



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DE MESTRADO PROFISSIONAL EM
ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

Maria Jucicléia da Silva

PRODUTO EDUCACIONAL

ELETROATIVIDADE

Brasília
2025
Maria Jucicléia da Silva



MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

ELETROATIVIDADE

Este produto educacional é parte integrante da dissertação: ELETRODINÂMICA NO NOVO ENSINO MÉDIO: UMA PROPOSTA DIALÓGICA SOB A PERSPECTIVA CTSA, desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 01 – UnB / IF, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:
Khalil Oliveira Portugal

Brasília
2025

AGRADECIMENTOS

Ao Dr. Khalil Oliveira Portugal, meu orientador. Por ser a bússola, a calma em mar revolto, pela perspicácia e sensibilidade, por todos os ensinamentos, pela acolhida, a quem expresso profundo respeito.

À Universidade de Brasília, onde mais me sinto em casa, por todo o conhecimento, apoio e oportunidades oferecidos ao longo da minha jornada acadêmica. Foram anos de crescimento, desafios e conquistas que levarei para toda a vida. Levo comigo não apenas o conhecimento técnico, mas também valores, experiências e memórias que moldaram minha trajetória pessoal e profissional. Sinto-me honrada por ter feito parte desta instituição que tanto contribuiu para minha formação.

Ao corpo docente do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física. Toda minha trajetória é graças a este incrível ambiente acadêmico e social proporcionado por vocês. Serei eternamente grata.

Agradeço a todos os funcionários e colaboradores da instituição, que tornaram o ambiente universitário mais acolhedor e eficiente.

À minha amantíssima esposa, Cíntia Breve, pelo incondicional apoio e incentivo nesses mais de 730 dias, obrigada por todos eles.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – código de financiamento 001.

SUMÁRIO

1 AOS PROFESSORES	5
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	9
2.1. O que significa aprender?	10
2.2. Por que Paulo Freire	11
2.3. Pedagogia Freiriana	12
2.4. Perspectiva CTSA Enquanto Abordagem Educacional	15
3 METODOLOGIA DE ENSINO	17
3.1. Elaboração do Produto Educacional	18
4 METODOLOGIA DE TRABALHO	22
4.1 Os Três Momentos Pedagógicos	22
4.2 Aplicação do Produto Educacional	24
5 ELETROATIVIDADE: ELETRODINÂMICA EM UMA VISÃO CTSA	27
Texto I - Eletricidade Fatal	28
Verificação de Leitura	35
Atividade de Pesquisa e Aprofundamento	36
Texto II - Marcapasso: o maestro do ritmo cardíaco	40
Verificação de Leitura	48
Atividade de Pesquisa e Aprofundamento	49
Texto III - Resistir é preciso!	50
Verificação de Leitura	54
Atividade de Pesquisa e Aprofundamento	55
Texto IV - Era uma casa muito sem graça, não tinha circuito, não tinha nada	57
Verificação de Leitura	65
Atividade de Pesquisa e Aprofundamento	66
6 CONSIDERAÇÕES FINAS	68
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71



1. AOS PROFESSORES

Prezados colegas, professores que incansavelmente lutam por um ensino de Física de qualidade, me dirijo a vocês como alguém que se preocupa com os rumos da educação em nosso país, que não quer apenas assistir atônita à escalada de movimentos anticiência e o desinteresse que assola nossas salas de aula. Reconheço que a escola tem uma função social imprescindível em um país com tamanha desigualdade socioeconômica, ascender social e intelectualmente através do estudo é uma das formas mais sólidas e acessíveis que muitos de nós e nossos alunos têm a recorrer.

Me chamo Maria Jucicléia da Silva, tenho 34 anos, dos quais dez (10) anos como docente de Física nas redes públicas de ensino do Distrito Federal e Goiás. Desde o início do meu efetivo exercício cargo preocupação com minha prática em sala de aula e consequente contribuição ao ensino do meu país. Eventos recentes escancararam essas preocupações ao serem disseminadas informações anticientíficas e o impacto disso para a nossa sociedade. Como sinto o peso da responsabilidade por fazer parte do processo de formação dos estudantes, desejo realizar o melhor trabalho possível para contribuir com o ensino de ciências, especificamente da Física, e consequentemente com o bem-estar social.

Logo que iniciei como docente ficou claro que o que aprendi, aprendi para mim. Satisfazia as minhas questões e não as dos outros. A pluralidade de pensamentos, experiências de vida e situações particulares do ambiente escolar (calendário, currículo, vestibular, emocional dos estudantes, falta de recursos, desinteresse) fez emergir dúvidas sobre minha atuação e de que não bastavam minhas intenções. Como garantir os princípios e finalidades do ensino brasileiro, tais como, garantia de padrão de qualidade, consolidação e aprofundamento dos conhecimentos adquiridos previamente, preparação básica para o trabalho, cidadania, desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico, compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática e promoção humanística,

científica e tecnológica do país, e ainda prepará-los para os vestibulares, avaliações externas, etc.?

Faz um tempo que percebi que não dá para abordar todos os conteúdos listados nos currículos e sumários dos livros didáticos, mas como escolher o que é essencial para contemplar uma formação integral e preparatória para vestibulares?

Por mais que eu deseje ensinar o que desperta interesse, com tempo para debates, diminuir a resolução de problemas repetitivos e focados em situações irreais apenas para aplicar equações, não poderia deixá-los desassistidos durante o processo de preparação para vestibulares porque eu precisei também dessa formação para chegar até aqui, além de que não formarei físicos no ensino médio e não os nortear para as múltiplas possibilidades do ensino superior estaria em desacordo com o que acredito.

Na medida do possível participo de olimpíadas do conhecimento (OBA, OBF, MOBFOG, OBSAT), mas percebo que só alguns estudantes realmente sentem-se instigados a participar e enxergam um caminho científico para seguir. Em 2021 participei da Escola Sirius para Professores do Ensino Médio (ESPEM) do Centro Nacional de Pesquisas em Energia e Materiais (CNPEM), um evento de popularização do conhecimento técnico e de ponta produzido por pesquisadores do Brasil no Acelerador de Partículas Sirius. Vendo os estudantes em espanto e entusiasmo com um acelerador de partículas brasileiro, solicitei que fossem propagadores de informação de qualidade, compartilhassem em suas redes sociais o que mais interessante acharam do Sirius. Foram por um instante divulgadores científicos. Mas como mantê-los sempre engajados? Até porque leciono para todos e não apenas para um pequeno grupo de interessados.

Por tudo isso, senti a necessidade de aperfeiçoar minha prática docente para que possa de fato proporcionar uma aprendizagem significativa aos estudantes, contribuir positivamente para a melhoria da qualidade do ensino de Física e ao progresso da sociedade brasileira através da educação. Desta forma me propus o desafio de encarar o Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) com o propósito de me apropriar ainda mais do conhecimento que ensino diariamente há anos e de ter argumentos que alicercem minhas

decisões quanto aos conteúdos a serem trabalhados em sala de aula, para além das limitações impostas pelos currículos estaduais ou pelo excesso cobrado nos vestibulares. Muitas vezes lutei, mas temi ser injusta com meus alunos, lhes dou ouvidos e busco ensinar o que mais lhes desperta interesse ou sigo como se fosse uma receita de bolo o sumário dos livros didáticos que dispomos? Foram essas dúvidas que o MNPEF respondeu.

Percebo semelhança entre as ideias enunciadas por Paulo Freire em sua *Pedagogia da Autonomia* (1996) com a proposta do MNPEF, como por exemplo: ensinar exige rigorosidade metodológica, pesquisa, reflexão crítica sobre a prática, consciência do inacabamento, apreensão da realidade, convicção de que a mudança é possível, curiosidade, segurança, competência profissional e generosidade, comprometimento, compreender que a educação é uma forma de intervenção no mundo, tomada consciente de decisões, saber escutar, disponibilidade para o diálogo e querer bem aos educandos.

Diante dos desafios citados e tantos outros aprendi com o MNPEF a saber fazer escolhas pautadas em sólidos argumentos que permitam-me sentir que faço o melhor possível em nome da Física e de uma formação que permita aos estudantes serem capazes de formular soluções para problemas contemporâneos e contribuir efetivamente para a melhora da qualidade de ensino do país.

Para isso, elaborei um produto educacional do tipo material didático, um texto de apoio aos livros didáticos escrito numa linguagem dialógica segundo a pedagogia de Paulo Freire para os professores de Física segundo a perspectiva CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente). Essa “roupagem” caracteriza-se por abordar temas científicos no seu contexto social e se apresenta com o objetivo de preparar os alunos para o exercício da cidadania, ou seja, essa perspectiva contempla a finalidade da Educação Básica expressa na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) em suas Competências Gerais.

Os conteúdos nessa abordagem têm inclusive caráter multidisciplinar, os conceitos são tratados de forma relacional, de maneira a evidenciar as diferentes dimensões do conhecimento estudado, aplicada através da metodologia dos Três Momentos Pedagógicos.

Neste trabalho especificamente, desenvolvido com a terceira série do Ensino Médio, o conteúdo abordado sob temas geradores nos textos produzidos é a Eletrodinâmica. A compreensão da Eletrodinâmica nos seus aspectos CTSA incentiva iniciativas e ações dos alunos que leva ao desenvolvimento de uma postura ética, socialmente comprometida e de responsabilidade social, uma perspectiva libertadora, emancipatória e crítica como pretendia Paulo Freire, uma atualização na abordagem da Física para o Ensino Médio de modo a contemplar resultados e teorias que visam uma compreensão adequada das mudanças que esses conhecimentos provocaram e irão provocar na vida dos cidadãos.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os conteúdos escolares e os materiais didáticos são apresentados de modo excessivamente artificial, resultado de escolhas ocorridas no processo de transposição didática, que procuram satisfazer mais questões de ordem prática do que didática. Isso leva os alunos a não reconhecerem a Física fora da escola. Os conteúdos de Física presentes nos manuais e livros didáticos se encontram distantes da vida cotidiana, das tecnologias, enfim, do mundo dos alunos. Tal abordagem distancia-se dos objetivos da educação brasileira.

Espera-se que os saberes ensinados tenham sentido para o aluno, na medida em que possam ser mobilizados em contextos fora dos muros escolares, internalizados em sua integralidade e exteriorizados quando se fizer necessários, seja para resolver um problema local ou global, imediato ou futuro.

Ricardo (2007) sugere que a Ciência e a Tecnologia sejam assumidas como referências dos saberes escolares e a Sociedade e o Ambiente sejam tratados como cenário de aprendizagem, do qual os problemas e questões sociais significativas surgiriam como temas a serem investigados com o suporte dos saberes científicos e tecnológicos.

Um dos entraves para a promoção desse tipo de ensino são as abordagens dos conteúdos nos livros didáticos, importante ferramenta do processo de ensino e aprendizagem. Dessa forma, pergunta-se: como um material didático dialógico pode contribuir para a aprendizagem em eletrodinâmica sob uma perspectiva Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA)? Esse problema investigado inclui a elaboração de um material didático na forma de textos dialógicos que podem complementar os livros didáticos distribuídos pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) e a análise de sua aplicação.

A metodologia do trabalho traz uma descrição detalhada do contexto de aplicação do produto educacional por meio dos Três Momentos Pedagógicos, os instrumentos, coleta e análise de informações dos resultados de sua aplicação em relação à aprendizagem para verificação de indícios ou evidências dessa aprendizagem, com ênfase em dados qualitativos.

O objetivo do MNPEF através do produto educacional é garantir uma aprendizagem de qualidade de algum conteúdo da Física, e esse objetivo,

segundo meu entendimento, não deve contrariar os objetivos de ensino expressos nos documentos normativos, tais como a Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB) e a (BNCC).

Quanto à BNCC ela estabelece que os seus objetivos podem ser alcançados por meio de competências (mobilização de conceitos e procedimentos) e habilidades (práticas, cognitivas e socioemocionais), somando-se aos propósitos que direcionam a Educação Básica para a formação humana integral e para a construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva (Brasil, 2028, p.7).

2.1. O que significa aprender?

A aprendizagem é um processo central para a constituição do ser humano como sujeito histórico, social e cultural. A psicologia da aprendizagem fornece uma definição para a palavra 'aprender', que auxiliará no entendimento do que é a aprendizagem proposta neste trabalho.

Aprender vem do latim *aprehendere* que significa agarrar, pegar, apoderar-se de algo (Nunes e Silveira, 2011). Pode-se conceber a aprendizagem como um processo no qual a pessoa “apropria-se de” ou torna seus certos conhecimentos. Está relacionado à mudança, à significação e à ampliação das vivências internas e externas do indivíduo. Aprende-se o que é necessário em determinada cultura para nos tornarmos parte dela, modifica-se o que já se sabe, é específico para cada pessoa, posto que não se pode aprender pelo outro. (Nunes e Silveira, 2011).

As aprendizagens podem acontecer através de diferentes estratégias (tendências pedagógicas) que permitem o envolvimento ativo com o objeto de conhecimento, mediados por instrumentos simbólicos como a linguagem, o pensamento e outros processos psicológicos. Alicerçada na abordagem Paulo Freire para o ensino, “a aprendizagem dos alunos na dimensão cognitiva é vista como um processo contínuo de elaboração de relações entre conhecimentos anteriores dos alunos e as novas informações que são disponibilizadas no processo de ensino (Abib, 2018, p. 146).

Com este produto educacional espera-se, a partir das atividades realizados pelos estudantes são que a aprendizagem se manifeste através da compreensão das Ciências como ferramenta para agir no mundo, produção de significados em contextos diversos para enfrentar questões de vida em sociedade, pensar o mundo cientificamente, expressar em linguagem própria das Ciências da Natureza e suas Tecnologias, conhecimento conceitual da Física, especificamente da Eletrodinâmica, contextualização histórica, social e cultural com ênfase nas aplicações de conhecimento científico e tecnológico, e nas implicações éticas, sociais, econômicas e ambientais.

2.2. Por que Paulo Freire?

Dentre as várias concepções de conhecimento e aprendizagem encontradas na literatura, a pedagogia de Paulo Freire pode ser descrita como uma pedagogia crítica, que busca formar sujeitos conscientes, ativos e transformadores da realidade, e, portanto, adequada para contribuir com uma aprendizagem sob uma perspectiva CTSA de forma dialógica.

Lemos em Pedagogia da Autonomia (2022) que ensinar exige rigorosidade metodológica, pesquisa, reflexão crítica sobre a prática, consciência do inacabamento, apreensão da realidade, convicção de que a mudança é possível, curiosidade, segurança, competência profissional e generosidade, comprometimento, compreender que a educação é uma forma de intervenção no mundo, tomada consciente de decisões, saber escutar, disponibilidade para o diálogo e querer bem aos educandos.

Na prática, o aluno deve ser ativo, focar em aspectos qualitativos da inteligência e a forma como cada indivíduo vai dando significado à realidade que o cerca. Processos de resolução de problemas devem ser estimulados para além do mero resultado. Esses aspectos ficam evidentes ao se propor leituras e pesquisas como etapas do processo de ensino-aprendizagem proposto no material didático desenvolvido neste trabalho, o produto educacional.

Tendências que se dizem dialógica propõe exatamente dialogar com os alunos sobre o tema a ser estudado, mostrar a eles o quanto já conhecem sobre o assunto, evidenciando que a temática desenvolvida em sala de aula está presente na prática social, ou seja, em seu dia a dia. Sendo assim, a assimilação

das características fundamentais de um conceito será muito mais fácil para o aluno quando os traços definidores desse conceito se apresentarem com as imagens visuais correspondentes (Alves, 2009).

Esse diálogo leva a práxis defendida por Paulo Freire em sua pedagogia. A relação dialética entre o homem e o mundo manifesta-se pela defesa de uma leitura da realidade compartilhada que se dá em tempo real, histórica e socialmente situada (Ricardo, 2018).

O ensino de Ciências, particularmente da disciplina Física, a aprendizagem deve estar voltada para finalidades mais abrangentes do que a aprendizagem de conteúdos, deve-se preocupar igualmente, com o desenvolvimento de conteúdos procedimentais (habilidades) e atitudinais, que envolvem valores e postura ética para a formação dos alunos. Afirma ainda que “envolve as relações entre Ciência, Tecnologia, sociedade e meio ambiente, fundamentais para um trabalho compatível com um ensino voltado à participação autônoma e crítica na sociedade contemporânea” (Abib, 2018, p. 147).

2.3. Pedagogia Freiriana

A BNCC não propõe um método de ensino, mas indica que para atender a essa nova perspectiva é imprescindível considerar a dinâmica social contemporânea, marcada pelas rápidas transformações decorrentes do desenvolvimento tecnológico que atinge diretamente os estudantes. Sua formação deve considerar meios para o enfrentamento dos novos desafios sociais, econômicos e ambientais, acelerados pelas mudanças tecnológicas do mundo contemporâneo.

Em Paulo Freire encontra-se uma possibilidade de se alcançar os objetivos do ensino externados nos documentos, na forma de competências e habilidades, porque ele propõe um ensino problematizador, dialógico e crítico em consonância com a perspectiva CTSA.

A partir da pedagogia freiriana, ao se objetivar ensinar um conteúdo de Física, Eletrodinâmica, por exemplo, os estudantes devem ser primeiramente provocados para que a partir de suas respostas (orais ou escritas) estructurem-se as próximas aulas. Assim, também se elucida os conhecimentos prévios e se

estabelece o que será discutido posteriormente, fazendo emergir os chamados temas geradores.

Os temas geradores são uma estratégia para horizontalizar o processo de ensino-aprendizagem, permite que os educandos façam parte desse processo desde o início, no próprio planejamento junto ao educador. O conteúdo programático deve ser de ambos, o universo temático que é o conjunto de temas geradores deve estabelecer relações do tipo pessoa-mundo ligados à experiência existencial dos educandos.

A opção por temas geradores não pode contradizer a dialogicidade, pelo contrário, deve endossá-la. A tarefa do educador dialógico é devolver o universo temático como problema e não como dissertação (Moreira, 2021), ou seja, educar não é transferir conhecimento pronto, mas provocar a reflexão crítica sobre a realidade. A tarefa do educador é apresentar os temas da realidade vivida pelos alunos de forma questionadora, instigando-os a pensar, investigar, duvidar e dialogar.

O educador não deve entregar respostas fechadas, mas convida os estudantes a problematizar o mundo, a enxergá-lo como algo em constante transformação, que pode e deve ser compreendido e transformado por meio do pensamento crítico. Por ser a conscientização o objetivo final do seu método, Paulo Freire instiga a não tratar o conteúdo (conhecimento científico) como algo pronto, abstrato e distante, como um discurso que o aluno apenas escuta e repete, sem se envolver ou compreender de verdade.

Segundo Freire, “a educação verdadeira é práxis, reflexão e ação do homem sobre o mundo para transformá-lo” (Freire, 1977, p. 25). Essa transformação é alcançada através de um processo de conscientização, no qual os educandos adquirem a consciência crítica de sua realidade, reconhecendo sua capacidade de agir sobre ela. Andrade (2024) argumenta que essa educação deve permitir o desenvolvimento da autonomia, romper com o ciclo de opressão e criar as condições para que o educando se torne um sujeito ativo em sua comunidade e na sociedade como um todo.

Para isso, Freire propõe em sua obra a superação da chamada educação bancária em relação a uma educação dita libertadora. Para ele, a educação

bancária anula ou minimiza o poder criador dos educandos, estimula sua ingenuidade e não sua criticidade.

Freire estabelece uma educação crítica e dialógica, nas suas palavras ela se propõe a “envolver os alunos no processo de construção do conhecimento e transformação da sociedade. É exatamente esta unidade dialética a que gera um atuar e um pensar certos na e sobre a realidade para transformá-la” (Freire, 1987, p.14).

Esse ensino proposto por Freire está voltado para práticas sociais, posicionamento político, liberdade em aprender e ensinar. Se mostra adequado para promover uma aprendizagem que se molda às finalidades do ensino como disposto na LDB e na BNCC. Em nossa avaliação Paulo Freire propõe uma práxis educacional que transcende a simples utilização de conhecimentos na prática, pois implica reflexão, ação e transformação, tanto da realidade vivida como do sujeito que a vive, rompendo com práticas tradicionais de ensino, a fim de que a realidade seja percebida e que se transforme em objeto de reflexão.

Paulo Freire propõe uma práxis educacional que transcende a simples utilização de conhecimentos na prática, pois implica reflexão, ação e transformação, tanto da realidade vivida como do sujeito que a vive, rompendo com práticas tradicionais de ensino, a fim de que a realidade seja percebida e que se transforme em objeto de reflexão.

Especificamente em *Pedagogia do Oprimido* (1987), encontramos apontamentos para uma aprendizagem que se dá por meio da criticidade, diálogo, problematização e conscientização. Pode-se destacar que, para alcançar uma educação dialógica estudar implica apropriar-se do significado dos conteúdos, estabelecendo relações entre esses conhecimentos, a realidade dos alunos e os contextos históricos, sociais e culturais em que foram produzidos.

Moreira (2021) resume “a educação problematizadora funda-se na relação dialógico-dialética entre educador e educando, ambos aprendem juntos” (p. 126). Na educação dialógica o educando deve assumir uma postura de sujeito do ato de estudar e adotar uma postura crítica e sistemática, precisa conhecer e por isso precisa do outro. Esse ato de conhecer é um processo social e o diálogo é justamente o elo desse processo.

Por vezes, a pedagogia freiriana é conhecida como a pedagogia da pergunta por esta ser a própria essência do conhecer. O ato de perguntar está intrinsecamente relacionado ao existir, ao ser, ao estudar, ao pesquisar e ao conhecer. É fundamental que o educando exercite a curiosidade, questione e formule perguntas, pois é por meio do questionamento que se constrói o conhecimento.

2.4. Perspectiva CTSA Enquanto Abordagem Educacional

A Competência Específica 3 de CNT na BNCC, propõe analisar situações-problema e avaliar as aplicações do conhecimento científico e tecnológico nas diversas esferas da vida humana com ética e responsabilidade. Sugere que compreender os processos que envolvem os avanços científicos e tecnológicos é essencial para um debate fundamentado sobre os impactos da tecnologia nas relações humanas e suas implicações éticas, morais, políticas e econômicas, e sobre seus riscos e benefícios para a humanidade e o planeta (Brasil, 2018, p. 544). Mesmo não estando explícito, a perspectiva CTSA se mostra capaz de contribuir para o desenvolvimento desta competência e das habilidades que constam na seção 2 a fim de se alcançar as finalidades e/ou objetivos da Educação Básica.

Um currículo com enfoque CTS é considerado essencial diante das demandas do mundo atual. Ele vai além da simples valorização da ciência, buscando oferecer instrumentos para que os cidadãos compreendam criticamente informações especializadas e participem ativamente das decisões que envolvem questões sociais relevantes, conectando conhecimento científico, tecnologia e resolução de problemas.

Segundo Ricardo (2018), CTSA é uma inovação metodológica alinhada ao enfoque sócio-histórico que “almeja ampliar os objetivos de ensino de Ciências para além do mero acúmulo de informações ou transposições mecânicas de técnicas de resolução de exercícios” (p.37) e está fundamentada na proposição de que o ensino de Ciências, além de proporcionar conhecimentos para compreender os fenômenos da natureza, também deve considerar as relações entre Ciência, a Tecnologia, a Sociedade e o Ambiente.

O enfoque CTSA no ensino propõe uma abordagem que transforma a forma como nos relacionamos com a sociedade e a natureza. Ele questiona a visão neutra e tecnicista da ciência, destacando suas implicações sociais, políticas, culturais, éticas e ambientais. Essa perspectiva entende o conhecimento científico como um processo humano e histórico, permeado por diferentes interesses e visões. No contexto educacional, isso significa promover uma aprendizagem que vá além da memorização de conteúdos, incentivando a reflexão crítica sobre o papel da ciência e da tecnologia no mundo atual e a aplicação desse saber em situações reais, socialmente relevantes.

O enfoque CTSA é uma importante ferramenta para que se atinja um ensino capaz de promover a formação de sujeitos críticos, conscientes de seu papel social e ambiental, capazes de tomar decisões informadas e responsáveis diante dos impactos da ciência e da tecnologia na sociedade e no meio ambiente. Incentivar transformações sociais e ambientais por meio do engajamento dos educandos, não apenas com a compreensão da informação científica, mas também com a reflexão crítica, a tomada de decisões conscientes e a atuação efetiva diante de questões de Ciência e Tecnologia que afetam diretamente nossas vidas e nosso bem-estar.

Nesse sentido, a perspectiva CTSA pode auxiliar na promoção de um ensino problematizador e dialógico nos moldes da pedagogia de Paulo Freire quando se propõe a romper com a consciência ingênua e argumenta em favor da consciência crítica.

Por fim, a aprendizagem de conteúdos pode adquirir significado para o estudante contribuindo para dar uma solução integral para os problemas reais que os cerca. Moreira (2021) defende que são as situações que dão sentido aos conceitos, devem fazer sentido para o estudante. As primeiras situações devem ser do entorno deles, concordando com o que preconiza Paulo Freire.

4 METODOLOGIA DE ENSINO

O produto educacional introduz o conteúdo de Eletrodinâmica a partir de textos geradores, que apresentam temas de relevância social, problematizando-os e estabelecendo relações com determinados conceitos físicos que serão necessários para sua abordagem. Tais textos apontam a necessidade de estudo de novos conceitos como ensina Freire.

Após a introdução dos temas por meio dos textos geradores possíveis soluções são propostas em sala de aula após a discussão de diversas alternativas. Em um segundo momento, outras soluções surgem a partir do estudo do conteúdo científico, de suas aplicações tecnológicas e consequências sociais. Ao final, na Atividade de Pesquisa e Aprofundamento, as dimensões sociais do tema são novamente postas em evidência e uma série de problemas relacionados à tomada de decisão são introduzidas, as quais podem explorar aspectos ambientais, políticos, econômicos, éticos, sociais e culturais.

O desenvolvimento desse material levou em consideração conceitos que podem traduzir a perspectiva CTSA em consonância com a pedagogia freiriana, tais como: problematização, dialogicidade e temas geradores.

A problematização no processo educativo envolve confrontar o aluno com situações do cotidiano que desafiem seu conhecimento prévio, gerando curiosidade e necessidade de aprender. Isso exige uma educação construída em parceria com o aluno, não imposta a ele. O diálogo, nesse contexto, vai além de uma simples conversa; trata-se de uma interlocução orientada, que leva o educando a refletir sobre suas próprias ideias e saberes anteriores. Esse processo começa antes mesmo da sala de aula, na preparação do educador ao planejar os temas a serem discutidos. A investigação dos temas relevantes para os alunos — seus “temas geradores” — permite identificar contradições vividas por eles. A partir dessas situações, a prática pedagógica é orientada de forma a promover uma tomada de consciência crítica, possibilitando que os alunos superem limitações e se posicionem ativamente diante da realidade.

4.1 Elaboração do Produto Educacional

Na primeira etapa, investigação, faz-se o levantamento dos temas, na segunda etapa, tematização, descobre-se novos temas relacionados aos iniciais, e por fim, a terceira etapa, problematização, caracterizada pela conscientização que é o objetivo final de seu método. Nesse cenário, a tarefa do educador dialógico é devolver o universo temático recolhido na investigação, como problema, não como dissertação (Freire, 1987, p.102).

Portanto, tendo como referência a problematização e a dialogicidade freiriana, os textos foram elaborados de forma que os temas escolhidos tivessem significação para o aluno, de modo a questioná-lo, fazendo-o refletir e conscientizá-lo de que a solução exige um conhecimento físico inédito. Esses temas devem ser significativos e envolver contradições sociais elevando os conteúdos escolares a uma dimensão crítica.

Segundo Delizoicov e Angotti (1988), a problematização, enquanto eixo estruturador da atividade docente tem papel de conscientizar sobre a forma que o conhecimento precisa ter ao ser abordado em sala de aula, tornando-o instrumento para melhorar a compreensão e atuação na sociedade contemporânea.

Ricardo (2018) também defende a problematização como um meio que exige uma competência crítico-analítica que se dará no momento em que se retorna à realidade com um novo olhar, com possibilidades de compreensão e ação, ou seja, de forma contextualizada. A problematização se consolida também nas interações dentro da sala de aula, pois é algo da realidade dos alunos que está sendo analisado, confrontado e questionado (Ricardo, 2018, p. 44).

Os textos geradores elaborados têm como área de estudo a “Eletricidade” abordada em suas manifestações na natureza, no corpo humano e em equipamentos eletroeletrônicos. Foram idealizados para que o objeto de conhecimento geral (conteúdo) seja a Eletrodinâmica, cujos os objetos de conhecimento específicos sejam: corrente elétrica e seus efeitos; Leis de Ohm e dimensionamento de fios para instalações residenciais; Circuitos com resistores (residenciais e equipamentos); Potência e energia elétrica (produção, distribuição, eficiência e impactos socioeconômicos e ambientais).

Os quatro textos elaborados passaram pelo crivo de pares que leram, comentaram e sugeriram melhorias nos textos e nas atividades de pesquisa e aprofundamento. Os textos têm como título: I – Eletricidade Fatal; II – Marcapasso, o maestro do ritmo cardíaco; III – Resistir é preciso!; IV – Era uma casa muito sem graça, não tinha circuito, não tinha nada!

O texto I aborda situações em que ocorrem acidentes fatais ou não em relação a descargas elétricas atmosféricas e choques em atividades cotidianas. São apresentadas duas notícias que tiveram ampla repercussão midiática de ocorrências com mortes no verão de 2024. Um dos problemas são as mortes de animais de fazenda (gado) que quando estão em áreas abertas estão mais vulneráveis a raios podendo gerar prejuízos financeiros e a outra notícia é sobre a morte de um idoso que no meio de uma tempestade em que seu carro foi atingido por fios de alta tensão morreu por ter tentado sair do carro. Nesse texto a definição de corrente elétrica se destaca por ser o raio e os choques correntes elétricas medidas em Ampères.

Em seguida o texto traz uma série de dados sobre os acidentes mais comuns com eletricidade em casa, o gênero e a faixa etária das vítimas de forma que questões sociais podem ser apreendidas desses dados. Na atividade de pesquisa e aprofundamento pontua-se sobre os riscos de usar dispositivos e acessórios eletrônicos de camelô, onde mais questões socioeconômicas e falta de investimento na produção local são levantadas.

O texto II aborda a importância do marcapasso (dispositivo eletrônico) enquanto gerador de corrente elétrica artificial para o coração. É constituído por bateria, circuito elétrico, fios e é implantado sob a pele. Nesse texto aspectos sobre correntes elétricas do tipo iônicas são tratados bem como as leituras realizadas por meio de eletrocardiograma e eletroencefalograma. A definição de tensão elétrica ganha destaque nesse texto.

Questões relacionadas à saúde individual e coletiva, os custos de implantação do marcapasso, sua disponibilidade no Sistema Único de Saúde (SUS) ou sua indisponibilidade por questões de financiamento governamental são levantadas.

O texto III começa questionando sobre a quantidade de habitantes existentes no planeta atualmente e o quanto de alimentos e energia elétrica são

necessários ser produzidos para atender à demanda atual e traz estimativas para o futuro quanto a essas mesmas questões. Ressalta-se que para o futuro a eficiência será uma qualidade importantíssima para aumentar a demanda energética, assim, a definição de resistência elétrica é exaltada, e os conceitos de condutividade, resistividade e supercondutividade são apresentados.

O texto propõe uma reflexão sobre as chamadas energias renováveis, dentre elas a hidroelétrica que apesar de ser renovável e limpa produz impactos não apenas ambientais, mas socioeconômicos e políticos em comunidades ribeirinhas. A geração e a distribuição de energia elétrica também são abordados.

Na atividade de pesquisa e aprofundamento o acelerador de partículas brasileiro Sirius é colocado como uma importante ferramenta para melhor entender processos em microescala que podem ser úteis para melhorar a eficiência na produção alimentícia, de medicamentos, materiais, energética, dentre outros.

O quarto e último texto busca situar os alunos quanto à instalação elétrica de sua casa, sobre a localização e quantidade de tomadas no cômodo onde supostamente está lendo o texto. Ele é convidado a refletir sobre as escolhas feitas para realizar o “sonho da casa própria” no que se refere ao projeto elétrico.

É comum encontramos exercícios nos livros didáticos e questões de vestibulares que tratam da potência de equipamentos elétricos em residências, os gastos de energia envolvidos e o quanto disjuntores padecem com escolhas mal feitas na aquisição de chuveiros elétricos mais potentes, assim, esse texto coloca a potência elétrica e seus “watts” em evidência.

Os “gatos” na rede elétrica e a quantidade de equipamentos que se conecta em um mesmo “T” são abordados dentro de uma perspectiva socioeconômica. Na atividade de pesquisa e aprofundamento os alunos são convidados a pensar em habitação ecologicamente sustentável.

Os quatro textos foram desenvolvidos em uma linguagem que pudesse manter um diálogo com o leitor, não se tratando apenas da compreensão da mensagem, mas da incorporação dele no texto. A ideia é convidar os participantes a se posicionarem, permitindo a assunção de diferentes vozes acerca do assunto (Scorsoline-Comin, 2014, p. 245).

O diálogo nesse sentido deve contribuir para a formação e para a construção de posicionamentos que considerem o outro em um contexto social envolvido. É um espaço de embates, lutas, assimetrias que refletem os próprios aspectos da interação social. Esses embates poderiam ser acolhidos e repensados, de modo a contribuir com a compreensão de uma realidade macro, a realidade social (Scorsoline-Comin, 2014, p. 250).

5 METODOLOGIA DE TRABALHO

Cabe ressaltar que o objetivo deste trabalho é contribuir para a aprendizagem de Eletrodinâmica a partir de um material didático escrito em uma linguagem dialógica sob a perspectiva CTSA e que esteja de acordo com os documentos normativos da Educação Básica. Para isso, tomou-se como referência a pedagogia freiriana que defende a articulação de conhecimentos com temas para se planejar as atividades de ensino e enfatiza a necessidade de um trabalho constante e sistemático com o conhecimento prévio do aluno, através do processo de codificação-problematização-descodificação (Freire, 1987).

Essa tríade contém as três etapas do seu método de ensino e que de outra maneira será traduzida nos Três Momentos Pedagógicos de Delizoicov e Angotti. Os Três Momentos Pedagógicos foram usados como metodologia de trabalho, ou seja, como foi elaborada e aplicada a proposta de intervenção por meio do produto educacional.

5.1. Os Três Momentos Pedagógicos

Os Três Momentos Pedagógicos foram criados e sistematizados por Delizoicov e Angotti nos anos 80 como uma transposição da concepção de educação de Paulo Freire para a educação formal, é uma metodologia de ensino que orienta o desenvolvimento de conteúdos em três etapas. Na atividade diária da sala de aula o processo de codificação-problematização-descodificação é estruturado com o auxílio do que se denominou Momentos Pedagógicos: problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento (Delizoicov e Angotti, 1988, p.12).

No primeiro Momento Pedagógico, problematização inicial, os alunos são desafiados a expor o que pensam sobre as situações propostas. Apresentam-se situações reais que os alunos conhecem e presenciam, mas que não conseguem interpretar completa ou corretamente porque provavelmente não dispõe de conhecimentos científicos suficientes. O professor tem a função de coordenar, sua a postura deve se voltar mais para questionar e lançar dúvidas sobre o

assunto do que para responder e fornecer explicações, deve fomentar a discussão.

A finalidade desse momento é propiciar um distanciamento crítico do aluno ao se defrontar com as interpretações das situações propostas para discussão, e fazer com que ele sinta a necessidade da aquisição de outros conhecimentos que ainda não detém (Muenchen e Delizoicov, 2014, p. 620).

O segundo Momento Pedagógico, organização do conhecimento, é caracterizado pelo desenvolvimento de conceitos identificados como fundamentais para a compreensão científica das situações que estão sendo problematizadas. A realização de diversas atividades, tais como resolução de exercícios tem função formativa na apropriação de conhecimentos específicos (Delizoicov e Angotti 1988, p. 13). O conteúdo é estudado sob orientação do professor, definições, conceitos, relações e expressões matemáticas podendo ser abordados de forma expositiva. O segundo momento deve ser destinado a entender a teoria que embasa o conteúdo apresentado.

O terceiro Momento Pedagógico, aplicação do conhecimento, se destina a abordar sistematicamente o conhecimento incorporado pelo aluno, expandir a utilização do tema abordado em outras situações da vivência dos alunos. Com foco em analisar e interpretar tanto as situações iniciais que determinaram seu estudo quanto outras que, embora não estejam diretamente ligadas ao momento inicial, possam ser compreendidas pelo mesmo conhecimento (Muenchen e Delizoicov, 2014, 620).

Podem ser formulados problemas abertos cujo objetivo seja capacitar os alunos a irem empregando os conhecimentos na perspectiva de articular constante e rotineiramente a conceituação física em situações reais.

Destina-se, sobretudo, a abordar sistematicamente o conhecimento que vem sendo incorporado pelo aluno, para analisar e interpretar tanto as situações iniciais que determinaram seu estudo como outras situações que, embora não estejam diretamente ligadas ao motivo inicial, podem ser compreendidas pelo mesmo conhecimento (Urel, 2022, p. 53).

O suporte teórico fornecido no segundo Momento Pedagógico deve ter o potencial explicativo e conscientizador mais do que simplesmente encontrar soluções com emprego de expressões matemáticas. As teorias físicas devem

ser exploradas. Assim, a aplicação do produto educacional se deu como enunciado pelos Três Momentos Pedagógicos, três aulas para cada texto.

5.2 Aplicação do Produto Educacional

A aplicação do produto educacional ocorreu ao longo de quatro semanas, com três horas/aula semanais em cada turma, assim foram necessárias 12 aulas de 50 minutos por turma. Em cada semana um texto foi introduzido no primeiro momento pedagógico (sempre lido com antecedência), em seguida uma aula para conceituação física e mais uma para a atividade de pesquisa e aprofundamento.

O primeiro momento pedagógico foi caracterizado pela problematização inicial a partir dos textos produzidos como produto educacional. Os alunos realizaram a atividade de verificação de leitura e em seguida foram feitos comentários e até mesmo discussões sobre o tema abordado nos textos de onde extraiu-se elementos que pudessem ser levados para o segundo momento pedagógico.

O segundo momento pedagógico trata-se da conceituação física das grandezas da eletrodinâmica, sua representação matemática e resolução de exercícios. Essas aulas foram caracterizadas por explanação sobre o conteúdo usando quadro branco, TV, listas de exercícios, mas não como uma aula expositiva comum porque permitiu a participação dos alunos de forma dialógica para a construção coletiva dos conceitos.

No terceiro Momento Pedagógico, os alunos foram separados em grupos de até 6 integrantes para iniciar a realização da atividade de pesquisa e aprofundamento em sala de aula sob orientação do professor. Nessa aula o professor tem função mediadora. Algumas questões das atividades de pesquisa e aprofundamento requer pesquisa que pode ser feita em laboratórios de informática, se a escola dispuser, ou em casa como uma atividade extraclasse e ser entregue posteriormente. É importante haver um momento para feedback das atividades de pesquisa e aprofundamento, comentários e discussões sobre as respostas, as adequadas e aquelas que podem ser melhoradas, assim gera mais participação dos alunos.

A seguir tem-se um quadro-resumo de como foram utilizadas as aulas para a aplicação do produto educacional, sendo A₁, A₂, ..., A₁₂, as respectivas aulas de cada semana para cada Momento Pedagógico.

Quadro 1 – Aulas para cada Momento Pedagógico.

	1º MP	2º MP	3º MP
Texto I	A ₁	A ₂	A ₃
Texto II	A ₄	A ₅	A ₆
Texto III	A ₇	A ₈	A ₉
Texto IV	A ₁₀	A ₁₁	A ₁₂

Fonte: elaboração própria.

Uma síntese dos conceitos abordados em cada aula está tabelada a seguir. Contém uma descrição de cada aula e os principais tópicos trabalhados sob a perspectiva CTSA como referência. Por se tratar de um produto educacional inspirado na pedagogia freiriana, os tópicos abordados em cada aula podem ser acordados com os alunos, quando manifestarem interesses próprios sobre o tema. O diálogo é um elemento fundamental nesse processo de ensino e aprendizagem.

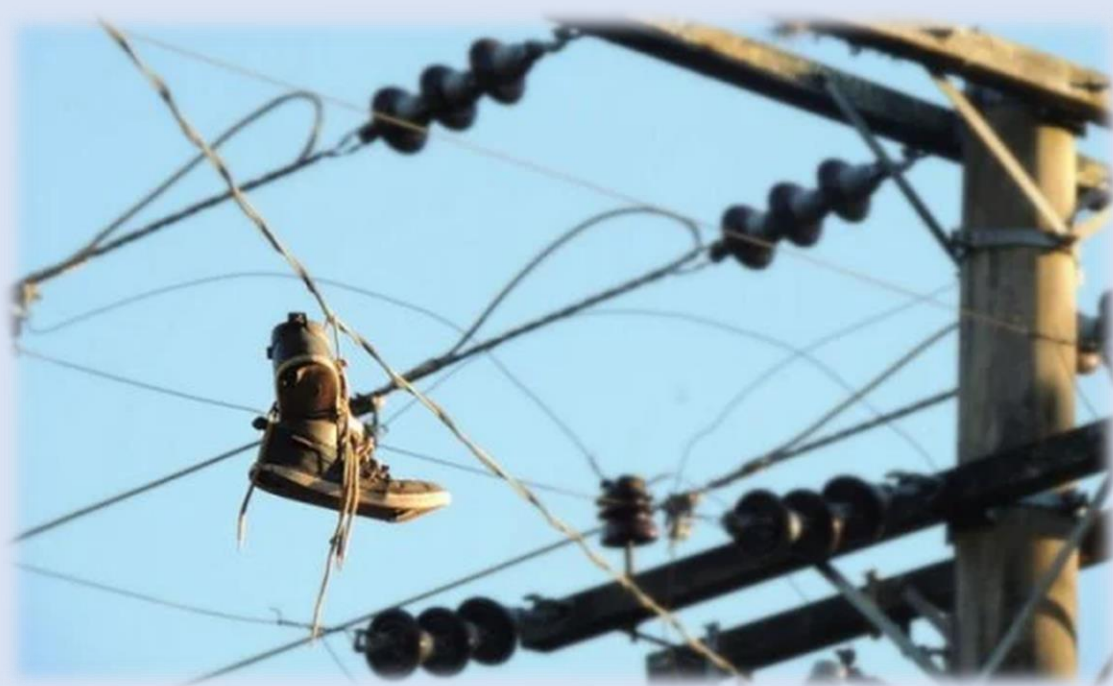
Quadro 2 – Roteiro das aulas com abordagem CTSA.

Aulas	Descrição	CTSA
A ₁	Problematização inicial do conteúdo da Eletrodinâmica a partir do texto I que traz notícias sobre acidentes e fatalidades com descargas elétricas atmosféricas e choque elétricos em casa e no trabalho.	Geração de raios, blindagem eletrostática, efeitos fisiológicos da corrente, risco de choque elétrico, eletrodomésticos, camelôs, corrente elétrica
A ₂	Conceituação de corrente elétrica. Portadores de carga, tipos de corrente, expressão matemática, gráfico corrente <i>versus</i> tempo.	
A ₃	Aplicação do conhecimento a partir da APA. Inicialmente os alunos devem ser separados em grupos de até 6 integrantes e iniciar a resolução da atividade em sala de aula sob orientação do professor que tem nessa aula função mediadora. Outros itens que requer pesquisa, se a	

	escola dispuser de sala de informática podem ser feitos também na escola ou extraclasse.	
A ₄	Problematização inicial através da aplicação tecnológica de circuitos elétricos no desenvolvimento de marcapassos.	Bioengenharia, saúde coletiva, políticas públicas, eletricidade humana, dispositivos eletrônicos, ddp.
A ₅	Conceituação de diferença de potencial (ddp), corrente elétrica no corpo humano (coração, cérebro).	
A ₆	Aplicação do conhecimento a partir da proposição de problemas que envolve a promoção de políticas públicas para a saúde, desenvolvimento tecnológico nacional, saúde coletiva e individual.	
A ₇	Problematização inicial a partir de questões sobre sustentabilidade, expectativa de vida, geração e consumo de energia elétrica e alimentos, conflitos étnicos.	Geração e distribuição de energia, impactos ambientais, comunidades ribeirinhas, energia renovável, resistência elétrica.
A ₈	Conceituação de resistência, condutividade, semicondutores, supercondutores, Leis de Ohm.	
A ₉	Aplicação do conhecimento para o entendimento do papel das ciências para o aumento da expectativa de vida, desenvolvimento de novos materiais, foco no aumento da eficiência na produção de medicamentos, alimentos e energia elétrica, impactos das energias renováveis.	
A ₁₀	Problematização inicial de circuitos elétricos tendo como referência o projeto elétrico para residências. Apresentação das Normas Brasileiras e características técnicas que norteiam a quantidade, a localização e a capacidade elétrica de tomadas e pontos de luz.	Circuitos residenciais, planejamento, elétrica. elétricos NBR, potência elétrica.
A ₁₁	Conceituação de potência elétrica e energia elétrica. Quilowatt-hora como unidade de medida das concessionárias de energia elétrica.	
A ₁₂	Aplicação do conhecimento em circuitos elétricos residenciais, capacidade elétrica, gasto e economia de energia, planejamento sustentável.	

Fonte: elaboração própria.

ELETROATIVIDADE





Você já percebeu que todo início de ano é noticiado alguma mortandade de gado por causa de descargas elétricas atmosféricas (raios)? Normalmente essas notícias falam sobre o prejuízo aos pecuaristas e algumas características do local onde o gado estava.

Em janeiro de 2024, duas notícias ganharam repercussão nacional sobre a incidência de raios no Brasil, você viu?

“Produção agrícola sofre com os raios no Tocantins

Nos últimos dois anos, o número de raios praticamente dobrou no estado. Aumento que, segundo os especialistas, tem relação com as mudanças climáticas.”

Fonte: <https://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2024/01/22/producao-agricola-sofre-com-os-raios-no-tocantins.ghtml>. Acessado em 22/01/2024.

Se quiser saber mais, acesse:

<https://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2024/01/22/producao-agricola-sofre-com-os-raios-no-tocantins.ghtml>.

A notícia acima nos informa que as mortes ocorrem em todo o país. De 34 a centenas de cabeças de gado. Normalmente o gado está a céu aberto, regiões descampadas ou próximas de árvores. O prejuízo chega a mais de R\$ 200 mil reais. E nós, estamos seguros dentro de casa? Você sabe como se proteger de um raio?

Já a segunda notícia relata a morte de um idoso que teve o carro atingido por fio de alta tensão que, por causa das fortes chuvas e ventos, caiu exatamente sobre o seu carro. O que você faria em uma situação como essa?

“Entenda por que devemos ficar dentro do carro durante chuva com raios e quando fios de alta tensão se rompem

Medida é explicada pelo princípio da física da Gaiola de Faraday. Nesta terça-feira (9), um homem de 62 anos foi eletrocutado após sair de um veículo atingido por um cabo energizado em SP.”

Fonte: <https://g1.globo.com/sp/sao-paulo/noticia/2024/01/10/entenda-por-que-devemos-ficar-dentro-do-carro-durante-chuva-com-raios-e-quando-fios-de-alta-tensao-se-rompem-medida-e-explicada-pelo-principio-da-gaiola-de-faraday.ghtml>. Acessado em 22/01/2024.

Para saber mais, não deixe de acessar:

<https://g1.globo.com/sp/sao-paulo/noticia/2024/01/10/entenda-por-que-devemos-ficar-dentro-do-carro-durante-chuva-com-raios-e-quando-fios-de-alta-tensao-se-rompem-medida-e-explicada-pelo-principio-da-gaiola-de-faraday.ghtml>.

Podemos perceber com as reportagens que acidentes causados por raios causam anualmente prejuízos e mortes.

Os raios são uma das principais causas de mortalidade relacionadas ao clima em todo o mundo. Nos Estados Unidos, os raios normalmente matam mais pessoas em um ano do que qualquer outro desastre natural, exceto inundações. (de Souza, p. 54. 2023) Notícia nada animadora em um país que é campeão do mundo em descargas elétricas, não acha?

“Brasil é o país com maior incidência de raios do mundo”

Por ano, são mais de 70 milhões de descargas elétricas registradas aqui.”

Fonte: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/radioagencia-nacional/geral/audio/2022-01/brasil-e-o-pais-com-maior-incidencia-de-raios-no-mundo>. Acessado em 22/01/2024.

Para saber mais, acesse:

<https://agenciabrasil.ebc.com.br/radioagencia-nacional/geral/audio/2022-01/brasil-e-o-pais-com-maior-incidencia-de-raios-no-mundo>.

Esses raios podem chegar a 30 mil ampères e ter potência suficiente para percorrer uma distância de 5 km. O clima é um dos motivos pelos quais há recorde de descargas elétricas por aqui, a região norte lidera esse ranking no país. Em que posição você acha que a região centro-oeste está?

Box da curiosidade!

Você sabe o que é o *ampère*?

Ampère é o nome dado à unidade de medida (no SI) da grandeza que mede a **intensidade de corrente elétrica** (i). Foi assim chamada em homenagem ao físico e matemático francês, André Marie Ampère (1775-1836).

A corrente elétrica pode ser entendida como o movimento de cargas elétricas (elétrons, prótons e íons) através de uma superfície (secção transversal no caso de um fio) condutora ao longo do tempo, podemos medir pela quantidade de carga elétrica que atravessam (fluem) por essa superfície. Em analogia, pense na água escoando por uma mangueira.

Mas descargas elétricas atmosféricas são apenas uma das três principais causas de morte com eletricidade registradas anualmente. Segundo o Anuário Estatístico de Acidentes de Origem Elétrica (2023), foram 686 mortes em 1828 acidentes em 2022.



Fonte: de Souza, 2023.

Neste anuário foram contabilizados acidentes causados por raios, incêndios por sobrecarga de energia elétrica e acidentes com choque elétrico propriamente dito. O anuário aponta que muitos dos acidentes e mortes podem ser evitados com conhecimento

sobre eletricidade porque a maioria ocorre dentro de casa. O quão seguros estamos em nossas casas?

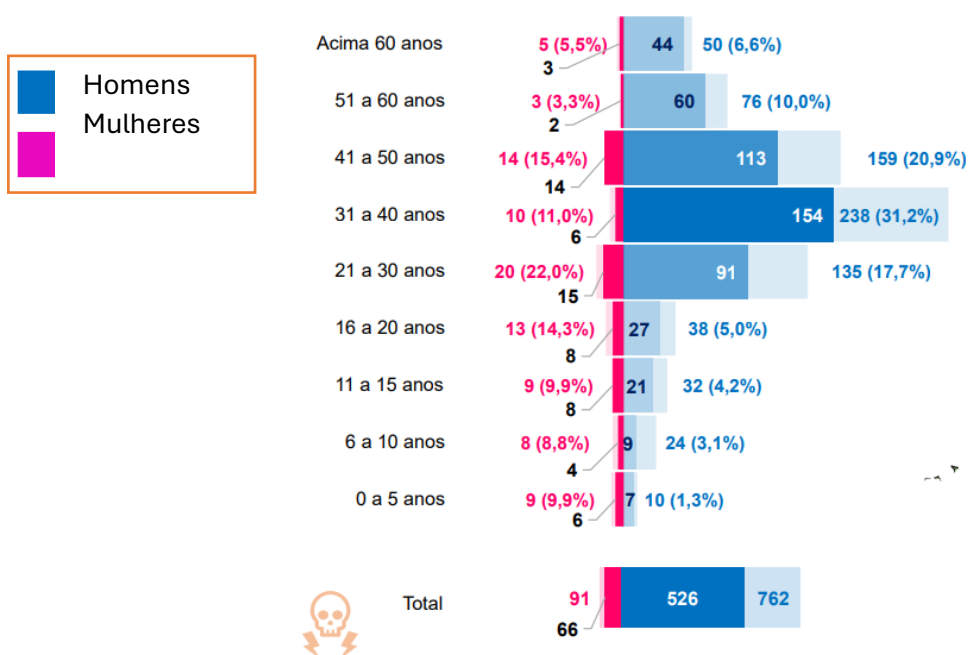
O anuário aponta ainda que geladeiras, máquinas de lavar roupa e benjamins (“Tês”) são os principais responsáveis pelos acidentes domésticos. Na sua casa, você ou algum familiar já teve alguma experiência com choques elétricos?

O gráfico a seguir ilustra essa informação, e, um pouco mais:



Fonte: de Souza, 2023.

Já o gráfico a seguir, indica o percentual de homens e mulheres, por faixa etária, que mais sofrem acidentes e fatalidades com choques elétricos. Ao observar a sua faixa etária, sente algum perigo?



Fonte: de Souza, 2023.

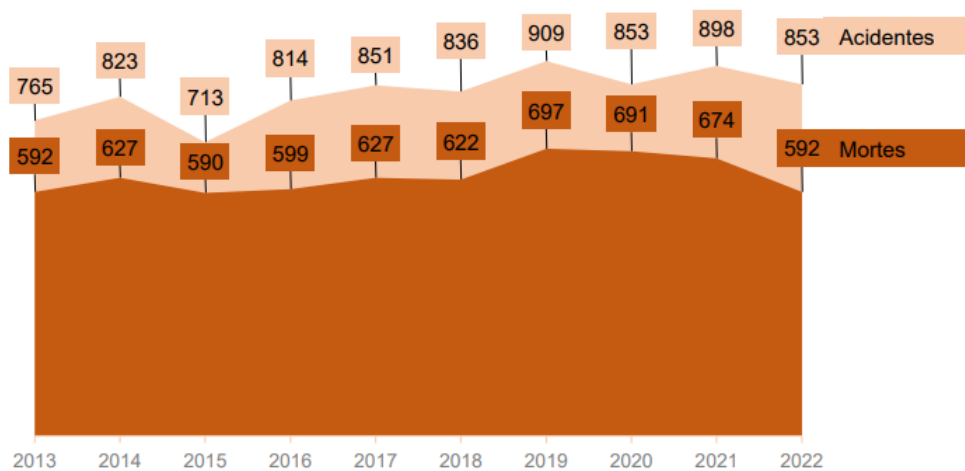
Um dado interessante desse levantamento é que os homens são em disparado as maiores vítimas dos acidentes, seja porque a maioria dos trabalhadores na área da eletricidade são homens ou por serem provocados a fazer reparos devido a uma “imposição social” mesmo sem o devido conhecimento técnico.

No caso dos incêndios, as principais vítimas são pessoas idosas (acima de 60 anos) e crianças (0 a 5 anos), devido a dificuldade de locomoção, fragilidade do corpo e, no caso das crianças, não ter capacidade de decisão para sair de casa. De um modo geral, as pessoas morrem devido ao calor, queimaduras, intoxicação e ataques de pânico.

Dentre as principais causas dos incêndios estão produtos de má qualidade (tipo aqueles mais baratos que a gente compra em qualquer esquina), profissionais não qualificados (motoristas de caminhão que andam com a caçamba erguida, trabalhadores da construção civil que manuseiam peças metálicas próximos da rede de distribuição elétrica e que não executam projetos elétricos), falhas ou ausência do sistema de aterramento (por exemplo aquele terceiro fio que fica solto no chuveiro), dimensionamento incorreto do disjuntor para não haver sobrecarga (sabe quando a gente liga vários equipamentos elétricos ao mesmo tempo e a luz pisca?!), emendas malfeitas, derretimento de isolantes de condutores e uso de conectores de procedência duvidosa, além da falta de medidas de proteção em caso de trabalhos diretos ou indiretos com eletricidade.

A taxa de mortes por choque elétrico no Brasil tem crescido (2,76 mortes por milhão de habitantes em 2022), países como os Estados Unidos tiveram apenas 1 (uma) morte por milhão de habitantes em 2002 e o Japão apresentou uma taxa inferior a um por cento: 0,89 por milhão de habitantes entre 2013 e 2015.

Nos últimos 10 anos (2013-2022), foram contabilizados pelo menos 3,87 acidentes por dia, o gráfico a seguir apresenta os dados gerais oficiais.



Fonte: de Souza, 2023.

Referências Bibliográficas

DE SOUZA, Danilo Ferreira; MARTINHO, Edson; MARTINHO, Meire Biudes; MARTINS JR. Walter Aguiar (Org.). **Anuário Estatístico de Acidentes de Origem Elétrica 2023 – Ano base 2022**. Salto-SP: Abracopel, 2023.

ELAT. Grupo de Eletricidade Atmosférica. **Proteção contra raios**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais INPE. 2019.

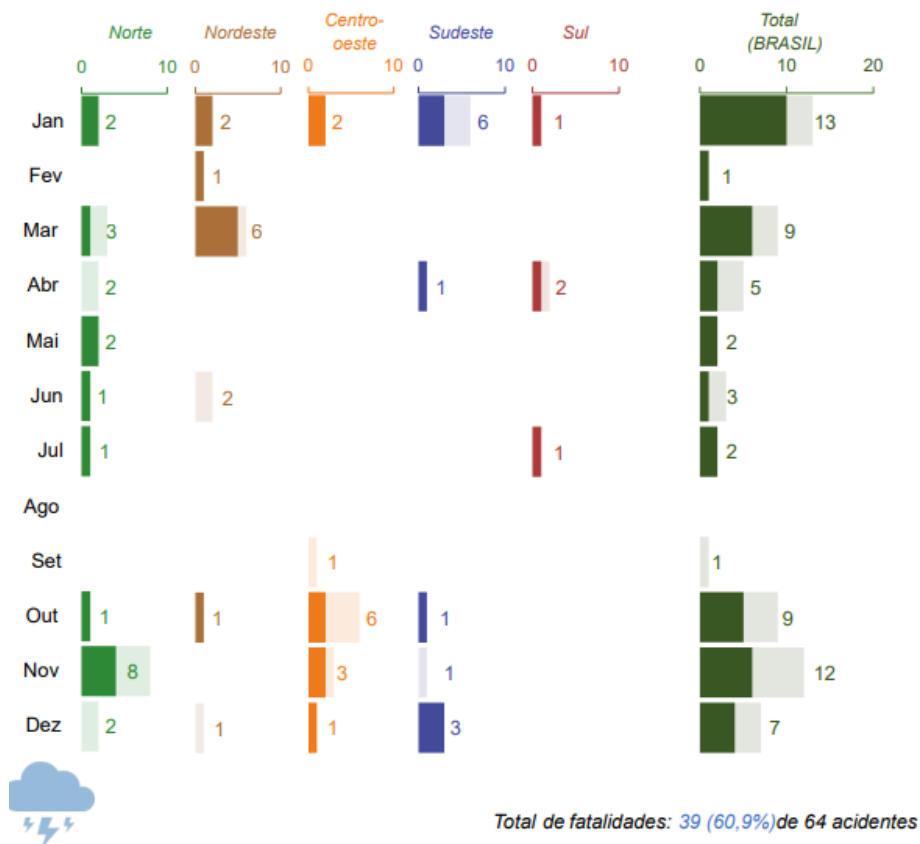
NUSSENZVEIG, Herch Moysés. **Curso de Física Básica 3 - Eletromagnetismo**. São Paulo: Edgard Blucher, 1997.

Verificação de Leitura

1. Qual estado brasileiro é o cenário da primeira notícia?
 - a) Amazonas
 - b) Goiás
 - c) São Paulo
 - d) Tocantins
2. O gado atingido por raios costuma estar:
 - a) Na água
 - b) No curral coberto
 - c) Área descoberta
 - d) Transportados em caminhões
3. O dispositivo físico que nos protege de raios quando estamos dentro do carro é:
 - a) Papagaio de Franklin
 - b) Gaiola de Faraday
 - c) Disco de Newton
 - d) Para-raios
4. O país com maior incidência de raios do mundo é:
 - a) Estados Unidos
 - b) Japão
 - c) Brasil
 - d) Rússia
5. As principais vítimas de acidentes com choque elétrico são:
 - a) Homens
 - b) Mulheres
 - c) Idosos
 - d) Adolescentes
6. Em 2022, a quantidade de vítimas fatais foi:
 - a) 1828
 - b) 39
 - c) 592
 - d) 853

Atividades de Pesquisa e Aprofundamento

1. Pesquise pelo menos quatro países que assim como o Brasil são campeões em raios e encontre algum fator em comum entre eles.
2. Que condições climáticas/atmosféricas são mais propícias para o desencadeamento de descargas elétricas atmosféricas? Use a tabela a seguir que apresenta o número de acidentes por descargas elétricas atmosféricas por mês e região em 2022 no Brasil como uma de suas referências.



Fonte: De Souza, 2023.

3. Como esse cenário pode ser agravado pelas mudanças climáticas?
4. Que mecanismos de proteção poderiam ter sido adotados nas fazendas em que o gado foi atingido direta ou indiretamente pelos raios?
5. Se você fizer uma pesquisa rápida na internet sobre carros e aviões atingidos por raios verá muitas notícias sensacionalistas que mais causam medo do informam corretamente os fatos ocorridos, mesmo assim, faça uma pesquisa na internet sobre a quantidade de pessoas que morrem em situações como essa.

6. O para-raios de Franklin confere segurança a uma edificação que se encontra na área interna de um cone cujo vértice é formado pelo para-raios e a altura da edificação como ilustrado na figura 1.

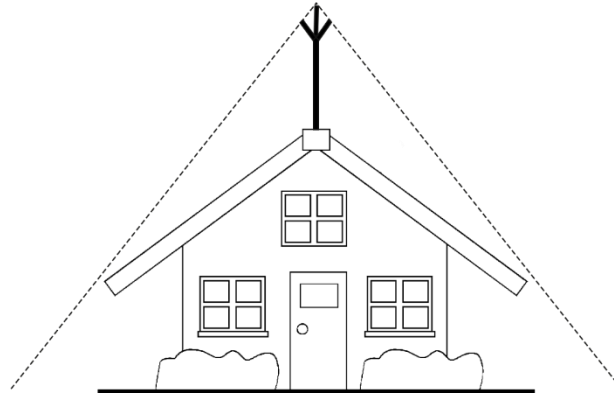
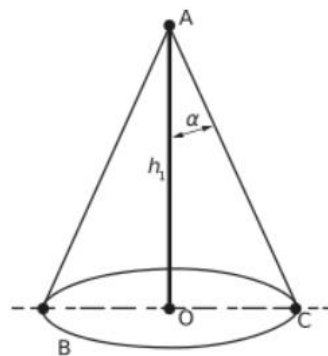


Figura 1.

A partir de informações sobre o “Método Franklin” (Figura 2), determine a quantidade de para-raios necessários para proteger sua residência.



Legenda

A	topo do captor
B	solo
OC	raio da base do cone de proteção
h_1	altura de instalação do captor (= altura da edificação + altura do mastro)
α	ângulo de proteção conforme

Figura 2.

7. Faça uma lista de equipamentos de segurança individual (EPI) necessários para realização de atividades envolvendo eletricidade. Você tem esses equipamentos em casa? Acha que deveria ter?
8. Discuta com seus colegas sobre a diferença entre a quantidade de acidentes relacionada ao gênero dos envolvidos. Aponte uma possível solução para que homens deixem de ser as principais vítimas de mortes e acidentes com eletricidade.

9. O texto apontou que geladeiras e máquinas de lavar roupa podem ser potencialmente perigosas quanto a acidentes com choques elétricos em casa. Como esses equipamentos podem provocar choques e como preveni-los?
10. Sobre condutores e isolantes, que estão entre os elementos que podem causar incêndios em casos de curto-circuito, responda o que se pede:
- a) Quais materiais são os melhores condutores de eletricidade? São os mesmos que utilizamos em casa?
 - b) Os fios condutores que usamos em instalações residenciais são revestidos por algum material isolante. Quais podem ser esses materiais?
 - c) Esses isolantes devem conferir proteção apenas para os casos de choque elétrico? Se não, que outras isolações devem proporcionar? E quais materiais podem ser usados com essa finalidade?
 - d) Faça uma pesquisa em lojas de materiais de construção ou equipamentos elétricos para identificar quais condutores elétricos são mais vendidos e quais os seus valores.
 - e) Após a pesquisa acima e os conhecimentos sobre condutores e isolantes de eletricidade, diga o quão seguros estamos em nossas casas. Justifique sua resposta.
11. Observe a figura a seguir e diga se você já fez isso em casa, em caso afirmativo, o que aconteceu? Em caso negativo, o que acha que pode ocorrer com essa prática?



Discuta com seus colegas e aponte soluções para que essa prática não seja corriqueira em nossos lares.

12. É comum encontrarmos nas ruas (camelôs) ou pequenas lojas de bairros carregadores para celular e fones de ouvido de marcas que divergem das marcas dos celulares/smartphones comercializados no Brasil.



Sobre o tema, responda o que se pede:

- a) Por que há tantos camelôs vendendo dispositivos e acessórios eletrônicos no Brasil?
- b) Quais os riscos em usar esses acessórios?
- c) Discuta com seus colegas sobre esse tema e indique possíveis soluções para os problemas apontados por vocês.



Marcapasso, o maestro do ritmo cardíaco



Você sabe o que é um marcapasso? Sabe de algum familiar ou conhece alguém que usa marcapasso? Sabe como funciona, para que serve e quais os riscos de usá-lo? Será que dar choque no coração não é perigoso? Essas e outras perguntas só são possíveis graças a um extraordinário invento da bioengenharia.

O marcapasso é um dispositivo eletrônico implantado sob a pele que tem como função estimular os batimentos cardíacos por meio de impulsos elétricos. Ele é um pequeno computador capaz de medir os batimentos cardíacos e ao reconhecer batidas desordenadas ou em ritmo (frequência) irregular, dá um pequeno choque no coração para que este restabeleça seu ritmo normal. Assim como um metrônomo marca o andamento musical.

Mas você sabe o que é considerado normal ou regular quando se trata do coração? A quantidade de batimentos cardíacos considerado normal está entre 60 e 100 batimentos por minuto (bpm). Você sabe como medir sua frequência cardíaca?

Dados do Censo Mundial de Marcapassos e Desfibriladores de 2020 contam que cerca de 49 mil marcapassos são implantados por ano no Brasil, seja pelo SUS, convênios ou rede particular. São cerca de 60 a 80 procedimentos cirúrgicos por mês em cada hospital/clínica especializados. Infelizmente o país não conta com uma política pública que atenda sem prejuízos a essa demanda. A depender do governo, a falta de repasses financeiros para aquisição do dispositivo gera filas para a cirurgia, apesar disso estima-se que mais de 300 mil brasileiros sejam portadores de marcapasso. (Chaccur, 2020).

Esse número poderia ser ainda maior se mais pessoas soubessem os sintomas das doenças cardíacas que necessitam do implante, por isso, a secretaria de saúde do Ceará criou uma campanha de conscientização que pode despertar um alerta quanto ao principal sintoma, os batimentos cardíacos. Essa campanha consistiu em ensinar às pessoas como medir a frequência cardíaca: “Tome uma atitude de pulso”

Colocar as pontas dos dedos abaixo do pulso, pressionar ou mover os dedos até sentir a pulsação e acompanhar os batimentos com um relógio. Se o valor encontrado for menor ou maior do que o considerado normal, alguns sintomas podem ocorrer e é melhor procurar um médico. Que tal verificar sua frequência cardíaca neste instante, siga o procedimento acima e registre sua frequência cardíaca.

Outros sintomas que alertam para o risco de doenças cardíacas são: fadiga, tonturas, falta de ar, escurecimento das vistas, desmaios, alterações bruscas do ritmo

cardíaco, lentidão ou coração disparado. O dia 23 de setembro é tido como o Dia do Portador de Marcapasso no Brasil e é destinado a essas campanhas de conscientização.

Mas afinal, você sabe como é o marcapasso? Ele é composto por uma “central de comando” onde fica a bateria que pode ter duração de 7 a 12 anos, o circuito elétrico que controla o ritmo cardíaco, e os eletrodos que são fios finos que conduzem os impulsos elétricos ao coração revestidos de material isolante, geralmente silicone ou poliuretano.

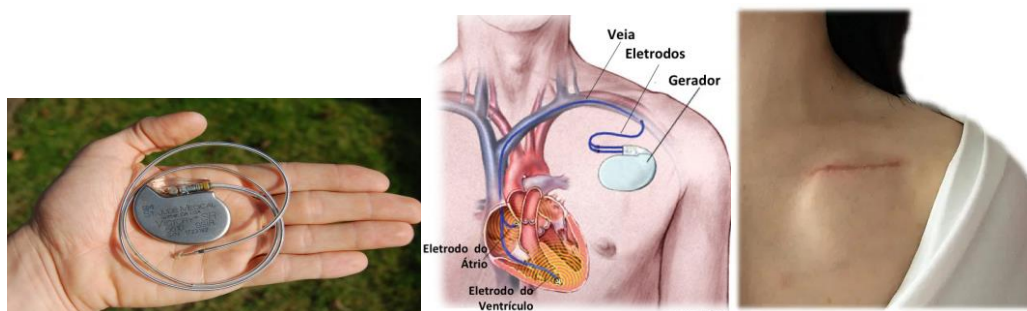


Figura 1. a) Tamanho; b) Posição; c) Cicatriz.

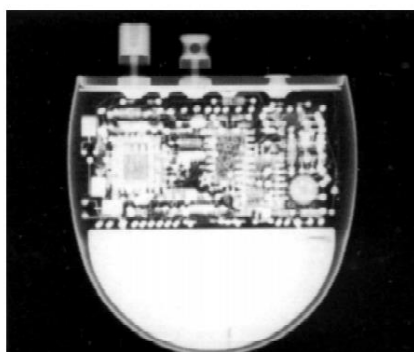


Figura 2. Imagem radiográfica de uma unidade geradora de marcapasso mostrando metade de seu volume ocupado pela bateria. Vários componentes elétricos e eletrônicos são vistos. Ribeiro, 2002.

Você não está curioso para saber se esse dispositivo enferruja ou se causa algum tipo de intoxicação pela bateria? Como nosso organismo não expulsa um corpo estranho como esse?

Há ainda vários outros componentes que protegem o aparelho de descargas elétricas e outros que permitem a troca de informações com um computador externo, por exemplo, um programador de marcapassos. Através deste programador podemos, por meio de ondas de radiofrequência, modificar a frequência do marcapasso, sua energia de saída, seu modo de funcionamento e dezenas de parâmetros cada vez mais específicos na sua aplicação, facilitando sua adaptação e acompanhamento. Podemos também monitorar sua energia restante, sua vida útil e extrair informações de sua memória que podem ser

impressas em papel ou gravadas em discos para posterior análise. Ribeiro, 2002, p. 58.

Algumas dessas informações são do mesmo tipo das obtidas em um exame ECG (eletrocardiograma), porém coletadas em grandes períodos e constantemente. A seguir temos algumas imagens de gráficos da frequência cardíaca em algumas situações de risco gravadas em papel. Você já fez um exame desses?

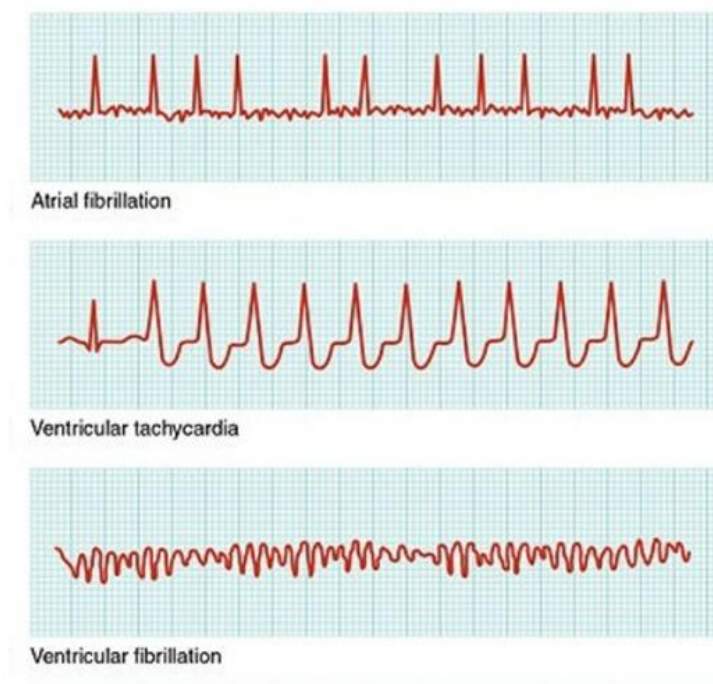


Figura 3. a) Fibrilação atrial; b) Taquicardia ventricular; c) Fibrilação ventricular. WIKIMEDIA, 2022.

O que o marcapasso faz é denominado “estimulação cardíaca artificial” e fundamenta-se na utilização de estímulos elétricos de maneira semelhante aos estímulos elétricos que, em condições fisiológicas, promovem a despolarização/repolarização das células musculares cardíacas. (Penteado, 2013).

A seguir temos quatro simulações que ilustram o procedimento realizado pelo marcapasso em algumas situações cardíacas nas quais é indicado, tais como bradicardia, arritmia e fibrilação ventricular.

Como funciona os marcapasso:

<https://www.youtube.com/watch?v=t5sGEdj0PC0>

Desfibrilador Cardioversor Implantável:

<https://www.youtube.com/watch?v=t5sGEdj0PC0>

Terapia de Ressincronização Cardíaca:

<https://www.youtube.com/watch?v=9G3ayloUEuw>

Fibrilação Ventricular e Morte Cardíaca Súbita

<https://www.youtube.com/watch?v=NB0hMyqzrsk>

O estímulo elétrico que ocorre fisiologicamente é denominado potencial de ação e tem duração de cerca de 250 a 400 ms e cerca de 110 a 120 mVolts de amplitude. O estímulo elétrico artificial emitido pelos marcapassos, conhecido como espícula, tem amplitude da ordem de 2000 a 5000 mVolts (2,0 a 5,0 V) e duração compreendida geralmente entre 0,4 e 1,0 ms. Ou seja, o potencial de ação é um pulso de baixa amplitude e longa duração quando comparado à espícula do marcapasso artificial. (Penteado, 2013).

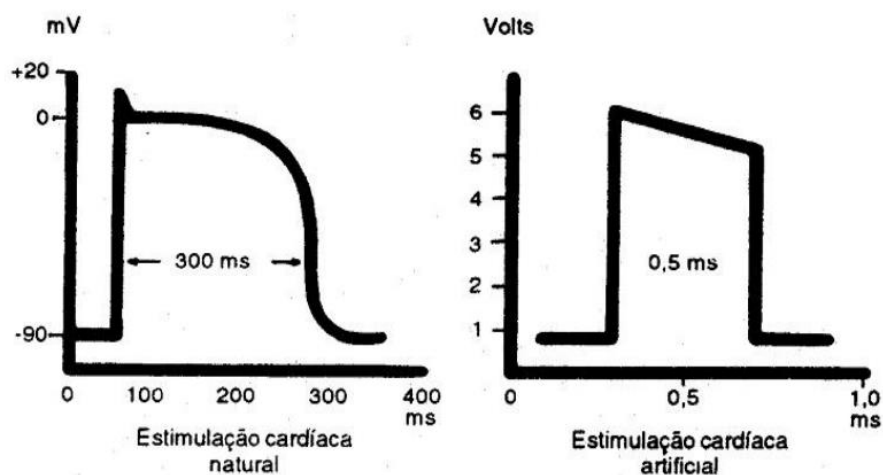


Figura 4. Comparação entre o potencial de ação e a espícula do marcapasso. Ribeiro, 2013.

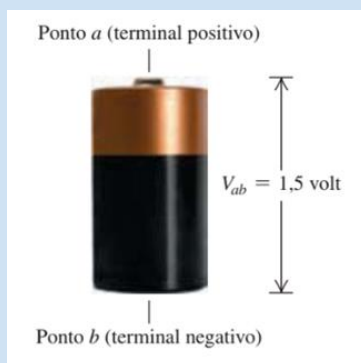
Box da curiosidade!

Você sabe o que é o *volt*?

Volt é o nome dado à unidade de medida (no SI) da grandeza que mede o **potencial elétrico ou a diferença de potencial ddp** nos circuitos elétricos (**V**). Foi assim chamada em homenagem ao cientista italiano, Alessandro Volta (1775-1827), o criador da pilha voltaica.

Corresponde ao trabalho realizado (por uma força elétrica em um campo elétrico) para mover uma partícula carregada eletricamente entre dois pontos.

$$1 \text{ V} = 1 \text{ J} / 1 \text{ C}$$



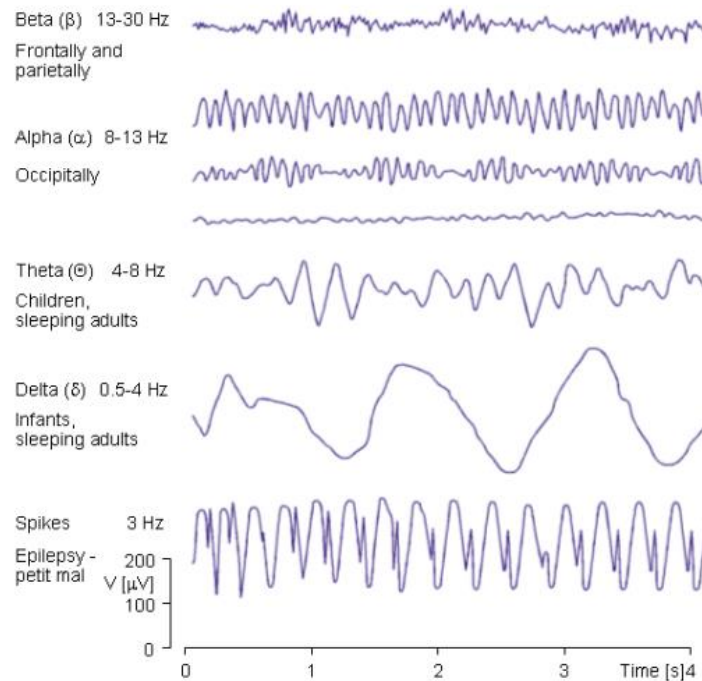
Você deve ter percebido que o marcapasso produz um estímulo artificial, logo, o nosso corpo produz esse estímulo elétrico de forma natural e que podem ser representados graficamente.

No caso do ECG, os eletrodos medem as diferenças de potencial (geralmente não superior a 1 mV) entre diferentes partes da pele do paciente. Estas indicam as diferenças de potencial entre as regiões do coração, e assim proporcionam um modo sensível para detectar quaisquer anormalidades na atividade elétrica que impulsiona a função cardíaca (Young, 2015).

Assim como o coração, o cérebro transmite sinais elétricos através dos neurônios ininterruptamente.

Os neurônios, além dos constituintes normais de uma célula, possuem íons de sódio, de cloro e de potássio. Estes íons podem atravessar a membrana da célula, variando a sua concentração. Quando houver um excesso de íons negativos dentro de uma célula, esta região estará em um potencial elétrico menor do que a parte de fora da célula. (Cabral e Lago, 2004).

No caso do cérebro, o exame realizado é o EEG (eletroencefalograma). Apresenta na forma de gráfico do tipo voltagem x tempo a atividade cerebral ao longo do tempo. A voltagem medida aparece na forma de ondas como as mostradas a seguir.



Um neurônio sem atividade apresenta ddp de aproximadamente -70 mV, quando há uma movimentação de íons atravessando a membrana o valor sobe para +30 mV, durante um intervalo de tempo muito curto (cerca de 2 ms). Os neurologistas classificam as ondas cerebrais de acordo com a frequência. Delta (δ) para as frequências < 4 Hz indicam o estado de relaxamento profundo (sono), já as frequências gama (γ) para frequências > 30 Hz indicam atividade de aprendizado ou raciocínio lógico.

A medida das ondas cerebrais em diversas situações emocionais pode detectar diversos problemas neurológicos, como a epilepsia, mal de Alzheimer, demência e outros. Os neurologistas utilizam corriqueiramente o EEG como uma ferramenta de diagnóstico (Cabral e Lago, 2004).

A seguir temos algumas ilustrações do fenômeno elétrico manifestado nos neurônios:

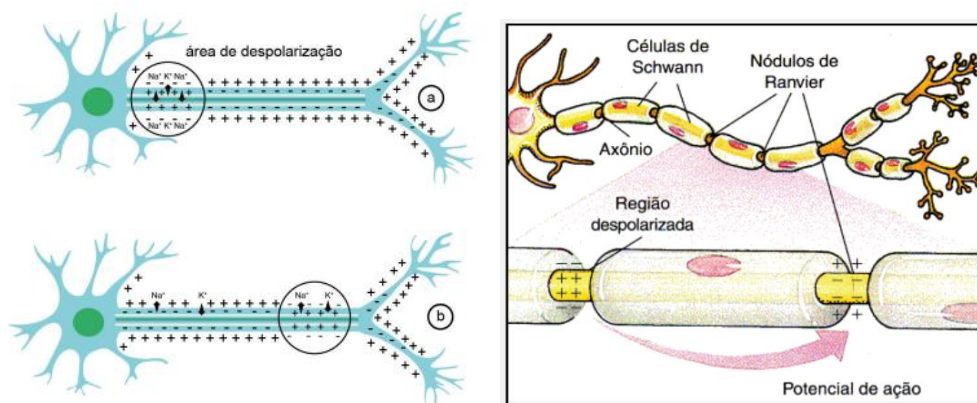


Figura 5. a) Íons de sódio e potássio; b) Estrutura interna do neurônio.

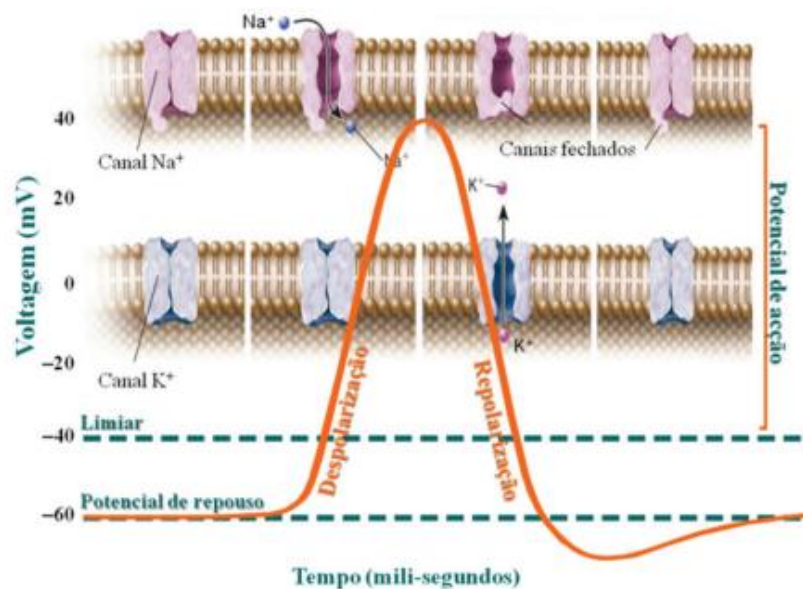


Figura 6. Gráfico diferença de potencial elétrico *versus* tempo da despolarização e repolarização neuronal.

Para finalizarmos nosso estudo sobre o marcapasso e a eletricidade do nosso corpo, uma dúvida ainda persiste: ter um dispositivo eletrônico que funciona como um computador dentro do nosso corpo detectando e produzindo impulsos elétricos, não interfere com os outros dispositivos elétricos ao nosso redor, tais como, tv, microondas, celular, etc?

Para saber mais sobre marcapasso, assista ao vídeo:

<https://www.youtube.com/watch?v=MOtEW4CzS14>

Referências Bibliográficas

AUSTEN, W. Gerald. **Cardiologia - The Medical and Surgical Cardiac Units at the Massachussets General Hospital**. Vol.1. 2 ed. Medsi, 1993. p. 1-24. Disponível em: <https://www.bibliomed.com.br/bibliomed/books/livro11/cap/cap09.htm>. Acessado em: 25 fev. 2024.

CHACCUR, Paulo. **Marcapasso: posso viajar, praticar esportes, ir ao banco, fazer exames?** Disponível em:

<https://www.uol.com.br/vivabem/colunas/paulo-chacur/2020/12/06/marca-passo-posso-viajar-praticar-esportes-ter-vida-normal.htm>. Acessado em 25 fev. 2024.

HARTHORN, J. Warren. EISHAUER, Andrew. C. STEINHAUS, David. M. **Marcapasso Cardíaco**. EAGLE, Kim. A.HARBER, Edgard. DESANCTIS, Roman. W.

PROENEM. **Tecido Nervoso - Neurônios**. Disponível em: <https://proenem.com.br/enem/biologia/tecido-nervoso/>. Acessado em: 01 mar. 2024.

PENTEADO, José O. P. BORGES, Eurival Soares. **Manual do Marcapasso**. Sociedade Brasileira de Cardiologia - SBC. São Paulo, 2013. Disponível em: http://educacao.cardiol.br/manualc/PDF/S_MARCAPASSO_CARDIACO.pdf. Acessado em 25 de fev. 2024.

RIBEIRO, José Carlos B. M. **Princípios básicos da estimulação cardíaca artificial**. Revista da SOCERJ, Edição Abr/Mai/Jun, p. 57-67, 2002.

SANTOS, Higor B. SILVA Marcus V. STEDILE, Rafael. **Sistema de Identificação de Padrões de Ondas Cerebrais**. Trabalho de Conclusão de Curso. UTFPR. Curitiba, 2014.

SANTOS, Marcus V. Wikimedia. 2022. **Resumo de taquiarritmias: diagnóstico, abordagem e muito mais!** Disponível em: <https://med.estrategia.com/portal/conteudos-gratis/doencas/resumo-de-taquiarritmias-diagnostico-abordagem-inicial/>. Acessado em: 29 fev. 2024.

YOUNG, Hugh D. FREEDMAN, Roger A. **Física III - Eletromagnetismo**. 14 ed. São Paulo, Pearson Education do Brasil, 2015.

Verificação de Leitura

1. O marcapasso é um dispositivo eletrônico que:
 - a) deve ser carregado regularmente assim como o aparelho celular
 - b) nunca deve ser colocado perto do forno micro-ondas
 - c) não deve ser colocado no bolso traseiro porque ao sentar-se poderá ser danificado
 - d) é implantado sob a pele, próximo à clavícula esquerda ou direita
2. Um dispositivo análogo ao marcapasso:
 - a) geladeira
 - b) notebook
 - c) desfibrilador
 - d) tomada
3. O marcapasso não tem em sua composição:
 - a) circuito elétrico
 - b) fluido lubrificante
 - c) bateria de íon/lítio
 - d) fios condutores
4. O marcapasso não enferruja porque:
 - a) é envolvido por silicone
 - b) é feito de material orgânico
 - c) metal bio-inerte
 - d) o sangue não produz oxidação
5. O EEG é diferente do ECG porque:
 - a) mede os batimentos cardíacos
 - b) mede o fluxo sanguíneo
 - c) mede a corrente elétrica das células sanguíneas, glóbulos vermelhos
 - d) registra a frequência das ondas cerebrais
6. O Dia do Portador de Marcapasso no Brasil é:
 - a) 21 de abril
 - b) 7 de setembro
 - c) 23 de setembro
 - d) 30 de novembro
7. Estima-se que quantos brasileiros possuem marcapasso?
 - a) 12 mil
 - b) 15 milhões
 - c) 300 mil
 - d) 49 mil

Atividades de Pesquisa e Aprofundamento

1. Vimos como é possível gerar impulsos elétricos no coração, mas que condição do nosso organismo permite a condução elétrica no coração?
2. Quanto ao cérebro, quais componentes cerebrais permitem a condução elétrica?
3. Faça uma pesquisa para obter as informações sobre a potência e a intensidade da corrente elétrica produzida pelos marcapassos e responda qual deve ser a sensação do choque produzido no coração.
4. Cite situações corriqueiras que alteram a frequência cardíaca.
5. Relacione as pesquisas de Luigi Galvani (espasmos em uma rã) e Alessandro Volta (pilha voltaica) com o desenvolvimento dos marcapassos.
6. Faça uma pesquisa sobre os valores e os fabricantes de marcapassos.
7. Se na sua família alguém precisasse de um implante de marcapasso, mas o governo não tivesse feito os repasses para a aquisição dos mesmos e tivesse que esperar em uma fila sem data para a cirurgia, o que você (sua família) poderia fazer para apressar esse procedimento?
8. Descreva uma medida que baratearia a aquisição de marcapasso pelo governo a ponto de não mais haver filas para a realização dos implantes.
9. Cite algumas atitudes, sugeridas pela medicina, que melhoram as condições cardíacas.
10. Com relação a você e sua família, existe algum obstáculo que impeça ou dificulte a realização das atitudes sugeridas na questão anterior?
11. O modelo de marcapasso apresentado no texto foi concebido na década de 50, atualmente há outros tipos de marcapasso? Quais suas características? Quem fabrica e quais os custos para adquiri-lo?
12. Sabendo que o cérebro também produz correntes elétricas, existe um marcapasso para o cérebro? Faça uma pesquisa para responder a pergunta.



Resistir é preciso!



Aposto que desde que você era criança todos os anos precisa fazer algum trabalho na escola que discute “Sustentabilidade”. Propor ações para diminuir a poluição, promover reciclagem, reaproveitamento, etc.

Não sei se você reparou, mas nossas pequenas ações diárias, por mais importantes que sejam, soam pouco significativas do ponto de vista global quando comparamos com grandes indústrias que produzem muitos dos bens que consumimos diariamente. Quando olhamos para nossos hábitos de consumo e os numerosos inventos de nossa era, somados às previsões do futuro quanto aos gastos de energia e a quantidade de habitantes do planeta, parece que o meio ambiente não terá como resistir.

Você sabe quantos habitantes existem na Terra hoje? O quanto de energia elétrica é produzida? O quanto é consumida? Você sabe o quanto de energia elétrica consome em sua casa?

Há estimativas de que a população mundial chegue a 10 bilhões de pessoas até 2100. Consegue imaginar o quanto de energia será necessária para alimentar tantas casas, equipamentos, produzir alimentos, o tanto de lixo produzido?

Falamos em economia agora, mas não importa, com tanta gente assim o consumo de todas as coisas vai aumentar. Sabendo disso, muitos pesquisadores já trabalham em soluções para atender a essa demanda. Por exemplo, a física de materiais (mecânica quântica) se propõe, dentre outras coisas, a estudar a estrutura da matéria buscando tornar mais eficiente a produção e a condução de energia elétrica.

Entender a condutividade, ou resistividade e a supercondutividade é muito importante nesse processo. Você sabe quais características são relevantes para que a energia elétrica produzida lá nas usinas geradoras chegue até sua casa?

Já reparou os tipos de fios que tem entre os postes na rua, os que tem dentro de casa, os que utiliza nos fones de ouvido, por exemplo? O que eles têm em comum? Por que uns são tão grossos e outros tão finos? Do que eles são feitos?

Se dentre suas respostas a resistência elétrica apareceu, seus conhecimentos e/ou pesquisas tem dado resultados porque além da corrente elétrica e da ddp, a resistência é uma das grandezas da eletrodinâmica que mais impacta os nossos modos de consumir energia elétrica. É só lembrar do chuveiro elétrico.

Box da curiosidade!

Você sabe o que é o *ohm*?

Ohm é o nome dado à unidade de medida (no SI) da grandeza que mede a **resistência elétrica (R)**. Foi assim chamada em homenagem ao físico e matemático alemão George Simon Ohm (1789-1854).

A resistência elétrica pode ser entendida como a dificuldade imposta pela própria estrutura atômica dos materiais em permitir a movimentação dos elétrons. Depende de características físicas tais como, comprimento e espessura dos materiais.

Vocês devem saber que há materiais que são bons condutores e outros que sequer conduzem, os isolantes por exemplo. Mas há uma classe de materiais que transitam entre essas características, são os semicondutores. Já ouviu falar sobre eles?

Um dos mais “famosos” é o silício (Si). Você sabe em que ele é usado? Dentre suas aplicações, uma se destaca, placas solares. O silício é largamente utilizado, misturado a alguns outros materiais, na conversão de energia solar em elétrica.

O chamado efeito fotoelétrico, que inclusive rendeu o Nobel de física de 1921 a Einstein, é um importante instrumento utilizado em escala global na produção das chamadas energias renováveis, ou seja, auxilia no combate ao efeito estufa por não gerar gases nocivos ao meio ambiente.

Mas de onde vem o silício que utilizamos, seja nos componentes eletrônicos ou na produção de placas solares? Ser renovável é suficiente para não gerar impactos ambientais?

Assim como o vento e a luz do Sol, a água também é um recurso renovável mesmo assim produz impactos que vão além dos ambientais. A seguir veremos uma emblemática cena que viralizou o mundo em 1989. Você tem alguma ideia do que se trata?



Figura 1. “A índia Tuíra, dos caiapós, ameaça com um facão o diretor da Eletronorte. Momento de tensão no encontro indígena de Altamira”. Escola de Ativismo.

Perceba como a energia elétrica que chega a nossas casas é oriunda de uma cadeia complexa de relações entre política, economia, questões sociais, ambientais e conhecimentos científicos de tal forma que não podemos ser consumidores passivos, o debate energético deve fazer parte das nossas reflexões e ações diárias para o bem comum em um futuro próximo.

Referências Bibliográficas

DINIZ ALVES, José E. **Projeções para a população mundial**. 2020. Disponível em: <<https://www.ecodebate.com.br/2013/10/04/projecoes-para-a-populacao-mundial-2000-2300-o-futuro-esta-aberto-artigo-de-jose-eustaquio-diniz-alves/>>. Acessado em 05 mar. 2024.

FPMIN. **Silício na Transição Energética**. 2024 Disponível em: <<https://mineracaosustentavel.org.br/mineracao-silicio/#:~:text=Produ%C3%A7%C3%A3o%20e%20Reservas&text=O%20Brasil%20tamb%C3%A9m%20se%20destaca,de%20alto%20grau%20de%20pureza.>>. Acessado em 05 mar. 2024.

MARTINHO, Cássio. **Tuíra, a imagem**. 2024. Disponível em: <<https://escoladeativismo.org.br/tuira-a-imagem/>>. Acessado em 05 mar. 2024.

Verificação de Leitura

1. Em 2100 a estimativa de habitantes no planeta é de:
 - a) 100 bi
 - b) 100 mi
 - c) 10 bi
 - d) mais 1 bi do que agora

2. O silício é um elemento da tabela periódica cuja principal característica é:
 - a) semitransparência
 - b) semi-iônico
 - c) semiótico
 - d) semicondutor

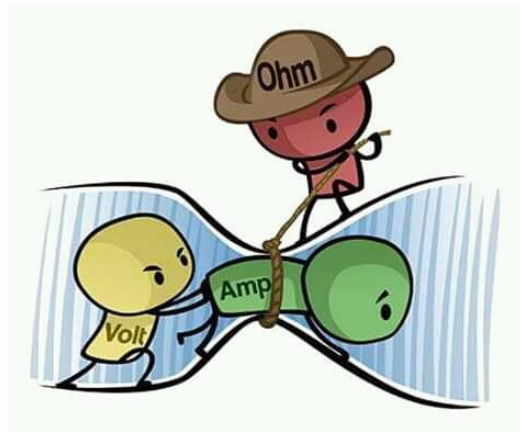
3. Albert Einstein ganhou o prêmio Nobel de:
 - a) física pelo aquecimento global
 - b) da paz pela luta contra a bomba atômica
 - c) química pela radiação eletromagnética
 - d) física pelo efeito fotoelétrico
 - e) astronomia pela teoria da relatividade

4. A principal característica que distingue os tipos de fios que usamos no dia a dia é:
 - a) corrente elétrica
 - b) ddp
 - c) voltagem
 - d) resistência elétrica

5. Estimativa para o futuro indicam que haverá:
 - a) redução da fertilidade feminina
 - b) controle de natalidade
 - c) aumento do consumo de alimentos
 - d) diminuição da energia elétrica devido aos novos equipamentos serem mais modernos

Atividades de Pesquisa e Aprofundamento

1. Pesquise sobre a expectativa de vida das pessoas atualmente e as previsões para o futuro. Após sua pesquisa, responda: é possível que alguém nascido nessa década possa estar vivo quando o planeta tiver 10 bilhões de habitantes?
2. Como os conhecimentos científicos contribuem para o aumento da expectativa de vida?
3. As ciências podem garantir que se possa viver mais e melhor?
4. O ouro é um metal nobre, bom condutor de eletricidade. Pesquise sobre a utilização do ouro como condutor em circuitos elétricos.
5. O quanto de ouro é minerado no Brasil? O quanto é utilizado em dispositivos eletrônicos? Vale a pena do ponto de vista ecológico?
6. De que maneira as comunidades ribeirinhas são impactadas pela construção de usinas hidrelétricas?
7. Volte ao texto, na fotografia da indígena Tuíra dos caiapós, observe os elementos contidos na imagem e reflita sobre o que vê. Responda, por que esta fotografia é tão impactante? Que tipo de conflito está sendo retratado? Como relacioná-lo ao conteúdo estudado?
8. De que maneira podemos aprender a preservar a natureza com os povos originários? Faça uma breve pesquisa sobre o pensador indígena Ailton Krenak e cite algumas reflexões ele tem feito sobre o Antropoceno.
9. Discuta com seus colegas sobre o tema acima e proponha uma alternativa a construção de hidrelétricas que possam gerar o mínimo de impacto social e ambiental.
10. O que é Transição Energética?
11. Pelo que parece todas as fontes de energia geram algum tipo de impacto danoso seja de ordem política, econômica, social ou ambiental, então como os países devem escolher a melhor forma de produzir energia elétrica com o menor impacto possível?
12. A substituição da frota veicular que usa derivados de petróleo (combustível fóssil) por carros movidos a eletricidade é uma proposta para redução dos gases poluentes. Mas de onde virá essa energia elétrica que abastecerá os carros?
13. Que tipos de impactos sociais, econômicos e ambientais a produção de energia eólica envolve?
14. A passagem de corrente elétrica nos condutores produz um efeito térmico, geração de calor. Esse é um aspecto bom ou ruim quando se fala em eficiência energética? Justifique sua resposta.
15. A partir dos conhecimentos adquiridos, explique os elementos da eletrodinâmica que estão representados na ilustração a seguir.



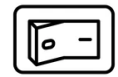
16. A partir dos seus conhecimentos e do webdoc “Sirius”, explique a importância de investimento em pesquisas relacionadas à estrutura da matéria para melhorar a eficiência energética, de produção alimentar e medicamentos para o futuro da humanidade.

Assista ao webdoc Sirius pelo link a seguir:

<https://www.youtube.com/watch?v=d8g6min0cRQ&t=4s>



Era uma casa muito sem graça, não tinha circuito, não tinha nada!



O sonho da casa própria é um dos maiores objetivos de vida de muitas pessoas. Segundo o IBGE em dados divulgados em dezembro de 2023, são mais de 64% de domicílios próprios no Brasil. Políticas públicas de financiamentos buscam há anos aumentar esse percentual.

Mas quando se pensa em casa própria, o que primeiro se planeja, o que primeiro vem à mente? Segurança, gastos, lazer, localização, saneamento? Se você mora em casa própria (dos seus pais/responsáveis) ou de aluguel faça esse exercício mental: quando você puder ter sua casa própria, o que ela precisará ter para ser dos seus sonhos?

Ouso dizer que você não pensou na capacidade e segurança elétrica. Não é de se espantar, esses “detalhes” técnicos costumam ser tratados pelos engenheiros, construtoras, mestres de obra, empreiteiros, etc. Mesmo quando o imóvel está na planta, essas características não chegam até nós.

Mas fique sabendo que o circuito elétrico residencial ou industrial é pensado juntamente com toda a estrutura, lá no alicerce o aterramento já está presente. As tubulações, conexões, tomadas, interruptores, lâmpadas, bem como suas quantidades, dimensões, qualidade, tudo faz parte do projeto elétrico.

Uma residência precisa de uma quantidade mínima de tomadas, interruptores bem posicionados, disjuntores que não desarmem (salvo em situações de risco) e outros fatores, que só podem ser alcançados através de um bom projeto elétrico.

Não se trata apenas de conforto e eficiência, mas também existem requisitos de segurança a serem atendidos, que podem ser conferidos nas normas NBR 5410 – Instalações elétricas de baixa tensão e na NR10 – Segurança em instalações e serviços em eletricidade (Projetando Elétrica, 2024).

Pense na sua casa, quantas tomadas têm em cada cômodo? Suas posições parecem aleatórias? Quando alguém liga o chuveiro elétrico enquanto outros equipamentos elétricos também estão ligados, você percebe alguma oscilação na intensidade da luz das lâmpadas, por exemplo? O disjuntor “cai” com frequência? Já reparou em sua conta de luz se lá está escrito monofásica, bifásica ou trifásica? O que isso significa? Aliás, o que é uma NBR???

As Normas Brasileiras (NBR) são instruções técnicas proferidas por profissionais e pesquisadores de determinada área e que são aprovadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) que devem ser seguidas na execução de quaisquer projetos.

Por exemplo, a NBR 5410 tem mais de 200 páginas e orienta como deve ser executado o projeto elétrico de baixa tensão (1000 V em tensão alternada e 1500 V em tensão contínua no país) de casas, prédios, comércios, indústrias e agropecuária.

A norma foi estabelecida para assegurar a qualidade nas instalações, sem oferecer riscos para os trabalhadores, moradores e animais, proporcionando uniformidade entre as instalações e sistemas elétricos (Projetando Elétrica, 2024).

Os benefícios vão desde a economia de energia até segurança.

- Correto dimensionamento dos materiais utilizados, evitando gastos desnecessários.
- Prevenção contra choques acidentais, principalmente nas áreas molhadas.
- Evitar quedas de energia e desarme do disjuntor devido a sobrecargas.
- Pontos de tomada e interruptores distribuídos de forma eficiente.
- Prevenção contra surtos na tensão elétrica, como raios e sobretensões.
- Dimensionamento conforme as necessidades do cliente/imóvel.
- Correto cálculo de consumo de energia, evitando o mau funcionamento de equipamentos eletroeletrônicos ou gastos desnecessários nas contas de luz.

O projeto começa com a planta baixa (arquitetônica), em que se tem os cômodos e suas dimensões como ilustrado na figura 1. Em seguida se sobrepõe, ou seja, coloca-se por cima da planta baixa a localização de todos os pontos elétricos (tomadas, lâmpadas, fiação, quadro de luz), como ilustrado na figura 2.

Para dar continuidade tem-se que ter em mãos o cálculo da demanda que atenda às necessidades dos clientes, que é a previsão de cargas (somatório das potências dos equipamentos do projeto) e, por fim, um diagrama (esquema do circuito) com sua simbologia própria encerram o projeto elétrico residencial.

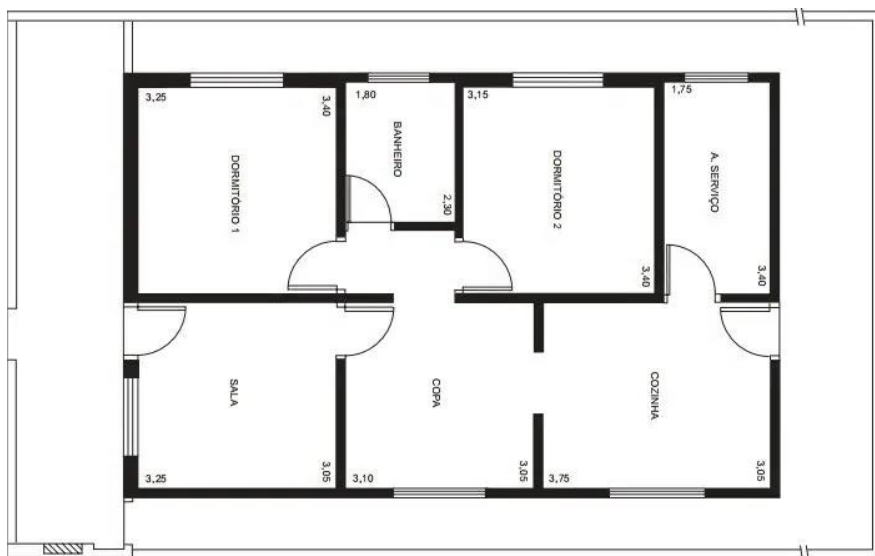


Figura 1. Planta baixa para uma residência de 70 m². Saber Elétrica.

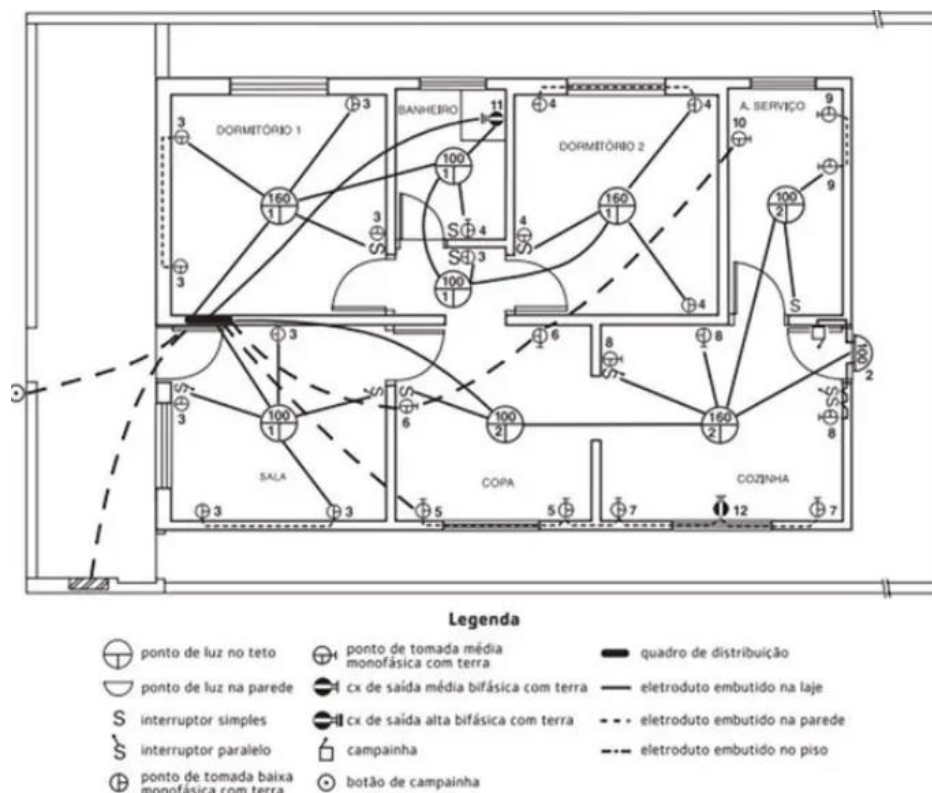


Figura 2. Diagrama representando todos os eletrodutos com sua respectiva legenda. Saber Elétrica.

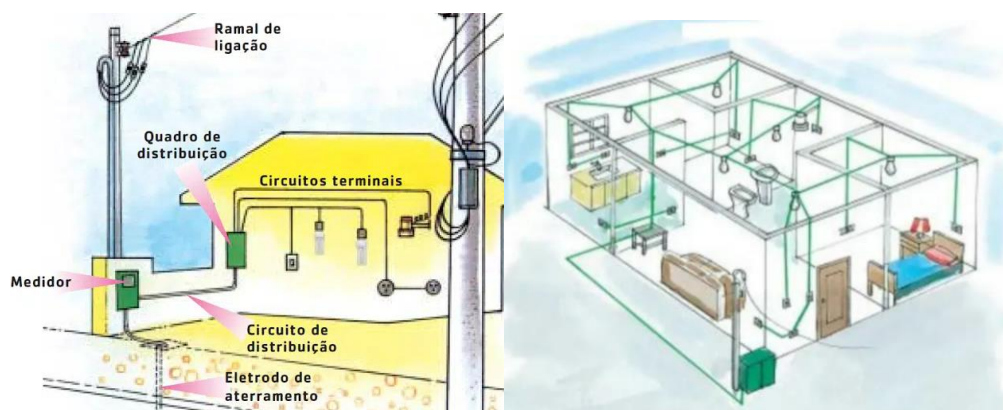


Figura 3. a) Representação das ligações elétricas externas. b) internas. Saber Elétrica.

O projeto elétrico nada mais é do que um circuito elétrico residencial definido como o conjunto de pontos (luz e tomadas) conectados por condutores que são ligados ao mesmo dispositivo de proteção (disjuntor). O ideal é que circuitos simples fiquem com até 10A de corrente, sendo que em 127V a potência é de 1270VA e em 220V a potência é de 2200 VA (Projetando Elétrica, 2024).

O volt-ampère (VA) está designado como unidade de medida da potência elétrica utilizada em projetos elétricos, entretanto é mais comum ser representada pelo watt (W). Todos os equipamentos elétricos que têm em sua casa (você pode verificar em etiquetas,

selos, manuais, impressões) apresentam inscrições que indicam a potência elétrica consumida quando ligados à rede elétrica, por exemplo, (15W - 220V).



Figura 4. Inscrições das capacidades elétricas em um carregador de celular (ddp, corrente, frequência e potência elétrica).

Se liga na história!

Você sabe o que é o *watt*?

Watt é o nome dado à unidade de medida (no SI) da grandeza que mede a **potência (P)**. Foi assim chamada em homenagem ao matemático e engenheiro britânico James Watt (1736-1819).

A potência elétrica pode ser entendida como a “rapidez” com se consome energia. É a medida da energia elétrica consumida por qualquer aparelho elétrico. A partir da potência dos equipamentos e do seu tempo de funcionamento podemos estimar a quantidade de energia elétrica consumida.

A potência dos equipamentos é tão importante em um projeto elétrico que deve ser estimado o seu somatório, a previsão de cargas antes do dimensionamento e aquisição das tomadas, fiação, etc. A NBR 5410 traz uma série de instruções quanto a esse procedimento, vejamos alguns itens:

- O projeto deve possuir, no mínimo, quatro circuitos terminais: um para iluminação, um para os pontos de tomada e dois para os circuitos independentes.
- Nos circuitos de iluminação, dividir as cargas em dois circuitos mesmo sendo pequena a potência de cada um, pois, não é necessário desligar toda a iluminação em caso de defeito ou manutenção.

- É recomendável separar os circuitos de iluminação e de força em todos os tipos de edificações e aplicações. Uma vez que, dessa forma, um circuito não será afetado pela falha do outro caso ocorra um defeito em um deles.
- A corrente de projeto do circuito comum (iluminação + tomadas) não deve ser superior a 16A.
- Os pontos de iluminação não devem ser alimentados em sua totalidade por um só circuito caso esse circuito seja comum (iluminação + tomadas).
- Os pontos de tomadas não podem ser alimentados em sua totalidade por um só circuito caso esse circuito seja comum (iluminação + tomadas).
- Nos casos em que iluminação e tomadas são separadas, um circuito de iluminação deve ter seção mínima de 1,5 mm² e um circuito de tomada deve ter seção mínima de 2,5 mm².

Cada cômodo deve ter um mínimo de tomadas estipulado pelas suas dimensões, área ou fração de perímetro, por exemplo:

- Cozinhas, copas, áreas de serviço, lavanderias: um ponto de tomada para cada 3,5 m, com duas tomadas sobre a bancada da pia.
- Salas e dormitórios: um ponto de tomada a cada 5 m, espaçados uniformemente.

No caso das salas de estar deve-se atentar para a possibilidade de que um ponto de tomada possa ser utilizado para alimentação de mais de um equipamento, sendo recomendável equipá-lo com a quantidade de tomadas julgada adequada para minimizar a possibilidade de uso de tês.

- Demais cômodos: um ponto de tomada se sua área for igual ou inferior a 2,25 m², posicionado externamente a até 0,80 m de sua porta de acesso.

Você consegue perceber como não há aleatoriedade em como estão distribuídas as tomadas em sua casa? E as “previsões” (aquilo que foi pensado detalhadamente) não param por aí: a potência a ser atribuída a cada ponto de tomada é função dos equipamentos que ele poderá vir a alimentar e não deve ser inferior a alguns valores mínimos.

Em banheiros, cozinhas, copas, copas-cozinhas, áreas de serviço, lavanderias e locais análogos, no mínimo 600 VA por ponto de tomada, até três pontos, e 100 VA por ponto para os excedentes, considerando-se cada um desses ambientes separadamente. Quando o total de tomadas no conjunto desses ambientes for superior a seis pontos, admite-se que o critério de atribuição de potências seja de no mínimo 600 VA por ponto de tomada, até dois pontos, e 100 VA por ponto para os excedentes, sempre considerando cada um dos ambientes separadamente. Nos demais cômodos ou dependências, no mínimo 100 VA por ponto de tomada (Projetando Elétrica, 2024).

Até o chuveiro ganha recomendação própria, após conhecer sua potência elétrica (quantidade de energia consumida pelo aparelho que está diretamente relacionada à sua

capacidade de aquecimento da água), é preciso dimensionar corretamente o circuito elétrico para suportar essa carga que é a maior dentre os equipamentos de uso cotidiano. Esse processo envolve o cálculo das correntes, a escolha dos disjuntores e a seleção do fio adequado.

Ufa, quantos detalhes! Dá até uma canseira em pensar na quantidade de tomadas, espessura de fios e a potência de cada equipamento elétrico dentro de uma simples casa, mas, sem esses detalhes todos, os riscos com acidentes elétricos (choques, incêndios, sobrecargas) podem ser incalculáveis.

Entretanto os desafios não param por aí, fora de casa os detalhes também importam muito. Os chamados “gatos” na rede elétrica (ligações clandestinas, desvios ou manipulação indevida de relógios medidores) além de somarem prejuízos às concessionárias de energia elétrica e perdas de arrecadação de impostos, oferecem riscos elevados em acidentes elétricos.

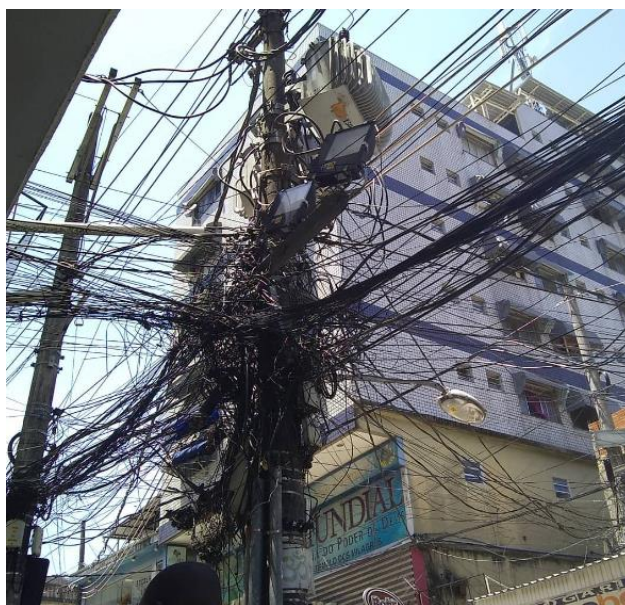


Figura 5. Poste de luz com emaranhados de fios de alta tensão. Gato na rede elétrica. Foto: André Ramalho.

Segundo dados da ANELL (Agência Nacional de Energia Elétrica), os furtos de energia no Brasil chegaram a 15 % em 2022. Isso significa que ajustes são feitos para o ciclo tarifário seguinte aos dados, a agência recalcula as tarifas para cada distribuidora de forma a aumentar os valores para os demais consumidores.

Além de que os “gatos” são crimes, se enquadram em furto ou estelionato, artigos 155 e 171 do código penal, onde as penas incluem reclusão e multa:

Pode responder pelo crime de furto de energia elétrica (subtração para si de coisa alheia móvel) quem realizar a conduta de puxar ou desviar a energia elétrica de sua fonte natural, ou seja, quem faz uma ligação clandestina diretamente da rede elétrica e evita ou não deixa que a energia seja mensurada pelo medidor (relógio) da concessionária local (“gato na rede”).

Obter, para si ou para outrem, vantagem ilícita, em prejuízo alheio, induzindo ou mantendo alguém em erro, mediante artifício, ardil, ou qualquer outro meio fraudulento.

Engana-se quem pensa que os principais responsáveis por essa prática são os residentes das periferias e comunidades. Em ação realizada pela Polícia Civil e Enel de São Paulo ocorrida em fevereiro deste ano (2024), foi constatado que 74% das fraudes eram do comércio, 19% da indústria e apenas 7% residenciais, em áreas nobres e de classe média (ENEL).

Referência Bibliográficas

GOMES, Irene. Agência de notícias - IBGE. **Domicílios próprios predominam**. 06 de dez. de 2023. Disponível em:

<<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/38544-domicilios-proprios-predominam-mas-13-5-deles-nao-tem-documentacao#:~:text=Cerca%20de%2064%2C6%25%20da,menor%3A%2064%2C2%25>>. Acessado em: 05 de abr. de 2024.

Projetando Elétrica. **O que é um projeto elétrico residencial**. Disponível em: <<https://www.projetandoeletrica.com.br/entendendo-o-que-e-um-projeto-eletrico-residencial/>>. Acessado em: 05 de abr de 2024.

_____. Diferença entre uma instalação monofásica, bifásica e trifásica.

_____. Potência e dimensionamento do chuveiro.

_____. Como fazer o levantamento de cargas elétricas.

_____. NBR 5410. Instalações elétricas de baixa tensão.

_____. Sistema de aterramento elétrico.

RUDDY, Gabriela. EPBR. **Quase 15% da energia elétrica do Brasil é furtada**. 23 de out. de 2023. Disponível em:

<<https://epbr.com.br/gato-de-energia-eletrica-qual-o-tamanho-do-problema-e-o-impacto-na-conta-de-luz/>>. Acessado em 08 de abr. de 2024.

PUPULIM, Pedro. CNN. **Maior ocorrência de “gatos” de energia é em regiões da classe média**. 11 de mar. de 2024. Disponível em:

<<https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/maior-ocorrencia-de-gatos-de-energia-e-em-regioes-de-classe-media-diz-enel/>>. Acessado em 12 de abr. de 2024.

Verificação de Leitura

1. A pesquisa do IBGE divulgada em 2023, aponta que a maioria das pessoas escolhem a casa própria levando em consideração:
 - a) localização
 - b) segurança
 - c) custo
 - d) nenhuma das anteriores
2. Verdadeiro ou Falso:
() O sistema de aterramento de uma edificação é o último processo a ser realizado.
3. Quem determina as características técnicas para a construção de uma casa?
 - a) Mestre de obras
 - b) Construtora
 - c) Engenheiro
 - d) Associação Brasileira de Normas Técnicas
 - e) Cliente/proprietário
4. A quantidade de tomadas de um cômodo deve ser:
 - a) 2,5
 - b) 6
 - c) 5
 - d) depende
5. “Gatos” são uma prática criminosa que:
 - a) reduz os gastos com energia elétrica
 - b) impede fuga de corrente
 - c) aumenta lucros
 - d) aumentam tarifas
6. Segundo o texto, quem mais pratica “gatos” na rede elétrica são:
 - a) pobres e analfabetos
 - b) residentes de periferia e comunidades
 - c) comerciantes
 - d) eletricitas

Atividade de Pesquisa e Aprofundamento

1. O texto indica que o projeto elétrico de uma casa deve ter pelo menos 4 circuitos elétricos terminais: um para iluminação, um para os pontos de tomada e dois para os circuitos independentes. Isso é um indicativo de que o circuito residencial é qual tipo (série ou paralelo)? Quais suas características?
2. Faça uma estimativa da carga elétrica (somatório das potências dos equipamentos) de sua casa.
3. Quais dos equipamentos/dispositivos elétricos que você tem em casa gera mais gasto de energia? Justifique sua resposta.
4. Quais consequências a prática mostrada na figura acarretam? Justifique sua resposta. Responda em termos de potência, tensão, resistência e corrente elétrica.



5. Apesar do texto trazer a informação de que são os comerciantes de áreas nobres ou classe média os que mais praticam “gatos”, o senso comum indica que essa prática é mais recorrente em comunidades periféricas. A que pode ser atribuída essa falácia?
6. Por que a espessura (área de seção reta dos fios) deve ser levada em consideração para o correto dimensionamento dos circuitos elétricos residenciais?
7. Qual a diferença entre tensão alternada e contínua? O que Nikola Tesla tem a ver com isso?
8. Aparelhos eletrônicos desligados, mas em modo standby, continuam gerando gastos de energia elétrica? Justifique sua resposta.
9. Imagine que na sua casa utiliza-se um chuveiro com as seguintes especificações: (3300 W - 220 V) e nunca apresentou problemas quando em funcionamento. Seus pais resolveram trocá-lo por um mais moderno e potente cujas especificações são: (7700 W - 220 V). Porém, toda vez que a ducha nova é ligada o disjuntor desarma.

A partir da situação descrita, responda:

- a) Indique os motivos para o desarme do disjuntor.
 - b) Aponte possíveis soluções para resolver o problema do desarme do disjuntor para poder utilizar a ducha nova.
 - c) O que significa uma ducha “mais potente”?
10. Faça o esboço de uma planta baixa da casa dos seus sonhos. Indique no seu desenho, use como referência as figuras de 1 a 3 do texto:
- a) Onde ficará o quadro de luz.
 - b) Indique a localização das tomadas e as lâmpadas para todos os cômodos.
 - c) Faça uma estimativa dos equipamentos elétricos que pretende ter com suas respectivas potências. Em seguida, faça o cálculo da carga elétrica.
 - d) De posse dessa informação diga se sua casa será mono, bi ou trifásica.
 - e) Que características o disjuntor da sua casa deve ter?
 - f) Estime quantos metros de fiação será necessário?
 - g) Quais inovações sua casa poderia ter para ser mais econômica e ecologicamente viável quanto aos gastos na construção e no consumo de energia elétrica?

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Acredita-se que o produto educacional aplicado segundo a metodologia dos Três Momentos Pedagógicos pode contribuir com uma aprendizagem consoante com as propostas atuais da Educação Básica, os indícios de aprendizagem encontrados nas atividades de pesquisa e aprofundamento realizados pelos estudantes são: compreender as Ciências como ferramenta para agir no mundo, produzir significados em contextos diversos para enfrentar questões de vida em sociedade, pensar o mundo cientificamente, expressar em linguagem própria das Ciências da Natureza e suas Tecnologias, conhecimento conceitual da Física, especificamente da Eletrodinâmica, contextualização histórica, social e cultural com ênfase nas aplicações de conhecimento científico e tecnológico, e nas implicações éticas, sociais, econômicas e ambientais.

O desenvolvimento dos conteúdos extrapolou a mera memorização de equações e resolução de exercícios repetitivos, houve o desenvolvimento de habilidades procedimentais e atitudinais que envolvem valores e postura ética com valorização do contexto sociocultural, desenvolvimento de competências cognitivas e sociais, um ensino voltado para uma formação integral crítica e contextualizada dos alunos.

A compreensão da Eletrodinâmica nos seus aspectos CTSA incentiva iniciativas e ações dos alunos que levam ao desenvolvimento de uma postura ética, socialmente comprometida e de responsabilidade social, uma perspectiva libertadora, emancipatória e crítica como pretendia Paulo Freire.

Com esta proposta foi possível perceber o potencial que se tem para desenvolver este tipo de material abrangente em seus objetos de estudo que se interrelaciona com diferentes dimensões do conhecimento e pode contribuir para formação integral dos alunos. Uma aprendizagem coerente com as propostas atuais da Educação Básica que aponta possibilidades de caminhos para transformação no ensino de Física para além de meras resoluções de exercícios e contribuir para uma aprendizagem de qualidade da Física.

A discussão de questões sobre os impactos da ciência na sociedade, em sala de aula, ameniza algumas ideias ingênuas sobre as ciências, por exemplo, a de que a ciência é dotada de todas as respostas certas e absolutas, ou de que está distante da vida cotidiana, mais próxima das ficções cinematográficas.

Numa época marcada por muitos questionamentos, às vezes exagerados e mal-informados sobre as ciências, apresentar uma visão contextualizada, problematizadora, crítica e dialógica se mostra urgente e necessário.

Ao assumir a CTSA como referência dos saberes escolares e como cenário de aprendizagem do qual os problemas e questões sociais significativas surgiriam como temas a serem investigados, concretizados no material didático defendido nesta dissertação, conclui-se que este produto educacional contribuiu para a aprendizagem em Eletrodinâmica de forma satisfatória, atendendo às expectativas de um ensino freiriano sob a ótica CTSA. Portanto, entende-se que a proposição de um ensino problematizador, crítico, contextualizado, dialógico e que faça parte da realidade imediata dos alunos torna os saberes ensinados dotados de sentido para este aluno, na medida em que possam ser mobilizados em contextos fora dos muros escolares, dentro de suas casas.

Quanto a ensinar Eletrodinâmica sob a perspectiva CTSA a partir do produto educacional, foi uma experiência inovadora para a professora e inédita para os alunos. O desenvolvimento dos textos foi um grande desafio que permitiu promover reflexões que envolvem a dimensão social e crítica das ações educativas e do próprio conteúdo científico a ser estudado. Observar os alunos empolgados, fazendo mil perguntas foi estimulante, além de romper com a monotonia que muitas aulas encerram. O suprassumo desta experiência ocorreu quando um grupo de alunos perguntou quando os textos para estudar os conteúdos do 3º bimestre seriam enviados.

Um aspecto a ser levado em consideração na aplicação deste produto educacional é que o segundo Momento Pedagógico poderia ter duas aulas ao invés de apenas uma. Uma aula para conceituação física e outra para resolução de exercícios. Recorda-se que a avaliação foi do tipo formativa e contínua durante todo o período de aplicação do produto educacional. Como de costume, nesta escola, houve uma semana de revisão de conteúdo após a aplicação do produto educacional a partir da resolução de exercícios o que não comprometeu os objetivos deste produto educacional e nem da própria escola.

Por fim, espera-se que trabalhos como este possam fomentar visões menos “enlatadas” da ciência e que possa inspirar outras práticas de ensino em outras áreas da Física, talvez mais urgente, a chamada Física de Fronteira

(Moderna e Contemporânea) que despertam tanto interesse nos alunos e ganham cada vez mais espaço em séries e filmes, mas ainda não como carreira a seguir.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIB, Maria Lúcia Vital dos Santos. **Avaliação e melhoria da aprendizagem em Física**. In: CARVALHO, Anna Maria Pessoa. *et al.* Ensino de Física. 1ª ed. São Paulo: Cenage Learning, p. 141-158, 2018.

ALVES, Vera Regina Oliveira. **Tendências educacionais**: concepção histórico-cultural e teoria histórico-crítica. Santa Catarina: LEFIS. UFSC, 2009.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular – Ensino Médio**. Brasília, 2018.

BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, LDB**. 9394/1996.

_____. **PNLD 2021**: ciências da natureza – guia de livros didáticos – ensino médio. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2021. Disponível em: https://pnld.nees.ufal.br/pnld_2021_didatico/componente-curricular/pnld-2021-obj2-ciencias-natureza-suas-tecnologias. Acesso em: 1 out. 2023.

DELIZOICOV, Demétrio. **Problemas e Problematisações**. In: PIETROCOLA, M. (Org.). Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora. Florianópolis: Ed. da UFSC, p. 125-150, 2001.

DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José André; PERNAMBUCO, Marta Maria Castanho Almeida. **Ensino de Ciências**: fundamentos e métodos. São Paulo: 2002.

DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José André. **Física**. MEC – Ministério da Educação. Secretaria de Ensino de 2º grau. Parte Integrante do projeto Diretrizes Gerais para o Ensino de 2º grau, Núcleo Comum, São Paulo: Convênio MEC/PUC SP, 1988.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia**: saberes necessários a prática educativa. São Paulo: Paz e Terra, 2004.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do oprimido**. 18.ed. São Paulo: Paz e Terra, 1987.

MOREIRA, Marco Antonio. **Desafios no ensino da física**. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 43, n. suppl 1, Rio Grande do Sul, 2021.

RICARDO, Elio Carlos. **Educação CTSA**: obstáculos e possibilidades para sua implementação no contexto escolar. Ciência e Ensino. Vol. 1. n. especial, novembro, 2007.

RICARDO, Elio Carlos. **Problematização e contextualização no Ensino de Física**. In. CARVALHO, Anna Maria Pessoa (Org). et al. Ensino de Física. 1ª ed. São Paulo: Cenage Learning, p. 29-51, 2018.