

FACULDADE INDEPENDENTE DO NORDESTE – FAINOR  
ENGENHARIA ELÉTRICA

ROBS WILLIAN BARBOSA MOREIRA

**ESTUDO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA ENTRE VENTILADORES  
KEPPE-MOTOR® E DE INDUÇÃO**

VITÓRIA DA CONQUISTA – BA

2017

ROBS WILLIAN BARBOSA MOREIRA

**ESTUDO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA ENTRE VENTILADORES  
KEPPE-MOTOR® E DE INDUÇÃO**

Monografia apresentada à Faculdade Independente do Nordeste (FAINOR), como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Esp., Dirlei dos Anjos Santos.

VITÓRIA DA CONQUISTA – BA

2017

**ROBS WILLIAN BARBOSA MOREIRA**

**ESTUDO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA ENTRE VENTILADORES  
KEPPE-MOTOR® E DE INDUÇÃO**

Aprovado em    /    /

BANCA EXAMINADORA / COMISSÃO AVALIADORA

---

Prof. Esp., Dirlei dos Anjos Santos  
Faculdade Independente do Nordeste

---

Prof. Esp., Rogério Gusmão Marinho  
Faculdade Independente do Nordeste

---

Prof. Esp., Vinicius Dutra Andrade  
Faculdade Independente do Nordeste

VITÓRIA DA CONQUISTA – BA

2017

*“A vida é uma peça de teatro que não permite ensaios. Por isso, cante, chore, dance, ria e viva intensamente, antes que a cortina se feche e a peça termine sem aplausos.” (Charlie Chaplin)*

Dedico este trabalho de monografia especialmente aos meus pais, familiares, amigos, e ao corpo docente desta Instituição. E a todos que participaram direta ou indiretamente na minha formação. Em especial, minha esposa e filhos, que sempre estiveram ao meu lado.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por ter me dado permissão, saúde e coragem para superar as dificuldades.

À minha família, esposa e filhos, por sua capacidade de acreditar em mim. Mãe, seu cuidado e dedicação foi que deram, em alguns momentos, a esperança para continuar. Pai, sua presença significou segurança, sua ausência a certeza que mesmo não podendo toca-lo nunca fiquei sozinho nessa caminhada.

Ao meu orientador Professor Especialista Dirlei dos Anjos Santos, pelo suporte no pouco tempo que lhe coube, pelos incentivos. Aos amigos e colegas, pelo estímulo e pelos apoios constantes. A Rconsult, na pessoa do Engenheiro e Professor Rogério Gusmão, pelo apoio e tempo dedicado na execução desse projeto.

Agradeço ainda ao Mestre Flavio Mendes, responsável direto pelo convite a conhecer o tema escolhido, me co-orientando, para que esse momento chegasse. Não menos importante, os colegas e amigos Caio Venâncio e Matheus Garcia que tanto fizeram nessa minha jornada árdua.

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

Ficha gerada automaticamente pelo sistema da Biblioteca Ubirajara Brito, com os dados fornecidos pelo autor da obra.

Moreira, Robs Willian Barbosa  
Estudo de eficiência energética entre  
ventiladores Keppe-Motor® e de indução../  
Robs Willian Barbosa Moreira.\_ \_ Vitória da  
Conquista, 2017.  
74 f; il.

Monografia (Graduação em Engenharia  
Elétrica) Faculdade Independente do Nordeste -  
FAINOR  
Orientador(a): Prof(a). Dirlei dos Anjos  
Santos

1. Eficiência Energética. 2. Keppe-Motor®. 3.  
Ventilador. I. Título

## RESUMO

Realizar análise econômicas no tocante do consumo de energia entre os motores Keppe-Motor® Universe Turbo e os motores de indução da marca VentiDelta modelo Cristal, quando aplicados a ventiladores. Assim o estudo tratou-se de forma experimental com abordagem quantitativa sendo realizado entre os meses de novembro a dezembro de 2017, em um ambiente disponibilizado pelo Instituto do Notebook & Cia no município de Vitória da Conquista – BA. Para a coleta das informações foi feito uso de um analisador de energia, onde obteve os resultados de consumo (kw/h), corrente (I), fator de potência (FP) e potência (ativa; reativa e aparente”) um tacômetro digital óptico com mira laser, um anemômetro digital portátil, e um termômetro digital infravermelho com mira laser. A análise foi feita através de estatística descritiva e porcentagem, com a análise de quadros. Através das frequências absolutas das variáveis de velocidade do ar, temperatura, consumo, tensão, corrente e rotação o que mostrou um resultado satisfatório e econômico no consumo de energia para o ventilador Keppe-Motor® apresentando uma redução de consumo na ordem de 10 vezes e mantendo a mesma produção em relação à linha da VentiDelta com motor de indução modelo cristal. Ser mais econômico, não quer dizer alto eficiente, para tanto tem de proporcionar o mesmo conforto adquirido através dos ventiladores tradicionais. Condições que os motores da família Keppe demonstraram quando aplicados a ventiladores.

**Palavras-chave:** Eficiência Energética. Keppe Motor. Ventilador.

## ABSTRACT

Carry out economic analysis regarding the energy consumption between Keppe-Motor® Universe Turbo engines and the induction motors of the brand VentiDelta Cristal model, when applied to fans. Thus the study was experimentally with a quantitative approach being carried out between the months of November and December 2017, in an environment made available by the Notebook & Cia Institute in the city of Vitória da Conquista - BA. In order to collect the information, an energy analyzer was used to obtain the results of consumption (kw / h), current (I), power factor (FP) and power (active, reactive and apparent), a digital tachometer optical laser pointer, a portable digital anemometer, and a digital infrared thermometer with laser sight. The analysis was done through descriptive statistics and percentage, with the analysis of tables. Through the absolute frequencies of the variables of air velocity, temperature, consumption, voltage, current and rotation, which showed a satisfactory and economical result in the energy consumption for the Keppe-Motor® fan, presenting consumption reduction in the order of 10 times and maintaining the same production in relation to the VentiDelta line with induction motor model glass. Being more economical, does not mean high efficient, so you have to provide the same comfort acquired through traditional fans. Conditions that the Keppe family motors demonstrated when applied to fans.

**Keywords:** Energy Efficiency. Keppe Motor. Fan.

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 – Diagrama de processo de conversão entre energias.....                                                           | 23 |
| Figura 2 - Sistema energético genérico.....                                                                                | 24 |
| Figura 3 – Sistema energético.....                                                                                         | 25 |
| Figura 4 – Espira simples girando dentro de um campo magnético. (a) Vista frontal;<br>(b) Corte transversal da bobina..... | 29 |
| Figura 5 – MIT da marca WEG, modelo W22 premium.....                                                                       | 30 |
| Figura 6 – Rotor gaiola de esquilo.....                                                                                    | 31 |
| Figura 7 – Aspectos construtivos de um MIT .....                                                                           | 31 |
| Figura 8 – Corte transversal de um motor de indução monofásico. ....                                                       | 32 |
| Figura 9 – Característica do torque versus velocidade de um motor de indução com<br>capacitor de partida.....              | 34 |
| Figura 10 – Representação de motor CC sem escovas.....                                                                     | 36 |
| Figura 11 – Representação do Funcionamento do Keppe-Motor®. ....                                                           | 38 |
| Figura 12 – Vista interna de motor de ventilador de teto.....                                                              | 40 |
| Figura 13 – Vista superior do motor do ventilador de indução. ....                                                         | 40 |
| Figura 14 – Pá do ventilador de indução.....                                                                               | 41 |
| Figura 15 – Braço de sustentação do ventilador de indução.....                                                             | 41 |
| Figura 16 – Controle de parede do ventilador de indução.....                                                               | 42 |
| Figura 17 – Imãs acoplados a bobina rotórica do Keppe-Motor®. ....                                                         | 43 |
| Figura 18 – Rolamento inferior do Keppe-Motor®.....                                                                        | 43 |
| Figura 19 – Bobina estatórica do Keppe-Motor®. ....                                                                        | 44 |
| Figura 20 – Vista inferior da placa de circuito integrado do Keppe-Motor®. ....                                            | 44 |
| Figura 21 – Vista superior da placa de circuito integrado do Keppe-Motor®. ....                                            | 45 |
| Figura 22 – Braço do suporte de sustentação do Keppe-Motor®. ....                                                          | 45 |
| Figura 23 – Pá do ventilador Keppe-Motor®.....                                                                             | 46 |
| Figura 24 – Controle remoto do Keppe-Motor® .....                                                                          | 46 |
| Figura 25 – Estrutura de sustentação dos ventiladores .....                                                                | 50 |
| Figura 26 – Diagrama elétrico das instalações dos ventiladores.....                                                        | 51 |
| Figura 27 – Tabela de suportabilidade de corrente dos dios Nambei utilizados.....                                          | 52 |
| Figura 28 – Analisador de energia da Instrutherm. ....                                                                     | 53 |
| Figura 29 – Anemômetro da marca Anemometer .....                                                                           | 54 |

|                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------|----|
| Figura 30 – Tacômetro da marca Digital Tachometer .....       | 55 |
| Figura 31 – Termômetro da marca Mesco .....                   | 55 |
| Figura 34 – Medição da velocidade do ar no ventilador 1. .... | 68 |
| Figura 35 – Medição da velocidade do ar no ventilador 2. .... | 68 |
| Figura 36 – Medição de rotação no ventilador 1. ....          | 69 |
| Figura 37 – Medição de rotação no ventilador 2 .....          | 69 |
| Figura 38 – Medição de temperatura ventilador 1. ....         | 70 |
| Figura 39 – Medição de temperatura ventilador 1. ....         | 70 |
| Figura 40 – Botão que liga o instrumento. ....                | 71 |
| Figura 41 – Botão de seleção de instrução. ....               | 71 |
| Figura 42 – Função Exit, Sair da tela atual. ....             | 72 |
| Figura 43 – Direciona a instrução.....                        | 72 |
| Figura 44 – Altera o valor ao valor definido. ....            | 73 |
| Figura 45 – Selecionando a função Power.....                  | 73 |
| Figura 46 – Selecionando a Função harmônica. ....             | 73 |
| Figura 47 – Botão para definir a tensão. ....                 | 74 |
| Figura 48 – Definição de corrente. ....                       | 75 |

## LISTA DE QUADROS E GRÁFICOS

|                                                     |    |
|-----------------------------------------------------|----|
| Quadro 1 – Temperatura (°C).....                    | 61 |
| Quadro 2 – Rotação por minutos (RPM). ....          | 62 |
| Quadro 3 – Velocidade do vento. ....                | 62 |
| Gráfico 1 – Dados da tensão X tempo.....            | 56 |
| Gráfico 2 – Dados da corrente X tempo. ....         | 57 |
| Gráfico 3 – Dados da potência ativa X tempo. ....   | 57 |
| Gráfico 4 – Dados da potência reativa X tempo. .... | 58 |
| Gráfico 5 – Dados da potência reativa X tempo. .... | 58 |
| Gráfico 6 – Dados da potência aparente X tempo..... | 59 |
| Gráfico 7 – Dados do fator de potência X tempo..... | 60 |
| Gráfico 8 – Dados do consumo X tempo.....           | 60 |

## **LISTA DE ABREVIATURAS A SIGLAS**

|    |                     |
|----|---------------------|
| CA | CORRENTE ALTERNADA  |
| CC | CORRENTE CONTINUA   |
| CR | CORRENTE RESSONANTE |
| CV | CAVALO DE FORÇA     |
| FP | FATOR DE POTENCIA   |
| HP | HORSE POWER         |
| I  | CORRENTE            |
| V  | TENSÃO              |

## SUMÁRIO

|                                               |    |
|-----------------------------------------------|----|
| <b>1 INTRODUÇÃO</b>                           | 15 |
| 1.2 QUESTÃO DE PESQUISA                       | 16 |
| 1.3 HIPÓTESE                                  | 17 |
| 1.4 OBJETIVO GERAL                            | 17 |
| 1.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS                     | 17 |
| 1.6 JUSTIFICATIVA                             | 17 |
| 1.7 ESTRUTURA DO TRABALHO                     | 18 |
| <b>2 ESTADO DA ARTE</b>                       | 19 |
| <b>3 REFERENCIAL TEÓRICO</b>                  | 21 |
| 3.1 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA                     | 21 |
| 3.1.1 Tipos de energia                        | 22 |
| 3.1.2 Recursos energéticos                    | 24 |
| 3.1.3 Regulamentação da eficiência energética | 26 |
| 3.2 MAQUINAS ELÉTRICAS ROTATIVAS              | 28 |
| 3.2.1 Máquinas (CA)                           | 28 |
| 3.2.2 Motores de Indução                      | 29 |
| 3.2.2.1 Motores Monofásicos                   | 32 |
| 3.2.3 Motores de alto rendimento              | 34 |
| 3.2.4 Motores CC brushless                    | 35 |
| 3.3 O MOTOR KEPPE-MOTOR®                      | 36 |
| 3.3.1 Metafísica Desinvertida                 | 36 |
| 3.3.2 Funcionamento                           | 37 |
| 3.4 OS VENTILADORES                           | 39 |
| <b>4 METODOLOGIA</b>                          | 47 |
| 4.1 TIPO DE ESTUDO                            | 47 |
| 4.2 UNIDADE DE ESTUDO                         | 47 |
| 4.3 FONTE DE DADOS                            | 47 |
| 4.4 INSTRUMENTOS PARA COLETA DE DADOS         | 48 |
| 4.5 ANÁLISE DOS RESULTADOS                    | 48 |
| 4.6 CRONOGRAMA DE ATIVIDADES                  | 49 |
| <b>5 DESENVOLVIMENTO</b>                      | 50 |
| 5.1 ESTRUTURA DE SUSTENTAÇÃO                  | 50 |
| 5.3 AQUISIÇÃO DE DADOS                        | 52 |
| 5.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO                    | 56 |
| 5.4.1 Analisador de energia                   | 56 |

|                                                              |           |
|--------------------------------------------------------------|-----------|
| 5.4.2 Demais Grandezas Analisadas .....                      | 61        |
| <b>7 CONCLUSÃO .....</b>                                     | <b>64</b> |
| <b>REFERÊNCIAS.....</b>                                      | <b>66</b> |
| <b>APÊNDICE A – PROCEDIMENTOS DE COLETA COM INSTRUMENTOS</b> |           |
| <b>ANEXO A – PATENTE DE FUNCIONAMENTO DO KEPPE-MOTOR®</b>    |           |
| <b>ANEXO B – NORMA NP EM 50160:2010</b>                      |           |

## 1 INTRODUÇÃO

A evolução mundial exige cada vez mais o consumo de energia elétrica devido ao aumento da demanda e a permanência, também, do crescimento necessário da tecnologia. Entretanto, o planeta já demonstra sinais de esgotamento, quanto aos meios de produção de energia. Recursos como petróleo, carvão mineral, gás, dentre outros, estão cada vez mais difíceis de se obter, exigindo mais esforço e se tornando cada vez mais escassos (DUENHA et al., 2013; VARGAS e MESTRIA, 2015).

Essa realidade fez com que vários pesquisadores em nível mundial, seja de maneira isolada ou pertencentes as grandes centros de pesquisa, buscassem novas soluções para um desenvolvimento sustentável, implantando novas tecnologia mais eficientes, apoiando-se principalmente nas fontes renováveis de energia, todo pilar a manutenção dos recursos naturais, com o objetivo maior de preservar o meio ambiente e consumir de forma racional. (FLORES, 2014).

Ainda, nesse contexto, busca-se tornar mais eficiente a engenharia de motores, de combustão interna ou externa e dos motores elétricos que geralmente, não geram resíduos contaminantes ao meio ambiente. Com este pensamento, os pesquisadores e cientista brasileiros, Cesar Soós e Roberto Frascari, tomando como base os trabalhos desenvolvidos pelo, Prof. Dr. Norberto R. Keppe desenvolveram o Keppe-Motor®. Onde ele afirma ter uma nova compreensão da física, denominando-a de “energética” ou “nova física”.

Segundo Norberto Keppe, “A fórmula  $E=mc^2$  de Einstein é totalmente errônea porque a energia é fator básico e não consequente, principalmente da matéria conforme a velocidade da luz, que inclusive é elemento secundário e não fundamental. Elaborando outra fórmula  $M=RE/TS$  onde afirmou que a matéria é formada pela ressonância energética, de acordo com o tempo e espaço, e não ao contrário.”

O Keppe-Motor® é uma nova tecnologia para motores elétricos com foco na economia de energia elétrica, que utiliza o princípio de ressonância, tendo como base os fundamentos descritos no livro A Nova física da metafísica Desinvertida, cujo autor, esse principio tente reduzir significativamente o uso da eletricidade (SOÓS, 2014).

O motor da Keppe-Motor®, funciona a partir do conceito de energia pulsada que permite aumentar consideravelmente o desempenho do motor elétrico, com uma economia da ordem de 70 a 90% no consumo de energia elétrica, quando comparado com os motores elétricos convencionais. E apresenta uma durabilidade mecânica maior devido ao baixo atrito e baixo aquecimento interno. As suas aplicações são amplas, podendo ser utilizado em equipamentos como: compressores, bombas hidráulicas, ventiladores, eletrodomésticos, entre outros (KEPPE, 2009).

Neste estudo será demonstrado os aspectos positivos e negativos dos motores da fabricante Keppe Motor®, usando como referência o modelo Universe Turbo para análise, em contrapartida como comparativo será utilizado um motor de indução, que neste caso irá ser um da marca VenteDelta, modelo Cristal. As análises serão feitas desde o seu consumo de energia que esta ligado diretamente ao sal potencia, mas sem deixar de deslumbrar a real função que lhe é atribuída, de velocidade do ar. Aliando economia com o atendimento do trabalho realizado.

Criou-se um ambiente favorável à pesquisa, com intuito de fornecer aos dois equipamentos, igualdade no tocante de instalação elétrica e instrumentos de análise, a fim de não comprometer as variáveis adquiridas.

Neste estudo será proporcionado, por meio de análise de dados, observando o comportamento de cada ventilador, no que diz respeito a tensão (V), Corrente (I), fator de potencia (FP), potencia (W) e consumo, para posteriormente confrontado com os dados medidos, assim podendo constatando a alta eficiência da família Keppe ou refutando o resultado os valores descritos pelo fabricante.

## 1.2 QUESTÃO DE PESQUISA

Após um experimento ao qual houve um contato com o Keppe-Motor foi despertado uma curiosidade sobre o mesmo, no que diz respeito a sua alta eficiência energética, colocando em pauta como sua relação com o meio ambiente seria benéfica em longo prazo. Para tanto há de se dizer que o Keppe Motor apresenta efetiva economia com relação aos motores de indução existente no mercado?

### 1.3 HIPÓTESE

Os motores Keppe-Motor® quando aplicados em ventiladores, são mais alto eficientes na economia de energia quando comparados aos motores de indução e ainda assim realizando o mesmo trabalho.

### 1.4 OBJETIVO GERAL

Identificar se os motores Keppe-Motor® são mais econômicos em relação ao consumo de energia elétrica que o motor de indução, marca VentiDelta modelo Cristal, quando aplicados a ventiladores mantendo a mesma eficácia em relação a velocidade de ar.

### 1.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar as medições, gráficos do consumo de energia e as demais grandezas elétricas em cada ventilador utilizando analisador de energia da Instrutherm;
- Comparar os dados da velocidade do ar, temperatura nos motores e velocidade de rotação em cada ventilador;
- Averiguar por meio de quadros e gráficos o comparativos a fim de visualizar o desempenho dos ventiladores;

### 1.6 JUSTIFICATIVA

Com a dificuldade de construir novas fontes geradoras de energia como termoelétrica, eólica, hidroelétrica e a preocupação cada vez maior com o meio ambiente, se fazem necessário o avanço tecnológico com o intuito de reduzir o consumo energético, buscando desenvolver aparelhos e equipamentos eficientes que possibilitem utilizar a energia elétrica de forma racional.

A necessidade da evolução dos motores elétricos para contribuir na redução do consumo energético é extremamente importante quando se percebe que o motor elétrico é bastante utilizado e apresenta uma grande contribuição no consumo de

energia. Os motores Keppe-Motor® deslumbram a possibilidade dessa mudança, trazendo uma grande vantagem econômica, além de apresentarem melhor eficiência energética.

Logo o trabalho aqui proposto visa averiguar se a economia energética prometida pelo fabricante Keppe-Motor® é verídica, se é capaz de proporcionar o mesmo nível de trabalho gerado pelos equipamentos concorrentes, possibilitando uma velocidade de ar semelhante.

## 1.7 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho é composto por sete capítulos. O primeiro é o capítulo introdutório, em que se fará uma contextualização do tema da pesquisa, mostrando também a importância da realização deste trabalho e os seus objetivos. O segundo vai evidenciar como essa pesquisa vem se desenvolvendo nos últimos anos, expondo uma amostra de trabalhos de alguns autores. O terceiro busca analisar as contribuições de autores, já expostas sobre o assunto, sintetizando o que é conhecido sobre o tema, analisando sua importância, resoluções e como a lacuna no assunto escolhida pelo autor será preenchida. O quarto visa mostrar os procedimentos metodológicos que serão realizados no trabalho, identificando todos os passos a serem realizados. O quinto capítulo é voltado ao desenvolvimento do projeto, revelando como ele foi executado. O sexto capítulo trás os resultados e discussões do estudo realizado. Finalmente, o sétimo capítulo, expõe as conclusões do trabalho e sugestões para trabalhos futuros.

## 2 ESTADO DA ARTE

Com o intuito de implementar o trabalho, foi feito um estudo bibliográfico, com objetivo de se conhecer o desenvolvimento e situação do tema no meio científico atual e será apresentado um breve relato sobre alguns pontos relevantes ao tema nos trabalhos pesquisados.

Viana et al. (2012) descrevem que a principal característica de motores de alto rendimento é a melhoria em pontos vitais onde se concentram a maioria das perdas. Como exemplo, pode-se citar:

- O aumento da quantidade de cobre nos enrolamentos do estator, incluindo o projeto otimizado das ranhuras e o superdimensionamento das barras do rotor para diminuir as perdas por efeito Joule;
- A diminuição da intensidade de campo magnético e utilização de chapas magnéticas de boa qualidade para reduzir as perdas no ferro e a corrente de magnetização;
- O emprego de rolamentos adequados e otimização do projeto dos ventiladores para diminuir as perdas por atrito e ventilação;
- A regularidade do entreferro, melhoria no isolamento e tratamento térmico das chapas do estator e do rotor para reduzir as perdas adicionais.

Estas medidas podem acarretar uma redução de até 30% das perdas, o que significa uma real economia de energia. Um grande potencial de aplicação de motores de alto rendimento pode ser encontrado no acionamento de pequenas máquinas, muitas vezes colocadas à margem em estudos de conservação energética, já que é comum imaginar que motores com potência inferior a 10 cv são pequenos demais para viabilizar a sua substituição. Porém, nota-se que quase 90% dos motores vendidos estão entre de 0,5 e 10 cv, justamente na faixa de potência onde se observam maiores ganhos de rendimento nos motores de projeto eficiente (VIANA et al., 2012).

Para Dučay e Kaňuch (2015), o motor Perendev, é um motor de ímã permanente para aplicações de baixa potência. Este é considerado um motor magnético, funcionando apenas com base na repulsão de Ímãs permanentes. A

base da solução técnica é o uso de ímãs auxiliares. Ímãs auxiliares movem parcialmente os ímãs de acionamento principais para que o rotor possa girar continuamente na direção definida.

Em seus estudos Carozzi; Maia e Nogueira (2014), comparam, mediante cálculo, a viabilidade do uso de um motor Keppe-Motor®, e um motor elétrico convencional utilizado em moto-bombas existente no mercado. Verificando a viabilidade das tecnologias, tanto do ponto de vista do investimento inicial quanto a viabilidade a médio e longo prazo considerando a vida útil de cada um dos equipamentos e tecnologias empregadas.

Em seus experimentos, analisou que o átomo é composto pela vibração da energia efetiva ou escalar de Tesla que forma e ampara a matéria no Universo, o magnetismo é uma amostra muito associada da energia efetiva e se apresenta continuamente em dois sentidos como polo Norte e Sul. O ímã de fato não inventa o magnetismo mas o captura do ambiente. É preciso ver porque isso ocorre e porque ele mantém-se permanentemente captando o magnetismo. Como o átomo é energia em oscilação podemos concluir que ele é susceptível a extensões energéticas, além de ser composto pela própria energia que o influencia, se interferirem de acordo com sua ressonância. Como a energia que forma o átomo vem de fora e Keppe. Assenta que o átomo é essencialmente magnetismo, podemos finalizar que os átomos do ímã ainda com ele não imantando captam o magnetismo, mas em múltiplos sentidos. Quando norteamos a definição de atração dos átomos do ímã para um lado só é aí que temos a peça imantada, ainda temos a possibilidade que os átomos consigam aumentar sua captação magnética se forem forçados a isso aumentando o fluxo magnético do ímã (KEPPE, 2009).

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

No capítulo aqui apresentado será fornecido o embasamento teórico necessário para auxiliar na formulação do estudo. Assim será apresentada fundamentação sólida como forma de demonstrar a veracidade da eficiência energética do motor Keppe Motor com os padrões de indução do mercado.

#### 3.1 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

A energia elétrica tem um papel muito importante atualmente. Seja para usar motores ou músculos, para acender o fogão ou ao se alimentar, entre outras diversas formas de entretenimento. Além disso, é notável em diversos meios de comunicação a retratação de alguma questão energética no Brasil ou no mundo (VIANA et al., 2012).

“Por tal diversidade, o campo dos estudos energéticos é vasto, cobrindo desde o uso dos recursos naturais até os aspectos relacionados ao desempenho das modernas tecnologias.” (VIANA et al., 2012, p13). Isso faz com que existam abordagens que considerem temas de estilo técnico ou que envolva componentes sociais, econômicos e ambientais, principalmente quanto sua constante evolução e aspectos futuros.

A eficiência energética pode ser definida como um conjunto de atividades sistêmicas que tem como objetivo principal otimizar o uso de energia e de suas fontes, principalmente as fontes de energia não renováveis e disponíveis no meio ambiente, ao mesmo tempo que atenta para a utilização econômica das energias renováveis como forma de reduzir o grande consumo dos combustíveis de fontes não renováveis. A eficiência energética e o uso de energias renováveis são considerados os pilares para a construção de uma política energética sustentável (MARTINS, 2016).

Esta, também pode ser entendida como a relação da energia gerada na saída e a energia disponível na entrada de um sistema ou processo. Assim é possível dizer que em qualquer sistema ou processo o resultado ou produto final deve estar mais próximo, em quantidades energéticas do que foi consumido. Um termo

comumente utilizado para essa relação em motores elétricos e em outros equipamentos é o rendimento (CARVALHO; MESQUITA e ARAÚJO, 2015).

Pensando na conservação de energia, o melhor sistema é aquele que consegue reduzir suas perdas ao valor mínimo, gerando uma otimização do uso da energia de entrada. Assim, ao reduzir as perdas em um processo, proporcionalmente se aumenta a sua eficiência (RODRIGUES, 2007).

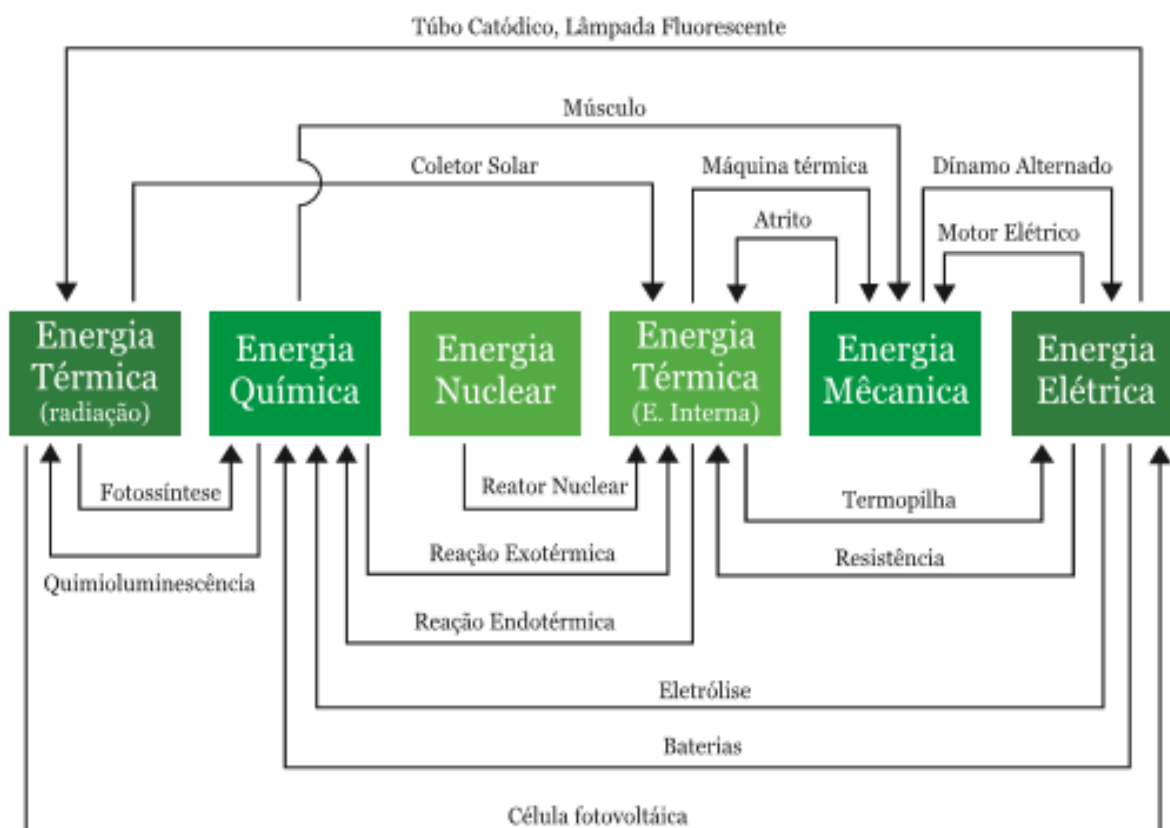
### 3.1.1 Tipos de energia

É sempre importante definir quais são os melhores métodos, fazendo sempre revisões das definições, fazendo com que se busque o melhor raciocínio para o fluxo de energia (MARQUES; HADDAD e GUARDIA, 2007). Para tanto, é interessante saber quais são os tipos de energia conhecidos. Para Viana et al. (2012), a energia pode se apresentar de várias formas, podendo ser convertidas entre si, sendo elas:

- Energia elétrica - associada com a circulação de cargas elétricas ou através de um campo elétrico, sendo definida pelo produto da potência e o tempo no qual esta se desenvolve.
- Energia térmica - apresenta-se geralmente de duas formas, a radiação térmica ou energia interna. Como exemplo da radiação térmica, tem-se a energia solar, e a energia interna é associada a agitação térmica do material.
- Energia mecânica - apresentada em forma de potencial ou cinética. No primeiro caso, a energia mecânica é associada a uma força estática como potencial elástica, acumulada e molas ou gases comprimidos, ou ainda como energia gravitacional. Já a energia mecânica cinética, associada a inércia das massas em movimento.
- Energia magnética - acumulada na forma de campos magnéticos em ímãs ou outros materiais magnéticos.
- Energia Química - oriunda de reações químicas complexas ou comuns como uma garrafa de champanhe ou um barril de petróleo, combustão da gasolina entre outros.
- Energia Nuclear - proveniente das reações atômicas, fissão e fusão nuclear.

Uma propriedade efetiva dessas formas energéticas é a possibilidade de conversão entre elas. Para tanto é mostrado na Figura 1, um diagrama de processos de conversão entre elas.

Figura 1 – Diagrama de processo de conversão entre energias



Fonte: Viana et al. (2012)

Um sistema pode ser considerado de várias formas para os diversos tipos de energia envolvidos. Vale destacar que todos os processos de conversão energética obedecem a duas leis básicas da física, constituindo a parte essencial da ciência energética (VIANA et al., 2012).

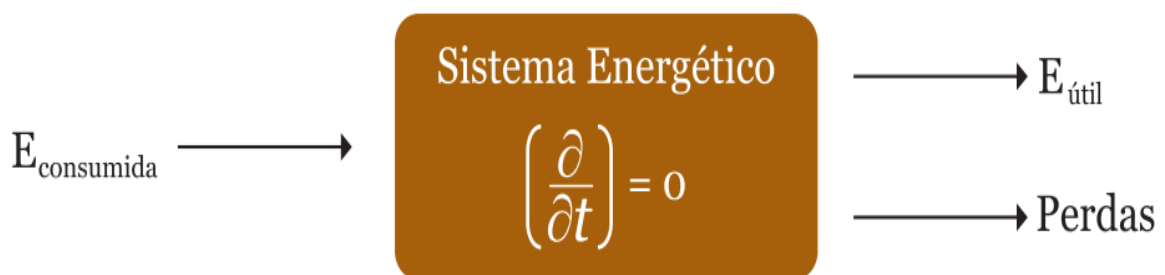
A primeira lei se refere à Lei da conservação da energia, no qual nenhuma energia se cria ou é destruída, a não ser nos casos onde em reações atômico-nucleares podem-se observar transformação de massa em energia. Analisar uma conversão energética qualquer, é possível através dos seus fluxos de entrada, saída e a acumulação de energia no sistema. (VARGAS e MESTRIA, 2015). A partir dessa lei é possível desenvolver balanços energéticos, classificar perdas, trata-se dos

fluxos energéticos. Na Figura 2, é possível visualizar um sistema energético genérico.

Segundo Viana et Al. (2012) a Equação 1 e Figura 2 são a representação da energia ativa com a soma das perdas intrínseca do motor que irá resultar na energia efetivamente consumida pelo sistema.

$$E_{cons} = E_{útil} + Perdas \quad (1)$$

Figura 2 - Sistema energético genérico



Viana et al. (2012)

A segunda lei fundamental dos processos energéticos é a Lei da dissipação da energia, onde para todo e qualquer processo de conversão energética, sempre haverá uma parcela convertida em energia térmica. Existem casos em que a energia mecânica, por exemplo, pode ser convertida totalmente em energia térmica, porém no processo inverso, ao converter a energia térmica em energia mecânica, uma parcela dessa energia sempre se transformará em calor (VIANA et al., 2012).

### 3.1.2 Recursos energéticos

Recursos energéticos são reservas ou fluxos de energias disponíveis no meio ambiente, podendo ser utilizados para atender às indigências do ser humano. Esses recursos podem ser classificados em fósseis e renováveis.

O primeiro se refere aos estoques onde há armazenamento de energia química, acumulada a partir da radiação solar em diversos períodos geológicos, como por exemplo, o petróleo, gás natural, carvão, xisto betuminosos, além dos

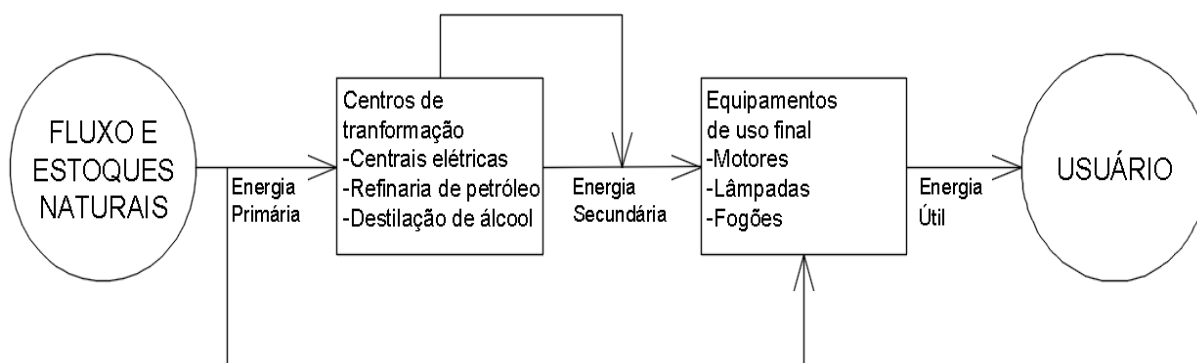
recursos atômicos que são acumulados em material fóssil capazes de gerar e sustentar reações em cadeia, como urânio e o tório (MARQUES; HADDAD; GUARDIA, 2007).

É importante observar que os recursos fósseis são finitos, seu estoque se reduz à medida que são consumidos. Contudo, existem os recursos energéticos renováveis oriundos dos fluxos naturais como as energias eólica, solar, hidráulica, das ondas do mar ou biomassa. O seu problema é a dependência dos ciclos planetários de chuvas, ventos, cheias, entre outros. É importante observar que tais recursos, apesar das realizações humanas, como a utilização diária dos eletrodomésticos e eletrônicos, não devem se esgotar (RODRIGUES, 2007).

Vale lembrar a diferença entre a obtenção de recursos fósseis e renováveis, tornando difícil mensurar a magnitude relativa entre elas, assim como a quantidade de energia disponível. Provavelmente 1 kWh de energia eólica é mais nobre que a mesma quantidade em forma de uma energia fóssil como petróleo ou carvão (MACHADO, 2015).

Nem sempre há energia disponível da forma como se necessita, sendo necessária a conversão e armazenamento, para então se tornar útil. Na forma mais básica, um sistema energético genérico é constituído por uma série de processos, nos quais, progressivamente, obtém-se, converte-se e armazena-se a energia disponível no meio ambiente. Na Figura 3 é possível visualizar os processos de alguns tipos de energia.

Figura 3 – Sistema energético



Fonte: Viana et al. (2012)

É possível observar desse sistema três energias resultantes do processo: energia primária, energia secundária e energia útil. Viana et al. (2012) cita qual a característica de cada uma dessas energias:

- Energia primária - é a energia fornecida pelo próprio Meio-ambiente, como por exemplo, a energia hidráulica, do petróleo ou carvão, sendo que esta pode ser usada logo nessa parte do processo ou convertida em outra forma de energia antes da utilização.
- Energia secundária - corresponde à energia resultante dos processos de transformação, como por exemplo, centrais elétricas ou refinarias de petróleo. Essa transformação é realizada visando o aumento da densidade energética, bem como facilitando o transporte e armazenamento dessa energia para futuro uso doméstico ou industrial.
- Energia útil - é a forma energética que é efetivamente demandada pelo usuário desta, ou seja, o consumidor final. Representada por um fluxo energético simples com forma conhecida como iluminação, potência mecânica, entre outros. A relação entre a energia útil e a demanda correspondente de energia secundária, é ligado a eficiência do aparelho de uso final, como um motor ou uma lâmpada.

### 3.1.3 Regulamentação da eficiência energética

Um momento importante para a eficiência energética no Brasil foi garantido pela Lei 10.295/2001, que tem como assunto principal a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia. Essa lei mostra em seu artigo 2º a necessidade do poder executivo estabelecer “níveis máximos de consumo específico de energia, ou mínimos de eficiência energética, de máquinas e aparelhos consumidores de energia fabricados e comercializados no país” (BRASIL, 2001, p.1).

A partir do Decreto 4.059/2001 foi instituído o Comitê Gestor de Indicadores e de Níveis de Eficiência Energética (CGIEE), possuindo dentre suas variadas atribuições, a função de elaborar a regulamentação necessária para cada tipo de equipamento consumidor de energia, além da consignação do Programa de Metas,

mostrando a perspectiva de evolução dos níveis a serem alcançados por cada aparelho regulamentado (VIANA et al., 2012).

O CGIEE deu início a seus trabalhos em meados do ano de 2002, obtendo resultados concretos que seriam posteriormente traduzidos em uma significativa economia de energia para o país. Como primeiro passo, foram definidos os seguintes passos:

- Plano de Trabalho para implementação da Lei.
- Regulamentação específica de motores.
- Decreto Presidencial nº 4.508 de 11 de dezembro de 2002 dispondo de um nível mínimo de eficiência energética em motores elétricos trifásicos de indução.

Vale ressaltar que o primeiro equipamento escolhido pelo CGIEE como objeto de regulamentação específica foi o motor elétrico trifásico, a partir do seu largo consumo de energia no setor industrial (VIANA et al., 2012, p. 50). De acordo com Marques, Haddad e Guardia (2007), a consolidação da implementação da Lei Nacional de Eficiência Energética produziu os seguintes fatos:

- Retirada do mercado, em médio (10 anos) e longo prazo (30 anos), os equipamentos menos eficientes energeticamente.
- Economia de energia ao longo do tempo.
- Desenvolvimento tecnológico, através da fabricação de equipamentos energeticamente mais eficientes.
- Aumento da competitividade industrial do país e redução dos gastos dos consumidores.
- Contribuição para a redução dos impactos socioambientais através do uso de equipamentos que consomem menos energia.

Durante a implantação Lei da Eficiência Energética foi evidenciado também o suporte do Programa Brasileiro de Etiquetagem que pela Eletrobrás compete as informações para linear os dados e as ideias estabelecendo padrões e etiquetas de eficiência energética para equipamentos elétricos (VIANA et al., 2012). A partir do (PBE), da Eletrobrás/Procel e do INMETRO, o Brasil começou a implementar as etiquetas destacando: os motores elétricos trifásicos, refrigeradores e congeladores,

condicionadores de ar, coletores solares, lâmpadas fluorescentes compactas, fogões, fornos a gás, entre outros.

Apesar da etiquetagem, o setor industrial ainda apresenta alto consumo de energia elétrica no Brasil. Isso se dá, pelo fato do uso de motores elétricos que demandam uma grande quantidade de energia, principalmente no momento da sua partida. Assim há de se convir que nestes motores, ainda deve ser apresentado melhorias significativas.

### 3.2 MAQUINAS ELÉTRICAS ROTATIVAS

Uma máquina elétrica é um dispositivo elétrico capaz de converter energia elétrica em energia mecânica, ou energia mecânica em energia elétrica. Quando este dispositivo converte energia mecânica em elétrica, é chamado de gerador, se faz o processo inverso é denominado motor. Como toda máquina elétrica é capaz de fazer a conversão em ambos os sentidos, pode ser usada tanto como gerador ou motor. Quase todas as máquinas elétricas ou mecânicas realizam essa conversão de energia, pela ação de um campo magnético. (CHAPMAN, 2013).

#### 3.2.1 Máquinas (CA)

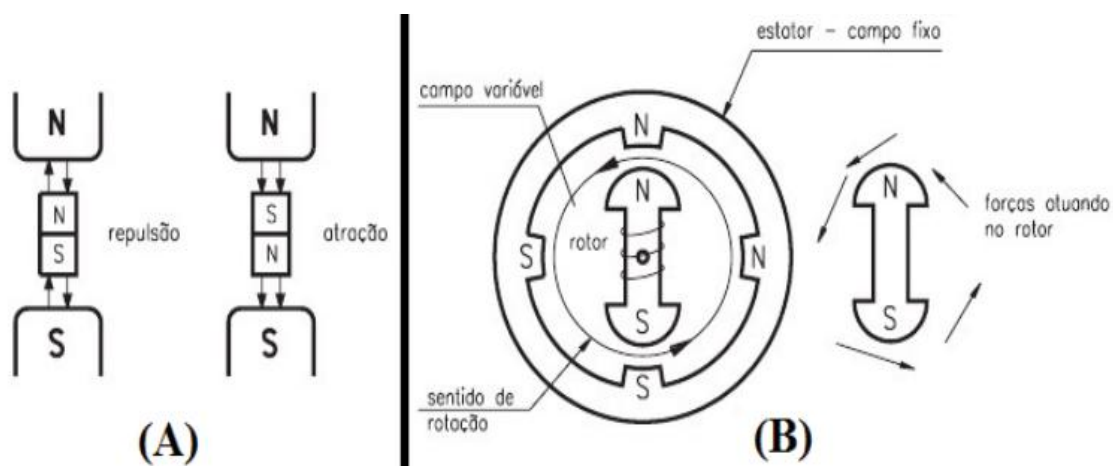
Máquinas de corrente alternada (CA), são motores que convertem energia elétrica em energia mecânica, ou geradores que convertem energia mecânica em energia elétrica na forma alternada. Os fundamentos dessas máquinas podem ser considerados simples, porém são ofuscados pela construção complicada das máquinas reais (CHAPMAN, 2013).

Existem dois tipos de máquinas (CA), as máquinas síncronas e as máquinas assíncronas ou máquinas de indução. As máquinas síncronas funcionam a partir da injeção de potência em corrente contínua (CC), ao mesmo tempo em que as máquinas de indução funcionam com a corrente de campo fornecida através da indução eletromagnética em seus enrolamentos de campo (BIM e EDSON, 2011).

Chapman (2013) mostra um exemplo simples para melhor entendimento de uma máquina (CA), com uma espira simples em um campo magnético. A Figura 4 demonstra o princípio de funcionamento de uma máquina simples, que é constituída

por um grande imã estacionário capaz de produzir um campo magnético uniforme constante e uma espira de um fio, geralmente em cobre, em rotação dentro desse campo. A parte rotativa da máquina é chamada de rotor, e a parte fixa é denominada de estator.

Figura 4 – Espira simples girando dentro de um campo magnético. (a) Vista frontal; (b) Corte transversal da bobina



Fonte: Chapman (2013)

Se um campo magnético é produzido no estator da máquina (CA) e outro é produzido no rotor, a tendência é que o conjugado induzido no rotor faça com que ele gire até se alinhar com o campo do estator. O princípio básico do funcionamento de todos motores CA acontece quando o campo magnético do estator gira, fazendo com que o conjugado induzido no rotor persiga constantemente o campo do estator (CHAPMAN, 2013).

O princípio fundamental do funcionamento das máquinas CA é “se correntes trifásicas, todas de mesma intensidade e defasadas de  $120^\circ$  entre si, estiverem fluindo em um enrolamento trifásico, um campo magnético girante de intensidade constante será produzido” (CHAPMAN, 2013, p. 175).

### 3.2.2 Motores de Indução

As aplicações dos motores de indução são as mais diversas como em bombas, compressores, ventiladores, exaustores, entre outros. Apesar dos vários

tipos de motores, o motor de indução trifásico (MIT) corresponde a no mínimo 90% da malha industrial, por sua durabilidade e baixo custo (SILVA, 2014).

A Figura 5 ilustra um exemplo de um motor de indução trifásico.

Figura 5 – MIT da marca WEG, modelo W22 premium

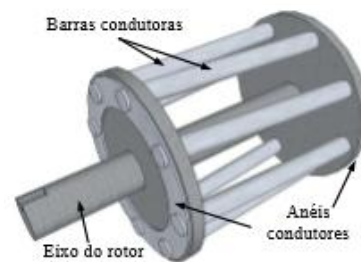


Fonte: WEG (2017)

O rotor da máquina de indução polifásica pode ser classificado em dois tipos: o rotor bobinado ou rotor gaiola de esquilo. As aplicações para o rotor bobinado, que utiliza escovas de carvão conectadas em anéis deslizantes, são apresentadas em casos onde se exige um alto torque de partida ou quando a inércia da carga é muito grande. Já os motores com rotor gaiola de esquilo são utilizados nas mais diversas aplicações, devido à sua simplicidade e robustez na construção. Nesse tipo de motor, o rotor é composto por barras condutoras encaixadas em ranhuras de ferro, sendo curto-circuitadas por anéis condutores (UMANS, 2014).

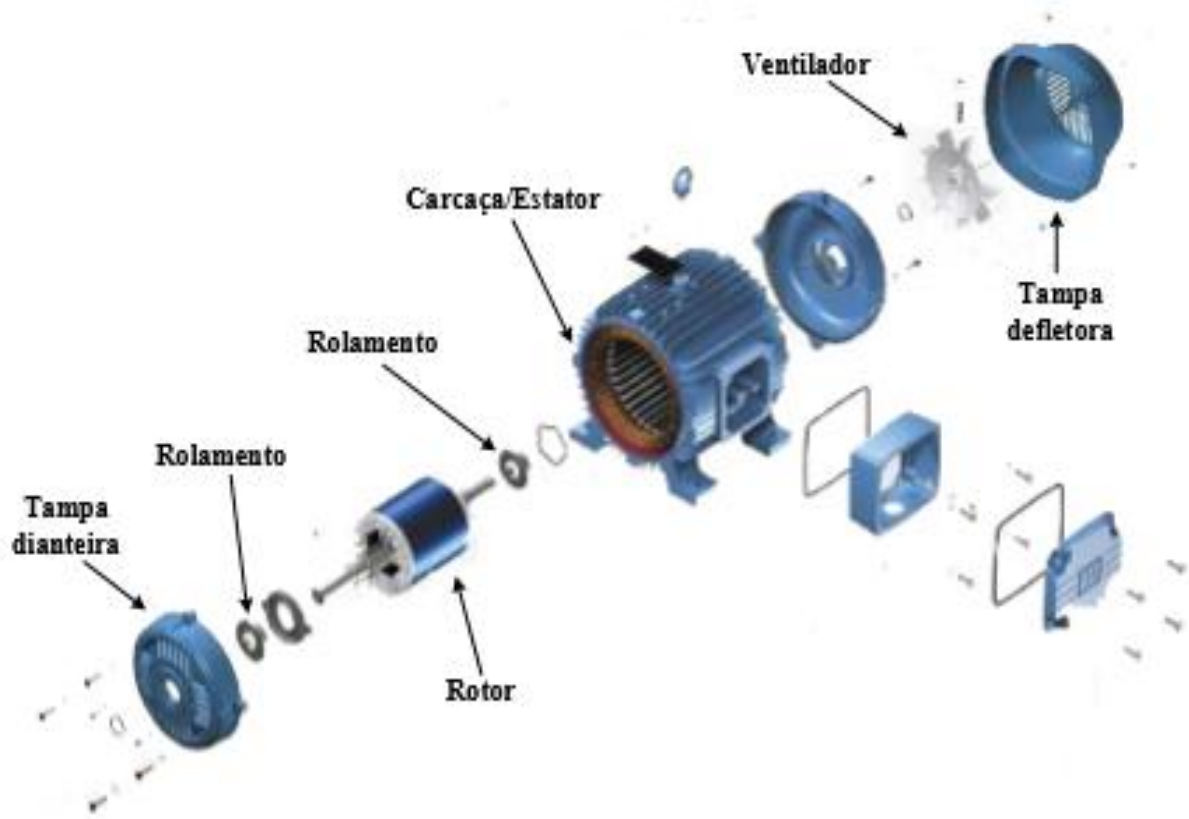
Nas Figura 6 e 7, é possível visualizar um exemplo genérico do rotor do tipo gaiola de esquilo e os aspectos construtivos de um motor de indução trifásico, respectivamente.

Figura 6 – Rotor gaiola de esquilo



Fonte: Silva (2014)

Figura 7 – Aspectos construtivos de um MIT



Fonte: WEG (2017)

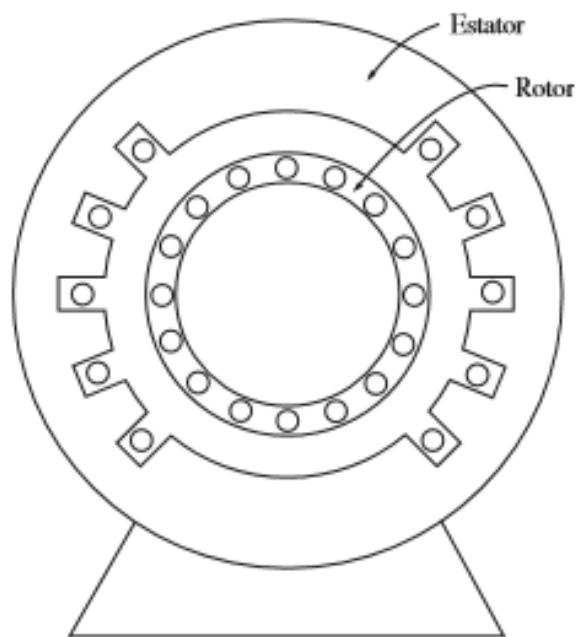
Nas máquinas CA, operando em condições normais, há dois campos magnéticos presentes, um campo magnético do circuito do rotor e outro campo magnético do circuito do estator. A interação desses dois campos magnéticos produz o conjugado da máquina, precisamente como dois ímãs permanentes próximos entre si experimentarão um conjugado que os leva a se alinhar (CHAPMAN, 2013).

### 3.2.2.1 Motores Monofásicos

O motor de indução monofásico é bastante utilizado, geralmente em demandas residenciais, onde o padrão de alimentação também é monofásico, e pelo baixo custo do equipamento, (BARRA, 2013).

A Figura 8 representa de forma generalizada um motor de indução, com rotor gaiola de esquilo e estator monofásico. Neste tipo de motores o rotor é exatamente igual ao do motor de indução trifásico.

Figura 8 – Corte transversal de um motor de indução monofásico



Fonte: Chapman (2013)

Apesar de sua aplicabilidade residencial, o motor monofásico apresenta uma séria desvantagem. Como existe apenas uma fase no enrolamento do estator, o campo magnético não se comporta como um campo girante, mas sim como pulsante, ou seja, hora pulsando intensamente e hora fracamente, sempre na mesma direção. Assim, como não existe campo girante no estator, o motor de indução monofásico não possui conjugado de partida (CHAPMAN, 2013).

De acordo com Chapman (2013) é possível descrever esse funcionamento:

[...] Isso pode ser visto facilmente examinando-se o motor quando seu rotor está parado. O fluxo do estator da máquina primeiro cresce e então decresce, mas sempre na mesma direção. Como o campo magnético do estator não gira, não há movimento relativo entre o campo do estator e as barras do rotor. Portanto, nenhuma tensão é induzida oriunda do movimento relativo do rotor, nenhuma corrente circula e consequentemente nenhum conjugado é induzido (CHAPMAN, 2013, p. 584).

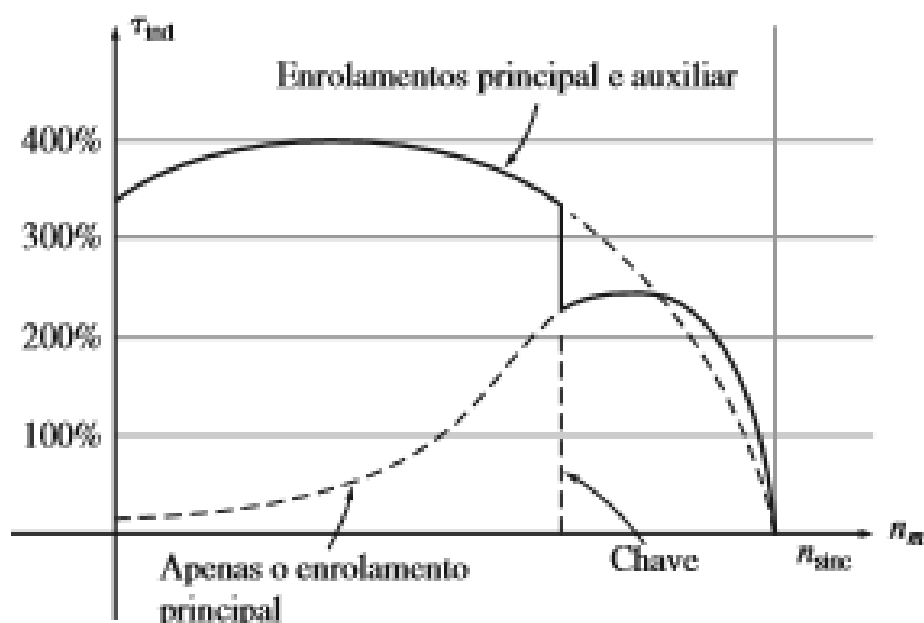
Em algumas aplicações pelo torque do motor de indução monofásico não ser suficiente para dar partida a uma carga no eixo do motor. Nesses casos podem ser utilizados capacitores de partida. Instalado em série com o enrolamento auxiliar do motor (RODRIGUES, 2005).

[...] Pela escolha apropriada do valor do capacitor, a força magnetomotriz da corrente de partida do enrolamento auxiliar poderá ser ajustada para ser igual à força magnetomotriz da corrente do enrolamento principal e o ângulo de fase da corrente no enrolamento auxiliar poderá ser tal que a corrente estará adiantada de  $90^\circ$  em relação à corrente do enrolamento principal. Como os dois enrolamentos estão fisicamente separados de  $90^\circ$ , uma diferença de fase entre as correntes de  $90^\circ$  produzirá no estator um campo magnético girante uniforme simples e o motor irá se comportar exatamente como se ele estivesse partindo com uma fonte de potência trifásica. Nesse caso, o conjugado de partida do motor pode ser superior a 300% do seu valor nominal (CHAPMAN, 2013, p. 596).

Motores com capacitores de partida são mais caros do que os motores de fase dividida e são usados em aplicações em que um conjugado elevado de partida é absolutamente necessário. Aplicações típicas desses motores são em alguns tipos de ventiladores, bombas, ar condicionado e em outros tipos de equipamento cujas partidas ocorrem com carga (UMANS, 2014).

Na Figura 9 é possível visualizar o gráfico do torque de partida de um motor monofásico com capacitor de partida.

Figura 9 – Característica do torque versus velocidade de um motor de indução com capacitor de partida



Fonte: Chapman (2013)

### 3.2.3 Motores de alto rendimento

Os motores de alto rendimento se apresentam como uma alternativa para a economia de energia em sistemas motrizes, muito embora não sejam as soluções definitivas para todos os problemas energéticos relacionados aos motores de indução, posto que sejam tão suscetíveis à fatores externos como as condições do alimentador, o método de partida, o ambiente de trabalho, entre outros. Quanto aos motores convencionais (VIANA et al. 2012).

[...] A principal característica destes motores é a melhoria em pontos vitais onde se concentram a maioria das perdas. Como exemplo, pode-se citar o aumento da quantidade de cobre nos enrolamentos do estator, incluindo o projeto otimizado das ranhuras, e, o superdimensionamento das barras do rotor para diminuir as perdas por efeito Joule; diminuição da intensidade de campo magnético e utilização de chapas magnéticas de boa qualidade para reduzir as perdas no ferro e a corrente de magnetização; emprego de rolamentos adequados e otimização do projeto dos ventiladores para diminuir as perdas por atrito e ventilação; e, finalmente, regularidade do entre-ferro, melhoria no isolamento e tratamento térmico das chapas do estator e do rotor para reduzir as perdas adicionais. Estas medidas podem acarretar uma redução de até 30% das perdas, o que significa uma real economia de energia (VIANA et al., 2012, p. 215).

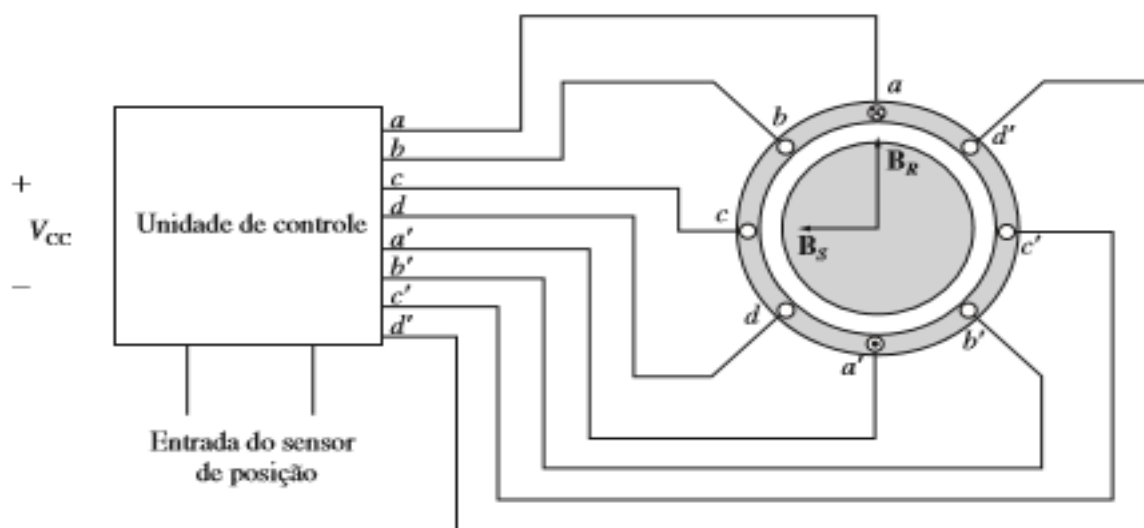
### 3.2.4 Motores CC *brushless*

Existem motores que combinam um circuito eletrônico de chaveamento de estado sólido e de um pequeno motor especial, muito semelhante a um motor de passo de ímã permanente e que tem um sensor para determinar a posição do rotor (CHAPMAN, 2013). Esses motores são denominados motores CC sem escovas, porque operam com uma fonte de potência CC, mas não têm comutadores nem escovas. Um diagrama de um pequeno motor CC sem escovas são apresentados na Figura 10. O rotor é similar a um motor de passo de ímã permanente, exceto pelo fato de que os polos não são salientes, ou seja, o estator pode ter três ou mais fases (no exemplo mostrado na Figura 10, há quatro fases) (BONALDI et al., 2015).

Um motor CC sem escovas opera pela ativação de uma bobina de estator de cada vez, com uma tensão CC constante. Quando uma bobina é energizada, ela produz um campo magnético de estator BS, que por sua vez induz um conjugado no rotor. Isso tende a alinhar o rotor com o campo magnético do estator. No instante mostrado na Figura 10, o campo magnético BS do estator aponta para a esquerda, ao passo que o campo magnético BR do rotor aponta para cima, produzindo um conjugado anti-horário no rotor. Como resultado, o rotor irá girar para a esquerda.

Se uma bobina a permanecesse energizada o tempo todo, o rotor giraria até que os dois campos magnéticos estivessem alinhados e então pararia. A chave do funcionamento de um motor CC sem escovas é que ele tem um sensor de posição, de modo que o circuito de controle sabe quando o rotor está quase alinhado com o campo magnético do estator. Nesse momento, a bobina a é desligada e a bobina b é ligada, fazendo com que o rotor volte a ter novamente um conjugado anti-horário e continue a girar. Esse processo continua indefinidamente com as bobinas sendo ligadas na ordem a, b, c, d, a', b', c', d', de modo que o motor gira continuamente.

Figura 10 – Representação de motor CC sem escovas



Fonte: Chapman (2013)

### 3.3 O MOTOR KEPPE-MOTOR®

O ventilador do modelo Keppe Motor é composto por um motor de alta eficiência, cuja sua criação teve início em 2008 por pesquisadores brasileiros, tendo como o princípio da ressonância, funcionando com “corrente ressonante” (CR). Assim abrindo um novo conceito na classificação de motores elétricos, os quais comumente são analisados em motores de corrente alternada (CA) e motores de corrente contínua (CC), existindo ainda os universais, enquadrados em ambas categorias (MARTINS et al., 2015).

#### 3.3.1 Metafísica Desinvertida

O psicanalista e físico, Norberto Rocha Keppe, autor de 37 obras, algumas publicadas em outros idiomas, além do português. Trabalhou por 17 anos na Europa e Estados Unidos. Dedicou parte do seu tempo ao estudo da física, onde a denominou por “Energética” ou “Nova Física” (KEPPE, 2009).

No qual percebeu a inversão da física tradicional que segundo ele, busca erroneamente retirar energia da matéria. Em sua obra A nova física da metafísica Desinvertida, escrita em 1996 na França. Keppe busca provar que o entendimento de Albert Einstein sobre de que forma se percebe a energia,  $E = mc^2$  é equivocado.

Em sua analogia a energia é absoluta e não pode ser uma consequência. Convicto de tal teoria busca em seus argumentos a credibilidade de sua tese, na qual contextualiza para sociedade mundial dos físicos, a Metafísica Desinvertida. Onde ele, Norberto Keppe assegura que a massa, só existe por razão da ressonância da energia e da combinação entre o período e espaço, constituindo o fator elementar, ou seja, ressonância energética, funcionando de acordo o tempo e o espaço (KEPPE, 2009).

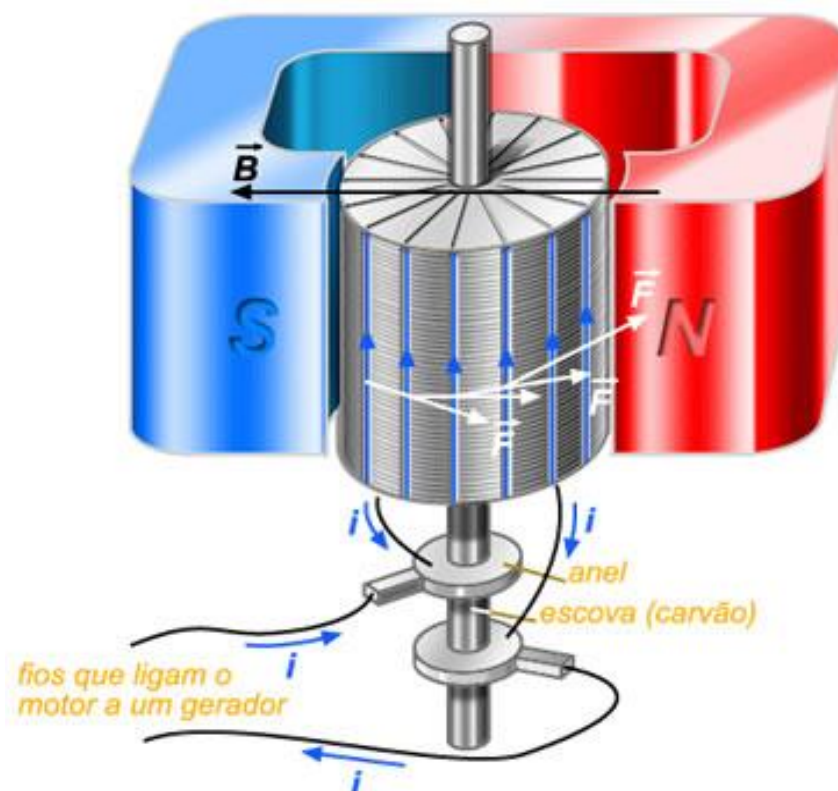
$$Massa = \frac{RE}{TS} \quad (2)$$

### 3.3.2 Funcionamento

Desenvolvido para trabalhar conforme a lei da física de Keppe, garantindo a eficiência máxima do sistema; a ressonância oferece amplitude máxima (maior esforço mecânico) com ínfima quantidade de energia depositada. Para uma máquina, a magnitude é demonstrada em termos de torque e rotação e a potência de entrada é colocada em força consumida da rede. A analogia entre as potências de saída pela de entrada implica na eficiência do motor (CAROZZI, MAIA e NOGUEIRA, 2014).

O Keppe-Motor® controla a velocidade apenas com a variação da tensão, independente dos números de polos. Na Figura 11 é possível visualizar os princípios de funcionamento do Keppe-Motor®.

Figura 11 – Representação do Funcionamento do Keppe-Motor®



Fonte: Keppe (2009)

As perdas por histerese são nulas, pois não possui núcleos de ferro silício. Garantindo com isso uma vantagem em sua fabricação, pois dispensam cortes de chapa, além de poder utilizar materiais menos resistentes ao calor, aumentando consideravelmente a gama de plásticos opcionais, reduzindo os custos e por não apresentar atrito oriundo dos motores convencionais, trabalha em temperaturas muito próximas à temperatura ambiente (MARTINS et al., 2015).

Diante disso, há possibilidade de ser completamente encapsulado é real, com um motor de potência (1/3 HP) e alta eficiência, não é levada em conta às perdas por calor. Viabilizando sua utilização em ambientes ríspidos, químicos corrosivos ou em locais com respingos de diversos líquidos sem comprometer sua durabilidade (MARTINS et al., 2015). Os elementos construtivos do Keppe Motor são os seguintes:

- Imã rotórico;
- Bobina estatórica superior de cobre;
- Bobina estatórica inferior de cobre;

- Eixo;
- Dois rolamentos;
- Dois elementos de detecção;
- Placa de comutação;

Devido a falta do núcleo de ferro nas bobinas estatóricas e por necessitar de uma corrente continua menor em relação aos equipamentos com motores indutivos, o motor não tem uma variação expressiva em sua temperatura, estabilizando aproximadamente em 20% da temperatura ambiente e o baixo atrito, o que o possibilita ter uma maior vida útil do motor (KEPPE, 2009).

Por possuir uma alta eficiência e corrente baixa, pode utilizar cabeamentos mais finos na fiação de suas bobinas, gerando economia financeira, na sua construção, logo, pode-se admitir que menos fio, implica em menos calor e menor perda.

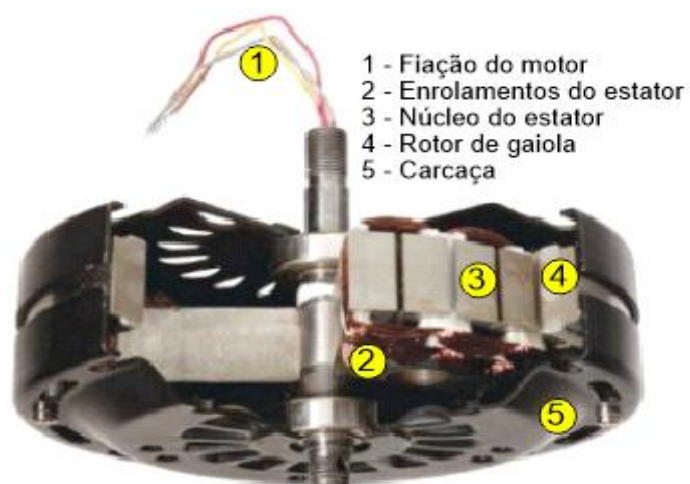
Tendo em vista que a potência requerida pelo Keppe Motor é menor, para alcançar o trabalho semelhante aos demais motores elétricos, o circuito fica simples.

Permite o controle de velocidade mutável, inversão de rotação e é bivolt, demanda somente uma ponte retificadora e um capacitor de filtro com sensor para comutação automática que é controlada oportunamente pelo motor a fim de alcançar seu ponto de ressonância, e que satisfaz automaticamente a questão de melhor eficácia para a carga definida. A mutação de velocidade pode se dar por mera variação de tensão AC na abertura do circuito, por circuito PWM após retificação e filtragem, ou por alteração de largura do pulso de ressonância (SÓOS, 2014).

### 3.4 VENTILADORES ANALISADOS

Foram analisados dois ventiladores, primeiro de indução, constituído por quatro partes, motor; pás, braço de sustentação e um controle. O motor por sua vez é composto por: enrolamento do estator, núcleo do estator, rotor de gaiola e carcaça, conforme demonstrado na Figura 12.

Figura 12 – Vista interna de motor de ventilador de teto



Fonte: Própria (2017)

O motor possui 16 centímetros de diâmetro, conforme é visto na Figura 13.

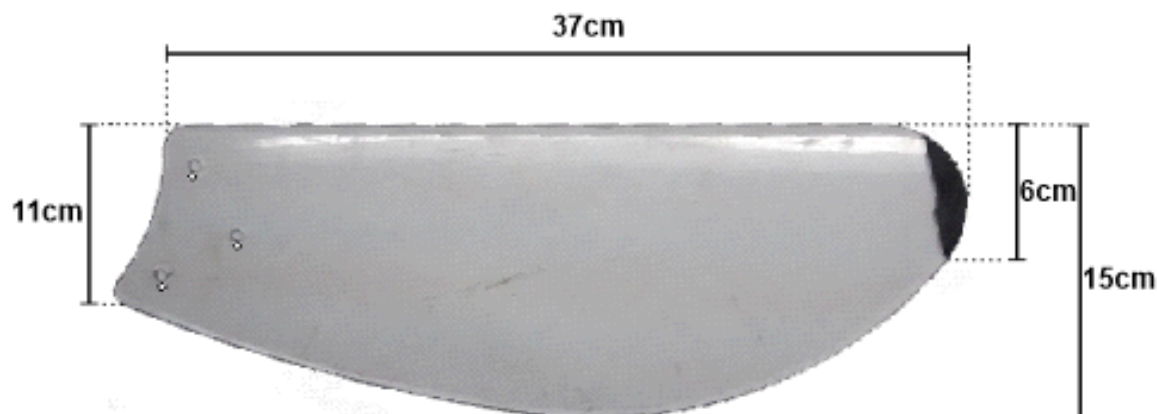
Figura 13 – Vista superior do motor do ventilador de indução



Fonte: Própria (2017)

As pás do ventilador foram construídas em acrílico com dimensões que vai de 37 centímetros de comprimento, 11 centímetros em sua base, 15 centímetros mais ao centro e 6 centímetros na ponta, sendo sua espessura de 3 milímetros, demonstrada na Figura 14.

Figura 14 – Pá do ventilador de indução



Fonte: Própria (2017)

O braço de sustentação é fixado ao eixo do rotor que por sua vez se prende ao teto posicionando verticalmente em relação ao piso, construído com metal, tem um comprimento de 29 centímetros entre as extremidades, além de revestimento cônico de PVC que tem como finalidade dar um melhor acabamento em relação à fiação e parafusos a vista, conforme ressaltada na Figura 15.

Figura 15 – Braço de sustentação do ventilador de indução



Fonte: Própria (2017)

O controle de parede tem por finalidade ligar e desligar o aparelho, além dos controles de ventilação ou exaustor, podendo ainda ser determinado à velocidade de giros, sendo elas classificadas em mínima, média e máxima, demonstrado na Figura 16.

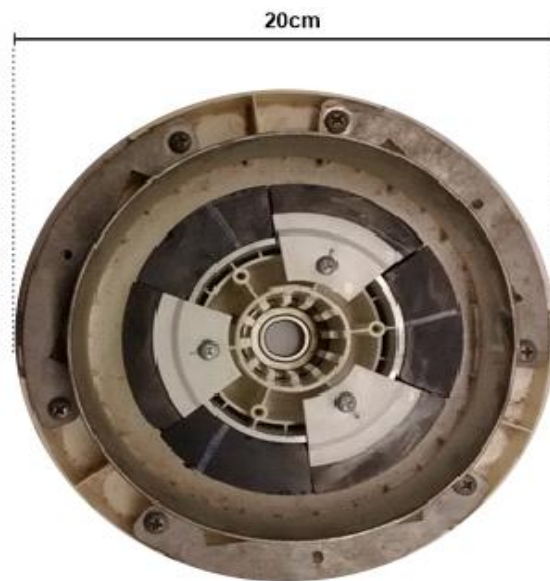
Figura 16 – Controle de parede do ventilador de indução



Fonte: Própria (2017)

O segundo ventilador é do modelo Keppe-Motor® (Patente de funcionamento no ANEXO I). O seu conjunto é composto quatro partes: motor, pás, braço de fixação e controle remoto. Os elementos construtivos que fazem parte do motor são os seguintes: Imã rotórico; bobina estatórica superior de cobre; bobina estatórica inferior de cobre; eixo; dois rolamentos; dois elementos de detecção e placa de comutação. As Figuras 17 e 18 mostram os ímãs acoplados a bobina rotórica inferior de cobre e o rolamento inferior respectivamente.

Figura 17 – Imãs acoplados a bobina rotórica do Keppe-Motor®



Fonte: Própria (2017)

Figura 18 – Rolamento inferior do Keppe-Motor®



Fonte: Própria (2017)

É possível visualizar na Figura 19, a imagem da bobina eletrostática superior, junto ao eixo e enrolamento superior que é fixado ao eixo.

Figura 19 – Bobina eletrostática do Keppe-Motor®



Fonte: Própria (2017)

A placa de com circuito integrado, composta por relés, transformador, indutores e capacitores, além de inúmeros CI's de controle que permitem as funções de ligar e desligar, determinar a velocidade de rotação e também em qual função de ventilação deve operar, como ventilador ou exaustor, tudo isso através de um controle remoto ilustrado nas Figuras 20 e 21.

Figura 20 – Vista inferior da placa de circuito integrado do Keppe-Motor®



Fonte: Própria (2017)

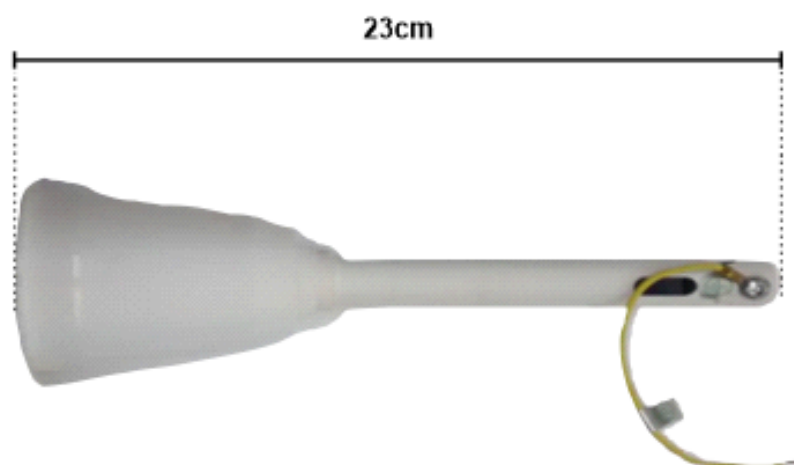
Figura 21 – Vista superior da placa de circuito integrado do Keppe-Motor®



Fonte: Própria (2017)

O braço do suporte é feito de metal e pintado com vinte e três centímetros, na cor branca, que serve para fixar na parede quando preso ao eixo do motor. Arranja ainda de uma capa plástica que tem a finalidade de acabamento, cobrindo os fios e parafusos expostos conforme deslumbrado na Figura 22.

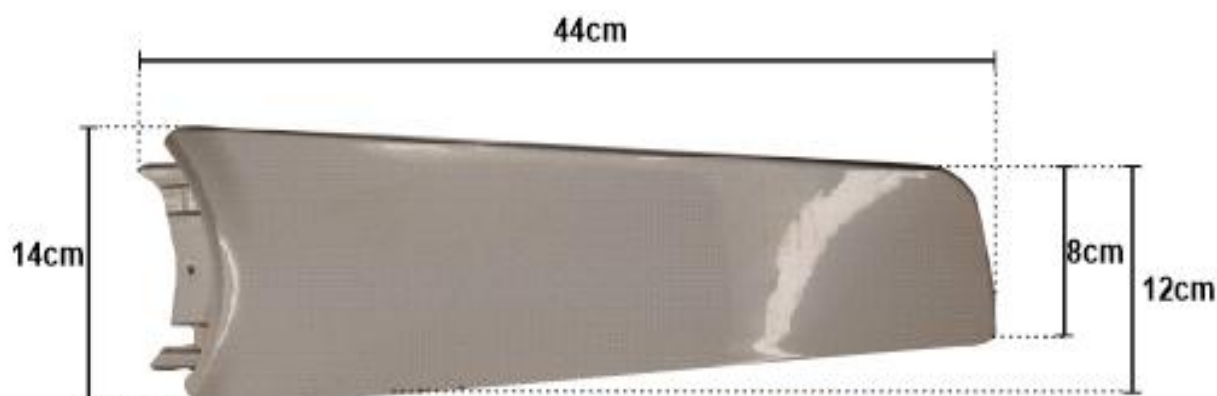
Figura 22 – Braço do suporte de sustentação do Keppe-Motor®



Fonte: Própria (2017)

As suas pás construídas em PVC, totalizando três unidades, cujas medidas tem proporções de 44 centímetro de comprimento, 14 centímetros em sua base, tem ainda 12 centímetros no centro, 8 centímetros na ponta e tem em sua espessura 3 milímetros, conforme demonstrado na Figura 23.

Figura 23 – Pá do ventilador Keppe-Motor®



Fonte: Própria (2017)

O controle remoto ilustrado na Figura 24 dispõe de um circuito integrado e tem seu acabamento em PVC, no que permite o controle de todas as funções existentes no aparelho.

Figura 24 – Controle remoto do Keppe-Motor®



Fonte: Própria (2017)

## 4 METODOLOGIA

Segundo Vergara (2007) é imprescindível que seja estabelecido uma metodologia para que um estudo científico possa ser alcançado. O artifício científico é alcançado como o conjunto de processos dirigidos por uma capacidade crítica e criativa volvida para a descoberta da veracidade e para a construção da ciência. Hoje, a investigação constitui seu fundamental instrumento ou meio de acesso (CERVO,2007).

Barros (1986) ressalta que a metodologia não busca dissoluções, mas propõe as atitudes de encontrá-las, associando os conhecimentos a respeito dos processos em vigor nas diferentes disciplinas científicas ou filosóficas. Para que um estudo científico consistir em realizar o necessário para que as pesquisas se tornem criteriosas, de forma que os elementos colhidos tenham um tratamento científico, provocando o investigador a procurar recursos. Neste capítulo, serão apresentados os métodos utilizados para a elaboração desta monografia, no que diz respeito aos propósitos, a abordagem do problema, aos procedimentos técnicos, a natureza dos resultados e os instrumentos de pesquisa.

### 4.1 TIPO DE ESTUDO

Tratou-se de um estudo do tipo experimental com abordagem quantitativa, com análise de dados através de gráficos e quadros.

### 4.2 UNIDADE DE ESTUDO

O estudo foi efetivado no período de novembro a dezembro de 2017, em uma sala disponibilizada pelo Instituto do Notebook & Cia no município de Vitória da Conquista – BA, onde por uma semana foi feita as coletas de dados necessárias.

### 4.3 FONTE DE DADOS

O estudo foi feito utilizando um ventilador de indução da marca VentiDelta modelo Crista e um Ventilador do fabricante Keppe-Motor®, modelo Universe Turbo,

com o auxílio de instrumentos de medições, sendo: Analisador de energia, anemômetro, tacômetro e termômetro digital.

#### 4.4 INSTRUMENTOS PARA COLETA DE DADOS

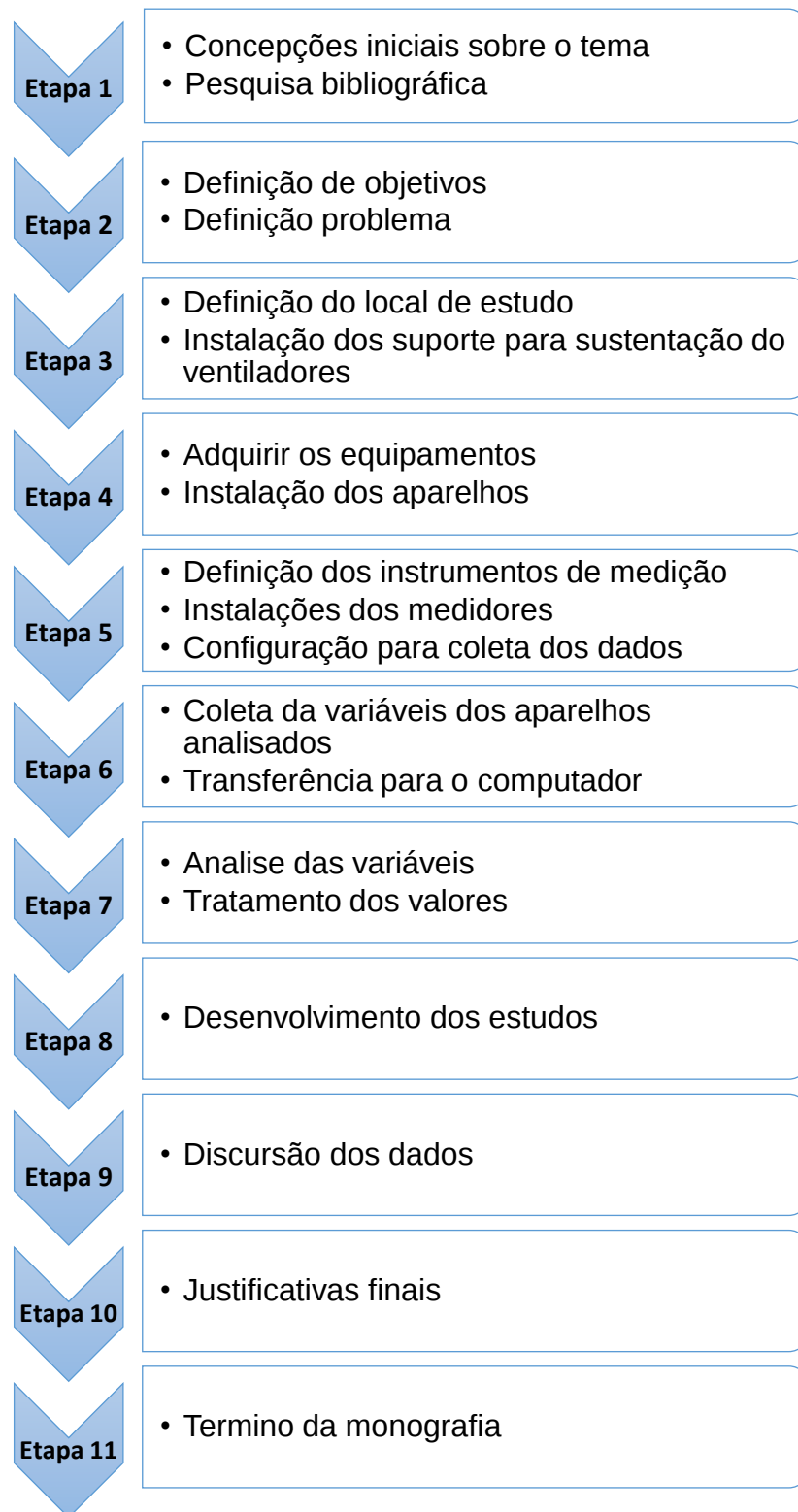
A coleta das informações se deu através de um analisador de energia, um tacômetro digital óptico com mira laser, um anemômetro digital portátil, e um termômetro digital infravermelho com mira laser.

1. O analisador de energia foi configurado para coletar os dados referente a tensão (V), corrente (I), fator de potência (FP) e consumo (kWh).
2. O anemômetro possibilitou a medida da velocidade do vento em m/s.
3. O tacômetro permitiu a medição quantos giros cada ventilador conseguiu atingir em um minuto, ou seja, em RPM (Rotações por Minuto).
4. O termômetro indicou a temperatura da carcaça do motor dos aparelhos estudados em °C.

#### 4.5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A análise foi feita através de estatística descritiva e porcentagem, através das frequências absolutas das variáveis de vazão de ar, temperatura, consumo, tensão, corrente e rotação.

#### 4.6 CRONOGRAMA DE ATIVIDADES



## 5 DESENVOLVIMENTO

A escolha do ventilador com motor de indução se deu em decorrência de já ser comumente utilizado na Instituição. O fato de serem de potências diferentes, se dá por não haver um ventilador de teto com motor de indução que apresente tão baixa potência, de forma igual, não há um motor Keppe com tamanha potência o que implica, se mesmo com tal desproporção de potencial, o Keppe tornará possível o mesmo trabalho de motor de indução.

### 5.1 ESTRUTURA DE SUSTENTAÇÃO

Foi feita a construção de suportes para fixar os ventiladores, deixando-os em uma posição abaixo do limiar do teto, para melhorar o acesso durante a realização dos estudos.

O suporte foi desenvolvido em metal, fixado a uma altura de 1.80 metros para o suporte 1 e 1.90 metros para o suporte 2 conforme Figura 25. De forma impedir interferências entre as pás. Ambas possuem de 0,80 metros de comprimento.

Figura 25 – Estrutura de sustentação dos ventiladores

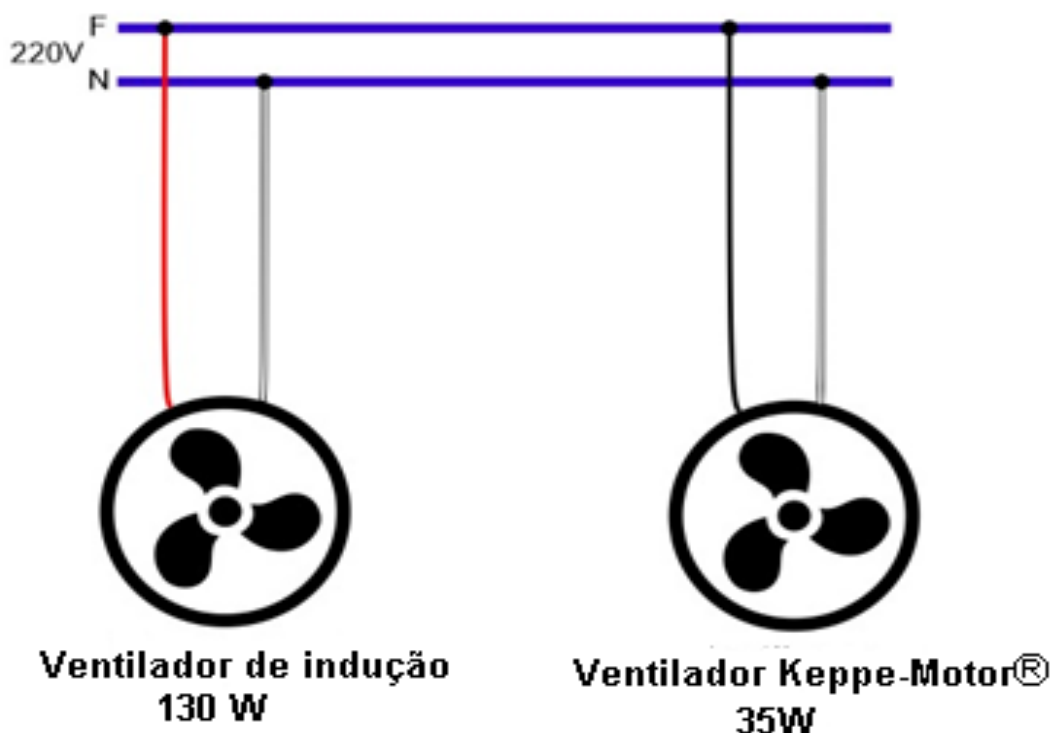


Fonte: Própria (2017)

A instalação elétrica foi feita de maneira que possibilitasse a conexão dos instrumentos de medição, atendendo as condições de segurança do ambiente.

A figura 26, ilustra de forma simples o esquema de ligações dos motores conforme disposição real das instalações.

Figura 26 – Diagrama elétrico das instalações dos ventiladores



Fonte: Própria (2017)

A seção nominal dos condutores utilizados na rede elétrica do experimento, é dada através da lei de Ohm, conforme equação  $P = V \cdot I$ .

Logo, para o ventilador 1 temos,  $I = \frac{P}{V}$ ,  $\frac{130}{220} = 0,591 A$

E para ventilador 2 temos,  $I = \frac{P}{V}$ ,  $\frac{35}{220} = 0,16 A$

Conforme resultados, verificou-se que o condutor de 2,5mm<sup>3</sup> atende as necessidades existentes, ao observar a tabela de suportabilidade da corrente fornecida pelo fabricante conforme Nambel, apresentada na Figura 27.

Figura 27 – Tabela de suportabilidade de corrente dos dios Nambei utilizados

| Seção nominal<br>mm <sup>2</sup> | B1                      |                         | B2                      |                         |
|----------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|                                  | 2 condutores carregados | 3 condutores carregados | 2 condutores carregados | 3 condutores carregados |
| 0,5                              | 9                       | 8                       | 9                       | 8                       |
| 0,75                             | 11                      | 10                      | 11                      | 10                      |
| 1,0                              | 14                      | 12                      | 13                      | 12                      |
| 1,5                              | 17,5                    | 15,5                    | 16,5                    | 15                      |
| 2,5                              | 24                      | 21                      | 23                      | 20                      |
| 4                                | 32                      | 28                      | 30                      | 27                      |
| 6                                | 41                      | 36                      | 38                      | 34                      |
| 10                               | 57                      | 50                      | 52                      | 46                      |
| 16                               | 76                      | 68                      | 69                      | 62                      |
| 25                               | 101                     | 89                      | 90                      | 80                      |
| 35                               | 125                     | 110                     | 111                     | 99                      |
| 50                               | 151                     | 134                     | 133                     | 118                     |
| 70                               | 192                     | 171                     | 168                     | 149                     |
| 95                               | 232                     | 207                     | 201                     | 179                     |
| 120                              | 269                     | 239                     | 232                     | 206                     |
| 150                              | 309                     | 275                     | 265                     | 236                     |
| 185                              | 353                     | 314                     | 300                     | 268                     |
| 240                              | 415                     | 370                     | 351                     | 313                     |
| 300                              | 477                     | 426                     | 401                     | 358                     |
| 400                              | 571                     | 510                     | 477                     | 425                     |
| 500                              | 656                     | 587                     | 545                     | 486                     |

Fonte: Nambei (2017)

### 5.3 AQUISIÇÃO DE DADOS

Antes da instalação dos instrumentos de medição, foi verificado o funcionamento dos motores buscando a melhor performance das variáveis físicas, velocidade do ar, tensão, corrente, potência, consumo e fator de potência. Os intervalos de tempo utilizados para as medições, foram diferentes entre o analisador de grandeza e os demais instrumentos e os ventiladores permaneceram em potência máxima durante todo o tempo de estudo.

Foi utilizado o mesmo instrumento de medição para análise de ambos os ventiladores, assim obtendo os resultados com a mesma precisão, dispensando o erro de calibração que poderia ocorrer, caso fosse utilizado instrumentos de modelos



Os intervalos de tempo utilizados para os demais instrumentos de medição foram: momento inicial, 15 minutos após acionamento, momento intermediário I, após 45 minutos do início, momento intermediário II, passadas 3 horas do acionamento e momento final, passadas todas 24 horas de análise. Esses intervalos foram utilizados para ambos ventiladores.

Para a medida da velocidade do ar, foi utilizado o anemômetro de marca Anemometer, modelo B-MAX representado na Figura 29, posicionado com mesma angulação e distância para ambos ventiladores e fixado a 0,3 metros abaixo das pás dos ventiladores, a 0,3 metros em relação eixo do rotor, permanecendo por 5 segundos.

Figura 29 – Anemômetro da marca Anemometer



Fonte: Própria (2017)

Para a leitura da rotação dos motores, foi utilizado um tacômetro de marca Digital Tachometer, modelo DT-2234C, demonstrado na Figura 30. Posicionado a 0,1 metros de distância do motor e 0,3 metros do eixo do rotor por 2 segundos.

Figura 30 – Tacômetro da marca Digital Tachometer



Fonte: Própria (2017)

Para medir a temperatura, foi utilizado o termômetro de marca Mesco, modelo TL-200, ilustrado na Figura 31.

Figura 31 – Termômetro da marca Mesco



Fonte: Própria (2017)

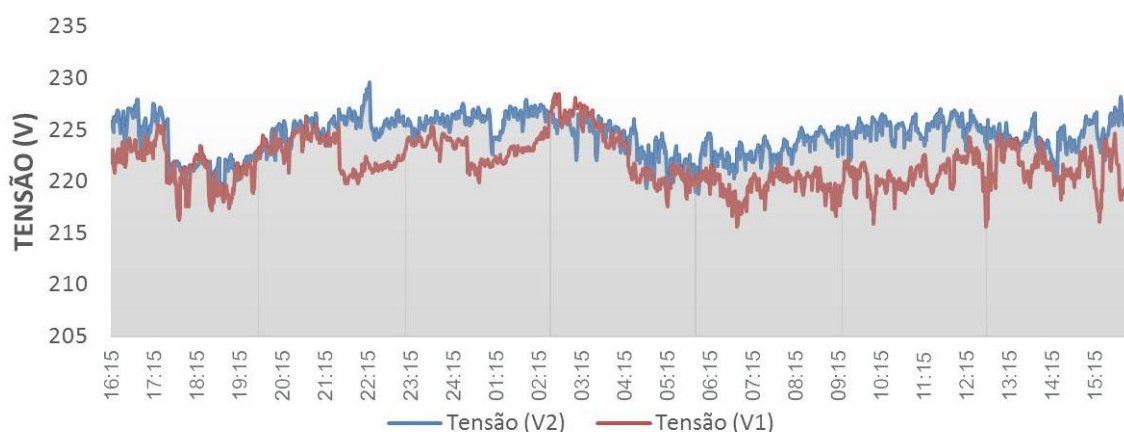
## 5.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.4.1 Analisador de energia

A partir do Gráfico 1 é possível perceber que a tensão ao longo das 1429 iterações, totalizando 23:45 horas, a tensão permaneceu dentro dos padrões esperados, apresentando variação em torno de 5% para mais ou para menos, obedecendo os padrões estabelecido nas normas na ANEEL. A divergência na comparação entre os aparelhos medidos se dá pelo fato das análises serem realizados em dias diferentes e a variações ao longo do dia, devido a flutuabilidade da tensão.

No Gráfico 1, é especificado os dados obtidos com a tensão.

Gráfico 1 – Dados da tensão X tempo

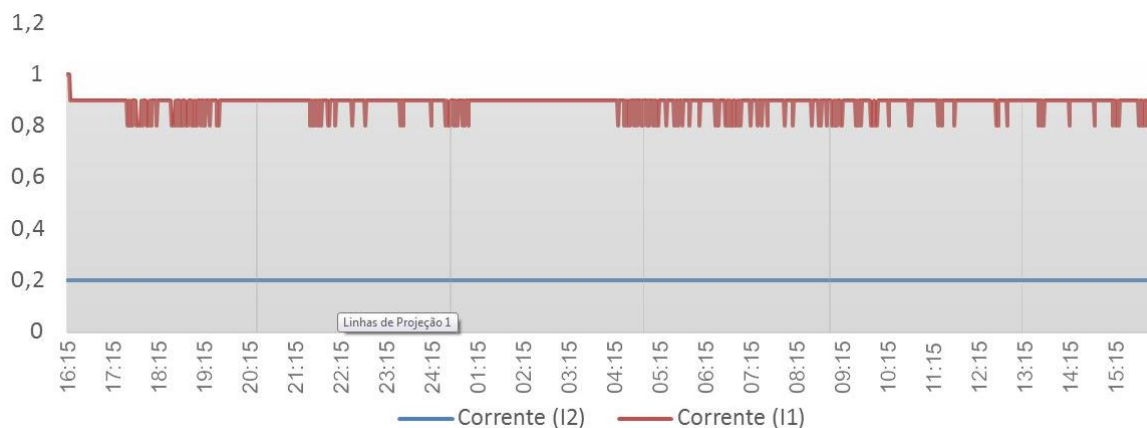


Fonte: Própria (2017)

Analisando o Gráfico 2, percebe-se que no instante inicial do aparelho 1, a corrente tem uma elevação (devido a corrente de partida em motores de indução), porem logo após iniciar, tem no seu valor reduzido, ocorrendo em períodos aleatórios uma queda, próximo do 0,8A. Mantendo sua média próxima dos 0,9A. Enquanto o equipamento 2, tem seu início no limiar dos 0,2A e permanecendo assim por todo período de análise.

No Gráfico 2, é especificado os dados obtidos com a corrente

Gráfico 2 – Dados da corrente X tempo

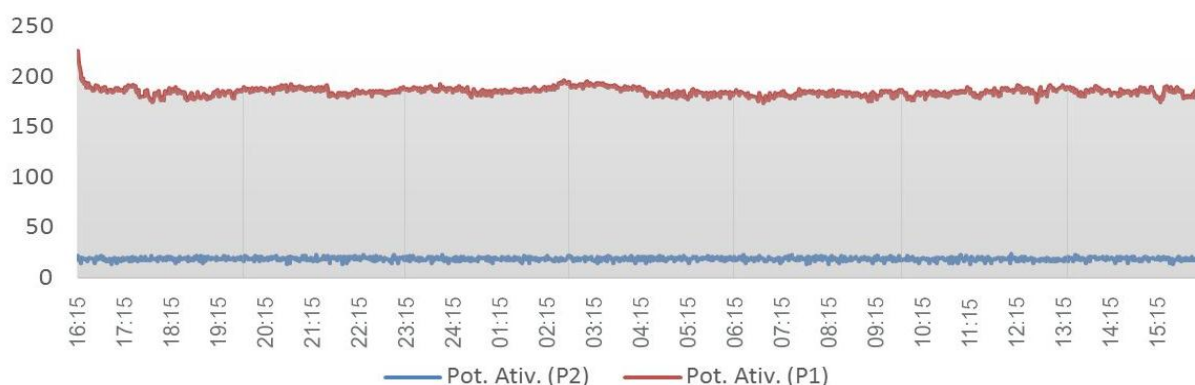


Fonte: Própria (2017)

Analisando os dados obtidos é possível verificar que na partida o motor do ventilador 1 apresentou uma potência mais elevada, como já era de se esperar, pois o mesmo está saindo da inércia, exigindo assim uma força maior, após um breve período, reduzindo a um patamar próximo a 180W, e permanecendo com pequenas variações no decorrer das quase 24 horas. Esse valor encontrado contradiz as referências do fabricante, que em seu manual alega a potência de 130W. Entretanto o ventilador 2, do inicial ao fim, permanece com pequenas variações, próximo aos 20W.

No Gráfico 3, é especificado os dados obtidos com a potência ativa.

Gráfico 3 – Dados da potência ativa X tempo

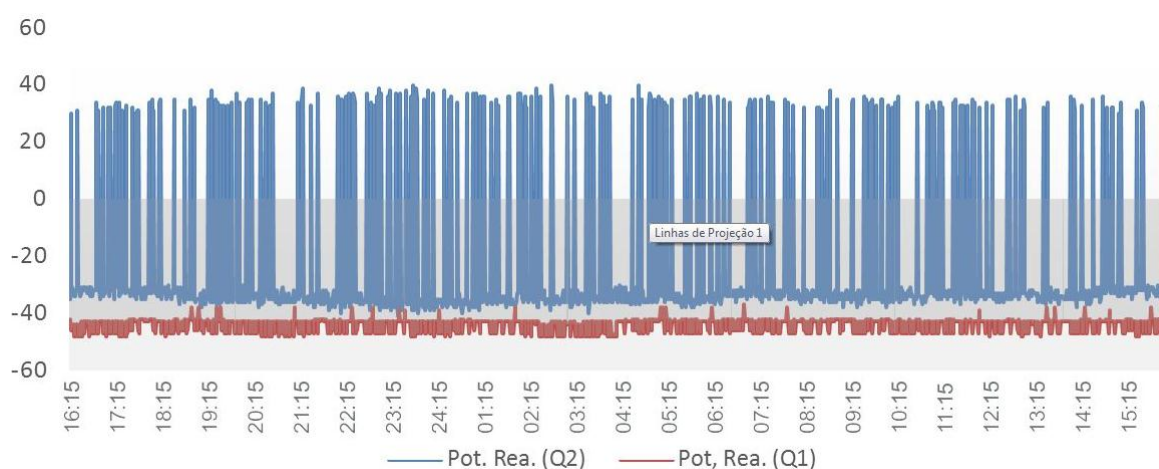


Fonte: Própria (2017)

Analisando o Gráfico 4, pode se perceber que a potência reativa do ventilador 1 é do tipo indutiva, os valores encontrados apresentaram pequena variação próximo do 44 VAr, enquanto o segundo ventilador, mostrou um procedimento diferente, apresentando um comportamento em sua maioria indutivo, porém com alguns picos capacitivos, devido a energização do circuito eletrônico do Keppe-Motor®.

No Gráfico 4, é especificado os dados obtidos com a potência reativa.

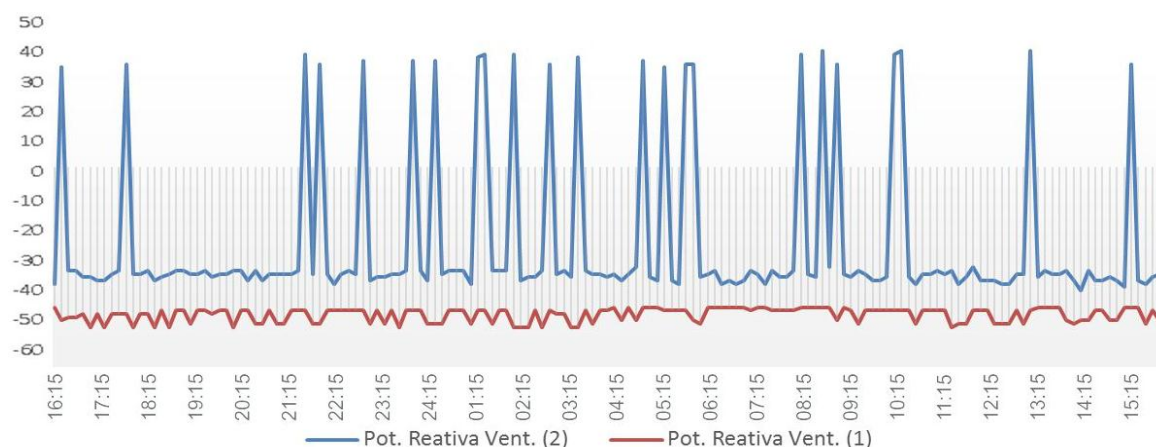
Gráfico 4 – Dados da potência reativa X tempo



Fonte: Própria (2017)

No Gráfico 5, com uma quantidade de iterações menor, nota-se as variações indutivas e capacitivas com maior clareza.

Gráfico 5 – Dados da potência reativa X tempo

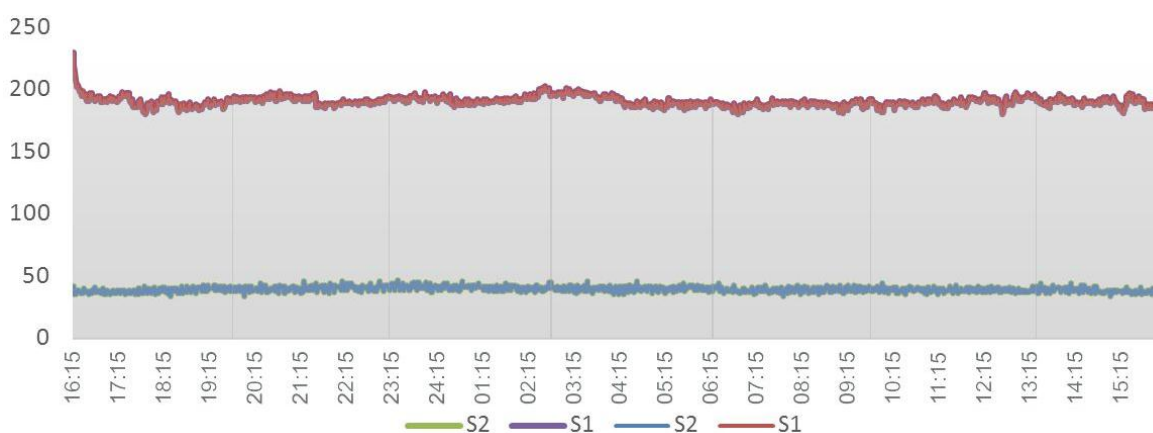


Fonte: Própria (2017)

Analisando o Gráfico 6, foi possível considerar que durante a partida o motor do ventilador 1 a potência se elevou, após um breve período, se manteve na faixa dos 200VA e apresentando pequenas variações ao longo do período de coleta. Já o ventilador 2 se manteve com uma potência aparente na faixa de 40VA. Essa variação nas potências dos aparelhos, mesmo que relativamente pequena, pode ser observada pela não linearidade da tensão fornecida pela rede.

No Gráfico 6, é especificado os dados obtidos com a potência aparente.

Gráfico 6 – Dados da potência aparente X tempo

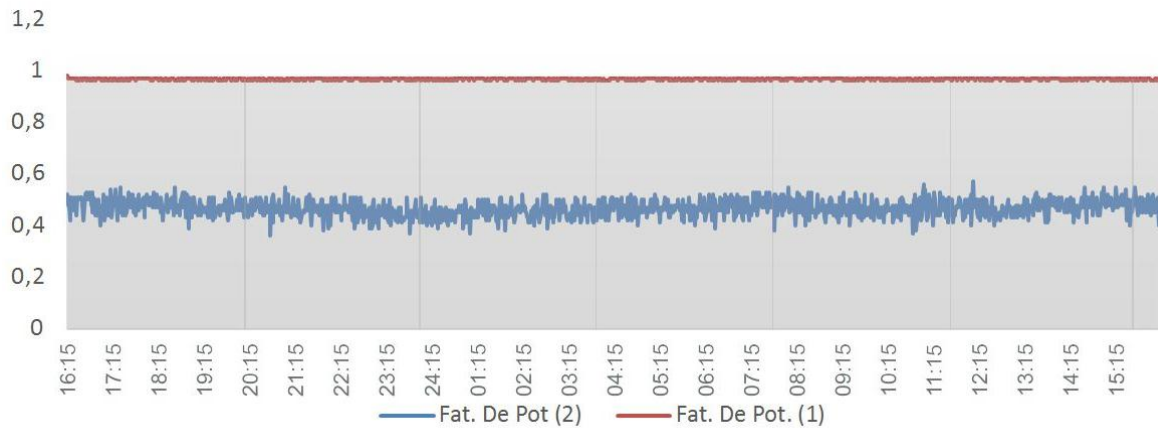


Fonte: Própria (2017)

No Gráfico 7, observa-se que o fator de potência do ventilador 1, permanece próximo de 1 por todo período da análise. Enquanto que para o ventilador 2, o fator de potência mostrou variação em torno dos 0,5. É interessante observar que o fator de potência do ventilador Keppe-Motor®, se mostrou em um valor considerado baixo. Isso ocorre devido ao fenômeno da corrente ressonante, aproveitando os pulsos através da indução das bobinas. Fazendo com que o seu valor de reativo seja grande em relação a sua potência aparente, como mostrado nos gráficos acima.

No Gráfico 7, é especificado os dados obtidos com o fator de potência.

Gráfico 7 – Dados do fator de potência X tempo

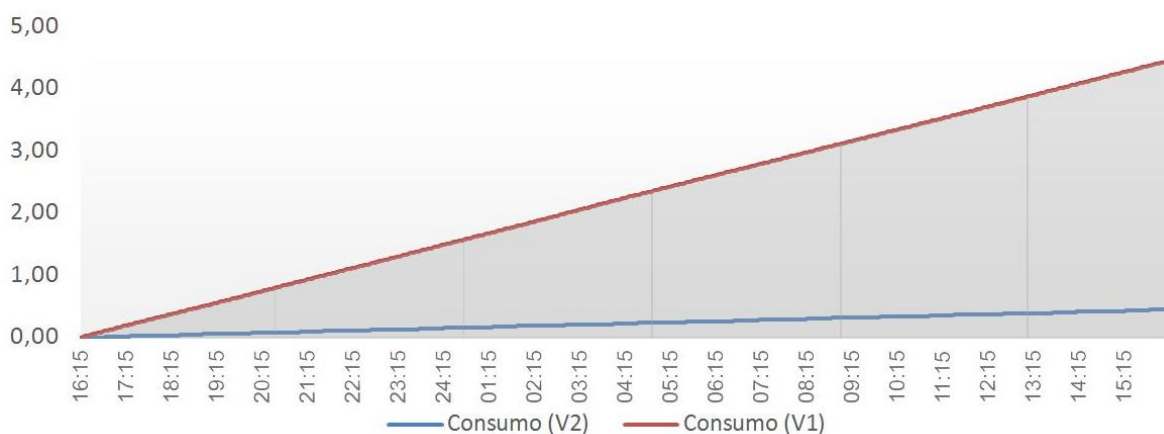


Fonte: Própria (2017)

Nota-se no Gráfico 8 a diferença de consumo entre os motores, onde o ventilador 1, consumiu um pouco mais de 4,4 kWh, enquanto que o ventilador 2, seu consumo não chega a 0,5 kWh.

No Gráfico 8, é especificado os dados obtidos com o consumo.

Gráfico 8 – Dados do consumo X tempo



Fonte: Própria (2017)

#### 5.4.2 Demais Grandezas Analisadas

Ressaltando que todos os intervalos de tempos foram determinados aleatoriamente, seguindo o mesmo período para ambos ventiladores. Atribuído o números 1 para o motor de indução e 2 para o motor Keppe-Motor®.

A análise do quadro 1, demonstrou que o ventilador 2, apresentou uma pequena variação da temperatura, até os primeiros 15 minutos. Após este tempo, apresentou um crescimento mais significativo na ordem de 4.48% da sua temperatura inicial, porem sua variação total foi da ordem de 3,1 °C.

Por se tratar de um motor que trabalha por ressonância, este não depende de rotor e estator, apenas de seu campo magnético e dois rolamentos para mantê-lo em equilíbrio.

Com referência ao ventilador 1, nota-se que as variações ocorreram no mesmo tempo que o motor 2, atingindo 54,20 °C em 15 minutos, aumento foi da ordem de 135%.

Foi possível constatar que ao fim das 3 primeiras horas, a temperatura apresentou uma pequena queda de 1,82% °C, que possivelmente se deu pelo fato do clima mais ameno no momento da leitura.

O ventilador 2, por conta de não obter escotilhas de refrigeração comuns aos motores de indução não apresentou variação na temperatura de trabalho.

Quadro 1 – Temperatura (°C)

| PERIODO    | VENTILADOR 1       |          | VENTILADOR 2       |          |
|------------|--------------------|----------|--------------------|----------|
|            | Graus Celsius (°C) | Perdas % | Graus Celsius (°C) | Perdas % |
| INICIAL    | 24,00              | 0,00     | 24,50              | 0,00     |
| 15 Minutos | 54,20              | 135      | 25,60              | 4,48     |
| 45 Minutos | 60,50              | 11,62    | 26,30              | 2,73     |
| 3 Horas    | 59,40              | -1,82    | 27,60              | 3,80     |
| 24 Horas   | 58,20              | -2,03    | 27,00              | -2,18    |

Fonte: Própria (2017)

Em relação à rotação, deduzindo os resultados do quadro 2, conclui-se que ambos os aparelhos se comportaram de maneira semelhantes, tendo uma pequena variação em sua rotação com o passar dos 15 minutos. Intensificando aos 45 minutos com perdas de 0,42% em seus resultados.

A referida perda é consequência do aumento da temperatura de trabalho dos motores de cada maquina.

Quadro 2 – Rotação por minutos (RPM)

| PERIODO    | VENTILADOR 1  |          | VENTILADOR 2  |          |
|------------|---------------|----------|---------------|----------|
|            | Rotação (RPM) | Perdas % | Rotação (RPM) | Perdas % |
| INICIAL    | 582,8         | 0,00     | 405,9         | 0,00     |
| 15 Minutos | 580,8         | 0,35     | 405,9         | 0,00     |
| 45 Minutos | 578,4         | 0,42     | 404,2         | 0,42     |
| 3 Horas    | 577,9         | 0,09     | 403,2         | 0,20     |
| 24 Horas   | 577,9         | 0,00     | 403,2         | 0,00     |

Fonte: Própria (2017)

Quadro 3 – Velocidade do vento

| PERIODO    | VENTILADOR 1              |          | VENTILADOR 2              |          |
|------------|---------------------------|----------|---------------------------|----------|
|            | Metros por segundos (m/s) | Perdas % | Metros por segundos (m/s) | Perdas % |
| INICIAL    | 3,3                       | 0,00     | 3                         | 0,00     |
| 15 Minutos | 2,9                       | 12,12    | 3                         | 0,00     |
| 45 Minutos | 2,8                       | 3,45     | 3                         | 0,00     |
| 3 Horas    | 2,8                       | 0,00     | 3                         | 0,00     |
| 24 Horas   | 2,8                       | 0,00     | 3                         | 0,00     |

Fonte: Própria (2017)

Nota-se que a velocidade do vento no ventilador 2, permaneceu estável em 3 m/s durante o período de 24 horas que perdurou o teste, não sofrendo alteração proveniente de outros fatores, porem o ventilador 1, que iniciou com o vento em uma

velocidade de 3,3 m/s, no decorrer dos primeiros 15 minutos apresentou uma perda de rendimento, se mantendo em 2,8 m/s após 45 minutos, permanecendo constante até o fim. Os números demonstraram que o momento mais crítico, se deu aos 15 minutos, onde a perda de rendimento foi da ordem de 12,12%. A perda apresentada pelo motor 1, é oriunda do aumento significativo da temperatura do motor, que por sua vez refletiu em sua rotação.

A análise dos gráficos e quadros apresentados evidencia a alta eficiência dos motores Keppe. Demonstraram que com o ventilador da família Keppe, tornou-se possível realizar o mesmo trabalho, no que se refere a velocidade de ar, fruto de um aparelho de ventilação, com uma potencia na ordem de 4 vezes menor que o motor de indução aqui analisado, refletindo diretamente no consumo.

## 7 CONCLUSÃO

Neste trabalho, foi possível demonstrar a alta eficiência do ventilador da marca Keppe-Motor®, modelo Universe Turbo movimentados por corrente ressonante, em relação ao ventilador da marca VentiDelta modelo Cristal, fabricados com motores de indução. Ressalta-se que a escolha do ventilador de indução se deu por ser comumente utilizado na Instituição a qual o presente trabalho será defendido.

Certificou-se que na maioria das variáveis analisadas, as vantagens do ventilador Keppe em relação ao VentiDelta são notórias. Tendo um comportamento similar no requisito tensão (V), porém se tratando da corrente (I), a diferença é bastante expressiva, onde o Keppe apresenta uma corrente na ordem de aproximadamente 5 vezes menos.

Ao longo do estudo a tensão sofreu variações já esperado, comportamentos como o afundamento por volta da 18:00 horas, já era esperado devido o horário de pico de consumo, o mesmo as 7:00 horas, horário que normalmente a população ativa começa a se preparar para trabalhar ou estudar.

Ao verificar a potencia (W), é possível perceber que apesar de uma potência muito inferior do ventilador Keppe, ele conseguiu realizar o mesmo trabalho que o ventilador VentiDelta. Além disso, o ventilador Keppe apresentou um reativo (Var) alto em relação a sua potência aparente, porém inferior se comparado ao outro equipamento do estudo, além de possuir reativos capacitivos e indutivos.

O tacômetro, demonstrou que a rotação do ventilador VentiDelta, é superior ao ventilador Keppe, sendo aproximadamente 35% mais rápido. Valor que se mostra insignificante se observado a diferença da potência de ambos. Entretanto a rotação menor não comprometeu o seu desempenho quando ao trabalho realizado.

Nos dados coletados no anemômetro, o ventilador Keppe iniciou-se com velocidade de ar menor que a do VentiDelta, após 45 minutos o Keppe conseguiu manter a velocidade, enquanto que o VentiDelta apresentou perdas em seu rendimento (velocidade/potência), fazendo com que após esse declínio, sua velocidade fosse superada pelo ventilador Keppe. As pás maiores e com maior envergadura, proporcionou ao ventilador da família Keppe uma vantagem mesmo com rotação menor na ordem 0,2 m/s após os 45 minutos do início do trabalho.

Se tratando do consumo, o analisador de energia deixa clara a imensa vantagem do Keppe-Motor® em relação ao ventilador de indução analisado. O ventilador com motor Keppe se apresentou 90,01% mais econômico. Dado importante que mostra que apesar de o ventilador Keppe possuir pás maiores, o que demandaria maior arrasto, ele ainda se mostra bastante eficiente.

Vale ressaltar que no valor no kWh atual (15/12/2017, de acordo com a tabela Coelba), R\$ 0,64703904. O valor em reais para 24 horas ligado para o ventilador 1, é R\$ 2,84697, enquanto o ventilador 2, tem um custo diário de R\$ 0,28470, ou seja, o ventilador Keppe Motor é 10 vezes mais econômico que ventilador com motor de indução.

A alta eficiência não se dá apenas com baixo consumo, para tal deve proporcionar a mesma satisfação que os demais aparelhos, nesse contexto o motor Keppe-Motor®, quando aplicado a ventiladores se mostrou alto eficiente em relação ao ventilador com motor de indução comparado. Trazendo uma economia de energia em torno de 90%, com a mesma ventilação de ar.

É sugerido que em trabalhos futuros:

- Sejam realizados estudos sobre o impacto de harmônicas na rede do ventilador Keppe-Motor®;
- Sua durabilidade em relação ao tempo de uso;
- Estudos de seus reativos, capacitivos e indutivos.
- Estudar a viabilidade de substituição dos ventiladores tradicionais por ventiladores com motor Keppe, verificando em quanto tempo ele traria retorno às instituições que o implantassem.



## REFERÊNCIAS

- BARRA, F. DA S. **Reconhecimento de padrões de condições de funcionamento de rolamentos em máquinas rotativas com auxílio de redes neurais artificiais.** [2012] Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2013.
- BIM; EDSON. **Máquinas Elétricas E Acionamento.** [2007].
- BONALDI, E. L. et al. Aplicação De Fft Para a Detecção De Defeitos Em Máquinas Elétricas. **Anais do Congresso Nacional de Matemática Aplicada à Indústria**, p. 635–644, 2015.
- CAROZZI, H. J. C.; MAIA, V. DA; NOGUEIRA, C. E. C. Aplicação da tecnologia keppe-motor® para viabilizar o processo de moto- bombeamento de água em regiões sem acesso à rede elétrica convencional mediante o uso de painéis fotovoltaicos de menor custo. v. 4, p. 85–100, 2014.
- CARVALHO, S. L. DE; MESQUITA, P. P. D. .; ARAÚJO, E. D. . Sustentabilidade da siderurgia brasileira: eficiência energética, emissões e competitividade A indústria siderúrgica: principais segmentos e produtos. **Siderurgia BNDES Setorial**, v. 41, p. 181–236, 2015.
- CHAPMAN, S. J. **Fundamentos de máquinas Elétricas.** [2010].
- DUČAY, A.; KAŇUCH, J. Design of a Special Motor With Permanent Magnets Projektowanie Specjalnego Silnika Z Magnesami. v. 2015, n. 1, p. 169–173, 2015.
- DUENHA, L. et al. Exploracao de Desempenho, Consumo Dinâmico e Eficiência Energética em MPSoCs. 2013.
- FLORES, M. G. **Geração da Base Climática de Santa Maria para Análise de Desempenho Térmico e Eficiência Energética de Edificações.** Universidade Federal de Santa Maria, 2014.
- KEPPE, N. R. **A Nova Física da Metafísica Desinvertida.** 3 Edição ed. São Paulo: [2012].
- MACHADO, L. E. A. **Projeto de Controle e Automação Predial Para um Sistema Híbrido de Climatização com Alta Eficiência Energética.** [2014].
- MARQUES, M. C. S.; HADDAD, J.; GUARDIA, E. C. **Eficiência energética: teoria e prática.** [2012].
- MARTINS, F. L. **Eficiência energética: gestão metodológica para a redução de energia elétrica na indústria.** Fernando Luiz Martins. [s.l.] Universidade Federal



de Santa Catarina, 2016.

MARTINS, R. F. et al. Estudo De Um Modelo Tecnológico Inovador Para Motores a Jato Com Foco Na Redução Significativa Da Emissão De Poluentes a Study of Technological Innovation Model for Jet Engines With Focus on Significant Reduction in Emission of Poluents. p. 169–174, 2015.

RODRIGUES, F. B. **Uso de Redes Neurais com Adaptação de Pesos por Modos Deslizantes Para Controle de Sistemas e Aplicações em Máquinas Elétricas.** [s.l.] Universidade Estadual Paulista, 2005.

RODRIGUES, W. Critérios para o Uso Eficiente de Inversores de Frequência em Sistemas de Bombeamento de Água. p. 19, 2007.

SILVA, L. R. B. **Classificação de Falhas em Máquinas Elétricas Usando Redes Neurais, Modelos Wavelet e Medidas de Informação.** [s.l.] Universidade Federal Tecnológica do Paraná, 2014.

UMANS, S. D. **Máquinas Elétricas.** 7th. ed. Porto Alegre: AMGH Editora, 2014.

VARGAS, M. C.; MESTRIA, M. Eficiência Energética em Edificações Residenciais: Iluminação e Refrigeração. **XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, v. d, p. 18, 2015.

VIANA, A. N. C. et al. **Eficiência Energética: Fundamentos E Aplicações.** [2012.].

## APÊNDICE A – PROCEDIMENTOS DE COLETA COM INSTRUMENTOS

Para melhor compreensão sobre o método utilizado para coleta de dados desse projeto foi criado esse apêndice. Os passos para construção estão descritos nas etapas a seguir:

ETAPA 1 – Para velocidade de ar utilizou um anemômetro da marca Anemometer, modelo B-MAX. Segurando o botão de “mode” por 3 segundos, o aparelho liga, conferindo se está configurado em m/s, é direcionado próximo das elicies dos ventiladores conforme as Figuras 32 e 33.

Figura 32 – Medição da velocidade do ar no ventilador 1



Fonte: Própria (2017)

Figura 33 – Medição da velocidade do ar no ventilador 2



Fonte: Própria (2017)



ETAPA 2 – Utilizou-se para coletar da rotação por minutos (rpm), um tacômetro da marca Tachometer, modelo DT-2234C. Pressionando o botão “MEM”, determina a posição a serem armazenados os dados obtidos, ao clicar em “TEST” o laser é ativado, apontando o laser direcionador a uma fita de cor metálica, autocolante, inicialmente fixado ao motor de ambos ventiladores, com a finalidade de reflexão, assim sendo possível o equipamento fazer a leitura em (RPM) Figuras 34 e 35.

Figura 34 – Medição de rotação no ventilador 1



Fonte: Própria (2017)

Figura 35 – Medição de rotação no ventilador 2



Fonte: Própria (2017)

ETAPA 3 – Para temperatura direcionou-se um laser indicador ao motor dos ventiladores e apertando o botão de leitura, obteve a variável em graus Celsius Figuras 36 e 37.



Figura 36 – Medição de temperatura ventilador 1



Fonte: Própria (2017)

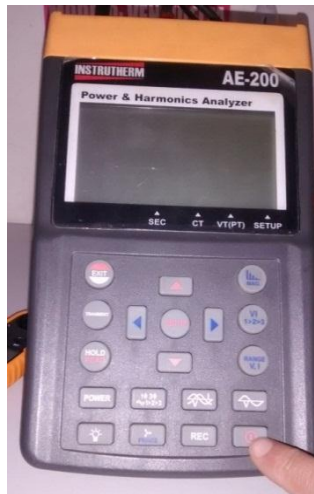
Figura 37 – Medição de temperatura ventilador 1



Fonte: Própria (2017)

ETAPA 4 – Para utilizar o medidor de energia necessitou programa-lo a fim de coletar os dados desejados, tensão (V), corrente (I), fator de potência (FP), consumo (KWh) e harmônicas. Após apertar o botão de POWER, o equipamento liga, com botão SETUP direciona a configuração que deseja ser modificada conforme as Figuras 38 e 39, respectivamente.

Figura 38 – Botão que liga o instrumento



Fonte: Própria (2017)

Figura 39 – Botão de seleção de instrução



Fonte: Própria (2017)



Para sair da área de atuação deve-se apertar a função EXIT, conforme a Figura 40.

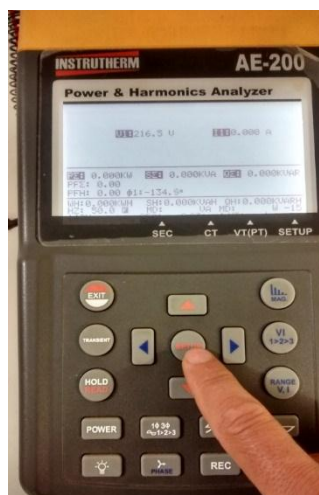
Figura 40 – Função Exit, Sair da tela atual



Fonte: Própria (2017)

Ao apertar o SETUP outras vezes, consegui descer o cursor até a opção desejada, e com as setas laterais altera os valores ao nível acordado, conforme as Figuras 41 e 42.

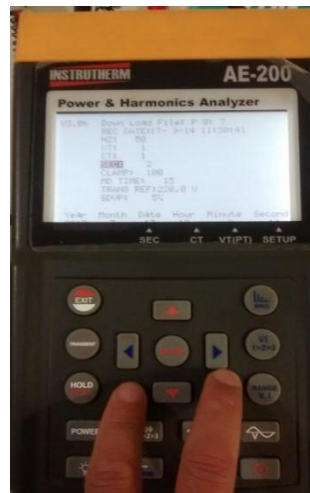
Figura 41 – Direciona a instrução



Fonte: Própria (2017)



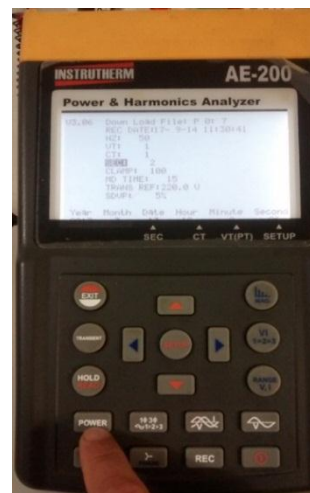
Figura 42 – Altera o valor ao valor definido



Fonte: Própria (2017)

Realizadas as configurações do Power & Harmonics Analyzer AE-200, temos a opção de definir qual a fator será analisado, definido potência, por exemplo, basta pressionar o botão POWER do instrumento, caso a intensão for as harmônicas, assim demonstradas, conforme as Figura 43 e 44.

Figura 43 – Selecionando a função Power



Fonte: Própria (2017)



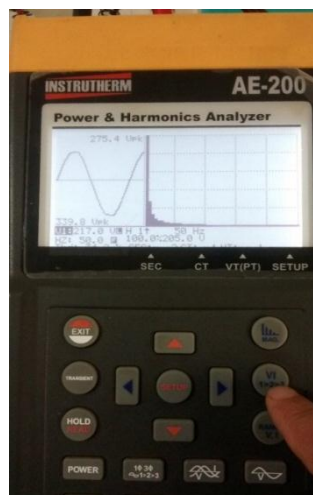
Figura 44 – Selecionando a Função harmônica



Fonte: Própria (2017)

Para determinar se a função analisará a tensão ou corrente necessita apertar o botão VI para tensão e ao pressionar novamente terá a corrente, conforme as Figura 45 e 46.

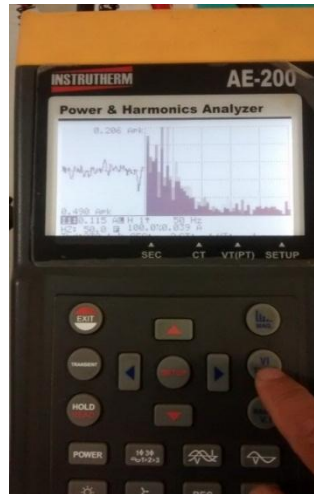
Figura 45 – Botão para definir a tensão



Fonte: Própria (2017)



Figura 46 – Definição de corrente



Fonte: Própria (2017)

**ANEXO A – PATENTE DE FUNCIONAMENTO DO KEPPE-MOTOR®**



## **ANEXO B – NORMA NP EM 50160:2010**

– Europa: CENELEC EN 50160 - 2010

Em 1969, o CENELEC (European Committee for Electrotechnical Standardization) e a IEC (International Electrotechnical Commission) formaram comitês para analisar os efeitos dos harmônicos causados por circuitos eletrônicos usados em equipamentos domésticos. Assim, surgiu a primeira norma (EN50006), aprovada pelo CENELEC em 1975 e adotada por 14 países europeus. Posteriormente, em 1982, os alemães lideraram um movimento para a substituição da EN50006 pelo documento IEC-555, o qual se constituía em uma norma de maior abrangência. Em dezembro de 1991, o CENELEC, fundamentado na IEC-555-2, aprovou um documento que dá as diretrizes para os padrões de qualidade para os países europeus. Este último documento recebeu a sigla EN60555-2. Em 1993, novamente, foi iniciado pelo CENELEC um processo de revisão, que culminou, em 1994, na norma europeia EN50160, a qual se destinava à definição das principais características a serem atendidas pela tensão nos terminais de suprimento dos consumidores nos níveis de distribuição. Desde então, este documento está em constante revisão, sendo sua versão mais atual aquela publicada no ano de 2010 [14]. Assim, esta norma, a qual se apresenta como documento base para diversos países europeus, define, descreve e especifica as características principais do fornecimento de energia em redes elétricas de baixa, média e alta tensão, em condições normais de operação. Este documento também descreve os limites dentro dos quais as características da tensão devem estar enquadradas quando do fornecimento de energia elétrica. Por fim, deve-se destacar que, de acordo com este documento, redes elétrica de baixa tensão são aquelas apresentam tensão nominal e eficaz entre fases que não excedam 1000 V; redes de média tensão se situam na faixa de 1 kV a 35 kV; e redes elétricas em alta tensão são aquelas de tensão nominal na faixa de 36 kV a 150 kV.