



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
FACULDADE DE ENGENHARIA, ARQUITETURA E TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA  
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

CAMILA MORI DE ALMEIDA

**INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA AMBIENTE NO RENDIMENTO DOS MOTORES  
DE INDUÇÃO TRIFÁSICOS**

CUIABÁ - MT

2022

CAMILA MORI DE ALMEIDA

**INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA AMBIENTE NO RENDIMENTO DOS MOTORES  
DE INDUÇÃO TRIFÁSICOS**

Trabalho Final de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Mato Grosso, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador:

Prof. Dr. José Mateus Rondina.

CUIABÁ - MT

2022

## Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

A447i Almeida, Camila Mori de.  
INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA AMBIENTE NO RENDIMENTO DOS MOTORES DE INDUÇÃO TRIFÁSICOS [recurso eletrônico] / Camila Mori de Almeida. -- Dados eletrônicos (1 arquivo : 29 f., il. color., pdf). -- 2022.

Orientador: Dr. José Mateus Rondina.  
TCC (graduação em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Mato Grosso, Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia, Cuiabá, 2022.  
Modo de acesso: World Wide Web: <https://bdm.ufmt.br>.  
Inclui bibliografia.

1. Eficiência energética, rendimento, temperatura.. I. Rondina, Dr. José Mateus, *orientador*. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.

# UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO

## DESPACHO

Processo nº 23108.103567/2022-58

Interessado: @interessados\_virgula\_espaco@

### FOLHA DE APROVAÇÃO

#### TÍTULO DA MONOGRAFIA:

**A INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA AMBIENTE NO RENDIMENTO DOS MOTORES DE INDUÇÃO TRIFÁSICOS.**

ALUNO: CAMILA MORI DE ALMEIDA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia da Universidade Federal de Mato Grosso, como requisito para a obtenção de grau de bacharel em Engenharia Elétrica.

Aprovada em 15 de dezembro de 2022.

Nota: 6,65

#### BANCA EXAMINADORA

**Prof. Dr. José Mateus Rondina**

Orientador

**Prof. Dr. Rogério Lúcio Lima**

Examinador

**Prof. Dr. Jackson Paulo Bonaldo**

Examinador



Documento assinado eletronicamente por **JOSE MATEUS RONDINA, Docente da Universidade Federal de Mato Grosso**, em 15/12/2022, às 09:23, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **ROGERIO LUCIO LIMA, Docente da Universidade Federal de Mato Grosso**, em 15/12/2022, às 09:30, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **JAKSON PAULO BONALDO, Docente da Universidade Federal de Mato Grosso**, em 15/12/2022, às 14:27, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [http://sei.ufmt.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](http://sei.ufmt.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **5382055** e o código CRC **F819E1CD**.

Referência: Processo nº 23108.103567/2022-58

SEI nº 5382055

## **AGRADECIMENTOS**

Meus agradecimentos à minha família que compreendeu a minha ausência, entendeu minhas dificuldades e me deu apoio durante todo o curso até o fim. Ao meu companheiro amável, Alexandre que nunca me deixou desistir e sempre me lembrou da minha capacidade. À Professora Camila Fantin e ao Professor José Mateus Rondina que jamais me deixaram desistir e sempre me deram todo o apoio que eu poderia precisar, se eu estou conseguindo concluir é graças aos empurrões que eles me deram. Sou grata também aos meus amigos que me apoiaram, pois sem eles não teria tido forças, são eles Cinthya Silva, Guilherme Silva, Clarinne Mendes, Bianca Zavan, Aline Bays, Lucas Silva, Júlia Marques, Denis Uyeda, Maura Cisti, Márcia Oliveira, Bruno de Oliveira, Élio Neto, Richard Ridek e Matheus Belmonte. Aos meus animais de estimação que sempre me acalmaram em crises, Momo, Juca, Rapariga e Shiva. Agradeço a todos que direta e indiretamente fizeram parte do meu processo de conclusão desse objetivo.

## RESUMO

A procura pela melhora no uso das fontes de energia tem se mostrado, cada vez mais, uma necessidade para a sustentabilidade da vida no planeta. A sua utilização racional, às vezes chamada simplesmente de eficiência energética, é uma atividade que procura melhorar o uso da energia. Nesse contexto, a opção por equipamentos mais eficientes (aqueles que realizam o mesmo trabalho, mas com menor consumo de energia) tem sido alvo de constantes esforços na pesquisa e desenvolvimento em todo o mundo. Os motores elétricos de indução são responsáveis pelo consumo da maior quantidade de energia elétrica nas indústrias, dada a forte demanda por força motriz e devido a versatilidade, simplicidade e eficiência desse tipo de motor. Entre as causas que levam a perdas de energia nos processos de transformação presentes na indústria, a produção indesejável de calor é uma das mais presentes. Assim, esse trabalho procura investigar a influência da temperatura ambiente na eficiência dos motores elétricos de indução.

Palavras chave: Eficiência energética, rendimento, temperatura.

## **ABSTRACT**

The search for improvement in the use of energy sources has shown itself, more and more, to be a necessity for the sustainability of life on the planet. Its rational use, sometimes simply called energy efficiency, is an activity that seeks to improve energy use. In this context, the option for more efficient equipment (those that perform the same work, but with less energy consumption) has been the target of constant efforts in research and development around the world. Electric induction motors are responsible for consuming the largest amount of electric energy in industries, given the strong demand for motive power and due to the versatility, simplicity and efficiency of this type of motor. Among the causes that lead to energy losses in the transformation processes present in the industry, the undesirable production of heat is one of the most present. Thus, this work seeks to investigate the influence of ambient temperature on the efficiency of electric induction motors.

Keywords: Energy efficiency, yield, temperature.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### FIGURAS

Figura 1 -	Máquina de indução.....	14
Figura 2 -	Máquina síncrona de pólos salientes.....	16
Figura 3 -	Ilustração de um rotor de pólos lisos.....	16
Figura 4 -	Esquema simplificado de uma máquina elétrica.....	17
Figura 5 -	Modelo de circuito elétrico equivalente ao de um motor de indução.....	21

### TABELAS

Tabela 1 -	Resultados experimentais.....	23
------------	-------------------------------	----

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CA	Corrente alternada
CC	Corrente contínua
W	Watt

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO E PROPOSIÇÃO DO TRABALHO.....</b>	<b>11</b>
1.1 Problematização.....	11
1.2 Objetivos.....	11
1.2.1 Objetivo Geral.....	11
1.2.2 Objetivos Específicos.....	11
1.3 Metodologia.....	11
<b>2 MOTORES ELÉTRICOS.....</b>	<b>13</b>
2.1 Tipos de motores mais utilizados.....	13
2.1.1 Motor de indução.....	13
2.1.1.1 Princípios de funcionamento dos motores de indução.....	14
2.1.1.2 Características construtivas.....	14
2.1.1.3 Aplicações.....	15
2.1.2 Motores síncronos.....	17
2.1.2.1 Princípios de funcionamento.....	17
2.1.2.2 Características construtivas.....	19
2.1.2.3 Aplicações.....	19
2.1.3 Motores de corrente contínua.....	19
2.2 Rendimento e eficiência dos motores de indução.....	19
2.3 O circuito elétrico equivalente do motor de indução.....	20
<b>3 EXPERIMENTAÇÃO.....</b>	<b>23</b>
<b>4 ANÁLISE DOS RESULTADOS.....</b>	<b>24</b>
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>25</b>
<b>6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>26</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>27</b>

# 1 INTRODUÇÃO E PROPOSIÇÃO DO TRABALHO

## 1.1 Problematização

A busca pela maior eficiência no uso dos recursos naturais tornou-se uma necessidade no mundo. A preocupação ambiental está presente nos dias atuais, já que os recursos naturais são limitados e as necessidades humanas tendem a ser ilimitadas, seja pelo aumento de população ou pela busca de melhores padrões de conforto. Dessa forma, pode-se chegar num ponto crítico em breve, pois os ecossistemas estão sendo degradados em busca de novas fontes de energia para suprir necessidades da sociedade. Para que isso não ocorra, busca-se diminuir o uso de recursos naturais minimizando o desperdício e aumentando a eficiência dos processos energéticos. Um exemplo é o caso da eficiência energética em eletricidade (ACORONI; SILVA; SOUZA, 2013).

## 1.2 Objetivos

### 1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é investigar a influência da temperatura ambiente no consumo de energia elétrica dos motores de indução.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Realizar revisão bibliográfica sobre o motor elétrico de indução e sua eficiência.
- Efetuar ensaios de laboratório em um motor de indução operando em diferentes condições de temperatura ambiente.

## 1.3 Metodologia

O experimento consistirá em acionar um motor de indução, com uma determinada carga mecânica acoplada ao eixo, medindo, durante um determinado tempo, as grandezas relacionadas ao consumo de energia elétrica, tais como: tensão da rede, corrente elétrica drenada e fator de potência de operação. Tal procedimento será realizado diversas vezes para uma temperatura ambiente e repetido outras tantas vezes para uma temperatura ambiente mais elevada. Os resultados de consumo de energia serão então comparados.

## 2 MOTORES ELÉTRICOS

Os motores elétricos são essenciais para os processos industriais. Seu uso se dá em equipamentos como: ventiladores, bombas hidráulicas, compressores, elevadores, serras, esteiras transportadoras, moinhos e etc. Por isso não é exagero afirmar que eles são responsáveis por movimentar a indústria.

Trata-se de um equipamento capaz de transformar a energia elétrica em energia mecânica utilizando os princípios do magnetismo na forma de interação entre linhas de campo (segundo as leis de FARADAY, AMPÈRE, LENS, entre outras leis da física). Basicamente, eles operam pelos princípios da reação entre campos magnéticos segundo a qual o campo criado faz mover uma parte giratória, o rotor, a partir da ação repelente de polos opostos.

### 2.1 Tipos de motores mais utilizados

#### 2.1.1 Motor de indução

Os motores de indução podem ser do tipo trifásico ou monofásico. Os motores monofásicos são um tipo de motor muito utilizado em pequenos eletrodomésticos devido ao seu baixo custo, simplicidade e facilidade em manutenção. Esse tipo de motor possui enrolamentos de estator para apenas uma fase, o que dá origem ao termo “motor monofásico”. O campo pulsante produzido pela alimentação monofásica resulta em indução de outro campo pulsante no rotor. Quando levado a movimento, uma onda de força eletromotriz é induzida no rotor produzindo um campo que, interagindo com o campo pulsante do estator, resulta em torque. Diversas são as formas de produzir movimento inicial no rotor dos motores monofásicos, sendo a principal delas o motor de fase dividida a capacitor. Os motores trifásicos têm seu torque produzido a partir do campo magnético girante produzido por correntes defasadas no tempo em enrolamentos defasados no espaço. Tal campo induz no rotor um campo magnético também girante, que interagindo com o campo do estator, produzirá torque e velocidade de rotação.

### 2.1.1.1 Princípios de funcionamento dos motores de indução

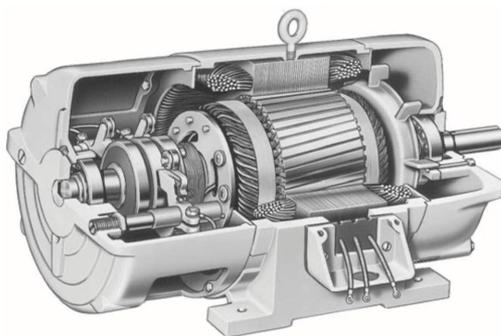
A lei de Faraday-Lenz ou Lei de Indução Eletromagnética enuncia que “quando houver variação do fluxo através de um circuito, haverá nele uma força eletromotriz induzida.” Fundamentando-se neste conceito físico, a máquina de indução consegue atuar como motor ou gerador. Desta forma, em um motor assíncrono, seu estator é alimentado por uma corrente alternada criando um campo magnético girante que, respeitando a Lei de Faraday-Lenz, criará um campo magnético no rotor de forma a tentar neutralizar o campo magnético que o gerou, assim gerando um torque. Entretanto, o nome assíncrono advém do fato da velocidade física do estator não ser capaz de alcançar a velocidade do campo magnético girante do estator; e a velocidade síncrona, que é a velocidade do campo girante gerado pelo estator e também proporcional a frequência de alimentação da linha alimentadora; assim, de fácil regulagem. Tal instabilidade é que mantém o motor de indução funcionando.

Já na modalidade de gerador, aplica-se um torque no rotor de modo a variar o fluxo magnético do estator ao longo do tempo que atravessa as espiras do rotor - assim, gerando corrente elétrica.

### 2.1.1.2 Características construtivas

Existe a possibilidade de o rotor ser do tipo gaiola de esquilo, ou, então, rotor bobinado. Este tipo de aplicação é mais restrito a condições muito específicas.

Figura 1 - Máquina de indução



Fonte: Chapman (2013, p.233)

### 2.1.1.3 Aplicações

As máquinas de indução têm sua maior aplicação na produção de força motriz. Na indústria geralmente são do tipo trifásico, e no uso doméstico e rural são comumente monofásicas.

Com pouquíssimas exceções, o enrolamento de armadura de uma máquina síncrona encontra-se no estator e o enrolamento de campo no rotor (Fitzgerald, 2006).

Como afirmam Marques, Sambaqui, Duarte, Janderson (2013), o enrolamento de campo da máquina síncrona será na parte rotacionária chamada de rotor e este pode ser do tipo saliente ou liso.

O rotor, neste caso também será chamado de indutor, excitará a armadura. De acordo com Pinto (2011), o rotor recebe alimentação via escovas de anéis deslizantes de uma fonte externa de corrente contínua ou C.C.

Marques (2001) também afirma que, como sua função é realizar uma indução magnética no estator, tem que ser constituído por um material que diminua as perdas, mas que contenha alta resistividade elétrica. Por conseguinte, a área de ciclo de histerese precisa ser mínima.

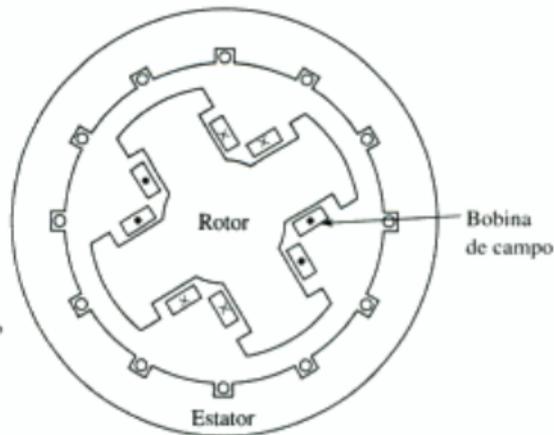
O induzido, na máquina síncrona, será então encontrado no estator em um enrolamento trifásico espaçado em ranhuras (Pinto, 2011).

Os enrolamentos do estator das máquinas síncronas são idênticos aos das máquinas assíncronas, possuindo condutores separados por um material não condutor entre eles e também possuem uma distribuição uniforme ao longo da sua circunferência.

Vale ressaltar que nas máquinas trifásicas, os três enrolamentos estão defasados de um terço de período uns em relação aos outros, para que possam gerar o defasamento de  $120^\circ$  nas tensões e correntes, características de um sistema trifásico (CAMARGO, 2007).

Com relação aos tipos de rotores podem haver dois tipos que são:

Figura 2 - Máquina síncrona de pólos salientes



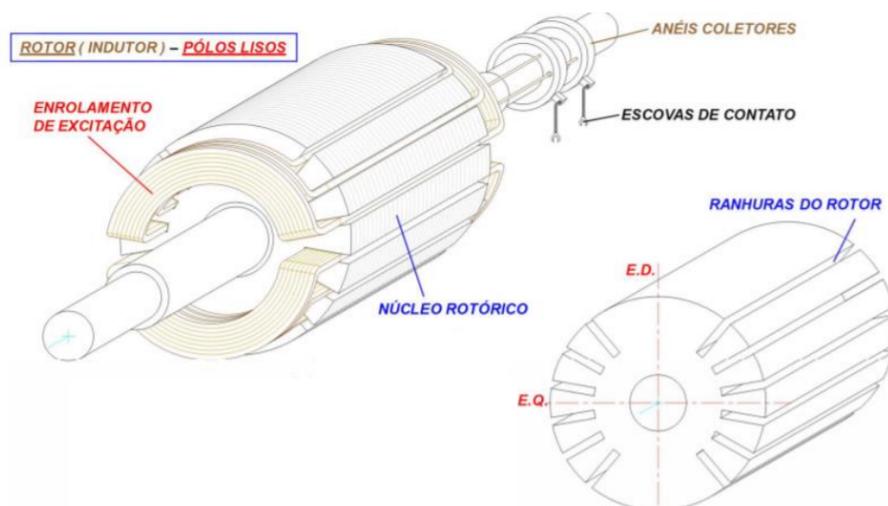
Fonte 2 - Fitzgerald (1975, p. 199)

Os rotores de polos salientes, tal afirma Marques (2001),

nos rotores de polos salientes, há um núcleo central montado no veio, ao qual se ligam polos onde são enrolados os enrolamentos do indutor. Esta solução é utilizada normalmente em máquinas de elevado número de polos (baixa velocidade de rotação), sendo relativamente reduzida a força centrífuga a que os polos estão sujeitos.

A afirmação de Marques (2001) torna-se valerosa na explicação do porquê os rotores de hidroelétricas possuem um número elevado de polos.

Figura 3 - Ilustração de um rotor de pólos lisos



Fonte 3 - Notas de aula da disciplina PEA3400 - Máquinas Elétricas I da USP (2019)

Sobre as máquinas de polos lisos, Marques (2001, p. 3) afirma que

nas máquinas de polos lisos, os condutores estão montados em cavas e distribuídos ao longo da periferia. O número de polos é reduzido (velocidade elevada) sendo o diâmetro destas máquinas relativamente pequeno ( $D < 1,10\text{m}$ ). Apesar de, normalmente, esta máquina ter um comprimento bastante grande (5 a 6 m) o seu momento de inércia é muito menor do que o de uma máquina de polos salientes equivalente que é mais curta mas tem um diâmetro muito maior.

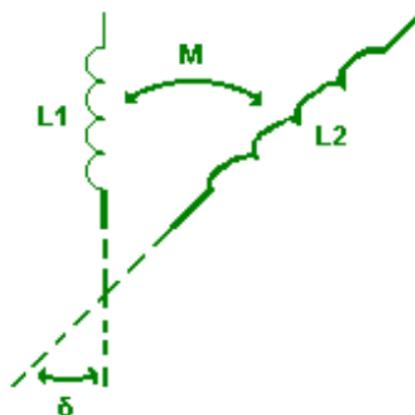
## 2.1.2 Motores síncronos

### 2.1.2.1 Princípios de funcionamento

Diferentemente do visto nas máquinas de indução, nas máquinas síncronas a alimentação do rotor se dá de forma direta pelos contatos rotativos fixados no mesmo.

O enrolamento de campo, neste exemplo localizado no rotor, é alimentado com corrente contínua, transportada até ele utilizando-se escovas estacionarias de carvão que fazem o contato com anéis deslizantes e girantes. Para efeitos de uma análise idealizada será dado que a distribuição do fluxo magnético no entreferro é senoidal.

Figura 4 - Esquema simplificado de uma máquina elétrica.



Fonte 4: – Prof. Joel Rochai Pinto (2011)

A figura 4 exemplifica um conversor eletromecânico de energia onde L1 representa a bobina 1 e L2 representa subsequentemente a bobina 2 de tal modo que os eixos de ambas as bobinas estão a um ângulo  $\delta$  (Pinto, 2011).

No caso da máquina síncrona atuando como geradora, havendo a rotação do rotor devido a esforço mecânico externo haverá um fluxo concatenando a bobina da armadura com variação no tempo, assim, havendo geração de tensão na mesma. Tendo em vista a idealização, a força eletromotriz será então senoidal variando no tempo. A tensão na bobina da armadura também passará por um ciclo completo quando o rotor realizar um ciclo completo, gerando assim, uma sincronicidade.

Conforme afirma Fitzgerald (1975, p. 178),

sua frequência em ciclos por segundo (Hz) é a mesma que a velocidade do rotor em rotações por segundo: a frequência elétrica gerada da tensão gerada está sincronizada com a velocidade mecânica; sendo essa a razão para expressão máquina "síncrona". Assim, uma máquina síncrona de dois polos deve girar a 3600 rotações por minuto para produzir uma tensão de 60 Hz.

Uma fórmula muito importante é a que relaciona a velocidade do rotor com a tensão da armadura citada em Fitzgerald (2006, p.179):

Onde:

força eletromotriz gerada (Volts);

pólos = número de pólos na armadura

n = velocidade de rotação do rotor (rpm)

Por essa equação é possível notar que, no caso da máquina atuando como motor, caso queira aumento na velocidade do rotor, devido a frequência da tensão aplicada na armadura ser fixa em 60 Hz no território brasileiro, a solução indicada será o aumento no número de pólos salientes.

No caso da máquina atuar como um gerador, é interessante que ela tenha esforço mínimo pelo rotor. Assim sendo, uma velocidade menor é desejada. Para a máquina fornecer a frequência necessitada pelo projetista a uma velocidade mais baixa, aumenta-se o número de pólos.

### **2.1.2.2 Características construtivas**

Com pouquíssimas exceções, o enrolamento de armadura de uma máquina síncrona encontra-se no estator e o enrolamento de campo no rotor. Diferentemente do visto nas máquinas de indução, nas máquinas síncronas a alimentação do rotor se dá de forma direta pelos contatos rotativos fixados no mesmo.

### **2.1.2.3 Aplicações**

As máquinas síncronas se destinam principalmente à geração de energia elétrica. Como motor são encontradas apenas em aplicações muito específicas, especialmente para velocidades de rotação muito baixas e elevados torques.

### **2.1.3 Motores de corrente contínua**

Os motores de corrente contínua, ao contrário dos motores CA, possuem o circuito de armadura na parte girante da máquina, o rotor. Isso se deve a necessidade de um comutador para inversão de polaridades das correntes em relação aos pólos da máquina. Assim a potência elétrica da máquina é transferida por meio de contatos deslizantes formados por escovas sobre lâminas condutoras, o que limita muito a capacidade de potência da máquina.

## **2.2 Rendimento e eficiência dos motores de indução**

As primeiras máquinas elétricas foram desenvolvidas graças à descoberta dos fenômenos da eletricidade, magnetismo e eletromagnetismo. Três grandes invenções baseadas nestes fenômenos foram cruciais para a continuação das pesquisas na área.

A criação da bateria, em 1800 por Alessandro Volta, a descoberta da geração do campo magnético pela corrente elétrica, feita por Hans Christian Oersted, em

1820 e a invenção do eletroímã, em 1825 por William Sturgeon. Foi a partir delas que o físico e matemático inglês, Peter Barlow, desenvolveu, em 1822 a “roda de Barlow”, o primeiro motor que girava a partir da força magnética e se tornou o precursor da invenção.

Ao longo dos anos, diversos outros cientistas foram aperfeiçoando conceitos e práticas, até entrar em cena o engenheiro industrial alemão, Werner von Siemens. Ele foi o responsável por elaborar uma máquina elétrica economicamente viável, um gerador de corrente contínua. O sistema de funcionamento permitia que a tensão necessária para o magnetismo pudesse ser retirada do próprio enrolamento do rotor. Ou seja, a possibilidade de alimentar os motores elétricos com energia de baixo custo tornou-se viável.

Outra vantagem da invenção de Siemens era a eficiência. Diferente das outras máquinas, movidas a bateria, o modelo alemão possuía reversibilidade, com capacidade de se tornar um motor, desde que aplicada a ele uma corrente elétrica.

Podemos verificar que, ao longo de todos esses anos, cientistas, físicos, engenheiros e outros profissionais, nem sempre ligados à ciência, puderam contribuir para a descoberta do motor elétrico, acelerando assim a industrialização mundial e transformando o modo de vida das pessoas. Entre as principais diferenças dos motores antigos e atuais é o uso de materiais isolantes e magnéticos, que permitem a fabricação de motores menores em comparação aos modelos antigos.

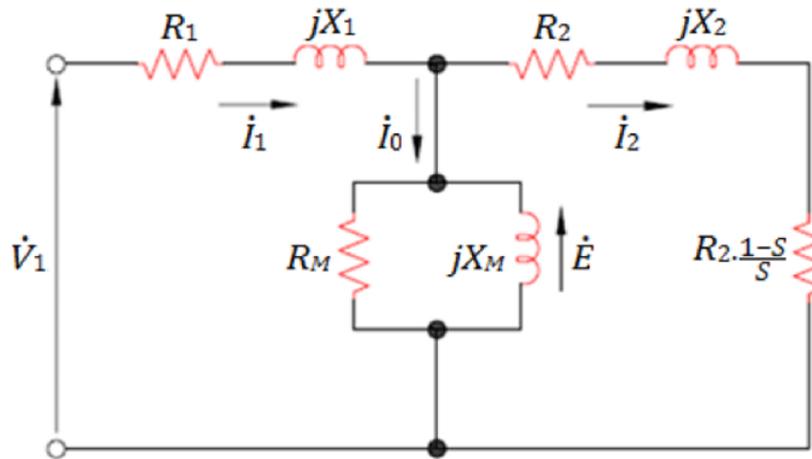
Atualmente, os motores elétricos de indução apresentam elevada eficiência energética, chegando a apresentar 8 rendimentos na ordem de 92%. Ou seja, de cada 100 W consumidos da rede, 92 W são convertidos em trabalho mecânico no eixo e 8 W são perdidos na forma de calor dissipado em seus enrolamentos, em perdas magnéticas oriundas da energia utilizada na produção de campo magnético, bem como em perdas rotacionais como o atrito.

### 2.3 O circuito elétrico equivalente do motor de indução

O circuito elétrico equivalente é uma importante ferramenta na modelagem matemática da máquina de indução para fins de simulações, entre elas os cálculos envolvendo perdas e rendimento. Os parâmetros do circuito equivalente são obtidos através de ensaios em laboratório.

A figura adiante representa o modelo de circuito elétrico equivalente ao de um motor de indução, em uma de suas fases.

Figura 5 - Modelo de circuito elétrico equivalente ao de um motor de indução



Referência: autoria própria

Onde:

$V_1$  = Tensão de entrada. Valor de fase da tensão da rede a que o motor está submetido.

$I_1$  = Corrente de estator. Valor de fase da corrente que circula pelo enrolamento de estator do motor quando este é submetido a uma tensão de fase  $V_1$ .

$R_1$  = Valor por fase da resistência ôhmica do enrolamento de estator da máquina.

$X_1$  = Valor por fase da reatância de dispersão do enrolamento de estator da máquina quando circula corrente  $I_1$ .

$I_m$  = Valor por fase da corrente de magnetização do motor quando submetido a  $V_1$ .

$R_c$  = Valor por fase da resistência de perdas magnéticas no circuito do estator.

$X_\phi$  = Valor por fase da reatância de magnetização da máquina. Responsável pelo fluxo de acoplamento magnético entre estator e rotor.

$I_2'$  = Corrente de rotor referida ao estator. Valor por fase.

$R_2'$  = Valor por fase da resistência ôhmica do rotor, referida ao estator. Quando multiplicada por  $I_2'^2$  fornece o valor da potência de perdas ôhmicas no circuito do rotor.

$X_2'$  = Valor por fase da reatância de dispersão do rotor referida ao estator.

= Valor por fase da resistência de rotor, referida ao estator) que quando multiplicada por  $I_2^2$  representa o valor da potência transferida do estator para o rotor.

### 3 EXPERIMENTAÇÃO

Sabe-se que os materiais condutores de energia elétrica, especialmente o cobre e o alumínio, que são mais comuns na fabricação dos enrolamentos dos motores elétricos, apresentam perdas por aquecimento devido à passagem da corrente elétrica. É também verdade que a resistência elétrica ( $\Omega$ ) desses materiais aumenta com a temperatura. Portanto, esse trabalho propôs efetuar medições em laboratório para verificar se o aumento da temperatura ambiente é significativo nas perdas ôhmicas nos motores elétricos.

Para tal experimento, acionou-se um motor de indução trifásico, a vazio, com tensão nominal num horário de menor temperatura, efetuando a medição da corrente elétrica de alimentação. Depois, em horários de maior calor, considerando o maior gradiente possível de temperatura para um dia normal, efetuou-se novamente a leitura de corrente elétrica com as mesmas condições de tensão aplicada, carga e tempo de funcionamento que na leitura anterior.

Os resultados estão apresentados na tabela 1 abaixo:

Tabela 1: Resultados experimentais

HORA	TEMPERATURA	TENSÃO	CORRENTE
7:30	26 graus	220 volts	1,08 A
10:30	28 graus	220 volts	1,08 A
13:30	33 graus	220 volts	1,08 A
15:30	35 graus	220 volts	1,08 A

Fonte: autoria própria

## 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Considerando os dados da tabela acima, constata-se que não se observou alteração na corrente elétrica do motor nos diversos momentos com diferentes temperaturas.

## 5 CONCLUSÃO

Dos dados acima pode-se fazer algumas considerações:

1. Não se observou alteração na corrente absorvida da rede para uma mesma condição de carga em função da variação de temperatura.
2. Considerando as condições de contorno do experimento, onde o grau de precisão das medidas não garante resultados a níveis de perdas muito pequenas, se pode afirmar que, para um gradiente de temperatura na ordem de 10 graus célsius, o impacto nas perdas ôhmicas é desprezível ou inexistente.

## 6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Realizar um estudo comparativo do rendimento dos motores de indução em comparação com os motores de relutância magnética, os “SynRM”, que estão se viabilizando no mercado de produção de força motriz na indústria.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A INCRÍVEL transformação dos motores no seu dia a dia. **Museu WEG de Ciência e Tecnologia**. 2017. Disponível em: <<https://museuweg.net/blog/a-incrivel-transformacao-dos-motores-no-seu-dia-a-dia>>. Acesso em: 20 out. 2022.

ACORONI, Júnio Célio. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: MELHORES PRÁTICAS EM ECONOMIA DE ENERGIA EM UM SETOR INDUSTRIAL. **Revista Científica Semana Acadêmica**. Fortaleza, ano MMXIII, Nº. 000044, 26 nov. 2013. Disponível em: <<https://semanaacademica.org.br/artigo/eficiencia-energetica-melhores-praticas-em-economia-de-energia-em-um-setor-industrial>>. Acesso em: 16 nov. 2022.

BIM, Edson. **Máquinas elétricas e acionamentos**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

CAMARGO, Ivan. **Máquinas Síncronas**. GSEP, 2007. Disponível em: <<http://www.gsep.ene.unb.br/osem/ivan/maquina/M%C1QUINAS%20S%CDNCRONAS.pdf>>. Acesso em: 12 set. 2022.

CARI, Elmer Pablo Tito. **PARTE 2 – MÁQUINAS SÍNCRONAS**. 20 abr. 2019. Apresentação do Power Point. Disponível em: <[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4606669/mod\\_resource/content/1/PEA%20-%203400%20Notas%20de%20aula%20Parte%20-%20-%20Transformadores%20Funcionamento%20e%20Modelo.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4606669/mod_resource/content/1/PEA%20-%203400%20Notas%20de%20aula%20Parte%20-%20-%20Transformadores%20Funcionamento%20e%20Modelo.pdf)>. Acesso em 12 nov. 2022.

CHABU, Ivan Eduardo. **Parte 2 - Máquinas síncronas**. [S. l.], 2016. Disponível em: <[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/1264958/mod\\_resource/content/1/PEA%202400%20Notas%20de%20aula%204%20revB.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/1264958/mod_resource/content/1/PEA%202400%20Notas%20de%20aula%204%20revB.pdf)>. Acesso em: 13 set. 2022.

CHAPMAN, Stephen J. **Fundamentos de máquinas elétricas**. Porto Alegre: AMGH editora, 2013.

FALCONI, Aurio Gilberto. **Eletromecânica**. São Paulo: Edgard Blücher, 1979.

FITZGERALD, A. E., et al. **Máquinas elétricas**. Coleção Schaum. McGraw-Hill, 1975.

KOSOW, Irving I. **Máquinas elétricas e transformadores**. Porto Alegre: Editora Globo, 1986.

MARQUES, Gil. **Cap. 2 Máquinas Síncronas**. [S. l.], 2001. Disponível em: <<http://www.estgv.ipv.pt/PaginasPessoais/vasco/CEE-CAP%202.pdf>>. Acesso em: 9 set. 2022.

MARQUES, L. S.; SAMBAQUI, A. B. K.; DUARTE, J. **Apostila de máquinas elétricas**. Joinville: Instituto Federal de Santa Catarina-Campus Joinville, 2013.

MORAES, Cícero C. Máquinas elétricas. **Apostila Faculdade de Engenharia de Sorocaba (FACENS)**. Sorocaba, 1995.

NASAR, Syed A. **Máquinas elétricas**. Coleção Schaum. São Paulo: McGraw-Hill, 1984.

NASCIMENTO, Bruno do; CARVALO, Edwin Kevin; TEDESCO, Paula Aline; SOARES, Wendell Murillo. **Princípio de funcionamento de gerador síncrono**. Sinop - MT: [s. n.], 2016. Disponível em: <[http://sinop.unemat.br/site\\_antigo/prof/foto\\_p\\_downloads/fot\\_13701pyincipio\\_pdf\\_P\\_RINCIPIO.pdf](http://sinop.unemat.br/site_antigo/prof/foto_p_downloads/fot_13701pyincipio_pdf_P_RINCIPIO.pdf)>. Acesso em: 10 set. 2022.

PACHECO, Cláudio R.; CARVALHO, John K., SILVA, Nelson R. Máquinas síncronas: características e princípios de funcionamento. Itumbiara: SECITEC, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - Câmpus Itumbiara, 2019. Disponível em: <<http://eventos.ifg.edu.br/secitecitumbiara/wp-content/uploads/sites/9/2020/02/RE-25-Máquinas-s%C3%ADncronas-caracter%C3%ADsticas-e-princ%C3%ADpios-de-funcionamento.pdf>>. Acesso em: 17 nov. 2022

PINHEIRO, Hélio. Máquinas e Acionamentos Elétricos - **Geradores de Corrente Alternada**. IFRN, 2007. Disponível em: <<https://docente.ifrn.edu.br/heliopinheiro/Disciplinas/maquinas-acionamentos-eletricos/apostila-de-maquinas-de-cc>>. Acesso em: 12 set. 2022

PINTO, Joel Rocha. **Conversão eletromecânica de energia**. São Paulo: Biblioteca 24 Horas, 2011.

TORO, Vicent del. **Fundamentos de máquinas elétricas**. Rio de Janeiro: Prentice Hall, 1994.