

Conceitos de Eletricidade

Aula 13 - Potência, Energia e Consumo

Apresentação

Nesta aula iremos conceituar mais duas grandezas elétricas: potência e energia. Veremos também como dimensionar um equipamento elétrico adequadamente em função de sua potência elétrica e de sua tensão de alimentação. Por fim, vamos entender o funcionamento correto de um chuveiro elétrico e como é feita a medição da energia que pagamos em nossas casas.

Objetivos

- Calcular a potência elétrica em um resistor em função da tensão e da corrente consumida pelo mesmo, assim como levantar a curva da potência em função da corrente de um resistor.
- Associar o efeito Joule ao funcionamento de alguns equipamentos elétricos, tais como o chuveiro elétrico e o ferro de passar.
- Calcular a potência de um chuveiro elétrico em função de sua resistência e tensão aplicada.
- Ler adequadamente uma conta de energia elétrica de forma a calcular o consumo mensal de energia a partir de duas medições consecutivas.
- Aprender como modificar a resistência de um chuveiro elétrico para se obter uma potência elétrica maior ou menor (aquecer mais ou menos).

Potência elétrica e cálculo do consumo de energia elétrica

Quando compramos uma geladeira, um chuveiro elétrico ou até mesmo uma simples lâmpada, duas perguntas surgem imediatamente em nossas mentes: em que tensão eu posso ligá-los e quais as suas potências? Bem, desses dois termos, a tensão, como nossa velha conhecida, sabemos que pode ser uma tensão AC ou DC. Se for AC e estivermos na região Nordeste, a tensão provavelmente será de 220 V. Mas o que significa potência elétrica? Será que é a mesma coisa que energia elétrica?

Todo equipamento ou dispositivo elétrico precisa de energia elétrica para funcionar. Essa energia pode ser obtida a partir de uma pilha, bateria (tensão DC) ou de um ponto de acesso, normalmente uma tomada elétrica de tensão AC. Essa energia é então transformada pelo equipamento elétrico em outro tipo de energia. No chuveiro elétrico, por exemplo, a energia elétrica é transformada em energia térmica, por efeito Joule (nós falamos de efeito Joule na aula sobre **Dispositivos Passivos em Circuitos Elétricos** e sabemos que ele é fruto das colisões dos elétrons contra os átomos e íons em um condutor).

Aprenda uma coisa: na natureza nada se perde, tudo se transforma. Isso também acontece com a energia elétrica, ou ela é transformada em outra forma de energia ou em trabalho. A quantidade de energia elétrica consumida ou transformada em outro tipo de energia, por unidade de tempo, é o que denominamos de potência elétrica. Ou seja:

$$P = \frac{E}{\Delta t}$$

Portanto, multiplicando-se a potência elétrica de um equipamento pelo tempo em que ele fica ligado, saberemos qual foi a energia elétrica consumida durante esse intervalo de tempo. Como diria Sherlock Holmes: "Elementar, meu caro Watson".

Num circuito elétrico, a energia elétrica entre dois pontos de um condutor com uma diferença de potencial U (tensão aplicada) é igual ao trabalho realizado pelas cargas elétricas entre esses dois pontos, ou seja:

$$E = \Delta q \cdot U$$

Pelas duas últimas equações, temos que:

$$P = \frac{\Delta q \cdot U}{\Delta t}$$

Como $\Delta q / \Delta t$ é a definição de corrente elétrica, temos que:

$$P = U \cdot I$$

Pela lei de Ohm ($U = RI$), poderemos também obter

$$P = U \cdot I^2$$

ou, então,

$$P = \frac{U^2}{R}$$

Que é a potência elétrica dissipada em um resistor de resistência elétrica R .

Atividade 01

1. Qual a potência que é dissipada em uma resistência de 10Ω , sabendo que sobre ela está sendo aplicada uma tensão de 10 V ? Qual o valor da corrente se só existir esse resistor no circuito? Refaça o cálculo usando a fórmula de potência em função da corrente sobre o resistor.

Caso tenha encontrado o mesmo resultado, ótimo. Vamos em frente! Se não, estude mais e refaça os cálculos.

Quanto mais energia elétrica for transformada em outra forma de energia, em um menor intervalo de tempo, maior será a potência elétrica de um equipamento elétrico. Qualquer dispositivo elétrico ao ser percorrido por uma corrente elétrica sofre aquecimento e esse aquecimento nem sempre é bem-vindo, como nos casos dos computadores, já que pode provocar a sua queima. Você já abriu alguma vez o gabinete de um microcomputador? Se sim, deve ter observado a presença de um

“ventilador” sobre um dos *chips*, no caso, sobre o microprocessador. Esse “ventilador” recebe o nome de *cooler*, ou resfriador no nosso linguajar, e sua finalidade é ajudar na dissipação rápida do calor que “emana” do microprocessador.

Alguns equipamentos são projetados para transformar toda energia elétrica em energia térmica como, por exemplo, nosso conhecido chuveiro elétrico. Quer outros exemplos? O ferro de passar, o forno elétrico, o secador de cabelo e outros.

Todos esses aparelhos possuem um elemento chave chamado resistor. Esse componente transforma integralmente a energia elétrica em energia térmica quando uma corrente elétrica passa por ele. Como consequência, esses aparelhos liberam calor. Dessa maneira, quanto maior for o valor da corrente elétrica, maior será o aquecimento resultante. Lembre-se que, na fórmula da potência elétrica, a contribuição da corrente está elevada ao quadrado.

Você já procurou entender porque a temperatura de uma lâmpada incandescente de 20 W ou de 40 W é bem menor do que a temperatura de uma lâmpada de 100 W ou de 150 W? Isso acontece porque os filamentos dessas lâmpadas apresentam diferentes resistências. Nesse caso, quanto maior a temperatura, maior a quantidade de luz fornecida pela lâmpada.

Atividade 02

1. Levando em consideração o caso anterior, quem você acha que tem maior resistência, o filamento da lâmpada de 60 W ou o da lâmpada de 150 W? Raciocine e procure responder e justificar.
-

A unidade de potência é o Watt, símbolo W, e é equivalente a 1 J/s (joule/segundo). Logicamente, Joule, de símbolo J, é a unidade padrão de consumo de energia elétrica, embora, utilize-se muito o termo kWh (Quilowatt-hora), que é a quantidade de potência consumida, em Quilowatt, multiplicada pelo tempo de

consumo, em horas. Pode-se também concluir que um Watt de potência é o trabalho realizado durante um segundo por um Volt de tensão para movimentar uma carga de um Coulomb.

Atividade 03

1. Voltando ao caso das lâmpadas, quem produz maior trabalho? A lâmpada de 60 W ou a de 150 W? Por quê?

Unidades Joule e Coulomb

As unidades Joule e Coulomb, como já sabemos, foram colocadas em homenagens a... Como são mesmo os nomes deles? Você lembra, não é mesmo? Já a unidade Watt foi atribuída em homenagem ao matemático e engenheiro escocês [James Watt](http://pt.wikipedia.org/wiki/James_Watt) (James Watt foi um matemático e engenheiro escocês, construtor de vários instrumentos científicos, destacou-se pela sua contribuição no desenvolvimento do motor a vapor. Para saber mais sobre ele, acesse o link: [http://pt.wikipedia.org/wiki/James Watt](http://pt.wikipedia.org/wiki/James_Watt).) (1736 - 1819) por suas contribuições no desenvolvimento do motor a vapor.

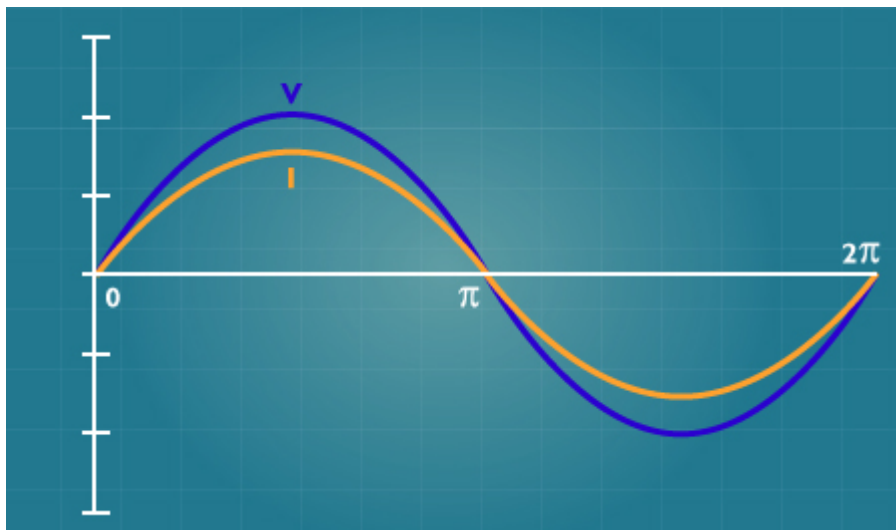
Atividade 04

1. Em Joules, quanto é 1 kWh e 240 kWh? Quer duas dicas? Quanto é, em segundos, uma hora? Quanto é, em Watts, 1 kW?
-

Em circuitos AC, a potência $P = RI^2$ é chamada de potência ativa, a que efetivamente realiza trabalho. Existem duas outras, a potência reativa e a aparente, identificadas, respectivamente, pelas letras Q e S. A potência reativa é gerada pela inserção de dispositivos capacitivos (potência reativa capacitiva) e de indutores (potência reativa indutiva) em um circuito elétrico em corrente alternada.

Relembrando a aula anterior, em circuitos de corrente alternada senoidal e puramente resistivos, as formas de tensão e corrente estão em fase, ou seja, os instantes de mudança de ciclo positivo para ciclo negativo são coincidentes, como mostrado no gráfico da **Figura 1**.

Figura 01 - Formas de onda de tensão e corrente CA em um circuito puramente resistivo.



Fonte: <http://upload.wikimedia.org/FP_Resistivo.jpg>. Acesso em: 16 set. 2011.

No caso de circuitos com a inclusão de capacitores ou indutores associados a resistores, o armazenamento de energia nas cargas resistivas e reativas (capacitiva ou indutiva) resulta em uma diferença de fase entre as formas de onda da tensão e da corrente, como mostrado nos gráficos da **Figura 2** e **3**, respectivamente. Como as cargas armazenadas nos capacitores e nos indutores retornam para a fonte, não produzem trabalho.

No caso de formas de onda perfeitamente senoidais, P, Q e S podem ser representados por vetores que formam triângulos retângulos, como os mostrados nas **Figuras 4a** e **4b**, para circuitos reativos capacitivos e indutivos, respectivamente. Esses triângulos são denominados de triângulos de potências, e daí pode-se observar que, pelo Teorema de Pitágoras:

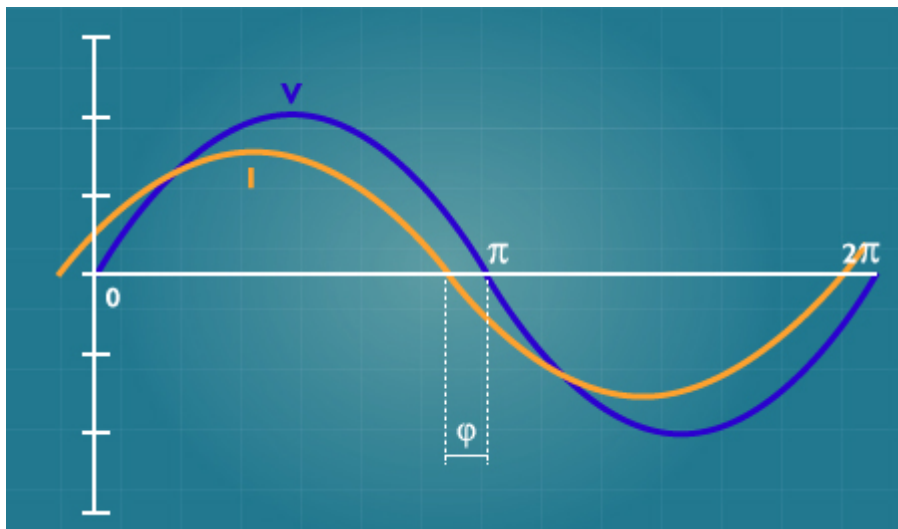
$$S^2 = P^2 + Q^2$$

a potência aparente é medida em volt-ampères (VA) e a potência reativa é medida em VAR (Volt-Ampère Reativo). Logo, o ângulo φ representa a diferença de fase entre as formas de onda de tensão e corrente e o cosseno do ângulo φ

representa o que chamamos de fator de potência, cujo valor varia de 0 a 1. Em circuito puramente resistivo, não existe diferença de fase e $\cos \varphi = 1$, ou seja:

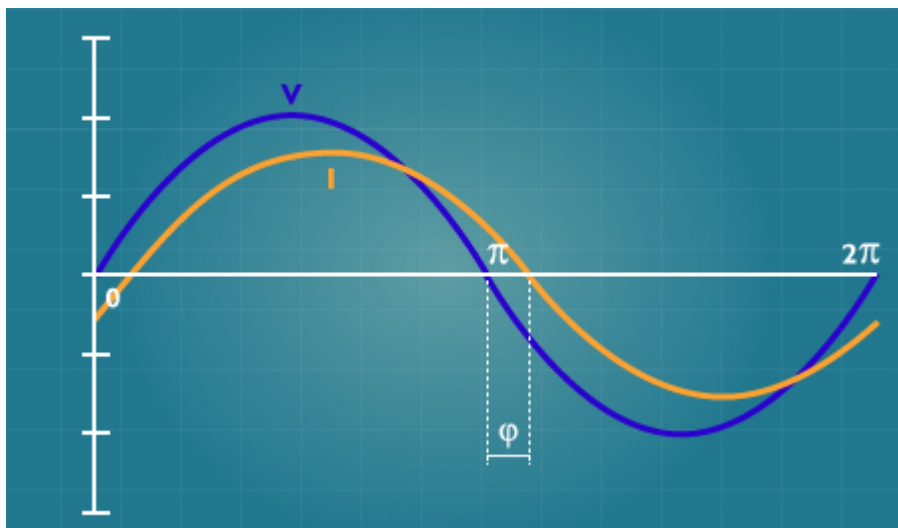
$$P = S \cdot \cos \varphi \iff S = U \cdot I \iff S = R \cdot I^2 \iff S = \frac{U^2}{R}$$

Figura 02 - Características das formas de onda de tensão e corrente CA em um circuito reativo capacitivo.



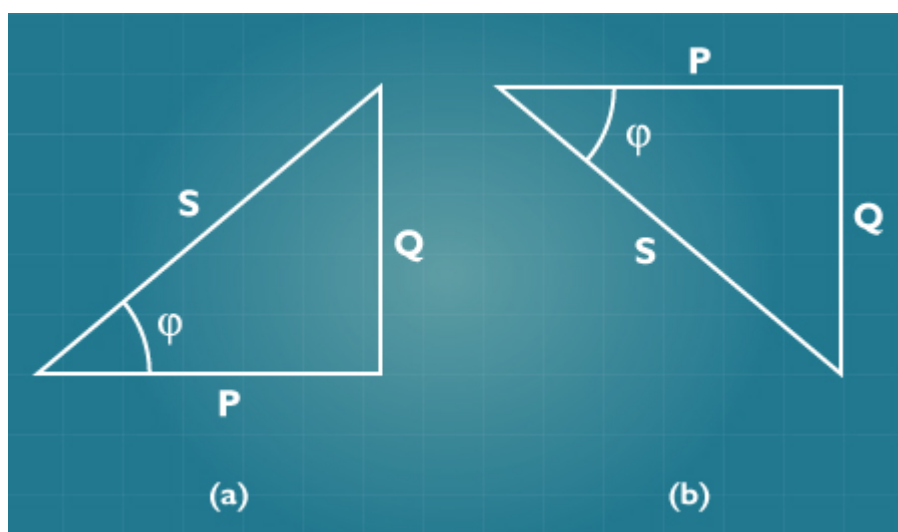
Fonte: <http://img3.wikia.nocookie.net/FP_Capacitivo.jpg> Acesso em: 16 set. 2011.

Figura 03 - Características das formas de onda de tensão e corrente CA em um circuito reativo indutivo.



Fonte: <http://upload.wikimedia.org/56px-FP_Indutivo.jpg> Acesso em: 16 set. 2011.

Figura 04 - Triângulos retângulos representativos das relações entre as potências aparente, ativa e reativa para circuitos capacitivos (a) e indutivos (b).



Fonte: Autoria Própria (2014).

De posse dos conceitos de potência e de energia elétrica, podemos agora conhecer melhor como funcionam, por exemplo, o chuveiro elétrico, tão presente em nossa vida diária, e o medidor de consumo de energia elétrica, que tanto atormenta pais de famílias de baixa e média renda por todo o Brasil. Já escutou a frase: “estamos consumindo muita energia elétrica, precisamos economizar”? Quem diz isso em sua casa?

Você já procurou saber como é calculada a energia que se paga em sua casa? Será que este valor está mesmo correto? É bom ver esses valores mês a mês. E então, vamos ajudar seus pais a entender e saber como economizar energia elétrica? Pois bem, vamos lá!

O cálculo do consumo de energia elétrica

A partir deste momento, vamos ver como se compõe e como se calcula a conta de energia elétrica consumida em nossas casas, energia esta fornecida pelas chamadas distribuidoras de energia elétrica. No estado do Rio Grande do Norte, por exemplo, essa distribuidora é a Companhia Energética do Rio Grande do Norte –

COSERN. No site da companhia (<http://www.cosern.com.br/>) você poderá obter várias informações úteis e toda a orientação necessária para ter acesso aos diversos serviços prestados por ela, além de dicas e informações importantes para a utilização eficaz da energia elétrica.

Nesse site, está disponível o seguinte quadro informativo, com orientações sobre a sua conta:

A conta da COSERN é emitida mensalmente e entregue cinco dias úteis antes da sua data de vencimento. Ela é fácil de entender e explica tudo sobre serviços e valores cobrados.

No campo "Demonstrativo do Faturamento" da conta são discriminados os itens faturados e cobrados. Além do "consumo ativo" do fornecimento de energia, são cobrados valores referentes a serviço prestado pela Cosern, desconto ou doação devidamente autorizada pelo cliente, eventual multa por atraso no pagamento da conta e a taxa de iluminação pública, caso houver.

O devido Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços – ICMS – vem embutido no preço do kWh cobrado. A base de cálculo, o valor da alíquota e o total do imposto devido vêm no rodapé do "Demonstrativo do Faturamento".

Como é calculado o valor do consumo ativo

O valor do "consumo ativo" é calculado multiplicando o total do "consumo do período" pelo preço do kWh, o qual inclui, quando é devido, o ICMS - Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços.

Valor do Consumo Ativo = Consumo do período em kWh x Preço do kWh.
Como é determinado o consumo ativo do período

O consumo ativo do período, que vem expresso no campo "Demonstrativo do Consumo", corresponde à diferença entre os valores das leituras atual e anterior multiplicado pelo valor da constante do medidor, que normalmente é 1.

Consumo Ativo = (leitura atual - leitura anterior) x constante do medidor

Fonte: <<http://servicos.cosern.com.br/comercial-industrial/Pages/Baixa%20Tens%C3%A3o/conheca-sua-conta.aspx>>. Acesso em: 13 nov. 2014.

Ótimo! Mas como se calcula o consumo do período? Vamos partir de um exemplo simples: quanto se gasta de energia elétrica ao se tomar um banho? Lembre-se de que existem pessoas que passam uma eternidade embaixo do chuveiro.

No nosso caso, vamos admitir que numa casa com cinco pessoas, todas tomam banho quente uma vez por dia e que, em média, passam 15 minutos embaixo do chuveiro e que a potência do chuveiro é de 3.600 W.

$$3.600W = 3,6kW$$

$$15 \text{ minutos} = 1/4 \text{ hora} = 0,25 \text{ hora.}$$

$$\text{Consumo} = 3,6 \times 0,25 = 0,9 \text{ kWh}$$

E quanto custa o kWh? Vá ao site da COSERN, através do seguinte link <<http://servicos.cosern.com.br/residencial-rural/Pages/Baixa%20Tens%C3%A3o/tarifas-grupo-b.aspx>> e acesse a **Resolução com Tarifas do Nordeste - Cosern**. Verás que a tarifa para assinantes residenciais é de R\$ 0,47224 (esse valor foi obtido em setembro de 2015).

Logo, o consumo de energia de um banho é $0,9 \times 0,47224 = 0,42$, ou seja, 42 centavos. Barato? Vamos ver durante o mês (30 dias) o que acontece. Vejamos o consumo mensal de energia só em banhos quentes (vou chamar de *Cmb* para simplificar). Assim, $Cmb = 5 \times 30 \times 0,42 = 63,75$, ou seja, R\$ 63,75 (sessenta e três reais e setenta e cinco centavos). Já pesa no bolso da família, não?

Então, como economizar? É só diminuir o tempo no chuveiro e só tomar banho quente quando extremamente necessário. Além disso, foi colocada uma potência do chuveiro de apenas 3.600 W, o que é muito pouco. Normalmente, os chuveiros elétricos possuem potência entre 5.400 W e 7.200 W.

Também devemos lembrar que os chuveiros apresentam normalmente duas temperaturas: uma para inverno e outra para verão. Logicamente, a temperatura de verão consome menos energia. Mas como é feita internamente essa mudança? Isso nós veremos na próxima seção. Antes disso, faça a Atividade a seguir.

Atividade 05

1. Considerando o mês de setembro de 2015, qual o valor da conta de um consumidor, desprezando a cobrança de ICMS, se a diferença entre a medição anterior de energia e a atual foi de 420 kWh?
2. Refaça os cálculos de consumo de energia para a referida família do exemplo citado anteriormente, caso fosse utilizado um chuveiro de 7.200 W.

O chuveiro elétrico

Lembra-se da nossa última dúvida: como ocorre no chuveiro o chaveamento da temperatura de verão para a de inverno? A resposta é simples! Caso já tenha visto o interior de um chuveiro elétrico ou comprado uma “resistência” para um chuveiro elétrico, você deve ter percebido que ela vem com três conectores e duas “espirais”, sendo uma maior e outra menor. O esquema é aproximadamente o mostrado na Figura 5.

Figura 05 - Tipo de resistência usada em chuveiros elétricos e esquema de chaveamento.



Fonte: <http://ubmateriais.com.br/media/resistencia_maxi_ducha_1.jpg>. Acesso em: 24 jul. 2014.

A partir da imagem, podemos observar que a espessura do fio em forma de espiral, no caso o resistor, ou como é chamada a resistência do chuveiro elétrico, apresenta a mesma espessura entre os três terminais, mudando apenas o seu comprimento, maior para a posição verão e menor para a posição inverno. Será que isso está certo mesmo?

Como na posição verão o aquecimento da água deve ser menor, logicamente, a potência do chuveiro deve ser menor. Dessa forma, se a tensão aplicada é a mesma, o que vai variar será o tamanho do fio resistivo e a corrente que irá passar por ele.

Lembrando que a potência é dada por $P = RI^2$, quanto menor a corrente, menor a potência. Para termos uma menor corrente, deveremos ter uma maior resistência. Assim, a afirmação citada anteriormente está correta!

Na posição inverno, a situação se inverte: teremos uma menor resistência e uma maior corrente. Lembrando que a tensão aplicada nas duas posições é a mesma e que aqui no Nordeste é de 220 V. Um fato interessante é que o circuito elétrico do chuveiro só é fechado quando o registro de água é aberto, fazendo com que a pressão da água ligue os contatos elétricos do chuveiro por meio de um diafragma, normalmente construído à base de uma liga de níquel e cromo.

Atividade 06

1. Para o esquema de resistência apresentado, poderíamos ter três temperaturas: uma maior, uma intermediária e uma menor. Mostre como isso poderia ser obtido.
2. Procure preencher a tabela a seguir, use as palavras “menor” e “maior” adequadamente, como no exemplo da primeira linha.

	Verão	Inverno
Aquecimento	menor	maior
Potência	_____	_____
Corrente	_____	_____
Comprimento do resistor	_____	_____

Resistência do filamento

Lembra-se da pergunta sobre a resistência do filamento das lâmpadas de 60 W e de 150 W? Agora é fácil verificar se sua resposta e justificativa estavam corretas. Vamos verificar?

Resumo

Nesta aula, você conheceu mais duas grandezas elétricas: potência e energia elétrica. Sendo assim, aprendeu a dimensionar um equipamento elétrico adequadamente em função de sua potência elétrica e de sua tensão de alimentação. Logo, entendeu o funcionamento correto de um chuveiro elétrico e como é feita a medição da energia que pagamos em nossas casas. Por fim, você também viu como calcular o consumo de energia de um equipamento elétrico em função de sua potência e da tensão aplicada.

Autoavaliação

1. Como se pode calcular a potência elétrica dissipada sobre um resistor?
2. Como se calcula a corrente sobre uma resistência sabendo sua potência e a tensão aplicada?
3. Associe o efeito Joule ao funcionamento de alguns equipamentos elétricos, tais como o chuveiro elétrico e o ferro de passar.
4. Como se converte kWh para Joules?
5. Como se calcula o consumo mensal de energia a partir de duas medições consecutivas?
6. Quais os relacionamentos entre corrente e resistência elétrica para se obter, para uma mesma tensão aplicada, maior e menor potência elétrica?

Referências

BISQUOLO, Paulo Augusto. Potência elétrica: cálculo do consumo de energia elétrica. 2006. Disponível em: <<http://educacao.uol.com.br/fisica/ult1700u36.jhtm>>. Acesso em: 14 jul. 2014.

COSERN. Grupo Neoenergia. **Conheça sua conta**. [2014]. Disponível em: <<http://servicos.cosern.com.br/comercial-industrial/Pages/Baixa%20Tens%C3%A3o/conheca-sua-conta.aspx>>. Acesso em: 13 nov. 2014.

GRUPO DE REELABORAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA. Instituto de Física da USP. **Leituras de física:** eletromagnetismo. 1998. Disponível em: <<http://www.if.usp.br/gref/eletro/eletro2.pdf>>. Acesso em: 14 jul. 2014.

ZUIN, Edgar. **Potência elétrica**. [2011]. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/50104809/Potencia-Eletrica>>. Acesso em: 1 jan. 2011.