

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
CURSO DE GRADUAÇÃO DE LICENCIATURA EM FÍSICA

DEYVSON DA SILVA GOMES

RELAÇÃO DE PROPORCIONALIDADE ENTRE CORRENTE ELÉTRICA E TENSÃO

RECIFE

2022

DEYVSON DA SILVA GOMES

RELAÇÃO DE PROPORCIONALIDADE ENTRE CORRENTE ELÉTRICA E TENSÃO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Ciências Exatas e da Natureza como requisito parcial para obtenção do grau de Licenciado em Física.

Orientador: Prof. Wilson Barros Júnior

RECIFE

2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Gomes, Deyvson da silva.

Relação de proporcionalidade entre corrente elétrica e tensão / Deyvson da
silva Gomes. - Recife, 2022.

28 : il., tab.

Orientador(a): Wilson Barros Júnior

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de
Pernambuco, Centro de Ciências Exatas e da Natureza, Física - Licenciatura,
2022.

1. Eletromagnetismo. 2. Correntes elétricas . 3. Tensões elétricas. I.
Júnior, Wilson Barros. (Orientação). II. Título.

530 CDD (22.ed.)

DEYVSON DA SILVA GOMES

RELAÇÃO DE PROPORCIONALIDADE ENTRE CORRENTE ELÉTRICA E TENSÃO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Ciências Exatas e da Natureza como requisito parcial para obtenção do grau de Licenciado em Física.

Aprovado em: 15/05/2022

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Wilson Barros júnior (Orientador)

Prof. Renê Rodrigues Montenegro Filho (Examinador Interno)

Prof. Dr. Márcio Heráclito Gonçalves de Miranda (Examinador Interno)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, à minha família, aos amigos que confiaram em mim até nos momentos em que nem eu mesmo confiava e ao professor Wilson pela colaboração e, principalmente, pela paciência.

Dedico este trabalho a Deyvid Gomes (in memorian), meu querido irmão...

"Nossa maior fraqueza está em desistir. O caminho mais certo de vencer é tentar mais uma vez."

Thomas Edison

RESUMO

A compreensão dos fenômenos eletromagnéticos proporcionaram um grande avanço a humanidade como um todo, sendo hoje de vital importância para a manutenção do mundo contemporâneo. Em particular, os fenômenos de corrente e tensão elétrica confundem uma parcela significativa das pessoas. Esse desconhecimento atinge alunos de ensino médio, estudantes de cursos de graduação na área das ciências exatas e até mesmo profissionais que trabalham com eletricidade.

O que é corrente elétrica? Como ela é transmitida? Existem tipos de correntes? O que é uma tensão elétrica? O que significa 220 volts? Qual a relação que existe entre corrente e tensão? Essas e outras perguntas igualmente elementares, serão abordadas neste trabalho que tem como objetivo agregar conhecimento, elucidar algumas dúvidas, trazer algumas curiosidades e desmistificar algumas crenças.

Palavras chave: Eletromagnetismo, correntes elétricas, tensões elétricas

ABSTRACT

The understanding of electromagnetic phenomena provided a great advance to humanity as a whole, being today of vital importance for the maintenance of the contemporary world. In particular, the phenomena of electric current and voltage confuse a significant portion of people. This ignorance affects high school students, undergraduate students in the area of exact sciences and even professionals who work with electricity.

What is electric current? How is it transmitted? Are there types of currents? What is an electrical voltage? What does 220 volts mean? What is the relationship between current and voltage? These and other equally elementary questions will be addressed in this work that aims to add knowledge, clarify some doubts, bring some curiosities and demystify some beliefs.

Keywords: Electromagnetism, electric currents, electric voltages

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - Sentido real e sentido convencional da corrente elétrica.....	13
FIGURA 2 - a) corrente contínua e b) corrente alternada.....	15
FIGURA 3 - a) e b) cargas iguais e c) cargas diferentes.....	18
FIGURA 4 - Tomada de 220V.....	18
FIGURA 5 - Associação de pilhas, a) em linha, b) em paralelo.....	19
FIGURA 6 - Corrente elétrica em um condutor.....	20

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tensão e potências em chuveiros elétricos.....	23
Tabela 2 - Tensão e correntes em chuveiros elétricos.....	23
Tabela 3 - Tensão, potência e resistência em chuveiros elétricos.....	24
Tabela 4 - Tensão, resistência e corrente em chuveiros elétricos.....	24
Tabela 5 - Tensão, resistência e corrente em chuveiros elétricos conectados em tensões invertidas.....	24

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL - Agência nacional de energia elétrica

CA - Corrente alternada

CC - Corrente contínua

CRT - Sigla em inglês para tubo de raios catódicos

ddp - Diferença de potencial

fem - Força eletromotriz

NR 10 - Norma regulamentadora 10

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
1.1 DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA.....	12
1.2 OBJETIVO GERAL.....	12
1.3 OBJETIVO ESPECÍFICO.....	12
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
2.1 CORRENTE ELÉTRICAS.....	13
2.2 SENTIDO CONVENCIONAL E INTENSIDADE DE UMA CORRENTE ELÉTRICA.....	13
2.2.1 Velocidade de uma corrente elétrica.....	15
2.3 TIPOS DE CORRENTES ELÉTRICAS.....	15
2.4 GUERRA DAS CORRENTES.....	16
2.5 DIFERENÇA DE POTENCIAL.....	17
2.5.1 Tensões comuns.....	19
3 CORRENTE E TENSÃO SÃO INVERSAMENTE PROPORCIONAIS! SERÁ?.....	20
3.1 RESISTÊNCIA ELÉTRICA.....	21
3.2 RELAÇÃO ENTRE CORRENTES ELÉTRICAS E TENSÃO.....	22
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	23
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	25
REFERÊNCIAS.....	27

1 INTRODUÇÃO

Os fenômenos eletromagnéticos já são observados e estudados desde a antiguidade, contudo, foi o aprofundamento da compreensão desses fenômenos que ocorreu aproximadamente entre a segunda metade do século XIX e início do século XX que a humanidade experimentou, provavelmente, o maior salto tecnológico já registrado na história. As contribuições dadas por homens como Benjamin Franklin (1707 - 1790), Charles Augustin de Coulomb (1713 - 1803), Michael Faraday (1761-1867), James Maxwell (1831-1879) trouxeram infinitas possibilidades para a aplicação do eletromagnetismo, os exemplos variam desde o acionamento de um simples interruptor para se acender uma lâmpada em um ambiente residencial até os impressionantes aceleradores de partículas.

1.1 DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA

Com os avanços tecnológicos as possibilidades para a utilização do eletromagnetismo estão se ampliando cada vez mais. A humanidade atualmente tem uma dependência vital desses fenômenos. É importante salientar que não se espera que todas as pessoas tenham um entendimento completo do eletromagnetismo. Por outro lado, é preocupante que as pessoas não tenham um conhecimento elementar sobre o assunto, para garantir a segurança e bom uso dos utensílios domésticos baseados nessa tecnologia.

1.2 OBJETIVO GERAL

O intuito deste trabalho é realizar uma breve abordagem sobre alguns fenômenos eletromagnéticos presentes no cotidiano, basicamente, no que diz respeito a correntes elétricas e tensões. Faremos isso através de revisões literárias em livros de ensino médio e superior, pesquisas em sites educacionais, sites de engenharia elétrica, consultas a alguns manuais de normas técnicas e de segurança. Verificamos que diversas informações são aplicáveis no dia a dia, podendo diminuir significativamente a distância entre teoria e prática.

1.3 OBJETIVO ESPECÍFICO

Com as informações obtidas durante a pesquisa é possível desmistificar algumas crenças que são reproduzidas, talvez até de maneira ingênua, mas podem ser perigosas,

principalmente no que diz respeito à relação de proporcionalidade entre corrente elétrica e tensão.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 CORRENTE ELÉTRICAS

A melhor forma de abordar qualquer tipo de assunto é dando uma definição clara e objetiva. As correntes elétricas podem ser definidas como o movimento ordenado de portadores de carga, ou seja, um deslocamento com direção e sentido preferencial (Sampaio, José Luiz, 2005). por mais simples que essa definição possa parecer, ela levanta uma série de questionamentos. Por exemplo, o que são portadores de carga? O que significa movimento ordenado? O que provoca esse movimento?

Portadores de carga são partículas que possuem carga elétrica e essas partículas podem ser elétrons livres como os que existem nos metais e no grafite, podem ser íons, como os existentes nas soluções eletrolíticas obtidas através da dissociação de um ácido, uma base ou um sal em água. Por exemplo, Cloreto de sódio (NaCl) em água, ao se dissolver, libera íons positivo de sódio (Na^+) e íons negativos de cloro (Cl^-) (ou cátions e ânion respectivamente) (Sampaio, José Luiz, 2005). Outro exemplo são os gases ionizados, onde os portadores de carga podem ser cátions, ânions ou elétrons livres, como se pode observar nas lâmpadas de vapor de mercúrio, por exemplo.

Também é possível haver correntes elétricas até mesmo no vácuo, para qual as correntes são produzidas através de rajadas de elétrons ou raios catódicos, isso era utilizado nos antigos televisores de tudo, que eram classificados como monitores CRT (sigla em inglês para tubo de raios catódicos) (Biscuola, Gualter José, 2001).

Com o avanço tecnológico, se desenvolveram processos mais engenhosos para se produzir correntes elétricas com outros objetivos, um exemplo disso são os grandes aceleradores de partículas onde é possível produzir correntes elétricas formadas por prótons e em altas velocidades (Biscuola, Gualter José, 2001).

Insistimos que para que haja uma corrente elétrica é necessário exista um fluxo de partículas carregadas, pois no interior de um fio metálico, por exemplo, há um movimento intenso de elétrons livres em direções aleatórias com velocidade média na ordem de 10^6 m/s, contudo devido a aleatoriedade do movimento das partículas não há um fluxo direcional definido, consequentemente, não existe uma corrente elétrica. Outro ponto a ser observado é a

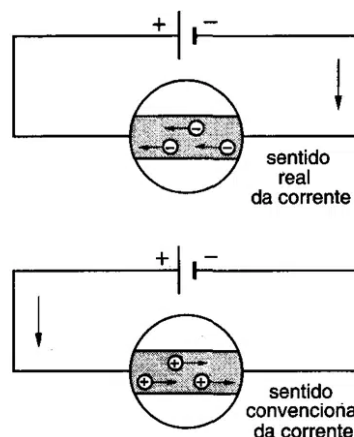
quantidade de carga nesse fluxo de portadores de carga. Por exemplo, o fluxo de água em uma mangueira de jardim é enorme. Porém, nas moléculas de água existe uma quantidade idêntica de portadores de carga positiva e negativa fazendo com que a corrente total no fluxo seja nula e portanto não haja corrente elétrica. (Halliday, David, 2012).

2.2 SENTIDO CONVENCIONAL E INTENSIDADE DE UMA CORRENTE ELÉTRICA

Existe uma peculiaridade no que diz respeito a correntes elétricas quando se trata do sentido o qual os portadores de cargas se deslocam, o sentido da corrente elétrica foi convencionado como sendo oposto ao sentido ao qual se movem os elétrons livres.

Essa “confusão” se deve ao fato de que durante séculos acreditou-se que eram as cargas positivas que se deslocavam. Se os elétrons tivessem sido convencionados como tendo carga positiva o problema não existiria (Griffiths, David, 2011).

Figura 1: Sentido real e sentido convencional da corrente elétrica.



Fonte: Conhecimento científico, 2022

Considerando um fio metálico qualquer a intensidade média da corrente elétrica i é definida como a quantidade de cargas elétricas que passam através da secção transversal do fio em um dado intervalo de tempo, sendo matematicamente descrita da seguinte forma:

$$i = \frac{q}{\Delta t} \quad (4)$$

No sistema internacional a unidade para carga elétrica é o Coulomb (C), uma homenagem ao físico francês Charles Augustin de Coulomb (1713 - 1806) que formulou a lei de atração/repulsão entre partículas carregadas que também leva seu nome: “A força entre

duas cargas é diretamente proporcional ao produto delas e é inversamente proporcional ao quadrado da distância que as separa”, o Coulomb por segundo possui uma definição específica no sistema internacional, que é o Ampère (A),

$$1 \frac{C}{s} = 1 \text{ Ampère} = 1A \quad (5)$$

uma homenagem ao físico, também francês, André-Marie Ampère (1775 - 1836), que contribuiu significativamente para o desenvolvimento do eletromagnetismo, Ampère introduziu o conceito de corrente elétrica, além de elaborar teorias explicativas sobre propriedades magnéticas dos materiais dentre outras contribuições (Biscuola, Gualter José, 2001).

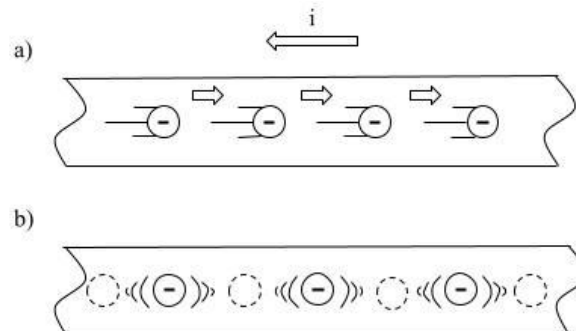
2.2.1 Velocidade de uma corrente elétrica

A maioria das pessoas têm uma ideia intuitiva de que a eletricidade se desloca de maneira instantânea, essa concepção se estabelece naturalmente através da observação leviana de fenômenos do cotidiano, como por exemplo o acionamento de um interruptor de luz faz com que uma lâmpada acenda imediatamente. Entretanto, a velocidade com a qual os elétrons livres dentro de um fio condutor se movem quando existe um campo elétrico (grandeza que será abordada mais adiante) é muito baixa, essa grandeza é conhecida como velocidade de deriva ou velocidade de arrasto e é da ordem de 10^{-4} ou 10^{-5} m/s, ou seja, cerca de mm/s (Halliday, David, 2012)! Então por que quando o interruptor é acionado a lâmpada acende imediatamente? Mesmo a velocidade de arrasto dos elétrons sendo baixa, a transmissão da força que provoca o arrasto, ou seja, o campo elétrico, é rápida, para ser mais exato o campo elétrico se desloca a 300.000 km/s velocidade equivalente à da luz.

2.3 TIPOS DE CORRENTES ELÉTRICAS

Existem dois tipos de correntes elétricas, a corrente contínua (CC) e a corrente alternada (CA). A corrente contínua, os elétrons fluem no fio em um único sentido, água passando por dentro de uma mangueira é uma boa analogia para nível de entendimento. Já a corrente alternada os elétrons mudam de sentido periodicamente, ou seja, eles oscilam em torno de determinada posição, executando movimentos de vaivém (Biscuola, Gualter José, 2001), ao menos no Brasil, essa mudança de sentido ocorre sessenta vezes por segundo, para ser mais preciso, possui uma frequência de 60Hz.

Figura 2: a) Corrente contínua e b) Corrente alternada



Fonte: Biscuola, Gualter José, 2001. (adaptada)

Devido às características distintas, cada corrente tem uma aplicação considerada mais adequada no cotidiano, contudo essas convenções nem sempre foram assim tão “harmônicas”.

2.4 GUERRA DAS CORRENTES

Em meados do século XIX, quando os avanços da tecnologia permitiam uma compreensão dos fenômenos eletromagnéticos a ponto de se cogitar a distribuição de energia elétrica para nível metropolitano, Thomas Edison (1847 - 1931) e Nikola Tesla (1856 - 1943) dois dos maiores inventores de todos os tempos, protagonizaram o evento que ficou conhecido posteriormente como a guerra das correntes.

Thomas Edison defendia que a melhor maneira de se distribuir energia elétrica era através da corrente contínua, enquanto Nikola Tesla, por sua vez, defendia que era através da corrente alternada. As evidências mostravam que a corrente alternada era muito mais vantajosa e economicamente aplicável para a transmissão da energia, pois permitia que grandes geradores, localizados a quilômetros de distância enviassem energia elétrica através de longas linhas de transmissão. Com a corrente contínua isso não era viável, devido a perdas de energia na forma de calor, ou seja, o sistema de Thomas Edison só permitia a transmissão de energia em curtas distâncias. Para que pudesse ser aplicado, teria que haver pequenas usinas termelétricas em cada quarteirão, além desse modelo ser inconcebível ele é até ligeiramente distópico. Como se não fosse suficiente o sistema necessitava de cabos de cobre puro que eram mais robustos e, conseqüentemente, mais caros. (Aventuras na história, 2019).

Por estar irredutível quanto ao uso da corrente contínua e, provavelmente, motivado por interesses comerciais, Thomas Edison iniciou uma verdadeira campanha de difamação e desqualificação da corrente alternada e de Nikola Tesla, chamando-o de “trapaceiro” e classificando a corrente alternada como “amaldiçoada”. (Aventuras na história, 2019). Relatos históricos evidenciam que Edison elevou a expressão “*marketing* agressivo” a outro patamar, chegando a contratar especialistas para mostrar os perigos da corrente alternada, envolvendo alguns episódios extremamente controversos de eletrocução de animais. Até mesmo a cadeira elétrica foi usada como argumento em favor da corrente contínua, pois ela fazia uso da corrente alternada para executar os condenados. O curioso é que, de acordo com registros históricos, isso teria sido uma sugestão do próprio Thomas Edison (Aventuras na história, 2019), a grande ironia é que ele era contra a pena de morte. (Canal Ciências Criminais, 2016). É importante deixar bem claro que a corrente contínua não é inofensiva! A questão é que, proporcionalmente, os efeitos fisiológicos da corrente alternada no corpo humano são mais danosos e têm um maior índice de letalidade, entretanto a corrente contínua também pode matar, portanto choques elétricos, independente do tipo da corrente, devem ser evitados a todo custo. (Mattede, Henrique, 2022)

Apesar da propaganda negativa, polêmicas e controvérsias a questão econômica falou mais alto, as correntes alternadas foram adotadas como padrão para transmissão de energia elétrica. Isso não significa que a corrente contínua é perdedora, longe disso, ela só não é adequada para transmissão de energia em longas distâncias, tanto que uma infinidade de equipamentos um pouco mais complexos do que um motor ou uma lâmpada, como por exemplo televisores, aparelhos de telefone, computadores dentre outros, utilizam a corrente contínua, haja vista que ela é mais eficiente em baixas tensões. (Aventuras na história, 2019).

2.5 DIFERENÇA DE POTENCIAL

Agora é preciso responder o que causa uma corrente elétrica, ou seja, o que é que faz os portadores de carga se moverem? Basicamente, isso ocorre devido a uma diferença de potencial (ddp) também conhecida como tensão elétrica ou voltagem. Essa diferença de potencial pode ser obtida através de geradores elétricos que podem ser várias origens i) eletromagnéticos como no caso das grandes usinas hidroelétricas que fazem uso da rotação de espiras metálicas em campos magnéticos para assim produzir correntes elétricas; ii) químicas, como por exemplos as pilhas e baterias que se utilizam de reações químicas, ou fotovoltaicos como os painéis solares que produzem correntes elétricas através do efeito fotoelétrico

(Sampaio, José Luiz, 2005). O dispositivo em questão realiza trabalho (T) nos portadores de carga estabelecendo assim uma corrente, em outras palavras, ele transfere energia para que as partículas carregadas possam se deslocar (Halliday, David, 2012). Lembrando que trabalho é definido matematicamente por:

$$T = F \cdot d \quad (6)$$

Onde o “F” é força e o “d”, deslocamento. A unidade de trabalho é o Joule (J) que é a mesma unidade de energia. Uma homenagem ao físico britânico James Prescott Joule (1818 - 1889) que realizou diversos trabalhos relacionados a conservação da energia que culminaram no desenvolvimento da termodinâmica. (MUNDO EDUCAÇÃO, 2022)

Para indicar a energia fornecida pelos geradores aos portadores de carga, foi estabelecida uma grandeza denominada força eletromotriz (fem, como usualmente é abreviado) que é a energia recebida por cada unidade de carga que passa pelo gerador e é definida matematicamente de acordo com a eq. (7)

$$fem = \frac{\text{Energia}}{\text{Carga}} = \frac{T}{Q} \quad (7)$$

A definição de força eletromotriz é bastante semelhante à definição de tensão elétrica (U). como mostra a eq. (8):

$$U = \frac{\text{Energia com que a carga sai}}{\text{Carga}} \quad (8)$$

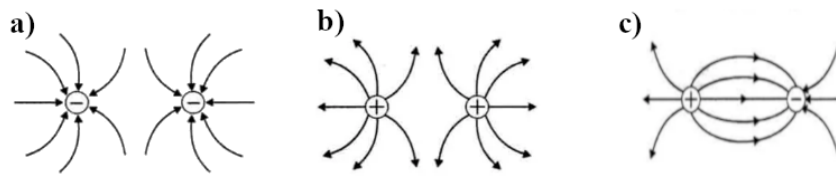
A diferença é que a força eletromotriz indica a quantidade de energia total que cada unidade de carga recebeu, enquanto a tensão elétrica informa com qual energia sai a carga do gerador. Existe uma perda de energia no próprio gerador, isso faz com o que a tensão seja ligeiramente menor que força eletromotriz. Em nível didático, é comum considerar o gerador como ideal, ignorando assim perdas internas de energia, dessa forma a força eletromotriz se torna igual a tensão elétrica (Sampaio, José Luiz, 2005).

No sistema internacional a unidade para força eletromotriz e tensão elétrica é J/C, ou Volt (V) como é definido no sistema internacional, sendo uma homenagem a o cientista italiano Alessandro Volta (1745 - 1827) que foi o inventor da pilha voltaica (BRASIL ESCOLA, 2022).

$$1 \frac{J}{C} = 1 \text{ Volt} = 1V \quad (9)$$

Essa energia surge por conta da atuação dos campos elétricos que nas palavras de David Griffiths (2011): “é uma entidade física ‘real’ que preenche o espaço em torno de qualquer carga elétrica”, ou seja, estão presentes em qualquer partícula carregada e podem produzir forças de atração ou repulsão a depender da polaridade dos portadores de cargas, cargas iguais se repelem enquanto cargas opostas se atraem.

Figura 3: a) e b) cargas iguais e c) cargas opostas.

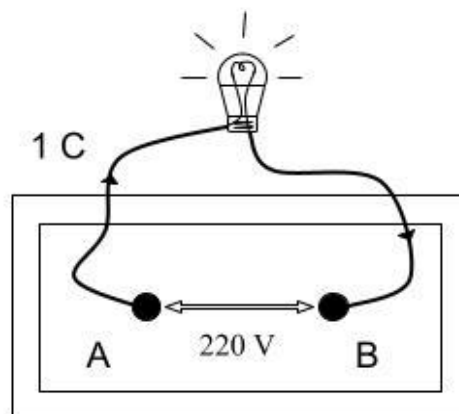


Fonte: Blog do enem, 2022 (adaptada)

2.5.1 Tensões comuns

O conceito de “voltagem” é bastante comum no dia a dia, possivelmente, todo mundo já deve ter ouvido falar que, no Brasil, as tomadas residenciais são de 110 V (na verdade 127 V para o qual foi adaptada há alguns anos (Farinaccio, Rafael, 2019)) ou 220 V. Isso significa que se um aparelho for ligado em uma tomada de 220 V, cada carga de 1 C, receberá 220 J de energia para se deslocar de terminal para outro (Máximo, Alvarenga, 1994):

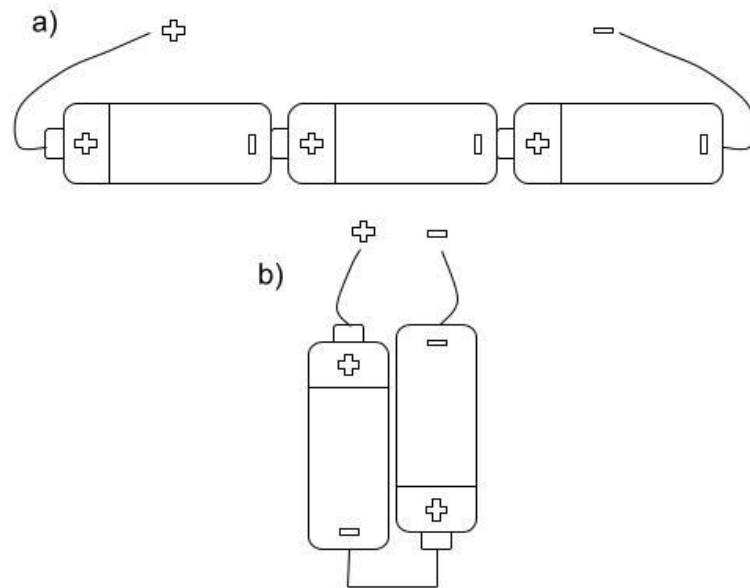
Figura 4: Tomada de 220 V.



Fonte: Máximo, Alvarenga, 1994 (adaptada)

O mesmo se aplica a outros níveis de tensão comuns no cotidiano como a 127 V que o padrão de muitas regiões do Brasil, os 12 V das baterias dos carros o 1,5 V das pilhas, que normalmente são postas em associação com outras pilhas ligando pólo o positivo no pólo negativo da outra para a obtenção de tensões ligeiramente maiores como mostra a ilustração abaixo:

Figura 5: Associação de pilhas, a) em linha, b) em paralelo.



Fonte: Máximo, Alvarenga, 1994. (adaptada)

No Brasil as tensões mais comuns são as de 127 e 220 volts, podendo variar ligeiramente em algumas regiões, sob a regulamentação a agência nacional de energia elétrica (ANEEL), entretanto por que em alguns lugares se usa a tensão de 127 V enquanto, em outros é utilizada a tensão de 220 V? A tensão de 220 V é mais econômica pois precisa condutores mais finos que, normalmente, são de cobre, enquanto a tensão de 127 V é mais segura para quem, eventualmente, levar um choque elétrico (Farinaccio, Rafael, 2022). Além dessas existem outras tensões devidamente regulamentadas, como a 380 e 440 V, além das tensões consideradas “altas”, de acordo com a NR 10 (norma regulamentadora) tensões acima de 1000 V para correntes alternadas e 1500 V para correntes contínuas já são consideradas altas. uma tensão muito comum em longas linhas de transmissão é a de 13800 V, que é reduzida através de transformadores, que são dispositivos que convertem essa tensão em tensões mais baixas para que possa ser feita a distribuição nas cidades.

3 CORRENTE E TENSÃO SÃO INVERSAMENTES PROPORCIONAIS! SERÁ?

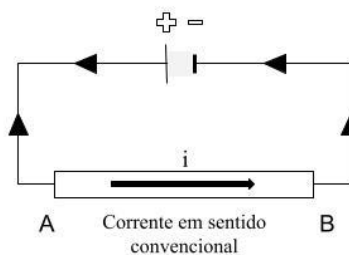
Não é raro encontrar pessoas que alegam que a relação que existe entre corrente e tensão é que elas são inversamente proporcionais, existem até alguns debates entre profissionais

sobre o tema, mas antes de analisar isso é preciso abordar uma outra grandeza igualmente importante: a resistência elétrica.

3.1 RESISTÊNCIA ELÉTRICA

Imaginando uma haste de um material condutor qualquer com suas extremidades ligadas a uma bateria será estabelecida uma diferença de potencial e, conseqüentemente, uma corrente elétrica.

Figura 6: Corrente elétrica em um condutor



Fonte: Máximo, Alvarenga, 1994. (adaptada)

Os portadores de carga, no caso os elétrons, que irão se deslocar devido a diferença de potencial vão colidir nos átomos ou moléculas que compõe o condutor havendo então uma oposição oferecida pelo condutor à passagem da corrente elétrica através dele, dependendo da natureza do material, essa oposição pode ser maior ou menor. Essa propriedade é definida por uma grandeza conhecida como resistência elétrica (R) que se relaciona matematicamente com corrente e tensão da seguinte forma:

$$R = \frac{U}{i} \quad (10)$$

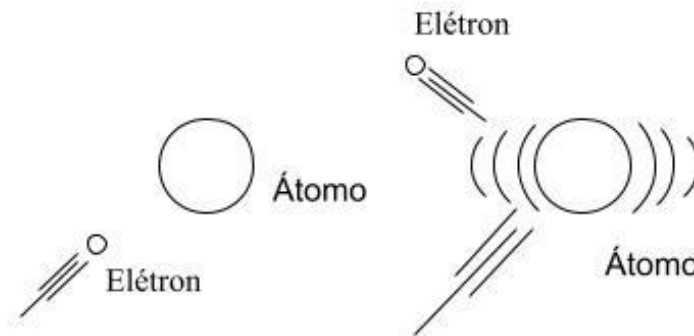
Ou seja, a resistência é diretamente proporcional à tensão e inversamente proporcional à corrente elétrica. No sistema internacional a unidade desta grandeza é o V/A e essa unidade, por sua vez, é denominada Ohm (Ω), em homenagem ao físico alemão George Simon Ohm (1787 - 1854) que deu grandes contribuições com seus estudos na teoria dos circuitos elétricos e suas aplicações. (Máximo, Alvarenga, 1994)

$$1 \frac{V}{A} = 1 \text{ ohm} = 1 \Omega \quad (11)$$

Uma consequência direta dessas colisões entre os elétrons e os átomos ou moléculas da substância em questão, é uma elevação da temperatura, ou formalmente, a energia potencial elétrica é transformada no condutor em energia térmica, fenômeno conhecido como efeito Joule (Biscuola, Gualter José, 2001).

O efeito Joule pode ser bastante danoso em circuitos elétricos, pois o calor excessivo pode causar o desgaste prematuro dos componentes, por outro lado existem ocasiões, onde efeito Joule é o objetivo do dispositivo, ou seja, converter energia elétrica em calor, como no caso dos aquecedores e chuveiros elétricos.

Figura 7: Efeito Joule



Fonte: Biscuola, Gualter José, 2001. (adaptada)

Provavelmente, a corrente elétrica, a tensão e a resistência são os elementos mais básicos no que diz respeito à eletricidade no cotidiano, pois com eles já se torna possível montar um circuito. Existem inúmeros dispositivos elétricos que são igualmente familiares como capacitores, indutores, reostatos, fusíveis, interruptores dentre outros. Esses dispositivos podem ser associados de inúmeras maneiras na montagem de circuitos complexos para se obter os mais variados resultados, porém explicar como todos eles funcionam individualmente foge dos objetivos deste trabalho.

3.2 RELAÇÃO ENTRE CORRENTE ELÉTRICA E TENSÃO

A relação que existe entre a diferença de potencial aplicada num condutor e a intensidade da corrente elétrica é expressa pela eq. 11. Essa relação revela que diferença de potencial e corrente elétrica são diretamente proporcionais, ou seja:

$$\frac{U}{i} = R = \text{Constante} \quad (12)$$

Os condutores que obedecem essa proporcionalidade são conhecidos como condutores ôhmicos, sendo (R) constante e estando em temperatura constante, a eq. 12 é denominada primeira lei de Ohm (Biscuola, Gualter José, 2001).

Segundo David Griffiths, (2011, p. 200):

“Supondo que não existe fórmula da física mais conhecida do que a lei de Ohm e, no entanto, ela não é verdadeiramente uma lei no sentido da lei de Gauss ou da Lei de Ampère; ela é mais uma ‘regra geral’ que se aplica bem a muitas substâncias. Você não ganhará um prêmio Nobel se encontrar uma exceção...”

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Agora é levantada a seguinte questão: se a lei de Ohm indica que diferença de potencial e corrente são diretamente proporcionais, porque existem pessoas que alegam que elas são inversamente proporcionais? Isso se deve a utilização da relação matemática para potência dissipada em um resistor:

$$Pot = U.i \quad (13)$$

que mostra uma relação de proporcionalidade inversa entre tensão e corrente. A unidade de potência é o Watt (W) uma homenagem a James Watt (1736 - 1819) um engenheiro mecânico e matemático escocês que aperfeiçoou a máquina à vapor no início da revolução industrial (Frazão, Dilva, 2021). É possível realizar um teste prático com essa relação, considerando o seguinte exemplo, dois chuveiros elétricos de 5000W de potência um projetado para funcionar em 127V e o outro em 220V:

Tabela 1: Tensão e potência em chuveiros elétricos

Aparelho	Tensão	Potência
Chuveiro elétrico 1	127 V	5000 W
Chuveiro elétrico 2	220 V	5000 W

Isolando a corrente (i) e fazendo uma aplicação direta da eq. 13, podemos verificar os seguintes valores:

Tabela 2: Tensão e correntes em chuveiros elétricos

Aparelho	Tensão	Corrente
Chuveiro elétrico 1	127 V	39,4 A
Chuveiro elétrico 2	220 V	27,7 A

Baseados em resultados como esses, muitos insistem que tensão e corrente são inversamente proporcionais, porém ao realizar os cálculos dessa forma uma importante grandeza é negligenciada: a resistência elétrica. Combinando a eq. 13 com a equação eq. 12, pode se obter duas outras expressões:

$$Pot = \frac{U^2}{R} \quad (14)$$

$$Pot = U \cdot i^2 \quad (15)$$

Isolando a resistência e realizando os cálculos utilizando os dados da tabela 1 é possível os seguintes resultados:

Tabela 3: Tensão potência e resistência chuveiros elétricos

Aparelho	Tensão	Potência	Resistência
Chuveiro elétrico 1	127 V	5000 W	~ 3,2 Ω
Chuveiro elétrico 2	220 V	5000 W	~ 9,7 Ω

Ou seja, a resistência elétrica correspondente ao chuveiro 2 é praticamente três vezes maior que a do chuveiro 1. Aplicando esses valores na lei de Ohm eq.12 se encontram os seguintes valores para as corrente:

Tabela 4: Tensão, resistência e correntes em chuveiros elétricos

Aparelho	Tensão	Resistência	Corrente
Chuveiro elétrico 1	127 V	~ 3,2 Ω	~ 39,7 A
Chuveiro elétrico 2	220 V	~ 9,7 Ω	~ 22,7 A

Os dados obtidos na tabela 4, são os mesmos da tabela 2 (desconsiderando os arredondamentos), contudo a diminuição da corrente elétrica no chuveiro elétrico 2 se deve ao aumento da resistência elétrica e não ao aumento da tensão. Isso pode ser facilmente verificado ligando o chuveiro elétrico 1 em uma tomada de 220 V e o chuveiro elétrico 2 em uma tomada de 127 V, salientando que este é um exemplo teórico para fins didáticos, intuitivamente, a maioria das pessoas sabe (embora não o real motivo) o que acontece quando um aparelho projetado para funcionar em uma determinada tensão é ligado em uma tensão maior, logo esse procedimento não deve ser realizado para que não ocorram acidentes:

Tabela 5: Tensão, resistência e correntes em chuveiros elétricos conectados em tensões invertidas.

Aparelho	Tensão	Resistência	Corrente
Chuveiro elétrico 1 (127 V)	220 V	$\sim 3,2 \, \Omega$	$\sim 68,7 \, \text{A}$
Chuveiro elétrico 2 (220 V)	127 V	$\sim 9,7 \, \Omega$	$\sim 13,1 \, \text{A}$

Esses resultados confirmam a relação de proporcionalidade direta entre tensão e corrente, no caso do chuveiro elétrico 1 a corrente aumenta de forma tão significativa que em um equipamento real provocaria a “queima” da resistência.

A única forma de haver uma relação de proporcionalidade inversa entre tensão e corrente seria se a potência fosse constante. Todo equipamento é projetado para trabalhar em uma determinada potência, contudo o valor da potência é diretamente proporcional à tensão aplicada, ou seja, aumentando a tensão a potência aumenta e, conseqüentemente, a corrente também aumenta, mostrando mais uma vez, a proporcionalidade direta entre tensão e corrente. (FREITAS, Adoniran, 2018)

No exemplo acima foi considerado que os aparelhos não eram bivolt, que é um recurso de chaveamento interno que identifica o valor da tensão de entrada e ajusta eletronicamente para uma tensão e potência de saída constante. (FREITAS, Adoniran, 2018)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A falta de conhecimento sobre os fenômenos eletromagnéticos mesmo e em nível elementar é mais comum do que se imagina e atinge pessoas com diferentes graus de instrução, inclusive muitos profissionais que trabalham com eletricidade. Essa falta de conhecimento por si só, pode até não ser tão grave, o problema consiste em informações equivocadas que são propagadas e tomadas como verdades, como caso da proporcionalidade inversa entre corrente e tensão.

Neste trabalho, foi considerada a hipótese onde um equipamento projetado para funcionar em uma tensão de 127V seria ligado em uma tensão de 220V, através de um senso comum a maioria sabe que o equipamento vai “queimar”, e esse mesmo senso comum fará que as pessoas pensem que a “queima” ocorreu devido ao aumento da tensão, quando na verdade foi por conta do aumento da intensidade da corrente elétrica ocasionada pela menor resistência elétrica do equipamento.

O mundo contemporâneo só é possível por causa do desenvolvimento do eletromagnetismo, isso graças ao esforço de grandes nomes da ciência que dedicaram seu tempo e esforços para compreender esses fenômenos.

REFERÊNCIAS

SAMPAIO, José Luiz. **Universo da física, 3:** ondulatória, eletromagnetismo, física moderna. 2. ed. São Paulo: Atual, 2005.

BISCUOLA, Gualter José; VILLAS BÔAS, Newton; DOCA, Ricardo Helou. **Tópicos de física, 3:** eletricidade e física moderna. 15. ed. São Paulo: Saraiva, 2001.

MÁXIMO, Antônio; BEATRIZ, Alvarenga. **Curso de física - Volume 3**, 3 ed. São Paulo, Harbra, 1994.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de física, volume 3:** eletromagnetismo. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

GRIFFITHS, David J. **Eletrodinâmica**. 3. ed. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2011.

JUNIOR, Joabe Silas da Silva. “James Prescott Joule”; **Mundo Educação**, 2022. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br>. Acesso em 29 mar 2022.

FOGAÇA, Jennifer Rocha Vargas. "Alessandro Volta"; **Brasil Escola**. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/quimica/alessandro-volta.htm>. Acesso em 09 abr 2022.

AVENTURAS NA HISTÓRIA. **Uol**; 2019. Tesla vs Edison: a disputada guerra das correntes. Disponível em: <https://aventurasnahistoria.uol.com.br>. Acesso em 10 abr 2022.

FRAZÃO, Dilva. “James Watt: Engenheiro e matemático escocês”; **ebiografia**. Disponível em: <https://www.ebiografia.com>. Acesso em 15 abr 2022.

CANAL CIÊNCIAS CRIMINAIS. **Jusbrasil**; 2016. A guerra das correntes e a criação da cadeira elétrica. Disponível em: <https://canalcienciascriminais.jusbrasil.com.br>. Acesso em 10 abr 2022.

MATTEDE, Henrique. Choque em corrente contínua x alternada! Qual a diferença? **Mundo da elétrica**; 2022. Disponível em: <https://www.mundodaeletrica.com>. Acesso em 14 abr 2022.

FARINACCIO, Rafael. 110 V ou 220 V? Por que regiões do Brasil têm padrões de tensão diferentes? **Tecmundo**; 2019. Disponível em: <https://www.tecmundo.com.br>. Acesso em 14 abr 2022.

FREITAS, Adoniran; **Maior tensão - Menor corrente, verdade ou mito? Comprovamos para você!** Youtube, 21 set 2018. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=VKvQWE-snBM>. Acesso em: 16 abr 2022.

NORMA REGULAMENTADORA - NR 10 - **Segurança em instalações e serviços em eletricidade**. Brasília. 2004.