



JOGO EDUCATIVO “POKELÉTRON” COMO ESTRATÉGIA ATIVA NO PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM DE ELETRICIDADE

Osamu Maekawa

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Unesp no Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora:

Prof^a. Dr^a. Agda Eunice de Souza Albas

Presidente Prudente

Maio / 2020

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Jogo Educativo "Pokelêtron" como estratégia ativa no processo de ensino e aprendizagem de Eletricidade

AUTOR: OSAMU MAEKAWA

ORIENTADORA: AGDA EUNICE DE SOUZA ALBAS

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em ENSINO DE FÍSICA, área: Formação de Professores de Física em Nível de Mestrado pela Comissão Examinadora:



Profa. Dra. AGDA EUNICE DE SOUZA ALBAS
Departamento de Física / Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente

Profa. Dra. ANA MARIA OSORIO ARAYA (PARTICIPAÇÃO VIA VIDEOCONFERÊNCIA)
Departamento de Física / Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente

Prof. Dr. SIDINEI DE OLIVEIRA SOUSA (PARTICIPAÇÃO VIA VIDEOCONFERÊNCIA)
Unoeste / Universidade do Oeste Paulista

Presidente Prudente, 03 de junho de 2020

FICHA CATALOGRÁFICA

M184j	Maekawa, Osamu Jogo educativo "Pokelétron" como estratégia ativa no processo de ensino e aprendizagem de eletricidade / Osamu Maekawa. -- Presidente Prudente, 2020 135 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente Orientadora: Agda Eunice de Souza Albas 1. Educação. 2. Física (Ensino médio). 3. Jogos educativos. I. Título.
-------	--

Dedicatória

Dedico esta dissertação aos meus pais

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

À Sociedade Brasileira de Física pelo programa e oportunidade de aperfeiçoamento dos professores de Física.

Agradeço a minha família, minha esposa e meus filhos.

Agradeço a professora e orientadora, Prof^a. Dr^a. Agda Eunice de Souza Albas, que muito me ensinou nesse período de convivência, sempre muito paciente e atenta aos detalhes. Sempre amigável e solícita em todos os momentos durante a minha pesquisa.

Aos membros da banca por terem aceitado o convite para avaliar, sugerir e contribuir com este trabalho.

A todos os professores e equipe da Unesp de Presidente Prudente que contribuíram com seu trabalho, atenção e dedicação para formação deste mestrado.

.

RESUMO

JOGO EDUCATIVO “POKELÉTRON” COMO ESTRATÉGIA ATIVA NO PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM DE ELETRICIDADE

Osamu Maekawa

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Agda Eunice de Souza Albas

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências e Tecnologia no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Este trabalho de conclusão do programa de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF) é constituído de um produto educacional (jogo de tabuleiro) e dissertação de pesquisa qualitativa envolvendo estratégias de ensino e aprendizagem de eletricidade para o Ensino Médio. A proposta envolve a abordagem do conteúdo na forma de revisão, porém com a participação ativa dos estudantes. Para isso, foi elaborado um jogo pedagógico de tabuleiro que busca sintetizar os conteúdos de forma clara e objetiva. Com ele, é possível explorar posturas de convivência, integração, inter-relação social e complementaridade entre os participantes. O jogo consiste em manter os jogadores empenhados em resolver questões conceituais sobre eletricidade com diferentes níveis de dificuldade. O jogo é composto de um tabuleiro, cartas contendo questões, problemas ou curiosidades, e, peças que caracterizam a equipe jogadora. Os resultados da aplicação do jogo em duas escolas, uma pública e outra particular da rede de ensino, permitiram avaliar a importância da utilização de estratégias ativas no ensino de Física, além de mensurar qualitativamente as contribuições deste recurso pedagógico no aprendizado de eletricidade, contribuindo para um ensino mais significativo de um conteúdo essencialmente conceitual.

Palavras-chave: Aprendizagem. Ensino de Física. Jogo Educativo. Eletricidade.

ABSTRACT

Master's dissertation submitted to Graduate Program University of Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculty of Science and Technology in the Master Professional degree on Physics Teaching, as part of the requirements necessary to obtain the title of Master in Physics Teaching.

This conclusion work of the National Professional Master's Program in Physics Education consisting of an educational product (board game) and qualitative research dissertation involving teaching and learning strategies with electricity to high school. The proposal involves and approach content in the way of literature review, however with active participation of students. For this, was elaborated an educational board game that search to synthesize the contents clearly and objectively. With it, is possible to explore convivence postures, integration, social inter relation and complementarity between participants. The game consists in maintain players engaged in resolve question conceptual about electricity with different difficulties levels. The game is composing of board, questions cards, challenges, curiosities and pieces that characterize team cooperation. The results of the game application in two schools, one public and the other private in the education network, allowed to evaluate the importance of using active strategies in the Physics teaching, in addition to qualitatively measuring the contributions of this pedagogical resource in the electricity learning, contributing to a more significant teaching of an essentially conceptual content.

Keywords: Learning; Physics teaching; educational game; electricity

Lista de figuras

Figura 1: Classificação do Brasil no Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA): (a) no mundo; (b) Saeb no Brasil, Sistema de Avaliação da Educação Básica. .	5
Figura 2: Currículo em espiral proposto por Bruner	10
Figura 3: Metodologias ativas	12
Figura 4: James Clerk Maxwell (1831-1879).....	18
Figura 5: Representação de diagramas de bandas típicas para (a) condutores, p. ex.: metal ;(b) Isolantes e (c) semicondutores.....	21
Figura 6: Transferência de carga por contato de um bastão de plástico carregado para uma esfera metálica através de um fio condutor.	21
Figura 7: Bastões plásticos atritados com pele(a) carregados com cargas iguais e se repelem (b).....	22
Figura 8: Carregando uma esfera metálica por indução.	22
Figura 9: Balança de torção	24
Figura 10: Um corpo carregado cria um campo elétrico ao redor.....	26
Figura 11: (a) linhas de campo de uma carga pontual positiva e uma negativa ; (b) cargas positiva e positiva ; observe vetor campo elétrico em um ponto do espaço.....	27
Figura 12: As moléculas de água dos alimentos têm uma carga elétrica diferente em seus polos (dipolo), girando com a polaridade variável (direção) do campo elétrico.	28
Figura 13: Uma descarga elétrica atinge o automóvel, percorre a superfície e chega à terra através de uma centelha que parte da roda.	30
Figura 14: (a) Um fio de cobre em equilíbrio eletrostático. (b) Uma bateria gera um campo elétrico que movem as cargas elétricas.....	33
Figura 15: Fio condutor não uniforme de secção irregulares destacados.....	34
Figura 16: Condutor uniforme:(v) diferença de potencial;(L) comprimento;(E) Campo elétrico;(I) Corrente;(J) Densidade corrente.....	35
Figura 17: Chuveiro elétrico; visão em corte.	36
Figura 18: Representação do tabuleiro do jogo Pokelétron.....	37
Figura 19: Representação do modelo de carta da casa inicial do jogo	38
Figura 20: Representação do modelo de carta “alvo”	38
Figura 21: Exemplo de carta de nível 2	39
Figura 22: Representação do modelo de carta “Desafio”	39
Figura 23: Representação do modelo de carta “Área de teste”	40

Figura 24: Representação do modelo de uma carta “Atração”	40
Figura 25: Representação do modelo de uma carta “Modelo atômico”	41
Figura 26: Representação do modelo de uma carta “Megadesafio”	41
Figura 27: Representação do modelo de uma carta “vencer o jogo”	42
Figura 28: Aplicação em Escola pública	43
Figura 29: Aplicação em Escola pública	45
Figura 30: Revisão dos conteúdos proposta por Bruner	47
Figura 31: Respostas de estudantes do 3º ano da escola pública, sobre a contribuição na aprendizagem.	48
Figura 32 : Sugestões propostas pelos alunos sobre o jogo.....	49
Figura 33: Sugestões propostas por estudantes da Escola Estadual	49
Figura 34: Dinâmica do jogo entre os estudantes.....	50
Figura 35: Questões de 4 à 12	51
Figura 36: Resultados da avaliação das questões 4 a 12 na Escola Estadual	52

Sumário

1.	Introdução	1
2.	Referencial Teórico	5
2.1	Indicadores de qualidade da educação básica	5
2.2	Teoria de Aprendizagem de Jerome Bruner	7
2.3	Metodologias Ativas	10
2.3.1	Metodologias ativas comuns em práticas de ensino-aprendizagem	11
2.3.2	Jogos lúdicos no ensino de Física	14
3.	Elettricidade	17
4.	Materiais e Métodos	37
4.1	Elaboração do Jogo	37
4.2	Metodologia de aplicação	42
5.	Resultados	46
6.	Considerações Finais	53
	Apêndice 1: Material do jogo Pokelêtron	57
	Apêndice 2: Regras do jogo	66
	Apêndice 3: Questionário	71
	Apêndice 4: Modelo do termo de consentimento	73

1. INTRODUÇÃO

Em meados de 2010, após anos de trabalho na iniciativa privada, surgiu o interesse pela licenciatura em Física. Decidido em que área gostaria de lecionar, fui em busca de cursos presenciais disponíveis na cidade. Infelizmente não havia cursos presenciais de licenciatura na região, com exceção da pedagogia oferecida pela Unesp de Marília. Com decorrer do tempo fui percebendo o descaso com a situação educacional na região. Optei dessa forma em cursar Licenciatura em Ciências oferecido pela Universidade de São Paulo na cidade de Jaú em 2014. Em 2015 comecei a lecionar em escolas públicas e nos anos seguintes fui adquirindo experiência e conhecendo os estudantes com suas dificuldades de aprendizagem ou interesse em Física. O Mestrado Profissional de Ensino de Física em 2018 foi uma forma de adquirir novos conhecimentos no Ensino de Física através de pesquisas em estratégias pedagógicas diversificadas. A Física por parte dos estudantes, é uma área que atrai muito interesse.

A Física é o estudo que mostra como tudo na natureza está maravilhosamente conectada. Para estudá-la é preciso aperfeiçoar a maneira como ela é ensinada, permitindo, assim, mostrar aos estudantes uma nova maneira de enxergar o mundo (HEWITT, 2011, p. 1).

Ao concordar com essa afirmação, devemos pensar então, por que tantos estudantes se mostram avessos à Física? Será que podemos ensinar a Física por meio de atividades interessantes e ao mesmo tempo divertidas, capazes de contribuir para a compreensão dos fenômenos da natureza?

Tradicionalmente, o ensino da Física estabelece seus pilares na Matemática, enquanto os conceitos, muitas vezes, se estabelecem apenas em esclarecer regras matemáticas em detrimento aos conceitos reais que regem os fenômenos físicos, presentes continuamente em qualquer situação do cotidiano.

A Física, cujo objeto é compreender o mundo em que vivemos, possui características que podem e devem ser estimuladas de maneira a tornar o ensino agradável e menos fragmentado (GREF, 2002, p.15).

Segundo Oblinger (2005 p. 87), a geração *net* está constantemente conectada, envolvida e com uma forte necessidade de imediatismo. As pesquisas apontam a necessidade de ambientes de aprendizado ativo, sociais e orientados para a aprendizagem, ou seja, ambientes interativos.

Diante desse contexto, portanto, surge a necessidade de tornar a ciência mais atrativa e próxima da geração atual de estudantes, que, por sua vez, possui as informações ao alcance das mãos, são adeptos de tecnologias diversas e, principalmente, interessados por jogos e desafios.

Este ensino mais atrativo é necessário nas escolas de hoje, tendo em vista que o tradicional já não mais desperta o interesse desses jovens. O ensino da Física, estabelecida dentro das ciências da natureza, precisa ser renovado para mostrar os verdadeiros valores que ela tem para a sociedade, mesmo para aqueles, cujo futuro profissional não dependa diretamente dela ou dos seus conceitos abordados na escola.

No Ensino Fundamental é comum os estudantes gostarem de estudar os fenômenos da natureza, o corpo humano, o Sistema Solar, entre outros assuntos, algumas vezes acompanhado de atividades experimentais. A aproximação entre o abstrato e o concreto torna mais curto o caminho para o aprendizado e mais interessante para os estudantes.

À medida que se passa para o Ensino Médio, a vitalidade dessa energia se dispersa em diversos conteúdos mais abstratos e complexos na vida escolar. Fora dela, o contexto social se amplia com diversos outros interesses, tais como, namorar, passear ou jogar vídeo games, por exemplo. Portanto, o processo de ensinar e aprender se torna um desafio maior para o professor, exigindo de seus saberes docentes, novas estratégias e metodologias pedagógicas eficientes para atender a essa demanda de interesses da nova geração de estudantes.

À medida que o estudante vai crescendo e se desenvolvendo no seu meio social, estabelece relações de significação, isto é, atribui significados à realidade em que se encontra. Esses significados não são entidades estáticas, mas pontos de partida para a atribuição de outros significados (MOREIRA, 1982, p.3). Segundo Murcia (2005, p. 17 apud ORTEGA, 1990) “A capacidade lúdica desenvolve-se articulando as estruturas psicológicas globais (cognitivas, afetivas e emocionais) mediante as experiências sociais da criança”. Uma atividade interessante para o estudante, portanto, precisa ter significados claros para que possam construir novos significados, mais complexos e abstratos.

Muito se fala e se escreve que não estamos ensinando a ciência da Física como algo desafiador, fascinante e motivador. Muitas vezes, este fato se remete às pressões externas, currículos conteudistas que ocupam a maior parte do tempo de aula com questões que serão cobradas no vestibular, além de diversos outros fatores como número de aulas, infraestrutura, qualificação profissional etc. O resultado dessa forma de ensinar Física, se traduz em algo monótono, chato, fragmentado ou com apenas cálculos. Superar essas barreiras engloba uma mudança da cultura escolar, de currículos, de estudantes e de seus responsáveis (docentes e gestores). Mas, o que não se pode é esperar que esse quadro mude sozinho. Nada impede os professores, de tentar transformar essa realidade oferecendo sugestões, tanto de metodologias inovadoras, quanto de materiais didáticos que permitam alterar a forma de ensino vigente, que, como percebemos, não contribui para formação do cidadão crítico e consciente.

É neste contexto que surge interesse, enquanto docente, por ampliar os conhecimentos, buscar novas maneiras de ensino e por contribuir para melhorar os resultados de aprendizagem. Daí, o Programa do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MPNEF) assume um importante papel na formação continuada. Uma vez neste Programa, passamos a ter uma visão de estudante, percebendo a necessidade de remodelar o processo de ensino e aprendizagem curricular, assim como as metodologias, os tempos e espaços. Já é sabido que modelos de ensino do passado não consideram relevantes as diferenças cognitivas, sugerindo-se a necessidade de um modelo onde exista proatividade, colaboração, personalização, (MORAN, 2013). Ainda enquanto estudante do Programa, passo a agir para contribuir com esta mudança, dedicando-me a apenas uma área da Física. Como docente atuante na rede, busco expandi-la sempre que possível.

A área escolhida para desenvolver o trabalho, é uma das áreas da Física mais desafiadora e ao mesmo tempo interessante: a eletricidade. Uma dificuldade notável no ensino sobre eletricidade é o distanciamento entre os conhecimentos que os estudantes possuem daqueles conceitos abstratos, tais como: campo elétrico, cargas, força inversamente proporcional ao quadrado da distância, etc.

Quando abordado na forma de experimentos em sala de aula, é notável o interesse dos estudantes pelo tema. Porém, com o decorrer das aulas, é necessário abordar a teoria envolvida nos experimentos e, nesse momento, percebe-se uma gradual dificuldade, desinteresse e distanciamento dos estudantes com tais conteúdos, principalmente, quando a metodologia adotada pelo professor se aproxima novamente da tradicional ou expositiva.

Segundo Bruner (1969, p.24) “Conhecemos muita coisa para a qual não temos imagens ou palavras o que torna bastante difícil ensiná-la com palavras, desenhos ou ilustrações”.

A eletricidade desperta a curiosidade da humanidade há muito tempo e, ainda hoje, não é diferente na vida dos estudantes, porém, percebe-se que os estudantes apresentam dificuldades, principalmente, em conteúdo que não são visíveis, ou seja, os conceitos abstratos envolvidos neste tema.

Este trabalho, portanto, propõe uma proposta pedagógica que transcenda o ensino tradicional de eletricidade normalmente aplicado em sala de aula. A proposta se resume à confecção de um material didático alternativo, diferente, curioso e que auxilie na construção de conhecimentos abstratos através da metodologia ativa. O material didático e pesquisa se baseia na aplicação de um jogo de tabuleiro que coloca o aluno como protagonista de sua aprendizagem. O professor atua, portanto, como um mediador ou um intercessor, que faz a

ponte entre o que o estudante conhece com aquelas novas informações que lhes estão sendo atribuídas.

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) cita a palavra “jogos” 114 vezes desde o Ensino Infantil até o Ensino Médio, propondo o uso da metodologia baseada em jogos lúdicos como instrumento pedagógico. Portanto, a adaptação de jogos para o ensino de Física pode ser vista como uma atividade que pode complementar esse ensino ou, se bem trabalhada, pode tornar uma metodologia altamente promissora no ensino de conceitos abstratos. É comum os jovens estudantes gostarem de jogos, principalmente, aqueles que envolvem desafios e competições, com os quais eles se identificam muito. A BNCC atenta a essas mudanças, traz à tona a necessidade de tornar o ensino das Ciências Físicas mais integrada e interessante à vida do estudante.

O jogo, portanto, é um estímulo no desenvolvimento das estruturas do pensamento para conceitos abstratos e possibilita que novos conhecimentos se desenvolvam a partir destes (KOTHE, 1977). Segundo Piaget (1990, apud MACEDO et al. 2006, p. 21) “Uma das consequências importantes dos jogos de exercício, é possibilitar o melhoramento dos esquemas de ação, mesmo que isso não corresponda a uma intenção do sujeito que os realiza”.

Por fim, vale ressaltar aqui, que a proposta deste trabalho em elaborar e utilizar um jogo de tabuleiro como instrumento para o ensino de eletricidade, vem ao encontro das exigências das novas diretrizes do ensino nacional, além de se manifestar como uma metodologia diferenciada e compartilhada, que coloca o estudante como sujeito ativo no processo de ensino aprendizagem.

Neste contexto, traça-se como objetivo geral para este trabalho, analisar o uso pedagógico de um jogo de tabuleiro para abordar conceitos de eletricidade junto a estudantes do ensino médio. Como objetivos específicos para atender a esta meta, destacam-se:

- Atrelar o ensino de eletricidade às atividades lúdicas;
- Preparar um jogo interativo sobre temas de eletricidade;
- Verificar o comportamento, interesse e desempenho dos estudantes ao jogar o jogo.
- Investigar a qualidade do jogo e a metodologia aplicada na perspectiva do professor.
- Aplicar o jogo de tabuleiro por intermédio de professores de Física para estudantes do ensino médio e avaliar o comportamento, interesse e desempenho dos alunos ao jogar o jogo.

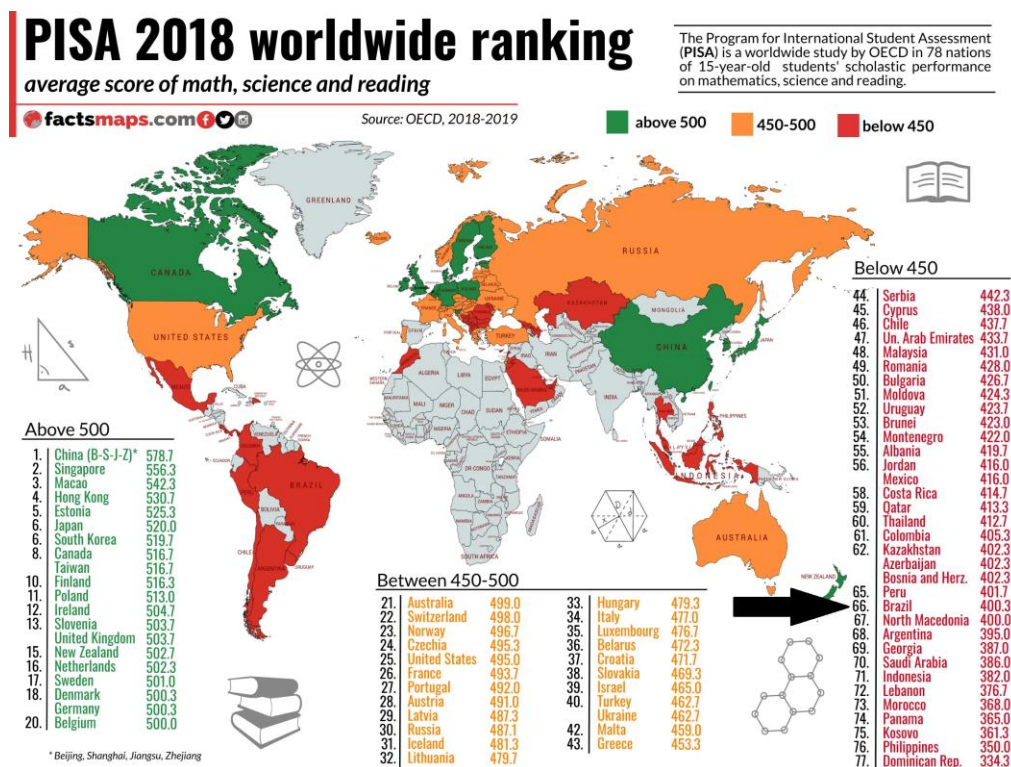
2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 INDICADORES DE QUALIDADE DA EDUCAÇÃO BÁSICA

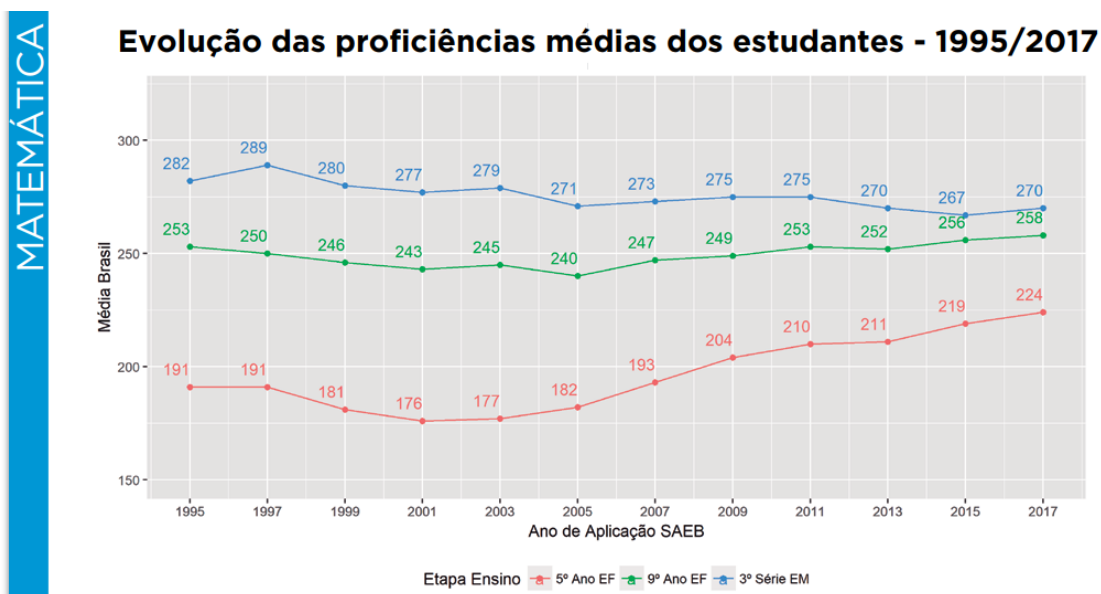
Os índices dos resultados das avaliações sobre a qualidade do ensino no Brasil, demonstram que as pesquisas na Educação nos últimos anos, apesar dos investimentos na educação, não têm tido um crescimento positivo na mesma proporção (PISA, Programa Internacional de Avaliação de Estudantes; SAEB, Sistema de Avaliação da Educação Básica). O professor atuante nas escolas, percebe muitos estudantes desinteressados e com baixo índice de aproveitamento, resultado que reflete nas análises das avaliações internas e externas. Este resultado coloca o Brasil em um patamar distante daquele desejado para a educação nacional, como mostra a Figura (1).

Figura 1: Classificação do Brasil no Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA): (a) no mundo; (b) Saeb no Brasil, Sistema de Avaliação da Educação Básica.

(a)



(b)



Fonte: Organization for Economic Cooperation and Development (OECD) 2018; SAEB, 1996-2017.

Neste contexto, grupos de educadores aliados às diretrizes vigentes e ao sistema de educação brasileiro, buscam alternativas para reverter este quadro e melhorar a qualidade de ensino no país, de tal forma que o Brasil ocupe uma posição melhor em relação aos seus países vizinhos e em relação ao mundo.

Dentre as alternativas, destacam-se as metodologias de ensino, as práticas pedagógicas e seus instrumentos, reunindo, muitas vezes, teorias de ensino que apontam o processo de ensino-aprendizagem mais eficiente. Segundo Lacanallo et al. (2007 p.15) “As teorias do conhecimento e práticas pedagógicas objetivam construir o melhor método, ou seja, aquele capaz de garantir a aprendizagem de todos os estudantes. [...] Assim, compreender a influência dos métodos de ensino e de aprendizagem consiste na necessidade de contextualizá-los na organização da sociedade em cada situação histórica. Paradoxalmente, a cada nova proposta de teoria do conhecimento defendia-se a substituição radical das ideias sobre métodos de ensino e de aprendizagem até então conhecidas.”

Sabemos que a Ciência deve estar em constante construção, à medida que novos conhecimentos são alcançados e testados, novas bases são construídas ou descartadas. O estudo da atividade mental humana, sendo uma delas o cognitivismo, busca entender as relações que existem entre o pensamento, a solução de problemas, a imaginação, entre outras questões relacionadas à forma como aprendemos. Jerome Bruner (BIZERRA; URSI, 2014, p. 136), na década de 40, estava interessado em entender como a necessidade, a motivação e as expectativas influenciam a percepção.

2.2 TEORIA DE APRENDIZAGEM DE JEROME BRUNER

Segundo Bruner, “Ensinar é, em síntese, um esforço para auxiliar ou moldar o desenvolvimento.” (BRUNER; 1969, p.15). Por isso, Bruner se interessou em entender como a necessidade, a motivação e as expectativas influenciam na percepção, tornando-se um pesquisador importante na revolução cognitivista ocorrida na psicologia do século XX. Características como motivação e expectativas estão presentes nas metodologias ativas assim como nos jogos.

A teoria de ensino e aprendizagem proposta por Jerome Bruner, professor de psicologia e Diretor do Centro de Estudos Cognitivos da Universidade de Harvard, sugere que o desenvolvimento intelectual da aprendizagem se desenvolva através das chamadas representações: “a criança progride da representação ativa (motora) para a representação icônica (imagens) e daí para a representação simbólica”. (BIZERRA; URSI, 2014, p. 136). Bruner considera que o indivíduo passa em sua vida por três modos de representação do mundo (MOREIRA. 2015):

1º) Representação ativa: neste estágio inicial, o trabalho cognitivo da criança consiste essencialmente em criar relações entre a experiência e, principalmente, a ação. Nas palavras de Bruner (1969, p.26), “Na primeira infância os fatos e objetos definem-se em relação as ações com eles praticados”. A aprendizagem ocorre através de respostas e na formação de hábitos.

2º) Representação icônica: neste estágio, uma “operação” pode ser realizada na mente, agora passa a ser interiorizada e reversível. Interiorizável, porque, de um modo geral, dados do mundo real podem ser organizados e utilizados seletivamente na solução de problemas, e, reversível, porque uma operação pode ser compensada pela operação inversa. Nesta fase escolar, o estudante consegue deduzir operações sem a necessidade de manipular os objetos de forma direta. Essa dedução é regida, fundamentalmente, por princípios de organização perceptiva e transformações dessa organização. Por exemplo, se dividirmos uma jarra de suco em copos de diferentes tamanhos, podemos reestabelecer o volume da jarra estornando o suco distribuído. (MORREIRA. 2015, p.84)

3º) Representação simbólica: nesta etapa, o estudante consegue operar com proposições hipotéticas, possíveis variáveis, deduzir relações potenciais que, podem ser verificadas pelo experimento ou pela observação. Nesses domínios são elaboradas poderosas representações do mundo da experiência possível e usados modelos da pesquisa para solução de problemas. (BRUNER. 1969 p. 28)

Segundo Bruner, mesmo quando somos adultos, continuamos a representar, inferir tanto ativa, como iconicamente e simbolicamente. Ou seja, um processo contínuo em que as transações – da representação ativa para icônica e de ambas para a simbólica – ocorre automaticamente como um complemento de estabilização das reações. (BRUNER. 1969, p. 29)

Especificamente para Bruner (1969, p. 30) a formação do terceiro sistema de representação, o sistema simbólico, a criança aprende a criar regras de equivalência entre três e doze anos de idade, interligando um conjunto de objetos através das chamadas regras de superordenação da lógica: que as coisas podem ser consideradas semelhantes ao apresentarem todas uma característica em comum, como por exemplo, ao comparar a corrente elétrica com o fluxo de um líquido.

Os estudantes constroem, nas diversas etapas do desenvolvimento intelectual, as representações, que são categorizadas nessas etapas. “Cada uma dessas etapas é caracterizada por um modo particular de representação, que é a forma pela qual o indivíduo visualiza e explica-o a si mesmo”. (MOREIRA, 2015, p. 81)

O processo de ensino de eletricidade por gamificação contempla as formas ativas, icônicas e por representação. No jogo, os estudantes manipulam as cartas que são os instrumentos de aprendizagem, realizam a separação e organização de materiais, estabelecem relações entre os conteúdos trabalhados e realizam a prática da matemática ligada aos conceitos.

Bruner, em sua teoria do desenvolvimento cognitivo, sugere que o indivíduo faz inferência pelo uso de **categorias** (conceitos) e **percepto**. Por exemplo: visitar uma cidade onde a polícia porta arma como metralhadora é um **percepto**, diferente de uma cidade onde a polícia não porta arma, assim inferi que uma cidade seja mais ou menos violenta do que a outra, ou seja criamos conceitos por aquilo que percebemos. Dessa forma, toda atividade cognitiva categoriza, de alguma forma, aquilo que já conhecemos, como um facilitador para classificar as coisas como semelhantes ou não. O termo **categoria** pode ser entendido como um conceito. Por exemplo, se um indivíduo ao caminhar na mata vê a cabeça de uma cobra parcialmente escondida, ao notar a cabeça da cobra, ele vê bem mais do que isso. Vê que isso pode ser uma cobra comprida, venenosa, por exemplo. Mas como não pode perceber essas coisas, o que ele faz, é nas palavras de Bruner, é “ir além da informação dada”. Primeiro decide que a imagem é de uma cobra, segundo, faz inferências sobre a cobra, com base no que é conhecido sobre todas as serpentes. De acordo com Bruner, é possível fazer inferências pelo uso de categorias – neste caso, a categoria serpente. A categoria serpente é um conceito, pois representa coisas relacionadas entre si; também é um **percepto**, pois é algo físico apreendido pelos sentidos. (LEFRANÇOIS. 2016, p. 222)

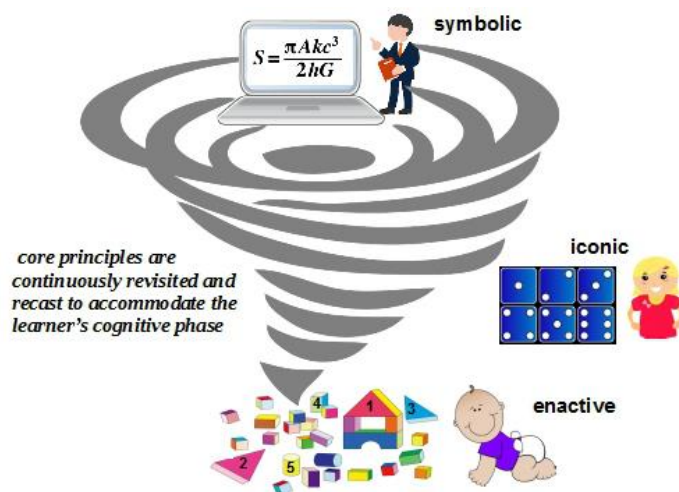
O trabalho proposto usando jogos educativos com algum elemento de gamificação, busca contextualizar os conceitos e mostrar o percepto de um conteúdo extremamente conceitual e abstrato, que habitualmente desperta pouco interesse nos jovens, mas que mostrou ser válido conforme os resultados obtidos mostrados no final deste trabalho.

Segundo Bruner (1969. p. 42), o desenvolvimento mental não é um crescimento gradual, mas de estágios parecidos como degraus de escada, que são alcançados quando determinadas aptidões começam a se manifestar. Bruner, em suas observações aponta as características do desenvolvimento intelectual, sendo algumas delas:

1. O desenvolvimento intelectual caracteriza-se por independência crescente da resposta em relação à natureza imediata do estímulo. É possível prever o comportamento da criança conhecendo os estímulos que nela agem;
2. O desenvolvimento intelectual baseia-se em absorver eventos, em um sistema de armazenamento que corresponde ao meio ambiente. Partindo do modelo armazenado, a criança é capaz de ir além da informação dada e fazer previsões e extrapolações;
3. O desenvolvimento intelectual entende uma capacidade crescente de afirmar, a si e a outros, por palavras ou símbolos, o que alguém fez ou fará. Isso possibilita a transição do comportamento ordenado para o comportamento lógico, conduz os seres humanos irem além da adaptação empírica;

Jerome Bruner (BIZERRA; URSI.2014p.137) propõe que as atividades sejam sempre conectadas em uma espécie de **currículo em espiral** (Figura: 2): inicialmente os estudantes teriam um contato mais superficial com os conceitos-chave, para, posteriormente, os estudantes serem apresentados de forma mais complexa, de forma contínua e agregatória. Tomemos como exemplo: imagine um jogo de biologia sobre genética. Vamos escolher algumas palavras chaves que os estudantes deverão memorizar o significado para depois entender a primeira e a segunda lei de Mendel. Sejam, por exemplo, as seguintes palavras: fenótipo, genótipo, manifestações dominantes e recessivas, hibridização, autofecundação, fecundação cruzada, geração parental (P), primeira geração híbrida (F), gametas, genes, alelos, homozigoto, heterozigoto, monoibridismo. Normalmente este conteúdo é abordado em poucas aulas. Assim podemos perceber que quinze conceitos são necessários para se entender as leis de Mendel e suas ervilhas.

Figura 2: Currículo em espiral proposto por Bruner



Fonte: Firstdiscoverers- Desenvolvimento Cognitivo

2.3 METODOLOGIAS ATIVAS

As Metodologias Ativas de Aprendizagem visam um ensino mais efetivo, uma maior motivação nos estudos e consequentemente retenção dos conteúdos de forma significativa.

Segundo Moran, (2013 p. 17) a melhor forma de aprender é equilibrar atividades que estimulem as iniciativas, criatividade, desafios e informação contextualizada. O sucesso da aprendizagem depende de componentes tais como atividades desafiadoras, jogos com recompensas, pertinentes àquilo que se pretende ensinar e que ofereça interação significativa em grupos e entre grupos. Cabe ao professor acompanhar, mediar, analisar o processo e os resultados.

Quando se fala em “metodologias ativas”, o estudante é o foco principal e deve ter um papel ativo na construção de seu conhecimento, enquanto o professor deve ser o mediador entre o estudante e o conhecimento. O conhecimento não pode ser visto como um objeto que simplesmente é transferido entre o detentor do saber e o receptor, mas trabalhado, refletido e replanejado.

Na escolha de uma metodologia de ensino e aprendizagem deve ser considerada também a origem entre o estudante e o conhecimento ensinado, pois recebe influências de fatores de contexto, como os socioeconômicos, históricos e culturais (RANGEL. 2008), e isso vale para as metodologias ativas.

Segundo Moran (2018. p. 2), metodologias ativas são estratégias de ensino idealizadas, planejadas e executadas com a participação efetiva dos estudantes na construção do processo de aprendizagem, de forma flexível, interligada e híbrida.

A metodologia ativa trabalha com a chamada “metacognição” que significa:

“Capacidade de uma pessoa de prever seu próprio desempenho em diversas tarefas (por exemplo, até que ponto ela é capaz de se lembrar de diversos estímulos) e monitorar seus níveis atuais de domínio e compreensão”. (BRASFORD, BROWN e COCKING (2007 apud BIZERRA, 2014, p. 90)

A autoavaliação e a reflexão desempenham um papel importante na chamada metacognição e devem ser estimuladas e incorporadas desde o início da vida escolar.

Um senso comum entre os pesquisadores das áreas voltadas à educação é que as pessoas constroem um novo conhecimento com base no que já sabem e naquilo que acreditam.

Segundo Moran,

“Aprendemos de muitas maneiras, com diversas técnicas, procedimentos, mais ou menos eficazes para conseguir os objetivos desejados. A aprendizagem ativa aumenta a nossa flexibilidade cognitiva, que é a capacidade de alternar e realizar diferentes tarefas, operações mentais ou objetivos e de adaptar-nos à situações inesperadas, superando modelos mentais rígidos e automatismos pouco eficientes”. (MORAN. 2013, p. 2)

E algumas vantagens apontadas através das metodologias ativas de aprendizagem são:

- Os estudantes se tornam protagonistas no processo de aprendizagem, melhorando sua autoestima e favorecendo sua aprendizagem;
- Os resultados serão mais perceptíveis e imediatos em relação a avaliação tradicional;
- O ambiente em sala de aula se torna menos monótono e mais dinâmico.

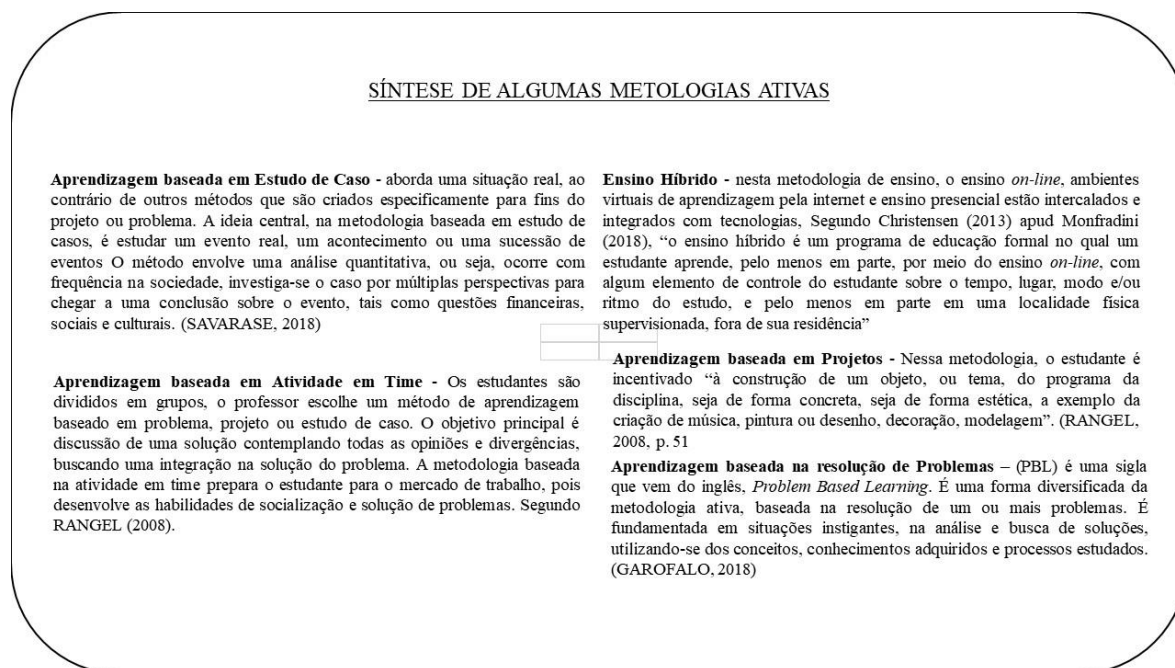
Segundo Savarase (2018), as metodologias ativas de aprendizagem surgiram para aperfeiçoamento do ensino, requerendo por parte do aprendiz um protagonismo nesse processo. Metodologias ativas se diferem do ensino tradicional em que o professor transmite o conhecimento e o estudante o recebe. Nesse processo, mediante o uso de uma metodologia ativa, o professor tem importante papel de mediar o conhecimento.

2.3.1 METODOLOGIAS ATIVAS COMUNS EM PRÁTICAS DE ENSINO-APRENDIZAGEM

Em uma metodologia ativa, como dito anteriormente, os estudantes assumem um papel principal no processo de aprendizagem, enquanto o professor atua como um mediador no processo de ensino e não assumindo o papel de mero, nem o único detentor do saber em sala de aula. Com esta característica básica, o processo de ensino-aprendizagem se torna um modelo

que incentiva o desenvolvimento da capacidade de assimilação de conteúdos de maneira autônoma e participativa. A (Figura 3) descreve resumidamente algumas das metodologias ativas.

Figura 3: Metodologias ativas



Fonte: Próprio autor

Neste trabalho as metodologias ativas escolhidas foram a sala de aula invertida e a Gameificação no processo de ensino-aprendizagem:

Sala de Aula Invertida - Na sala de aula invertida, o estudante é convidado a conhecer o conteúdo com antecedência, explorar e assimilar esse conhecimento à sua maneira. Como o próprio nome diz, na aula invertida, o que se inverte são os momentos em que os conteúdos serão apresentados aos estudantes. O estudante terá o primeiro contato com o novo conteúdo fora do ambiente escolar, podendo ser em casa, no transporte, no final de semana. Poderá ser acompanhado de atividades que testarão se o estudante está assimilando o conteúdo, de que forma e em que nível, podendo ser, até mesmo, de forma *on-line*. Posteriormente o estudante irá para aula com suas dúvidas formuladas e com uma bagagem do conteúdo prévio já avaliado pelo próprio estudante, que será abordado em aula. Na aula invertida, os estudantes participam conjuntamente quando em sala, porém, aprendem em seu próprio ritmo.

Os alunos que apresentam dificuldade de entendimento perante determinado conteúdo passam a contar mais entre os colegas, trocando seus conhecimentos e respeitando seu tempo de aprendizagem. (OLIVEIRA; ARAUJO; VEIT. 2016)

A inversão é muito mais do que uma mudança nos horários e dos espaços físicos. O professor da sala de aula invertida sugere várias abordagens para esclarecer o conteúdo e monitorar o progresso do aluno, precisa modificar sua postura de transmissor do conhecimento nas aulas tradicionais em favor de uma contribuição colaborativa e cooperativa. Essa mudança de postura deve acontecer também com os alunos, que saem de participantes passivos da instrução que é oferecida a eles para participantes ativos. Os alunos tendem a ter um melhor desempenho quando controlam o quando, onde e como eles aprendem. (ANDRADE; SOUZA. 2016)

Gamificação - O termo gamificação (gamification ou game thinking) relaciona-se ao uso de elementos e mecanismos de jogos em contextos que não necessariamente envolvem jogos e/ou recursos de mídias digitais consiste em dinamizar componentes de jogos na solução de problemas relacionadas às dificuldades de aprendizagem e motivação. A metodologia por gamificação pode ser baseada em elementos de jogos digitais ou tradicionais. Busca despertar engajamento entre um público específico; intenção de despertar emoções positivas, explorar aptidões pessoais ou atrelar recompensas virtuais ou físicas ao cumprimento de tarefas. Participar de um processo de gamificação não significa necessariamente participar de um jogo, mas sim apoderar-se de seus aspectos mais eficientes(estética, mecânicas e dinâmicas) para emular os benefícios que costumam ser alcançados com eles. As vantagens vão desde a integração com a realidade dos jovens, fazendo parte da vida deles, até a motivação pelos estudos e a aprendizagem. Para utilizar essa metodologia, é necessário que os jogos sejam bem planejados, além de seu elaborador dispor de conhecimento sobre contexto a ser explorado. (VIANNA et al, 2013)

Segundo Bruner (1969. p. 89) instruir alguém não é levá-lo a armazenar resultados na mente, e sim ensiná-lo a participar do processo que torna possível a obtenção do conhecimento. Saber é um processo, não um produto. Assim, as metodologias ativas devem mobilizar as competências desejadas, intelectuais, emocionais, pessoais e comunicacionais.

A proposta deste trabalho, é utilizar dois tipos de metodologias ativas: a aula invertida e elementos de gamificação. Estratégias ativas de gamificação, tais como o ranking entre as equipes, desafios, bônus, penalidades e também pontuação por participação.

Na aula invertida os estudantes deverão acessar o conteúdo a serem abordado na sala de aula, com antecedência, disponível na forma de livros didáticos, *web sites* ou através da leitura, análise das questões e discussões das respostas, com o objetivo de despertar o interesse nas questões propostas, assentando as bases que sustentarão o processo de ensino aprendizagem que virá posteriormente. A outra metodologia ativa, será a gamificação, em que um jogo, com

base no conteúdo já estudado pelos estudantes, será utilizado para aprimorar o conhecimento que os estudantes já possuem ou, até mesmo edificar novos conceitos sobre aqueles que os estudantes adquiriram nas aulas anteriores, tendo, assim, uma experiência extra com os assuntos que serão abordados.

As abordagens pedagógicas inclusivas e diversificadas buscam fortalecer esses processos de aprendizagem.

Bruner (1969. p. 111) afirma que o jogo é uma ferramenta pedagógica participativa, capaz de estimular através da adivinhação, do estabelecimento de hipóteses de processos; uma representação artificial poderosa da realidade.

A utilização de jogos, ou o uso da metodologia baseada em gamificação é promissora para o ensino de qualquer disciplina do currículo escolar, tendo em vista o interesse dos estudantes por este tipo de entretenimento nos dias de hoje. Neste trabalho, será mostrada sua utilização para o ensino de Física, em um tema específico, como mencionado anteriormente.

2.3.2 JOGOS LÚDICOS NO ENSINO DE FÍSICA

Segundo a LDB 9394/96, Art. 26, “os currículos do ensino fundamental e médio devem ter uma base nacional comum, a ser complementada, em cada sistema de ensino e estabelecimento escolar, por uma parte diversificada, exigida pelas características regionais e locais da sociedade, da cultura, da economia e da clientela”.

Segundo Moran (2015), os tempos passaram e os costumes mudaram, assim como o jovem vê o mundo ao redor. A educação tradicional está diante de um impasse para atualizar seus processos de ensino e aprendizagem.

Com frequência, nossos estudantes nos questionam o motivo de estudar determinados assuntos. Nesta visão frequente do “por quê?”, percebemos essa nova geração com muita informação disponível nos meios eletrônicos, os desafios dos professores cresceram e estão presentes em sala de aula exigindo outras maneiras de se ensinar. São comuns, também, os estudantes dizerem que não gostam de estudar Física, as equações e operações que precisam fazer. Neste contexto, o jogo pode ser um instrumento para estimular sua lógica, seu modo de agir e pensar.

Segundo Huizinga (2000), se verificarmos que o jogo se baseia na manipulação de certas imagens, no caso as cartas do produto educacional, numa certa "imaginação" da realidade (ou seja, a transformação da realidade em imagens), nossa preocupação fundamental será, então,

captar o valor e o significado dessas imagens e dessa "imaginação". Aplicando dessa forma, também, as ideias propostas por Bruner, observaremos a ação baseada em imagens no próprio jogo, procurando assim compreendê-lo como fator cultural da vida do estudante.

Os jogos por outro lado, estão presentes no cotidiano dos estudantes e costuma ser um assunto discutido entre eles, principalmente, se houver desafios e um visual atraente. Eles estão presentes, de certa forma, no âmbito escolar desde as escolas mais antigas. Escola, em sua versão grega significava um “lugar para descanso, repouso, lazer, tempo livre, hora de estudo, ocupação para tempo de ócio, não servil” e em latim “divertimento” ou “recreio”. A atividade lúdica se realiza no jogo. Lúdico, caracteriza-se a qualquer objeto ou atividade que vise mais ao divertimento que a qualquer outro propósito; o que se faz por gosto, sem outro objetivo que o próprio prazer de fazê-lo. (MACEDO et al. 2006, p.35)

Segundo MURCIA,

“A palavra *jogo* provém etimologicamente do vocábulo latino *iocus*, que significa brincadeira, graça, diversão, frivolidade, rapidez, passatempo. Para seu estudo, deve-se considerar também o significado do vocábulo *ludus-i*: o ato de jogar, o prazer da dificuldade gratuita. O aspecto lúdico é essa atividade secundária relativa ao jogo, que se cultiva unicamente pelo prazer”. MURCIA (2005, p.16):

O jogo pode ser uma oportunidade de os estudantes demonstrarem suas habilidades e estratégias e assim estabelecer uma relação positiva na aquisição de novos conhecimentos.

O conhecimento, até então visto como algo cansativo e negativo por estudantes com dificuldades de aprendizagem, aos poucos passa a ser visto como uma atividade desafiadora, divertida e interessante.

Através dos jogos e suas regras, os estudantes vão reconquistando sua autoconfiança e são estimulados a participarem e corrigirem suas respostas. Assim como, analisar e discutir de forma construtiva seus pontos de vista, cuidando e organizando seus materiais.

Segundo Moran (2018, p.18), para o sucesso da aprendizagem, é fundamental que a Metodologia de Gamificação traga desafios, competências adequadas, percursos pessoais com participação significativa em grupos e atividades interativas.

O resultado do jogo pode representar um passo na construção do saber, socialização de diferentes níveis cognitivos e desenvolvimento do raciocínio.

Ler e interpretar são elementos importantes na construção do jogo, os estudantes não aprendem de forma homogênea e as turmas não costumam ser iguais. Portanto, parece ser razoável que o professor conheça alternativas para abordar novos assuntos. Os modelos

educacionais mais inovadores em aprender ativamente devem incluir os jogos, atividades e leituras, combinando tempos individuais e tempos coletivos (MORAN, 2018).

Segundo Piaget (1974, apud MACEDO, 2006, p. 36), “realizar é compreender em ação uma dada situação em grau suficiente para atingir os fins propostos, é razoável, portanto, propor o jogo como promotor de realizações, pois nele tudo se resume às respostas e às consequências de cada jogada”. Portanto, os jogos possibilitam o melhoramento dos esquemas de ação, mesmo que não corresponda a uma intenção do sujeito que o realiza.

Trabalhos publicados envolvendo jogos no ensino de Física atribuem ao professor um papel secundário, de apoio na resolução de dúvidas, permitindo um canal de mão dupla no diálogo com os estudantes, rompendo uma característica do ensino tradicional.

Rangel (2008) sugere o uso de outros recursos à comunicação como forma de tornar a aula mais dinâmica e interessante para o estudante, contribuindo dessa forma, para fixação dos conteúdos.

Segundo (MURCIA. 2005 p.125) “aprendizagem cooperativa é eficiente nas duas atribuições que costumam ser dadas às escolas: a aprendizagem de tarefas e destrezas específicas e a socialização dos estudantes.”

Os jogos e as aulas roteirizadas com a linguagem de jogos estão cada vez mais presentes no cotidiano escolar. As novas gerações são estimuladas, desde muito jovem, a jogos com desafios, recompensas, competição e cooperação, estimulando assim maior atenção.

Porém, é importante salientar que o uso de jogos, ou da metodologia baseada em gamificação, não devem ser exclusivamente, a única ferramenta e/ou metodologia adotada em sala de aula.

No processo de ensino e aprendizagem a gamificação se articula como parte de um processo de sinergia, construindo e avaliando as competências cognitivas e socioemocionais. Com isso, a forma de conduzir a aula, fica mais diversificada e, certamente, mais atrativa para o estudante que sempre terá a expectativa de algo novo oferecido pelo professor.

3. ELETRICIDADE

Entre os estudantes é comum categorizar eletricidade como a corrente elétrica que dispomos nas tomadas de energia elétrica, a luz artificial ou que faz os aparelhos funcionarem, reconhecendo sua importância pelo uso diário. Para entendermos melhor, é necessário rever o contexto passado na história da eletricidade.

A eletricidade e o magnetismo eram conhecidos desde a Antiguidade como fenômenos distintos, cujos termos eletricidade e magnetismo derivam do termo *elektron* e *magnetita*. As primeiras investigações atribuem a Tales de Mileto a observação que resinas de árvores coníferas, o âmbar (*elektron* em grego), ao ser friccionado adquiria a capacidade de atrair pequenos objetos como, por exemplo, penas e plumas. Em seus relatos também estão relacionadas o minério, óxido de ferro (*magnetita*), encontrado em minas na província de Magnésia. Estes materiais eram capazes de se atraírem ou se repelirem, dependendo de como eram posicionados um em relação ao outro e, também tinham a capacidade de atrair o ferro. No oriente, século 3 a.C., os chineses inventaram a bússola graças às propriedades encontradas na *magnetita*.

Muitos séculos se passaram sem muita evolução no conhecimento sobre os fenômenos elétricos e magnéticos. Já no século XIX, o trabalho experimental marcante de Hans Christian Oersted (1777-1851) em 1819 chamou muito atenção e foi historicamente importante. Durante uma apresentação, Oersted observou que, ao passar corrente elétrica em um fio metálico, a agulha de uma bússola próxima se orientava perpendicularmente ao fio. Assim os cientistas estabeleceram que a eletricidade e o magnetismo eram fenômenos relacionados.

Em meados de 1830, Michael Faraday, na Inglaterra, e Joseph Henry, nos Estados Unidos, mostraram que, quando se movia um fio condutor perto de um ímã, ou o inverso, uma corrente elétrica era observada no fio, confirmando essa relação eletricidade-magnetismo.

Algumas décadas após esses experimentos, outro fato importante para história foi demonstrado pelo genial físico, James Clerk Maxwell Figura (4). Maxwell, baseando-se nessas e em outros experimentos, estabeleceu as leis básicas dos fenômenos eletromagnéticos, contribuindo significativamente para o avanço científico nesta área.

Figura 4: James Clerk Maxwell (1831-1879) ³⁾



Fonte: Young; Freedman, 2009

Conhecidas como as equações de Maxwell, válidas para campos elétricos e magnéticos no vácuo, estas equações unificaram dois sistemas de características e propriedades diferentes que eram utilizados na época e que contribuíram significativamente para o entendimento do eletromagnetismo (YOUNG; FREEDMAN. 2009, p.356).

Apesar de não fazer parte do produto abordado neste trabalho e dada a importância histórica que levou a prever a existência de ondas eletromagnéticas, destacamos abaixo as quatro equações de Maxwell:

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q_{int}}{\epsilon_0} \quad (\text{lei de Gauss para eletricidade}) \quad (1)$$

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0 \quad (\text{lei de Gauss para magnetismo}) \quad (2)$$

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \left(i_c + \epsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt} \right) \quad (\text{lei de Ampère -Maxwell}) \quad (3)$$

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = - \frac{d\Phi_B}{dt} \quad (\text{lei de Faraday}) \quad (4)$$

Apesar de Maxwell não ter concebido essas equações, ele foi capaz de estabelecer suas relações e significados fundamentais para o eletromagnetismo e fenômenos observados empiricamente, uma teoria que unificou décadas de conhecimento.

A equação (1) refere-se à Lei de Gauss para campos elétricos $\vec{E}$, dado pela integral sobre uma superfície fechada para o campo elétrico e a carga envolvida, ou seja estabelece uma

relação entre o campo elétrico e a carga; a equação (2), de acordo com a lei de Gauss para campos magnéticos, o fluxo magnético através da superfície é zero, dessa forma podemos afirmar que não existem monopolos magnéticos; A equação (3) é a lei de Ampère incluindo a corrente de deslocamento. Ela relaciona o campo magnético induzido à variação do fluxo elétrico e à corrente. Essa relação permite entender, por exemplo, a corrente de deslocamento em um capacitor, onde existe um vácuo entre as placas circulares, quando medimos o campo magnético nessa região, verificamos que ele de fato existe e se comporta exatamente como a equação (3), modificada por Maxwell; A equação (4) estabelece a relação entre o campo elétrico induzido à variação do fluxo magnético pelo tempo.

Essas equações explicam uma grande variedade de fenômenos relacionados entre campos elétricos, campos magnéticos e suas respectivas fontes. Para chegar a esses resultados foram necessários um longo caminho.

No século XVIII, acreditava-se que a eletricidade fosse um fluido presente em todos os corpos, capaz de escorrer para outros corpos. O cientista Benjamin Franklin (1706-1790) afirmava existir somente um tipo de fluido elétrico presente em todos os corpos. Os corpos com excesso desse fluido deveriam ser considerados eletrizados positivamente e corpos com falta desses fluidos seriam considerados como eletrizados negativamente.

Hoje, sabemos que não são fluídos, mas que tais fenômenos estão relacionados à estrutura do átomo. As forças elétricas regem praticamente todas as interações, sejam em escala macroscópica ou microscópica como, por exemplo, um sinal no sistema nervoso.

Todos os fenômenos eletromagnéticos são, em última instância, manifestações de interações entre cargas elétricas. As partículas positivamente carregadas no interior da matéria são denominadas prótons, e as partículas negativamente carregadas, são os elétrons. Estes, por sua vez, formam o átomo, que podem se atrair e se ligar, formando moléculas.

As forças de atração e repulsão dessas moléculas são de natureza elétrica. A principal característica da carga elétrica é a sua capacidade de interagir com outras cargas. Toda carga elétrica possui, a sua volta, um campo elétrico que nunca será desvinculado da mesma. Dizemos que a carga elétrica é uma propriedade intrínseca da matéria. De acordo com princípios estabelecidos pela Física Moderna, o próton é formado por 2 subpartículas denominadas quarks up de carga $+\frac{2}{3}e$, e 1 quark down de carga $-\frac{1}{3}e$, que resulta $+e$. Essa carga (do próton) somada à carga do elétron, $-e$, resulta em um valor nulo, zero. Dizemos, portanto que, tanto o elétron, como o próton, possui uma carga cujo valor é absoluto e uma das constantes mais importantes da natureza (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2013).

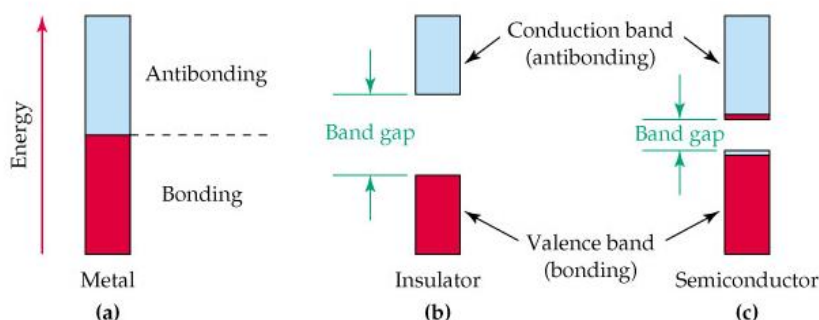
A princípio, cargas de mesmo sinal deveriam se afastar, porém os prótons com cargas positivas e nêutrons sem carga no núcleo do átomo (centro) se mantêm coesos entre si, graças a uma força chamada força nuclear forte. Ao seu redor, os elétrons estão localizados com maior probabilidade em determinadas regiões graças à força elétrica que existe entre cargas diferentes

Quando um corpo possui um número de prótons igual ao número de elétrons, dizemos que o corpo, como um todo, é eletricamente neutro e a soma da carga total (carga líquida) é igual a zero. Para fazermos um corpo neutro ficar com excesso de cargas positivas ou negativas devemos adicionar, ou remover, elétrons do átomo já que a carga positiva no caso, os prótons, estão firmemente posicionados no núcleo do átomo. Assim alguns materiais também são melhores ou piores na capacidade eletrodinâmica.

Os materiais classificados como condutores são materiais nos quais as cargas elétricas se deslocam de maneira relativamente livre, por exemplo quando um material condutor, como o cobre forma um sólido, alguns dos elétrons mais afastados do núcleo se tornam mais livres e recebem o nome de elétrons de condução. Já os materiais conhecidos como isolantes, por outro lado, são materiais nos quais as cargas elétricas não se deslocam livremente já que os elétrons estão mais firmemente presos à estrutura eletrônica material. Existem, também, os materiais com propriedades intermediárias entre esses dois extremos, classificado como semicondutores.

A propriedade de condutividade elétrica tem origem na mecânica quântica, pois, nos átomos ou moléculas, os elétrons têm energia quantizada, ou seja, sua energia apenas pode ter determinados valores que variam discretamente. Quando os átomos ou moléculas se condensam para formar um material, cada nível de energia dá origem a uma faixa de energias permitidas para o elétron denominadas bandas de energia. Essas bandas de energia formam um contínuo de níveis permitidos para o elétron e entre uma banda e outra de energias permitidas existe uma faixa proibida, ou seja, uma região em que não existem níveis de energia permitida para o elétron, denominada *band gap* conforme figura (5). A última banda de energia permitida para o elétron é a banda de condução. Nessa banda, em um metal, por exemplo, a banda de condução está parcialmente ocupada por elétrons, permitindo que sejam excitados por um campo elétrico figura (5-a). Em isolantes a banda de condução está completamente vazia, observe a figura (5-b). As propriedades elétricas dos semicondutores podem ser alteradas pela adição de quantidades controladas de determinados elementos aos materiais conforme figura (5-c) (CHAVES. 2007. p. 112).

Figura 5: Representação de diagramas de bandas típicas para (a) condutores, p. ex.: metal ;(b) Isolantes e (c) semicondutores.

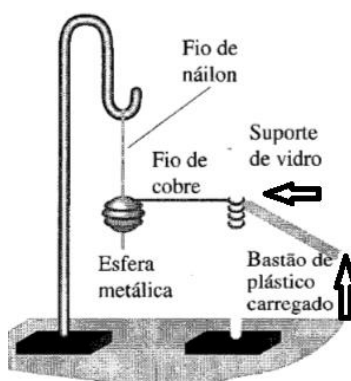


Fonte: <https://wps.prenhall.com/wps/media/objects/948/971633/ch21_05.htm>; acesso 28/04/20.

Em alguns materiais podemos adicionar ou remover cargas elétricas de um material, em um processo denominado eletrização. Para eletrizar objetos ou um corpo neutro, é preciso, portanto, transferir elétrons de um lugar para outro, que pode ser feito por três formas distintas: por contato, por atrito ou por indução.

Eletrização **por contato** figura (6) ocorre quando um corpo carregado e isolado toca outro corpo inicialmente neutro. Após o contato, as cargas irão se distribuir uniformemente sobre sua superfície, já que cargas de mesmo sinal se repelem. A carga elétrica inicial será dividida por dois, se ambos os corpos tiverem o mesmo tamanho.

Figura 6: Transferência de carga por contato de um bastão de plástico carregado para uma esfera metálica através de um fio condutor.

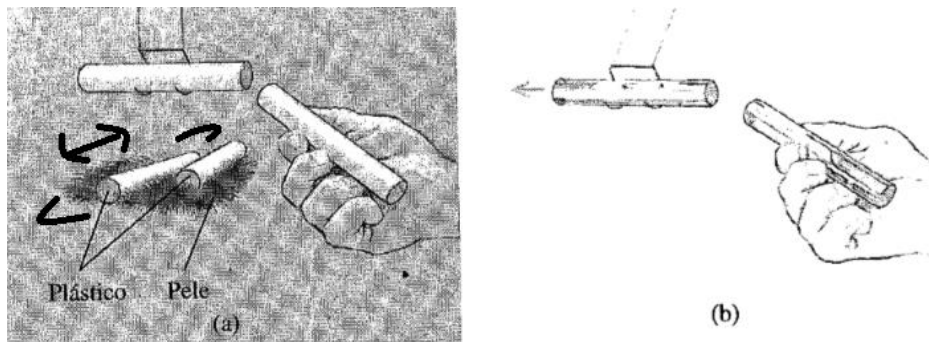


Fonte: Young; Freedman, 2009.

Na eletrização **por atrito** figura (7-a), como o próprio nome diz, é preciso que um material tenha sido friccionado em outro material. Após isso, parte dos elétrons passa para o

outro corpo e os corpos ficam eletrizados com cargas de sinais opostos, na figura (7-b) os bastões plásticos adquirem a mesma natureza de carga e se repelem.

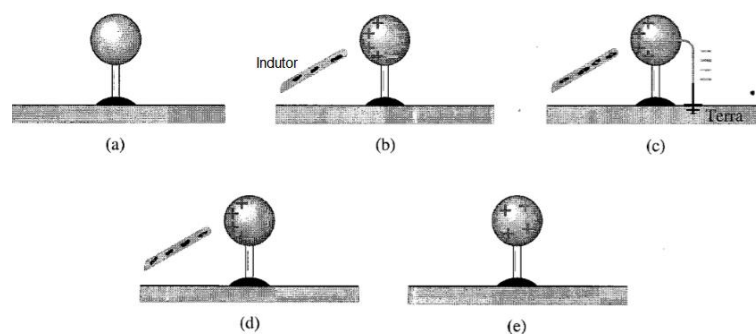
Figura 7: Bastões plásticos atritados com pele(a) carregados com cargas iguais e se repelem (b)



Fonte: Young; Freedman, 2009.

Na eletrização **por indução** figura (8) não ocorre o contato. Nela, um objeto previamente carregado chamado de indutor, (no exemplo abaixo com carga negativa) é aproximado de outro objeto denominado induzido, na figura representado por uma esfera metálica apoiada sobre um material isolante figura (8-a). Isso faz com que os elétrons se movam pela superfície do material mesmo não havendo contato. Se o indutor estiver carregado com carga negativa, haverá repulsão dos elétrons livres do induzido, de modo que estes se deslocarão para a região mais afastada, deixando a região mais próxima do indutor com carga positiva figura (8-b). Em cada lado da esfera surge uma carga induzida. Se ligarmos um fio condutor no lado oposto da esfera do indutor à Terra figura (8-c), podemos transferir cargas e retirando o contato em seguida deixamos a esfera eletrizado positivamente conforme a figura (8)

Figura 8: Carregando uma esfera metálica por indução.



Fonte: Young; Freedman, 2009.

É importante salientar que a lei da conservação da carga observada no fenômeno de fricção, e em outros experimentos mais complexos, não permite gerar uma carga de um tipo sem, ao mesmo tempo, gerar a mesma quantidade de carga do outro tipo. Assim, a soma algébrica de todas as cargas em um sistema isolado nunca se altera.

Os materiais eletricamente carregados possuem uma carga elétrica que é um múltiplo inteiro da carga elétrica de um elétron ou próton em módulo, ou seja, $1,6 \times 10^{-19}$ Coulomb, também chamada de carga elementar, citada anteriormente como “e”. Quando os elétrons são transferidos de um material para outro material, em um sistema isolado, a carga é conservada, obedecendo a um princípio básico da Física em que nenhum elétron pode ser criado ou destruído. Esse princípio é chamado de Conservação da Unidade de Carga Elétrica (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2013, p.12).

A quantidade de elétrons transferidos, pode ser calculada usando a equação (5).

$$Q = n \cdot e \quad (5)$$

Nesta equação, Q corresponde a quantidade de carga, n o número de elétrons e, e é o valor da carga elementar ($1,6 \times 10^{-19} \text{C}$).

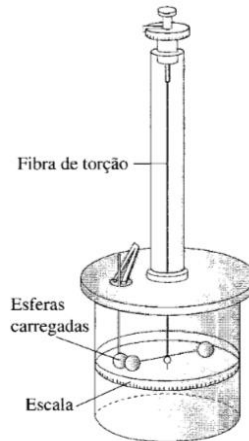
Em relação a distribuição das cargas sobre a superfície, se o condutor elétrico não for esférico as cargas elétricas não se distribuem igualmente sobre a superfície. Neste caso, as cargas estarão mais próximas nos vértices, pois o campo elétrico é perpendicular à sua superfície. Em um objeto esférico oca condutora em equilíbrio, a carga se distribui por toda a superfície de tal maneira que o campo elétrico é nulo no seu interior (VÁLIO, 2016, p. 33).

As cargas elétricas que estão localizadas em corpos com dimensões pequenas ou desprezíveis em comparação com distâncias entre outras cargas, são denominadas cargas puntiformes. Essas cargas são utilizadas para estudar a força elétrica desprezando-se a interferência da massa ou forma. Essa propriedade está implícita no método de cálculo de campo elétrico criado por mais de uma carga, que é baseado no princípio de superposição que abordaremos mais adiante.

A partir de vários experimentos de atração e repulsão, surgiu a necessidade de buscar a quantificação das interações entre as cargas elétricas e esta foi estabelecida pela lei de Coulomb. Para isso, foi utilizado um instrumento chamado balança de torção Figura (9), onde se estabelecia uma relação entre o ângulo de torção de um fio conhecido e esferas carregadas eletricamente. Charles Augustin de Coulomb em 1785 inferiu que interações eletrostáticas das partículas eletricamente carregadas, se atraem ou se repelem conforme a natureza da carga

elétrica e que a força entre as partículas varia diretamente com o produto de suas cargas e inversamente com o quadrado da distância (YOUNG; FREEDMAN, 2009, p. 7).

Figura 9: Balança de torção



Fonte: Young; Freedman, 2009

Uma partícula com carga Q_1 , no ponto r_1 , exerce sobre uma partícula com carga q_2 , no ponto r_2 e em repouso em relação à primeira, uma força de intensidade F (módulo da força elétrica), segundo a lei de Coulomb, é determinada pela equação (6).

$$F = \frac{K \cdot |Q_1| \cdot |q_2|}{r^2} \quad (\text{lei de Coulomb}) \quad (6)$$

A força elétrica exercida pela carga que surge sobre a segunda partícula é diretamente proporcional à constante eletrostática do meio material em que se encontra essa carga e os valores das cargas, dividido pelo quadrado da distância. Na equação (6), k é a constante de Coulomb, que depende do meio onde estão as cargas. Para o vácuo e no S.I., $k = 8,99 \cdot 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$; A constante k também é escrita como:

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

A constante ϵ_0 é conhecida como a permissividade do vácuo, tem o valor $= 8,85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N.m}^2$. A força elétrica é uma grandeza vetorial e expressa na forma vetorial pela equação (7). Nessa equação, Q e q são os valores das cargas, em coulomb, que entram em módulo na equação, r é a distância entre as cargas, em metros (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2013).

$$\vec{F}_{12} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r_{21}^2} \hat{r}_{21} \quad (7)$$

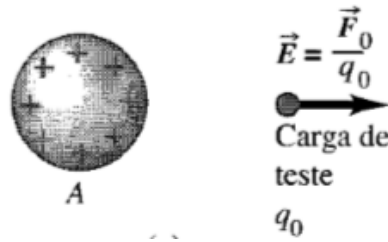
Na equação (7), $\hat{r}$ é um vetor unitário (versor) na direção da reta que liga as duas partículas. A direção da força em uma partícula com carga, depende da localização de outras partículas carregadas vizinhas e do sinal de cada uma. Quando estão presentes mais de duas partículas carregadas, a força resultante sobre qualquer partícula é igual à soma vetorial das forças individuais devidas a todas as outras partículas (SERWAY, JEWETT, 2011.p. 682).

Ainda neste contexto, podemos falar do princípio da superposição. Ele é utilizado para analisar o resultado da soma de vários efeitos simultâneos em um corpo ou local. Um dos efeitos simultâneos ocorre pela presença de diversas forças elétricas em um único ponto. Assim, o princípio da superposição é usado para determinar a força elétrica resultante da ação entre uma carga q_0 e várias outras cargas próximas q . Em um sistema com n partículas carregadas as partículas interagem independentemente, aos pares, e a força que age sobre cada uma das partículas é dada pela soma vetorial das forças entre a carga de se deseja saber e as outras envolvidas. Dessa forma, podemos expressar a força resultante de um sistema de partículas pela equação (8):

$$\vec{F}_1 = \vec{F}_{12} + \vec{F}_{13} + \vec{F}_{14} + \dots \vec{F}_{1n} \quad (8)$$

Na lei de Coulomb são estudadas diretamente as interações entre as cargas elétricas, ou seja, interação carga (elétrica) e carga (elétrica). Uma outra maneira de estudar as interações é através do conceito de campo elétrico. Vamos imaginar uma região onde nenhuma carga exista. Dizemos que nesta região há um campo neutro. Ao colocar um corpo com carga nessa região, este corpo irá perturbar o espaço ao seu redor, gerando o que chamamos de campo de força. Este campo de força é denominado, então, de campo elétrico e é provocado, portanto, pela ação de cargas elétricas ou por um sistema delas. A Figura (10) representa um sistema onde é gerado um campo elétrico. Note que o corpo com carga é representado pela letra A e o campo elétrico é representado por $\vec{E}$. Ao inserir uma partícula com carga q_0 em ponto (chamada carga de teste), surge uma força $\vec{F}$ que atuará sobre essa partícula, colocada dentro da região de campo elétrico.

Figura 10: Um corpo carregado cria um campo elétrico ao redor.



Fonte: Young; Freedman, 2009.

O conceito de campo elétrico permite o estudo da relação carga (elétrica), campo (elétrico) e carga (elétrica). Enquanto na lei de Coulomb a intensidade força depende do valor da carga, no campo elétrico a intensidade força é dividida pelo valor da carga de prova. Essa definição do campo é dada pela equação (9):

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0} \quad (9)$$

Na equação (9), ao substituirmos $\vec{F}$ pela equação (6), da lei de Coulomb, obtemos a definição mais completa para o campo elétrico. O campo elétrico é uma entidade real, capaz de transportar energia e momento. A intensidade do campo elétrico na posição da carga de prova é definida pela equação (10) e sua unidade de medida, no S.I, é N/C.

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{r^2} \hat{r} \quad (10)$$

Para calcular o campo elétrico em um ponto P devido a um grupo de cargas pontuais, primeiramente calculamos os vetores do campo elétrico em P individualmente e pela soma vetorial de cada carga conforme a relação (11).

$$\vec{E} = \frac{F}{q'} \rightarrow \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum \frac{q_i}{r_i^2} \hat{r} \quad (11)$$

O termo carga de prova é uma expressão usada para denominar uma carga de valor minúsculo, em que sua presença não irá perturbar a posição das cargas vizinhas. A equação (12) expressa, matematicamente, o conceito de carga de prova.

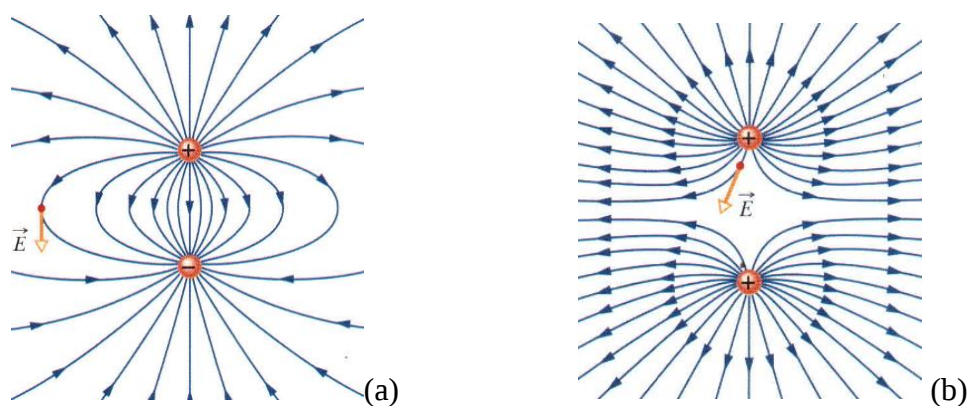
$$E = \lim_{q' \rightarrow 0} \frac{F(q')}{q'} \quad (12)$$

Nesta equação, nota-se que, na prática, esse limite de q' tendendo à zero não pode ser tomado rigorosamente, uma vez a carga elétrica é quantizada.

Para auxiliar no entendimento de campo elétrico é proposta a utilização das linhas de campo ou de força, conforme Figura (11). Algumas características nos ajudam a ilustrar campo elétrico. São elas, três propriedades fundamentais:

- i. O vetor campo elétrico é tangente às linhas de campo elétrico em cada ponto;
- ii. O número de linhas de campo que atravessam a unidade de área perpendicular ao campo é proporcional ao módulo do campo elétrico (intensidade do campo elétrico);
- iii. As linhas de campo saem de cargas positivas e chegam as cargas negativas e nunca se cruzam (YOUNG; FREEDMAN. 2009, p.24).

Figura 11: (a) linhas de campo de uma carga pontual positiva e uma negativa ; (b) cargas positiva e positiva ; observe vetor campo elétrico em um ponto do espaço



Fonte: Halliday, Resnick; Walker, 2013.

Duas placas metálicas retas e paralelas, igualmente espaçadas, podem criar, aproximadamente, um campo elétrico uniforme desde que estejam eletrizadas com cargas de natureza oposta. Próximos ao centro da placa surgem linhas de campo representadas por retas perpendiculares igualmente espaçadas às superfícies das placas. Quando uma partícula de carga q e massa m é colocada em um campo elétrico $\vec{E}$, a força elétrica $\vec{F}$, exercida sobre a carga é dada pela equação (13). Esta é a única força resultante e a única força exercida sobre a partícula.

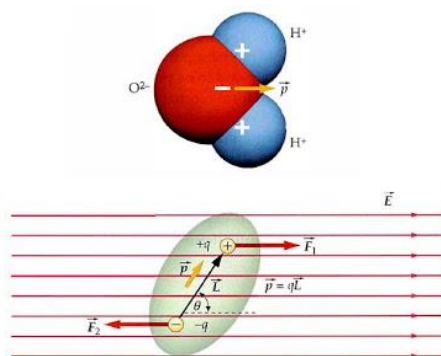
$$\vec{F} = q \cdot \vec{E} = m \cdot \vec{a} \quad (13)$$

Na equação (13), isolando-se a aceleração da partícula temos a equação (14):

$$\vec{a} = \frac{q\vec{E}}{m} \quad (14)$$

Note, na equação (14), que, se o campo elétrico $\vec{E}$ é uniforme, a aceleração é constante. Uma das aplicações práticas do campo elétrico é criando campos elétricos variáveis. A Figura (12) ilustra uma molécula de água dentro de um forno micro-ondas, onde, por meio de campo elétrico, são geradas forças que atuam em sentidos contrários na molécula de água, devido à sua configuração polar, provocando, por consequência, seu torque.

Figura 12: As moléculas de água dos alimentos têm uma carga elétrica diferente em seus polos (dipolo), girando com a polaridade variável (direção) do campo elétrico.



Fonte: <<http://fisicadomundoreal.blogspot.com/2011/02/como-o-forno-microondas-funciona.html>> Acesso 22/04/2020

Uma das formas de simplificar o estudo dos campos elétricos é através da simetria e para isso foi proposto o conceito de fluxo. Fluxo elétrico é o produto da magnitude do campo elétrico $\vec{E}$ pela área da superfície, perpendicular ao campo. O fluxo elétrico é uma grandeza proporcional ao número das linhas do campo elétrico que penetram alguma superfície. Essa, é uma maneira de lidar com as linhas do campo elétrico de maneira quantitativa conforme a equação (15)

$$\Phi_E = \vec{E} \cdot \vec{A} \quad (15)$$

Em situações mais gerais, a magnitude e a direção do campo elétrico podem variar na superfície em questão. Se consideramos uma superfície geral dividida em um grande número de elementos pequenos, cada um com área ΔA , a variação no campo elétrico sobre o elemento pode ser desprezada se o elemento for pequeno o bastante.

A lei de Gauss e a lei de Coulomb são maneiras equivalentes de relacionar o campo elétrico com as cargas que o geram. A lei de Coulomb é válida para cargas paradas uma em relação à outra. A lei de Gauss tem caráter geral e é válida para cargas em qualquer regime de movimento. O movimento altera o campo gerado por uma carga e gera outro campo, o campo magnético. Quando a carga se move, as linhas de força não irradiam simetricamente da carga e na direção paralela à velocidade, as linhas se tornam menos densas, ou seja, o campo fica menos intenso do que o campo da carga parada. Nas direções perpendiculares à velocidade, o campo fica mais intenso. A explicação desse fenômeno é dada pela teoria da relatividade restrita, a qual não abordaremos aqui.

A lei de Gauss diz que o fluxo elétrico resultante Φ_E através de qualquer superfície gaussiana fechada é igual à carga líquida no interior da superfície dividida por ϵ_0 , conforme equação (16).

$$\Phi_E = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{q_{in}}{\epsilon_0} \quad (\text{lei de Gauss}) \quad (16)$$

Na equação (16), q_{in} representa a carga líquida no interior da superfície e $\vec{E}$, o campo elétrico em qualquer ponto sobre a superfície.

A lei de Coulomb pode ser obtida a partir da lei de Gauss, porém o inverso não é válido. Veja a relação descrita a seguir.

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \vec{E} 4\pi r^2 \frac{q}{\epsilon_0} \quad \rightarrow \quad \vec{E} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \hat{r}$$

o campo elétrico de uma carga pontual tem direção radial e varia com o inverso do quadrado da distância (CHAVES, 2007. p. 24).

Quando nenhum movimento de carga ocorre dentro do condutor, este está em equilíbrio eletrostático, por exemplo, o cobre, contém cargas (elétrons) com maior mobilidade. Nessa situação de equilíbrio, toda carga no condutor é uma partícula em equilíbrio. Um condutor isolado em equilíbrio eletrostático tem as seguintes propriedades:

1. O campo elétrico é nulo em qualquer ponto dentro do condutor, como exemplificado pela blindagem eletrostática mostrada na Figura (13)
2. Se o condutor isolado tiver uma carga líquida, a carga em excesso fica inteiramente sobre a superfície.
3. O campo elétrico imediatamente exterior ao condutor carregado é perpendicular à superfície do condutor e tem uma magnitude $\frac{\sigma}{\epsilon_0}$, onde σ é a carga por unidade de área nesse ponto.
4. Em um condutor de forma irregular, a carga por unidade de área é máxima nos locais onde é mínimo o raio de curvatura da superfície (SERWAY, JEWETT, 2011.p. 705).

Figura 13: Uma descarga elétrica atinge o automóvel, percorre a superfície e chega à terra através de uma centelha que parte da roda.



Fonte: Halliday, Resnick; Walker, 2013

Um outro ponto importante no contexto da eletricidade, é a energia potencial elétrica. Para compreender o conceito de energia potencial elétrica, nos remetemos, inicialmente, aos conceitos, já conhecidos, sobre energia potencial gravitacional.

Quando estudamos energia potencial gravitacional, aprendemos que em um campo gravitacional, uma partícula em determinado referencial pode ter mais ou menos energia potencial gravitacional dependendo da sua localização no interior desse campo gravitacional. Se uma força $\vec{F}$ atua sobre a partícula que se move de um ponto a até um ponto b o trabalho W_{a-b} realizado pela força é dado pela integral de linha, conforme equação (17):

$$W_{a-b} = \int_a^b \vec{F} \cdot d\vec{l} = \int_a^b F \cos \theta \, dl \quad (\text{Trabalho realizado por uma força}) \quad (17)$$

Na equação (17), $d\vec{l}$ é um deslocamento infinitesimal ao longo da trajetória e θ é o ângulo entre $\vec{E}$ e $d\vec{l}$ em cada ponto da trajetória.

A mesma analogia podemos fazer em relação à energia potencial elétrica. Um objeto eletrizado possui uma energia potencial em razão de sua localização no interior de um campo elétrico. Considere o movimento de uma partícula com uma pequena carga negativa em direção a uma esfera negativamente carregada. Como as cargas são de mesmo sinal, elas se repelem, e, é necessário gastar energia para vencer a repulsão, ou seja, um trabalho será realizado para trazer a partícula próximo à esfera, aumentando a energia da partícula. Dessa forma, associamos uma energia potencial elétrica (U) à energia que a partícula adquire em virtude do referencial. Se a configuração da partícula muda de um estado inicial (i) para um estado final (f), a força eletrostática realiza um trabalho (W) sobre as partículas, que independe da trajetória ou caminho escolhido, por ser uma força conservativa. Este trabalho é dado pela equação (18).

$$\Delta U = U_f - U_i = -W \quad (18)$$

Em um sistema onde a força é devida a uma distribuição finita de cargas, convém tomar r infinito como a configuração de referência, tal que $U = 0$. Com isso, podemos definir a função energia potencial elétrica de U , conforme equação (19).

$$U(\vec{r}) = - \int_{\infty}^r q_0 \cdot \vec{E} \cdot d\vec{l} \quad (19)$$

Observe que $U(\vec{r})$ representa o negativo do trabalho realizado pela força do campo elétrico sobre a partícula de carga q_0 para trazê-la desde o infinito até r .

A energia potencial elétrica (U) de duas cargas puntiformes qq_0 , quando a carga q_0 está em um ponto situado a qualquer distância de r de q , é dada, portanto, pela equação (20).

$$U = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{qq_0}{r} \quad (\text{energia potencial elétrica de duas cargas}) \quad (20)$$

A unidade de medida para essa energia é o Joule. A energia potencial elétrica é positiva quando as cargas possuem o mesmo sinal e negativa quando as cargas possuem sinais contrários.

O potencial elétrico, representado pela (V), é nova grandeza que não depende da carga de prova, e sim do campo elétrico e eventualmente da posição. Para encontramos o potencial V de uma única carga puntiforme q , dividimos a equação (20) por q_0 , obtendo a equação (21).

$$V = \frac{U}{q_0} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{r} \quad (\text{potencial de uma carga puntiforme}) \quad (21)$$

Na equação (21), r é a distância entre a carga q e o ponto onde o potencial está sendo calculado. A unidade de medida da diferença de potencial, no S.I. é o volt (V) e $1 \text{ V} = 1 \text{ J/C}$. Um elétron-volt (eV) é a energia igual ao trabalho necessário para deslocar uma carga elementar através de uma diferença de potencial de um volt. Se tomarmos como referência o potencial $V_i = 0$, a função do potencial elétrico em um ponto qualquer é dado pela equação (22).

$$V_{\vec{r}} = - \int_{\infty}^r \vec{E} \cdot d\vec{l} \quad (22)$$

Nessa equação, o potencial elétrico no ponto ($V_{\vec{r}}$) é o negativo do trabalho para trazer a carga do infinito a $\vec{r}$ nesse campo elétrico.

O potencial V pode ser positivo, negativo ou nulo, dependendo do sinal e do valor absoluto de q e W_{∞} . O potencial elétrico é uma grandeza escalar. No campo elétrico em uma região, a cada ponto do espaço, é associado um potencial elétrico por unidade de carga. O potencial elétrico produzido por uma carga pontual a uma distância r da carga, é dada pela equação (23):

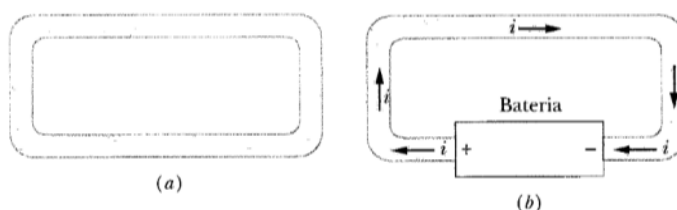
$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{r} \quad (23)$$

Nesta equação, V tem o mesmo sinal de q e como o potencial elétrico é uma grandeza escalar, se o campo elétrico for gerado por partículas pontuais de cargas Q_1 Q_2 Q_3 , o potencial elétrico total em cada ponto é obtido pela soma algébrica dos potenciais elétrico nesse ponto, em cada uma dessas cargas.

Quando as extremidades de um material condutor estão a temperaturas diferentes, a energia térmica flui da extremidade mais quente para a mais fria. A energia flui de uma

extremidade para a outra. Analogamente quando as extremidades de condutores estão em diferentes potenciais elétricos a corrente elétrica se manifesta através do movimento relativamente ordenado dos portadores de carga elétrica, em que os elétrons, mediante uma força de origem elétrica, agem sobre cada um dos elétrons livres. O movimento da corrente é no sentido do maior potencial para o menor, como representado na Figura (14) no sentido horário, embora o movimento real seja contrário.

Figura 14: (a) Um fio de cobre em equilíbrio eletrostático. (b) Uma bateria gera um campo elétrico que movem as cargas elétricas.



Fonte: Halliday, Resnick; Walker, 2013

Na Figura (14), em (a), um fio de cobre está em equilíbrio eletrostático. Em (b), uma bateria mantém uma diferença de potencial entre as extremidades. Essa diferença de potencial gera, no interior do condutor, um campo elétrico e esse campo elétrico age sobre as cargas dos elétrons fazendo com que eles se movimentem. Como os íons possuem maior massa e interagem entre si, quase não se movem, enquanto os elétrons livres, mediante o campo elétrico aceleram e produzem o referido movimento ordenado se sobrepondo à agitação térmica. A corrente elétrica pode assumir dois tipos: alternada e contínua. A corrente alternada varia seu sentido conforme o tempo, ou melhor, conforme a variação alternada do campo elétrico. A corrente elétrica é uma grandeza escalar. A intensidade da corrente elétrica (I) tem relação com a quantidade de carga elétrica transportada e, é dada pela razão entre a quantidade Q de carga que atravessa uma seção transversal reta do condutor e o intervalo de tempo, em segundos, Δt dessa travessia, conforme a equação (24).

$$I = \frac{dq}{dt} \quad (\text{definição de corrente elétrica}) \quad (24)$$

Uma carga q que atravessa uma seção do fio em um intervalo de tempo dt pode ser determinada por meio da equação (25).

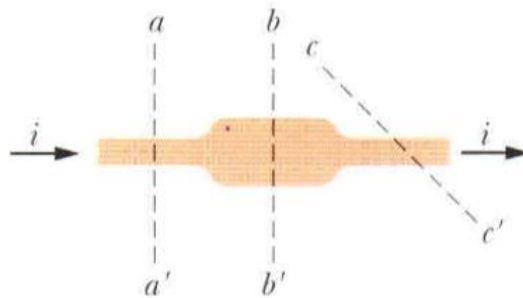
$$q = \int dq = \int_0^t i \cdot dt \quad (25)$$

a carga que passa por uma seção conforme equação (25) é a integral da intensidade da corrente elétrica i , em intervalos de tempos muito pequenos.

A intensidade da corrente elétrica é dada em C/s, também chamada Ampère (A), sendo $1 \text{ A} = 1 \text{ C/s}$ (YOUNG; FREEDMAN; 2009 p. 138).

Outra grandeza notável que explora o conceito de conservação de carga, é a densidade de corrente elétrica. Para conceitua-la, observemos a Figura (15).

Figura 15: Fio condutor não uniforme de seção irregulares destacados.



Fonte: Halliday, Resnick; Walker, 2013.

A corrente i que atravessa o condutor tem o mesmo valor nos planos aa' , bb' e cc' . Podemos perceber, entretanto que a área é diferente em cada seção. Essa relação entre corrente e área é chamada de densidade de corrente, representado por $\vec{j}$. Em consequência disso, em um caso de bifurcação dos caminhos percorridos pelas cargas, ou seja, na divisão de fios condutores, a carga se conserva.

Os portadores de carga de um condutor só se deslocam se for estabelecida uma diferença de potencial entre dois pontos desse condutor, como já mencionado. Experimentalmente, a mesma diferença de potencial e campo elétrico geram correntes elétricas de diferentes intensidades em condutores diferentes. Chamamos de resistência elétrica (R) a maior ou menor dificuldade que os materiais condutores oferecem para o movimento dos portadores de carga elétrica. A resistência elétrica pode ser determinada pela equação (26), a qual denominamos primeira lei de Ohm (GASPAR. 2013, p. 116).

$$R = \frac{U}{I} \quad (\text{definição de } R) \quad (26)$$

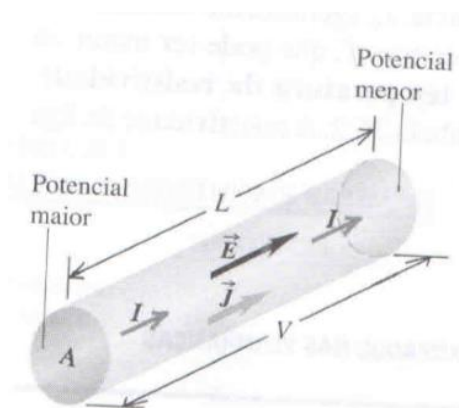
Na equação (26), U é a diferença de potencial nas extremidades do condutor, medido em volts e, I , é a intensidade da corrente elétrica, em ampère. A unidade de resistência elétrica no S.I. deriva da razão volt/ampere e recebe o nome de ohm (Ω).

Uma grandeza própria de que é feita um condutor é chamado de resistividade (ρ). Por definição, a resistividade é a relação que existe no campo elétrico $\vec{E}$, e a sua densidade de corrente (J), conforme a equação (27).

$$\rho = \frac{E}{J} \text{ (definição de resistividade)} \quad (27)$$

É possível verificar na equação (27) que as unidades de (ρ) são $(V/m).(A/m^2) = (\Omega/m)$. Na figura (16) podemos observar que, à medida que a corrente flui através da diferença de potencial, ocorre perda de energia potencial elétrica, reconhecido como efeito Joule.

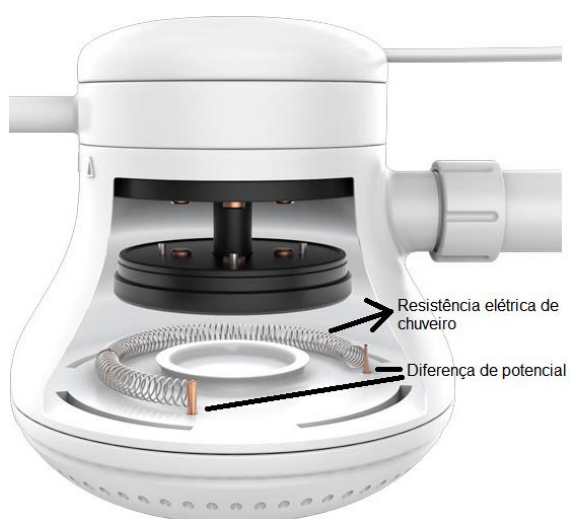
Figura 16: Condutor uniforme:(v) diferença de potencial;(L) comprimento;(E) Campo elétrico;(I) Corrente;(J) Densidade corrente



Fonte: Young; Freedman, 2009.

Um exemplo real do efeito Joule seria o processo de aquecimento do secador de cabelo, ou o aquecimento da água por um chuveiro elétrico, figura (17).

Figura 17: Chuveiro elétrico; visão em corte.



Fonte: Figura adaptada pelo autor, 2020.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 ELABORAÇÃO DO JOGO

Para a elaboração do jogo, inicialmente, levou-se em consideração o tempo planejado para o professor aplicá-lo em sua aula, ou seja, o jogo foi elaborado para ser aplicado em duas aulas de 50 minutos cada. No jogo, estão contempladas as questões conceituais mais simples até as mais abstratas da Física, na área da eletricidade. Como este tema pertence ao currículo do terceiro ano do Ensino Médio, o jogo é, portanto, mais bem aproveitado por este público alvo.

O jogo foi nomeado como “Pokelétron” e consiste em um tabuleiro no qual os participantes podem atuar sozinhos ou em equipes, totalizando 3 participantes ou 3 equipes por tabuleiro. Cada participante/equipe deve percorrer os caminhos do tabuleiro passando por casas que representam questões ou desafios. O tabuleiro, portanto, consiste em uma sequência de casas, formando três trilhas, em que cada casa representa uma fase do jogo, como mostra a Figura 18.

Figura 18: Representação do tabuleiro do jogo Pokelétron

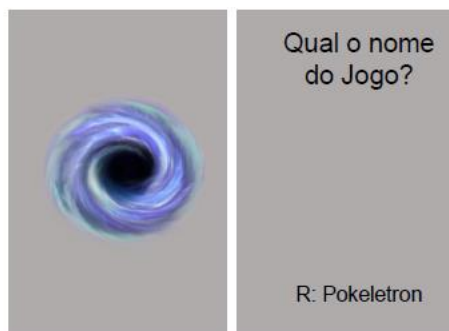


Fonte: Próprio autor

Inicialmente, os estudantes precisam ser divididos em time e eleger um representante para cada time. As cartas precisam ser separadas conforme o desenho de cada fase do tabuleiro.

O jogador, para começar o jogo, precisa acertar a pergunta correspondente à casa inicial (Figura 19), que se refere às informações do próprio jogo, como, por exemplo, o nome do jogo. Ele só continuará jogando se acertar a pergunta.

Figura 19: Representação do modelo de carta da casa inicial do jogo



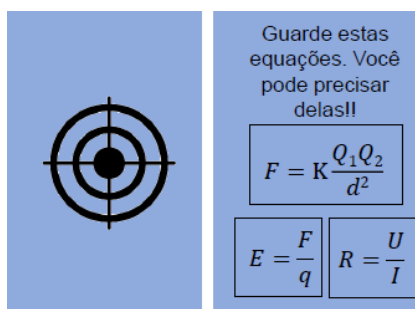
Fonte: Próprio autor

Cada equipe participa uma vez de forma alternada. Todas perguntas e respostas estão em uma mesma carta, que deve ser lida, portanto, por um jogador da equipe oposta, tendo em vista que na própria carta, há a resposta correspondente à pergunta. Assim, quem lê e confere as respostas é sempre o adversário.

As cartas são classificadas por cores e símbolos que representam suas casas correspondentes no tabuleiro. Buscou-se trabalhar com questões que estivessem contextualizadas com o cotidiano e conhecimentos dos estudantes, além de permitir que elas proporcionassem um poder argumentativo pautado na proposta da discussão em grupo durante a atividade.

A segunda casa do tabuleiro é chamada “alvo”. Ao passar por ela, o jogador recebe uma carta contendo equações (Figura 20) que serão úteis no final do jogo. Portanto, o jogador deverá guardá-la até o final do jogo.

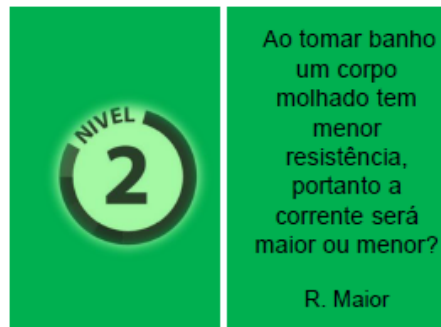
Figura 20: Representação do modelo de carta “alvo”



Fonte: Próprio autor

As casas verdes do tabuleiro, são catalogadas questões com três níveis de dificuldade. Portanto, há casas verdes nível 1, nível 2 (Figura 21) e nível 3.

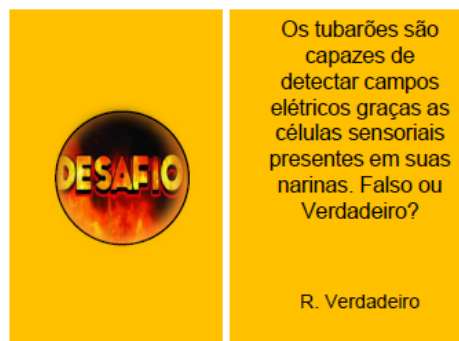
Figura 21: Exemplo de carta de nível 2



Fonte: Próprio autor

A casa de “desafio” só poderá ser acessada pelo jogador, após responder corretamente à pergunta de nível 1. As cartas correspondentes à casa “desafio” (Figura 22), contém questões com as opções de resposta “falso” ou “verdadeiro”.

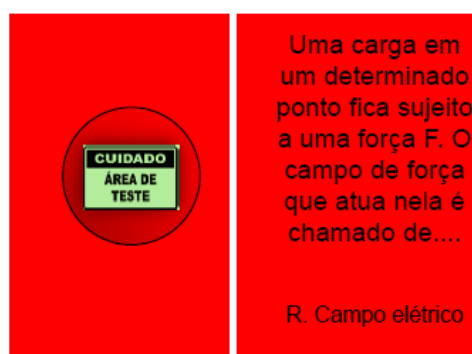
Figura 22: Representação do modelo de carta “Desafio”



Fonte: Próprio autor

No tabuleiro, há a casa de “área de teste” (Figura 23), cujas cartas correspondentes contêm questões ou frases para completar. É interessante que o professor, como mediador do processo, sempre estimule os estudantes a pensarem em grupo antes de responderem às questões, assim como, anotarem as respostas incorretas dos adversários e discutirem as questões. “A terceira técnica é a da participação – especialmente com jogos incorporando as propriedades formais do fenômeno, do qual o jogo é analógico – [...] uma representação artificial, mas geralmente, poderosa, da realidade.” (BRUNER. 1969, p. 111, grifo nosso)

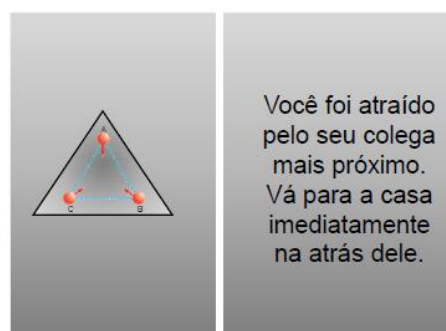
Figura 23: Representação do modelo de carta “Área de teste”



Fonte: Próprio autor

A casa com desenho de um triângulo (Figura 24) simula a interação de três partículas, ou seja, se refere à “atração” ou “repulsão” e tem como objetivo trabalhar o conceito da natureza elétrica de atração ou repulsão que uma carga pode ter de sua natureza. Quando o jogador atinge essa casa, a carta que ele escolher, lhe dará uma missão, que pode ajudá-lo ou atrapalhá-lo no seu percurso rumo ao final do tabuleiro.

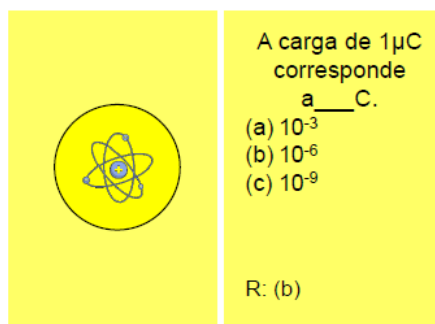
Figura 24: Representação do modelo de uma carta “Atração”



Fonte: Próprio autor

Ao alcançar a casa amarela, com a representação de um modelo atômico (Figura 25), o estudante vai se deparar com questões de múltiplas escolhas, contendo três opções de respostas.

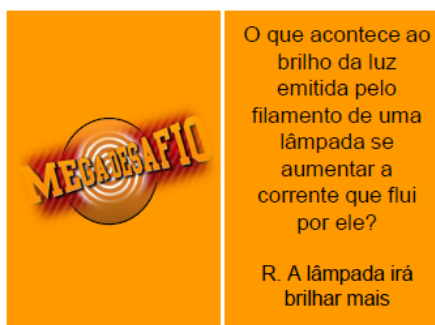
Figura 25: Representação do modelo de uma carta “Modelo atômico”



Fonte: Próprio autor

A casa correspondente ao “Megadesafio” (Figura 26) trabalha com questões de resistência, corrente elétrica e choque elétrico. São questões mais elaboradas, que exigem um nível de conhecimento que contemple os temas citados anteriormente.

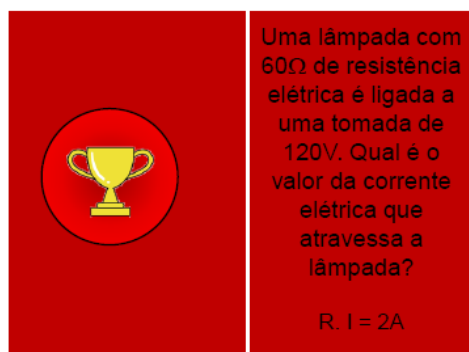
Figura 26: Representação do modelo de uma carta “Megadesafio”



Fonte: Próprio autor

Na última casa do tabuleiro, é proposto ao(s) jogador(es) um problema para aplicação das equações, como desafio final para “vencer o jogo” (Figura 18). Para resolver o problema proposto, a equipe, ou jogador, deverá usar as equações expressas na carta adquirida na segunda casa do tabuleiro, no início do jogo. Quando alcançada esta casa, os estudantes terão um tempo de 1 a 3 minutos, estabelecido pelo professor, usando papel e lápis para resolver a questão usando aquela carta “de alvo” que foi guardada no início do jogo (Figura 27).

Figura 27: Representação do modelo de uma carta “vencer o jogo”



Fonte: Próprio autor

Vence o jogo, o jogador ou equipe que acertar primeiro a resposta dessa questão e passar essa casa.

Todas as regras do jogo foram colocadas em um manual, contendo, inclusive, os objetivos, orientações e recomendações para um melhor desempenho durante sua aplicação. As cartas que compõem cada casa e o tabuleiro estão dispostas no Apêndice 1. As regras do jogo, estão dispostas no Apêndice 2.

4.2 METODOLOGIA DE APLICAÇÃO

A linha de pesquisa deste trabalho é de natureza aplicada, quanto a forma de abordagem do problema é qualitativa; quanto aos fins de pesquisa é explicativa; quanto aos procedimentos é um estudo de caso, no qual são empregadas várias técnicas de instrumento, como: entrevista, questionário, vídeos, áudios para análise e avaliação dos resultados.

Segundo Prodanov (2013, p. 50) é de natureza aplicada porque tem como objetivo gerar conhecimentos para aplicação prática dirigidas à solução de problemas específicos; qualitativo, porque considera que há uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito, isto é, um vínculo indissociável entre o mundo objetivo e a subjetividade do sujeito que não pode ser traduzido em números; explicativa, pois procura explicar os porquês das coisas e suas causas, por meio do registro, da análise, da classificação e da interpretação dos fenômenos observados. Estudo de caso, porque “é uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto da vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e contexto não estão claramente definidos”

O produto pedagógico, jogo educativo denominado “Pokeletron”, foi aplicado em duas escolas em Presidente Prudente. Uma escola particular em uma sala com dezesseis estudantes do terceiro ano do Ensino Médio e uma escola pública estadual (Figura 28) com duas salas do

terceiro ano do Ensino Médio com quinze estudantes, totalizando trinta estudantes na escola pública. A aplicação foi realizada pelos professores de Física das respectivas escolas. Todos os professores participantes receberam orientações iniciais sobre a aplicação do jogo em sala de aula. Tais orientações incluíam as regras do jogo (entregues impressas aos professores), os materiais físicos que o compunham (tabuleiro, peças, cartas), possíveis metodologias para desenvolvimento da atividade em sala e os questionários (impressos) que deveriam ser aplicados pós jogo. Ficou ao critério de cada professor atribuir notas de participação durante a aplicação desta atividade em sala. Os professores participantes contribuíram com entrevista sobre a aplicação do jogo, gravação de vídeo e devolutiva do questionário aplicado em sala de aula.

O público alvo escolhido foram estudantes do 3º ano do Ensino Médio com disponibilidade de duas aulas de Física, totalizando, aproximadamente, 100 minutos. As etapas necessárias foram: preparar os estudantes para atividade, aplicar o produto e responder a um questionário.

Figura 28: Aplicação em Escola pública



Fonte: Próprio autor

Na escola particular, participaram dezesseis estudantes em uma sala com trinta estudantes. A atividade foi aplicada no contraturno com parte dos estudantes que estavam presentes. Os estudantes que participaram foram divididos em 3 grupos de 5 estudantes, sendo que um estudante ficou como auxiliar do professor.

Na escola pública, trinta estudantes participaram da atividade, os estudantes foram divididos em cinco grupos. Cada grupo era composto por seis estudantes que competiram três contra três. Alguns grupos tiveram dificuldades de entender o jogo, assim os professores juntaram as classes e ajudaram na explicação da dinâmica do jogo.

Os instrumentos utilizados para a análise dos resultados foram: produto educacional, questionário com perguntas sobre o jogo e sobre o conteúdo na escola pública, entrevista com

o professor da escola particular e vídeos. Não houve entrevista com os alunos, porém, durante a fase de planejamento foi possível conversar com os alunos sobre o trabalho.

Na escola particular, o produto foi aplicado pelo professor da sala, licenciado em Física. Segundo o professor que aplicou o jogo pedagógico, “os estudantes com mais afinidade com conteúdo de Física foram distribuídos nos grupos para que os times ficassem mais competitivos. Os que sabiam mais, se elegeram líderes do grupo”. Este fato não afetou os resultados já que os líderes tinham a função apenas de coordenar e organizar a dinâmica do jogo.

A atividade foi aplicada a todos os estudantes simultaneamente. Inicialmente, foram explicados os propósitos do trabalho, pois os estudantes teriam um questionário ao final da atividade para avaliar a metodologia aplicada e os possíveis impactos na aprendizagem sobre um tema já visto e cujas respostas deveriam ser individuais. Os estudantes tomaram ciência que a participação seria voluntária, sem prejuízo nas atividades escolares.

Os professores aplicadores contaram com os manuais dos jogos para poderem aplicar a atividade.

As questões procuram seguir as orientações propostas às Diretrizes Curriculares para o Ensino Médio e à Matriz de referência para o Enem, seguindo os eixos cognitivos, comuns a todas as áreas do conhecimento. Dentre elas, destacamos:

- H3 – Confrontar interpretações científicas com interpretações baseadas no senso comum, ao longo do tempo ou em diferentes culturas.
- H17 – relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências Físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas.
- H18 – relacionar propriedades físicas, químicas ou biológicas de produtos, sistemas ou procedimentos tecnológicos às finalidades a que se destinam.
- H20 – Caracterizar causas ou efeitos dos movimentos de partículas, substâncias, objetos ou corpos celestes.

(Matriz de Referência de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, 2019)

A metodologia ativa propõe práticas pedagógicas mais interativas, colaborativas, atribuindo um papel secundário do professor, de mediador de conflitos que eventualmente ocorriam durante as respostas e ajudando a interpretar as perguntas que os estudantes apresentavam mais dificuldades. Esta metodologia foi adotada durante a aplicação da atividade.

Neste trabalho foram utilizadas diferentes linguagens (escrita, desenhos, diálogo, símbolos), lembrando os conceitos sugeridos por Bruner durante o processo de aprendizagem

que passamos durante a vida. O jogo é uma atividade que propicia a partilha de informações, experiências, ideias e sentimentos em diferentes contextos que encaminhem ao entendimento mútuo.

Durante a aplicação na escola particular, o professor explicou que não conseguiu terminar a atividade no seu tempo de aula e mesmo assim a atividade prosseguiu durante a aula de química, contou também que esqueceu de aplicar o questionário. Na escola pública (Figura 29) o questionário foi aplicado e um vídeo da aplicação foi gravado pelos professores, porém conforme podemos verificar no vídeo o questionário foi aplicado antes do término do jogo, possivelmente para que o tempo fosse suficiente para o término.

Figura 29: Aplicação em Escola pública



Fonte: Próprio autor

Um questionário (apêndice 3) foi distribuído na escola pública (figura 29) na aplicação do jogo. Foram respondidos vinte e cinco questionários na escola pública sintetizados abaixo. Na escola particular não foi possível aplicar o questionário devido ao tempo de aula ter terminado. Dessa forma a coleta dos dados foram baseados na observação e análise durante aplicação dos testes iniciais, nos vinte e cinco questionários (apêndice 3), um vídeo gravado na íntegra durante a aplicação na escola pública e uma entrevista com o professor da escola particular (sem roteiro) com perguntas abertas e de opinião.

5. RESULTADOS

A fase de elaboração do jogo, além de melhorar o jogo, contribuiriam para as primeiras observações dos resultados que posteriormente seriam confrontadas nas aplicações finais, essa fase também contribuiu para elencar os objetivos do trabalho. Os dados analisados são resultados das duas aplicações, como explicado anteriormente, e as conclusões e resultados baseadas em entrevista com o professor que aplicou na escola particular, questionário aplicado na escola pública que geraram vídeos e áudios.

Inicialmente registramos as respostas dadas pelo professor da escola particular em uma entrevista com perguntas abertas e de opinião. Os seguintes depoimentos e opiniões foram dados e em seguida fazemos uma inferência nas metodologias abordadas:

“Foi muito legal no sentido de quebrar a estrutura da aula e apresentar o conhecimento, o conteúdo de uma outra maneira, sem ser aquela coisa formal da lousa para o estudante decorar” ... “(o estudante) perguntava e não sabia resposta, falava assim... nossa é isso mesmo! ... caramba não acredito que esqueci isso! Então foi muito interessante a postura deles!”. Uma das características dos jogos, é terem respostas imediatas em suas jogadas, estimulando a continuarem jogando e tentando acertar. Da mesma forma, as respostas rápidas para as perguntas no jogo aplicado foram capazes de criar estímulos para continuarem jogando, favorecendo a aprendizagem. Esta atividade reforça o conceito de currículo em espiral sugerida por Bruner em intercalar atividades práticas na aprendizagem.

“A maioria dos estudantes se envolveram na atividade e foram poucos que desviaram sua atenção”. Portanto, o jogo apresentou um indicativo de estímulo e a participação dos alunos, que seria, de acordo com Bruner, o momento ativo da aprendizagem.

Segundo MORAN (2000, p. 24) “aprendemos pelo prazer, porque gostamos de um assunto, de uma mídia, de uma pessoa. O jogo, o ambiente agradável, o estímulo positivo podem facilitar a aprendizagem”.

“Os estudantes que gostam mais de exatas, de Física, acabaram ficando como os líderes do grupo, articulavam as respostas, e, aqueles que não eram muito fãs, se envolveram muito mais do que nas aulas (tradicionais), perguntavam: mas por que de tal resposta?”. Formou-se um grupo de meninas e uma das alunas se destacou-se nas respostas e melhorou a autoestima. Os estudantes mais introspectivos eram solicitados a darem opiniões, melhorando, assim, seu relacionamento com os colegas. Pesquisas indicam que a aprendizagem em grupo é importante.

A atividade estimulou a troca de conhecimentos sobre o que os símbolos das cartas representavam, favorecendo a fixação dos símbolos e avançando na área icônica que Jerome Bruner sugere em sua teoria de aprendizagem.

Na escola particular não foi possível concluir a atividade com a aplicação do questionário (apêndice 3) e os estudantes ficaram “desesperados”, nas palavras do professor, e, por isso, os estudantes continuaram jogando na aula seguinte, de Química, com a autorização do professor. Percebemos que os alunos se envolveram de forma satisfatória na visão do professor.

O professor da escola particular tinha a expectativa que os estudantes saberiam responder e o que de fato aprenderam, “foi um feedback legal para mim”, contou o professor. O professor aparentemente percebeu que havia um “*gap*” na espiral da aprendizagem entre aquilo que os alunos tinham aprendido e o de que fato aprenderam.

A proposta foi bem recebida por todos os estudantes. A expectativa de realizar uma atividade ativa como sugere Bruner, despertou a atenção especial.

Na escola pública (Figura 30) o jogo foi aplicado e gravado em vídeo, nela foi possível aplicar o questionário com as questões referente a estratégia de jogo e os conhecimentos dos estudantes sobre o tema abordado no jogo.

Figura 30: Revisão dos conteúdos proposta por Bruner



Fonte: Próprio autor

A questão 1 mencionava: Você considera que esse tipo de atividade contribui para aprendizagem da matéria? Por quê?

A resposta de todos os estudantes foi com 100% de aprovação. De acordo com Bruner, o aluno pode desenvolver um novo percepto sobre algo que julgava como pouco significativo. Vejamos a seguir algumas respostas dadas pelos alunos (Figura 31).

Figura 31: Respostas de estudantes do 3º ano da escola pública, sobre a contribuição na aprendizagem.

Sim Porque ela é dinâmica e dessa forma
fica mais fácil e divertido de aprender.

Sim, perguntar dúvidas sobre as matérias
estudadas em sala de aula, assim podemos
nos divertir e aprender mais na aprendizagem.

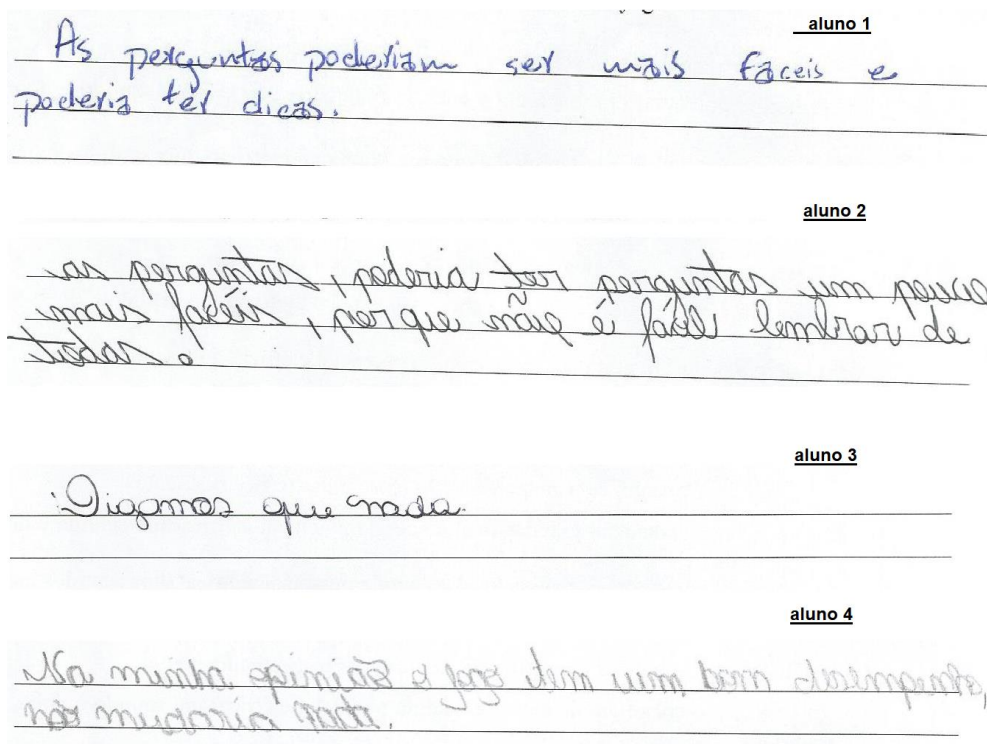
Sim, porque tem curiosidades sobre a maté-
ria, coisas que a gente ainda não sabe.

Fonte: Próprio autor

Como a atividade é prática, podemos considerar um momento ativo da aprendizagem sugerido por Bruner, onde os estudantes manipulam as cartas, dão risadas, dão uma atenção maior ao que está acontecendo no momento. Também podemos lembrar da espiral da aprendizagem sugerida por Bruner, que os alunos realizem atividade prática relacionada.

A questão 2 se refere a opinião do estudante sobre a jogabilidade: E na sua opinião, o que poderia melhorar nesse jogo?

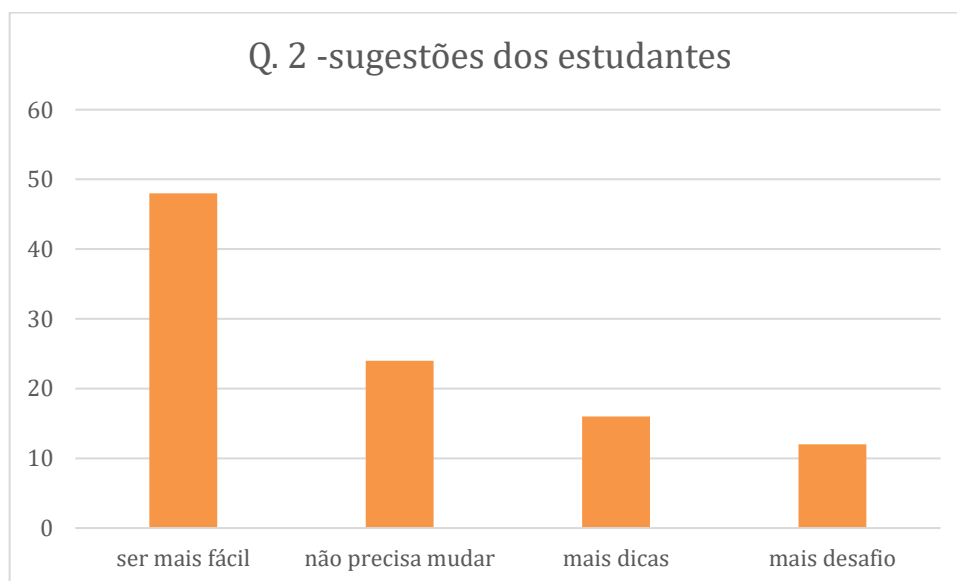
Figura 32 : Sugestões propostas pelos alunos sobre o jogo



Fonte: Próprio autor

Para esta questão, 48% dos estudantes sugeriram que poderia ser mais fácil, 24% gostaram do jeito que está, 16% gostaria que tivesse mais dicas e 12% mais desafios. Estes dados podem ser observados no gráfico representado na Figura 33.

Figura 33: Sugestões propostas por estudantes da Escola Estadual

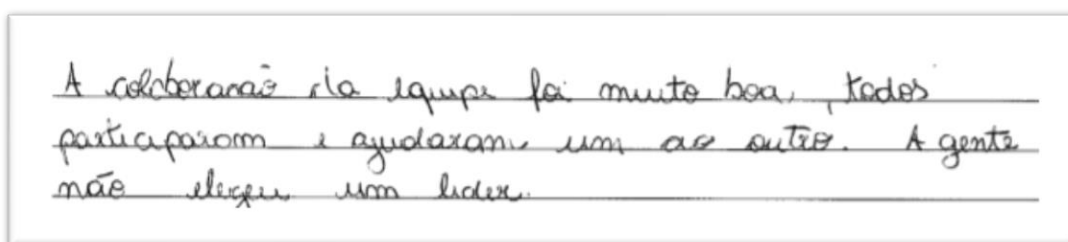


Fonte: Próprio autor

A questão 3 referia-se à colaboração dos jogadores em suas respectivas equipes: Explique como foi a colaboração de sua equipe durante o desenvolvimento do jogo. Como vocês se ajudaram? Houve colegas que não participaram? Vocês elegeram um líder? Por que e como o escolheram?

A maior parte das respostas expressaram que houve ajuda mútua, todos participaram e não houve uma escolha do líder. Aqueles que sabiam ajudavam aqueles que não entendiam, quando havia divergência buscavam o diálogo para chegar em um consenso. A Figura 34 mostra uma destas respostas, considerada positiva para o contexto da metodologia utilizada.

Figura 34: Dinâmica do jogo entre os estudantes



Fonte: Próprio autor

As atividades desenvolvidas estão de acordo com a teoria de aprendizagem em espiral proposta por Bruner. Os alunos já passaram pelo processo de conhecimento do conteúdo e estão retornando a abordá-los novamente. Durante a atividade pedagógicas são ativadas as fases inativa (momento), icônica (representações) e simbólicas (mais avançadas).

As questões 4, 5, 7, 9 e 10 geralmente são abordadas no início do semestre, pois tratam sobre os conceitos de eletrostática, força elétrica e unidade de medida. Por serem estudados no início do ano letivo, geralmente os alunos apresentam maior interesse, empenho e o professor dispõe de mais tempo para ensinar também, com isso podemos inferir em melhores resultados. As questões 6, 8, 11 e 12 envolvendo campo elétrico, resistência e equações tiveram resultados menos expressivos. As questões que citam o magnetismo muitas vezes, os estudantes da escola pública não tiveram o conteúdo apresentado ou aprofundado durante o primeiro semestre, o que pode também ter influenciado nos resultados. Um fator positivo percebido durante análise da correção do questionário, é que, durante o jogo, se determinada carta fosse perguntada e discutida entre os grupos, o resultado na correção do questionário após a atividade evidenciava uma melhora nas respostas. Por exemplo: a questão 6 sobre a propriedade que os tubarões possuem, células sensoriais capazes de detectar um campo elétrico, nos grupos em que a carta foi sorteada, respondida e discutida, houve um maior acerto, enquanto que no grupo em que

essa carta não foi escolhida, houve mais erros nas respostas. A (Figura 35) mostra a segunda parte do questionário (Apêndice 3) contendo questões sobre o tema abordado no jogo.

Figura 35: Questões de 4 à 12



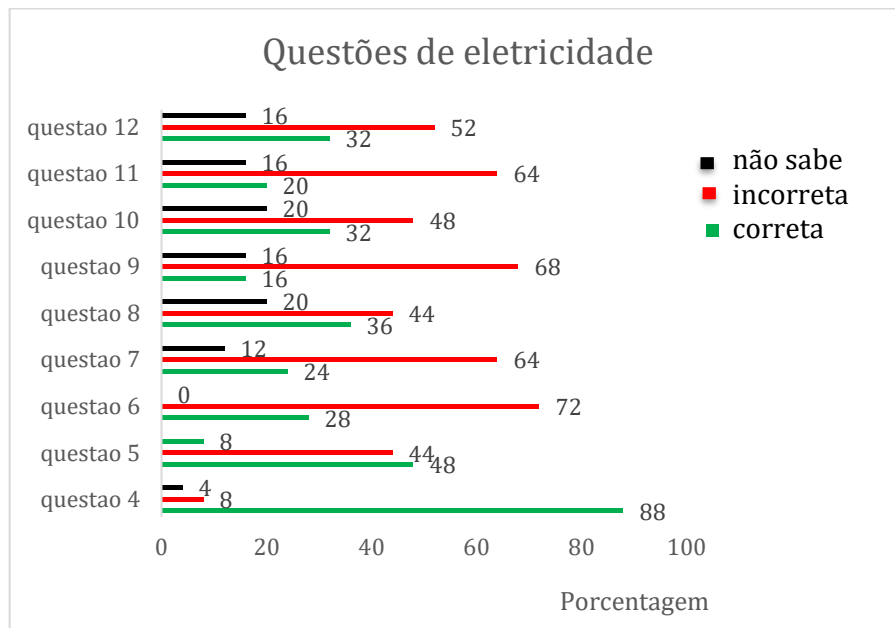
Parte 2

4. A eletricidade é resultado do movimento ordenado dos:
(a) átomos (b) moléculas (c) elétrons (d) mésons
5. Dentre os processos de eletrização, podemos afirmar que o seguinte processo não faz parte:
(a) magnetização (b) indução (c) contato (d) atrito
6. Os tubarões possuem células sensoriais nas narinas capazes de detectar:
(a) radiação (b) campo magnético (c) campo elétrico (d) calor
7. A força de atração ou repulsão entre duas partículas puntiformes é inversamente proporcional à:
(a) distância (b) valor da carga Q (c) valor da carga q (d) constante elétrica
8. Alguns livros didáticos comparam o campo elétrico ($\vec{E}$) com o campo gravitacional ($\vec{G}$), a diferença entre essas interações são representar respectivamente:
(a) Energia potencial gravitacional e energia potencial elétrica/ um sentido e dois sentidos
(b) Energia potencial gravitacional e energia potencial elétrica/ dois sentidos e um sentido.
(c) Energia potencial elétrica e energia potencial gravitacional/ dois sentidos e dois sentidos.
(d) Energia potencial elétrica e energia potencial gravitacional/ dois sentidos e um sentido.
9. A unidade de medida da carga elétrica, corrente elétrica são respectivamente:
(a) ampere e watt (b) coulomb e volt (c) coulomb e ampere (d) watt e ampere
10. A carga de um micro coulomb ($1 \mu\text{C}$) equivale à:
(a) 10^{-3} C (b) 10^6 C (c) 10^{-9} C (d) 10^{-6} C
11. As seguintes equações $E = \frac{F}{q}$; $U = \frac{E}{q}$; $R = \frac{U}{I}$; $Q = n.e$ são usadas para calcular respectivamente:
(a) potencial elétrico, quantidade carga elétrica, resistência elétrica, campo elétrico
(b) quantidade carga elétrica, potencial elétrico, campo elétrico, resistência elétrica
(c) campo elétrico, potencial elétrico, quantidade carga elétrica, resistência elétrica
(d) campo elétrico, potencial elétrico, resistência elétrica, quantidade carga elétrica
12. É um exemplo de dispositivo elétrico que usa resistência elétrica:
(a) micro-ondas (b) celular (c) secador de cabelo (d) ar condicionado

Fonte: Próprio autor

A (Figura 36) podemos observar os resultados da segunda parte que foram sintetizados em um gráfico.

Figura 36: Resultados da avaliação das questões 4 a 12 na Escola Estadual



Fonte: Próprio autor

Durante a aplicação do jogo na escola pública, foi observado certa dificuldade dos estudantes em responderem a algumas questões. Porém, como esperado, os estudantes de cada equipe discutiam sobre as possíveis respostas, mostrando a interação mútua entre eles para chegarem ao melhor resultado. O envolvimento dos estudantes durante a aplicação foi bastante evidente, mostrando que o produto pedagógico foi atrativo e motivador aos estudantes participantes. Ao questionar os alunos sobre o que acharam do jogo, muitos acharam divertido e pediram para ter mais jogos. `

Embora estes resultados das questões sobre eletricidade sejam passíveis de observação e discussão, o jogo mostrou-se uma ferramenta pedagógica para o ensino de Física, pois permitiu a valorização e utilização dos conhecimentos do mundo físico. Trabalhou e valorizou a diversidade de conhecimentos de saberes e vivências culturais. Permitiu ao estudante formular ideias e argumentações baseado em informações confiáveis, promoveu o autoconhecimento. Estimulou a empatia e cooperação entre os colegas, através do diálogo, resolução de conflitos e respeito ao próximo.

É importante que o professor leia o manual do jogo e siga as orientações para que o aproveitamento da atividade seja pleno.

A análise do vídeo é possível ver o professor no papel de orientador e os estudantes protagonizando as atividades. As ações vão desde leitura e interpretação dos textos, resolução de conflitos e autoavaliação que são características das metodologias ativas.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ensino de Física deve considerar a vivência de estudantes e professores, ir além sobre o que o estudante tem que aprender e refletir sobre como ensinar.

Os resultados deste trabalho permitiram produzir observações interessantes, entre elas a necessidade de se refletir sobre as metodologias de ensino de Física e sua relação de prazer ou desprazer na aprendizagem da Física. O chamado “conhecimento significativo” para o estudante ou o professor do século XXI traz muitos desafios e um dos percalços, definitivamente não pode ser a forma “viciada” de se ensinar Física, baseada apenas em processos de resolução de exercícios, memorização de fórmulas, macetes ou equações em forma de versos. É essencial resgatar os valores de ensinar Física: o prazer do conhecimento. Este trabalho foi desenvolvido em etapas com pré-projetos, aplicações e reavaliações de melhoramento. O processo foi baseado em estratégias didáticas envolvendo estudo, seleção, organização e proposição de aperfeiçoamento de ferramentas facilitadoras.

O desenvolvimento deste trabalho permitiu inferir que o ensino de Física, de acordo com as entrevistas com os professores, estudantes e análise dos resultados, pode ser desenvolvido de forma mais atrativa, utilizando-se de metodologias ativas, em que os estudantes participam diretamente de seu aprendizado. O jogo utilizado mostrou-se uma ferramenta para que os estudantes se apropriem do conhecimento, como Bruner (1972, p. 21) sugere ao afirmar que “entender os fundamentos torna a matéria mais compreensível e mais difícil de ser esquecida”. Sua utilização em sala permitiu a estruturação do conteúdo, socialização e discussão entre os estudantes e demonstrou que o jogo educativo, aliado a elementos de gamificação, é potencialmente promissor para ser utilizado como estratégia de ensino de Física.

Esperamos, dessa forma, ter contribuído para o ensino de Física. Esperamos que este trabalho possa ser reproduzido por intermédio de outros professores, para que os estudantes descubram os conceitos da eletricidade, se interessem pelo assunto e acumulem esforços em aprender mais. Promova a aprendizagem significativa dos conceitos sobre a eletricidade, o crescimento individual, do grupo como um todo e na formação de uma cultura do conhecimento científico na comunidade escolar.

Referências Bibliográficas

- ANDRADE M.; SOUZA P. **Modelos de Rotação de Ensino Híbrido: Estações de trabalho e Sala de Aula Invertida.** Disponível em: <http://177.221.49.41/index.php/edicao01/article/view/773/425>. Acesso em 31/07/2020.
- BIZERRA A.; URSI S. **Introdução aos Estudos da Educação I.** 1º. Ed. Edusp. São Paulo, 2014.
- BRANSFORD J. D.; BROWN, A. L.; COCKING R.R. (org.) **Como as pessoas aprendem: cérebro, mente, experiências e escola.** Tradução de Carlos David Sslak, São Paulo: Senac, 2007.
- BRASIL. Lei n. 9.394, de 20 de dezembro de 1996 (LDB). Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19394.htm>. Acesso em: 14 jun. 2019.
- BRUNER J.S.; **Uma nova teoria de aprendizagem** 1ª ed.. Tradução: Norah Levy Ribeiro. Rio de Janeiro: Bloch Editores, 1969.
- BRUNER J.S; O processo d educação. 3ª ed. Tradução: Lólio Lourenço de Oliveira. São Paulo, Editora Nacional, 1972.
- CHAVES, A.; **Física básica: Eletromagnetismo.** Rio de Janeiro: LTC, 2007.
- Firstdiscoverers - Desenvolvimento Cognitivo. Disponível em:< <https://www.firstdiscoverers.co.uk/science-childcare-cognitive-development/>> acesso em 03/02/2020.
- GAROFALO, D. **Como as metodologias ativas favorecem o aprendizado.** Disponível em < <https://novaescola.org.br/conteudo/11897/como-as-metodologias-ativas-favorecem-o-aprendizado>> Acesso em: 31/07/2020.
- GASPAR, A. **Compreendendo a Física. 2.ed. volume 3 Eletromagnetismo e Física moderna.** São Paulo: Atica, 2013.
- GREF, Grupo de Reelaboração do Ensino de Física. **Física 3: Eletromagnetismo.** São Paulo. Edusp. 2002.
- HALLIDAY, D. RESNICK D. WALKER J. **Fundamentos da Física, volume 3** 9 ed. Tradução: Ronaldo Sérgio de Biasi. Rio de Janeiro: LTC, 2013.
- HEWITT, P. G. **Física Conceitual.** Tradução: Trieste Freire Ricci, revisão técnica: Maria Helena Gravina. 11. Ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.
- HUIZINGA, J. **Homo Ludens – vom Unprung der Kultur im Spiel.** Tradução: João Paulo Monteiro. São Paulo: Perspectiva, 2000.
- YOUNG, H.D.; FREEDMAN, R.A; **Física III: eletromagnetismo/** Young e Freedman:[colaborador Ford A.L.;Tradução Sonia Midori Yamamoto; revisão técnica Adir Moyses Luis. São Paulo: Addison Wesley, 2009.

KOSIK, K. **Dialética do Concreto**, 3 edição. Rio de Janeiro. Paz e Terra, 1985.

KOTHE, S. **Pensar é divertido**. Tradução Tomás Johann Burchard. São Paulo: E.P.U. , 1977.

LACANALLO L.F.;SILVA S.S.C.;OLIVEIRA D.E.M.B.;GASPARIN J.L.;TERUYA T.K. **Métodos de ensino e de aprendizagem: uma análise histórica e educacional do trabalho didático**. VII Jornada do Histedbr-O trabalho didático na história da educação. Atas do Evento, Campo Grande. 2007.

LEFRANÇOIS, G. R. **Teorias de aprendizagem: o que o professor disse**. Tradução Solange A. Visconte. São Paulo: Cengage Learning, 2016.

MACEDO, L; MACHADO J. N.; ARANTES A. V.; **Jogo e projeto: pontos e contrapontos**. São Paulo: Summus, 2006.

INEP. **Matriz de Referência de Ciências da Natureza e suas Tecnologias**. Disponível em:< http://download.inep.gov.br/educacao_basica/enem/downloads/2012/matriz_referencia_enem.pdf> Acesso em: 03/07/ 2019.

INEP, **Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira**. Disponível em:<http://download.inep.gov.br/educacao_basica/saeb/2018/documentos/presskit_saeb2017.pdf>Acesso em: 03/07/2020.

MORAN, J. **Metodologias ativas: alguns questionamentos**. 2013. Disponível em: <<http://www2.eca.usp.br/moran/wp-content/uploads/2013/12/metodologias.pdf>> Acesso em: 07 /06/2019.

MORAN, J. **Metodologias ativas e modelos híbridos na educação**. 2018. Disponível em: < http://www2.eca.usp.br/moran/wp-content/uploads/2018/03/Metodologias_Ativas.pdf> Acesso em 07 jun 2019.

MORAN, J.M.; MASETTO M.T.; BEHRERS M. A. **Novas Tecnologias e mediação pedagógica**. Campinas: Papirus, 2000.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem Significativa: a teoria de David Ausebel**. São Paulo: Moraes, 1982.

MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem**. 2º Ed. São Paulo: E.P.U. , 2015.

MONFRADINI, J. R.; BERNINI, D. S. D. **Ensino híbrido e metodologias ativas como ferramentas no processo de ensino e aprendizagem**. Rev. Esfera Acadêmica Humanas, v. 3, n. 1, 2018.

MURCIA, J. A. M. **Aprendizagem através do jogo**. Tradução Valério Campos. Porto Alegre: Artmed, 2005.

NETO E. SAVARASE. **Metodologias ativas de aprendizagem: Tudo que você precisa saber**. Disponível em:< <https://fia.com.br/blog/metodologias-ativas-de-aprendizagem/>> Acesso em: 17/08/2019.

OBLINGER G. Diana; OBLINGER L. James. **Educating the Net Generation**. Disponível em: < <https://www.educause.edu/ir/library/PDF/pub7101.PDF> > Acesso em 23/06/2020.

OECD. Organization for Economic Cooperation and Development. < <https://factsmaps.com/pisa-2018-worldwide-ranking-average-score-of-mathematics-science-reading/> > Acesso em 03/07/2020.

OLIVEIRA T.; ARAUJO I.; VEIT E. Sala de Aula Invertida (Flipped Classroom) Inovando as aulas de Física. Disponível em: < <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/159368> > acesso em 31/07/2020.

ORTEGA, R. **Jugar y aprender**. Sevilla: Diada. 1990.

PIAGET, J. **A formação do símbolo na criança: Imitação, jogo e sonho, imagem e representação**. Trad. Álvaro Cabral e Christiano Monteiro Oiticica. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1990).

RANGEL M. **Métodos de ensino para a aprendizagem e a dinamização das aulas**. 2. Edição. Papirus. 2008

SERWAY, Raymond A. JEWETT, John Jr. W. **Princípios de Física. Vol. III Eletromagnetismo**. Tradução: Leonardo Freire de Mello e Tânia M. V. Freire de Mello. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

VÁLIO A.B. M. et al. **Física 3 ano**. São Paulo: SM, 2016.

VIANNA Y; VIANNA M.; MEDINA B.; TANAKA S. **Gamification, Inc: como reinventar empresas a partir de jogos**. Rio de Janeiro: MJV Press, 2013.

Apêndice 1: Material do jogo Pokelêtron

Material do produto do Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física do conteúdo sobre Eletricidade, Jogo Pokelêtron.

1. Tabuleiro



2. Cartas

 Qual o nome do Jogo? R: Pokeletron	 Qual conteúdo de Física é abordado neste jogo? R: Eletricidade	 O que é preciso fazer para ganhar esse jogo? R: Chegar no final do tabuleiro respondendo as perguntas e acertando as respostas
 Qual a quantidade máxima casas que posso andar no tabuleiro? R: Apenas 1 casa	 Qual tarefa é preciso realizar para avançar no jogo? R: Responder as perguntas ou desafios	 Quantos portais iniciais o jogo apresenta? R: Três Portais
 O que é preciso fazer para iniciar a partida e entrar no jogo? R: Acertar a pergunta inicial	 Quantos portais finais o jogo dispõe para que você seja um campeão? R: Três Portais	 Quantas casas de Megadesafios existem no jogo ? R: Duas casas.

 Guarde estas equações. Você pode precisar delas!! $F = K \frac{Q_1 Q_2}{d^2}$ $E = \frac{F}{q} \quad R = \frac{U}{I}$	 Guarde estas equações. Você pode precisar delas!! $F = K \frac{Q_1 Q_2}{d^2}$ $E = \frac{F}{q} \quad R = \frac{U}{I}$	 Guarde estas equações. Você pode precisar delas!! $F = K \frac{Q_1 Q_2}{d^2}$ $E = \frac{F}{q} \quad R = \frac{U}{I}$
--	--	--

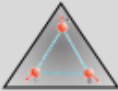
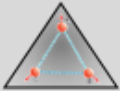
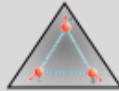
 Determine o valor da força F_1 que a carga $Q_1 = 0,23\mu C$ exerce sobre a carga $Q_2 = -0,6\mu C$, separadas por uma distância de 3m. Considere $K = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$ R: $F_1 = 1,38 \times 10^{-4} \text{ N}$	 Em uma carga pontual $q = 2 \times 10^{-7} \text{ C}$ atua uma força $F = 5 \times 10^{-2} \text{ N}$. Qual é a intensidade do campo elétrico em torno desta carga? R: $E = 2,5 \times 10^5 \text{ N/C}$	 Uma lâmpada com 60Ω de resistência elétrica é ligada a uma tomada de 120V. Qual é o valor da corrente elétrica que atravessa a lâmpada? R: $i = 2 \text{ A}$
 Qual é a intensidade da força entre duas cargas pontuais iguais a $3 \times 10^{-4} \text{ C}$, no vácuo, separadas por 2m? Considere $K = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$ R: $F = 202,5 \text{ N}$	 Uma carga de prova $q = 3\mu C$ fica sujeita a uma força elétrica de 9N, horizontal, da direita para a esquerda. Quais as características do campo elétrico? R: $E = 3 \times 10^6 \text{ N/C}$, horizontal, da direita para a esquerda	 Um resistor de 16Ω é percorrido por uma corrente elétrica de 5A. Qual é a tensão elétrica que este resistor está submetido? R: $U = 80 \text{ V}$

NIVEL 1 Partículas carregadas positivamente ganharam ou perderam elétrons? R. Perderam elétrons	NIVEL 1 Duas cargas elétricas positivas se atraem ou se repelem? R. Se repelem	NIVEL 1 Qual unidade de medida da carga elétrica? R. Coulombs
NIVEL 1 Quais são os processos de eletrização? R. Atrito, contato e indução	NIVEL 1 O que significam as letras na equação $Q = n \cdot e$? R. Q = carga; n = número de elétrons; e = carga elementar	NIVEL 1 Qual a letra do alfabeto representa a carga elétrica? R. Letra Q
NIVEL 1 Qual é o valor da carga elétrica de um elétron? R. $1,6 \times 10^{-19} \text{C}$	NIVEL 1 Duas cargas elétricas negativas se atraem ou se repelem? R. Se repelem	NIVEL 1 Como a carga de um elétron e de um próton se diferem? R. As cargas tem mesmo módulo, mas sinais opostos.
NIVEL 1 O que significa eletrizar um objeto? R. Fornecer ou retirar elétrons de um corpo neutro, tornando-o eletricamente carregado	NIVEL 1 Quando um material é friccionado em outro, os elétrons passam facilmente de um material para o outro, mas os prótons não. Por que? R. Porque os prótons estão fortemente ligados ao núcleo atômico e os elétrons não.	NIVEL 1 Na eletrização por atrito os corpos ficam eletrizados com cargas de mesmo sinal ou sinais opostos? R. Sinais opostos
NIVEL 1 Na eletrização por contato os corpos ficam eletrizados com cargas de mesmo sinal ou sinais opostos? R. Mesmo sinal	NIVEL 1 Na eletrização por indução os corpos ficam eletrizados com cargas de mesmo sinal ou sinais opostos? R. Sinais opostos	NIVEL 1 Qual a classe de materiais são bons condutores de eletricidade? R. Metais
NIVEL 1 Como são chamadas as partículas atômicas que participam dos processos de eletrização? R. Elétrons	NIVEL 1 O que são materiais condutores? R. São materiais capazes de conduzir a eletricidade (ou corrente elétrica)	NIVEL 1 O que são materiais isolantes? R. São materiais que dificultam a condução de eletricidade (ou corrente elétrica)

 Os tubarões são capazes de detectar campos elétricos graças as células sensoriais presentes em suas narinas. Falso ou Verdadeiro? R. Verdadeiro	 As linhas de força do campo elétrico de uma carga puntiforme positiva são radiais e no sentido de afastamento, se for negativa não são radiais. Falso ou Verdadeiro? R. Falso	 Os elétrons de todos os átomos são iguais. Cada elétron possui a mesma quantidade de carga negativa e a mesma massa! Falso ou Verdadeiro? R. Verdadeiro
 O princípio da conservação da carga não se aplica a carga elétrica? Falso ou Verdadeiro? R. Falso	 A força elétrica de interação entre duas partículas carregadas negativamente depende da distância entre as cargas! Falso ou Verdadeiro? R. Verdadeiro	 Os elétrons de todos os átomos são iguais. Cada um deles possui a mesma quantidade de carga positiva e a mesma massa! Falso ou Verdadeiro? R. Falso
 Em um átomo com o mesmo número de elétrons e prótons, sua carga líquida é nula! Falso ou Verdadeiro? R. Verdadeiro	 Em um objeto com excesso de carga positiva, sua carga é um múltiplo inteiro da carga de um elétron! Falso ou Verdadeiro? R. Verdadeiro	 Um objeto carregado negativamente (com carga elétrica negativa) pode possuir menos de uma carga de um elétron! Falso ou verdadeiro? R. Falso
 A interação entre duas partículas carregadas positivamente não depende da distância! Falso ou Verdadeiro? R. Falso	 Os prótons tem cerca de 1800 vezes mais massa do que elétrons! Falso ou Verdadeiro? R. Verdadeiro	 Quanto maior a distância entre duas cargas elétricas, menor é a força entre elas! Falso ou Verdadeiro? R. Verdadeiro
 Se uma carga de prova em um determinado ponto fica sujeita a uma força F. Dizemos que essa carga experimenta um campo de força denominado campo elétrico! Falso ou Verdadeiro? R. Verdadeiro	 Nos condutores metálicos, o sentido adotado para a corrente elétrica é contrário ao do fluxo de elétrons do menor para o maior potencial! Falso ou Verdadeiro? R. Verdadeiro	 Linhas de força são uma representação geométrica do campo elétrico! Falso ou Verdadeiro? R. Verdadeiro
 As linhas de força nascem em cargas positivas e morrem em cargas negativas! Falso ou Verdadeiro R. Verdadeiro	 As linhas de força nascem em cargas negativas e morrem em cargas positivas! Falso ou Verdadeiro ? R. Falso	 Num campo elétrico uniforme, as linhas de força são paralelas e igualmente espaçadas! Falso ou verdadeiro? R. Verdadeiro

NIVEL 2 Como é chamada a série que lista a carga que os materiais ficam, quando eletrizados por atrito? R. Série Triboelétrica	NIVEL 2 Como é possível os prótons de um núcleo se manterem unidos? R. Devido à força de atração muito intensa entre eles, chamada força nuclear forte	NIVEL 2 Qual a equação do potencial elétrico? R. $U = \frac{E_{\text{potencial elétrica}}}{q}$
NIVEL 2 O que significa o princípio da conservação das cargas elétricas? R. Em um sistema isolado, a carga total é constante	NIVEL 2 Qual é equação do campo elétrico? R. $E = \frac{F}{q}$	NIVEL 2 Um micro Coulomb equivale a 10 elevado a quanto? R. Menos 6 (-6)
NIVEL 2 Por que não existe campo elétrico no meio de um condutor esférico eletrizado? R. Porque toda sua carga acumula-se em sua superfície externa	NIVEL 2 Quando as cargas se repelem e se distribuem sobre a superfície de um condutor qualquer, o que ocorre com o campo elétrico no interior do condutor? R. O campo elétrico é nulo em qualquer ponto no interior do condutor	NIVEL 2 De que maneira as linhas de campo indicam a intensidade de um campo elétrico? R. Onde as linhas estão mais próximas, o campo elétrico é mais intenso
NIVEL 2 Por que um vetor campo elétrico aponta para fora de um próton? R. Numa carga positiva a força é de afastamento e a orientação de um campo elétrico é a mesma da força	NIVEL 2 Por que uma moeda fica com maior massa ao adquirir uma carga negativa? R. Porque recebe um elétron, aumentando sua massa em um valor igual à massa do elétron adquirido.	NIVEL 2 Por que a intensidade do campo elétrico a meio caminho de duas cargas puntiformes idênticas é nula? R. Porque as forças exercidas sobre a carga de prova ali posicionada se anulam
NIVEL 2 Ao tomar banho um corpo molhado tem menor resistência, portanto a corrente será maior ou menor? R. Maior	NIVEL 2 Se você colocar um elétron livre e um próton livre em um mesmo campo elétrico, como as forças exercidas sobre eles se compararão? R. As forças terão um mesmo módulo, mas sentidos opostos	NIVEL 2 Qual é o valor do campo elétrico no interior de um condutor eletrizado, de formato esférico? R. O campo elétrico é nulo no interior (e é independente do formato do condutor).

 Uma carga em um determinado ponto fica sujeita a uma força F. O campo de força que atua nela é chamado de.... R. Campo elétrico	 Campo elétrico é uma grandeza física vetorial porque.... R. Possui Módulo, Direção e Sentido	 Uma região não material que existe ao redor de todo corpo eletrizado e interage na troca de forças com outros corpos eletrizados é denominado... R. Campo Elétrico
 Basicamente eletrizar um objeto significa fornecer ou retirar elétrons de um corpo neutro, tornando-o... R. Eletricamente carregado	 Se dobrarmos o valor da carga de cada partícula de um par carregado, sem alterar a distância, o módulo da força entre elas... R. Será quadruplicada	 Se aumentarmos o valor da distância entre duas cargas, o valor da força entre elas... R. Diminui
 As cargas elétricas que estão localizadas em corpos com dimensões pequenas ou desprezíveis em comparação com distâncias entre outras cargas são chamadas de.... R. Cargas puntiformes	 O módulo da carga do elétron ou do próton é chamado de... R. Carga elementar	 O potencial elétrico de 1 Volt é igual a 1 Joule (J) de energia dividido por... R. 1 Coulomb (C) de carga
 Nos condutores metálicos, o sentido adotado para a corrente elétrica é contrário ao do fluxo de elétrons, do menor para o maior... R. Potencial	 Nos arredores do meio que envolve as pontas de um condutor eletrizado, o campo elétrico é mais intenso, podendo provocar um fenômeno eletrostático denominado.... R. Descarga elétrica	 O próton do núcleo do átomo de hidrogênio atrai o elétron que orbita em torno dele. Em relação a essa força, os elétrons atraem os prótons com força.... R. De mesma intensidade
 Uma partícula com carga negativa próxima a outra com a mesma carga negativa, se... R. repelem	 A unidade de medida de corrente elétrica é... R. Ampère	 O Ampère, unidade de medida de corrente elétrica corresponde ao fluxo de 1 Coulomb de carga durante... R. 1 segundo
 O campo elétrico em torno de uma partícula carregada é sempre... R. Radial	 O módulo do menor valor de carga elétrica é de $1,6 \times 10^{-19}$ C, que corresponde à carga do... R. Elétron ou do próton	 A divisão entre as unidades de medida Newton (N) e Coulomb (C) corresponde à unidade de medida do... R. Campo elétrico

 Você foi repelido desta casa. Volte imediatamente para a casa anterior	 Você foi repelido desta casa. Volte para a casa de nível 2	 Você foi repelido desta casa. Volte para a casa de nível 1
 Você foi repelido para a casa de Desafio	 Você foi repelido. Volte para a casa de Área de Teste	 Você foi repelido. Vá para a casa do Megadesafio
 Você foi muito repelido! Vá para a casa de nível 3	 Você foi muito repelido! Vá para a casa 4 μC	 Você foi muito repelido! Vá para a casa 2 μC
 Você foi atraído pelo seu colega mais próximo. Vá para a casa imediatamente na frente dele.	 Você foi atraído pela casa de 4 μC.	 Você foi atraído pela casa de 2 μC.
 Você foi atraído pelo seu colega mais próximo. Vá para a casa imediatamente na atrás dele.	 Você foi atraído pela casa do Megadesafio.	 Você foi atraído pela casa de nível 3.
 Você foi atraído pela casa de Área de Teste.	 Você foi atraído pela casa de nível 2.	 Você foi atraído pela casa do desafio.

 Em um corpo neutro, o que acontece com o número de prótons e o número de elétrons? R. São iguais	 Em um corpo positivamente carregado, o que acontece com o número de prótons e o número de elétrons? R. O número de elétrons é menor que o número de prótons	 Em um corpo negativamente carregado, o que acontece com o número de prótons e o número de elétrons? R. O número de elétrons é maior que o número de prótons
 Atritando vidro em lã, com que carga cada material fica eletrizado? R. O vidro fica carregado positivamente e a lã fica negativamente	 Qual a unidade definida como a energia adquirida por um elétron ao ser acelerado entre dois pontos de um campo elétrico cuja diferença de potencial é de 1 volt? R. Elétron-Volt (eV)	 Por que não conseguimos eletrizar um metal segurando-o com a mão? R. Porque as cargas elétricas do metal são descarregadas para o corpo humano
 Qual é o nome do dispositivo que permite verificar se um corpo está eletrizado? R. Eletroscópio	 Qual é o valor da constante eletrostática (k) do vácuo? R. $9 \times 10^9 \text{ N/m}^2 \cdot \text{C}^2$	 Como é chamada a representação geométrica do campo elétrico? R. Linhas de Força
 Um Coulomb é a carga correspondente a___de elétrons: (a) 6,25 bilhões (b) 6,25 milhões (c) 6.15 bilhões R: (a)	 O___doa elétrons ao ser atritado em algodão: (a) âmbar (b) metal (c) vidro R: (c)	 Na eletrização por indução, o corpo que será eletrizado é chamado de___: (a) indutor (b) induzido (c) indiferente R: (b)
 Para que um material seja condutor, é necessário possuir___de carga elétrica: (a) doadores (b) receptores (c) portadores R: (c)	 A carga de $1\mu\text{C}$ corresponde a___C. (a) 10^{-3} (b) 10^{-6} (c) 10^{-9} R: (b)	 Uma carga positiva a uma distância de uma carga___, sofre força de atração. (a) positiva (b) negativa (c) neutra R: (b)
 Um par de cargas elétricas diferentes formam um___elétrico. (a) dipolo (b) bipolo (c) polo R: (a)	 Em uma carga elétrica___pontual, o campo elétrico é radial e divergente. (a) positiva (b) negativa (c) neutra R: (a)	 A constante K da equação de Coulomb é chamada de constante___. (a) eletrônica (b) eletrostática (c) eletroativa R: (b)

 O que acontece ao brilho da luz emitida pelo filamento de uma lâmpada se aumentar a corrente que flui por ele? R. A lâmpada irá brilhar mais	 O que causa um choque elétrico em uma pessoa: a corrente ou a voltagem? R. A corrente elétrica que passa pelo corpo humano	 O que acontece à corrente nas outras lâmpadas de um circuito em paralelo quando uma delas queima? R. As outras não serão afetadas, ou seja, continuam acesas.
 Por que um fio que conduz corrente esquenta? R. Porque os elétrons em movimento resistivo perdem energia na forma de calor	 O que acontece à corrente nas lâmpadas se uma das que está em série queimar? R. O circuito será interrompido e as outras lâmpadas apagarão.	 O que acontece à intensidade da luz de cada lâmpada de um circuito em série quando mais lâmpadas forem adicionadas ao circuito? R. A intensidade da luz emitida em cada uma dela diminui
 Qual é a unidade de medida de tensão elétrica? R. Volt (Joule/Coulomb)	 O que é resistência elétrica? R. É a dificuldade que os elétrons enfrentam ao caminhar por um fio condutor.	 Qual é a lei que relaciona resistência elétrica, tensão e corrente elétrica? R. Primeira Lei de Ohm $R = \frac{U}{I}$

Apêndice 2: Regras do jogo



unesp  UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



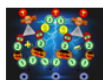
Este jogo foi criado por **Osamu Maekawa** como produto final do Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF/SBF), da Faculdade de Ciências e Tecnologia – FCT/Unesp, sob supervisão e orientação da Prof. Dra. Agda Eunice de Souza.

2019





Componentes do Jogo:



01 Tabuleiro



09 Cartas com perguntas sobre o jogo



03 Cartas contendo equações



18 Cartas com questões de Falso ou Verdadeiro



18 Cartas com questões sobre eletrização e carga elétrica



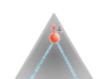
18 Cartas com questões sobre eletrização, carga, campo e corrente



09 Cartas com questões sobre eletrização e carga elétrica



18 Cartas com questões sobre eletrização, força, campo, carga, potencial e corrente elétrica



18 Cartas com tarefas



09 Cartas com questões de múltipla escolha sobre eletrização, carga e força



09 Cartas com questões sobre corrente, tensão e resistores



06 Cartas com questões de cálculos



Objetivo

Chegar no final do tabuleiro respondendo corretamente às perguntas desafiadoras

Participantes:

Mínimo: 2 jogadores ou três grupos por tabuleiro não ultrapassando mais de 4 jogadores por grupo

Preparação

- Organize os times e eleja um representante de cada time.
- Separe as cartas por fase e embaralhe separadamente.
- Faça o sorteio “par ou ímpar” para escolher qual time começará respondendo as perguntas.
- Os jogadores estipulam o tempo de resposta das perguntas, podendo ser alterado de comum acordo.
- Um marcador de tempo e um caderno de anotações poderão ser utilizados durante o jogo para anotar o tempo.



O jogo



SINTESE GERAL: O time desafiante deve ler uma pergunta ao time desafiado; o time desafiado deverá responder no tempo combinado; o time desafiante confere a resposta em voz alta; a carta deverá voltar para o fim do baralho, se o desafiado errar a resposta ou separada do baralho, se a resposta for respondida corretamente dentro do tempo.

- Inicia-se o jogo respondendo corretamente a pergunta inicial sobre o jogo. O jogador posiciona sua peça na primeira casa e passa a vez para o adversário. Assim, ao responder corretamente a pergunta, avança para casa seguinte. Se o time desafiado errar a resposta, a resposta correta é exposta à todos, a carta volta ao baralho e o desafiado permanece onde estava até sua próxima jogada, repetindo esta fase com outra carta aleatória do mesmo baralho.
- O jogador só deverá avançar sua peça para casa seguinte **após** responder a pergunta corretamente.
- Todos poderão discutir a pergunta, mas a resposta considerada será dada apenas pelo líder ou após seu aval. O tempo sugerido para discutir e responder à pergunta é de 3 minutos.
- O professor pode mediar as discussões, auxiliar nos cálculos e julgar se as respostas estão corretas ou compartilhar essa responsabilidade com os alunos.
- No último desafio o jogador terá um tempo determinado para responder à questão matemática, possibilitando o adversário também alcançar o final do tabuleiro.
- Dica importante: preste atenção nas respostas expressas nas cartas! Elas devem ser iguais ou semelhantes às respostas emitidas pelas equipes.



Cartas Iniciais



- Para participar do jogo, o jogador deve, nesta etapa, responder corretamente perguntas relacionadas ao jogo.



- Moleza! Na sua vez e nessa etapa basta escolher uma carta alvo. Guarde-a até o final do jogo e discuta com o colega os significados das equações.



- Para alcançar esse posto, o jogador deverá escolher uma carta Nível 1 e acertar a resposta da pergunta que será lida pela equipe adversária.



Cartas Intermediárias



- Ao alcançar o desafio, o jogador deverá escolher uma carta e responder **falso** ou **verdadeiro** à pergunta feita pela equipe adversária (lembre-se apenas a resposta do líder será considerada).



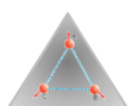
- Para alcançar esse posto, o jogador deverá escolher uma carta Nível 2 e acertar a resposta da pergunta que será lida pela equipe adversária.



- Na fase Área de Risco, o jogador será desafiado a desvendar ao conhecimento abstrato. A equipe deve escolher uma carta e responder corretamente a pergunta, que deverá ser lida pela equipe adversária. Concentre-se no jogo.



Desafio Final



- Essa é a casa “Campo Elétrico” em que as cargas iguais se repelem e cargas diferentes de atraem. Escolha uma carta e siga as instruções indicadas.



- A casa “Megadesafio” vai desafiar seus conceitos. Escolha uma carta e responda corretamente à pergunta que deverá ser lida pela equipe adversária. Discuta e responda o desafio corretamente.



- Lembra da casa que você não precisou fazer nada e ganhou uma “forcinha elétrica”? Pois bem, agora você irá utilizar a equação para calcular o problema apresentado nesta fase do jogo. Escolha uma carta e tente responder ao problema. Mas, cuidado, a cada 3 minutos passados, você deverá passar a vez à equipe adversária e ela irá responder aos desafios que lhe ainda faltam. Você **poderá trocar a carta apenas uma única vez**, mas, somente após a primeira tentativa, na próxima jogada.



Observações Finais



- Acertando a questão nesta fase, sua equipe será **VENCEDORA**.
- Na fase (🎯), a carta não volta ao baralho, permanecendo com a equipe até o final do jogo.
- Na fase (🏆), a carta poderá voltar ao baralho uma única vez para cada equipe.
- Em todas as outras fases, a carta volta ao baralho que deverá ser novamente misturado.



Apêndice 3: Questionário

Questões propostas aplicadas e avaliadas após jogo.

1. Você considera que esse tipo de atividade contribui para aprendizagem da matéria? Por quê?

2. E na sua opinião, o que poderia melhorar nesse jogo?

3. Explique como foi a colaboração de sua equipe durante o desenvolvimento do jogo. Como vocês se ajudaram? Houve colegas que não participaram? Vocês elegeram um líder? Por que e como o escolheram?

4. A eletricidade é resultado do movimento ordenado dos:
(a) átomos (b) moléculas (c) elétrons (d) mésons

5. Dentre os processos de eletrização, podemos afirmar que o seguinte processo não faz parte:
(a) magnetização (b) indução (c) contato (d) atrito

6. Os tubarões possuem células sensoriais nas narinas capazes de detectar:
(a) radiação (b) campo magnético (c) campo elétrico (d) calor

7. A força de atração ou repulsão entre duas partículas puntiformes é inversamente proporcional à:
(a) distância (b) valor da carga Q (c) valor da carga q (d) constante elétrica

8. Alguns livros didáticos comparam o campo elétrico ($\vec{E}$) com o campo gravitacional ($\vec{G}$), a diferença entre essas interações são representar respectivamente:
(a) Energia potencial gravitacional e energia potencial elétrica/ um sentido e dois sentidos

- (b) Energia potencial gravitacional e energia potencial elétrica/ dois sentidos e um sentido.
- (c) Energia potencial elétrica e energia potencial gravitacional/ dois sentidos e dois sentidos.
- (d) Energia potencial elétrica e energia potencial gravitacional/ dois sentidos e um sentido.
9. A unidade de medida da carga elétrica, corrente elétrica são respectivamente:
 (a) ampere e watt (b) coulomb e volt (c) coulomb e ampere (d) watt e ampere
10. A carga de um microcoulomb ($1 \mu\text{C}$) equivale à:
 (a) 10^{-3} C (b) 10^6 C (c) 10^{-9} C (d) 10^{-6} C
11. As seguintes equações $E = \frac{F}{q}$ $U = \frac{E}{q}$ $R = \frac{U}{I}$ $Q = n.e$ são usadas para calcular respectivamente:
 (a) potencial elétrico, quantidade carga elétrica, resistência elétrica, campo elétrico
 (b) quantidade carga elétrica, potencial elétrico, campo elétrico, resistência elétrica
 (c) campo elétrico, potencial elétrico, quantidade carga elétrica, resistência elétrica
 (d) campo elétrico, potencial elétrico, resistência elétrica, quantidade carga elétrica
12. É um exemplo de dispositivo elétrico que usa resistência elétrica:
 (a) micro-ondas (b) celular (c) secador de cabelo (d) ar condicionado

Apêndice 4: Modelo do termo de consentimento

EXEMPLO - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Prezado (a) Sr. (a),

Sou mestrando do curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física na Faculdade de Ciências e Tecnologia - UNESP – Presidente Prudente- SP. Estou realizando uma pesquisa sob supervisão da coordenadora Profa. Dra. Ana Maria Osório Araya Balan e orientação da Profa. Dra. Agda Eunice de Souza Albas.

O objetivo geral desta pesquisa é verificar o desempenho de novas metodologias no **ensino de Física em Eletricidade**, utilizando o livro-texto do professor, em conjunto com um plano complementar de atividades, através da metodologia ativa. Os benefícios previstos são de melhorar o interesse pelo estudo e contribuir no processo pedagógico no Ensino de Física.

Essa pesquisa não vai gerar riscos, custos ou pagamentos pela participação. Será por livre e espontânea vontade para o estudante mediante a autorização prévia dos responsáveis legais. Caso o estudante não seja autorizado a participar, ele não será prejudicado em nenhuma hipótese, não sofrerá constrangimento ou penalizações.

Quaisquer dúvidas relativas à pesquisa poderão ser esclarecidas pela professora coordenadora no Campus Unesp de Presidente Prudente (18) - 3229-5744 ou mnpef.dfqb@fct.unesp.br

Guardar esta parte para referência

Recortar e entregar esta parte para o professor

Eu, _____, RG _____, responsável pelo(a) estudante(a) _____ declaro que fui igualmente informado(a) que as informações coletadas a partir desta pesquisa serão utilizadas apenas em situações acadêmicas (dissertação de mestrado, elaboração de artigos científicos, palestras, seminários, etc.) **sem trazer a identificação do(a) estudante(a)**. Autorizo a utilização e publicação, somente para uso acadêmico, das fotos, filmagens e dados obtidos durante a participação do(a) estudante(a) na disciplina. _____, _____ de _____ de 2019.

Assinatura do responsável pelo estudante participante

Assinatura do Professor/Mestrando

Assinatura do Orientador



Produto Educacional

JOGO EDUCATIVO “POKELÉTRON” COMO ESTRATÉGIA ATIVA NO PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM DE ELETRICIDADE

OSAMU MAEKAWA

Orientadora:

Prof^a. Dr^a. Agda Eunice de Souza Albas

Presidente Prudente

2020

SUMÁRIO

1. Apresentação do jogo.....	01
2. Regras do jogo.....	10
3. Revisão do conteúdo: Eletricidade.....	11
Apêndice 1 – Tabuleiro.....	20
Apêndice 2 – Cartas de perguntas.....	21
Apêndice 3 – Regras do jogo.....	36

1. Apresentação do jogo

Para a elaboração do jogo, inicialmente, levou-se em consideração o tempo planejado para o professor aplicá-lo em sua aula, ou seja, o jogo foi elaborado para ser aplicado em duas aulas de 50 minutos cada. No jogo, estão contempladas as questões conceituais mais simples até as mais abstratas da Física, na área da eletricidade. Como este tema pertence ao currículo do terceiro ano do Ensino Médio, o jogo é, portanto, mais bem aproveitado por este público alvo.

O jogo foi nomeado como “Pokelétron” e consiste em um tabuleiro no qual os participantes podem atuar sozinhos ou em equipes, totalizando 3 participantes ou 3 equipes por tabuleiro. Cada participante/equipe deve percorrer os caminhos do tabuleiro passando por casas que representam questões ou desafios. O tabuleiro, portanto, consiste em uma sequência de casas, formando três trilhas, em que cada casa representa uma fase do jogo, como mostra a Figura 1.

Figura 1: Representação do tabuleiro do jogo Pokelétron

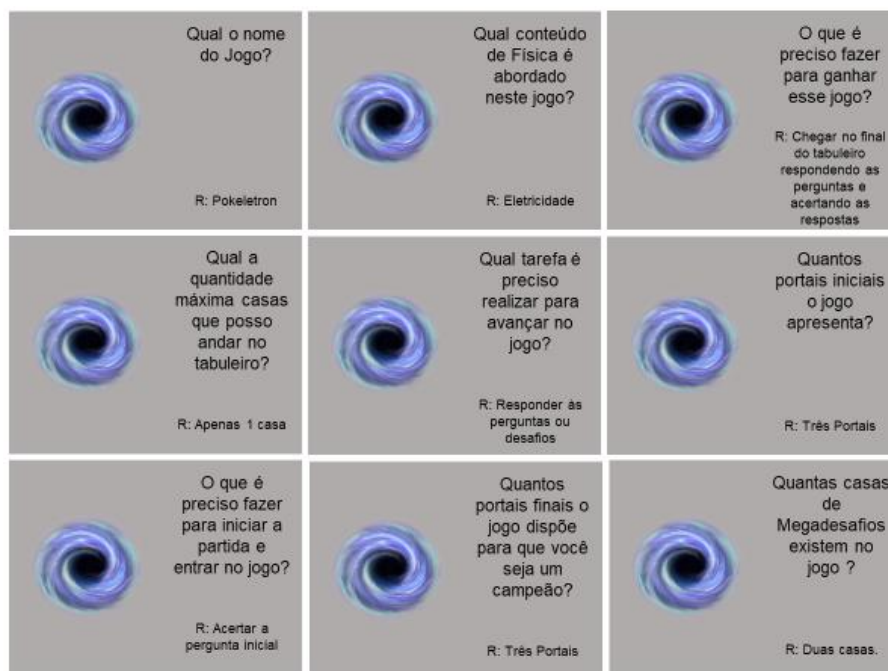


Fonte: Próprio autor

Inicialmente, os estudantes precisam ser divididos em time e eleger um representante para cada time. As cartas precisam ser separadas conforme o desenho de cada fase do tabuleiro.

O jogador, para começar o jogo, precisa acertar a pergunta correspondente à casa inicial (Figura 2), que se refere às informações do próprio jogo, como, por exemplo, o nome do jogo. Ele só continuará jogando se acertar a pergunta.

Figura 2: Representação dos modelos de cartas da casa inicial do jogo



Fonte: Próprio autor

Cada equipe participa uma vez de forma alternada. Todas perguntas e respostas estão em uma mesma carta, que deve ser lida, portanto, por um jogador da equipe oposta, tendo em vista que na própria carta, há a resposta correspondente à pergunta. Assim, quem lê e confere as respostas é sempre o adversário.

As cartas são classificadas por cores e símbolos que representam suas casas correspondentes no tabuleiro. Buscou-se trabalhar com questões que estivessem contextualizadas com o cotidiano e conhecimentos dos estudantes, além de permitir que elas proporcionassem um poder argumentativo pautado na proposta da discussão em grupo durante a atividade.

A segunda casa do tabuleiro é chamada “alvo”. Ao passar por ela, o jogador recebe uma carta contendo equações (Figura 3) que serão úteis no final do jogo. Portanto, o jogador deverá guardá-la até o final do jogo.

Figura 3: Representação dos modelos de cartas “alvo”



Fonte: Próprio autor

As casas verdes do tabuleiro, são catalogadas questões com três níveis de dificuldade. Portanto, há casas verdes nível 1, nível 2 (Figura 4) e nível 3.

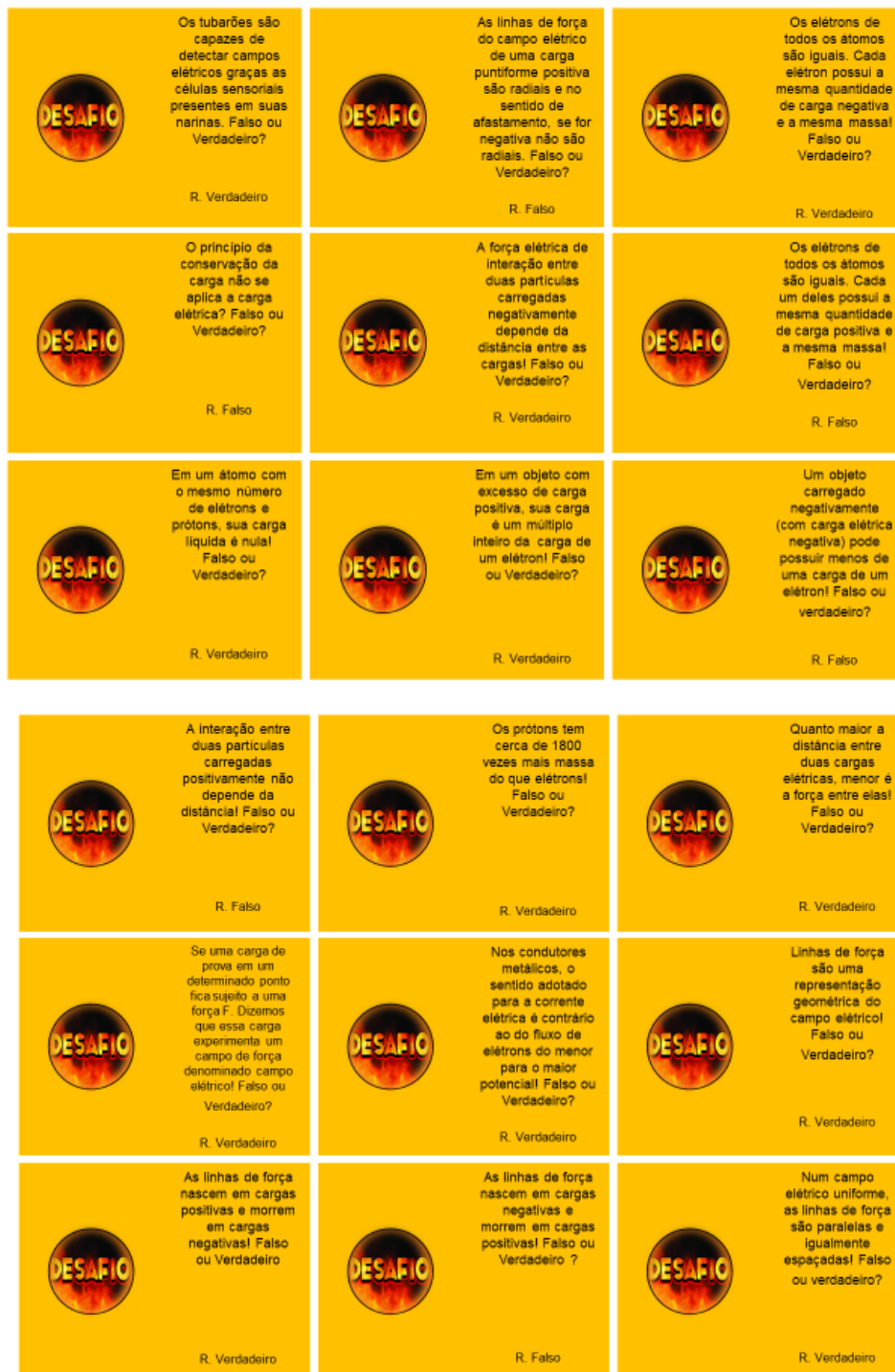
Figura 4: Representação dos modelos de cartas do nível 2



Fonte: Próprio autor

A casa de “desafio” só poderá ser acessada pelo jogador, após responder corretamente à pergunta de nível 1. As cartas correspondentes à casa “desafio” (Figura 5), contém questões com as opções de resposta “falso” ou “verdadeiro”.

Figura 5: Representação dos modelos de cartas “De



Fonte: Próprio autor

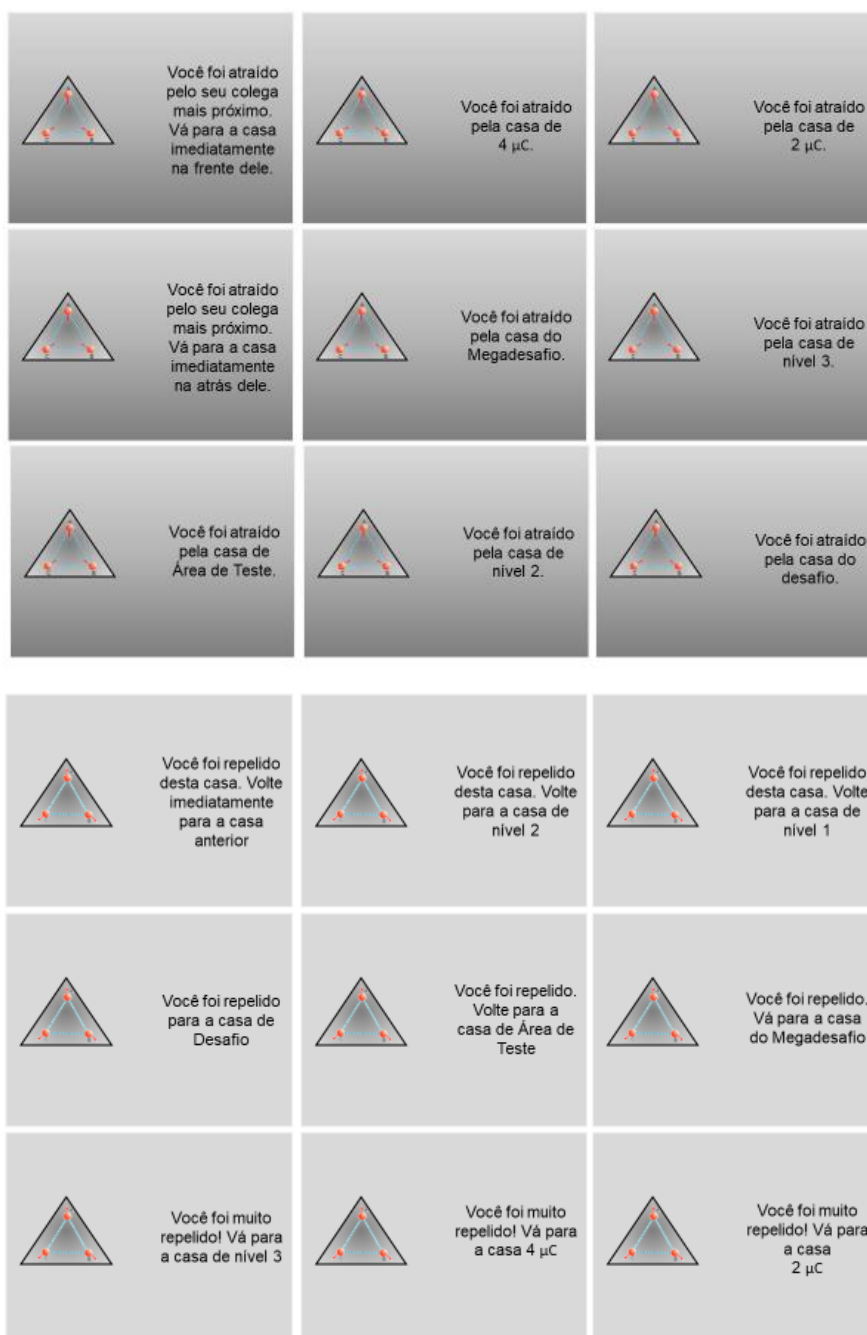
No tabuleiro, há a casa de “área de teste” (Figura 6), cujas cartas correspondentes contêm questões ou frases para completar. É interessante que o professor, como mediador do processo, sempre estimule os estudantes a pensarem em grupo antes de responderem às questões, assim como, anotarem as respostas incorretas dos adversários e discutirem as questões.

Figura 6: Representação dos modelos de cartas “Área de teste”



A casa com desenho de um triângulo (Figura 7) simula a interação de três partículas, ou seja, se refere à “atração” ou “repulsão” e tem como objetivo trabalhar o conceito da natureza elétrica de atração ou repulsão que uma carga pode ter de sua natureza. Quando o jogador atinge essa casa, a carta que ele escolher, lhe dará uma missão, que pode ajudá-lo ou atrapalhá-lo no seu percurso rumo ao final do tabuleiro.

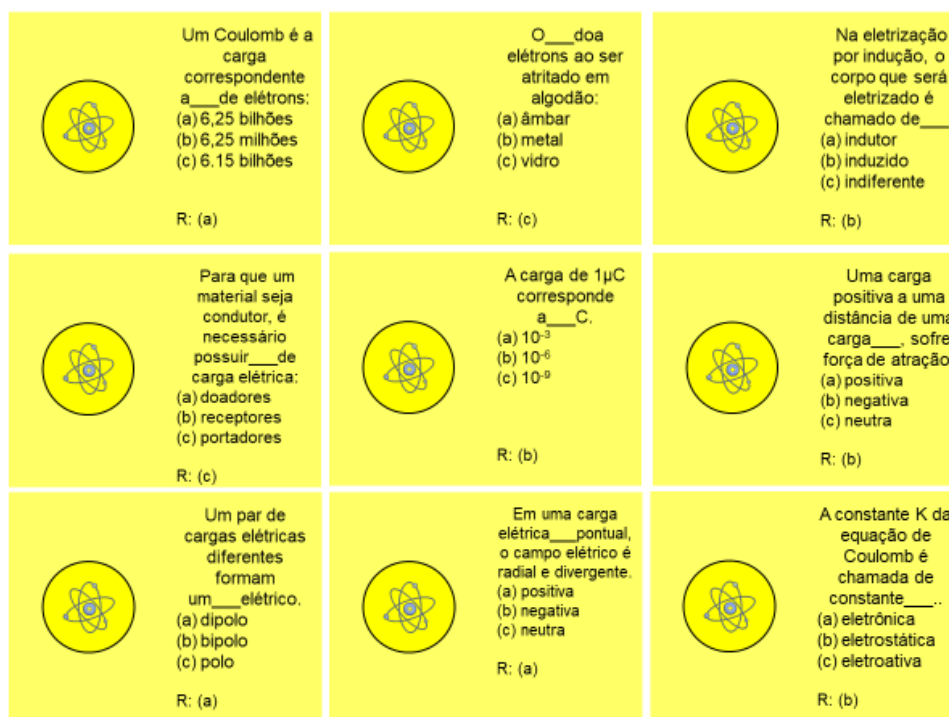
Figura 7: Representação dos modelos de cartas “Atração”



Fonte: Próprio autor

Ao alcançar a casa amarela, com a representação de um modelo atômico (Figura 8), o estudante vai se deparar com questões de múltiplas escolhas, contendo três opções de respostas.

Figura 8: Representação dos modelos de cartas “Modelo atômico”



Fonte: Próprio autor

A casa correspondente ao “Megadesafio” (Figura 9) trabalha com questões de resistência, corrente elétrica e choque elétrico. São questões mais elaboradas, que exigem um nível de conhecimento que contemple os temas citados anteriormente.

Figura 9: Representação dos modelos de cartas “Megadesafio”



Fonte: Próprio autor

Na última casa do tabuleiro, é proposto ao(s) jogador(es) um problema para aplicação das equações, como desafio final para “vencer o jogo” (Figura 18). Para resolver o problema proposto, a equipe, ou jogador, deverá usar as equações expressas na carta adquirida na segunda casa do tabuleiro, no início do jogo. Quando alcançada esta casa, os estudantes terão um tempo de 1 a 3 minutos, estabelecido pelo professor, usando papel e lápis para resolver a questão usando aquela carta “de alvo” que foi guardada no início do jogo (Figura 10).

Figura 10: Representação dos modelos de cartas “vencer o jogo”



Fonte: Próprio autor

Vence o jogo, o jogador ou equipe que acertar primeiro a resposta dessa questão e passar essa casa.

2. REGRAS DO JOGO

Objetivo: Chegar no final do tabuleiro respondendo corretamente às perguntas desafiadoras.

Participantes: Mínimo: 2 jogadores ou três grupos por tabuleiro não ultrapassando mais de 4 jogadores por grupo.

Preparação:

- Organize os times e eleja um representante de cada time.
- Separe as cartas por fase e embaralhe separadamente.
- Faça o sorteio “par ou ímpar” para escolher qual time começará respondendo as perguntas.
- Os jogadores estipulam o tempo de resposta das perguntas, podendo ser alterado de comum acordo.
- Um marcador de tempo e um caderno de anotações poderão ser utilizados durante o jogo para anotar o tempo.

SINTESE GERAL: O time desafiante deve ler uma pergunta ao time desafiado; o time desafiado deverá responder no tempo combinado; o time desafiante confere a resposta em voz alta; a carta deverá voltar para o fim do baralho, se o desafiado errar a resposta ou separada do baralho, se a resposta for respondida corretamente dentro do tempo.

- Inicia-se o jogo respondendo corretamente a pergunta inicial sobre o jogo. O jogador posiciona sua peça na primeira casa e passa a vez para o adversário. Assim, ao responder corretamente a pergunta, avança para casa seguinte. Se o time desafiado errar a resposta, a resposta correta é exposta à todos, a carta volta ao baralho e o desafiado permanece onde estava até sua próxima jogada, repetindo esta fase com outra carta aleatória do mesmo baralho.
- O jogador só deverá avançar sua peça para casa seguinte após responder à pergunta corretamente.
- Todos poderão discutir a pergunta, mas a resposta considerada será dada apenas pelo líder ou após seu aval. O tempo sugerido para discutir e responder à pergunta é de 3 minutos.
- O professor pode mediar as discussões, auxiliar nos cálculos e julgar se as respostas estão corretas ou compartilhar essa responsabilidade com os estudantes.
- No último desafio o jogador terá um tempo determinado para responder à questão matemática, possibilitando o adversário também alcançar o final do tabuleiro.
- Dica importante: preste atenção nas respostas expressas nas cartas! Elas devem ser iguais ou semelhantes às respostas emitidas pelas equipes.

Vencedor –

Acertando a última questão matemática, sua equipe será **VENCEDORA**.

3. REVISÃO DO CONTEÚDO: ELETRICIDADE

Entre os estudantes é comum categorizar eletricidade como a corrente elétrica que dispomos nas tomadas de energia elétrica, a luz artificial ou que faz os aparelhos funcionarem, reconhecendo sua importância pelo uso diário. Para entendermos melhor, é necessário rever o contexto passado na história da eletricidade.

A eletricidade e o magnetismo eram conhecidos desde a Antiguidade como fenômenos distintos, cujos termos eletricidade e magnetismo derivam do termo *elektron* e *magnetita*. As primeiras investigações atribuem a Tales de Mileto a observação que resinas de árvores coníferas, o âmbar (*elektron* em grego), ao ser friccionado adquiria a capacidade de atrair

pequenos objetos como, por exemplo, penas e plumas. Em seus relatos também estão relacionadas o minério, óxido de ferro (magnetita), encontrado em minas na província de Magnésia. Estes materiais eram capazes de se atraírem ou se repelirem, dependendo de como eram posicionados um em relação ao outro e, também tinham a capacidade de atrair o ferro. No oriente, século 3 a.C., os chineses inventaram a bússola graças às propriedades encontradas na magnetita.

Muitos séculos se passaram sem muita evolução no conhecimento sobre os fenômenos elétricos e magnéticos. Já no século XIX, o trabalho experimental marcante de Hans Christian Oersted (1777-1851) em 1819 chamou muito atenção e foi historicamente importante. Durante uma apresentação, Oersted observou que, ao passar corrente elétrica em um fio metálico, a agulha de uma bússola próxima se orientava perpendicularmente ao fio. Assim os cientistas estabeleceram que a eletricidade e o magnetismo eram fenômenos relacionados.

Em meados de 1830, Michael Faraday, na Inglaterra, e Joseph Henry, nos Estados Unidos, mostraram que, quando se movia um fio condutor perto de um ímã, ou o inverso, uma corrente elétrica era observada no fio, confirmando essa relação eletricidade-magnetismo.

Algumas décadas após esses experimentos, outro fato importante para história foi demonstrado pelo genial físico, James Clerk Maxwell Figura (3). Maxwell, baseando-se nessas e em outros experimentos, estabeleceu as leis básicas dos fenômenos eletromagnéticos, contribuindo significativamente para o avanço científico nesta área.

Figura 3: : James Clerk Maxwell (1831-1879)



Fonte: Young; Freedman, 2009

Conhecidas como as equações de Maxwell, válidas para campos elétricos e magnéticos no vácuo, estas equações unificaram dois sistemas de características e propriedades diferentes

que eram utilizados na época e que contribuíram significativamente para o entendimento do eletromagnetismo (YOUNG; FREEDMAN. 2009, p.356).

Apesar de não fazer parte do produto abordado neste trabalho e dada a importância histórica que levou a prever a existência de ondas eletromagnéticas, destacamos abaixo as quatro equações de Maxwell:

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q_{int}}{\epsilon_0} \quad (\text{lei de Gauss para eletricidade}) \quad (1)$$

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0 \quad (\text{lei de Gauss para magnetismo}) \quad (2)$$

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \left(i_c + \epsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt} \right) \quad (\text{lei de Ampère -Maxwell}) \quad (3)$$

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = - \frac{d\Phi_B}{dt} \quad (\text{lei de Faraday}) \quad (4)$$

Apesar de Maxwell não ter concebido essas equações, ele foi capaz de estabelecer suas relações e significados fundamentais para o eletromagnetismo e fenômenos observados empiricamente, uma teoria que unificou décadas de conhecimento.

A equação (1) refere-se à Lei de Gauss para campos elétricos $\vec{E}$, dado pela integral sobre uma superfície fechada para o campo elétrico e a carga envolvida, ou seja estabelece uma relação entre o campo elétrico e a carga; a equação (2), de acordo com a lei de Gauss para campos magnéticos, o fluxo magnético através da superfície é zero, dessa forma podemos afirmar que não existem monopolos magnéticos; A equação (3) é a lei de Ampère incluindo a corrente de deslocamento. Ela relaciona o campo magnético induzido à variação do fluxo elétrico e à corrente. Essa relação permite entender, por exemplo, a corrente de deslocamento em um capacitor, onde existe um vácuo entre as placas circulares, quando medimos o campo magnético nessa região, verificamos que ele de fato existe e se comporta exatamente como a equação (3), modificada por Maxwell; A equação (4) estabelece a relação entre o campo elétrico induzido à variação do fluxo magnético pelo tempo.

Essas equações explicam uma grande variedade de fenômenos relacionados entre campos elétricos, campos magnéticos e suas respectivas fontes. Para chegar a esses resultados foram necessários um longo caminho.

No século XVIII, acreditava-se que a eletricidade fosse um fluido presente em todos os corpos, capaz de escorrer para outros corpos. O cientista Benjamin Franklin (1706-1790) afirmava existir somente um tipo de fluido elétrico presente em todos os corpos. Os corpos com excesso desse fluído deveriam ser considerados eletrizados positivamente e corpos com falta desses fluidos seriam considerados como eletrizados negativamente.

Hoje, sabemos que não são fluídos, mas que tais fenômenos estão relacionados à estrutura do átomo. As forças elétricas regem praticamente todas as interações, sejam em escala macroscópica ou microscópica como, por exemplo, um sinal no sistema nervoso.

Todos os fenômenos eletromagnéticos são, em última instância, manifestações de interações entre cargas elétricas. As partículas positivamente carregadas no interior da matéria são denominadas prótons, e as partículas negativamente carregadas, são os elétrons. Estes, por sua vez, formam o átomo, que podem se atrair e se ligar, formando moléculas.

As forças de atração e repulsão dessas moléculas são de natureza elétrica. A principal característica da carga elétrica é a sua capacidade de interagir com outras cargas. Toda carga elétrica possui, a sua volta, um campo elétrico que nunca será desvinculado da mesma. Dizemos que a carga elétrica é uma propriedade intrínseca da matéria. De acordo com princípios estabelecidos pela Física Moderna, o próton é formado por 2 subpartículas denominadas quarks up de carga $+\frac{2}{3}e$, e 1 quark down de carga $-\frac{1}{3}e$, que resulta $+e$. Essa carga (do próton) somada à carga do elétron, $-e$, resulta em um valor nulo, zero. Dizemos, portanto que, tanto o elétron, como o próton, possui uma carga cujo valor é absoluto e uma das constantes mais importantes da natureza (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2013).

A princípio, cargas de mesmo sinal deveriam se afastar, porém os prótons com cargas positivas e nêutrons sem carga no núcleo do átomo (centro) se mantêm coesos entre si, graças a uma força chamada força nuclear forte. Ao seu redor, os elétrons estão localizados com maior probabilidade em determinadas regiões graças à força elétrica que existe entre cargas diferentes

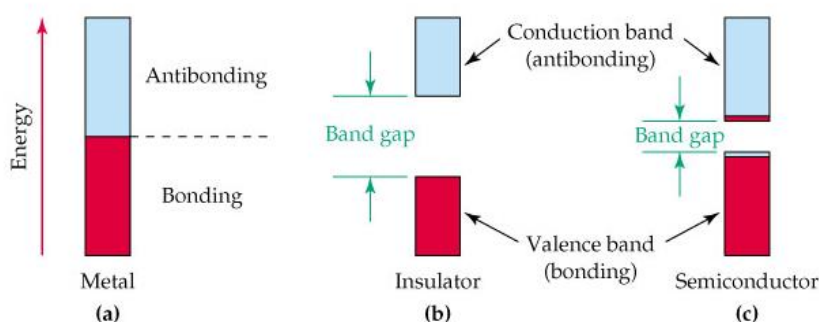
Quando um corpo possui um número de prótons igual ao número de elétrons, dizemos que o corpo, como um todo, é eletricamente neutro e a soma da carga total (carga líquida) é igual a zero. Para fazermos um corpo neutro ficar com excesso de cargas positivas ou negativas devemos adicionar, ou remover, elétrons do átomo já que a carga positiva no caso, os prótons, estão firmemente posicionados no núcleo do átomo. Assim alguns materiais também são melhores ou piores na capacidade eletrodinâmica.

Os materiais classificados como condutores são materiais nos quais as cargas elétricas se deslocam de maneira relativamente livre, por exemplo quando um material condutor, como

o cobre forma um sólido, alguns dos elétrons mais afastados do núcleo se tornam mais livres e recebem o nome de elétrons de condução. Já os materiais conhecidos como isolantes, por outro lado, são materiais nos quais as cargas elétricas não se deslocam livremente já que os elétrons estão mais firmemente presos à estrutura eletrônica material. Existem, também, os materiais com propriedades intermediárias entre esses dois extremos, classificados como semicondutores.

A propriedade de condutividade elétrica tem origem na mecânica quântica, pois, nos átomos ou moléculas, os elétrons têm energia quantizada, ou seja, sua energia apenas pode ter determinados valores que variam discretamente. Quando os átomos ou moléculas se condensam para formar um material, cada nível de energia dá origem a uma faixa de energias permitidas para o elétron denominadas bandas de energia. Essas bandas de energia formam um contínuo de níveis permitidos para o elétron e entre uma banda e outra de energias permitidas existe uma faixa proibida, ou seja, uma região em que não existem níveis de energia permitida para o elétron, denominada *band gap* conforme figura (4). A última banda de energia permitida para o elétron é a banda de condução. Nessa banda, em um metal, por exemplo, a banda de condução está parcialmente ocupada por elétrons, permitindo que sejam excitados por um campo elétrico figura (4-a). Em isolantes a banda de condução está completamente vazia, observe a figura (4-b). As propriedades elétricas dos semicondutores podem ser alteradas pela adição de quantidades controladas de determinados elementos aos materiais conforme figura (4-c) (CHAVES. 2007. p. 112).

Figura 4: Representação de diagramas de bandas típicas para (a) condutores, p. ex.: metal ;(b) Isolantes e (c) semicondutores.



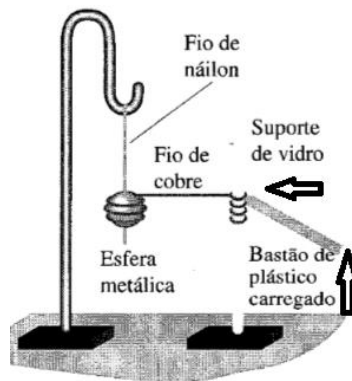
Fonte: <https://wps.prenhall.com/wps/media/objects/948/971633/ch21_05.htm>; acesso 28/04/20.

Em alguns materiais podemos adicionar ou remover cargas elétricas de um material, em um processo denominado eletrização. Para eletrizar objetos ou um corpo neutro, é preciso,

portanto, transferir elétrons de um lugar para outro, que pode ser feito por três formas distintas: por contato, por atrito ou por indução.

Eletrização **por contato** figura (5) ocorre quando um corpo carregado e isolado toca outro corpo inicialmente neutro. Após o contato, as cargas irão se distribuir uniformemente sobre sua superfície, já que cargas de mesmo sinal se repelem. A carga elétrica inicial será dividida por dois, se ambos os corpos tiverem o mesmo tamanho.

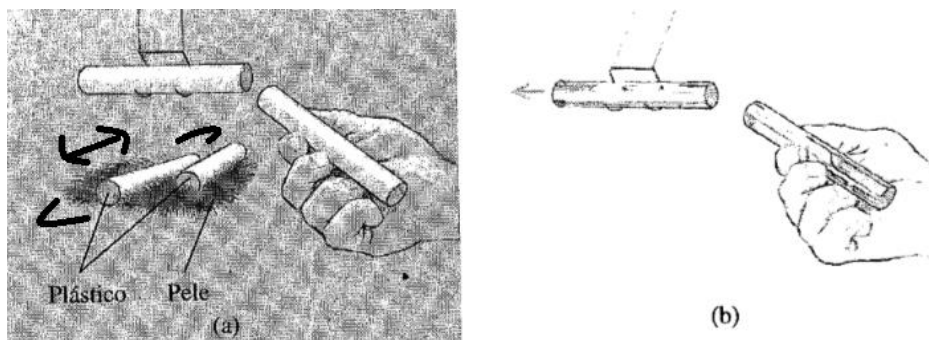
Figura 5: Transferência de carga por contato de um bastão de plástico carregado para uma esfera metálica através de um fio condutor.



Fonte: Young; Freedman, 2009.

Na eletrização **por atrito** figura (6-a), como o próprio nome diz, é preciso que um material tenha sido friccionado em outro material. Após isso, parte dos elétrons passa para o outro corpo e os corpos ficam eletrizados com cargas de sinais opostos, na figura (6-b) os bastões plásticos adquirem a mesma natureza de carga e se repelem.

Figura 6: Bastões plásticos atritados com pele (a) carregados com cargas iguais e se repelem (b)

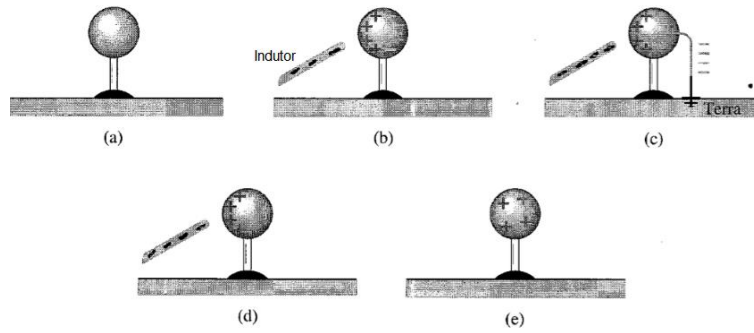


Fonte: Young; Freedman, 2009.

Na eletrização **por indução** figura (7) não ocorre o contato. Nela, um objeto previamente carregado chamado de indutor, (no exemplo abaixo com carga negativa) é

aproximado de outro objeto denominado induzido, na figura representado por uma esfera metálica apoiada sobre um material isolante figura (7-a). Isso faz com que os elétrons se movam pela superfície do material mesmo não havendo contato. Se o indutor estiver carregado com carga negativa, haverá repulsão dos elétrons livres do induzido, de modo que estes se deslocarão para a região mais afastada, deixando a região mais próxima do indutor com carga positiva figura (7-b). Em cada lado da esfera surge uma carga induzida. Se ligarmos um fio condutor no lado oposto da esfera do indutor à Terra figura (7-c), podemos transferir cargas e retirando o contato em seguida deixamos a esfera eletrizada positivamente conforme a figura (7-e)

Figura 7: Carregando uma esfera metálica por indução.



Fonte: Young; Freedman, 2009.

É importante salientar que a lei da conservação da carga observada no fenômeno de fricção, e em outros experimentos mais complexos, não permite gerar uma carga de um tipo sem, ao mesmo tempo, gerar a mesma quantidade de carga do outro tipo. Assim, a soma algébrica de todas as cargas em um sistema isolado nunca se altera.

Os materiais eletricamente carregados possuem uma carga elétrica que é um múltiplo inteiro da carga elétrica de um elétron ou próton em módulo, ou seja, $1,6 \times 10^{-19}$ Coulomb, também chamada de carga elementar, citada anteriormente como “e”. Quando os elétrons são transferidos de um material para outro material, em um sistema isolado, a carga é conservada, obedecendo a um princípio básico da Física em que nenhum elétron pode ser criado ou destruído. Esse princípio é chamado de Conservação da Unidade de Carga Elétrica (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2013, p.12).

A quantidade de elétrons transferidos, pode ser calculada usando a equação (5).

$$Q = n \cdot e \quad (5)$$

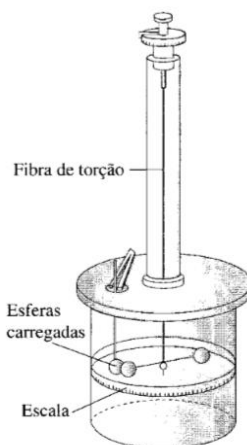
Nesta equação, Q corresponde a quantidade de carga, n o número de elétrons e , e é o valor da carga elementar ($1,6 \times 10^{-19} \text{C}$).

Em relação a distribuição das cargas sobre a superfície, se o condutor elétrico não for esférico as cargas elétricas não se distribuem igualmente sobre a superfície. Neste caso, as cargas estarão mais próximas nos vértices, pois o campo elétrico é perpendicular à sua superfície. Em um objeto esférico oca condutora em equilíbrio, a carga se distribui por toda a superfície de tal maneira que o campo elétrico é nulo no seu interior (VÁLIO, 2016, p. 33).

As cargas elétricas que estão localizadas em corpos com dimensões pequenas ou desprezíveis em comparação com distâncias entre outras cargas, são denominadas cargas puntiformes. Essas cargas são utilizadas para estudar a força elétrica desprezando-se a interferência da massa ou forma. Essa propriedade está implícita no método de cálculo de campo elétrico criado por mais de uma carga, que é baseado no princípio de superposição que abordaremos mais adiante.

A partir de vários experimentos de atração e repulsão, surgiu a necessidade de buscar a quantificação das interações entre as cargas elétricas e esta foi estabelecida pela lei de Coulomb. Para isso, foi utilizado um instrumento chamado balança de torção Figura (8), onde se estabelecia uma relação entre o ângulo de torção de um fio conhecido e esferas carregadas eletricamente. Charles Augustin de Coulomb em 1785 inferiu que interações eletrostáticas das partículas eletricamente carregadas, se atraem ou se repelem conforme a natureza da carga elétrica e que a força entre as partículas varia diretamente com o produto de suas cargas e inversamente com o quadrado da distância (YOUNG; FREEDMAN, 2009, p. 7).

Figura 8: Balança de torção



Fonte: Young; Freedman, 2009

Uma partícula com carga Q_1 , no ponto r_1 , exerce sobre uma partícula com carga q_2 , no ponto r_2 e em repouso em relação à primeira, uma força de intensidade F (módulo da força elétrica), segundo a lei de Coulomb, é determinada pela equação (6).

$$F = \frac{K \cdot |Q_1| \cdot |q_2|}{r^2} \quad (\text{lei de Coulomb}) \quad (6)$$

A força elétrica exercida pela carga que surge sobre a segunda partícula é diretamente proporcional à constante eletrostática do meio material em que se encontra essa carga e os valores das cargas, dividido pelo quadrado da distância. Na equação (6), k é a constante de Coulomb, que depende do meio onde estão as cargas. Para o vácuo e no S.I., $k = 8,99 \cdot 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$; A constante k também é escrita como:

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

A constante ϵ_0 é conhecida como a permissividade do vácuo, tem o valor $= 8,85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N.m}^2$. A força elétrica é uma grandeza vetorial e expressa na forma vetorial pela equação (7). Nessa equação, Q e q são os valores das cargas, em coulomb, que entram em módulo na equação, r é a distância entre as cargas, em metros (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2013).

$$\vec{F}_{12} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q_1 \cdot q_2}{r_{21}^2} \hat{r}_{21} \quad (7)$$

Na equação (7), $\hat{r}$ é um vetor unitário (versor) na direção da reta que liga as duas partículas. A direção da força em uma partícula com carga, depende da localização de outras partículas carregadas vizinhas e do sinal de cada uma. Quando estão presentes mais de duas partículas carregadas, a força resultante sobre qualquer partícula é igual à soma vetorial das forças individuais devidas a todas as outras partículas (SERWAY, JEWETT, 2011.p. 682).

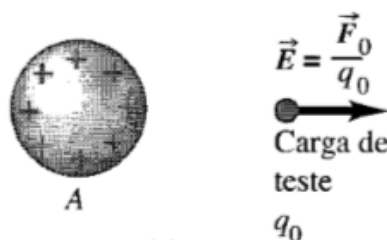
Ainda neste contexto, podemos falar do princípio da superposição. Ele é utilizado para analisar o resultado da soma de vários efeitos simultâneos em um corpo ou local. Um dos efeitos simultâneos ocorre pela presença de diversas forças elétricas em um único ponto. Assim, o princípio da superposição é usado para determinar a força elétrica resultante da ação entre uma carga q_0 e várias outras cargas próximas q . Em um sistema com n partículas carregadas as partículas interagem independentemente, aos pares, e a força que age sobre cada uma das partículas é dada pela soma vetorial das forças entre a carga de se deseja saber e as outras

envolvidas. Dessa forma, podemos expressar a força resultante de um sistema de partículas pela equação (8):

$$\vec{F}_1 = \vec{F}_{12} + \vec{F}_{13} + \vec{F}_{14} + \dots \vec{F}_{1n} \quad (8)$$

Na lei de Coulomb são estudadas diretamente as interações entre as cargas elétricas, ou seja, interação carga (elétrica) e carga (elétrica). Uma outra maneira de estudar as interações é através do conceito de campo elétrico. Vamos imaginar uma região onde nenhuma carga exista. Dizemos que nesta região há um campo neutro. Ao colocar um corpo com carga nessa região, este corpo irá perturbar o espaço ao seu redor, gerando o que chamamos de campo de força. Este campo de força é denominado, então, de campo elétrico e é provocado, portanto, pela ação de cargas elétricas ou por um sistema delas. A Figura (9) representa um sistema onde é gerado um campo elétrico. Note que o corpo com carga é representado pela letra A e o campo elétrico é representado por $\vec{E}$. Ao inserir uma partícula com carga q_0 em ponto (chamada carga de teste), surge uma força $\vec{F}$ que atuará sobre essa partícula, colocada dentro da região de campo elétrico.

Figura 9: Um corpo carregado cria um campo elétrico ao redor.



Fonte: Young; Freedman, 2009.

O conceito de campo elétrico permite o estudo da relação carga (elétrica), campo (elétrico) e carga (elétrica). Enquanto na lei de Coulomb a intensidade força depende do valor da carga, no campo elétrico a intensidade força é dividida pelo valor da carga de prova. Essa definição do campo é dada pela equação (9):

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0} \quad (9)$$

Na equação (9), ao substituirmos $\vec{F}$ pela equação (6), da lei de Coulomb, obtemos a definição mais completa para o campo elétrico. O campo elétrico é uma entidade real, capaz de

transportar energia e momento. A intensidade do campo elétrico na posição da carga de prova é definida pela equação (10) e sua unidade de medida, no S.I, é N/C.

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{r^2} \hat{r} \quad (10)$$

Para calcular o campo elétrico em um ponto P devido a um grupo de cargas pontuais, primeiramente calculamos os vetores do campo elétrico em P individualmente e pela soma vetorial de cada carga conforme a relação (11).

$$\vec{E} = \frac{F}{q'} \rightarrow \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum \frac{q_i}{r_{i}^2} \hat{r} \quad (11)$$

O termo carga de prova é uma expressão usada para denominar uma carga de valor minúsculo, em que sua presença não irá perturbar a posição das cargas vizinhas. A equação (12) expressa, matematicamente, o conceito de carga de prova.

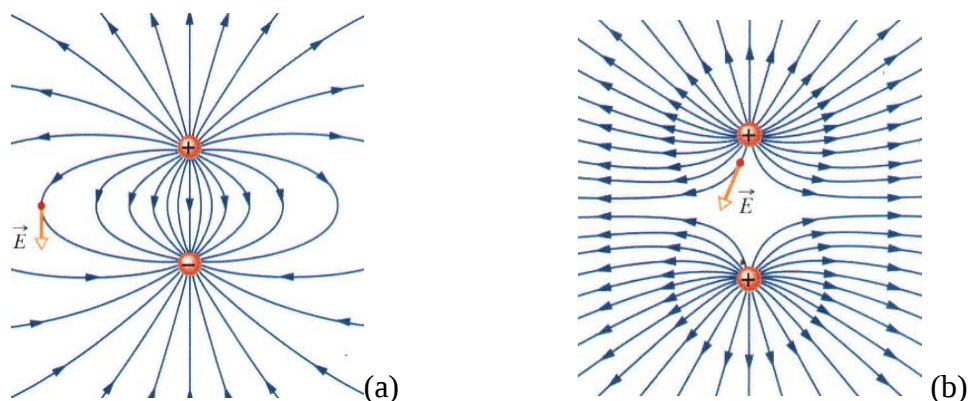
$$E = \lim_{q' \rightarrow 0} \frac{F(q')}{q'} \quad (12)$$

Nesta equação, nota-se que, na prática, esse limite de q' tendendo à zero não pode ser tomado rigorosamente, uma vez a carga elétrica é quantizada.

Para auxiliar no entendimento de campo elétrico é proposta a utilização das linhas de campo ou de força, conforme Figura (10). Algumas características nos ajudam a ilustrar campo elétrico. São elas, três propriedades fundamentais:

- iv. O vetor campo elétrico é tangente às linhas de campo elétrico em cada ponto;
- v. O número de linhas de campo que atravessam a unidade de área perpendicular ao campo é proporcional ao módulo do campo elétrico (intensidade do campo elétrico);
- vi. As linhas de campo saem de cargas positivas e chegam as cargas negativas e nunca se cruzam (YOUNG; FREEDMAN. 2009, p.24).

Figura 10: (a) linhas de campo de uma carga pontual positiva e uma negativa ; (b) cargas positiva e positiva ; observe vetor campo elétrico em um ponto do espaço



Fonte: Halliday, Resnick; Walker, 2013.

Duas placas metálicas retas e paralelas, igualmente espaçadas, podem criar, aproximadamente, um campo elétrico uniforme desde que estejam eletrizadas com cargas de natureza oposta. Próximos ao centro da placa surgem linhas de campo representadas por retas perpendiculares igualmente espaçadas às superfícies das placas. Quando uma partícula de carga q e massa m é colocada em um campo elétrico $\vec{E}$, a força elétrica $\vec{F}$, exercida sobre a carga é dada pela equação (13). Esta é a única força resultante e a única força exercida sobre a partícula.

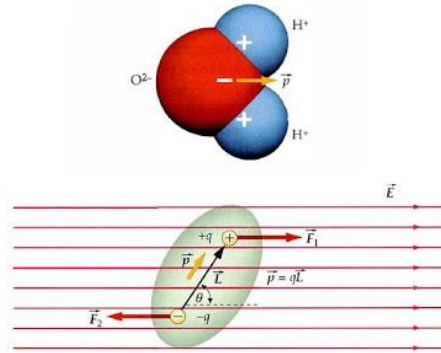
$$\vec{F} = q \cdot \vec{E} = m \cdot \vec{a} \quad (13)$$

Na equação (13), isolando-se a aceleração da partícula temos a equação (14):

$$\vec{a} = \frac{q \cdot \vec{E}}{m} \quad (14)$$

Note, na equação (14), que, se o campo elétrico $\vec{E}$ é uniforme, a aceleração é constante. Uma das aplicações práticas do campo elétrico é criando campos elétricos variáveis. A Figura (11) ilustra uma molécula de água dentro de um forno micro-ondas, onde, por meio de campo elétrico, são geradas forças que atuam em sentidos contrários na molécula de água, devido à sua configuração polar, provocando, por consequência, seu torque.

Figura 11: As moléculas de água dos alimentos têm uma carga elétrica diferente em seus polos (dipolo), girando com a polaridade variável (direção) do campo elétrico.



Fonte: <<http://fisicadomundoreal.blogspot.com/2011/02/como-o-forno-microondas-funciona.html>> Acesso 22/04/2020

Uma das formas de simplificar o estudo dos campos elétricos é através da simetria e para isso foi proposto o conceito de fluxo. Fluxo elétrico é o produto da magnitude do campo elétrico $\vec{E}$ pela área da superfície, perpendicular ao campo. O fluxo elétrico é uma grandeza proporcional ao número das linhas do campo elétrico que penetram alguma superfície. Essa, é uma maneira de lidar com as linhas do campo elétrico de maneira quantitativa conforme a equação (15)

$$\Phi_E = \vec{E} \cdot \vec{A} \quad (15)$$

Em situações mais gerais, a magnitude e a direção do campo elétrico podem variar na superfície em questão. Se consideramos uma superfície geral dividida em um grande número de elementos pequenos, cada um com área ΔA , a variação no campo elétrico sobre o elemento pode ser desprezada se o elemento for pequeno o bastante.

A lei de Gauss e a lei de Coulomb são maneiras equivalentes de relacionar o campo elétrico com as cargas que o geram. A lei de Coulomb é válida para cargas paradas uma em relação à outra. A lei de Gauss tem caráter geral e é válida para cargas em qualquer regime de movimento. O movimento altera o campo gerado por uma carga e gera outro campo, o campo magnético. Quando a carga se move, as linhas de força não irradiam simetricamente da carga e na direção paralela à velocidade, as linhas se tornam menos densas, ou seja, o campo fica menos intenso do que o campo da carga parada. Nas direções perpendiculares à velocidade, o campo fica mais intenso. A explicação desse fenômeno é dada pela teoria da relatividade restrita, a qual não abordaremos aqui.

A lei de Gauss diz que o fluxo elétrico resultante Φ_E através de qualquer superfície gaussiana fechada é igual à carga líquida no interior da superfície dividida por ϵ_0 , conforme equação (16).

$$\Phi_E = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{q_{in}}{\epsilon_0} \quad (\text{lei de Gauss}) \quad (16)$$

Na equação (16), q_{in} representa a carga líquida no interior da superfície e $\vec{E}$, o campo elétrico em qualquer ponto sobre a superfície.

A lei de Coulomb pode ser obtida a partir da lei de Gauss, porém o inverso não é válido. Veja a relação descrita a seguir.

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \vec{E} 4\pi r^2 \frac{q}{\epsilon_0} \quad \rightarrow \quad \vec{E} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \hat{r}$$

o campo elétrico de uma carga pontual tem direção radial e varia com o inverso do quadrado da distância (CHAVES, 2007. p. 24).

Quando nenhum movimento de carga ocorre dentro do condutor, este está em equilíbrio eletrostático, por exemplo, o cobre, contém cargas (elétrons) com maior mobilidade. Nessa situação de equilíbrio, toda carga no condutor é uma partícula em equilíbrio. Um condutor isolado em equilíbrio eletrostático tem as seguintes propriedades:

5. O campo elétrico é nulo em qualquer ponto dentro do condutor, como exemplificado pela blindagem eletrostática mostrada na Figura (12)
6. Se o condutor isolado tiver uma carga líquida, a carga em excesso fica inteiramente sobre a superfície.
7. O campo elétrico imediatamente exterior ao condutor carregado é perpendicular à superfície do condutor e tem uma magnitude $\frac{\sigma}{\epsilon_0}$, onde σ é a carga por unidade de área nesse ponto.
8. Em um condutor de forma irregular, a carga por unidade de área é máxima nos locais onde é mínimo o raio de curvatura da superfície (SERWAY, JEWETT, 2011.p. 705).

Figura 12: Uma descarga elétrica atinge o automóvel, percorre a superfície e chega à terra através de uma centelha que parte da roda.



Fonte: Halliday, Resnick; Walker, 2013

Um outro ponto importante no contexto da eletricidade, é a energia potencial elétrica. Para compreender o conceito de energia potencial elétrica, nos remetemos, inicialmente, aos conceitos, já conhecidos, sobre energia potencial gravitacional.

Quando estudamos energia potencial gravitacional, aprendemos que em um campo gravitacional, uma partícula em determinado referencial pode ter mais ou menos energia potencial gravitacional dependendo da sua localização no interior desse campo gravitacional. Se uma força $\vec{F}$ atua sobre a partícula que se move de um ponto a até um ponto b o trabalho W_{a-b} realizado pela força é dado pela integral de linha, conforme equação (17):

$$W_{a-b} = \int_a^b \vec{F} \cdot d\vec{l} = \int_a^b F \cos \theta \, dl \quad (\text{Trabalho realizado por uma força}) \quad (17)$$

Na equação (17), $d\vec{l}$ é um deslocamento infinitesimal ao longo da trajetória e θ é o ângulo entre $\vec{E}$ e $d\vec{l}$ em cada ponto da trajetória.

A mesma analogia podemos fazer em relação à energia potencial elétrica. Um objeto eletrizado possui uma energia potencial em razão de sua localização no interior de um campo elétrico. Considere o movimento de uma partícula com uma pequena carga negativa em direção a uma esfera negativamente carregada. Como as cargas são de mesmo sinal, elas se repelem, e, é necessário gastar energia para vencer a repulsão, ou seja, um trabalho será realizado para trazer a partícula próximo à esfera, aumentando a energia da partícula. Dessa forma, associamos

uma energia potencial elétrica (U) à energia que a partícula adquire em virtude do referencial. Se a configuração da partícula muda de um estado inicial (i) para um estado final (f), a força eletrostática realiza um trabalho (W) sobre as partículas, que independe da trajetória ou caminho escolhido, por ser uma força conservativa. Este trabalho é dado pela equação (18).

$$\Delta U = U_f - U_i = -W \quad (18)$$

Em um sistema onde a força é devida a uma distribuição finita de cargas, convém tomar r infinito como a configuração de referência, tal que $U = 0$. Com isso, podemos definir a função energia potencial elétrica de U , conforme equação (19).

$$U_{\vec{r}} = - \int_{\infty}^r q_0 \cdot \vec{E} \cdot d\vec{l} \quad (19)$$

Observe que $U(\vec{r})$ representa o negativo do trabalho realizado pela força do campo elétrico sobre a partícula de carga q_0 para trazê-la desde o infinito até r .

A energia potencial elétrica (U) de duas cargas puntiformes qq_0 , quando a carga q_0 está em um ponto situado a qualquer distância de r de q , é dada, portanto, pela equação (20).

$$U = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{qq_0}{r} \quad (\text{energia potencial elétrica de duas cargas}) \quad (20)$$

A unidade de medida para essa energia é o Joule. A energia potencial elétrica é positiva quando as cargas possuem o mesmo sinal e negativa quando as cargas possuem sinais contrários.

O potencial elétrico, representado pela (V), é nova grandeza que não depende da carga de prova, e sim do campo elétrico e eventualmente da posição. Para encontramos o potencial V de uma única carga puntiforme q , dividimos a equação (20) por q_0 , obtendo a equação (21).

$$V = \frac{U}{q_0} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{r} \quad (\text{potencial de uma carga puntiforme}) \quad (21)$$

Na equação (21), r é a distância entre a carga q e o ponto onde o potencial está sendo calculado. A unidade de medida da diferença de potencial, no S.I. é o volt (V) e $1 \text{ V} = 1 \text{ J/C}$. Um elétron-volt (eV) é a energia igual ao trabalho necessário para deslocar uma carga elementar

através de uma diferença de potencial de um volt. Se tomarmos como referência o potencial $V_i = 0$, a função do potencial elétrico em um ponto qualquer é dado pela equação (22).

$$V_{\vec{r}} = - \int_{\infty}^{\vec{r}} \vec{E} \cdot d\vec{l} \quad (22)$$

Nessa equação, o potencial elétrico no ponto ($V_{\vec{r}}$) é o negativo do trabalho para trazer a carga do infinito a $\vec{r}$ nesse campo elétrico.

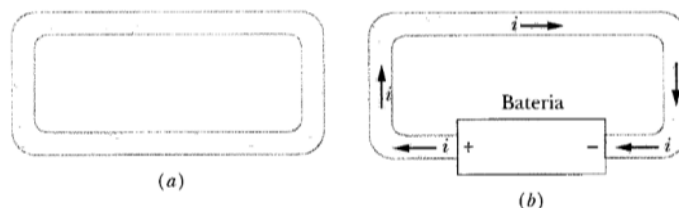
O potencial V pode ser positivo, negativo ou nulo, dependendo do sinal e do valor absoluto de q e W_{∞} . O potencial elétrico é uma grandeza escalar. No campo elétrico em uma região, a cada ponto do espaço, é associado um potencial elétrico por unidade de carga. O potencial elétrico produzido por uma carga pontual a uma distância r da carga, é dada pela equação (23):

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon^0} \cdot \frac{q}{r} \quad (23)$$

Nesta equação, V tem o mesmo sinal de q e como o potencial elétrico é uma grandeza escalar, se o campo elétrico for gerado por partículas pontuais de cargas Q_1 Q_2 Q_3 , o potencial elétrico total em cada ponto é obtido pela soma algébrica dos potenciais elétrico nesse ponto, em cada uma dessas cargas.

Quando as extremidades de um material condutor estão a temperaturas diferentes, a energia térmica flui da extremidade mais quente para a mais fria. A energia flui de uma extremidade para a outra. Analogamente quando as extremidades de condutores estão em diferentes potenciais elétricos a corrente elétrica se manifesta através do movimento relativamente ordenado dos portadores de carga elétrica, em que os elétrons, mediante uma força de origem elétrica, agem sobre cada um dos elétrons livres. O movimento da corrente é no sentido do maior potencial para o menor, como representado na Figura (13) no sentido horário, embora o movimento real seja contrário.

Figura 13: (a) Um fio de cobre em equilíbrio eletrostático. (b) Uma bateria gera um campo elétrico que movem as cargas elétricas.



Fonte: Halliday, Resnick; Walker, 2013

Na Figura (13), em (a), um fio de cobre está em equilíbrio eletrostático. Em (b), uma bateria mantém uma diferença de potencial entre as extremidades. Essa diferença de potencial gera, no interior do condutor, um campo elétrico e esse campo elétrico age sobre as cargas dos elétrons fazendo com que eles se movimentem. Como os íons possuem maior massa e interagem entre si, quase não se movem, enquanto os elétrons livres, mediante o campo elétrico aceleram e produzem o referido movimento ordenado se sobrepondo à agitação térmica. A corrente elétrica pode assumir dois tipos: alternada e contínua. A corrente alternada varia seu sentido conforme o tempo, ou melhor, conforme a variação alternada do campo elétrico. A corrente elétrica é uma grandeza escalar. A intensidade da corrente elétrica (I) tem relação com a quantidade de carga elétrica transportada e, é dada pela razão entre a quantidade Q de carga que atravessa uma secção transversal reta do condutor e o intervalo de tempo, em segundos, Δt dessa travessia, conforme a equação (24).

$$I = \frac{dq}{dt} \quad (\text{definição de corrente elétrica}) \quad (24)$$

Uma carga q que atravessa uma seção do fio em um intervalo de tempo dt pode ser determinada por meio da equação (25).

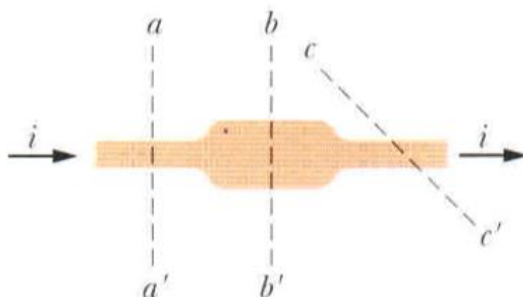
$$q = \int dq = \int_0^t i \cdot dt \quad (25)$$

a carga que passa por uma seção conforme equação (25) é a integral da intensidade da corrente elétrica i , em intervalos de tempos muito pequenos.

A intensidade da corrente elétrica é dada em C/s, também chamada Ampère (A), sendo $1 \text{ A} = 1 \text{ C/s}$ (YOUNG; FREEDMAN; 2009 p. 138).

Outra grandeza notável que explora o conceito de conservação de carga, é a densidade de corrente elétrica. Para conceitua-la, observemos a Figura (14).

Figura 14: Fio condutor não uniforme de secção irregulares destacados.



Fonte: Halliday, Resnick; Walker, 2013.

A corrente i que atravessa o condutor tem o mesmo valor nos planos aa' , bb' e cc' . Podemos perceber, entretanto que a área é diferente em cada secção. Essa relação entre corrente e área é chamada de densidade de corrente, representado por $\vec{J}$. Em consequência disso, em um caso de bifurcação dos caminhos percorridos pelas cargas, ou seja, na divisão de fios condutores, a carga se conserva.

Os portadores de carga de um condutor só se deslocam se for estabelecida uma diferença de potencial entre dois pontos desse condutor, como já mencionado. Experimentalmente, a mesma diferença de potencial e campo elétrico geram correntes elétricas de diferentes intensidades em condutores diferentes. Chamamos de resistência elétrica (R) a maior ou menor dificuldade que os materiais condutores oferecem para o movimento dos portadores de carga elétrica. A resistência elétrica pode ser determinada pela equação (26), a qual denominamos primeira lei de Ohm (GASPAR. 2013, p. 116).

$$R = \frac{U}{I} \quad (\text{definição de } R) \quad (26)$$

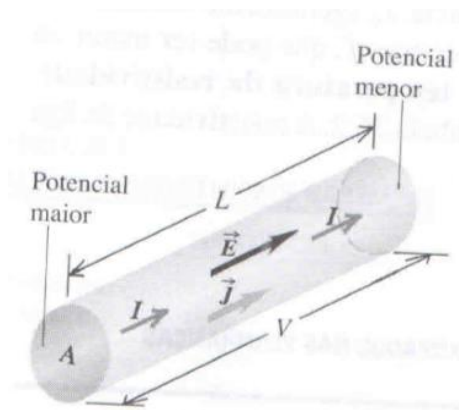
Na equação (26), U é a diferença de potencial nas extremidades do condutor, medido em volts e, I , é a intensidade da corrente elétrica, em ampère. A unidade de resistência elétrica no S.I. deriva da razão volt/ampere e recebe o nome de ohm (Ω).

Uma grandeza própria de que é feita um condutor é chamado de resistividade (ρ). Por definição, a resistividade é a relação que existe no campo elétrico $\vec{E}$, e a sua densidade de corrente (J), conforme a equação (27).

$$\rho = \frac{E}{J} \text{ (definição de resistividade)} \quad (27)$$

É possível verificar na equação (27) que as unidades de (ρ) são $(V/m).(A/m^2) = (\Omega/m)$. Na figura (15) podemos observar que, à medida que a corrente flui através da diferença de potencial, ocorre perda de energia potencial elétrica, reconhecido como efeito Joule.

Figura 15: Condutor uniforme:(v) diferença de potencial;(L) comprimento;(E) Campo elétrico;(I) Corrente;(J) Densidade corrente



Fonte: Young; Freedman, 2009.

Um exemplo real do efeito Joule seria o processo de aquecimento do secador de cabelo, ou o aquecimento da água por um chuveiro elétrico, figura (16).

Figura 16: Chuveiro elétrico; visão em corte.



Fonte: Figura adaptada pelo autor, 2020.

1. APÊNDICE - TABULEIRO



2. APÊNDICE – BARALHO DE PERGUNTAS

 Qual o nome do Jogo? R: Pokeletron	 Qual conteúdo de Física é abordado neste jogo? R: Eletricidade	 O que é preciso fazer para ganhar esse jogo? R: Chegar no final do tabuleiro respondendo as perguntas e acertando as respostas
 Qual a quantidade máxima casas que posso andar no tabuleiro? R: Apenas 1 casa	 Qual tarefa é preciso realizar para avançar no jogo? R: Responder às perguntas ou desafios	 Quantos portais iniciais o jogo apresenta? R: Três Portais
 O que é preciso fazer para iniciar a partida e entrar no jogo? R: Acertar a pergunta inicial	 Quantos portais finais o jogo dispõe para que você seja um campeão? R: Três Portais	 Quantas casas de Megadesafios existem no jogo ? R: Duas casas.



Guarde estas equações. Você pode precisar delas!!

$$F = K \frac{Q_1 Q_2}{d^2}$$

$$E = \frac{F}{q} \quad R = \frac{U}{I}$$



Guarde estas equações. Você pode precisar delas!!

$$F = K \frac{Q_1 Q_2}{d^2}$$

$$E = \frac{F}{q} \quad R = \frac{U}{I}$$



Guarde estas equações. Você pode precisar delas!!

$$F = K \frac{Q_1 Q_2}{d^2}$$

$$E = \frac{F}{q} \quad R = \frac{U}{I}$$



Determine o valor da força F_1 , que a carga $Q_1 = 0,23\mu\text{C}$ exerce sobre a carga $Q_2 = -0,6\mu\text{C}$, separadas por uma distância de 3m. Considere $K = 9 \times 10^9 \text{Nm}^2/\text{C}^2$

R. $F_1 = 1,38 \times 10^{-4} \text{N}$



Em uma carga pontual $q = 2 \times 10^{-7} \text{C}$ atua uma força $F = 5 \times 10^{-2} \text{N}$. Qual é a intensidade do campo elétrico em torno desta carga?

R. $E = 2,5 \times 10^5 \text{N/C}$



Uma lâmpada com 60Ω de resistência elétrica é ligada a uma tomada de 120V. Qual é o valor da corrente elétrica que atravessa a lâmpada?

R. $I = 2 \text{A}$



Qual é a intensidade da força entre duas cargas pontuais iguais a $3 \times 10^{-4} \text{C}$, no vácuo, separadas por 2m? Considere $K = 9 \times 10^9 \text{Nm}^2/\text{C}^2$

R. $F = 202,5 \text{N}$



Uma carga de prova $q = 3\mu\text{C}$ fica sujeita a uma força elétrica de 9N, horizontal, da direita para a esquerda. Quais as características do campo elétrico?

R. $E = 3 \times 10^6 \text{N/C}$, horizontal, da direita para a esquerda



Um resistor de 16Ω é percorrido por uma corrente elétrica de 5A. Qual é a tensão elétrica que este resistor está submetido?

R. $U = 80 \text{V}$

Partículas carregadas positivamente ganharam ou perderam elétrons? R. Perderam elétrons	Duas cargas elétricas positivas se atraem ou se repelem? R. Se repelem	Qual unidade de medida da carga elétrica? R. Coulombs
Quais são os processos de eletrização? R. Atrito, contato e indução	O que significam as letras na equação $Q = n \cdot e$? R. Q = carga; n = número de elétrons; e = carga elementar	Qual a letra do alfabeto representa a carga elétrica? R. Letra Q
Qual é o valor da carga elétrica de um elétron? R. $1,6 \times 10^{-19} \text{C}$	Duas cargas elétricas negativas se atraem ou se repelem? R. Se repelem	Como a carga de um elétron e de um próton se diferem? R. As cargas tem mesmo módulo, mas sinais opostos.

O que significa eletrizar um objeto? R. Fornecer ou retirar elétrons de um corpo neutro, tornando-o eletricamente carregado	Quando um material é friccionado em outro, os elétrons passam facilmente de um material para o outro, mas os prótons não. Por que? R. Porque os prótons estão fortemente ligados ao núcleo atômico e os elétrons não.	Na eletrização por atrito os corpos ficam eletrizados com cargas de mesmo sinal ou sinais opostos? R. Sinais opostos
Na eletrização por contato os corpos ficam eletrizados com cargas de mesmo sinal ou sinais opostos? R. Mesmo sinal	Na eletrização por indução os corpos ficam eletrizados com cargas de mesmo sinal ou sinais opostos? R. Sinais opostos	Qual a classe de materiais são bons condutores de eletricidade? R. Metais
Como são chamadas as partículas atômicas que participam dos processos de eletrização? R. Elétrons	O que são materiais condutores? R. São materiais capazes de conduzir a eletricidade (ou corrente elétrica)	O que são materiais isolantes? R. São materiais que dificultam a condução de eletricidade (ou corrente elétrica)



Os tubarões são capazes de detectar campos elétricos graças as células sensoriais presentes em suas narinas. Falso ou Verdadeiro?

R. Verdadeiro



As linhas de força do campo elétrico de uma carga puntiforme positiva são radiais e no sentido de afastamento, se for negativa não são radiais. Falso ou Verdadeiro?

R. Falso



Os elétrons de todos os átomos são iguais. Cada elétron possui a mesma quantidade de carga negativa e a mesma massa! Falso ou Verdadeiro?

R. Verdadeiro



O princípio da conservação da carga não se aplica a carga elétrica? Falso ou Verdadeiro?

R. Falso



A força elétrica de interação entre duas partículas carregadas negativamente depende da distância entre as cargas! Falso ou Verdadeiro?

R. Verdadeiro



Os elétrons de todos os átomos são iguais. Cada um deles possui a mesma quantidade de carga positiva e a mesma massa! Falso ou Verdadeiro?

R. Falso



Em um átomo com o mesmo número de elétrons e prótons, sua carga líquida é nula! Falso ou Verdadeiro?

R. Verdadeiro



Em um objeto com excesso de carga positiva, sua carga é um múltiplo inteiro da carga de um elétron! Falso ou Verdadeiro?

R. Verdadeiro



Um objeto carregado negativamente (com carga elétrica negativa) pode possuir menos de uma carga de um elétron! Falso ou verdadeiro?

R. Falso



A interação entre duas partículas carregadas positivamente não depende da distância! Falso ou Verdadeiro?

R. Falso



Os prótons tem cerca de 1800 vezes mais massa do que elétrons! Falso ou Verdadeiro?

R. Verdadeiro



Quanto maior a distância entre duas cargas elétricas, menor é a força entre elas! Falso ou Verdadeiro?

R. Verdadeiro



Se uma carga de prova em um determinado ponto fica sujeito a uma força F . Dizemos que essa carga experimenta um campo de força denominado campo elétrico! Falso ou Verdadeiro?

R. Verdadeiro



Nos condutores metálicos, o sentido adotado para a corrente elétrica é contrário ao do fluxo de elétrons do menor para o maior potencial! Falso ou Verdadeiro?

R. Verdadeiro



Linhas de força são uma representação geométrica do campo elétrico! Falso ou Verdadeiro?

R. Verdadeiro



As linhas de força nascem em cargas positivas e morrem em cargas negativas! Falso ou Verdadeiro

R. Verdadeiro



As linhas de força nascem em cargas negativas e morrem em cargas positivas! Falso ou Verdadeiro ?

R. Falso



Num campo elétrico uniforme, as linhas de força são paralelas e igualmente espaçadas! Falso ou verdadeiro?

R. Verdadeiro

Como é chamada a série que lista a carga que os materiais ficam, quando eletrizados por atrito? R. Série Triboelétrica	Como é possível os prótons de um núcleo se manterem unidos? R. Devido à força de atração muito intensa entre eles, chamada força nuclear forte	Qual a equação do potencial elétrico? R. $U = \frac{E_{potencial\ elétrica}}{q}$
O que significa o princípio da conservação das cargas elétricas? R. Em um sistema isolado, a carga total é constante	Qual é equação do campo elétrico? R. $E = \frac{F}{q}$	Um micro Coulomb equivale a 10 elevado a quanto? R. Menos 6 (-6)
Por que não existe campo elétrico no meio de um condutor esférico eletrizado? R. Porque toda sua carga acumula-se em sua superfície externa	Quando as cargas se repelem e se distribuem sobre a superfície de um condutor qualquer, o que ocorre com o campo elétrico no interior do condutor? R. O campo elétrico é nulo em qualquer ponto no interior do condutor	De que maneira as linhas de campo indicam a intensidade de um campo elétrico? R. Onde as linhas estão mais próximas, o campo elétrico é mais intenso



Por que um vetor campo elétrico aponta para fora de um próton?

R. Numa carga positiva a força é de afastamento e a orientação de um campo elétrico é a mesma da força



Por que uma moeda fica com maior massa ao adquirir uma carga negativa?

R. Porque recebe um elétron, aumentando sua massa em um valor igual à massa do elétron adquirido.



Por que a intensidade do campo elétrico a meio caminho de duas cargas puntiformes idênticas é nula?

R. Porque as forças exercidas sobre a carga de prova ali posicionada se anulam



Ao tomar banho um corpo molhado tem menor resistência, portanto a corrente será maior ou menor?

R. Maior



Se você colocar um elétron livre e um próton livre em um mesmo campo elétrico, como as forças exercidas sobre eles se compararão?

R. As forças terão um mesmo módulo, mas sentidos opostos



Qual é o valor do campo elétrico no interior de um condutor eletrizado, de formato esférico?

R. O campo elétrico é nulo no interior (e é independente do formato do condutor).



Uma carga em um determinado ponto fica sujeita a uma força F . O campo de força que atua nela é chamado de....

R. Campo elétrico



Campo elétrico é uma grandeza física vetorial porque....

R. Possui Módulo, Direção e Sentido



Uma região não material que existe ao redor de todo corpo eletrizado e interage na troca de forças com outros corpos eletrizados é denominado....

R. Campo Elétrico



Basicamente eletrizar um objeto significa fornecer ou retirar elétrons de um corpo neutro, tornando-o...

R. Eletricamente carregado



Se dobrarmos o valor da carga de cada partícula de um par carregado, sem alterar a distância, o módulo da força entre elas...

R. Será quadruplicada



Se aumentarmos o valor da distância entre duas cargas, o valor da força entre elas...

R. Diminui



As cargas elétricas que estão localizadas em corpos com dimensões pequenas ou desprezíveis em comparação com distâncias entre outras cargas são chamadas de....

R. Cargas puntiformes



O módulo da carga do elétron ou do próton é chamado de...

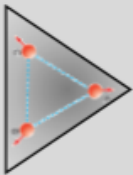
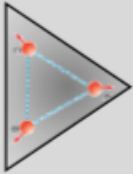
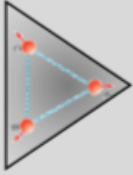
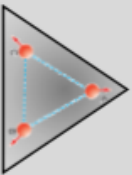
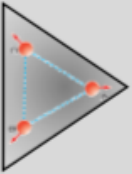
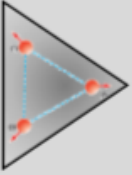
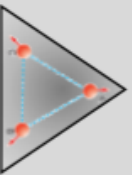
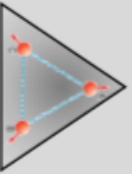
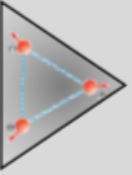
R. Carga elementar

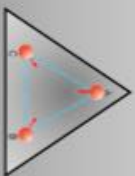


O potencial elétrico de 1 Volt é igual a 1 Joule (J) de energia dividido por...

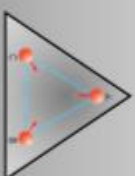
R. 1 Coulomb (C) de carga

Nos condutores metálicos, o sentido adotado para a corrente elétrica é contrário ao do fluxo de elétrons, do menor para o maior.... R. Potencial	Nos arredores do meio que envolve as pontas de um condutor eletrizado, o campo elétrico é mais intenso, podendo provocar um fenômeno eletrostático denominado.... R. Descarga elétrica	O próton do núcleo do átomo de hidrogênio atrai o elétron que orbita em torno dele. Em relação a essa força, os elétrons atraem os prótons com força.... R. De mesma intensidade
Uma partícula com carga negativa próxima a outra com a mesma carga negativa, se.... R. Repelem	A unidade de medida de corrente elétrica é ... R. Ampère	O Ampère, unidade de medida de corrente elétrica corresponde ao fluxo de 1 Coulomb de carga durante.... R. 1 segundo
O campo elétrico em torno de uma partícula carregada é sempre.... R. Radial	O módulo do menor valor de carga elétrica é de $1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$, que corresponde à carga do ... R. Elétron ou do próton	A divisão entre as unidades de medida Newton (N) e Coulomb (C) corresponde à unidade de medida do ... R. Campo elétrico

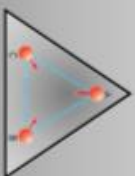
 Você foi repellido desta casa. Volte imediatamente para a casa anterior	 Você foi repellido desta casa. Volte para a casa de nível 2	 Você foi repellido desta casa. Volte para a casa de nível 1
 Você foi repellido para a casa de Desafio	 Você foi repellido. Volte para a casa de Área de Teste	 Você foi repellido. Vá para a casa do Megadesafio
 Você foi muito repellido! Vá para a casa de nível 3	 Você foi muito repellido! Vá para a casa 4 μC	 Você foi muito repellido! Vá para a casa 2 μC



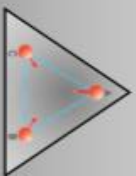
Você foi atraído
pelo seu colega
mais próximo.
Vá para a casa
imediatamente
na frente dele.



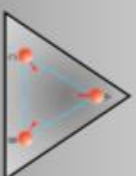
Você foi atraído
pela casa de
4 μC .



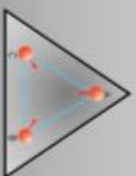
Você foi atraído
pela casa de
2 μC .



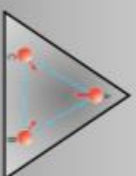
Você foi atraído
pelo seu colega
mais próximo.
Vá para a casa
imediatamente
na atrás dele.



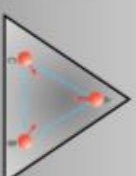
Você foi atraído
pela casa do
Megadesafio.



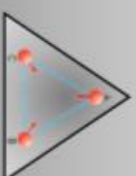
Você foi atraído
pela casa de
nível 3.



Você foi atraído
pela casa de
Área de Teste.



Você foi atraído
pela casa de
nível 2.



Você foi atraído
pela casa do
desafio.



Um Coulomb é a carga correspondente a ___ de elétrons:

- (a) 6,25 bilhões
- (b) 6,25 milhões
- (c) 6. 15 bilhões

R: (a)



O ___ doa elétrons ao ser atritado em algodão:

- (a) âmbar
- (b) metal
- (c) vidro

R: (c)



Na eletrização por indução, o corpo que será eletrizado é chamado de ___:

- (a) indutor
- (b) induzido
- (c) indiferente

R: (b)



Para que um material seja condutor, é necessário possuir ___ de carga elétrica:

- (a) doadores
- (b) receptores
- (c) portadores

R: (c)



A carga de $1\mu\text{C}$ corresponde a ___ C.

- (a) 10^{-3}
- (b) 10^{-6}
- (c) 10^{-9}

R: (b)



Uma carga positiva a uma distância de uma carga ___, sofre força de atração.

- (a) positiva
- (b) negativa
- (c) neutra

R: (b)



Um par de cargas elétricas diferentes formam um ___ elétrico.

- (a) dipolo
- (b) bipolo
- (c) polo

R: (a)



Em uma carga elétrica ___ pontual, o campo elétrico é radial e divergente.

- (a) positiva
- (b) negativa
- (c) neutra

R: (a)



A constante K da equação de Coulomb é chamada de constante ___:

- (a) eletrônica
- (b) eletrostática
- (c) eletroativa

R: (b)



Em um corpo neutro, o que acontece com o número de prótons e o número de elétrons?

R. São iguais



Em um corpo positivamente carregado, o que acontece com o número de prótons e o número de elétrons?

R. O número de elétrons é menor que o número de prótons



Em um corpo negativamente carregado, o que acontece com o número de prótons e o número de elétrons?

R. O número de elétrons é maior que o número de prótons



Atritando vidro em lã, com que carga cada material fica eletrizado?

R. O vidro fica carregado positivamente e a lã fica negativamente



Qual a unidade definida como a energia adquirida por um elétron ao ser acelerado entre dois pontos de um campo elétrico cuja diferença de potencial é de 1 volt ?

R. Elétron-Volt (eV)



Por que não conseguimos eletrizar um metal segurando-o com a mão?

R. Porque as cargas elétricas do metal são descarregadas para o corpo humano



Qual é o nome do dispositivo que permite verificar se um corpo está eletrizado?

R. Eletroscópio



Qual é o valor da constante eletrostática (k) do vácuo?

R. $9 \times 10^9 \text{ N/m}^2 \cdot \text{C}^2$



Como é chamada a representação geométrica do campo elétrico?

R. Linhas de Força



O que acontece ao brilho da luz emitida pelo filamento de uma lâmpada se aumentar a corrente que flui por ele?

R. A lâmpada irá brilhar mais



O que causa um choque elétrico em uma pessoa: a corrente ou a voltagem?

R. A corrente elétrica que passa pelo corpo humano



O que acontece à corrente nas outras lâmpadas de um circuito em paralelo quando uma delas queima?

R. As outras não serão afetadas, ou seja, continuarão acesas.



Por que um fio que conduz corrente esquenta?

R. Porque os elétrons em movimento resistivo perdem energia na forma de calor



O que acontece à corrente nas lâmpadas se uma das que está em série queimar?

R. O circuito será interrompido e as outras lâmpadas apagarão.



O que acontece à intensidade da luz de cada lâmpada de um circuito em série quando mais lâmpadas forem adicionadas ao circuito?

R. A intensidade da luz emitida em cada uma dela diminuirá



Qual é a unidade de medida de tensão elétrica?

R. Volt
(Joule/Coulomb)



O que é resistência elétrica?

R. É a dificuldade que os elétrons encontram ao caminhar por um fio condutor.



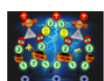
Qual é a lei que relaciona resistência elétrica, tensão e corrente elétrica?

R. Primeira Lei de Ohm
$$R = \frac{U}{I}$$

3. APÊNDICE - REGRAS DO JOGO



Componentes do Jogo:



01 Tabuleiro



09 Cartas com perguntas sobre o jogo



03 Cartas contendo equações



18 Cartas com questões de Falso ou Verdadeiro



18 Cartas com questões sobre eletrização e carga elétrica



18 Cartas com questões sobre eletrização, carga, campo e corrente



09 Cartas com questões sobre eletrização e carga elétrica



18 Cartas com questões sobre eletrização, força, campo, carga, potencial e corrente elétrica



18 Cartas com tarefas



09 Cartas com questões de múltipla escolha sobre eletrização, carga e força



09 Cartas com questões sobre corrente, tensão e resistores



06 Cartas com questões de cálculos



Objetivo



Chegar no final do tabuleiro respondendo corretamente às perguntas desafiadoras

Participantes:

Mínimo: 2 jogadores ou três grupos por tabuleiro não ultrapassando mais de 4 jogadores por grupo

Preparação

- Organize os times e eleja um representante de cada time.
- Separe as cartas por fase e embaralhe separadamente.
- Faça o sorteio “par ou ímpar” para escolher qual time começará respondendo as perguntas.
- Os jogadores estipulam o tempo de resposta das perguntas, podendo ser alterado de comum acordo.
- Um marcador de tempo e um caderno de anotações poderão ser utilizados durante o jogo para anotar o tempo.



O jogo



SÍNTESE GERAL: O time desafiante deve ler uma pergunta ao time desafiado; o time desafiado deverá responder no tempo combinado; o time desafiante confere a resposta em voz alta; a carta deverá voltar para o fim do baralho, se o desafiado errar a resposta ou separada do baralho, se a resposta for respondida corretamente dentro do tempo.

- Inicia-se o jogo respondendo corretamente a pergunta inicial sobre o jogo. O jogador posiciona sua peça na primeira casa e passa a vez para o adversário. Assim, ao responder corretamente a pergunta, avança para casa seguinte. Se o time desafiado errar a resposta, a resposta correta é exposta à todos, a carta volta ao baralho e o desafiado permanece onde estava até sua próxima jogada, repetindo esta fase com outra carta aleatória do mesmo baralho.
- O jogador só deverá avançar sua peça para casa seguinte **após** responder a pergunta corretamente.
- Todos poderão discutir a pergunta, mas a resposta considerada será dada apenas pelo líder ou após seu aval. O tempo sugerido para discutir e responder à pergunta é de 3 minutos.
- O professor pode mediar as discussões, auxiliar nos cálculos e julgar se as respostas estão corretas ou compartilhar essa responsabilidade com os alunos.
- No último desafio o jogador terá um tempo determinado para responder à questão matemática, possibilitando o adversário também alcançar o final do tabuleiro.
- Dica importante: preste atenção nas respostas expressas nas cartas! Elas devem ser iguais ou semelhantes às respostas emitidas pelas equipes.



Cartas Iniciais



- Para participar do jogo, o jogador deve, nesta etapa, responder corretamente perguntas relacionadas ao jogo.



- Moleza! Na sua vez e nessa etapa basta escolher uma carta alvo. Guarde-a até o final do jogo e discuta com o colega os significados das equações.



- Para alcançar esse posto, o jogador deverá escolher uma carta Nível 1 e acertar a resposta da pergunta que será lida pela equipe adversária.



Cartas Intermediárias



- Ao alcançar o desafio, o jogador deverá escolher uma carta e responder **falso** ou **verdadeiro** à pergunta feita pela equipe adversária (lembre-se apenas a resposta do líder será considerada).



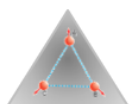
- Para alcançar esse posto, o jogador deverá escolher uma carta Nível 2 e acertar a resposta da pergunta que será lida pela equipe adversária.



- Na fase Área de Risco, o jogador será desafiado a desvendar ao conhecimento abstrato. A equipe deve escolher uma carta e responder corretamente a pergunta, que deverá ser lida pela equipe adversária. Concentre-se no jogo.



Desafio Final



- Essa é a casa “Campo Elétrico” em que as cargas iguais se repelem e cargas diferentes se atraem. Escolha uma carta e siga as instruções indicadas.



- A casa “Megadesafio” vai desafiar seus conceitos. Escolha uma carta e responda corretamente à pergunta que deverá ser lida pela equipe adversária. Discuta e responda o desafio corretamente.



- Lembra da casa que você não precisou fazer nada e ganhou uma “forcinha elétrica”? Pois bem, agora você irá utilizar a equação para calcular o problema apresentado nesta fase do jogo. Escolha uma carta e tente responder ao problema. Mas, cuidado, a cada 3 minutos passados, você deverá passar a vez à equipe adversária e ela irá responder aos desafios que lhe ainda faltam. Você **poderá trocar a carta apenas uma única vez**, mas, somente após a primeira tentativa, na próxima jogada.



Observações Finais



- Acertando a questão nesta fase, sua equipe será **VENCEDORA**.
- Na fase (🎯), a carta não volta ao baralho, permanecendo com a equipe até o final do jogo.
- Na fase (🏆), a carta poderá voltar ao baralho uma única vez para cada equipe.
- Em todas as outras fases, a carta volta ao baralho que deverá ser novamente misturado.