipamentos que estão dando muito manutenção corretiva e apresentam desgaste tem uma aceitação de troca maior e um custo benefício melhor, o que não é o caso desta empresa que possui os equipamentos em ótimas condições de manutenção. Levando em consideração os itens acima foi possível trocar apenas os ventiladores de um dos condensadores que tinha ventiladores que estavam com um consumo acima da média em relação ao seu trabalho realizado e um índice manutenção a 30% maior em relação aos demais.



**Figura 02 – Ventiladores Novos**

Fonte Sala de Máquinas da Empresa

A otimização das máquinas é melhor forma de obter um resultado na indústria. As principais vantagens são o tempo de parada e valor do projeto é menor em relação à troca de um equipamento de grande porte e o retorno do investimento se torna mais rápido. Neste projeto a otimização também foi em cima dos três compressores de menos eficiência devido a sua importância na empresa e dos seus valores de demanda significativo.

Todos os estudos e investimentos foram encimados pela parte de sala de máquinas da empresa que pertence ao setor de utilidades isso foi uma ação que se justifica através da análise de potência realizado que esta apresentada a seguir. Os dados de consumo e economia foram coletados diretamente em campo.



### **3.1 ANÁLISES DAS POTÊNCIAS DA EMPRESA**

A empresa recebe da distribuidora a energia elétrica a rede em tensão de fase de 13,8 kV na modalidade de grupa A no subgrupo A4 com o modelo de tarifação horo sazonal azul. Dentro do estabelecimento a 4 subestações abaixadora para tensão de fase de 220 V.

A primeira alimenta toda a parte administrativa, are de lazer, refeitórios, cozinha, lavanderia, vestiário e a linha 01 de produção da empresa.

A segunda alimenta as linhas de produção 2, 3 e 4, estação de tratamento de efluentes, parte de insuflação de ar e compressor de ar comprimido.

A terceira linha alimenta toda a parte de utilidades da empresa composta por compressor de amônia, caldeiras de vapor, aquecedores de óleo térmico, condensadores, tratamento de água, aquecimento de água, pressurização de água e alimentação dos contêineres.

Por último temos a quarta que alimenta a parte de tratamento de composto da empresa que apesar de ter uma pequena demanda possui uma subestação independente por ser distante das outras três subestações.

Primeiramente foi realizado um estudo interno para decidir quais cargas podiam ser desligadas por um determinado tempo em uma ação emergencial para controlar a demanda da empresa.

Através desse analise foi concluído que os compressores menos eficientes seriam uma das alternativas para ser desligado e os exaustores do entre teto também não precisam ficar ligados o tempo todo por se tratar de um espaço confinado da empresa eles precisam ligar somente quando for realizada uma permissão de trabalho para pessoas poderem entrar no local ou quando ocorrer alguma avaria causada por vazamento de algum produto químico.

Com o desligamento dos exaustores tivemos uma economia de 42,34 kW na potência instantânea da fábrica e uma economia diária de 1016,18 kW. Todos os valores de corrente (A) foram medidos diretamente no equipamento como mostra a tabela 1 a seguir.

<b>Consumo dos Exaustores do Entre Teto</b>					
	Referência	Tensão	Corrente	Qtd de horas	kWh por dia
Motores da Linha 1	Motor 01	380	5,62	24	88,78
	Motor 02	380	5,23	24	82,61
	Motor 03	380	5,52	24	87,20
	Motor 04	380	5,33	24	84,19
Motores da linha 2 e 3	Motor 05	380	5,2	24	82,14
	Motor 06	380	5,34	24	84,35
	Motor 07	380	5,4	24	85,30
	Motor 08	380	5,39	24	85,14
Motores da Linha 04	Motor 09	380	5,27	24	83,25
	Motor 10	380	5,22	24	82,46
	Motor 11	380	5,51	24	87,04
	Motor 12	380	5,3	24	83,72
<b>Consumo total em kWh por dia economizado</b>				<b>1016,18</b>	
<b>Quantidade de kW a menos na demanda da empresa</b>				<b>42,34</b>	
<b>Economia em R\$ referente as 21h do horário fora de ponta por dia</b>				<b>266,74</b>	
<b>Economia em R\$ referente as 3h do horário de ponta por dia</b>				<b>59,69</b>	
<b>Economia em R\$ referente as 24h em horário de ponta e fora de ponta</b>				<b>326,43</b>	

**Tabela 1 - Tabela de economia de energia dos exaustores do entre teto**

Fonte Dados coletados na empresa

Considerando os três compressores em potência máxima temos o primeiro compressor com um consumo de 229,05 kW, o segundo compressor com 231,68 kW e o terceiro compressor com um consumo de 218 kW. Fazendo um somatório dos três compressores temos um total de 679,24 kW na potência instantânea da fábrica esses compressores podem ser desligados de acordo com a necessidade de corrigir a demanda por um determinado período até a normalização. A sequência do desligamento está programada através do

controlador lógico programável e também pode ser alterada manualmente via supervisor. Todos os valores de corrente (A) foram medidos diretamente no equipamento como mostra a tabela 2 a seguir.

<b>Potência e Corrente Elétrica dos Compressores</b>				
Referência	Tensão	Corrente	Qdt hora	Potência kWh
Motor 01	380	348	1	229,05
Motor 02	380	352	1	231,68
Motor 03	380	332	1	218,52
		Somatório das Potencias		679,24

Tabela 2 - Potência dos compressores 1,2 e 3 em kWh

Fonte Dados coletados na empresa

O desligamento dos compressores é capaz de corrigir a demanda instantânea, mas este desligamento tem que ser em períodos curtos para não afetar o funcionamento da refrigeração da fábrica.

Ao final da análise das potencias foi concluído que a parte de utilidades da terceira subestação é a principal consumidora da empresa devido à grande quantidade de motores e a potência deles.

### **3.2. IMPORTÂNCIA FINANCEIRA PARA EMPRESA EM CONTROLAR A DEMANDA DE ENERGIA**

O controle de demanda de energia tem um valor significativo na receita da empresa e cada grupo e subgrupos possuem formas de cobrança diferentes, este valor também se diferencia de acordo com modalidade tarifaria escolhida pela empresa.

Caso a demanda de pico da empresa ultrapasse o valor contratado a cobrança da multa será o valor do kW pago multiplicado por três e multiplicado pelo valor ultrapassado está será cobrado caso o valor ultrapasse os 5% de tolerância estipulado.

Neste capítulo será mostrado os valores de tarifação em que a empresa se enquadra e a forma de como é cobrado.

De acordo com as tarifas vigentes, estabelecidas pela Aneel na resolução homologatória nº 2.593, de 20 de agosto de 2019. Esses são os valores cobrados para grupo A, subgrupo A4 na modalidade horo sazonal azul que vigoram de 22 de agosto de 2019 a 21 de agosto de 2020.

Horário	Valor da demanda em kW/R\$	Valor da energia em kWh/R\$
Ponta	30,2	0,47537
Fora de ponta	13,02	0,30644

**Tabela 3 - Valores cobrados na tarifação**

Fonte: (CELESC, 2019)

Analisando a tabela acima vemos os valores da modalidade em que a empresa se enquadra. Por exemplo, o valor pago em multa pela demanda de pico excedente do contrato o valor já cobrado usualmente multiplicado por 3 ou seja de 30,2 para 90,6 no horário de ponta e de 13,02 para 39,06 no horário fora de ponta para cada kW excedente do contrato.

Caso a empresa não consuma o valor total de demanda do contrato o pagamento do valor de demanda é feito integralmente da mesma forma por isso o valor de contrato tem que compatível com a empresa não pode ser nem muito abaixo e nem muito acima. Se valor de contrato ficar abaixo além de pagar o que ultrapassar ainda vai ser multiplicado o valor cobrado em kW de demanda por três em forma de multa. Se o valor contratado ficar acima do consumido não se paga multa somente paga o valor integral do contrato multiplicado pelos valores indicado na tabela 03 a desvantagem é que a empresa pagará por um valor que não está usando.

Por tem a necessidade de controlarmos a demanda e manter os valores de acordo com o planejado evitando o pagamento de multa e contratando de apropriada a empresa. Este processo é feito através dos medidores controladores de demanda e através da melhoria de eficiência energética dos equipamentos existentes na empresa.

### **3.3. MELHORIA NA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DOS EQUIPAMENTOS**

Depois garantir que os valores de demanda não iam ultrapassar o estipulado e segundo passo foi identificar os equipamentos que podiam ser

melhorados e se tornar mais eficientes na questão energética. Conseguindo fazer que com os equipamentos consumissem menos energia automaticamente a demanda da empresa vai diminuir e as medidas adotadas de forma emergencial citada acima podem se tornar menos frequente tornando a empresa mais estável.

Fazendo algumas análises nos equipamentos da empresa ficou mais fácil comparar os equipamentos que tem a mesma função e a mesma funcionalidade assim analisamos qual sua capacidade em gerar o trabalho estipulado em relação ao gasto em energia e em seguida comparamos um equipamento com o outro.

A primeira análise foi nos compressores todos os compressores são variáveis através válvula deslizante ou através de inversores de frequência trabalhando em conjunto com a válvula deslizante. Comparando os compressores controlados por inversores são mais eficientes com o compressor trabalhando em níveis abaixo de 85%. O controle válvula deslizante tem um nível de eficiência aceitável somente com o compressor trabalhando entre 85 a 100% da sua capacidade, ou seja, este modo de trabalho tem um baixo nível de eficiência com o compressor modulando.

A modulação dos compressores é essencial para o funcionamento do setor de utilidades da empresa, pois dentro do ambiente frigorífico da empresa a carga térmica varia de acordo com os parâmetros de produção, então se a carga térmica diminuir e os compressores não diminuir a sua capacidade além de gastar energia desnecessária ainda a o risco de ocorrer o congelamento dos trocadores de calor e desarme dos compressores.

A seguir vamos fazer uma comparação em um compressor da MYCOM com um sistema variável com inversor de frequência em comparação com os o sistema de válvula deslizante considerando o compressor de amônia modulando.

A Tabela 4 mostra a simulação dos compressores de amônia trabalhando com o sistema válvula deslizante comparando com os mesmos compressores de amônia trabalhando com sistema variável através do inversor de frequência em conjunto com a válvula deslizante. A Tabela 4 também mostra qual seria a economia com o sistema aplicado nos três compressores que são considerados de baixo rendimento.

<b>Economia de Energia elétrica na substituição dos motores</b>					
	Referência	Tensão	Corrente	Qtd de horas	Potência kWh
Condensador (Antes)	Compressor 01	380	348	24	5497,11
	Compressor 02	380	352	24	5560,30
	Compressor 03	380	332	24	5244,37
Condensador (Planejado)	Compressor 01	380	323,64	24	5112,32
	Compressor 02	380	327,36	24	5171,08
	Compressor 03	380	308,76	24	4877,27
<b>Somatória de consumo dos compressores antigos em kWh por dia</b>				<b>16301,79</b>	
<b>Somatória de consumo entre os compressores novos em kWh por dia</b>				<b>15160,66</b>	
<b>Diferença de consumo entre os compressores novos em relação aos antigos em kWh por dia</b>				<b>1141,12</b>	
<b>Economia em R\$ referente as 21h do horário fora de ponta por dia</b>				<b>305,97</b>	
<b>Economia em R\$ referente as 3h do horário de ponta por dia</b>				<b>67,80</b>	
<b>Economia em R\$ referente as 24h em horário de ponta e fora de ponta</b>				<b>373,77</b>	

**Tabela 4 - Comparando modulação dos compressores**

Fonte: Dados coletados na empresa e (MAYEKAWA, 2008).

Durante a elaboração da tabela foi usado como referência de economia de 7% em comparação do sistema de válvula deslizante com a válvula deslizante em conjunto com inversor de frequência. Este valor de 7% foi estipulado através de outros sistemas que já foram implantados por uma empresa especialista neste ramo de refrigeração. Além deste valor estipulado de economia a empresa também analisou se os motores existentes são compatíveis para aplicar o projeto e se acoplamento do motor poderia ser aproveitado e concluído que os dois componentes podem ser aproveitados no projeto. A troca destes dois componentes tornaria o projeto inviável.

O sistema traz outras vantagens uma delas é que não será mais preciso desligar os equipamentos para controlar a demanda somente a modulação dos inversores será suficiente para diminuir um pico de demanda o que se torna mais fácil o controle. Por exemplo, um compressor trabalhando com a capacidade de 30% terá uma economia no consumo de 40% isso aplicado nos três compressores é suficiente para controlar a demanda o que diminuirá o número de vezes que o compressor que o compressor liga e desliga durante o que aumenta a vida útil dos equipamentos e torna o sistema de refrigeração mais estável.

Outra vantagem é a possibilidade do motor trabalhar a mais de 60hz o que vai aumentar a capacidade frigorífica do compressor o indicado pela MYCOM é trabalhar até 70hz o que aumentara a capacidade do compressor em 12% esta opção não foi estudada a fundo por ser o objetivo do projeto mas é considerado uma vantagem do projeto.

O segundo ponto de otimização foi em um dos condensadores de amônia que possuía motores convencionais com ventiladores acoplados durante a medição foi constatado uma corrente alta em relação a sua capacidade de ventilação com a corrente alta consequentemente o consumo é maior posteriormente a esta medição foi realizado a troca dos motores por ventiladores de alto rendimento através dos dados coletados nos manuais dos ventiladores já se espera um economia significativa, mas medindo diretamente em campo nos ventiladores a economia foi ainda maior como mostra a tabela 05 e poderá ser aplica em outros equipamentos que use ventilação.

<b>Economia de Energia elétrica na substituição dos motores</b>					
	Referência	Tensão	Corrente	Qtd de horas	Potência kWh
Condensador (Antes)	Motor 01	380	8,03	24	126,84
	Motor 02	380	8,01	24	126,53
	Motor 03	380	8,9	24	140,59
	Motor 04	380	8,4	24	132,69

Condensador (Depois)	Motor 01	380	4,06	24	64,13
	Motor 02	380	3,62	24	57,18
	Motor 03	380	3,48	24	54,97
	Motor 04	380	3,81	24	60,18
<b>Somatória de consumo dos Ventiladores antigos em kWh por dia</b>				<b>526,65</b>	
<b>Somatória de consumo entre os Ventiladores novos em kWh por dia</b>				<b>236,47</b>	
<b>Diferença de consumo entre os Ventiladores novos em relação aos antigos em kWh por dia</b>				<b>290,18</b>	
<b>Economia em R\$ referente as 21h do horário fora de ponta por dia</b>				<b>77,80</b>	
<b>Economia em R\$ referente as 3h do horário de ponta por dia</b>				<b>17,24</b>	
<b>Economia em R\$ referente as 24h em horário de ponta e fora de ponta</b>				<b>95,04</b>	

**Tabela 5 - Economia com a troca dos ventiladores**

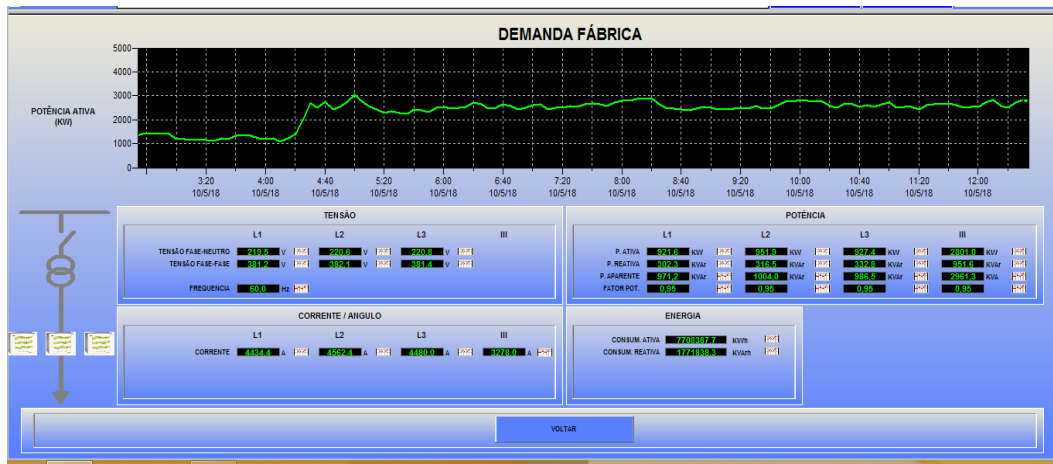
Fonte Dados coletados na empresa

Os motores com ventiladores acoplados já apresentavam desgaste e algumas manutenções corretivas por isso a troca se tornou lucrativa com uma economia na demanda de energia da empresa e com equipamentos mais confiáveis com este cálculo da tabela acima mostra que otimização realmente vale a pena e o retorno é imediato.

### **3.4 FORMAS DE MEDIÇÃO**

Basicamente existem duas formas de medição a síncrona convencional e assíncrona. O método de medição síncrona é o utilizado por todas as concessionárias do Brasil, este método mede por intervalos de tempo de 15 minutos, ou seja, a demanda é energia média consumida no intervalo. A medição assíncrona já é diferente, pois a medição é feita em tempo real e permite um melhor controle dos processos podendo mostrar gráficos como na imagem a seguir.





**Figura 03 – Gráfico do medidor**

Fonte Supervisório da Empresa

O medidor assíncrono é um investimento importante desde que suas funções sejam usadas e aplicadas. Uma medição efetiva permite que a empresa opte pelas melhores condições em caso de uma possível demanda ultrapassada. Da mesma forma é importante que haja mais pontos de medição espalhados em determinados grupos de carga tornando possível uma interpretação mais óbvia do que está acontecendo na empresa e assim permitindo ao operador do sistema explicar o porquê das curvas do gráfico principal e assim planejar uma ação corretiva em um tempo menor.

A imagem abaixo vai ilustrar os pontos de medição auxiliares aplicados neste projeto.



**Figura 04 – Medidores auxiliares**

Fonte Supervisório da Empresa

Além do medidor principal da fábrica existe mais seis pontos supervisionados que tem a função de mostrar dados pertinentes ao consumo total e gerar relatórios principalmente nos pontos de maior consumo que são baixa 01 e baixa 02.

#### **4 CONCLUSÃO**

Este trabalho enfatiza a possibilidade de se obter uma economia satisfatória em relação ao consumo de energia elétrica através de um sistema de gerenciamento eficiente que torna a empresa mais competitiva no mercado, pois a redução da demanda permite que a empresa tenha mais equipamentos consumindo.

Através das modificações acima citadas foi possível obter alguns benefícios, como por exemplo, evitar possíveis penalidades de sobredemanda, que em valor monetário pode representar até três vezes o valor da demanda contratada. Além disso o controle de eficiência energética realizado nos equipamentos proporcionou uma economia diária de aproximadamente R\$795,24.

O projeto mostra algumas aplicações em operação e outras apenas em fase de simulação, mas o mais importante são os dados coletado em campo mostrando a economia real o que deixa empresa mais confiante para investir em sistemas de otimizações.

Além de poder ter mais equipamentos consumindo, caso não haja possibilidade de expansão a empresa que optar pelo sistema pode diminuir o valor de contrato com concessionária. Essas vantagens citadas acima são apenas as consequências do equipamento que é instalado com o principal objetivo de não pagar multas a concessionária, as multas são severas por isso a preocupação com o controle de demanda.

O custo x benefício dos investimentos é favorável nas três situações aumento de equipamentos, diminuição do valor de contrato e o não pagamento de multas.

## 5. REFERÊNCIAS

**ANEEL. 2010.** AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. *ren2010414.pdf*. [Online] 09 de 09 de 2010. [Citado em: 20 de 04 de 2020.] <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2010414.pdf>.

— **2015.** Póostos Tarifários - ANEEL. [Online] 24 de 11 de 2015. [Citado em: 17 de 04 de 2020.] <https://www.aneel.gov.br/postos-tarifarios>.

**ARAUJO, LARISSA ABREU. 2019.** *Inserção no Mercado Livre e Adequação Tarifária: Um Estudo de Caso de uma Indústria do Setor Alimentício*. Juiz de Fora : s.n., 2019.

**CELESC. 2002.** Norma Para Instalação de Capacitores. [Online] 2002. [Citado em: 19 de 05 de 2020.] <https://www.celesc.com.br/arquivos/normas-tecnicas/padrao-entrada/NT02.pdf>.

— **2019.** Tarifas e Taxas de Energia. [Online] CELESC, 20 de 08 de 2019. [Citado em: 28 de 05 de 2020.] <https://www.celesc.com.br/tarifas-de-energia#tarifas-vigentes>.

**2001.** Manual de Tarifação de Energia Elétrica. *Manutarifação*. [Online] 1ª, Eletrobras - Procel, 05 de 2001. [http://www.sef.sc.gov.br/arquivos\\_portal/assuntos/9/manual\\_de\\_tarifacao.pdf](http://www.sef.sc.gov.br/arquivos_portal/assuntos/9/manual_de_tarifacao.pdf).

**MAYEKAWA, REFRIGERAÇÃO. 2008.** *Unidade Compressora - Parafuso, Manual de Operação e Manutenção*. Arujá : s.n., 2008.

**MESQUITA, RAFAEL PIMENTA. 2009.** Análise de viabilidade técnica-econômica para a aplicação de inversores de frequência em sistemas de bombeamento de baixa potência. 2009.

**SUPPA, MAURICIO R. e TERADA, MARCOS IUQUINORI.** Comparativo entre métodos de controle de demanda: qual o mais eficiente para o usuário nacional ? [Online] [Citado em: 18 de 05 de 2020.] <http://gestal.com/files/8614/3075/2696/comparativo-entre-metodos-de-controle-de-demanda-qual-o-mais-eficiente-para-o-usuario-nacional.pdf>.