

## Índice

Introdução .....	2
Geradores e motores eléctricos .....	3
Tipos de geradores eléctricos.....	3
As potências e o rendimento eléctrico de um gerador .....	4
Rendimento eléctrico de um gerador .....	5
Equação de gerador num circuito aberto .....	5
Função de um gerador.....	5
Motores eléctricos.....	6
Funcionamento de um motor eléctrico .....	6
Tipos de motores.....	6
Tipos de motores de indução .....	7
Aplicações de motores monofásicos.....	11
Aplicação de um motor trifásico.....	13
Rendimento de um motor eléctrico.....	13
Conclusão.....	14
Bibliografia .....	15

## **Introdução**

A energia eléctrica e outras formas de energia, tem sido e são alavancas de auxílio para facilitar muitas das actividades que o homem tem pretendido ou pretende realizar. Para tal efeito, muitos dos seus trabalhos envolvem o uso de pequenas, medias e ou grandes máquinas.

Sendo assim, o presente trabalho que tem como tema geradores e motores eléctricos, tem como objectivo explicar geradores eléctricos, o seu funcionamento, motores eléctricos e tipos de motores eléctricos e suas aplicações.

 pdfelement

## GERADORES E MOTORES ELÉCTRICOS

### 1. Geradores de Corrente Eléctrica

O ano de 1886 pode ser considerado, como o ano de nascimento da máquina eléctrica, pois foi neste ano que o cientista alemão Werner Von Siemens inventou o primeiro gerador de corrente continua auto-induzido.

Gerador eléctrico é um dispositivo utilizado para a conversão da energia mecânica, química ou outra forma de energia em energia eléctrica.

A corrente sempre existe enquanto há diferença de potencial entre dois corpos ligados, por um condutor, por exemplo, mas esta tem pequena duração quando estes corpos são electrizados pelos métodos vistos em electrostática, pois entram rapidamente em equilíbrio.

A forma encontrada para que haja uma diferença de potencial mais duradoura é a criação de geradores eléctricos, que são construídos de modo que haja tensão por um intervalo maior de tempo.

Existem diversos tipos de geradores eléctricos, que são caracterizados por seu princípio de funcionamento.

#### Funcionamento de um gerador eléctrico

O funcionamento dessas máquinas se baseia ou em fenómenos electrostáticos, ou na indução electromagnética. Nas aplicações industriais a energia eléctrica provém quase exclusivamente de geradores mecânicos cujo princípio é o fenómeno da indução electromagnética; os geradores mecânicos de corrente alternante são também denominados alternadores; os geradores mecânicos de corrente contínua são também denominados dínamos. Vale, desde já, notar que: "dínamo" de bicicleta não é dínamo e sim alternador'.

Numa máquina eléctrica (seja gerador ou motor), distinguem-se essencialmente duas partes, a saber: o **estator**, conjunto de órgãos ligados rigidamente à carcaça e o **rotor**, sistema rígido que gira em torno de um eixo apoiado em mancais fixos na carcaça. Sob ponto de vista funcional

distinguem-se o **indutor**, *que produz o campo magnético*, e o **induzido** *que engendra a corrente induzida*.

No dínamo o rotor é o induzido e o estator é o indutor; no alternador dá-se geralmente o contrario.

A corrente induzida produz campo magnético que, em acordo com a Lei de Lenz, exerce forças contrárias à rotação do rotor; por isso em dínamos e alternadores, o rotor precisa ser accionado mecanicamente. O mesmo conclui-se do Princípio de Conservação da Energia: a energia eléctrica extraída da máquina, acrescida de eventuais perdas, é compensada por suprimento de energia mecânica.

### 1.1 Tipos de geradores eléctricos

- **Geradores luminosos**

São sistemas de geração de energia construídos de modo a transformar energia luminosa em energia eléctrica, como por exemplo, as placas solares feitas de um composto de silício que converte a energia luminosa do sol em energia eléctrica.

- **Geradores mecânicos**

São os geradores mais comuns e com maior capacidade de criação de energia. Transformam energia mecânica em energia eléctrica, principalmente através de magnetismo. É o caso dos geradores encontrados em usinas hidroeléctricas, termoeléctricas e termonucleares.

- **Geradores químicos**

São construídos de forma capaz de converter energia potencial química em energia eléctrica (contínua apenas). Este tipo de gerador é muito encontrado como baterias e pilhas.

- **Geradores térmicos**

São aqueles capazes de converter energia térmica em energia eléctrica, directamente. Quando associados dois, ou mais geradores como pilhas, por exemplo, a tensão e a corrente se comportam da mesma forma como nas associações de resistores.

## 1.2 As potências e o rendimento eléctrico de um gerador

Um gerador eléctrico possui dois terminais denominados pólos: um pólo negativo, correspondendo ao terminal de potencial eléctrico menor, e um pólo positivo, correspondendo ao terminal de potencial eléctrico maior.

Considerando o sentido convencional da corrente eléctrica (movimento das cargas positivas), o fornecimento da energia (química, mecânica) causará o movimento dessas cargas pólo negativo para o pólo positivo, elevando, assim, a energia potencial das cargas.

Verifica-se experimentalmente que:

- ✓ *A potência eléctrica total gerada ( $P_{otg}$ ) por um gerador é directamente proporcional a intensidade da corrente eléctrica que o atravessa.*

Isto significa que  $P_{otg} = \varepsilon \times I$  onde:  $\varepsilon$  é a constante de proporcionalidade chamada força electromotriz (f.e.m) de gerador e  $I$  a intensidade da corrente eléctrica. Desta maneira a força electromotriz de um gerador pode ser definida pela fórmula:

$$\varepsilon = \frac{P_{otg}}{I}$$

- **Potencia eléctrica lançada**

Como visto, a potencia eléctrica total gerada pelo gerador é  $P_{otg} = \varepsilon \times I$

A potência eléctrica lançada no circuito externo, isto é, a potência eléctrica fornecida pelo gerador pelo circuito é:

$$P_{otl} = U \times I, \text{ em que } U = V_B - V_A \text{ é a tensão em entre os pólos do gerador.}$$

A potencia eléctrica dissipada internamente é  $P_{ott} = r \times I^2$

Com base no principio de conservação de energia, podemos concluir que:

Licenciado em Física com Habilitações a Matemática/electrónica  
 Email: sebasjunior.chirrinzane@hotmail.com  
 Cell: +258848013154/+258824951500

$$P_{otg} = P_{otl} + P_{otd}$$

### 1.3 Rendimento eléctrico de um gerador

O rendimento eléctrico ( $\eta$ ) do gerador é o quociente da potência eléctrica lançada no circuito pela potência total lançada:

$$\eta = \frac{P_{otl}}{P_{otg}} \text{ então, } \eta = \frac{U_i}{\varepsilon \times i}, \text{ isto é, } \eta = \frac{U}{\varepsilon}$$

### 1.4 Equação de gerador num circuito aberto

Sendo  $P_{otg} = P_{otl} + P_{otd}$  temos que:

$\varepsilon \mathbf{I} = \mathbf{U} + \mathbf{rI}^2$  então  $\varepsilon = \mathbf{U} + \mathbf{rI}$  então  $\mathbf{U} = \varepsilon - \mathbf{rI}$ , esta é denominada equação de gerador.

Um gerador está em circuito aberto quando não há percurso fechado para as cargas eléctricas. Neste caso não se estabelece corrente eléctrica ( $I=0$ ) e, segundo a equação de gerador, concluímos que a ddp nos seus terminais é igual a sua f.e.m:

$$\mathbf{U} = \varepsilon$$

### 1.5 Função de um gerador

Um gerador tem por função receber as cargas que constituem a corrente eléctrica em seus potenciais mais baixos (pólo negativo) e entrega-las em seus potenciais mais altos (pólo positivo), fornecendo energia eléctrica ao circuito. O gerador apresenta duas constantes características, independentes do circuito as quais estiver ligado: a força electromotriz (fem medida em volt) e a resistência interna (em ohm)

## 2. Motores Eléctricos

Motor eléctrico é a máquina destinada a transformar energia eléctrica em energia mecânica. O motor de indução é o mais usado de todos os tipos de motores, pois combina as vantagens da utilização de energia eléctrica - baixo custo, facilidade de transporte, limpeza e simplicidade de comando - com sua construção simples, custo reduzido, grande versatilidade de adaptação às cargas dos mais diversos tipos e melhores rendimentos.

## 2.1 Funcionamento de um motor eléctrico

A maioria de motores eléctricos trabalham pela interacção entre campos electromagnéticos, mas existem motores baseados em outros fenómenos electromecânicos, tais como: forças electrostáticas. O princípio fundamental em que os motores electromagnéticos são baseados, é que há uma força mecânica em todo o fio quando esta conduzindo corrente eléctrica imersa em um campo magnético. Esta força é descrita pela lei da força de Lorenz.

## 2.2 Tipos de motores

### a) Motores de corrente contínua

São motores de custo mais elevado e, além disso, precisam de uma fonte de corrente contínua, ou de um dispositivo que converta a corrente alternada comum em contínua. Podem funcionar com velocidade ajustável entre amplos limites e se prestam a controles de grande flexibilidade e precisão. Por isso, seu uso é restrito a casos especiais em que estas exigências compensam o custo muito mais alto da instalação.

### b) Motores de corrente alternada

São os mais utilizados, porque a distribuição de energia eléctrica é feita normalmente em corrente alternada. De entre os da corrente alternada temos:

- ✓ *Motor síncrono*: Funciona com velocidade fixa; utilizado somente para grandes potências (devido ao seu alto custo em tamanhos menores) ou quando se necessita de velocidade invariável.
- ✓ *Motor de indução*: Funciona normalmente com uma velocidade constante, que varia ligeiramente com a carga mecânica aplicada ao eixo. Devido a sua grande simplicidade, robustez e baixo custo, é o motor mais utilizado de todos, sendo adequado para quase todos os tipos de máquinas accionadas, encontradas na prática. Actualmente é possível controlarmos a velocidade dos motores de indução com o auxílio de inversores de frequência.

## 2.3 Tipos de motores de indução

### 2.3.1 Motores de indução monofásicos

Os motores de indução monofásica dividem-se em:

Licenciado em Física com Habilitações a Matemática/electrónica  
Email: sebasjunior.chirrinzane@hotmail.com  
Cell: +258848013154/+258824951500

### a) Motor monofásico de fase auxiliar ou fase dividida

Motor de indução monofásico é um motor com um enrolamento principal conectado directamente à rede de alimentação e um enrolamento auxiliar desfasado, geralmente, em  $90^\circ$  eléctrico do enrolamento principal. É um motor utilizado sem nenhuma outra impedância, senão aquela oferecida pelo próprio enrolamento do motor. O enrolamento auxiliar está inserido no circuito de alimentação somente durante o período de partida do motor e cria um deslocamento de fase que produz o conjugado necessário para a rotação inicial e a aceleração. Quando o motor atinge uma rotação predefinida, o enrolamento auxiliar desconecta-se da rede através de uma chave que normalmente é accionada pela força centrífuga. Como o enrolamento auxiliar é dimensionado para actuação somente na partida, seu não desligamento provocará a sua queima. O ângulo de defasagem entre as correntes do enrolamento principal e do enrolamento auxiliar é pequeno e, por isso, estes motores têm conjugado de partida igual ou pouco superior ao nominal, o que limita a sua aplicação as potências fraccionárias e as cargas que exigem reduzido conjugado de partida, tais como máquinas de escritórios, ventiladores e exaustores, pequenos polidores, compressores herméticos, bombas centrífugas, etc.

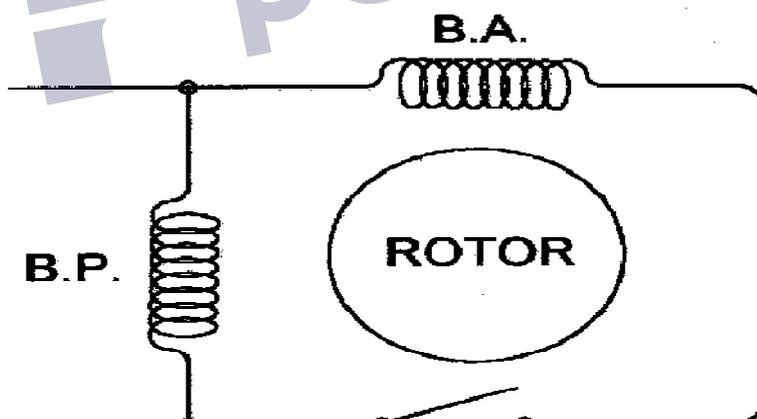


Figura de um motor monofásico de fase auxiliar

Legenda:

B.P – Bobina Principal

B.A – Bobina Auxiliar

C.C – Conjunto Platinado e Centrífugo

### b) Motor monofásico com capacitor de partida.

Licenciado em Física com Habilitações a Matemática/electrónica

Email: sebasjunior.chirrinzane@hotmail.com

Cell: +258848013154/+258824951500

Motor de indução monofásico é um motor com enrolamento principal conectado directamente à rede de alimentação e um enrolamento auxiliar desfasado, geralmente, em  $90^\circ$  eléctrico do enrolamento principal e conectado em série com um capacitor. Tanto o enrolamento auxiliar quanto o capacitor estarão inseridos no circuito de alimentação somente durante o período de partida do motor. O capacitor permite um maior ângulo de defasagem entre as correntes dos enrolamentos principal e auxiliar, proporcionando assim, elevados conjugados de partida. Como no motor de fase dividida, o circuito auxiliar desconecta-se quando o motor atinge rotação pré-definida. Neste intervalo de velocidade, o enrolamento principal sozinho desenvolve quase o mesmo conjugado que os enrolamentos combinados. Para velocidades maiores, entre 80% e 90% da velocidade síncrona, a curva de conjugado com os enrolamentos combinados cruza a curva de conjugado do enrolamento principal de maneira que, para velocidades acima deste ponto, o motor desenvolve maior conjugado com o circuito auxiliar desligado. Devido ao fato de o cruzamento das curvas não ocorrer sempre no mesmo ponto, e ainda, a chave centrífuga não abrir exactamente na mesma velocidade, é prática comum fazer com que a abertura aconteça, na média um pouco antes do cruzamento das curvas. Após a desconexão do circuito auxiliar, o seu funcionamento é idêntico ao do motor de fase dividida. Com o seu elevado conjugado de partida, o motor de capacitor de partida pode ser utilizado em uma grande variedade de aplicações (bombas, compressores, lavadoras de roupa, geladeiras industriais).

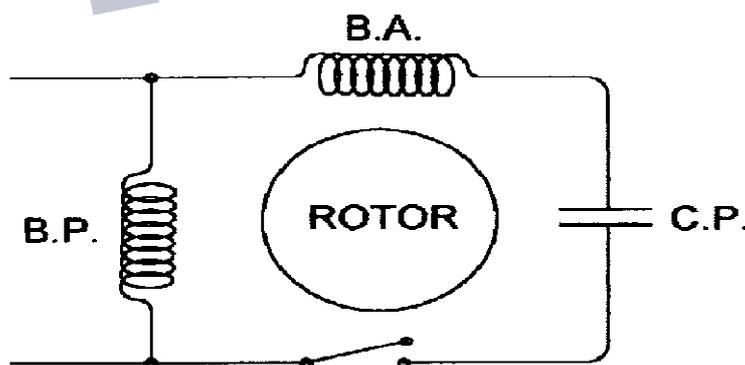


Figura de um motor monofásico com capacitor de partida

Legenda:

B.P – Bobina Principal

B.A – Bobina Auxiliar

C.C – Conjunto Platinado e Centrífugo

C.P – Capacitor de Partida

Licenciado em Física com Habilitações a Matemática/electrónica

Email: sebasjunior.chirrinzane@hotmail.com

Cell: +258848013154/+258824951500

### c) Motor monofásico com capacitor permanente

Motor de indução monofásico com um enrolamento principal conectado directamente à rede de alimentação e um enrolamento auxiliar defasado, geralmente, em  $90^\circ$  eléctricos do enrolamento principal e conectado em série com um capacitor. Durante todo período de funcionamento do motor o circuito auxiliar com o capacitor permanece conectado ao circuito de alimentação. O efeito deste capacitor é o de criar condições de fluxo muito semelhante às encontradas nos motores polifásicos, aumentando com isso, o conjugado máximo, o rendimento e o factor de potência, além de reduzir sensivelmente o ruído. Construtivamente são menores e isentos de manutenção, pois não utilizam contactos e partes móveis como os motores anteriores. Porém, seu conjugado de partida, normalmente é inferior ao do motor de fase dividida, o que limita sua aplicação a equipamentos que não requeiram elevado conjugado de partida. São fabricados normalmente para potências de 1/50 à 3,0 cv.

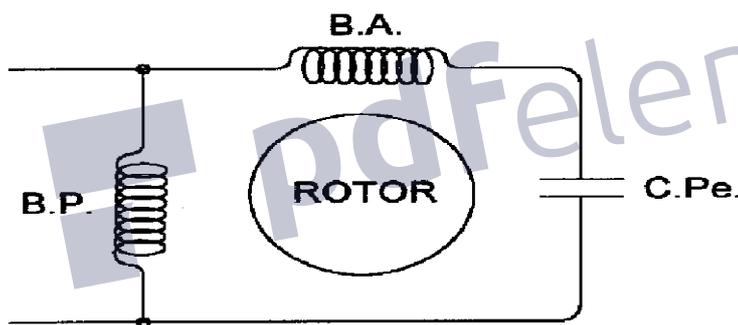


Figura de um motor monofásico com capacitor permanente

Legenda da figura:

BP – Bobina Principal

B.A – Bobina Auxiliar

C.Pe – Capacitor Permanente

### d) Motor monofásico com capacitor de dois valores

Motor de indução monofásico com um enrolamento principal conectado directamente à rede de alimentação e um enrolamento auxiliar defasado, geralmente, em  $90^\circ$  eléctricos do enrolamento principal e conectado em série com dois ou mais capacitores, obtendo-se assim dois valores de capacitâncias, uma utilizada na condição de partida e outra na condição de regime. É um motor

que utiliza as vantagens dos motores monofásicos: capacitor de partida (CST) e capacitores permanente (PSC), caracteriza-se por obter um ótimo desempenho na partida e em regime. Porém, devido ao seu custo elevado, geralmente, são fabricados somente em potências superiores a 1 cv.

#### **d) Motor de indução monofásico com um enrolamento auxiliar (curto-circuitado).**

O motor de campo distorcido se destaca entre os motores de indução monofásicos, por seu método de partida, que é o mais simples, confiável e económico. Uma das formas construtivas mais comuns é a de pólos salientes, sendo que cerca de 25 a 35% de cada pólo é enlaçado por uma espira de cobre em curto-circuito. A corrente induzida nesta espira faz com que o fluxo que a atravessa sofra um atraso em relação ao fluxo da parte não enlaçada pela mesma. O resultado disto é semelhante a um campo girante que se move na direcção da parte não enlaçada para a parte enlaçada do pólo, produzindo conjugado que fará o motor partir e atingir a rotação nominal. O sentido de rotação depende do lado que se situa a parte enlaçada do pólo, conseqüentemente o motor de campo distorcido apresenta um único sentido de rotação. Este geralmente pode ser invertido, mudando a posição da ponta de eixo do rotor em relação ao estator. Os motores de campo distorcido apresentam baixo conjugado de partida e baixo rendimento e baixo factor de potência. Normalmente são fabricados para pequenas potências, que vão de alguns milésimos de cv até o limite de 1/4cv. Pela sua simplicidade, robustez e baixo custo, são ideais em aplicações tais como: ventiladores, exaustores, purificadores de ambiente, unidades de refrigeração, secadores de roupa e de cabelo, pequenas bombas e compressores, projectores de slides, tocam discos e aplicações domésticas.

#### **2.3.2 Aplicações de motores monofásicos**

O motor de indução monofásico, “pólos sombreados”, foi projectado para ser usado em coifas, exaustores, ventiladores, freezers, balcões frigoríficos, desumidificadores, evaporadores, unidades de refrigeração, condensadores, inaladores, em aparelhos de ar condicionado, em rebarbadeiras e outros.

## 2.4 Motores de indução trifásicos

### ✓ Princípio de funcionamento

O funcionamento de um motor de indução trifásico baseia-se no princípio do acoplamento electromagnético entre o *estator* e o *rotor*, pois há uma interacção electromagnética entre o campo girante do estator e as correntes induzidas nas barras do rotor, quando estas são cortadas pelo campo girante.

O campo girante é criado devido aos enrolamentos de cada fase estarem espaçados entre si de  $120^\circ$ . Sendo que ao alimentar os enrolamentos com um sistema trifásico, as correntes  $I_1$ ,  $I_2$  e  $I_3$  originarão seus respectivos campos magnéticos  $H_1$ ,  $H_2$  e  $H_3$ , também, espaçados entre si  $120^\circ$ . Além disso, como os campos são proporcionais às respectivas correntes, serão defasados no tempo, também de  $120^\circ$  entre si. A soma vectorial dos três campos  $H_1$ ,  $H_2$  e  $H_3$ , será igual ao campo total  $H$  resultante.

### 2.4.1 Constituição de um estator

Um estator é constituído por:

- ✓ Carcaça – é a estrutura suporte do conjunto; de construção robusta em ferro fundido, aço ou alumínio injectado, resistente à corrosão e com aletas.
- ✓ Núcleos de chapas – as chapas são de aço magnético, tratadas termicamente para reduzir ao mínimo as perdas no ferro.
- ✓ Enrolamento trifásico – três conjuntos iguais de bobinas, uma para cada fase, formando um sistema trifásico ligado à rede trifásica de alimentação.

### 2.4.2 Constituição de um rotor

Um rotor é constituído de:

- ✓ Eixo – transmite a potência mecânica desenvolvida pelo motor. É tratado termicamente para evitar problemas como empenamento e fadiga.
- ✓ Núcleos de chapas – as chapas possuem as mesmas características das chapas do estator.
- ✓ Barras e anéis de curto-circuito – são de alumínio injectado sob pressão numa única peça.

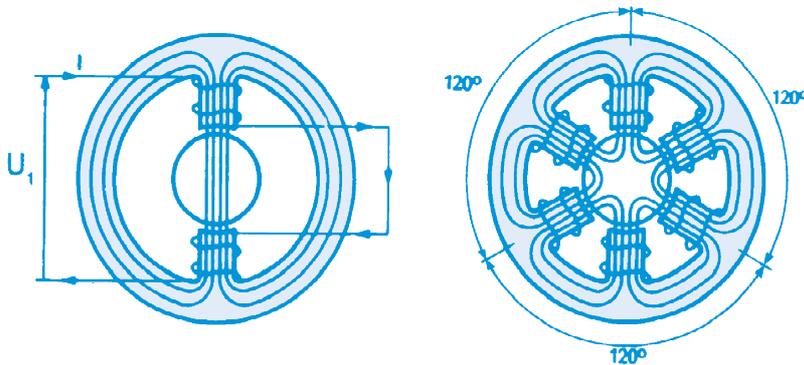


Figura de um motor de indução trifásico

### 2.4. 3 Aplicação de um motor trifásico

Os motores de indução trifásica normalmente são usados para desempenhar actividades consideradas mais pesadas tais como: bobinas de moageiras, em frigoríficos, entre outros.

### 2.5 Rendimento de um motor eléctrico

O motor eléctrico absorve energia eléctrica da linha e a transforma em energia mecânica disponível no eixo. O rendimento define a eficiência com que é feita esta transformação chamando “Potência útil”  $P_u$  a potência mecânica disponível no eixo e “Potência absorvida”  $P_a$  a potência eléctrica que o motor retira da rede, o rendimento será a relação entre as duas, ou seja:

$$\eta = \frac{P_u}{P_a}; \quad \eta\% = \frac{P_u}{P_a} \times 100 \text{ onde: } P_u \text{ é } \textit{potencia util} \text{ e } P_a \text{ é } \textit{potência absorvida}$$

### **Conclusão**

Após uma investigação aturada, o grupo chegou a conclusão que os geradores e motores eléctricos são muitíssimo importantes para a facilitação de muitas das actividades humanas que requerem o uso indispensável de energia eléctrica ou outro tipo de energia para uma vida civilizada. Apesar de em algumas ocasiões, esses motores, para a sua obtenção acarretar custos muito usurbitantes.

 pdfelement

## Bibliografia

BUKOVTSSEV, B – *Projecto Física, texto manual de experiências e actividades, fundamentação* Calouste Gulbenkian, 1985

CARVALHO, Rómulo de, *História de electricidade estática e apresentação laboratorial*, 2ª edição, Atlântida editora Coimbra: 1973

.CRUZ, Maria Natália et all – *À descoberta da Física 8<sup>o</sup> ano de escolaridade*, 1ª edição, porto editora Lisboa: 1983

MARCO, Aurélio da Silva. – *Electromagnetismo* . Brasil Escola. Página visitada em 12 de Dezembro de 2012.

PAULO, Círculo do Livro, - *Da Renascença à Revolução Científica III* 4 Vol. 1987

RAFAEL, Lopes Valverde. *Historia del Electromagnetismo (em espanhol)*. Página visitada em 13 de Fevereiro de 2008.

RONAN, Colin A. *História Ilustrada da Ciência*: Universidade de Cambridge. 1 ed. São Paulo.

Tesla, Nikola (1856 – 1943). *Obras de Nikola Tesla (em inglês)*. Wikisource. Página visitada em 20 de Novembro de 2007.