

AULAS VIRTUAIS



[CLIQUE AQUI PARA ACESSAR A PÁGINA DO PROJETO ENEM 100%](#)

02/10 – 16h / SEXTA-FEIRA

FÍSICA

PROFESSOR LÚCIO VEGA



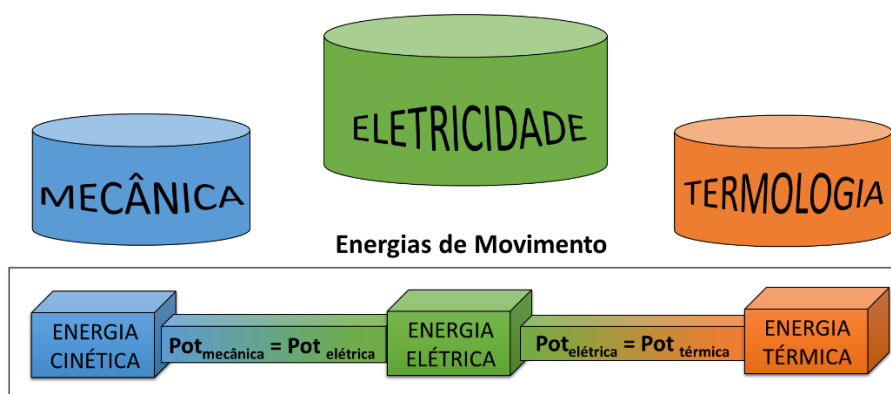
FÍSICA

Professor Lúcio Vega

Eletrodinâmica e suas conexões

Mecânica, Eletricidade e Termologia são os setores da Física mais abordados nos vestibulares. Como são estudados separadamente, costumamos não dar a devida importância às relações entre eles. Das diversas formas de se conectarem, as transformações entre suas energias de movimento aparecem em primeiro lugar nas provas do ENEM. Existe uma grandeza que protagoniza essas transformações: a **potência**.

Tendo como ponto de partida a energia elétrica (objeto da **eletrodinâmica**), apresento essas conexões neste material que ganha vida na aula de Física, do dia 02 de outubro de 2020 - Projeto ENEM 100%, da Secretaria da Educação do Estado da Bahia.



Sumário

1. Lembrando conceitos de Mecânica
2. Lembrando conceitos de Termologia
3. Principais conceitos de Eletrodinâmica
4. Associação de Resistores, Geradores e Receptores
5. As Transformações com a Energia Elétrica
6. Questões do ENEM sobre o conteúdo desta apostila
7. Apêndices

1. Lembrando conceitos de Mecânica

- **Velocidade (v)** é a medida da rapidez de um corpo. No Sistema Internacional (SI), sua unidade é m/s.
- **Movimento Uniforme** é aquele cuja velocidade permanece constante. A velocidade nesse movimento pode ser definida a partir do deslocamento **d** e do intervalo de tempo Δt que foi usado para descrever esse deslocamento:

$$v = \frac{d}{\Delta t}$$

- **Joule (J)** é a unidade de energia do Sistema Internacional (SI).
- **Energia Cinética (Ec)** é a energia do movimento de um corpo macroscópico. Seu valor depende da massa e da velocidade do corpo, conforme a relação:

$$E_c = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

- **Trabalho** é a produção ou o consumo de Energia Cinética promovido(a) por uma força.
- **Força (F)** é a ação mecânica de um corpo sobre outro. No Sistema Internacional (SI), sua unidade é newton (N). No contexto da energia cinética, $1 \text{ N} = 1 \text{ J/m}$.

Uma força aplicada em um corpo no mesmo sentido do seu movimento gera energia cinética no corpo (tenta acelerar). Uma força contra o sentido do movimento consome a energia cinética do corpo (tenta retardar).



- **Equilíbrio dinâmico** é quando as forças se anulam e o corpo já está em movimento. Nesse caso, a movimento será uniforme, logo a velocidade e a energia cinética se mantêm constantes – a quantidade de energia cinética gerada é igual à consumida.
- **Potência Mecânica (Pot_{Mec})** é a taxa de produção ou consumo de energia cinética por uma força em função do tempo. No equilíbrio dinâmico, a potência gerada é igual à potência consumida. Sua unidade no Sistema Internacional é watt (W). No equilíbrio dinâmico podemos expressá-la das seguintes formas:

$$1 \text{ W} = \frac{1 \text{ J}}{\text{s}} \Leftrightarrow \text{Pot}_{\text{Mec}} = \frac{\Delta E_c}{\Delta t} \quad \text{e} \quad \frac{1 \text{ J}}{\text{m}} \times \frac{1 \text{ m}}{\text{s}} = \frac{1 \text{ J}}{\text{s}} \Leftrightarrow \text{Pot}_{\text{Mec}} = F \cdot v$$

2. Lembrando conceitos de Termologia

- **Energia térmica (E_T)** é a energia do movimento microscópico desordenada (**agitação térmica**).
- **Temperatura (T)** é a grandeza física que indica o nível de agitação térmica de um corpo. Dois corpos em contato na mesma temperatura estão em **equilíbrio térmico**, logo não alteram suas energias térmicas por causa do outro.
- **Calor (Q)** é a energia térmica em trânsito. Focando em um corpo sólido ou líquido, o calor corresponde à variação de sua energia térmica. Vale ressaltar que nenhum corpo possui calor. O corpo recebe ou perde calor e possui energia térmica.
- **Calor específico (c)** é a quantidade de calor que 1 unidade de massa de uma substância específica precisa receber ou perder para alterar 1 unidade de temperatura. Exemplo: calor específico da água é $c = 4 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C}$. Essa grandeza promove a conexão entre a variação de temperatura (ΔT) e o calor que a produziu conforme a relação:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

- **Potência térmica (Pot_T)** é o ritmo que o calor entra ou sai de um corpo:

$$\text{Pot}_{\text{Mec}} = \frac{Q}{\Delta T}$$

- **Combustão** é uma reação química que transforma energia química em energia térmica. Essa reação ocorre entre o combustível e o oxigênio (comburente). A combustão de matéria orgânica como gás de cozinha, gasolina e etanol produz gás carbônico que aumenta o efeito estufa na atmosfera. Por isso, a combustão é um processo de obtenção de energia não renovável que promove poluição no ambiente.





3. Os principais conceitos de Eletrodinâmica

- **Carga elétrica (q)** é a grandeza que determina a quantidade de eletricidade de um corpo. No sistema internacional, a unidade de carga elétrica é o **coulomb (C)**.
- **Elétrons livres** são os portadores de **carga elétrica** que se movimentam pelos fios. Os elétrons se repelem porque possuem carga de mesmo sinal (negativa). Isso possibilita a distribuição deles por todo o fio. A carga elétrica também promove a interação entre os elétrons livres e os equipamentos do circuito elétrico, ganhando ou perdendo energia elétrica.
- **Energia Elétrica (E_{ele})** é a energia do movimento ordenado dos elétrons livres. Ela também é chamada de **energia eletrodinâmica**. Vale ressaltar que existe energia eletrostática ou energia potencial elétrica. Não abordaremos esse último tipo de energia.
- **Corrente elétrica (i)** é a ritmo que a carga elétrica atravessa os fios. Vale ressaltar que, ao ligar um circuito, aparecerá corrente elétrica simultaneamente em todo o circuito por causa do campo elétrico que surge nele. No Sistema Internacional (SI), sua unidade é ampere (A):

$$1 \text{ A} = \frac{1 \text{ C}}{\text{s}} \Leftrightarrow i = \frac{q}{\Delta t}$$

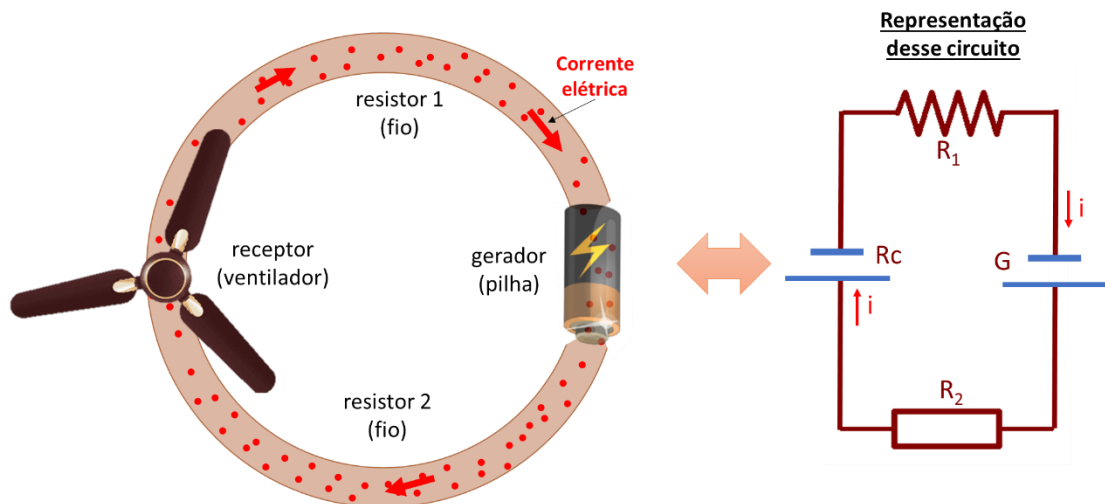
- **Gerador** é o aparelho que produz energia elétrica. Apesar dos elétrons que estão passando pelo gerador serem os responsáveis por interagir com ele, forçando-o a ceder energia elétrica, essa energia é distribuída por todos os elétrons da rede, que, nesse contexto, se comporta como um fluido.
- **Receptor** é o aparelho que consome energia elétrica da rede para gerar uma energia que não seja a térmica.
- **Resistor** é o objeto que consome energia elétrica, transformando-a em energia térmica, o que é chamado de **efeito Joule**. Os fios são os exemplos mais significativos de resistores. Quando o fio está fazendo o papel de um caminho para ligar equipamentos elétricos, o efeito Joule representa um desperdício de energia elétrica. Entretanto, muitos aparelhos usam esse efeito para aproveitar o calor gerado por ele: ferro de passar, forno elétrico e aquecedores elétricos em geral.
- **Voltagem (U)** é a taxa de energia elétrica que um aparelho consome ou produz em função da carga elétrica que o atravessa. Ela também é chamada de **tensão elétrica** ou **diferença de potencial (ddp)**. Sua unidade no sistema internacional é volt (V):

$$1 \text{ V} = \frac{1 \text{ J}}{\text{C}} \Leftrightarrow i = \frac{\Delta E_{ele}}{q}$$

Existem voltagens específicas que ganham nomes próprios:

- **Força eletromotriz (fem ou \mathcal{E})** é a voltagem de produção de energia elétrica. Essa voltagem é específica dos geradores.
- **Força contra-eletromotriz (fcem ou \mathcal{E}')** é a voltagem de consumo de energia elétrica para a produção de uma energia que não seja a térmica. Essa voltagem é específica dos receptores.

- **Representações e sentido da corrente elétrica.** Os elementos dos circuitos geralmente são representados pelos símbolos abaixo. Note que o símbolo de gerador (G) e de receptor (Rc) são idênticos: duas barras de tamanhos diferentes. Observe que a única diferença é por onde a corrente elétrica (i) entra. No gerador, ela entra na barra menor e sai na maior, representando o ganho de energia elétrica. No receptor é o oposto. Se não for desenhada a corrente elétrica, a diferença entre esses elementos pode ocorrer pela voltagem já que a força eletromotriz sempre é maior que a força contra eletromotriz.



- **Corrente elétrica (convencional) e corrente elétrica real.** Durante todo o século XIX, os físicos achavam que a corrente elétrica em fios seguia do polo positivo para o polo negativo do gerador. Com a descoberta dos elétrons, no século XX, notaram que as partículas elétricas que se movimentam em um fio seguem o sentido oposto. Entretanto, continuaram a trabalhar com o sentido que estavam acostumados, chamando-o de corrente elétrica convencional, sendo oposto à corrente elétrica real. É importante frisar que o termo “corrente elétrica” é associado à corrente elétrica convencional.
- **Relação entre a voltagem, a corrente e a potência.** Se a corrente relaciona carga ao tempo e a voltagem relaciona energia à carga, ao fundir essas grandezas teremos a relação entre energia e tempo, ou seja, potência elétrica. Essa relação é uma das mais importantes aqui, visto que usaremos essa grandeza para relacionar a eletricidade, a mecânica e a termologia.

$$1 \text{ W} = \frac{1 \text{ J}}{\text{s}} \Leftrightarrow \text{Pot}_{\text{Mec}} = \frac{\Delta E_{\text{ele}}}{\Delta t} \quad \text{e} \quad \frac{1 \text{ J}}{\text{C}} \times \frac{1 \text{ C}}{\text{s}} = \frac{1 \text{ J}}{\text{s}} \Leftrightarrow \text{Pot} = U \cdot i$$

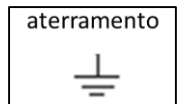
- **Equilíbrio Eletrodinâmico** é a situação que a corrente elétrica não muda, visto que a energia elétrica gerada é igual à energia elétrica consumida. Dessa forma, a voltagem dos geradores se iguala à voltagem dos consumidores. Isso também vale para as respectivas potências.
- **Resistência** é a taxa de voltagem consumida por um resistor em função da corrente que o atravessa. Sua unidade no sistema internacional é ohm (Ω). Essa definição também é chamada de **1ª lei de Ohm**. A maioria das questões trabalham com resistores cuja resistência não muda (resistores ôhmicos).

$$1 \Omega = \frac{1 \text{ V}}{\text{A}} \Leftrightarrow R = \frac{U_{\text{resistor}}}{i}$$

- **2ª Lei de Ohm** é a relação que revela de que forma a resistência de um resistor (fio) depende do seu comprimento (L), da área de sua seção transversal (A) e do seu material, representado pela sua resistividade ρ .

$$R = \frac{\rho \cdot L}{A}$$

- **Potencial elétrico** é o nível de energia elétrica medido em volt. Em um projeto de circuito elétrico, o aterramento (símbolo) representa o local onde o potencial elétrico é adotado como nulo (0 V). A partir desse ponto, seguindo a corrente convencional, se passarmos por um gerador, o potencial elétrico sofre um aumento igual à voltagem estabelecida pelo gerador. Se passarmos por um consumidor, a voltagem corresponde a uma diminuição do potencial elétrico.



- **Resistências internas dos geradores e receptores.** No interior de um receptor (ventilador, liquidificador, pilha etc.) existem fios que fazem parte de seu mecanismo e por eles passarão corrente elétrica. Sendo assim, haverá produção de energia térmica (efeito Joule e resistência elétrica) dentro do próprio receptor, mesmo ele sendo criado para gerar outra energia a partir da elétrica. Dessa forma, a energia elétrica consumida pela resistência interna representará um desperdício. De forma semelhante, a energia elétrica que um gerador fornece é menor que a gerada no seu interior, visto que parte dela é consumida pela resistência interna do próprio gerador. Isso é verificado nas voltagens e nas potências desses elementos que se relacionam da seguinte forma:

Receptor	Voltagem	$U_{\text{consumida}} = f_{\text{cem}} + U_{\text{da resistência interna}}$
	Potência	$Pot_{\text{consumida}} = Pot_{\text{útil}} + Pot_{\text{desperdiçada}}$
Gerador	Voltagem	$U_{\text{fornecida}} = f_{\text{em}} - U_{\text{da resistência interna}}$
	Potência	$Pot_{\text{útil}} = Pot_{\text{total}} - Pot_{\text{desperdiçada}}$

- **Rendimento do Receptor e do gerador.** Se o receptor e o gerador não são perfeitos, existe desperdício. Podemos calcular seus rendimentos comparando o que é útil com o total:

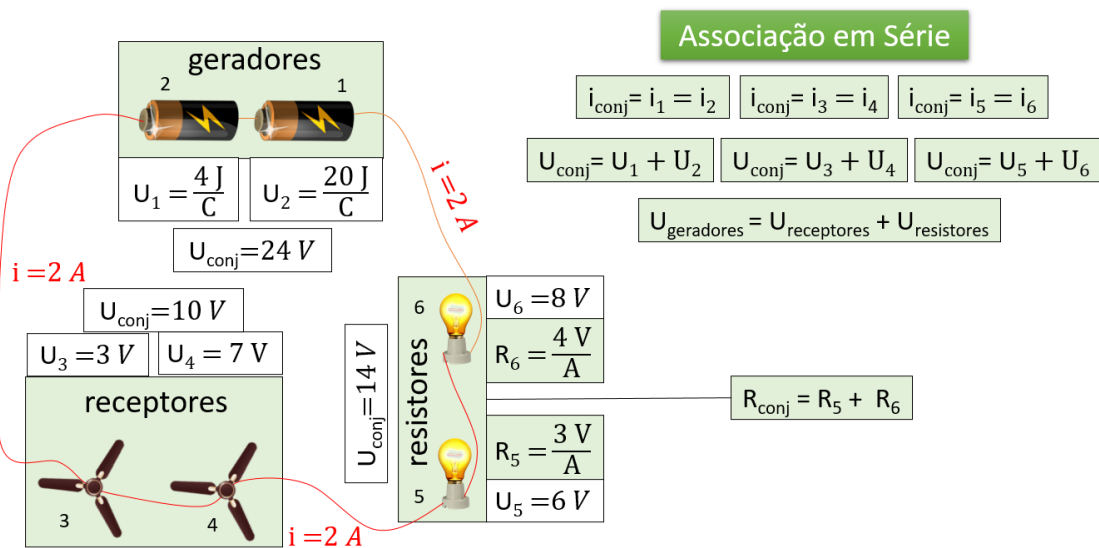
$$\eta = \frac{U_{\text{útil}}}{U_{\text{total}}} \text{ ou } \eta = \frac{Pot_{\text{útil}}}{Pot_{\text{total}}}$$

- **Fusível** é um dispositivo que interrompe a corrente elétrica quando ela ultrapassa um valor (valor do fusível). Dentro dele existe um pequeno fio que derrete por efeito Joule quando a corrente ultrapassa o valor do fusível. **Disjuntor** é um equipamento que também interrompe a corrente, mas nada dele queima, pois ele é um interruptor automático de segurança.

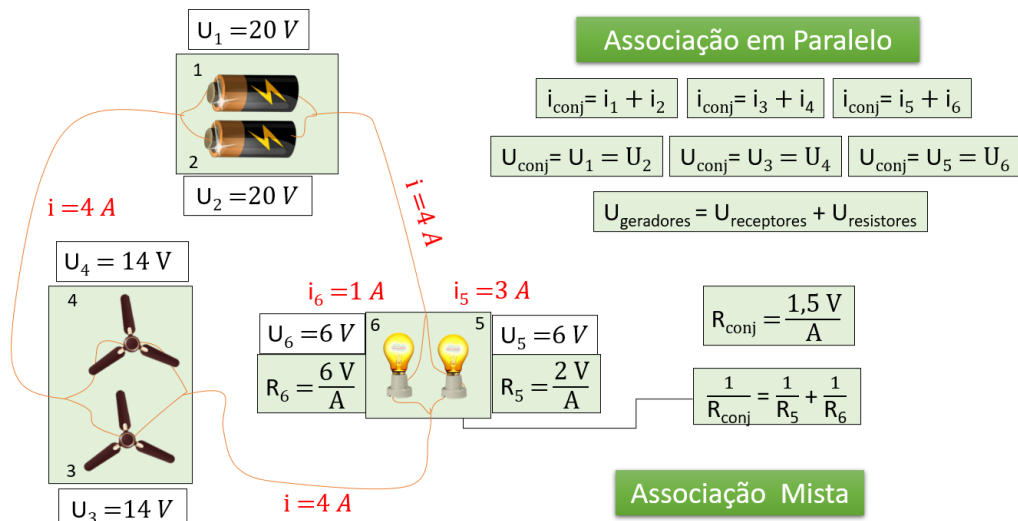


4. Associação de Resistores, de Geradores e de Receptores

Abaixo vemos como conectar elementos sem bifurcações para a corrente (**associação em série**). Como só existe um caminho, a corrente que passa por cada conjunto passa também por cada um dos seus elementos. Cada coulomb que passar por um conjunto receberá ou perderá a energia elétrica de todos os elementos desse conjunto, logo a voltagem do conjunto é a soma da voltagem de cada elemento. Por causa do mesmo motivo, a resistência do conjunto de resistores é a soma das resistências dos resistores que compõem o conjunto.

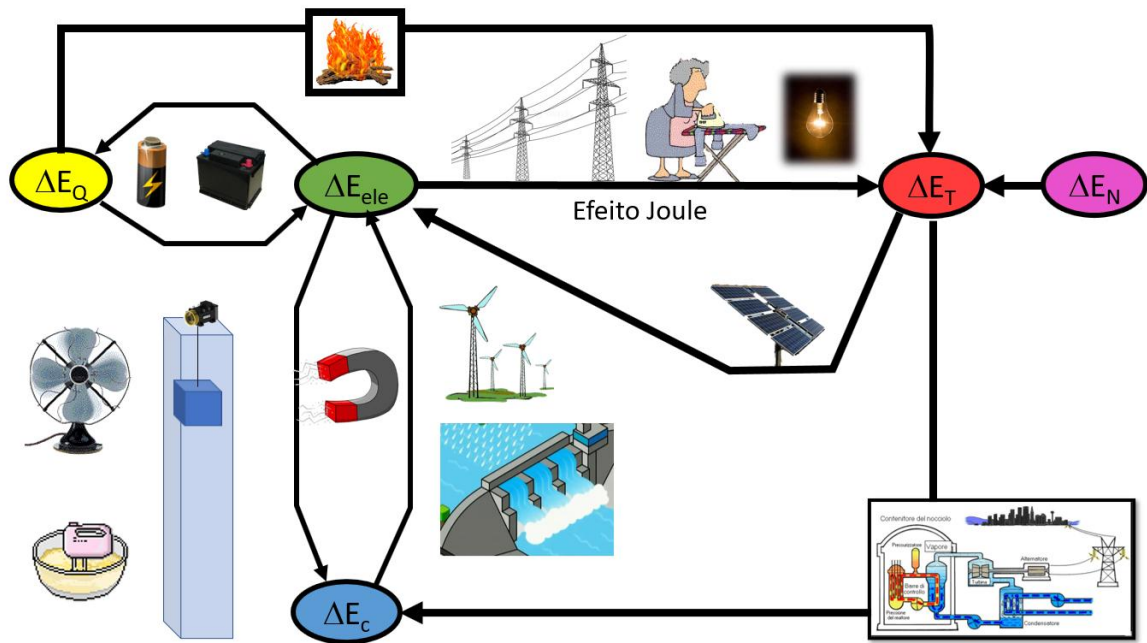


A imagem abaixo é uma **associação mista**: os conjuntos estão associados em série (em sequência), mas os elementos dentro dos conjuntos estão associados **em paralelo**, pois a corrente é dividida dentro do conjunto. Como cada coulomb que atravessa o conjunto só passa por um elemento, a voltagem fornecida pelo conjunto é igual à voltagem desse elemento. Além disso, a voltagem de um elemento deve ser igual à de todos os demais porque o início e o fim do conjunto são os mesmos para qualquer coulomb. Observe que a forma de relacionar correntes e voltagens nessas associações são trocadas. Essa inversão tem como consequência relacionar as resistências dos resistores e a do conjunto por meio da soma dos seus inversos. Isso gera uma resistência do conjunto menor que a menor de todas as resistências que compõem o conjunto.



5. As Transformações com a Energia Elétrica

No quadro abaixo, vemos as transformações das quais a energia elétrica participa. Vamos listar cada uma e fornecer informações específicas.



- **Efeito Joule** é um fenômeno que transforma energia elétrica em térmica e ocorre nos resistores, geradores e receptores.
- **Efeito fotoelétrico** é um fenômeno que transforma energia térmica (na forma de energia luminosa) em energia elétrica. Ocorre nas placas ou células fotovoltaicas.
- **Reação química na Pilhas (ou baterias) descarregando.** Transforma energia química em elétrica. Ao passar corrente elétrica invertida em algumas pilhas ou baterias elas conseguem inverter a reação química (recarregáveis) transformando energia elétrica em química. Nesse caso, a pilha ou a bateria funciona como receptor (químico) e a sua força eletromotriz passa a fazer o papel de força contra eletromotriz.
- **Indução eletromagnética.** Esse fenômeno transforma energia elétrica em energia cinética nos motores elétricos (elemento central dos ventiladores, elevadores, liquidificadores etc.) ou o inverso, nos geradores eletromecânicos (elemento central das usinas hidroeelétricas, termoelétricas, eólica-elétricas e termonucleares). Para saber mais, estude eletromagnetismo.
 - Hidroeelétricas se alimentam do movimento da água enquanto desce uma altura. Portanto, para gerar a energia cinética que será transformada em elétrica, usa-se a energia potencial gravitacional.
 - Termoelétricas e termonucleares se alimentam do movimento do vapor de água superaquecido. Para aquecer a água, as termoelétricas usam a combustão e as termonucleares usam a energia nuclear.
 - Eólicas Elétricas se alimentam do movimento do ar (vento).



6. Questões do ENEM sobre o conteúdo dessa apostila

Para elaborar este material e sua respectiva aula, foram usadas 51 das 210 questões de Física das 14 últimas aplicações regulares do ENEM, ou seja, 24,3% do total. Todas essas questões foram listadas mais abaixo. Você pode ter acesso a essas provas e seus gabaritos na página do INEP cujo link é:

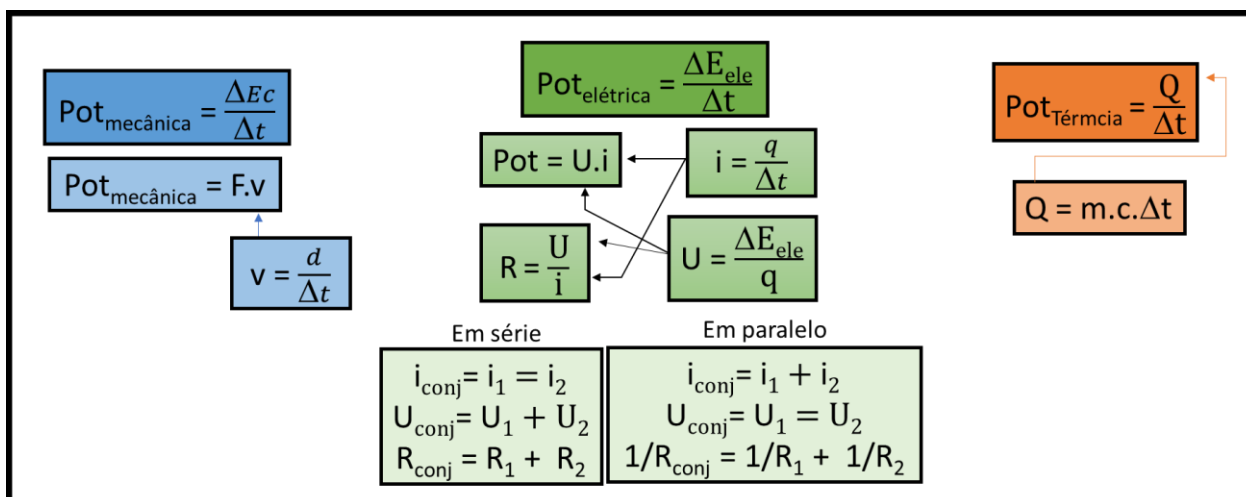
<http://portal.inep.gov.br/provas-e-gabaritos>

ENEM 2019 – caderno 5 – amarelo – aplicação regular: questões **91** e 113
ENEM 2018 – caderno 5 – amarelo – 1ª aplicação: questões 106, 109 e 110
ENEM 2018 – caderno 17 – amarelo – 2ª aplicação: questões 98, 108, 128 e 130
ENEM 2017 – caderno 5 – amarelo – 1ª aplicação: questões 103, 108, 111 e **130**, 134
ENEM 2017 – caderno 5 – amarelo – 2ª aplicação: questões **110**, 112, 120, 123, 127 e **132**
ENEM 2016 – caderno 2 – amarelo – 1ª aplicação: questões 51, 59, 61 e 76
ENEM 2016 – caderno 2 – amarelo – 2ª aplicação: questões 58, 65, 75 e 81
ENEM 2016 – caderno 9 – branco – 3ª aplicação: questões 55, 58, **61**, 69, 82 e 83
ENEM 2015 – caderno 1 – azul – 1ª aplicação: questões 49 e 68
ENEM 2015 – caderno 9 – branco – 2ª aplicação: questões 49, 55 e 85
ENEM 2014 – caderno 1 – azul – 1ª aplicação: questão 57 e 66
ENEM 2014 – caderno 3 – branco – 2ª aplicação: questões 73, 74, 77 e 82
ENEM 2013 – caderno 2 – amarelo – 1ª aplicação: questões 65, 66, 81, **84** e 87
ENEM 2013 – caderno 3 – branco – 2ª aplicação: questão 51

Observações: (1) **Em vermelho:** questões resolvidas na aula. (2) O item 4 (**associação de resistores, de receptores e de receptores**) é apresentado em uma videoaula complementar no meu canal do YouTube (https://www.youtube.com/channel/UCznXwLBQI2bOEJEh_RyG0Q?). Ao entrar no meu canal, procure a playlist “**ENEM 100% - Eletrodinâmica e suas Conexões**”. Nessa playlist você também encontrará algumas resoluções dessas 51 questões.

7. Apêndices

7.1 Formulário





7.2 Sistema Internacional de Unidade e seus prefixos

Depois de manipular tantas grandezas e unidades, é bom ter um quadro para reunir todas e compará-las.

Grandeza Nome e símbolo	Unidade no SI Símbolo e nome	Significado
Velocidade (v)	m/s (metro por segundo)	m/s
Força (F)	N (newton)	J/m
Massa (M)	Kg (quilograma)	Kg
Energia (E)	J (joule)	N.m ou kg.(m/s) ²
Potência (Pot)	W (watt)	J/s
Temperatura (T)	K (kelvin)	K
Calor específico (c)	J/(K.kg)	J/(K.kg)
Carga elétrica (q)	C (coulomb)	C
Corrente elétrica (i)	A (ampere)	C/s
Voltagem (U)	V (volt)	J/C
Resistência elétrica (R)	Ω (ohm)	V/A

O quadro abaixo contém os prefixos usados juntamente com as unidades do SI. Esses prefixos podem acompanhar qualquer unidade. Exemplos: 2 mN = 0,002 N e 3 kW = 3000 W.

Nome	Símbolo	Fator pelo qual a unidade é multiplicada
tera	T	$10^{12} = 1\ 000\ 000\ 000\ 000$
giga	G	$10^9 = 1\ 000\ 000\ 000$
mega	M	$10^6 = 1\ 000\ 000$
quilo	k	$10^3 = 1\ 000$
hecto	h	$10^2 = 100$
deca	da	$10 = 10$
deci	d	$10^{-1} = 0,1$
centi	c	$10^{-2} = 0,01$
mili	m	$10^{-3} = 0,001$
micro	μ	$10^{-6} = 0,000\ 001$
nano	n	$10^{-9} = 0,000\ 000\ 001$
pico	p	$10^{-12} = 0,000\ 000\ 000\ 001$

(Fonte: Quadro Geral de Unidades de Medida, 2ª ed.- INMETRO.Brasília, 2000)



Clique nos ícones ao lado para
acessar as redes sociais do
Professor Lúcio Vega



Clique nos botões para
acessar os **objetos educacionais**
do **Projeto ENEM 100%**.

PROJETO
ENEM 100%
PÁGINA DO
ESTUDANTE

TRILHAS
PARA O
ENEM

AULAS
VIRTUAIS
ENEM 100%

APOSTILAS
DAS AULAS
VIRTUAIS ENEM
100%