

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS – UFMG
FACULDADE DE EDUCAÇÃO – FaE
MESTRADO PROFISSIONAL EM EDUCAÇÃO E DOCÊNCIA

Tiago Dias Quintão de Almeida

**CONTRIBUIÇÕES DO USO DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS
DEMONSTRATIVAS PARA AS AULAS DE FÍSICA DE UMA
SEQUÊNCIA DE POTÊNCIA ELÉTRICA**

Belo Horizonte
2016

Tiago Dias Quintão de Almeida

**Contribuições do uso de atividades experimentais demonstrativas
para as aulas de Física de uma sequência de potência elétrica**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-graduação da Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Educação e Docência.

Área de concentração: Educação e Ciências

Orientador: Prof. Dr. Juarez Melgaço Valadares

Belo Horizonte
2016

A447c Almeida, Tiago Dias Quintão de, -
T Contribuições do uso de atividades experimentais demonstrativas para as aulas de Física de uma sequência de potência elétrica / Tiago Dias Quintão de Almeida. - Belo Horizonte, 2016.
121 f., enc, il..

Dissertação - (Mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Educação.
Orientador : Juarez Melgaço Valadares.
Bibliografia : f. 106-108.
Anexos: f. 109-121.

1. Educação -- Teses. 2. Física -- Estudo e ensino -- Teses.
3. Ensino de segundo grau -- Teses. 4. Ensino -- Meios auxiliares -- Teses. 5. Educação -- Metodos experimentais -- Teses. 6. Fisica -- Metodos experimentais -- Teses.

CDD- 530.7

Catálogo da Fonte: Biblioteca da FaE/UFMG

Dissertação intitulada **Contribuições do uso de atividades experimentais demonstrativas para as aulas de Física de uma sequência de potência elétrica**, de autoria do mestrando Tiago Dias Quintão de Almeida, apresentada ao Curso de Pós-graduação da Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Educação e Docência. Área de concentração: Educação e Ciências.

Aprovada pela banca examinadora constituída pelos seguintes professores:

Orientador: _____

Prof. Dr. Juarez Melgaço Valadares

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Francisco Ângelo Coutinho

Prof. Dr. Orlando Aguiar Junior

Profª. Dra. Nilma Soares da Silva
Coordenadora do Programa do Mestrado Profissional Belo

Dedico esse trabalho aos meus filhos Arthur e Ana Clara, a minha esposa Cristiane, aos meus pais Paulo e Raymunda (Saudades) e irmã Ana Paula, pelo apoio e carinho nos momentos difíceis. Obrigado por serem presentes em minha vida.

AGRADECIMENTOS

Quero deixar o meu abraço de gratidão àqueles que de alguma forma estavam ao meu lado nesses momentos de caminhada:

Ao meu companheiro, orientador, amigo e professor Juarez Melgaço Valadares o meu muito obrigado pela confiança, apoio e paciência nos momentos difíceis.

Aos demais professores do Mestrado Profissional pelo compartilhamento dos saberes.

A UFMG/FaE pela iniciativa de se criar o PROMESTRE e ofereceram os requisitos para que esse trabalho fosse realizado.

A Maria Emília por me acolher inicialmente na seleção do mestrado.

Aos colegas da linha de ciências pelos momentos de estudo, companheirismo e apoio nos momentos difíceis.

Ao professor que me acolheu em suas aulas, a escola que possibilitou que esse trabalho fosse realizado e ao grupo do PIBID.

A esposa pelo amor e paciência ao longo dessa caminhada.

Aos meus filhos por despertarem em mim a vontade de voltar a estudar.

As tias Graça e Gorete, a minha sogra Cristina, os meus compadres e comadres por dedicarem carinho e atenção aos meus filhos.

Ao meu pai Paulo pelo apoio nessa caminhada e a saudosa mãe Raymunda pela dedicação, amor e carinho.

Agradecemos, ainda, à Capes, Fapemig e CNPq pelo apoio.

E como não agradecer a vitalidade e disposição após algumas doses de café.

Em fim, agradeço a todos que contribuíram de alguma forma na realização desse trabalho.

A todos o meu forte abraço e muito obrigado.

RESUMO

Esta dissertação analisa as contribuições do uso de atividades experimentais demonstrativas para a aprendizagem de conceitos da Física. As atividades foram desenvolvidas dentro de uma sequência de ensino sobre potência elétrica, e aplicada por um professor de física em uma turma do 3º ano do ensino médio de uma escola pública. As aulas da sequência didática foram gravadas em vídeo, e transcritas a posteriori. A análise dos dados está ancorada nos três construtos teóricos propostos por Wertsch: a *definição de situação*, a *intersubjetividade*, e a *mediação semiótica*. Tais conceitos permitem uma melhor compreensão da Zona de Desenvolvimento Proximal proposto por Vigotsky, fornecendo um enquadramento para a atuação docente. Acreditamos que o uso de atividades experimentais em uma sequência didática contribui tanto para o envolvimento dos alunos em sala de aula quanto para um melhor direcionamento do olhar dos alunos para a relação entre dados observáveis e modelo científico.

Palavras-chave: Atividades experimentais. Mediação semiótica. Definição de situação. Intersubjetividade.

ABSTRACT

This dissertation analyzes the contributions of using experimental demonstration activities for learning concepts of physics. The activities were developed within a school on electrical power sequence, and applied for a physics professor in a class of 3rd year of high school in a public school. The lessons of didactic sequence were videotaped and transcribed afterwards. Data analysis is anchored in the three theoretical constructs proposed by Wertsch: situation definition, intersubjectivity and semiotic mediation. Such concepts allow a better understanding of Proximal Development Zone proposed by Vygotsky, providing a framework for teaching practice. We believe that the use of experimental activities in a didactic sequence contributes both to the involvement of students in the classroom and to better students' gaze direction for the relationship between observable data and scientific model.

Keywords: Experimental activities. Situation definition. Intersubjectivity. Semiotic mediation.

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

OCDE – Organização para Cooperação e o Desenvolvimento econômico

PISA – Programa Internacional de Avaliação de Alunos

PIBID – Programa de Iniciação à Docência

UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais

FaE – Faculdade de Educação

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Circuito elétrico feito de fio de níquel-cromo	34
Figura 2: Experimento com fio de níquel-cromo	38
Figura 3: Quadro da sala com as equações relacionadas a potência elétrica.....	41
Figura 4: Medidor de energia	49

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	13
1 Objetivos	13
2 Justificativa	14
3 Estrutura da dissertação.....	14
1 ATIVIDADES EXPERIMENTAIS NO ENSINO DE FÍSICA	16
1.1 Alternativas para o laboratório escolar	19
2 PROCEDIMENTOS SOBRE A COLETA DOS DADOS	22
2.1 Coleta dos dados	22
2.2 Construindo a análise dos dados	23
3 REFERENCIAL TEÓRICO	24
3.1 Formação de conceito	24
3.2 Zona de Desenvolvimento Proximal	26
3.3 Construtos teóricos adicionais.....	28
4 ANÁLISE E DISCUSSÕES	33
4.1 Análise da aula: Efeito Joule.....	34
4.2 Análise da aula: medidor de energia	48
4.3 Compreendendo as ações do professor em sala de aula.....	50
5. CONSIDERAÇÕES SOBRE A SEQUÊNCIA DE ENSINO	54
5.1 A sequência nas aulas de Física	54
5.1.1 Um olhar sobre o material, os alunos e o professor	54
5.1.2 Uso das atividades experimentais	56
5.1.3 Motivação do professor.....	57
5.2 Sugestões para a elaboração de uma sequência por outros professores	58
5.2.1 Construção contexto/problema e o caráter investigativo	58
5.2.2 Leitura dos textos junto com os alunos e algumas atividades experimentais realizadas pelos alunos	58
5.2.3 Explicar a contradição que existe nos aparelhos resistivos.....	59
5.2.4 Explicar a relação entre a resistividade, espessura e a resistência	59
5.2.5 Analisar o fator tempo no consumo de energia elétrica.....	59
5.2.6 Posicionamento sobre a necessidade do consumo racional de energia elétrica	60
6 A SEQUÊNCIA DE POTÊNCIA ELÉTRICA E AS CONTRIBUIÇÕES DA PESQUISA	61
CONCLUSÕES.....	105
REFERÊNCIAS	106
ANEXO	109

INTRODUÇÃO

O uso de atividades experimentais em sala de aula tem despertado a minha atenção, a muito tempo, desde os anos iniciais do ensino fundamental, nas aulas de ciências, em que a professora direcionava o nosso olhar para as demonstrações que possibilitava a discussões em torno dos observáveis. Lembro com muito saudosismo, dos experimentos sobre as propriedades do ar, realizados com materiais simples e de baixo custo. No ensino fundamental dois, procurava realizar as atividades propostas no final de alguns capítulos e discutir em sala com a professora. Dessa forma fui sendo cativado a gostar cada vez mais das discussões que a ciência se dispõe a fazer. Já no ensino médio, nas aulas nos laboratório do CEFET-MG, atraíram mais a minha atenção, pois, as simples demonstrações, foram substituídas, por um aparato tecnológico. Porém os roteiros estritamente fechados e o rigor exigido nos cursos técnicos deixaram à física mecanizada sem a magia do ensino fundamental. Anos depois, agora aluno do curso Física licenciatura da UFMG e estagiário, em um laboratório de ensino, de uma escola privada, que conheci o material elaborado pelo professor Francklin. As atividades experimentais deixaram de ser simplesmente uma lista de procedimentos e passaram a ser a busca pela resposta da problematização no início das atividades. Agora como professor utilizo as atividades experimentais para aumentar o interesse dos alunos pelos temas estudados e também discutir os conceitos desejáveis, em torno dos dados observáveis. Procuramos, nesse trabalho, evidências que as atividades experimentais despertaram o interesse nas aulas de física e que auxiliaram o professor em explicar os conceitos desejáveis.

1 Objetivos

A pesquisa pretende analisar como escolher e conduzir as atividades experimentais que estimulem realmente o estudante a pensar, a perguntar para o colega e/ou o professor, a interagir, a discutir e concluir os conceitos associados a potência elétrica.

Analisar as atividades experimentais demonstrativas, no ensino do conteúdo de Potência Elétrica, enquadrados por uma sequência didática específica sobre a temática em três aspectos: (i) favorece a participação dos alunos nas discussões conceituais, durante as aulas de física, (ii) facilita o processo de ensino desse conteúdo, (iii) como o professor administra o tempo reduzido de aulas, nas discussões sobre os dados empíricos.

Para examinar esses objetivos examinaremos evidências, nos episódios analisados observando-se elementos não verbais (olhar, postura dos estudantes, comentários com

colegas; aproximação do professor com alunos, gestos...) e verbais (turnos de fala, questões que o professor formula dirigidas a alunos específicos, padrões discursivos utilizados, etc.).

2 Justificativa

O uso de atividades experimentais tem auxiliado muitos professores, em suas aulas, como um recurso que facilita a compreensão de alguns conceitos, como também, aumenta o interesse dos alunos a discutirem sobre os dados observáveis durante a realização do experimento.

Como professor da educação básica, utilizo as atividades experimentais como uma extensão do quadro, um recurso que facilita a explicação de conceitos, aumenta o interesse dos alunos nas aulas e possibilita a discussão sobre o corpo teórico e os dados empíricos.

Nesse trabalho analisamos como as atividades experimentais possibilitaram uma abertura para a discussão, entre o professor e alunos e entre os alunos, nas aulas de física. Nessas o professor utiliza atividades experimentais manipuladas por ele, o que aqui denominamos de atividades experimentais de demonstração, para introduzir e discutir os conceitos relacionados à potência elétrica com os dados observáveis.

A escolha de atividades experimentais de demonstração foi justificada pelo professor para que se gastasse menos tempo na montagem do equipamento, como também no direcionamento do olhar para o que se quer analisar destinando assim, mais tempo para análise e discussões dos resultados.

A escolha da de analisar atividades experimentais sobre potência elétrica está associada à dificuldade que os alunos apresentam para entender conceitos abstratos, como voltagem, corrente e resistência elétrica, como também a relação entre resistência elétrica a potência dissipada. Assim surge a necessidade, por parte dos professores, de utilizar atividades experimentais para analisar de situações concretas em e relacioná-los aos dados experimentais.

3 Estrutura da dissertação

A dissertação é composta, além desta introdução e do capítulo conclusivo, de outros seis capítulos. No primeiro, apresentamos uma revisão bibliográfica sobre as atividades experimentais no ensino de Física. O segundo capítulo trata dos procedimentos realizados para a coleta de dados. O terceiro capítulo expõe os referenciais teóricos que orientam a pesquisa. O quarto capítulo é dedicado à análise dos dados, indicando resultados relativos às

questões de pesquisa propostas. No quinto capítulo, desenvolvemos algumas considerações sobre a pesquisa, o que compreende uma discussão sobre as implicações dos resultados obtidos para o ensino de Física e sugestões para a elaboração de futuras sequências de ensino. No sexto e último capítulo, apresentamos a “Sequência de Ensino Potência Elétrica”, incorporando, como contribuição da pesquisa, nossas sugestões para esse conteúdo específico.

1 ATIVIDADES EXPERIMENTAIS NO ENSINO DE FÍSICA

O professor se defronta, em sua vida profissional, com um grande desafio: motivar e despertar o interesse de seus alunos para o estudo das ciências. No contexto atual, a cultura relacionada à TV, à internet e aos aparelhos de celulares atraem mais a atenção dos jovens do que os temas tratados nas aulas de Física. Laburú (2006) chama a nossa atenção para o desinteresse dos alunos de ensino médio em realizar as atividades propostas pelos professores. Os comportamentos de alienação e apatia são comuns dentro da sala de aula, chegando a casos de rejeição e de desprezo para com o conhecimento escolar.

Podemos compreender, sob esse viés, os dados do Programa Internacional de Avaliação de Alunos (PISA), promovido pela Organização para Cooperação e o Desenvolvimento econômico (OCDE), de 2001, aplicado aos jovens com idade de quinze anos, em 32 países. No que se refere à motivação e ao engajamento nas estratégias de aprendizagem, a maioria dos alunos que participaram do teste afirmou que a escola é o lugar para o qual não querem ir (OLIVEIRA; ARAÚJO, 2005). Indagamos: é possível reverter esse clima de desinteresse e de falta de entusiasmo dos jovens em relação ao ensino de física/ciências? É possível criar situações que promovam o envolvimento dos alunos nas atividades, em sala de aula?

Uma das saídas propostas tem sido a utilização de atividades experimentais em sala de aula. Para muitos, promovem o engajamento dos alunos e, conseqüentemente, auxiliam os professores a direcionar os olhares dos estudantes para os conteúdos desenvolvidos na escola. Segundo Araújo e Abib (2003) “o uso de atividades experimentais como estratégia de ensino de Física tem sido apontado por professores e alunos como uma das maneiras mais frutíferas de se minimizar as dificuldades de se aprender e de se ensinar física de modo significativo e consistente”.

Também é importante ressaltar que o experimento deve manter uma relação com cotidiano do estudante, de forma a mantê-lo interessado com a atividade e sua temática. O professor ao utilizar as atividades experimentais para despertar a curiosidade e atenção dos alunos deverá fazer perguntas como: “por que observamos isso?” ou “Explique como isso aconteceu?” ou ainda, “se aumentar essa grandeza o que vai acontecer com a outra?” Desse modo, acreditamos que uma atividade experimental cativante deve atrair os olhares e despertar o interesse dos estudantes para os conteúdos científicos ali envolvidos, no intuito de integrar fenômeno físico e conteúdo conceitual (LABURÚ, 2006).

Em nossa compreensão, as ciências físicas possuem um poder de encantamento que pode atrair a atenção dos jovens estudantes. O estudante pode até prever um resultado de um experimento, porém quando o observado foge das suas previsões, gera a busca por respostas, o que desperta o interesse pela explicação. Percebemos, muitas vezes, como um simples balão cheio de ar auxilia na explicação de um princípio básico das forças de ação e reação. Sem ele, a aula consistiria simplesmente em escrever no quadro o enunciado da 3ª lei de Newton. Um pequeno e singular canudinho de plástico, após ser atritado no cabelo seco, fica preso na parede, despertando a atenção dos alunos para a aula de eletricidade. Para Laburú (2006, p. 3).

A ideia que se está a imaginar é a de procurar ativar a curiosidade dos alunos, em momentos do processo de ensino, utilizando experimentos com formato cativante, que atraiam e prendam a atenção. Na medida em que se passa a planejar experimentos com essa orientação, ultrapassando a preocupação de adequá-los apenas ao conteúdo ou ao conceito de interesse, pode-se ajudar a abalar atitudes de inércia, de desatenção, de apatia, de pouco esforço, servindo esses experimentos, inclusive, de elo incentivador para que os estudantes se dediquem de uma forma mais efetiva às tarefas subsequentes mais árduas e menos prazerosas.

Apesar de todo esse poder sedutor que o uso do experimento carrega consigo, ele continua distante do cotidiano da sala. Quando muito, são atividades fragmentadas, realizadas de forma isolada e descontextualizada e, que constam nos fins de cada capítulo ou livro, após os conteúdos serem repassados em sala. São muitas as visões sobre o uso da experimentação em sala de aula. Segundo Sias e Ribeiro-Teixeira, deve-se repensar a utilização de experimento em sala de aula de física uma vez que, em muitos casos, se dedica um tempo muito maior à obtenção dos dados do que à análise e discussão dos resultados:

Porém, para que este tipo de atividade (utilização de experimentos, parênteses nosso) seja realmente eficiente é necessário refletir a respeito da sua função no ensino de Física atual. Algumas críticas feitas às atividades práticas no ensino de Ciências se referem ao fato de que a maior parte do tempo é consumida na montagem e coleta de dados, restando pouco tempo para a análise, discussão dos resultados e ao próprio entendimento da atividade realizada (SIAS e RIBEIRO-TEIXEIRA, 2006, p. 361).

Laburú (2005), ao pesquisar e analisar as justificativas e escolhas dos professores para a realização de experimentos em sala de aulas de física, agrupa as respostas dadas em quatro dimensões: motivacional, instrucional, funcional e epistemológico. A primeira dimensão, a motivacional, leva em consideração que determinados experimentos impressionam, chamam a atenção, despertam a curiosidade, são legais e interessantes. O que motiva o professor também motiva o aluno. Os professores consideram interessantes os

experimentos associados à tecnologia e ao cotidiano, e que as escolhas dos experimentos estão associadas à necessidade de que a atividade prática vislumbre alguma utilidade para o aluno, em oposição às meramente acadêmicas, desconexas do contexto do sujeito.

A segunda dimensão é a Instrucional. Aqui foram agrupadas as justificativas relacionadas ao fato de que os experimentos devem demonstrar de maneira simples os conceitos difíceis; quando o experimento é fácil de explicar, e do aluno aceitar, menos decoreba na educação. O desenvolvimento dos conceitos e a aprendizagem ocorrem a partir do concreto, e não fica só na abstração e formatação teórica. As Atividades práticas devem facilitar a explicação e aplicação de conceitos e modelos teóricos. A intenção é deixar os conteúdos mais acessíveis aos alunos, uma vez que a prática ilustra a teoria.

A terceira dimensão refere-se ao aspecto Funcional. As atividades experimentais devem ser de fácil manipulação e montagem, e apropriados ao tempo da aula. Os dados empíricos devem ser fáceis de serem obtidos. A escolha de um experimento visa facilitar o manejo dos equipamentos e da montagem do aparato. O professor tem a preocupação de que ele invista pouco tempo e esforço na preparação da atividade, e que haja facilidade na obtenção dos materiais necessários.

Por fim, a dimensão epistemológica. Os professores relatam que as atividades experimentais demonstram, verificam ou mostram na prática os conceitos, as teorias, o formalismo matemático. A ênfase epistemológica aponta para uma disposição em realizar atividades experimentais que estabeleçam uma relação entre os dados empíricos e a construção teórica, e de demonstrar as implicações das teorias e leis. No que se refere à postura epistemológica dos professores, encontramos na literatura que a maior parte dos professores transmite a ideia de uma concepção de cunho indutivista ou empirista da ciência (ARRUDA, SILVA e LABURÚ. 2001; HODSON 1994; MILLAR 1987; KIRSCHNER 1992), mantendo, para o conhecimento científico, um pensamento justificacionista (LAKATOS e MUSGRAVE 1979).

No texto complementar aos Parâmetros Curriculares Nacionais para o ensino médio (PCN+) pode se ver algumas competências e habilidades desejáveis para o ensino médio:

Identificar fenômenos naturais ou grandezas em dado domínio do conhecimento científico, estabelecer relações; identificar regularidades, invariantes e transformações.

Selecionar e utilizar instrumentos de medição e de cálculo, representar dados e utilizar escalas, fazer estimativas, elaborar hipóteses e interpretar resultados.

Reconhecer, utilizar, interpretar e propor modelos explicativos para fenômenos ou sistemas naturais ou tecnológicos.

Reconhecer a relação entre diferentes grandezas, ou relações de causa-efeito, para ser capaz de estabelecer previsões. (BRASIL. PCN+, p. 61).

Para Hodson (1994), o uso de atividades experimentais geralmente apresentam cinco objetivos: a) motivar e manter o interesse na matéria; b) desenvolver habilidades manipulativas; c) esclarecer a teoria e promover a sua compreensão; d) promover métodos de pensamento científico simples e de senso comum; e) Não fazer julgamentos precipitados. Ele sugere que esses motivos devem ser repensados e uma abordagem alternativa implicaria numa certa sequência de estratégias: primeiramente, em propiciar oportunidades aos estudantes para explorar seus conceitos prévios e suas opiniões para explicar os fenômenos envolvidos. Em segundo, oferecer incentivos para que os alunos desenvolvam, e, possivelmente, modificar as suas ideias e pontos de vista. Por último, proporcionar ações para que os estudantes repensem e reformulem as suas ideias e pontos de vista.

1.1 Alternativas para o laboratório escolar

Borges (2002) também discute alguns objetivos implícitos que os professores e os alunos associam às aulas de laboratório de ciências. Muitos professores utilizam as aulas de laboratório como a comprovação do modelo teórico previamente estudado. Não se destinado tempo a discussão dos erros e resultados inesperados. Utilizar a experimentação apenas para comprovar teorias pode trazer um equívoco na relação entre os dados observáveis e o modelo teórico discutido. Para o autor, o papel do laboratório didático deve ser repensado, substituindo a manipulação de equipamentos para a interpretação de fenômenos, com o propósito de produzir conhecimentos. Segundo o autor,

A introdução de atividades práticas nos cursos de Física e de Ciências não resolve as dificuldades de aprendizagem dos estudantes, se continuarmos a tratar o conhecimento científico e suas observações, vivências e medições como fatos que devem ser memorizados e aprendidos, ao invés de como eventos que requerem explicação. [...] Para que as atividades práticas sejam efetivas em facilitar a aprendizagem, devem ser cuidadosamente planejadas, levando-se em conta os objetivos pretendidos, os recursos disponíveis e as idéias prévias dos estudantes sobre o assunto. Recomenda-se que o professor utilize-se de atividades pré-laboratório para clarificar os objetivos pretendidos, idéias iniciais dos estudantes e suas expectativas acerca do fenômeno estudado. Após a atividade prática, recomenda-se a discussão dos resultados obtidos, bem como as limitações das atividades (BORGES, 2002, p. 310).

São várias maneiras de se fazer uma abordagem experimental em um curso de Física. A seguir, apresentaremos algumas considerações genéricas dos tipos de abordagens, a partir

do ensino da relação entre potência elétrica e Efeito Joule, que consiste na transformação de energia elétrica em energia térmica quando uma corrente elétrica atravessa um material condutor.

Em uma primeira abordagem o uso da experimentação pode ser utilizado como uma ilustração de uma teoria física. Assim, o professor enuncia a Lei do Efeito Joule e a seguir monta um experimento onde um fio fica aquecido quando percorrido por uma corrente elétrica. O professor não apenas mostra a relação da resistência com o aquecimento como induz os alunos a concluir a relação entre a corrente elétrica e a potência dissipada.

Uma segunda abordagem refere-se à montagem de um roteiro rígido e bem estruturado que o aluno segue fielmente para chegar aos resultados. Como exemplo, verificar quantitativamente o Efeito Joule. Assim, mais do que observar o aquecimento do fio, os estudantes coletariam os dados de voltagem, corrente e resistência, construiriam um gráfico com os dados encontrados e chegariam enfim à relação matemática envolvida.

A terceira seria uma proposta aberta, em que o professor coloca uma situação/problema que pode fazer o aluno ter o interesse em refletir sobre os conceitos físicos. O professor disponibiliza alguns materiais e os alunos encontram um caminho para se chegar às conclusões sobre o que foi colocado. Nesse tipo de trabalho, os alunos encontram uma maior dificuldade, pois terão que tomar todas as decisões sozinhas, ou em grupo, com um pequeno auxílio do professor. Assim eles erram, repetem, discutem com os colegas, perguntam ao professor refazem as montagens para se obter os objetivos propostos. Como exemplo o professor pede para que os alunos determinem sozinhos a ou em grupo a potência de uma resistência de chuveiro disponibilizando a eles uma resistência elétrica, um multímetro e uma fonte.

Uma quarta maneira de apresentar uma atividade prática é quando o professor realiza uma atividade de demonstração. Inicialmente, ele explica o aparato científico e levanta algumas previsões sobre o que se espera observar com o experimento. Em seguida, realiza os experimentos sobre a situação proposta, discutindo os resultados encontrados. Para finalizar, o professor discute com a turma as previsões realizadas anteriormente, e os resultados encontrados, comparando um com o outro explicando os conceitos e modelos teóricos envolvidos.

Segundo Carvalho (2013), é necessário escolher uma atividade prática, que possibilite a visualização e a escolha de boas perguntas sobre as previsões dos acontecimentos e um discurso dialógico com os estudantes que possam gerar resultados satisfatórios.

Segundo Azevedo (2013, p. 27), a contribuição do uso de atividades investigativas para o ensino de física está na:

- Percepção de concepções espontâneas por meio da participação do aluno nas diversas etapas da resolução de problemas;
- Maior participação e interação do aluno em sala de aula;
- Valorização da interação do aluno com o objeto de estudo;
- Valorização da aprendizagem de atitudes e não apenas de conteúdos;
- Possibilidade de criação de conflitos cognitivos em sala de aula.

Naranjo e seus colaboradores (2007) discutem o uso de atividades de demonstração como um método de ensino que contribui de forma significativa para os processos de ensino e aprendizagem para as aulas de ciências (Física, Química e Biologia) da educação básica. Defendem que a melhoria daqueles processos acontece através da união entre o experimento, as intervenções orais do professor e as demais formas de comunicação, como gráficos, figuras, esquemas.

As atividades experimentais podem também ser desenvolvidas em sala, manipuladas pelo professor que discutirá com os alunos os possíveis resultados e as explicações dos dados observáveis. Figueroa *et al.* (1994) analisou o uso das atividades de demonstração na Universidade Simon Bolívar, em Caracas, Venezuela. Adotando uma concepção semelhante à das '*lectures demonstrations*', as demonstrações foram apresentadas paralelamente às aulas regulares em um auditório com capacidade para duzentas pessoas, em sessões de duas horas, com a frequência média de uma apresentação a cada cinco semanas. Os alunos participavam das aulas/demonstrações sem a obrigatoriedade das presenças e avaliações obrigatórias.

Foram analisadas oito seções do programa de demonstrações, assistidas por um total de 640 estudantes da universidade, com frequência de cerca de 70%. Verificou-se que, dos alunos presentes, cerca de 80% permaneciam, no auditório, durante as duas horas de aula e participando de forma ativa das discussões ao longo das demonstrações o foram considerados pelos pesquisadores como fatores de interesse pelos temas estudados. O autor concluiu que as atividades experimentais de demonstração, relacionam a teoria com o mundo físico real, aumentam a capacidade de observação, facilita a compreensão dos conceitos, aumentam a confiança dos alunos na teoria e estimulam o interesse pelos temas discutidos pela física. O professor deve aproveitar esse aumento do interesse dos alunos pelos conceitos físicos como ponto de partida para um estudo mais aprofundado relacionando os dados observados e o modelo teórico.

2 PROCEDIMENTOS SOBRE A COLETA DOS DADOS

2.1 Coleta dos dados

A pesquisa consistiu em acompanhar a aplicação da sequência de ensino sobre Potência Elétrica, produzida pela equipe de Física do Projeto PIBID – UFMG e aplicada pelo professor supervisor do Projeto em uma escola estadual da cidade de Belo Horizonte.

O projeto PIBID – UFMG tem como meta favorecer a união entre professores do ensino médio com experiência em sala de aula e alunos da licenciatura em Física. O grupo conta com a presença do professor de prática de ensino de física da FaE-UFMG, que coordena os trabalhos com os professores regentes e os licenciandos. O projeto de pesquisa colaborativa pretende uma proximidade entre o mundo da escola pública, com sua realidade, e o da universidade, com a pesquisa acadêmica. Um dos objetivos desse grupo é elaborar sequências de ensino sobre temas da Física que dinamizem as aulas de física do ensino médio. Após a elaboração, as sequências são aplicadas pelos professores e avaliadas conjuntamente pelo grupo, podendo ser reestruturadas.

Dentre as sequências de ensino produzidas, acompanhamos a aplicação daquela intitulada “Potência elétrica”, e analisamos como a abordagem experimental construída como parte dessa sequência auxilia no processo de construção, pelos alunos, de sentidos e significados para os conceitos e modelos científicos. Essa sequência apresenta um caráter tecnológico, abordando o uso de equipamentos elétricos comuns em todas as casas, tais como chuveiro elétrico, ferro elétrico e lâmpadas.

O pesquisador estava presente, no ambiente da sala de aula, após a concordância da direção da escola, do professor da turma, e dos alunos, que assinaram os termos de assentimento para a realização da pesquisa. Garantido os princípios éticos, o pesquisador acompanhou a aplicação de toda a sequência, filmando as aulas com duas filmadoras; uma delas situada no fundo da sala – fixa e direcionada ao professor –, e a outra na frente do grupo, móvel e direcionada aos alunos. Durante a realização das atividades em grupo, as filmadoras eram direcionadas para dois grupos de alunos, escolhidos com antecedência. Também foi usado um caderno de campo para anotar as intervenções e interações que o pesquisador julgava importante para completar a coleta de dados, tais como, o comportamento dos alunos, o registro das interações entre os próprios alunos, as impressões sobre a condução das aulas pelo professor e os acontecimentos de destaque em cada aula. As atividades que constam do material didático, respondidos pelos alunos, foram recolhidas, para análise das respostas.

Ao final da oitava atividade pedimos para os alunos escrevessem uma carta, direcionada aos seus colegas que não participaram da aplicação da sequência didática, sobre

como foram as aulas nesse período e os principais conceitos trabalhados. A carta tem como objetivo revelar a apropriação do conhecimento pelo aluno de forma mais livre e espontânea. Foram entregues 26 cartas de um total de 27 alunos.

Selecionamos dois alunos, que participaram de forma ativa durante as aulas, para uma entrevista, que gravamos em áudio e em vídeo. As perguntas foram sobre aspectos julgados importantes durante a execução da sequência didática sobre Potência Elétrica: o uso de situações do cotidiano em contextos de sala de aula, a realização de experimentos de forma demonstrativa, e a condução dialogada das aulas pelo professor. Também entrevistamos o professor sobre as impressões dele sobre as aulas. A conversa, inicialmente em um tom informal, ocorreu sobre assuntos relacionados à aplicação da sequência de potência elétrica de forma geral. Em seguida, pedimos a ele que assistisse as gravações de duas aulas específicas, e falasse as suas impressões tanto sobre o uso de atividades experimentais em sala de aula quanto os caminhos e explicações que ele escolheu durante as discussões travados com os alunos sobre os conceitos envolvidos naquelas atividades.

2.2 Construindo a análise dos dados

No início da análise dos dados dedicamos a leitura das cartas e identificamos algumas expressões e palavras que nos permitiram construir, inicialmente, o nosso objeto de pesquisa: aprender com o experimento, proximidade com o cotidiano, e dinâmica das aulas.

A partir das leituras das cartas produzidas pelos alunos, e apoiados na bibliografia sobre o tema, formulamos as seguintes perguntas: (i) como as atividades experimentais, associadas a situações do cotidiano, facilitam os processos de ensino e aprendizagem dos conceitos envolvidos nas aulas de potência elétrica? (ii) Como o professor aproveita a participação dos alunos durante as atividades de demonstração para ensinar os conceitos relacionados ao tema?

Com essas questões levantadas dedicamos a analisar as aulas em que o professor utilizou atividades práticas, procurando evidências. Utilizando o programa Transana, fizemos as transcrições das interações entre alunos e professor, inclusive das aulas em que os alunos se reuniram em grupos para responder às questões das atividades propostas na sequência de potência elétrica.

A maior parte dos dados dessa pesquisa é oriunda das transcrições feitas das filmagens. Essas transcrições, apesar de serem feitas de forma cuidadosa, marcando a entonação e linguagem gestual, é uma interpretação do pesquisador sobre os dados observados, outras interpretações são possíveis.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Formação de conceito

Estudos sobre a formação de experimental de conceitos levaram Vigotski (2008) a afirmar que processo cognitivo de formação de conceitos no ser humano tem início na fase mais precoce da infância, mas só se estabelece na adolescência. As crianças utilizam conceitos espontâneos antes de compreendê-los conscientemente, ou seja, antes de serem capazes de defini-los por meios de palavras. As crianças apesar de conhecerem os objetos ao qual o conceito se refere, de possuírem o conceito, não estão conscientes dos seus atos de pensamento. Quando o jovem procura solucionar os problemas que surgem ao ingressar no mundo dos adultos é que surge o pensamento conceitual. Mas será preciso que esse novo ambiente o faça pensar e o desafie com novos problemas, novas exigências ao seu intelecto, para que esse jovem atinja níveis elevados de pensamento.

A formação de conceitos científicos está atrelada a outros conceitos. Um conceito científico está sempre relacionado com outros conceitos, ocupando um lugar dentro de um sistema. A formação de conceitos científicos está associada com a apresentação de um conceito verbal e formal aplicados em situações abstratas. Quando aplicados, esses conceitos, em situações concretas, a criança utiliza de uma complexidade lógica, que comparado aos conceitos espontâneos, só será atingido no final de sua história de desenvolvimento.

Como exemplo Vigotski (2008), cita que podemos analisar um conceito, bem comum no cotidiano de uma criança e impregnado de experiências, que é o conceito de irmão. Apesar de da ampla vivência do conceito de irmão em seu cotidiano ela pode se confundir e afirmar que ela tem um irmão, mas o seu irmão, não. Por outro lado a criança consegue responder corretamente a definição de escravidão, mas terá dificuldade de aplicá-los em situações concretas, pois são conceitos esquemáticos e que necessitam de uma vivência pessoal que são gradualmente expandidos no decorrer das atividades escolares, para que elas entendam a lógica dos conceitos. Dessa forma Vigotski (2008) afirma que o desenvolvimento de conceitos espontâneos de uma criança é ascendente, enquanto o desenvolvimento dos seus conceitos científicos é descende, para um nível mais elementar e concreto. Isso pode ser entendido analisando as formas como os dois tipos de conceitos surgem. O conceito espontâneo pode ser confrontado, em sua origem, em uma situação concreta, já o conceito científico, envolve desde o início, uma atitude mediada em relação a um objeto. É importante ressaltar que o desenvolvimento de um conceito espontâneo tenha alcançado um certo nível para que a criança possa absorver um conceito científico. A evolução conceitual segue a

mesma direção, mas em sentidos opostos, dessa forma podemos concluir que a aquisição de conceitos científicos é mais eficaz quando eles são associados a exemplos concretos, quando a criança puder relacionar uma nova ideia com situações de sua experiência cotidiana.

Ao mesmo tempo, à medida que a criança atribui aos seus conceitos espontâneos, características dos conceitos científicos aprendidos na escola, indo do abstrato para o concreto, ela aprimora a estrutura lógica desses conceitos. A formação dos conceitos apresenta uma relação intrínseca entre as tarefas externas e a dinâmica do desenvolvimento sendo a formação de conceitos como

uma função do crescimento social e cultural global do adolescente, que afeta não apenas o conteúdo, mas também o método do seu raciocínio. O novo e significativo uso da palavra, a sua utilização *como um meio para a formação de conceitos*, é a causa psicológica imediata da transformação radical pela qual passa o processo intelectual no limiar da adolescência (VIGOTSKI, 2008, p. 73).

A palavra assume uma função principal dirigindo o pensamento em suas operações intelectuais. É o meio para centrar ativamente a atenção, abstrair determinados traços, sintetizar e simbolizá-los por meio de um signo (VIGOTSKI, 2008, p. 101).

Quando se apresenta pela primeira vez um determinado conceito científico na escola, a sua aprendizagem ou aquisição pelo aprendiz apenas se inicia. O ensino não é o fim, mas o começo do desenvolvimento da aquisição de um conceito. A aplicação dos conceitos científicos em situações reais, assim como a incorporação da experiência real junto a uma estrutura científica conceitual são tarefas igualmente complexas. Acreditamos que o conceito aprendido na escola poderá permanecer num nível puramente verbal se aplicados somente na sala de aula. Para se tornar verdadeiro deverá ser aplicado pelos alunos em situações do seu cotidiano. Dessa forma a cultura inicial dos alunos contribui para o seu desenvolvimento cognitivo, pois permitirá uma maior diversidade de possibilidades de aplicação dos conceitos discutidos na escola em situações do seu cotidiano.

O professor em seu trabalho com os alunos pode utilizar das situações do cotidiano para auxiliar o desenvolvimento de conceitos científicos. A ideia é que a instrução, entendida como interação de crianças ou aprendizes com adultos ou parceiros mais capazes, é necessária para o desenvolvimento cognitivo. A força diretiva do pensamento é externa, o mundo social é fundamental no desenvolvimento cognitivo e o conhecimento resulta da apropriação cultural. A linguagem e o uso de ferramentas são exemplos de habilidades desenvolvidas socialmente, adquiridas quase exclusivamente pela interação entre parceiros menos capazes com outros mais capazes.

Mas que tipo de instrução é mais efetivo para um determinado aluno? Essa pergunta provavelmente passa na cabeça de todo professor ao refletir sobre a sua prática. Se buscássemos na psicologia científica e na pesquisa educacional aconselhamento sobre esse problema prático, que tipos de respostas encontraríamos? Essa questão levanta diversos e profundos problemas. É necessária uma teoria da aprendizagem que possa explicar como se desenvolvem as capacidades intelectuais. Um caminho para encontrar a resposta dessa questão foi proposto por Vigotsky ao desenvolver seu conhecido conceito de *Zona de Desenvolvimento Proximal*, o qual focaliza a relação entre ensino e desenvolvimento.

3.2 Zona de Desenvolvimento Proximal

Vigotsky (2008) contribuiu de forma significativa para a psicologia e a educação quando propôs que o desenvolvimento/aprendizagem surge das relações sociais dos homens com o meio e da internalização da fala. Assim a criança desde o seu nascimento aprende e se desenvolve em um processo de interdependência. Para Zanella (1994) ao produzir o meio em que vive, o homem se produz; ou seja, o homem é determinado historicamente, mas é, simultaneamente, determinante da história. Ele está inserido em uma sociedade em um determinado período histórico, interagindo com os outros sujeitos e com o meio, o que promove o seu desenvolvimento e aprendizado. Para Vigotski (2008), o desenvolvimento humano compreende dois níveis: o primeiro é o nível de desenvolvimento real, que consiste no conjunto de atividades que a criança consegue fazer sozinha. Esse ciclo está completo, isto é, refere-se às funções psicológicas que a criança construiu até aquele determinado momento.

O segundo é o nível de desenvolvimento potencial: conjunto de atividades /problemas que a criança consegue realizar com a ajuda de alguém que lhe forneça algumas orientações adequadas, seja esse alguém um adulto ou uma criança mais experiente. Para Vigotski, o nível de desenvolvimento potencial é muito mais indicativo do desenvolvimento da criança que o nível de desenvolvimento real, pois este último refere-se a ciclos de desenvolvimento já completos, é fato passado, enquanto o nível de desenvolvimento potencial indica o desenvolvimento referente ao futuro da criança.

Para Vigotski, a zona de desenvolvimento proximal (ZDP) é uma diferença entre o nível de desenvolvimento real, resolução de problemas, por parte das crianças, sem a ajuda de um agente mais capaz e o nível de desenvolvimento potencial que é determinado pela resolução de problemas com a ajuda de adulto ou em colaboração de companheiro mais capaz. Para ele, a ZDP “define aquelas funções que ainda não amadureceram, mas que estão

em processo de maturação, funções que amadurecerão, mas que estão, presente em estado embrionário” (VIGOTSKI *apud* WERTSCH, 1984, p. 97).

A introdução deste conceito no âmbito da sua teoria significava, para Vigotski, a possibilidade de poder estudar e intervir na gênese das funções psicológicas superiores. Na verdade, conforme indica Wertsch (1984), a Zona de Desenvolvimento Proximal é a região dinâmica que permite a transição do funcionamento interpsicológico para o funcionamento intrapsicológico, pois segundo Vigotski, todas as funções psicológicas superiores resultam da reconstrução interna de uma atividade social, partilhada.

Dessa forma entendemos que a interação social entre aluno-professor e/ou aluno-aluno é mais viável e produtiva, para a promoção do desenvolvimento cognitivo. Entendemos também a importância do professor como o responsável por direcionar o aprendizado/desenvolvimento dos alunos na organização de atividades que permitem a participação efetiva dos alunos. Vigotski aponta a importância do ensino sistematizado para o desenvolvimento da humanidade, isto é, reconhece o papel importante da escola para o avanço da sociedade como um todo, pois é pela internalização de conceitos visto na escola que o homem se constitui enquanto sujeito consciente e agente da história. "O processo de educação escolar é qualitativamente diferente do processo de educação em sentido amplo. Na escola, a criança está diante de uma tarefa particular: entender as bases dos estudos científicos, ou seja, um sistema de concepções científicas” (VIGOTSKI *apud* WERTSCH, 1984, p. 147).

A escola também promove uma variedade de relações sociais cuja importância para o processo de desenvolvimento está em auxiliar a formação das funções psicológicas caracteristicamente humanas, ou seja, aquelas que fazem uso da mediação da linguagem. Essas interações que o indivíduo estabelece com as pessoas que o cercam, seja, na escola ou em outro ambiente, exercem um papel fundamental no desenvolvimento humano, pois é a partir da internalização dos signos socialmente construídos que as funções intrapsicológicas se constituem, isto é, existência inicial da cultura dos alunos contribuindo para o desenvolvimento cognitivo de uma pessoa. A interação de crianças ou aprendizes com adultos ou parceiros mais capazes, é necessária para o desenvolvimento cognitivo. O mundo social é fundamental no desenvolvimento cognitivo e o conhecimento resulta da utilização dessa cultura em situações de seu cotidiano.

Vigotski, ao desenvolver seu conhecido conceito de ZDP, o qual focaliza a relação entre ensino e desenvolvimento valoriza amplamente a interação social como fator diferencial para o desenvolvimento dos conceitos, mas não apresenta quais características definem ou

promovem essa interação. Ele fez várias observações sobre a ZDP, mas não propõe uma explicação sobre o que consiste na resolução de problemas com auxílio de um adulto ou de uma criança mais capaz. Dessa forma o nível de desenvolvimento potencial e a ZDP não podem ser definidas de qualquer maneira. Se a criança consegue ir além do seu nível de desenvolvimento através da interação com o professor ou colega mais capaz, pode-se concluir que esse salto no desenvolvimento poderia ser maior ou menor em função dessa interação ser mais ou menos rica ou eficiente?

Como exemplo, que a interação entre o adulto e a criança na resolução de um problema pode alterar o nível de aprendizado de uma criança, Wertsch (1984) sugere o seguinte exemplo. Pede-se para que um adulto ajude um aluno da quinta série a realizar a divisão de 124 por 23. Provavelmente o adulto perguntara quantas vezes 23 cabe em 124. A divisão é exata? Sobrará algum resto? As questões estão relacionadas ao dividendo, divisor, resto. Imaginemos agora que um outro adulto ajude uma criança da primeira série a resolver a mesma divisão. Porém ele escolhe fazer a seguinte orientação, desenhar vinte e três círculos em uma folha e pedir para que a criança distribua os números nesses círculos. Dessa forma a criança colocará os números em cada círculo perceberá que ainda será possível colocar mais um número em cada espaço restando 9 números. Dessa forma ela conseguira realizar a mesma tarefa mas apresentara o mesmo nível de desenvolvimento potencial? A o auxílio do adulto foi muito diferente nos dois casos. Isso pode influenciar na Zona de desenvolvimento proximal?

Wertsch (1984) sugeriu que, caso esse conceito não fosse melhor elaborado, haveria o risco de ele ser “utilizado de forma imprecisa e indiscriminada, tornando-se assim tão amorfo que perderá seu poder explicativo. O autor propõe a introdução de alguns conceitos adicionais para entender e preencher algumas lagunas as ideias sobre a mecânica da ZDP. Esses conceitos são *definição de situação*, *intersubjetividade* e *mediação semiótica*.

3.3 Construtos teóricos adicionais

Wertsch (1984) estabelece que a definição de situação é base para entender as suas contribuições para clarear e entender o conceito de ZDP, proposto por Vigotski, e que os outros pontos de alguma maneira se ramificam dela.

A *Definição de situação* é a maneira pela qual uma configuração ou um contexto é representado, definidos por aqueles que estão a operar nesse ambiente.

Eu uso o termo definição porque eu quero enfatizar que os seres humanos criam ativamente uma representação de uma situação; eles não são os beneficiários passivos de tal representação. A noção de definição situação é necessário em qualquer relato completo da zona de desenvolvimento proximal, porque a colaboração nesta zona tipicamente envolve a representação de objetos e eventos do adulto, de uma forma e a criança pode representá-los em outro (WERTSCH, 1984, p. 8).

No exemplo anterior percebemos que a maneira como a divisão foi proposta altera a definição de situação do adulto e da criança. A definição de tarefa pode ser entendida ou representada de várias maneiras, mesmo estando diante de um mesmo contexto espaço temporal, mas a princípio podem entender esse contexto de formas diferentes e assim não estarem fazendo a mesma tarefa.

Para entendermos melhor essa *definição de situação*, Wertsch sugere a solicitemos a um adulto e uma criança a tarefa de montar um quebra cabeça de forma correta. Uma criança de pequena idade inicia a montagem das peças ao acaso. Ele seleciona uma das peças e aleatoriamente tenta encaixar uma outra peça, sem se preocupar com o modelo/imagem. Pode-se dizer que cada peça representa um objeto a ser usado como a criança vê. Já um adulto entende que cada peça corresponde a uma parte do modelo/imagem que se deseja formar uma cópia. Pode se dizer que cada peça representa o objeto a ser usado em uma cópia porque ela corresponde a uma peça do modelo.

Nesse exemplo acima, podemos entender que em uma mesma tarefa, um objeto, pode ser representado ou definido por maneiras diferentes. Temos assim que analisar as ações tomadas para realizar uma tarefa e as representações, que cada indivíduo, tem do objeto para se entender a *definição de situação* dos envolvidos na tarefa. As diferentes definições de objetos estão intimamente relacionadas às diferentes formas como as pessoas estão fazendo com o objeto. É necessária uma análise sobre as *definições de situação* dos indivíduos envolvidos separadamente. Sendo as *definições de situação* diferentes, surge uma espécie de negociação entre o adulto/professor e a criança/aluno na elaboração de uma terceira *definição de situação* que não corresponde a do adulto nem da criança, mas é preciso para que aconteça a comunicação entre as partes.

Para compreender como um indivíduo define uma situação temos dois problemas inter-relacionados: a representação de objetos e a representação das ações que se operam nos objetos. Uma das características que define a ZDP dos participantes em resolução de problemas em colaboração são as diferentes *definições de situação* dos envolvidos. Não podemos também explicar o crescimento da ZDP unicamente em termos quantitativos de diferentes *definições de situação* existentes. Mas reconhecer que a característica essencial do

crescimento está na nova *definição de situação*, algo próximo de uma renúncia a uma definição anterior e um posicionamento a favorável a uma nova e melhor *definição de situação*.

Wertsch (1984), reforça a importância da interação social no trabalho de Vigotski (2008) no plano interpsicológico (relação entre sujeitos) e no desenvolvimento cultural dos envolvidos. A origem do desenvolvimento inicia-se nos fatores interpsicológicos que são influenciados por fatores intrapsicológicos (fatores internos).

A ZDP não pode ser interpretada, unidamente analisando as capacidades de um indivíduo em realizar uma tarefa. Temos que considerar, as instruções do professor, isto é, as ações/interações que esse realiza para promover o aprendizado/desenvolvimento, para se definir a ZDP.

Assim ao avaliar as características de um indivíduo em termos de seu desenvolvimento potencial e analisarmos seu desenvolvimento interpsicológico, temos que considerar as interações/ações que o professor exerce para se definir esse nível de desenvolvimento interpsicológico. Dessa forma a noção de *definição de situação* deve ser redefinida para que os fatores interpsicológicos e intrapsicológicos se integrem.

Assim será necessário analisar os processos de interação social na ZDP e envolverá a introdução de outro marco teórico, a *intersubjetividade*.

Entendemos que existe intersubjetividade entre os que se comunicam em torno de um problema quando esses compartilham da mesma *definição de situação*. Mas como podemos falar de *intersubjetividade* entre um adulto e uma criança na zona de desenvolvimento próximo? Entendemos que na ZPD cada indivíduo apresenta a sua *definição de situação* diferente. O que acontece, é que quando o adulto/professor se propõem a ajudar uma criança/aluno na resolução de um problema, ele deve ter em mente que, no início do problema as *definições de situação* são diferentes.

Podemos ter dessa forma uma *intersubjetividade* em níveis diferentes. Dessa forma podemos ter de um lado a intersubjetividade parcial que é a discussão em torno de objetos concretos e da sua localização. De outro lado, a intersubjetividade é quase completa quando professor e aluno representam objetos e eventos de uma mesma forma. Quando isso acontece, na resolução de um problema a *definição de situação*, entre o professor e o aluno, é quase a mesma, e a ajuda do professor não é mais necessária.

Dessa forma, quando o professor está interessado em fazer a comunicação, se predispõe a facilitar o processo de ensino/aprendizado, acontece entre ele e o aluno, uma espécie de negociação em torno de uma terceira *definição de situação* em que a comunicação

possa ocorrer. Essa nova *definição de situação* pode acontecer, quando o aluno troca a sua compreensão dos eventos e objetos, ou seja, entenda a *definição de situação* do adulto ou em uma situação intermediária. As ações do professor para que a comunicação aconteça provoca uma redefinição de situação pelos alunos. Dessa forma é necessário um terceiro conceito, para entender a negociação que produz essa nova *definição de situação* é introduzir um mecanismo concreto chamado de *mediação semiótica*.

Entendemos como *mediação semiótica* uma forma de se comunicar, uma linguagem própria, complementar a fala, que auxilia no processo de ensino/aprendizado a evitar os possíveis equívocos que os nomes podem provocar e levar a uma definição de situação anterior.

são às vezes conceituados operacionalmente como independentes da fala, um ponto de vista que, erradamente, supõe que a fala simplesmente dá nome ou reflete uma definição de situação previamente existente. Essa visão subestima o fato de que a intersubjetividade é freqüentemente criada através do uso de linguagem (WERTSCH, 1984, p. 13.)

Para se criarem novos níveis de *definições de situação* temos que analisar as ações que os professores realizam ao orientar as crianças na realização de um problema e também como os alunos entendem ou interpretam essa orientação. Assim a *intersubjetividade* pode ser criada através da *mediação semiótica*,

A palavra ganha significado quando se utiliza outras formas de mediação semiótica.

O significado de uma palavra representa um amálgama tão estreito do pensamento e da linguagem, que fica difícil dizer quando se trata de um fenômeno da fala ou de um fenômeno do pensamento. Uma palavra sem significado é um som vazio. O significado, portanto, é um critério da palavra, seu componente indispensável. [...] O significado de cada palavra é uma generalização de um conceito. [...] É um fenômeno do pensamento verbal, ou da fala significativa – uma união da palavra e do pensamento (VIGOTSKI, 2008, p. 150).

Em síntese, para utilizarmos o conceito de ZDP, temos que entender a ideia básica de *definição de situação*: “Uma vez reconhecida a importância do fato de que a Vigotski mesma situação pode ser entendida ou representada de diferentes maneiras, nós podemos proceder de uma forma mais objetiva em outras questões” (WERTCH, 1984, p. 15).

Entendemos que o processo de ensino/aprendizado sofre influência das culturas locais, assim como das ações do professor que provoca as reações nos alunos. Segundo Laburú, Arruda e Nardi (2003)

Fundamentalmente, num sentido genérico, pode-se afirmar que todo ensino, como atividade humana, é intercultural, devido às múltiplas identidades microculturais de todos os estudantes e, por essa razão, os indivíduos reagem e são afetados diferentemente pelas ações dos professores (LABURÚ e ARRUDA, 2003, p. 252).

Assim temos de utilizar a representação de um objeto e as ações sobre esses objetos para se entender as *definições de situação*, temos também que aceitar que na ZDP mais de uma definição de situação estão envolvidas, por isso temos que analisar a *intersubjetividade* e a relação entre essa e a *mediação semiótica*. Vejamos como isso aconteceu quando o professor utilizou atividades experimentais para auxiliá-lo no processo de ensino.

4 ANÁLISE E DISCUSSÕES

Iniciamos a análise pela leitura das vinte e seis cartas escritas, para saber a opinião dos alunos se a utilização de atividades experimentais ao longo da sequência didática acarretou mudanças na dinâmica das aulas, e se facilitou os processos de ensino e de aprendizagem. Para tanto, identificamos algumas expressões que permitiram o seu agrupamento nas três categorias organizadas no quadro abaixo.

Categorias	Expressões	Percentual de alunos
Aprender com o experimento	Aprender na teoria e na prática; as aulas práticas foram muito boas; aulas práticas facilitam a aprendizagem.	14 (quatorze) alunos disseram que aprendem melhor nas aulas em que foram realizadas as atividades experimentais.
Proximidade com o cotidiano	Foi interessante analisar a potência dos pares elétricos; a experiência do chuveiro foi a melhor.	19 alunos disseram que o conteúdo fica mais interessante quando se estuda situações próximas do seu cotidiano.
Mudança na dinâmica das aulas	Aulas interessantes; aulas divertidas; coisas interessantes; aulas dinâmicas.	20 alunos disseram que ocorreu uma mudança na dinâmica das aulas.

Os dados contidos na tabela anterior coincidem com as notas de campo do pesquisador, isto é, existem evidências de que as atividades experimentais realmente ampliaram o envolvimento dos alunos e conseqüentemente a aprendizagem. Buscamos agora, na análise de duas aulas em que o professor utilizou as atividades experimentais para introduzir/discutir os conceitos e as relações matemáticas desejadas compreender como as atividades experimentais, inseridas na sequência de ensino de potência elétrica, contribuíram para o aprendizado dos conceitos relacionados ao tema.

Entendemos a importância do professor no processo de ensino e da necessidade de interação entre ele e os alunos, e entre os próprios alunos. Uma forma de viabilizar essa interação entre parceiros de diferentes níveis cognitivos em relação aos processos de ensino e aprendizagem foi descrita em um trabalho de Wertsch (1984). O autor sugere a adoção de três construtos teóricos, entendidos como condições pedagógicas a serem satisfeitas, para que se estabeleça uma interação social mais profícua entre os sujeitos envolvidos. O primeiro deles é *a definição de situação*, que se relaciona com a forma, com que cada um dos participantes entende a tarefa dentro do contexto da interação. Essa compreensão deve ser a mesma por partes dos sujeitos envolvidos. Em segundo *a intersubjetividade*, que se refere à ação entre os

sujeitos participantes da interação com objetivo de estabelecer ou redefinir a situação ou a tarefa proposta. Por fim a *mediação semiótica*, formas de linguagens, no sentido amplo do termo, que tornam possíveis a intersubjetividade.

4.1 Análise da aula: Efeito Joule

A análise a seguir refere-se às interações discursivas que ocorreram na sexta aula da sequência de Potência Elétrica. Nesta, o professor utiliza um circuito contendo uma fonte de 12 V e um fio de níquel-cromo de resistência variável. Ao propor uma atividade experimental de demonstração em sala de aula, o professor explicou as suas intenções e o funcionamento do equipamento. A figurar a seguir é do circuito elétrico utilizado pelo professor.

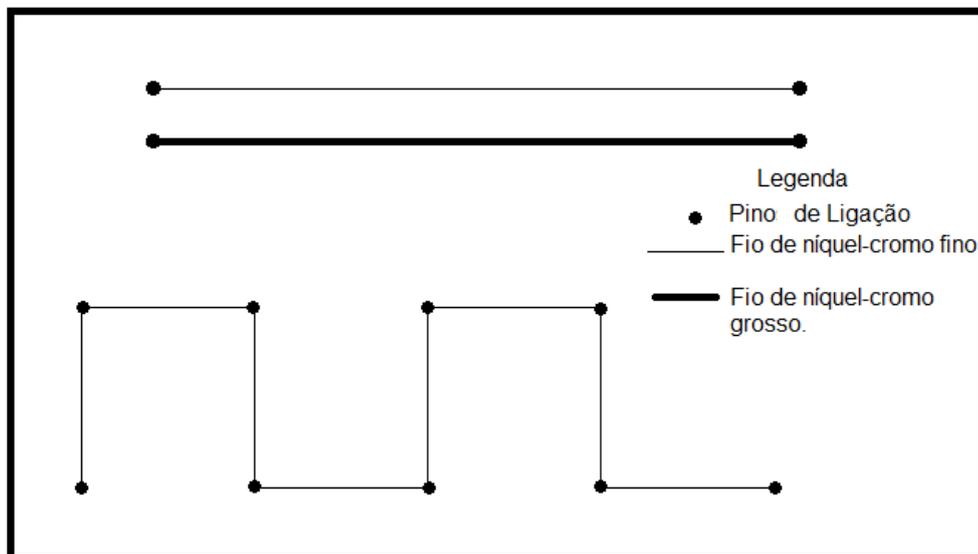


Figura 1: Circuito elétrico feito de fio de níquel-cromo.

Esse explica as partes do circuito e o que deverá ser observado procurando criar uma *definição de situação* que será analisada. Vejamos como ocorreu no episódio abaixo:

Primeiro Episódio: Iniciando a discussão sobre Efeito Joule

Turno	Transcrições
1	Professor: Aula de hoje nós vamos entender como funciona o chuveiro. O que essa molinha aqui? (Mostra um chuveiro elétrico aberto)
2	Aluno J: A resistência.
3	Professor: Mas porque ela é enroladinha?
4	Aluno J: Por causa do espaço.
5	Professor. É a resistência, vocês se lembram? A resistência é $R=\rho L/A$. (fala e escreve no quadro). Mas antes de chegar no chuveiro. Não sei se vocês já viram. (Mostra um circuito contendo fio de níquel-cromo). Aqui tem um fio muito fino chamado de níquel- cromo.

	Aqui tem um fino, aqui um pouco mais grosso e aqui tem o mesmo fio, porém em um caminho muito maior. Como ele não cabe até aqui. (mostra com o dedo se o fio fosse esticado o tamanho que chegaria) teve que fazer esse caminho para simular o L grande (Mostra com o dedo as curvas feitas com o fio e mostra a equação no quadro $R=\rho L/A$). O que eu vou fazer? Vou pegar a minha fonte de energia de 12 V (mostra a fonte para a turma). Tem um aparelhinho que abaixa a tensão de 110 para 12 v. Então é o seguinte. O que eu vou fazer? Vou ligar na fonte de energia, vou colocar o fio em contato com a extremidade do prego e a outra na outra extremidade. (mostra o circuito e onde está sendo feita a ligação) De maneira que a energia possa percorrer todo o fio. Ok? Aí eu ligo assim e você observam. Aconteceu alguma coisa?
6	Professor: então vamos ligar o primeiro contato aqui. Tá sentindo o cheirinho? (liga nos extremos do circuito)
7	Aluno M: Dá pra ver a fumacinha subir.
8	Aluna A: Eu não tô vendo nada.
9	Aluna E: Eu estava vendo alguma fumacinha subir. (Após a aluna E falar o aluno M levanta para olhar.)
10	Aluna D: eu não to vendo nada. (A aluna F levanta para poder ler o que está acontecendo. Foi a primeira vez que ela fez isso.)
11	Professor: Aparentemente. (Alunos ficam atentos, todos os alunos estão olhando para o circuito, esperando que algo aconteça)
12	Aluna D: nada:
13	Professor: Eu que tô pertinho tô sentindo um cheiro de queimado. (Alunos se aproximam para tentar sentir também. (Professor aproxima de uma aluna B para poder sentir também.)

Percebemos que os alunos observaram o equipamento e fizeram suas suposições sobre o que foi apresentado. O Professor iniciou a aula apresentando os materiais que foram utilizados na demonstração, e explicou como funcionaria o circuito. Ele mencionou também que após compreender o circuito, algumas relações seriam estabelecidas entre fio de níquel-cromo e o funcionamento do chuveiro elétrico. Diferentemente de apresentar uma lista de objetivos específicos, aqui o professor mostra que possui um planejamento, e que este tem uma intencionalidade educativa explícita, que é passada aos alunos nesse momento.

Após apresentar as suas intenções – analisar as relações entre a resistência e o aquecimento do fio – direciona o olhar dos alunos para as mudanças da cor do fio em função da variação do comprimento. Assim, o professor está convidando os alunos a participarem das atividades e a fazerem parte da mesma. Ele convida os alunos a participarem ao perguntar sobre as mudanças que ocorrem com o fio ao fechar o circuito.

Essas atitudes são importantes, pois explica a função do experimento e a importância da participação dos alunos, uma vez que é partir das discussões, com os estudantes, sobre os dados observáveis e a introdução de alguns conceitos sobre o tema que o experimento acontece.

Para Gaspar (1998), quando o professor descreve o equipamento, mostra quais são seus aspectos relevantes e, principalmente, direciona o olhar sobre os dados empíricos, que se deve observar durante a demonstração, favorecendo a criação de um ambiente onde ocorrerá uma proximidade entre o professor e o aluno. Dessa forma alunos e professor podem observar as mesmas coisas e buscar as mesmas respostas e explicações, o que favorece a construção da *definição de situação*.

A sequência discursiva a seguir, evidencia a negociação do professor com os alunos, sobre os aspectos teóricos que foram utilizados para explicar o funcionamento do chuveiro elétrico e os fenômenos observados.

Segundo Episódio: Se tem fumaça está esquentando

Turno	Transcrições
14	Aluno J cuidado aí! Vai dar uma explosão.
15	Aluna D e E: Não tô sentindo nada.
16	Aluno M: Poe o dedo para ver se isso dá choque! (outras alunos se aproximam para tentar sentir algo. Alunos que não participavam com perguntas levanta para visualizar.)
17	Professor: O L é grande. Se o L é grande a resistência também é grande. Então a corrente é pequena. Vamos encurtar! Vamos colocar, por exemplo, aqui! (Mostra para a equação desenhada no quadro. Muda a posição onde a voltagem é conectada.)
18	Aluno M: Coloca no terceiro pino superior. (Pedindo para diminuir o comprimento. Figura 1)
19	Aluna A: tem que ser o L curto.
20	Professor: não mudou quase nada, aparentemente. Vamos colocar ele aqui. (Muda a posição para diminuir o comprimento do fio.)
21	Aluno M: Olha lá o. (Uma aluna levanta e fica próxima do circuito elétrico)
22	Aluno J: Olha o fio tá ficando vermelhinho. (Gira a posição, para que todos possam ver.)
23	Professor: Tá vermelhinho?
24	Aluna E: Olha tá ficando vermelho.
25	Alunos: ta. (Vários respondem ao mesmo tempo)
26	Aluno M: Tá vermelhinho!
27	Professor: Tá vermelhinho?
28	Alunos: Ham Ham.(confirmam)
29	Aluna E: Vocês estão vendo?
30	Aluno M: A tábua não queima não? Professor? (Uma aluna levanta e fica próxima do circuito elétrico)
31	Professor: Não. Apaga a luz que dá pra ver melhor. (Aluno apaga a luz). Agora vou ligar aqui (mostrando que vai diminuir ainda mais o comprimento), olhem que parece que o fio muda de cor né? (Aponta para o fio que os alunos têm que observar)

Para Wertsch (1984) existe intersubjetividade entre os interlocutores (professor-aluno ou aluno-aluno) quando entre eles existe a mesma *definição de situação* e esses utilizam os mesmo caminhos e conceitos para cumprir uma tarefa proposta: explicar a incandescência do fio.

O professor espera as respostas dos alunos que discutem entre eles sobre a existência ou não de uma fumacinha e um cheiro de queimado. O professor movimentou pela sala com o experimento para que todos pudessem sentir o cheiro de queimado. Alguns alunos se levantam e também de aproximaram do experimento para ver o fio ficando vermelho. Alguns alunos fazem pequenas brincadeiras sobre o experimento, mas o professor não considera as colocações dos mesmos.

Ele conclui apresentando uma explicação sobre o fenômeno afirmando que, sendo maior o comprimento do fio, maior será a resistência elétrica e menor a intensidade da corrente elétrica. Continuando o experimento, ele diminui o comprimento do fio para analisar as mudanças nos dados observados. Isso ocorre de forma progressiva para que os alunos percebam as mudanças na coloração do fio e dialoguem entre eles sobre o que esta acontecendo. O professor e os alunos concordam com a relação inversa entre a intensidade da coloração do fio e o seu comprimento.

O experimento ganha centralidade na aula por meio da atitude do professor. Simultaneamente, percebemos um aumento o interesse dos alunos, pois muitos deles conversam entre si sobre a alteração da coloração do fio.

Em relação às demonstrações apresentadas e às questões colocadas, entendemos a intersubjetividade como uma espécie de acordo implícito realizado entre o professor e os alunos, quanto a observação de algumas características visíveis e acessível à maioria dos participantes da interação. O professor constrói uma linguagem comum para esses observáveis a partir do qual serão relacionados aos conceitos potência e resistência elétrica.

Nas interações a seguir, o professor fornece pistas de forma a conduzir o raciocínio dos alunos para resposta desejada por meio de uma sucessão de perguntas. Estamos analisando assim na *intersubjetividade*. Vejamos o que acontece.

Terceiro Episódio: O Efeito Joule

Turno	Transcrição
50	Alunos: Nossa! Nossa cara! Muito legal. Continua professor!
51	Professor: É lógico que eu não posso deixar muito tempo senão queima. À medida que eu vou diminuindo o L, A resistência vai o que?

52	Alunos: Diminuir! (Vários alunos falam juntos)
53	Professor: Diminui o L diminui o R. Se tá ficando mais incandescente é porque tá passando mais corrente elétrica ou menos corrente elétrica?
54	Alunos: Mais corrente. (Vários alunos falam juntos)
55	Professor: Então passa mais energia elétrica.
56	Aluna A: Qual a relação?
57	Professor: A relação é essa aqui! $I=V/R$. Diminui o L, diminui o R, se diminui o R aumenta o I. (Escreve no quadro e fala ao mesmo tempo. Aluno M fala junto com ele)
58	Aluno M: São inversamente proporcionais.
59	Professor: Se aumenta o I a potência aumenta ou diminui?
60	Vários alunos falam juntos: aumenta!
61	Professor: A potência aumenta (escreve a equação $p=V.I$ no quadro.) Aumenta o I aumenta a potência. tá sendo dissipado mais potência. Ainda eu não expliquei o que é efeito joule, mas isso aqui tá relacionado com esse fenômeno físico, no qual recebeu o nome de efeito Joule. Nesse primeiro experimento nós fizemos o que? A variação do comprimento da resistência e verificamos quais fenômenos físicos observados. A análise foi através da incandescência do fio. O princípio de funcionamento disso aqui? (o professor pega uma resistência elétrica de chuveiro.)

O professor mostra que a incandescência do fio de níquel cromo aumenta com a diminuição do comprimento. Essa observação é importante para entender a relação inversa da resistência elétrica e a potência dissipada. Para tanto, o professor introduz o conceito de energia, turno 55, para discutir a relação entre potência e corrente elétrica. Encerra a discussão estabelecendo relações entre os conceitos envolvidos.

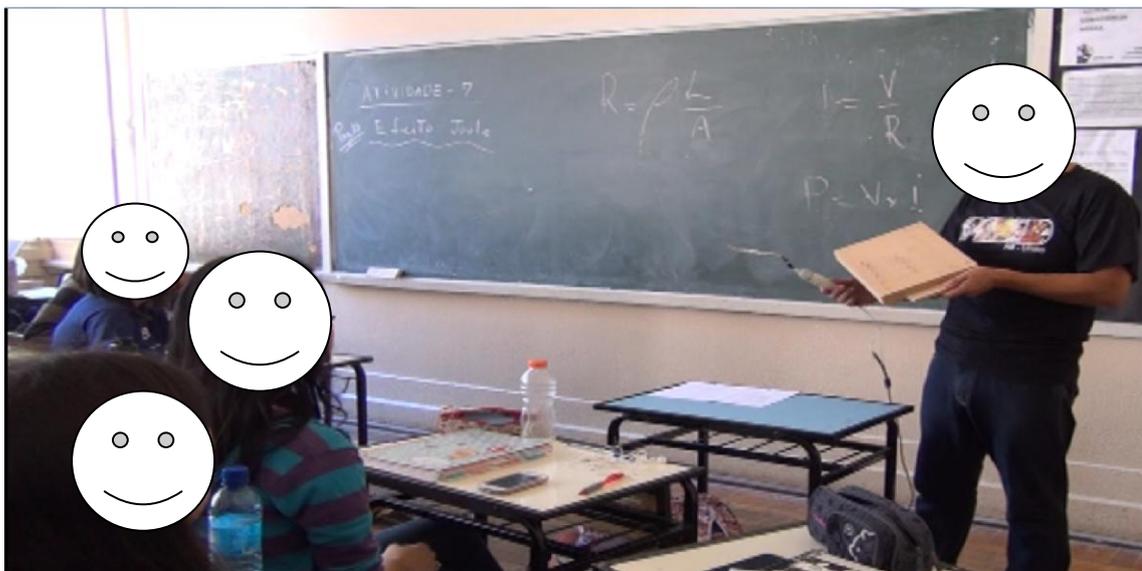


Figura 2: Experimento com fio de níquel-cromo.

Percebemos aqui a *mediação semiótica tal* como proposta por Gaspar (1998): o meio que torna possível a interação social, incluído nela a própria montagem da demonstração experimental como forma de linguagem – um ícone científico-tecnológico – representado pela própria demonstração. Consideremos também como mediação semiótica a imagem das equações, feitas pelo professor no quadro, e os gestos realizados por ele durante a explicação.

Em seguida o professor introduz uma nova *definição de situação*. O episódio refere-se em entender o princípio de funcionamento do chuveiro elétrico, utilizando os conceitos anteriormente discutidos. Vejamos o que acontece.

Quarto Episódio: O chuveiro elétrico

Turno	Transcrições
90	Professor: Aumenta o I aumenta a potência. ta sendo dissipado mais potência. Ainda eu não expliquei o que é efeito joule, mas isso aqui ta relacionado com esse fenômeno físico, no qual recebeu o nome de efeito Joule. Esse primeiro experimento e esse. Nós fazemos o que? a Variação do comprimento da resistência e verificamos quais fenômenos físicos observados. a análise foi através da incandescência do fio. O princípio de funcionamento disso aqui? (o professor pega uma resistência elétrica de chuveiro.
91	Aluno J: Quanto custa? Professor?
92	Professor: 12 reais. Isso aqui fica dentro do chuveiro é fácil de trocar (pega o chuveiro e mostra onde fica a resistência)
93	Aluno C: como troca?
94	Professor: É só comprar uma dessa! Puxar e colocar de volta uma resistência dessas.
95	Aluno J: É melhor que você gastar 30 reais em um chuveiro novo.
96	Professor: Bom! Então vamos fazer um gancho entre isso que vocês viram aqui (levanta o circuito e mostra a equação matemática). E essa molinha aqui.
97	Aluno M: a resistência
98	Professor: A resistência interna do chuveiro. Vocês vêm que tem dois contatos aqui que pega a mola grande e tem esses dois aqui que pega a mola pequena. Eu quero saber onde vai ser verão onde vai ser inverno no chuveiro? Ou veja onde a água vai esquentar menos e onde a água vai esquentar mais?
99	Aluno J: O maior vai ser... O maior vai ser inverno? Não o maior vai ser verão.
100	Aluna A: E o maior vai ser verão! (olha para o colega)
101	Aluno C: o maior vai ser verão!
102	Professor: Eu vou desenhar no quadro para ficar mais fácil. Eu quero que vocês me falem qual a posição que eu tenho que colocar a minha chave seletora aqui. (Pega o chuveiro e mostra a posição de inverno e verão). Qual vai fazer o contato aqui ou aqui. Eu quero saber qual é verão qual é inverno. Qual esquenta menos qual esquenta mais?

	(figura 3)
103	Professor: lembrando da análise que a gente fez aqui, em cima, desse experimento aqui! (levanta o circuito). Vou fazer esse desenho aqui dessa mola.
104	Professor: (desenha a resistência no quadro). Essa é a mola grande. Vou chamar esse contato de A esse de B. (desenha a mola menor e chama o contato de C).
105	Professor: V_{ab} e V_{bc} ? Qual é verão? Qual é inverno?
106	Aluno M: repete o que o professor falou: V_{ab} e V_{bc}
107	Aluno C: de A a B é verão! e de B a C é inverno!
108	Professor: De A a B é Verão? ou de B a C é verão?
109	Aluna A: A B é verão! (outras valam juntas.)
110	Professor: Por quê?
111	Aluno J: de A a B é Verão porque tem a resistência maior!
112	Aluno M: Aqui tem resistência maior então a potência é menor! (Se referindo V_{AB})
113	Professor: Vamos pegar primeiro a análise do J. Fala: J
114	Aluno J: de A a B a resistência é maior então a potência é menor.
115	Professor: Por que a resistência é maior de A a B?
116	Aluno M: por causa do comprimento.
117	Professor: (Mostra a Equação $R=rL/A$.) Por causa do comprimento que agora é maior. Quanto maior o L maior o R. Se maior a resistência (mostra na equação de $i=V/R$) então
118	Aluno J: Menor a potência!
119	Professor: menor a corrente. (mostra no desenho onde a corrente passa)
120	Aluno J e aluna A: menor a potência.
121	Professor: Então essa aqui vai ser o verão que esquentar menos. (mostrando os dois contatos da resistência).
122	Professor: Se eu ligar aqui. (mostra os dois contatos menores da resistência). Quando ou viro a chave.
123	Aluno J: Vai ser inverno.
124	Professor: o L é pequeno, a resistência é pequena, a corrente é grande se a corrente é grande a potência é grande.
125	Aluna A: Esquentar mais.
126	Professor: Esquentar mais.

O episódio iniciou com a discussão sobre o princípio de funcionamento do chuveiro com a apresentação da “molinha”. Essa atitude do professor promoveu um novo envolvimento da turma na discussão da relação entre resistência, corrente e potência elétrica em um chuveiro. Para tanto, propôs um desafio: determinar as posições na “molinha” que corresponderiam as posições de verão ou inverno. Ao fazer uma apresentação inicial dos conceitos, o professor convida os alunos a participarem da aula expondo as suas opiniões e participando do diálogo sobre o assunto. Esse episódio é marcado pelas ações do professor em retomar o desenvolvimento das ideias e conceitos que foram estabelecidos no experimento em que utilizou o fio de níquel-cromo.

Vários alunos apresentam a resposta correta. O professor continua explorando a questão, ao desenhar no quadro a resistência e os contatos onde serão ligados. A figura 3, mostra o quadro elaborado pelo professor ao longo das discussões.

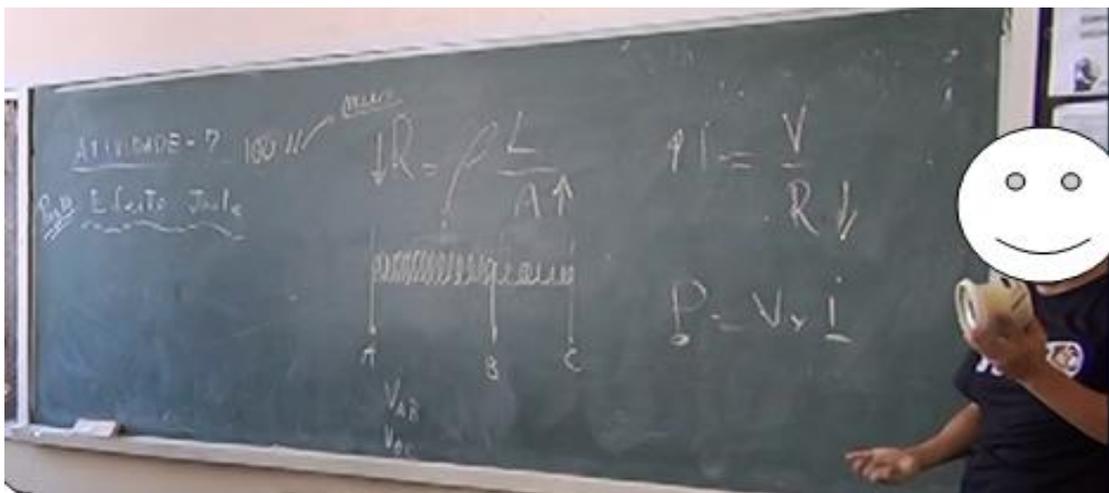


Figura 3: Quadro da sala com as equações relacionadas a potência elétrica.

Pede aos alunos que se posicionem e apresentem uma explicação. O professor conduz os estudantes, com novas perguntas para que elaborem melhor as suas explicações em relação ao tema, ao mesmo tempo em que elucida para toda a sala os conceitos ali envolvidos.

Percebemos que as intenções do professor se alteraram ao longo desse episódio. No início, ele criou um problema ao propor o desafio aos estudantes, com o objetivo de engajar os estudantes no desenvolvimento do conteúdo. Em seguida, ele deu oportunidade aos alunos de falarem, e dialogava com eles a partir das ideias científicas envolvidas. Ressaltamos que, ao longo da sequência discursiva, o professor autoriza a ideia de um aluno, ao dar legitimidade à mesma. Ao se apropriar dessa ideia o professor passa a fornecer pistas que conduzem os demais alunos a uma linha de raciocínio que justifica a relação entre a potência

e o comprimento da resistência. Entendemos que a *intersubjetividade* é criada apoiada na *mediação semiótica* que o aparato experimental fornece, como na imagem e gestos feito pelo professor.

Neste momento das interações que ocorrem em sala de aula, percebemos a importância da participação dos alunos nas discussões. A aluna A se destaca, pois ela promove intervenções que contribuem para a sistematização das ideias que surgem a partir da participação dos demais alunos, criando novas interações em sala. É o momento que ocorre a articulação das ideias colocadas em discussão provocadas pela mediação semiótica.

No episódio a seguir se discute a possibilidade de ligar a resistência de um chuveiro fora da água. No decorrer da discussão, a atitude do professor favorece que a aula tenha um caráter mais dialógico. Vejamos o que acontece.

Quinto Episódio: Panela com e sem água no fogo

126	Professor: esquentar mais. Agora quem estava certo àquela hora do chuveiro. O J ou o M.
127	Aluno J: o M.
128	Professor: O aluno J no início da aula perguntou ao professor. O que ele poderia fazer para ter uma água mais quentinha do que o chuveiro me fornece? eu tenho que aumentar a mola ou diminuir?
129	Alunos: diminuir.
130	Professor: diminuir
131	Aluno M: se você diminuir desse tamanhinho assim o trem vai esquentar muito.
132	Professor: você tem que tomar o cuidado, pois você pode diminuir, muito de fechar um curto.
133	Aluno M: Cuidado, queima o chuveiro
134	Aluna A: vai passar uma grande energia.
135	Professor: Vai passar uma grande energia que não suporte e vai queimar o chuveiro. Você ta entendendo? Não é só diminuir e esquentar mais tem esse cuidado? Tem que vê se a resistência suporta!
136	Professor: Vai ter uma aula da semana que vem que vamos ligar ele na água para poder esquentar de verdade. (pega a resistência na mão e mostra pra turma)
137	Professor: Por que não dá pra ligar ele fora? Posso ligar isso aqui na tomada? (mostra a resistência pra turma) Já que é 110.
138	Aluno M: pode
139	Aluna A: não.

140	Aluno M: 110 pode.
141	Professor: Se eu ligar isso aqui na tomada que é 110, o que vai acontecer? Alguém já comprou um chuveiro, ligou o chuveiro e ele queimou?
142	Aluno J: (Levanta o dedo.)
143	Professor: ligou o chuveiro e ele queimou? (olhando para o J)
144	Aluno J: (faz sinal de sim com a cabeça) Ai você tem que fazer o seguinte, ai você tem que desligar o chuveiro, encher o chuveiro todo, de água, ai quando ele enche ele joga água pra baixo, enquanto ele não enche não sai água, ai depois você pode ligar o chuveiro.
145	Professor: é por isso que você não pode ligar esse ai fora da água. Professor: é igual ao ebulidor. O Ebulidor se você ligar fora da água ele queima. Esse daqui não pode ser ligado fora da água.
146	Professor: (pega um ebulidor queimado e mostra para os alunos como fica.) Não foi eu que queimei. Risos.
147	Aluno M: e que nem peixe.
148	Aluna A: Mas porque é água?
149	Aluno M: Se não queima. É igual panela no fogo se você não colocar água vai queimar a panela.
150	Professor: O raciocínio é esse. Panela com água e sem água. As duas na mesma chama. Por que a panela sem água queima? Há transferência de energia pra água. Havendo transferência de energia pra água... (faz gesto de tudo bem)
151	Aluna A: aí se a energia ta concentrada no negócio lá, queima. A ta entendi.
152	Professor: balão como água e balão sem água. você já viu essa brincadeira. balão com água e balão sem água coloca os dois em uma chama e o com ar estoura e o com água
153	Aluno C: não estoura.
154	Professor: não.
155	Aluna D: Annn. Ué que doideira é essa.
156	Professor: esse aqui é outro tipo de chuveiro, a resistência é a mesma, só que ao invés de ficar esticadinho, ele ta enrolado. Aí tem os contatos aqui, aqui, no meio e aqui em baixo. Esse aqui é o menor. e daqui pra baixo é o maior. (mostra com o dedo os contatos no resistor)
157	Esse é em espiral para economizar espaço.
158	Aluno M: é o mesmo valor da outra resistência?
159	Professor Não sei, aí depende. Deve ser próximo de 10 reais. No final das contas o que é efeito Joule? Efeito Joule o que é? É um fenômeno físico que toda vez que você consegue transformar a energia elétrica de uma fonte em energia térmica, que foi que aconteceu aqui (mostra o circuito) e no chuveiro (ostra o chuveiro) e acontece no ferro elétrico, no ebulidor, toda vez que você transforma energia elétrica integralmente em energia térmica, você ta diante de um fenômeno

físico denominado Efeito Joule.

No turno 137, o professor faz uma pergunta: Posso ligar isso aqui (resistência na tomada) na tomada 110? Inicia uma discussão com respostas curtas. O professor então pergunta para a turma: Alguém já ligou um chuveiro em casa e ele queimou? O Aluno J, explica então como se faz para ligar sem queimar a resistência de um chuveiro novo. O professor complementando a explicação do aluno mostra um ebulidor queimado, comparando o que aconteceria com a resistência se fosse ligada fora da água. A aluna A, ainda não satisfeita com as explicações, faz uma pergunta. E que responde é o aluno J, com uma analogia entre a panela com água e sem água. O professor percebe que essa analogia favorece o entendimento, autoriza a explicação e se apropria da ideia para dar continuidade a discussão. Percebemos que a aluna A entendeu a analogia proposta.

Neste episódio percebemos a *intersubjetividade* presente à medida que o professor constrói novas analogias a partir da disponibilidade do professor em apropriar das ideias trazidas pelos alunos e utilizá-las nas discussões em toda a sala. A mediação semiótica, explicitada pelas analogias surgidas na aula, chuveiro/ebulidor e panela/balão, facilitaram a apreensão dos conceitos pelos alunos.

Em seguida o professor, apresenta o conceito joule e relaciona as transformações de energia em outros equipamentos que tem o mesmo princípio de funcionamento, preenchendo possíveis lacunas sobre os conceitos discutidos.

Na continuidade da aula, o professor traz uma nova *definição de situação*: relacionar o Efeito Joule com a espessura do filamento de lâmpadas de potências diferentes. Vejamos o que acontece.

Sexto episódio: A área e o brilho

176	Professor: Agora gente é a atividade 3 para ilustrar o fenômeno de efeito joule é o seguinte: Você tem duas lâmpadas aqui na minha mão, uma de 25Watts e a outra de 100Watts, Eles são feitos do mesmo material.
177	Aluno M: filamento de tungstênio
178	Professor: que o filamento é de tungstênio. Então isso aqui é igual nas duas. (mostra para o r na equação $R= r L/A$), Vamos supor que o L também seja igual. Que a distância do fio la dentro da lâmpada seja igual. Eu quero saber qual das duas lâmpadas tem o filamento mais grosso? A de 100Watts ou a de 25 watts?
179	Aluno M: a de 25 W
180	Professor: Qual tem o filamento mais grosso e por quê?

181	Aluno M: 25 W
182	Professor: Para o aluno M. Pro M a de 25 tem o filamento mais grosso por quê?
183	Aluno M: porque passa menos corrente e menos potência.
184	Professor: Alguém acha diferente? Alguém contraria ele? Ninguém vai contrariar ele? O T contraria. O T falou que não! Quem está certo o T ou o M? Risos!
185	Professor: Me explique por quê?
186	Aluno M: você quer que eu fale?
187	Professor: Pode.
188	Aluno M: Porque o filamento é mais grosso aí a corrente vai ser menor e assim a potência vai ser menor.
189	Professor: Aí você falou o contrário,
190	Aluno M: Não (outros alunos também falas não)
191	Aluna A: Se for mais grosso vai passar mais corrente. (fala olhando para o aluno M)
192	Aluno M: Se corrente for menor, menor a potência uai.
193	Professor: Sim, qual delas?
194	Aluno M: a de 25 Watts!
195	Aluna A: Aí o filamento vai ser menos grosso não?
196	Aluno M: mais grosso!
197	Professor: Vamos repetir o que você falou. 25 W é mais grosso, pois passa menos corrente e menos potência. Isso?
198	Professor: o mais grosso passa menos corrente?
199	Aluno M: (fica pensando) passa não?
200	Aluna A: O mais grosso passa mais corrente!
201	Professor: Se é mais grosso o A é maior né?! Se o A é maior, o R é menor! (coloca setinha para cima A da na equação $\downarrow R = r L/A \uparrow$ e reta para baixo no R)
202	Aluno M: O R é menor.
203	Aluno J: Não, Vai passar a mesma quantidade. A Resistência que vai ser maior, menor.
204	Professor: R é menor.
205	Professor: Se o R é menor o I é? (escreve a seta para baixo no R e seta para cima no I, na equação $\uparrow I = V/R \downarrow$)
206	Aluno M: Maior.
207	Professor: Se o I é maior, a potência é? (mostra a equação $P = V.I$)

208	Aluno M: Maior, se o I é maior a potência é maior! Mas professor, você falou que quando a potência é menor a resistência é maior.
209	Professor: o I e o P são proporcionais (Faz um risco no I e no P da equação)
210	Aluno M: Isso. Se o i é menor são 25 W né.
211	Professor: Então não pode ser mais grosso.
212	Aluna A: Porque mais grosso vai ter mais passagem de corrente (faz o movimento com a mão indicando passagem da corrente e olha para o aluno M).
213	Professor: depois você vai ver aqui (mostra para o aluno as lâmpadas de 25 W e 100 w)
214	Aluno J: o Valor da corrente que vai passar é a mesma, só o valor da resistência que muda nas duas.
215	Aluno M: você falou que o filamento é do mesmo tamanho.
216	Professor: Sim
217	Aluno M: Então, então a resistência vai ser a mesma coisa, não?
218	Aluno J: A resistência vai ser diferente, mas a corrente muda.
219	Professor: Seria a mesma coisa se o A fosse igual?
220	Aluno J: A corrente é a mesma, só que a resistência que é diferente.
221	Professor: A corrente não é a mesma, não.
222	Aluno J: Não.
223	Aluno M: A corrente não é a mesma não, por que uma é 100 watts e a outras 25watts, ue!
224	Professor: A fonte de energia que é o V é o mesmo (mostra o V nas equações)
225	Aluno M: igual, 110.
226	Professor: Vamos tentar então analisar. Se 25 W fosse mais grosso, O A era é maior. Se o A era maior a resistência era menor. Se a resistência fosse menor, a corrente era maior. Se a corrente fosse maior a potência era maior então brilhava mais. (vai falando e mostrando no quadro as equações com as setas para cima e para baixo)
227	Professor: Então não pode ser mais grosso. Tem que ser mais fino.
228	Aluno M: Então é de 110 Watts no caso.
229	Professor: É
230	Aluna B: o A é o que? (pergunta para a aluna A)
231	Aluna A: essa a é o que mesmo?
232	Professor: É a área do fio,
233	Aluna A: área de contato?

234	Professor: a área da secção reta, a espessura, mais grosso ou mais fino,
235	Aluna B: Amm! (Faz anotações no caderno e balança a cabeça confirmando)
236	Professor: a de 100 W, depois você vai comparar aqui. Olha qual é mais grosso aqui? Você vai ver que é de a 100.
237	Aluno J e Aluna B: Pega para ver qual é mais grosso.
238	Professor: tem praticamente o mesmo comprimento.
239	Aluno C: (se move para observar a lâmpada nas mãos dos colegas M e B)
240	Professor: Vamos pegar aqui (vai ao quadro e escreve $100\text{ W} \Rightarrow 100\text{ W}$ sendo mais grosso a área é maior (polegar para cima), A Área maior,
241	Aluno M: Resistência Menor
242	Professor: resistência menor, (polegar para baixo). Se a resistência é menor a corrente é maior, (polegar para baixo)
243	Aluno M: a corrente é maior (aluno fala junto com o professor)
244	Professor: Se a corrente é maior, Brilha mais, dissipa mais potência. A lógica é assim. Então pode reparar o filamento, a da lâmpada de 100 w em uma espessura, ela é mais grossinha, que a de 25 W. Pode reparar aí. A de 25 tem resistência fina para passar menos corrente e brilhar menos. O Chuveiro tem que ser grossinho. (espera alguns aluno falar). O chuveiro tem que ser grosso por quê? Por que o chuveiro tem que ser grosso?
245	Aluno J: Passar mais corrente.
246	Professor: Grosso, menos resistência, (mostra a equação $\downarrow R=rL/A \uparrow$)
247	Aluno M: mais corrente:
248	Professor: mais corrente, mais potência esquentam mais. (mostra a equação $\uparrow i=V/R \downarrow$) e a $\uparrow P=V \cdot i \uparrow$ É assim. Essa é a lógica. Ta difícil?
249	Aluna C: Não
250	Professor: mais ou menos. Deu para entender a lógica das três atividades. Essa aqui (mostra o circuito), para mostra a relação do comprimento com a resistência, esse aqui também uma relação com o comprimento (mostra o chuveiro), e a lâmpada incandescente a relação com a espessura.
251	Professor: Agora vamos chegar a uma última formula, que relaciona potência com resistência elétrica.
252	Professor: Vou pegar essa aqui ($P = V \cdot I$). Potência é voltagem vezes corrente e vou partir e também vocês sabem que ($V=R \cdot I$ escreve no quadro.
253	Aluno M: $V= R \cdot I$
254	Professor: se eu substituir aqui ($P= v \cdot i$) eu vou ter aqui potência é igual a $R \times I^2$. Essa aqui é melhor para analisar.

A discussão de uma questão inicial “Qual das duas lâmpadas tem filamento mais grosso? A de 100W ou 25W?” iniciou-se um extenso debate sobre a espessura do filamento e a potência da lâmpada.

Dois pontos chamaram a nossa atenção nesse debate. O Aluno M, percebe a relação inversa entre a resistência e a potência, porém não percebe a relação inversa entre a espessura (área do fio) e a resistência. Neste ponto merece uma análise do significado da palavra resistência. Quando olhamos para um fio mais grosso, o primeiro significado que vem em nossa mente é que ele apresenta uma maior resistência. Esse pensamento é verdadeiro desde que estejamos pensando em resistência mecânica, isto é, será necessário o emprego de uma força maior para rompê-lo, será mais difícil de quebrá-lo, ou cortá-lo. Porém quando se trata de resistência elétrica, a ideia é oposta, assim um fio de maior área transversal (maior espessura) apresentará menor resistência elétrica

O professor explica o equívoco do aluno a partir das relações matemáticas envolvidas. Ele convoca aos demais alunos que expliquem as diferenças entre os brilhos das duas lâmpadas de potências diferentes provocando uma discussão na sala de aula. O que se percebe, a partir do debate, é que a maioria dos alunos apresenta a mesma dificuldade na relação entre a espessura do filamento e o valor da resistência. O professor repete a explicação utilizando as relações matemáticas novamente para a sala toda ao reconhecer que a maioria dos alunos não se apropriou dos conteúdos.

Neste episódio percebemos que *intersubjetividade* foi incompleta, pois na tentativa de se construir uma explicação sobre o que estava sendo analisado, não provocou uma mudança na *definição de situação*. Nesse caso o uso da atividade experimental com uma *mediação semiótica*, isto é, analisar a espessura do fio, não mudou a *definição de situação* anterior, do aluno M. Diferente do episódio anterior, o professor não utiliza analogia para auxiliar na explicação. Nesse caso, ele acredita que a análise das equações envolvidas permitirá a apropriação do conteúdo. Apesar da aluna A, no turno 212, sugerir a relação correta entre a espessura (área) e a corrente elétrica, o professor não percebeu tal ação.

4.2 Análise da aula: medidor de energia

Os dados a seguir se referem à segunda parte da quinta aula da sequência de potência elétrica. Nesta aula, o professor discutiu o consumo de energia elétrica de aparelhos resistivos utilizando um medidor de energia portátil, semelhante ao encontrados em nossas residências. Selecionamos um episódio dessa atividade que demonstra as ações do professor ao utilizar o experimento, contribuindo para uma mudança da dinâmica da aula. A figura 4, o professor

trouxe para a sala um medidor de energia, semelhante aos usados pelas concessionárias de energia, que direcionou os olhares dos alunos.



Figura 4: Medidor de energia.

No episódio a seguir, o professor iniciou a discussão sobre a leitura e funcionamento do medidor de energia encontrado nas nossas casas. Vejamos os turnos do sétimo episódio.

Sétimo Episódio: Medindo potência com o medidor de energia

Turno	Transcrições
85	Professor: É só subtrair, né gente? Pega o valor atual e subtrai do valor inicial e você tem o consumo de energia. Ta Ok. Subtrai esse menos esse ai você vai ter quantos KWH Consumidos em um mês. ta bom. Então esse aparelho e isso. Tem os numerinhos e através da diferença de leitura e que você faz, obtém o consumo de energia elétrica. Então vamos gente. Ok vamos aqui, gente. Então o desafio é o seguinte? Eu tenho o aparelho elétrico aqui. Faz de conta que eu não sei a potência que ta escrita aqui. Eu não sei a potência. Eu quero determinar a potência desse aparelho utilizando o medidor de energia. O que eu tenho que fazer?
86	Aluno J: Ligar na tomada.
87	Professor: eu sei e dai? Ligo funciona e ai o que mais? Como eu sei?
88	Aluno J: você liga no medidor. Ai você vê o quanto ta girando depois você liga em outra tomada.
89	Professor: não entendi?
90	Alunos: como é?
91	Aluno J: Você liga o medidor na tomada. e apaga. desliga tudo. do circuito, ai depois você liga o secador aí você vai ver o quanto ele consumiu.
92	Professor: Sim. Ai eu vejo o quanto consumiu de energia elétrica. tudo bem! E qual é a potência dele? Como eu sei? O problema é o seguinte, é um desafio? Determinar a potência dele? Você sabe a energia consumida por ele
93	Aluno J: Ai você deixa ele ligado? Deixa ele ligado por uma hora. Aí você vai saber a energia dele por hora.
94	Professor: A ta você determina o tempo vê a energia e calcula a potência, a ta ai ta certo. Entendi

95	Aluna A: É energia sobre o tempo?
96	Professor: Am?
97	Aluna A: E energia sobre o tempo?
98	Professor: Isso. Lembra da primeira experiência aquela da escada? Potência é o que?
99	Aluno M: energia sobre o tempo
100	Professor: (escreve no quadro $P=E/t$) energia sobre o tempo. O que o Aluno J, falou? Professor quer saber a potência né? tubo bem! Liga o aparelho, não ta consumindo uma energia ?
101	Aluna A: Ram, RAM
102	Professor: Eu vou ler o quanto consumiu em um tempo qualquer? por exemplo, 1 hora, 10 minutos. Não se (escreve no quadro a equação $P=E/t$). Tempo e energia. Isso aqui eu determino (aponta para a letra t, no quadro) e isso aqui (aponta para a letra E, no quadro) eu leio (aponta para o aparelho). Fazendo a razão eu tenho o que? A potência do aparelho.
103	Alunos: (falam junto com ele): potência do aparelho

Os alunos se interessaram em compreender o uso do aparelho, uma vez que perceberam a possibilidade de se medir a energia elétrica consumida em uma casa. Essa discussão se mostrou importante pois, em momentos anteriores, os alunos se interessaram pela discussão de como ocorrerem fraudes na conta de energia, conhecido popularmente como “gato na luz”. O professor explicou como é feito a leitura nos diferentes tipos de medidores, e propôs desafio: “Eu quero determinar a potência desse aparelho utilizando o medidor de energia. O que eu tenho que fazer?”. Entendemos que nesse momento caracterizou a *definição de situação*.

A *intersubjetividade* se mostra durante as ações do professor ao conduzir o estudante para a elaboração da resposta. Sua atitude possibilitou a criação de um ambiente em que o aluno teve a oportunidade explicitar seu ponto de vista. Em seguida, o professor promoveu intervenções de forma a guiar o aluno em direção às ideias científicas, isto é, conduziu o estudante por perguntas que tinham um objetivo de chegar ao conceito de potência como uma taxa de transferência de energia por tempo. Nessas interações, o professor discute com as respostas do aluno J pedindo para que ele explicasse melhor as suas ideias, e compartilhava o significado com toda a turma. Após a explicação apresentada pelo aluno, do desafio, ele sintetiza a explicação para toda a turma.

O medidor de energia surge como o objeto concreto, o centro que sucinta as discussões na sala. É a partir dele que o professor cria a sua intersubjetividade apoiado na *mediação semiótica* que esse objeto permite.

4.3 Compreendendo as ações do professor em sala de aula

Quando analisamos as ações do professor nos episódios percebemos uma diferença no que diz respeito à abertura para o diálogo com os alunos. Em alguns episódios ele se mostra mais ou menos diretivo. Acharmos que compreender essas situações traz contribuições importantes para o trabalho.

No sétimo episódio, após explicar como é feita a leitura nos medidores de energia ele propõe um desafio: utilizar o medidor para determinar a potência de um aparelho elétrico. Esse desafio estava no final da quinta atividade da sequência e o professor traz para o início da aula essa discussão. Uma atitude diferente nos episódios anteriores, isto é, a abertura realizada pelo professor ao propor o desafio não aconteceu no primeiro, segundo e terceiro episódios analisados. Nesses, o professor foi mais diretivo quanto à suas colocações. No quarto e sexto episódios, percebemos que o professor estimulou a participação dos alunos na aplicação dos conceitos discutidos anteriormente em uma nova situação. No quinto episódio ao discutir a queima do resistor do chuveiro, quando ligado fora da água, o professor se mostrou disponível para a analogia proposta do aluno J, relacionando a panela com e sem água.

Quando perguntado sobre os motivos para a sua maior ou menor diretividade durante as aulas em que utiliza os experimentos, o professor fez algumas considerações importantes. Em primeiro, menciona sobre maior ou menor possibilidade de mediação, em sala, que o aparelho permite:

para mim é o objeto de trabalho que tenho. Alguns objetos por si só suscitam em mim uma abertura maior para o diálogo com os alunos. Por exemplo, no caso do relógio de energia. É um aparelho que mim eu consigo facilmente elaborar várias perguntas: E aí o ponteiro? como funciona? A escala de medida? O que é isso KWH? Qual a relação dele com outras unidades de medidas que a gente conhece joule? Vcs já viram esse aparelho na casas de vocês? Ele faz o que? Podemos utilizar esse aparelho para medir a potência de um outro aparelho qualquer na sua residência? Esse é o desafio? Como? Entendeu? Tem certos tipos de aparelhos que a gente leva para sala que para mim é muito mais fácil manter o diálogo com o estudante. Já não tanto se fosse com uma lâmpada? A lâmpada me reduz talvez? A lâmpada no campo da energia elétrica. Ela acende, emite luz, transforma energia elétrica em luminosa e térmica e pronto. Não me vem na

mente talvez mais questionamentos. Ou pelo menos eu já me sinto satisfeito em relação ao objetivo daquele aparelho. O aparelho só tinha a função de transformar energia elétrica em luminosa e térmica. Tá bom! Eu acho desnecessário talvez, ficar puxando alguns tipos de assuntos que talvez num tem como objetivos naquela aula puxar esses tipos de conversa esse tipo de diálogo. Mas outros aparelhos não! O medidor de energia elétrica pra mim ele já sucinta e eu acho ais importante dedicar um tempo para argumentar mais em cima dele. Por isso o que determina pra mim muito é o aparelho e a função dele na minha aula. [...]

Na visão do professor o medidor de energia apresenta uma maior quantidade de atributos relacionados ao cotidiano dos alunos, que a lâmpada, e conseqüentemente, permite maior abertura ao diálogo.

O segundo motivo, refere-se ao tempo, isto é, trabalhar com o diálogo em sala implica muitas vezes um tempo mais longo

[...] questão é ganhar tempo. Quando eu quero encurtar para ganhar tempo... quando eu tenho o objetivo de resolver exercícios ou já tenho alguma outra coisa em mente eu atropelo a fase da argumentação e já vou mais direto, mais demonstrativo do que argumentativo, dialógico. A questão mesmo é ganhar tempo mesmo. [...] diálogo é importante mais temos também de ter.... muitas as vezes se perde a gente se perde um pouco quando abre para o diálogo mas também ganha pro outro lado com certeza. [...] nem sempre da pra ser dialógico. Abre muito e a gente começa a ficar desesperado com o andamento do negócio.

Em terceiro, o uso de experimentos facilita as discussões uma vez que desperta a curiosidade e contribui para uma aula com maior dinamicidade.

[...] o experimento em si, costuma prender a atenção do aluno. Ele já esta cansado de uma escola tradicional. [...] vai despertar a curiosidade do aluno em querer saber o que é isso? Então tem a função de facilitar o diálogo. Ele facilita o diálogo pra fazer que o aluno tenha o olhar voltado a você. E tendo esse olhar voltado para você, o diálogo fica mais fácil. Facilita né! E outra coisa o aparelho em sim ele sucinta varias perguntas? Por que brilha? Por que gira? Por que aquece? O aparelho em si sucinta

as indagações? Ne? Ai cabe o professor começar a ter esse diálogo e direcionar certas perguntas que o aluno faz para criar um tipo de conhecimento que ele quer. Né!? [...] E uma coisa é você falar e uma coisa é você demonstrar e ele ver! Com certeza é bem distinto. E a retenção do conhecimento é muito maior no meu ponto de vista quando você ver acontecer e compreende por que isso acontece. E sem esse mediador que a gente chama de experimento acho que dificilmente isso aconteceria ou dificilmente acontece. [...]

Por fim, a própria utilização da sequência permite uma menor diretividade quando comparado ao uso do livro didático. Tal abertura, implica na visão do professor que trabalhar com a sequência didática produzida pelo grupo o torna um melhor professor:

[...] Mas engraçado as minhas melhores aulas são as aulas de sequência de ensino, as aulas que eu sinto que sou professor é aquelas aulas que misturam diálogo e demonstração, é aulas que você fala: puxa vida que legal ser professor porque é uma aula completamente distinta daquelas expositivas e vão fazer exercícios né! Completamente distinta! Até o resultado nas provas nas avaliações são muito melhores... e as questões que eu coloco não são bobas assim não.

Percebemos que o professor se identifica com a profissão docente à medida que ele aplica a sequência didática. Inferimos que essa posição do professor esta relacionada ao maior envolvimento dos alunos nos debates ocorridos durante as aulas.

5. CONSIDERAÇÕES SOBRE A SEQUÊNCIA DE ENSINO

Conforme mencionamos, a sequência de ensino, em anexo, foi produzida no Grupo do PIBID. Acreditamos que esse projeto de pesquisa colaborativa, envolvendo professores da educação básica e docentes da universidade, aproxima o mundo da escola pública, com sua realidade, com a pesquisa acadêmica.

Uma das vantagens da sequência de ensino proposta é que quebra com a linearidade dos tradicionais conteúdos encontrados nos livros didáticos quando explora um tema ou conceito ao longo das diversas atividades e em níveis de dificuldades diferentes. No nosso entendimento, essa quebra favoreceu a abertura para as discussões durante as aulas analisadas.

Acreditamos que as atividades experimentais demonstrativas ganharam um novo significado para os alunos uma vez que estavam enquadradas pela intencionalidade educativa contida na formatação da sequência didática proposta sobre *Potência Elétrica*. Mais do que atividades propostas na parte final dos capítulos, ou como sugestões para o trabalho docente, às quais os professores aderem ou não, aqui nos deparamos com uma alternância entre desenvolvimento conceitual, as atividades experimentais de demonstração e a resolução de exercícios relacionados ao tema.

Essa sequência apresentou um caráter tecnológico, abordando o uso de equipamentos elétricos comuns em todas as casas, como chuveiro elétrico, ferro elétrico e lâmpadas. Acreditamos que essa proximidade com o cotidiano contribuiu para aumentar o interesse dos alunos pelos temas estudados.

5.1 A sequência nas aulas de Física

5.1.1 Um olhar sobre o material, os alunos e o professor

A inserção da sequência didática introduziu mudanças na dinâmica de sala de aula, e que tais mudanças chamaram a atenção dos alunos.

Já na primeira atividade, o fato de sair de sala e andar pela escola já criou um outro clima na turma. Alguns alunos relataram que subir a escada principal da escola correndo foi algo que eles nunca imaginariam fazer em uma aula de física, e que essa atividade foi uma das mais interessantes que eles participaram.

Na segunda aula a aluna A discute sobre o conteúdo do material didático com que estavam trabalhando. O objetivo desta atividade era avaliar a concepção prévia dos alunos sobre os conceitos de potência, consumo de energia e voltagem. A aluna A, antes de o professor iniciar a segunda atividade, pergunta se naquele bimestre não iria passar matéria no

quadro e explicar o conteúdo, como fazia anteriormente. A resposta dado pelo professor foi que naquela apostila, se referindo a sequência de potência elétrica, teria toda a teoria do bimestre. A aluna novamente intervém, perguntando se na apostila teria somente atividades. O professor vai até a aluna e responde afirmando que tem matéria e atividade. Ele explica que primeiro tem as perguntas, se referindo a problematização inicial, depois as atividades, e em seguida as fórmulas. Em cada aula, o professor demonstra segurança e domínio tanto o planejamento que embasa a sequência didática quanto as intencionalidades educativas que perpassam cada atividade e o experimento presente no material.

Outro fator que contribuiu para o envolvimento dos alunos com as atividades foi a proposta de trabalho em grupos. Essa mudança nas aulas provocou uma mudança no comportamento dos alunos. Eles se envolverem com a atividade, organizando os grupos e querendo responder as questões de forma correta, pois solicitavam o professor várias vezes perguntando se estava certo o raciocínio que eles tinham desenvolvido. As intervenções do professor foram no sentido de alimentar o debate e a discussão nos grupos.

Podemos afirmar que, a partir da quarta aula, o professor estabelece uma relação de confiança com a turma. Ele consegue sustentar as discussões em sala, e passa a ser um mediador entre os alunos e os conteúdos trabalhados. O professor, por sua vez, torna-se disponível para escutar o que ocorre em sala. Quando percebia dispersões de alguns alunos na sala, ele introduzia rapidamente uma questão desafiadora. Como exemplo na aula do medidor de energia o professor sugeriu o seguinte desafio: “Seria possível determinar a potência de um aparelho elétrico utilizando o medidor de energia?” Isso desperta a atenção da turma e após pensar um pouco, o Aluno J, sugere um caminho para a resposta. O professor explica o raciocínio do aluno para a turma e aproveitando do envolvimento dos alunos ele explica que irá fazer uma atividade que é ligar uma lâmpada e um secador e analisar o giro do medidor de energia. Em outra situação o professor reconhece a dificuldade dos alunos em se apropriarem da relação entre espessura de um filamento e a energia dissipada; com muita paciência, apresenta o caminho explicativo para conduzir os alunos à compreensão da resposta por várias vezes. Ele escreveu as equações $I=V/R$, $R= \rho L/A$ e $P=VI$ e foi analisando e discutindo com os alunos cada uma das variáveis.

Encontramos, sobretudo, professor e alunos motivados diante de um material com aparente potencial educativo. A mudança na dinâmica das aulas foi evidente em vários momentos da pesquisa: na carta escrita pelos alunos, nas entrevistas realizadas com os alunos e com o professor, no diário de campo do pesquisador e nas filmagens das aulas. Em todos encontramos um maior envolvimento dos alunos durante as aulas.

5.1.2 Uso das atividades experimentais

A abordagem experimental, segundo os nossos dados, auxiliou o professor na construção de sentidos e significados, dos conceitos e modelos científicos.

Em nosso entendimento, atividade experimental foi um recurso didático que possibilitou a visualização de situações abstratas, tais como: um fio ficando vermelho com a passagem de uma corrente elétrica, da água fervendo ao redor de um resistor de chuveiro e o aumento do giro do medidor de energia ao ligar um aparelho de maior potência a rede elétrica.

Podemos dizer que o experimento tal como vivido foi uma verdadeira experiência de aprendizagem, uma vez que não aconteceu uma ruptura entre a explicação teórica e os dados empíricos isto é, a atividade experimental demonstrativa entra na sala de aula como uma extensão do quadro.

Entendemos também, que nessa sequência analisada, o experimento pode ser considerado uma linguagem que favoreceu a discussão entre, o professor e o aluno, quando indicava a dúvida do aluno ou auxiliava a explicação do professor.

Podemos inferir que a atividade experimental pode ser considerada uma linguagem simbólica ou gestual complementar à linguagem oral. O experimento possui também uma linguagem própria que facilita o processo de ensino quando associada às ações do professor quando relaciona os dados observáveis aos conceitos relacionados a potência elétrica.

Sobre a linguagem gestual, entendemos, que no quarto e sexto episódio, o fato do professor explicar a relação inversa entre a corrente e a resistência, utilizando o dedo polegar para cima e para baixo, como também o fato de indicar com o dedo indicador o caminho onde a corrente elétrica passará auxilia o processo de ensino auxiliando o entendimento do significado de algumas palavras.

Destacamos alguns exemplos de episódios em que o experimento e as ações do professor contribuíram para promover a aprendizagem dos conceitos:

- ✓ A mudança da velocidade do giro de um medidor da Cemig ao ligar equipamentos com potências diferentes, despertando o interesse por lidar com situações do cotidiano, assim como perceberam que o tempo influencia no consumo de energia elétrica.
- ✓ Quando o professor utiliza as evidências experimentais, como a vermelhidão do fio, para explicar relação inversa entre a resistência elétrica, a maior passagem de corrente elétrica e conseqüentemente maior potência dissipada.
- ✓ Na atividade em que é possível ver a água fervendo ao redor do resistor de chuveiro facilita a explicação do professor, pois os dados experimentais dão sentido aos conceitos e as relações matemáticas.

- ✓ Relaciona os dados experimentais ao modelo teórico. Na aula de efeito Joule, o professor escreve no quadro as equações, $P = V \cdot I$ e $I = V/R$ e $R = \rho L/A$ e explica a incandescência do fio acreditando nessas equações e relacionado os dados observáveis com as mesmas para explicar a relação inversa entre a resistência e potência.

As atividades experimentais foram vividas como um intenso motivador de discussões entre professor e alunos sobre os conceitos envolvidos. Através do levantamento das ideias dos alunos e do debate, o professor foi, a cada momento das aulas, explicando as dúvidas dos alunos, procurando preencher as lacunas e explicar as dúvidas dos alunos relativamente aos conceitos envolvidos. Em síntese, trata-se de fazer com que termos como resistência, corrente elétrica, voltagem, potência, em conjunto com variado número de habilidades e destrezas necessárias para suas determinações, fizessem sentido no contexto em que surgiam. Portanto, temos a impressão de um esforço para ajustar, articular ou tornar coerente um corpo teórico, com a parte fenomenológica do paradigma.

5.1.3 Motivação do professor

Um aspecto importante percebido na análise das aulas foi a atuação do professor ao longo do trabalho desenvolvido. Em primeiro, o convite feito pelo professor aos alunos, para que esses participassem das aulas, de forma que o experimento estivesse no centro da discussão. Tal convite significa inserir os alunos em um ambiente rico em situações que estimulam o aprendizado.

Em segundo, a disponibilidade para escutar os alunos e sustentar a discussão ao longo das atividades da sequência. Percebemos a disposição do professor em explicar o que estava fazendo com calma e detalhadamente, de forma a compartilhar a atividade experimental com todos os alunos. Além disso, o professor reconhece quando os alunos apresentam dificuldades na compreensão dos conceitos, procurando formas diversas de sanar essas dúvidas. Essas atitudes contribuem para a aproximação entre a demonstração e o aluno, dando a sensação de um pano de fundo comum a toda a sala de aula.

Uma das situações marcantes refere-se a identificação do professor com a sequência de ensino aplicada. Inferimos que o seu envolvimento com o conteúdo desenvolvido contagiou os alunos que também se sentiram motivados no trabalho.

Esse envolvimento dos alunos com as atividades experimentais foi muito evidente nos dados coletados. Os experimentos despertaram a atenção e o interesse pelo tema estudado tirando os alunos da apatia estimulando a interação entre alunos e professor com perguntas e

respostas. Percebemos também uma mudança na postura da sala, os alunos se movimentaram de forma a se posicionar para ver as evidências empíricas das atividades experimentais. Eles fizeram perguntas pertinentes sobre o que estava acontecendo. Direcionaram o olhar a tento para o professor quando estava manipulando os experimentos. Tiveram interesse e vontade de responder as questões levantadas. Interagiram entre os colegas sobre o que estava sendo discutido e contribuíram com exemplos de situações do cotidiano.

5.2 Sugestões para a elaboração de uma sequência por outros professores

Entendemos que novas sequências de ensino possam ser reelaboradas tendo a sequência de Potência Elétrica como matriz principal. Dessa forma, sugerimos alguns apontamentos, que poderão ser utilizados pelos futuros professores para a elaboração de uma sequência que tenha as reflexões da pesquisa, como também as alterações que cada professor achar conveniente.

5.2.1 Construção contexto/problema e o caráter investigativo

Algumas atividades podem apresentar um contexto inicial, em que surge um problema para ser discutido/respondido. Acreditamos que parte do envolvimento dos alunos, com as atividades, está nessa contextualização/problematização com questões provocadoras e próximas do seu cotidiano. Em algumas atividades em que o professor construiu o problema percebemos o envolvimento maior dos alunos.

Sugerimos também ao professor, algumas ideias de perguntas e atividades que favoreçam os aspectos de uma atividade investigativa. Dessa forma o professor pode explorar mais as concepções prévias dos alunos. Como exemplo, na atividade do fio de níquel cromo percorrido por corrente elétrica, sugerimos que aplicasse a tensão em um ponto intermediário do fio e discutisse com os alunos sobre o que aconteceria se diminuísse ou aumentasse o comprimento do fio.

5.2.2 Leitura dos textos junto com os alunos e algumas atividades experimentais realizadas pelos alunos

Favorece a dinamização das aulas e um maior envolvimento da turma com tipos de atividades diferentes. Alguns grupos de alunos se envolviam mais com as atividades quando estavam respondendo as questões em grupo. A leitura compartilhada dos textos preenche algumas lacunas na formação de conceitos em evolução.

5.2.3 Explicar a contradição que existe nos aparelhos resistivos

Analisamos os aparelhos que transformam energia elétrica em térmica. Nesses aparelhos a diminuição da resistência elétrica provoca um aumento da potência dissipada, o oposto do que era esperado de um aparelho resistivo. Como também a relação entre a espessura do fio e a resistência elétrica. Um fio de maior espessura apresenta uma menor resistência elétrica. Porém os alunos podem apresentar uma interpretação que quanto maior a espessura maior a resistência, pois o podem associar a palavra resistência a resistência mecânica. Isso deve ser ficar claro na relação entre professor e aluno para evitar interpretações diferentes, pois é oposto ao senso comum.

Sugerimos assim atividades extras para analisar melhor a relação entre potência elétrica e resistência e o tipo de ligação em série e em paralelo.

5.2.4 Explicar a relação entre a resistividade, espessura e a resistência

É possível perceber que os alunos entenderam a relação inversa entre resistência e potência elétrica, principalmente a relação do comprimento da resistência e a potência. Porém a relação entre a resistência elétrica e a potência ser diretamente proporcional quando o circuito está em série deve ser mais explorado. Sugerimos então uma atividade extra para analisar melhor a espessura do fio e resistividade.

Também sugerimos atividade que analise o material do fio, dessa forma, compara o que acontece com fios de mesma espessura, comprimento mas feito com materiais diferentes.

5.2.5 Analisar o fator tempo no consumo de energia elétrica

Ao analisar as respostas de um grupo de alunos, percebemos que o consumo de energia está associado à maior potência dissipada dos aparelhos. Percebemos uma oscilação na evolução do conceito sobre a relação do tempo e do consumo de energia.

Na resolução da atividade quatro após uma boa discussão sobre a relação entre potência, energia e tempo um grupo associa o maior consumo de energia somente à maior potência dissipada.

Durante a quinta atividade a aluna C, ao analisar a mudança do giro do medidor de energia quando se liga aparelhos de potências diferentes. Os alunos entendem que o consumo de energia é diretamente proporcional ao consumo de energia e na sexta atividade o grupo volta a analisar a relação do consumo de energia a maior potência dissipada.

Sugerimos questões em que aparelhos de menor potência consumam mais energia devido ao maior tempo de funcionamento, acreditando que assim os alunos conseguiram entender o tempo como um fator determinante para o consumo de energia elétrica.

5.2.6 Posicionamento sobre a necessidade do consumo racional de energia elétrica

Sugerimos atividades extras para que os alunos pesquisem alternativas para diminuir o consumo de energia elétrica em suas casas desenvolvendo assim atitudes de uso racional da energia, como também a possibilidade de utilizar lâmpadas com maior eficiência energética. Também sugerimos a necessidade de discutir melhor o furto de energia, conhecido popularmente como “gato na luz”.

6 A SEQUÊNCIA DE POTÊNCIA ELÉTRICA E AS CONTRIBUIÇÕES DA PESQUISA

Caro professor, o presente material corresponde a um conjunto de atividades de aprendizagem e avaliação na temática de Potência Elétrica, que aqui denominaremos de Sequência de Ensino. Nossas sugestões estão propostas sob a denominação “Conversando com o professor”. Surgiram das reflexões da pesquisa e da nossa experiência em sala de aula, procurando diminuir a distância entre as discussões própria da academia e a realidade das salas de aulas, do ensino médio estadual.

Sequência de Ensino

Potência Elétrica

FaE-UFMG

PI
BI
D
FÍ
SI
C
A

Coordenador PIBID-Física: Orlando Aguiar

Professores: Alfonso Chínaro, Daniela Freitas, Guilherme Nazareth, Ludilan Marzano, Paulo Henrique e Eliene Ribeiro

Trocando Ideias:

Converse com seu colega ao lado sobre as seguintes questões.

Registre as respostas no caderno.

- O que você entende por potência?
- Cite situações em que o conceito de potência é utilizado.

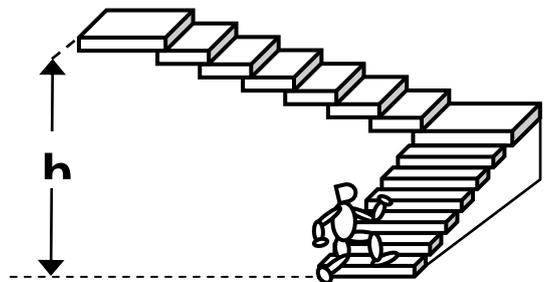
1ª Atividade: Determinando a potência máxima de uma pessoa

Nesta atividade deverão ser formados grupos de 4 alunos para discutir e responder diversas perguntas, lembrando que uma pessoa (o redator do grupo) deverá tomar nota de toda a discussão.

Por que ficamos mais cansados quando subimos uma escada correndo do que caminhando? A

energia empregada é a mesma nas duas situações? E o tempo gasto?

Nesta atividade será determinada a potência máxima que uma pessoa pode desenvolver ao subir uma escada.



Cada grupo deverá designar um representante para realizar a atividade.

I) Com uma balança de banheiro meçam a massa da pessoa.

II) Com um cronômetro meçam o tempo gasto pela pessoa para subir, entre dois ou três andares de uma escada.

Obs.: A pessoa deve partir com velocidade inicial nula do primeiro degrau.

III) Determinem a altura h que a pessoa se elevou. Que procedimento foi utilizado para medir essa altura?

Responda as seguintes questões:

1) Qual o trabalho realizado pela pessoa ao subir a escada? Considere o valor da aceleração gravitacional local como sendo de 10 m/s^2 . Dica: o trabalho realizado corresponde à variação da energia potencial gravitacional da pessoa. Tome como referência o solo que antecipa o primeiro degrau da escada, de modo que a energia potencial gravitacional inicial seja nula ($T = \Delta E_{PG} = E_{PG\text{final}} - E_{PG\text{inicial}}$).

2) Qual a taxa do trabalho realizado em função do tempo? A que grandeza física esta associada a essa taxa? Qual sua unidade de medida?

3) Comparem com as taxas desenvolvidas pelas pessoas dos outros grupos ao realizarem a mesma tarefa. Houve alguma surpresa em relação ao aluno da classe que desenvolveu maior potência nesta atividade?

4) Quantas lâmpadas de 60 W poderiam ser acessas usando a potência desenvolvida pela pessoa do grupo ao subir a escada?

Conversando com o professor

É interessante uma conversa inicial com os alunos explicando a necessidade de diálogo e interação entre eles (aluno-aluno) e entre eles você professor, para um bom desenvolvimento das atividades torna-se necessário a sua participação/envolvimento nas propostas apresentadas.

Converse com os alunos sobre os temas relacionados a potência elétrica que iremos discutir ao longo das aproximadamente 14 aulas e a organização da sala em grupos de quatro ou cinco alunos.

Sugerimos nestas atividades os seguintes tópicos: Construindo um Problema, Retornando ao Problema, Explicando o Problema e O que aprendemos nesta atividade.

1ª Atividade: Potência Mecânica **(Determinando a potência máxima de uma pessoa)**

Nessa atividade analisaremos a potência dissipada pelos alunos ao subir alguns degraus de uma escada.

A palavra potência é muito comum no cotidiano dos alunos. Potência dos carros, potência dos aparelhos eletrodomésticos, dos aparelhos de sons, potência sexual, são algumas situações em que eles já tenham ouvido a palavra potência sendo utilizada. Ela está associada à transformação de algum tipo de energia. Amplie a discussão perguntando sobre:

- a) O que vocês entendem por potência?
- b) Cite situações em que o conceito de potência é utilizado.

Construindo um problema

Explore as transformações de energia que acontecem. É um momento que eles irão relacionar as questões discutidas geralmente nos anos anteriores (energia mecânica, as transformações de energia potencial em cinética e vice e versa) dessa forma explore as respostas dos alunos, crie oportunidade para que eles respondam.

A discussão entre as diferenças das potências desenvolvidas pelos alunos, na questão quatro, desperta o interesse e favorece a discussão da relação entre a energia e o tempo. Assim é interessante construir a tabela no quadro e discutir os resultados.

É comum que os alunos façam relações analisando somente uma grandeza, Trabalho ou tempo, assim eles podem relacionar a maior potência, ao maior trabalho realizado ou a menor potência ao maior tempo gasto. Se possível analise alunos de pesos diferentes. Deixe claro que a potência depende da relação das duas grandezas trabalho por tempo, isto é, é a transformação de energia por intervalo de tempo.

A seguir sugerimos um pequeno texto para iniciar a discussão e a elaboração do problema a ser respondido. Nesse trazemos algumas questões do cotidiano dos alunos, para relacionar as transformações de energia que ocorrem no dia a dia com os conceitos físicos, energia e potência, que iremos abordar nesta atividade.

A caminhada

Sabemos que ao caminhar, utilizamos parte da energia que adquirimos nas nossas alimentações, para realizar essa atividade. Assim, parte da energia potencial química dos alimentos é transformada em energia cinética ou potencial gravitacional quando estamos nos movimentando. Após uma boa caminhada, sentimos fome, isso é uma forma do nosso

corpo nos informar que consumimos energia armazenada nos músculos, e que essa deve ser reposta. Também escutamos nos noticiários que, para consumirmos uma parte dessa energia, armazenada no nosso organismo podemos esquecer os elevadores e subir alguns lances de uma escada. Ao subir os degraus realizamos trabalho, pois variamos a energia potencial gravitacional do nosso corpo. Dessa forma o trabalho realizado ao subir a escada é igual à variação da energia potencial gravitacional ($T = E_{pg_{final}} - E_{pg_{inicial}}$).

Mais o ruim de subir escada é cansar, principalmente, se subirmos correndo. Aí surge uma pergunta: por que ficamos mais cansados quando subimos uma escada correndo do que caminhando? A energia empregada é a mesma nas duas situações? E o tempo gasto?

Retornando ao Problema

Como a atividade inicia com uma pergunta, sugerimos que, ao final, retorne ao problema inicial e peça aos alunos que respondam as questões levantadas.

Por que ficamos mais cansados quando subimos uma escada correndo do que caminhando? A energia empregada é a mesma nas duas situações? E o tempo gasto?

Explicando o problema

Quando subimos uma escada, estamos transformando parte da energia potencial química armazenada no nosso organismo em trabalho, pois variamos a energia potencial gravitacional do nosso corpo. No início da escadaria a energia potencial gravitacional pode ser considerada zero, e quando subimos os lances da escada, o nosso corpo ganha altura e conseqüentemente energia potencial gravitacional. Essa transformação acontecerá se subimos a escada andando ou correndo. A diferença está no intervalo de tempo que gastamos para realizar essa transformação, isto é, na taxa de realização do trabalho com o passar do tempo, que a física denominou de potência. Tomemos como exemplo uma situação em que um aluno de massa igual a 60Kg, subiu dois lances de escada que corresponde a uma altura de 3 metros. Ele realizou esse trabalho de duas maneiras:

Andando, em um tempo de 10 segundos;

Correndo, em um tempo de 4 segundos;

Determinando o trabalho temos:

$$E_{pg} = M \times g \times h = 60 \times 10 \times 3 = 1800J$$

Determinando a taxa de transformação

Andando

$1800 J/10s = 180J/s \rightarrow$ A cada 1 segundo o corpo transforma 180 J de energia armazenada em trabalho.

Correndo

$1800 \text{ J/4s} = 450 \text{ J/s} \rightarrow$ A cada 1 segundo o corpo transforma 450 J de energia armazenada em trabalho

2ª Atividade: Potência de aparelhos elétricos

Sobre a mesa do professor encontram-se alguns aparelhos elétricos, presentes em boa parte de nossas residências: um chuveiro, um secador de cabelo, uma prancha de cabelo, uma resistência de imersão (ebulidor), um ferro de passar roupa e uma lâmpada incandescente.



- 1- Além da aparência física, o que há em comum e de diferente entre esses aparelhos?
- 2- Todo aparelho elétrico em funcionamento transforma a energia elétrica recebida da fonte em outro tipo de energia. Cite em que tipo de energia foi transformado a energia elétrica nos aparelhos apresentados.
- 3- Por que eles aquecem quando os ligamos em um circuito?
- 4- Os aparelhos elétricos possuem informações técnicas impressas no corpo do aparelho ou em uma “chapinha”, geralmente na parte traseira. Escolha um aparelho da mesa e anote essa descrição. Discuta com o seu grupo o significado de cada uma das informações presentes nas “chapinhas”.
- 5- Esses aparelhos têm consumos diferentes de energia mesmo quando ligados a uma mesma tomada (isto é, a uma mesma fonte de energia). Explique como isso é possível.
- 6- O que faz com que um ferro de passar tenha maior consumo de energia do que uma lâmpada elétrica incandescente?
- 7- Que grandezas físicas estão relacionadas às unidades watt e volt?
- 8- O que acontece com o funcionamento de um secador de cabelo quando passamos de 127 V para 220 V ou vice versa?
- 9- O que acontece quando passamos a chave do chuveiro de inverno para verão ou vice versa?
- 10- Como se comparam os filamentos de lâmpadas de diferentes potências?

2ª Atividade: Potência de aparelhos elétricos

Conversando com o Professor

Na atividade anterior, discutimos a taxa em que realizamos trabalhos, isso é a transformação de energia que ocorre quando subimos uma escada.

Nesta atividade, procuramos explorar os aparelhos elétricos que tem seu princípio de funcionamento a transformação de energia elétrica em energia térmica, principalmente.

Organize a sala em grupos de quatro ou cinco alunos e explique a necessidade de interação entre eles e com você (professor) para a evolução do aprendizado dos conceitos relacionados à potência elétrica.

Construindo um problema

Acreditamos que o envolvimento dos alunos, com a atividade, virá da proximidade entre o universo vivido pelos alunos fora da escola e os conceitos de física envolvidos os aparelhos elétricos.

Assim, explore bem esses equipamentos, ligue-os na tomada e evidencie as transformações de energia que ocorrem, em cada um dos aparelhos. Explore a sua utilização no cotidiano dos alunos e as suas funções.

É comum que os alunos reclamem não saber responder, pois ainda não estudaram nada sobre o assunto. Porém, essa atividade é para discutir os conhecimentos que trazemos do nosso cotidiano e relacioná-los com os conceitos científicos. A intenção é explorar o funcionamento dos equipamentos para que ao longo da sequência os alunos possam explicar seu princípio de funcionamento, deixá-los curiosos sobre o que acontece no interior desses aparelhos.

Na atividade cinco (5), as informações técnicas contidas no aparelho serão utilizadas. Assim, caso ache interessante, peça que eles tirem fotos das chapinhas que contem essas informações.

Sabemos que esses aparelhos transformam a energia elétrica da fonte em outro tipo de energia. Mas aí surge uma pergunta: Sobre esses equipamentos que separamos, o que há em comum e de diferente entre eles?

A Atividade contém dez (10) questões que exploram as concepções prévias dos estudantes sobre os conceitos de voltagem, potência, corrente elétrica e as transformações de energia que ocorrem nos aparelhos.

O número de questões pode variar, fique a vontade para retirar ou colocar alguma questão.

Quando aplicamos essas questões observamos diferentes comportamentos que podem ser separados em três grupos: em alguns grupos não deram tempo para terminar as atividades, pois queriam responder tudo certo e discutiam muito entre eles, em outros fizeram a atividade de forma corriqueira, respondendo rápido e sem muito discutir entre eles, já em outros, responderam as primeiras questões de forma bem elaborada, discutindo entre os participantes do grupo e as últimas resolveram sem discutir e de forma simplificada.

Retomando ao problema

Como a atividade inicia com uma pergunta, sugerimos que, ao final, o professor retorne ao problema inicial e peça aos alunos que responda a questão levantada.

Sobre esses equipamentos que separamos, o que há em comum e de diferente entre eles?

3ª Atividade: Determinando a potência em aparelhos elétricos

Você deverá montar um circuito elétrico simples constituído por uma lâmpada incandescente de 25 W com boquilha, um multímetro, na escala de voltímetro, ligado em paralelo com a lâmpada, um multímetro, na escala de amperímetro, ligado em série com a lâmpada, uma fonte de energia elétrica (tomada) e fios condutores conectando os dispositivos como representado.

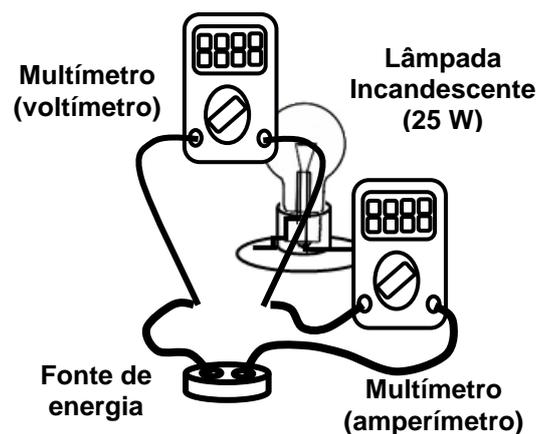
Anote as leituras do voltímetro e do amperímetro.

I) Substitua a lâmpada de 25 W (6W) por outra de 100 W (35W) e anote as leituras do voltímetro e do amperímetro. Houve mudança nos valores registrados?

II) Em qual das lâmpadas há uma maior intensidade de corrente elétrica?

As lâmpadas foram submetidas a uma mesma fonte de energia, que fornece 127 joules de energia

elétrica para cada 1 coulomb de carga que percorre os terminais da fonte. A tensão elétrica, ou diferença de potencial elétrico, aplicada nos terminais das duas lâmpadas é igual, sendo dada pela seguinte relação:



$$\text{Tensão} = \frac{\text{Energia Transferida (Trabalho)}}{\text{Carga}}$$

ou

$$V = \frac{E}{q}$$

No Sistema Internacional de Unidades a tensão elétrica é medida em volts.

$$\mathbf{1 \text{ volt} = 1 \text{ joule} / 1 \text{ coulomb}}$$

ou

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

Obs.: Existem também algumas fontes de energia que fornecem 220 joules de energia elétrica para cada 1 coulomb de carga que percorre seus terminais, ou seja que estabelecem uma tensão elétrica ou diferença de potencial elétrico de 220 V nos aparelhos.

III) Qual das duas lâmpadas utiliza mais energia elétrica durante seu funcionamento? Explique.

IV) Se o ferro de passar utiliza mais energia elétrica no seu funcionamento é por que o fluxo ordenado de cargas elétricas é maior ou menor que nas lâmpadas utilizadas? Explique.

A potência desenvolvida nos aparelhos elétricos é dada pela seguinte relação

$$\text{Potência} = \frac{\text{Energia Transferida (trabalho)}}{\text{Tempo}}$$

ou

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

No Sistema Internacional de Unidades a potência elétrica é medida em watts.

$$\mathbf{1 \text{ watt} = 1 \text{ joule} / 1 \text{ segundo}}$$

ou

$$\mathbf{1 W = 1 J / 1 s}$$

Desafio:

Sabendo-se que $Tensão = \frac{Energia}{Carga}$ e a $Corrente\ elétrica = \frac{Carga}{Tempo}$, obtenha a relação entre potência e as grandezas físicas tensão e corrente elétrica. Resolva em seu caderno e, depois, registre o resultado no espaço abaixo:

3ª Atividade: Determinando a potência em aparelhos elétricos

Conversando com o professor

Nesta aula iremos analisar a relação entre energia, potência elétrica, voltagem, corrente elétrica, em duas lâmpadas de potências diferentes.

A proposta de uma sequência de ensino que as aulas tenham uma relação de continuidade, assim a aula seguinte tem uma relação com a anterior procurando responder algumas indagações feitas e ainda não estão totalmente entendidas.

Desta forma esta aula, procuramos evidenciar a diferença entre voltagem e potência elétrica e o que acontece quando uma corrente elétrica passa pelo resistor do aparelho elétrico produzindo o aquecimento.

Aparecerá uma discussão sobre o modelo das cargas elétricas em movimento dentro do fio, caso ache necessário fazer mais leituras sobre p assunto, sugerimos os seguintes sites:

<http://www.if.usp.br/gref/eletro/eletro4.pdf>

<http://eaulas.usp.br/portal/video.action?idItem=5798>

O que aprendemos nesta atividade

As questões aqui sugeridas podem ser respondidas literalmente pelos alunos ou oralmente durante as discussões realizadas ao longo da atividade.

Por acreditar que o registro escrito auxilia na organização das ideias, sugerimos que ao final dessa atividade os alunos escrevam um pequeno texto dizendo o que ele aprendeu nesta atividade.

Construindo um problema

Vamos pensar melhor em uma das perguntas da aula anterior.

Porque um ferro de passar, apresenta maior consumo de energia do que uma lâmpada elétrica, mesmo estando ligado na mesma tomada, isto é, na mesma fonte de energia?

Realizando a atividade

Sugerimos que ao realizar a atividade experimental de forma demonstrativa, o professor explique detalhadamente o que está fazendo de maneira a dividir com os alunos a montagem do experimento, de modo que possam compartilhar da montagem e da coleta

de dados. Apresentar os aparelhos (fonte, multímetro, especificações das lâmpadas) e explicar como funciona.

Peça que os alunos que respondam às perguntas antes de ligar o circuito. A intenção é provocar o conflito de modelos explicativos e instigar a curiosidade. Isso favorece a participação dos alunos como também direciona o olhar e a atenção para os conceitos discutidos. Assim faça perguntas como:

Sobre o circuito façam as seguintes previsões:

- O valor da voltagem nas duas lâmpadas será o mesmo? Justifique.
- O valor da corrente elétrica nas duas lâmpadas será o mesmo? Justifique.
- O brilho (luminosidade), isto é, a transformação de energia, na lâmpada será a mesma? Justifique.

Após as respostas e pequenas discussões, faça as medidas e anote os valores encontrados em uma tabela. Dessa forma favorece o entendimento da relação direta entre corrente e potência elétrica. Discuta sobre a previsão das medidas.

Equipamento	Voltagem	Corrente	Brilho (luminosidade)	Voltagem x Corrente
Lâmpada 6W				
Lâmpada 35 W				

Peça para que os alunos respondam as questões anteriores e expliquem novamente.

Durante a nossa observação da aplicação da sequência, destacamos alguns pontos importantes que devem ser discutidos nesta atividade:

- ✓ O que ocorre quando esse fluxo organizado de cargas elétricas, passa pelo resistor ou pelo filamento da lâmpada? Explique
- ✓ Quais as transformações de energia ocorrem nas lâmpadas? Explique.
- ✓ Se ligarmos as lâmpadas em uma voltagem maior? E em uma menor? O que acontece?
- ✓ Se substituirmos a lâmpada por um secador, quais as transformações de energia que aconteceriam? Explique.
- ✓ Seria diferente se a fonte de energia fosse uma bateria ou uma pilha? Explique.
- ✓ A carga elétrica que passa pelo resistor se perde?
- ✓ E a energia se transforma?
- ✓ Relembre a conservação da energia estudada geralmente no segundo ano e questione se essa lei pode ser aplicada nesta situação.

✓ Qual a diferença entre voltagem e potência elétrica

Se for possível, tenha fonte de menor ou maior voltagem, podem ser pilhas em série. Ligue o secador e discuta as transformações de energia que ocorrem.

Essas questões que sugerimos, estavam presentes na atividade anterior, serão discutida nesta aula e respondida pelos alunos na atividade seguinte, denominada, colocando em prática o que aprendemos. Entendemos que essa recursividade é fundamental para o desenvolvimento da sequência, favorecendo o aprendizado.

A Física envolvida

As lâmpadas foram submetidas a uma mesma fonte de energia, 12 V. Mas o que significa isso? Significa que para cada 1 coulomb de carga que percorre o circuito atravessando o filamento da lâmpada são transformados 12 joules de energia elétrica em energia luminosa e térmica.

Se fossem ligados diretamente a tomada, a fonte de energia seria de 110V, assim 110 joules de energia elétrica seriam transformados em outro tipo de energia, para cada 1 Coulomb de carga que percorre seus terminais do aparelho elétrico. Assim se estabelece uma tensão elétrica ou diferença de potencial elétrico de 110 V nos aparelhos.

Existem também algumas fontes de energia que fornecem 220 joules de energia elétrica para cada 1 Coulomb de carga que percorre seus terminais, ou seja que estabelecem uma tensão elétrica ou diferença de potencial elétrico de 220 V nos aparelhos.

A tensão elétrica, ou diferença de potencial elétrico, aplicada nos terminais das duas lâmpadas é dada pela seguinte relação:

$$Tensão = \frac{Energia Transferida (Trabalho)}{Carga}$$

ou

$$V = \frac{E}{q}$$

No Sistema Internacional de Unidades a tensão elétrica é medida em volts.

$$1 \text{ volt} = 1 \text{ joule} / 1 \text{ coulomb}$$

ou

$$1V = 1 J / 1 C$$

Já a potência desenvolvida nos aparelhos elétricos é a quantidade de energia transformada por intervalo de tempo. Assim quando dissermos que a potência de um ferro de passar é 1200 W. Isso significa que a cada 1segundo 1200 joules de energia elétrica são transformados em energia térmica.

A potência elétrica dissipada por em aparelho é dada pela seguinte relação:

$$\text{Potência} = \frac{\text{Energia Transferida (trabalho)}}{\text{Tempo}}$$

ou

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

No Sistema Internacional de Unidades a potência elétrica é medida em watts.

$$1 \text{ watt} = 1 \text{ joule} / 1 \text{ segundo}$$

ou

$$1 \text{ W} = 1 \text{ J} / 1 \text{ s}$$

Analisando agora, o fluxo ordenado de cargas elétricas dentro do condutor, isto é, a quantidade de carga por intervalo de tempo que passa pelo condutor, que a física denominou de Corrente elétrica, Como exemplo, a corrente elétrica que passa em uma chapinha é de 10 A, significa que a cada 1 segundo passam pelo em seu circuito, 10 coulomb de cargas.

A corrente elétrica que passa por em aparelho é dada pela seguinte relação:

$$\text{Corrente elétrica} = \frac{\text{Quantidade de carga elétrica}}{\text{Tempo}}$$

ou

$$I = \frac{Q}{t}$$

No Sistema Internacional de Unidades a potência elétrica é medida em watts.

$$1 \text{ A} = 1 \text{ Coulomb} / 1 \text{ segundo}$$

ou

$$1 \text{ A} = 1 \text{ C} / 1 \text{ s}$$

Explicando o desafio

A potência elétrica é dada pela equação $\text{Potência} = \frac{\text{Energia}}{\text{Tempo}}$ e na tabela acima, concluímos que, o produto da voltagem pela corrente era igual a potência dissipada, isto é, $P=V \times I$.

Sabendo-se que $\text{Tensão} = \frac{\text{Energia}}{\text{Carga}}$ e a $\text{Corrente elétrica} = \frac{\text{Carga}}{\text{Tempo}}$, obtenha a relação entre potência e as grandezas físicas tensão e corrente elétrica. Resolva em seu caderno e, depois, registre o resultado no espaço abaixo:

$$\text{Potência} = \frac{\text{Energia}}{\text{Tempo}} \rightarrow \text{Potência} = \frac{\text{Tensão} \times \text{carga}}{\frac{\text{Carga}}{\text{Corrente elétrica}}} \rightarrow \text{Simplificando obtemos,}$$

$$\text{Potência} = \text{Tensão} * \text{Corrente} \rightarrow P = V * I$$

Retornando ao problema

Como a atividade inicia com uma pergunta, sugerimos que, ao final, o professor retorne ao problema inicial e peça aos alunos que responda as questões levantadas.

Porque um ferro de passar, um chuveiro, secador, apresenta maior consumo de energia do que uma lâmpada elétrica, mesmo estando ligado na mesma tomada, isto é, na mesma fonte de energia?

Explicando o problema

Comparando as duas lâmpadas, 6W/12V e 36W/12V. Para dissipar mais energia, na lâmpada de 36 W, é necessário aumentar o fluxo de cargas que passam pelo seu filamento, isto é, aumentar a corrente elétrica. Pois, se cada coulomb de carga carrega 12 joules de energia, então a cada segundo deve passar pelo filamento 3 coulomb de carga, para dissipar 36 joules de energia.

Percebe-se que existe uma relação entre essas três grandezas, Potência, voltagem e corrente elétrica que e dado por, $P=V \times I$. Como concluímos na tabela acima.

4ª Atividade: Colocando em prática o que aprendemos

- 1) Que tipos de transformações de energia ocorrem nos aparelhos resistivos: ferro elétrico, chuveiro elétrico e lâmpada incandescente?
- 2) As fontes de energia produzem energia elétrica ou simplesmente transformam? Explique.
- 3) Os aparelhos elétricos gastam ou convertem energia elétrica? Explique.
- 4) Uma lâmpada possui as especificações 60 W / 110 V. Calcule a corrente elétrica quando a lâmpada for ligada na tensão adequada.
- 5) Calcule a corrente elétrica que se estabelece quando cada um dos aparelhos utilizados na 2ª atividade, for ligado à rede, na tensão adequada. Monte os resultados em uma tabela e compare os valores encontrados.
- 6) Em uma residência, é possível que, em um mês, uma lâmpada incandescente tenha consumido mais energia do que um chuveiro elétrico? Caso afirmativo, indique como.
- 7) Um determinado aparelho é ligado a uma tomada cuja tensão elétrica é de 120 V, e quando em funcionamento, é percorrido por uma corrente de 2,5 A.
 - a) As cargas elétricas, ao atravessarem o aparelho perdem ou ganham energia elétrica?
 - b) Para onde se transfere esta energia perdida pelas cargas?
 - c) Qual a potência que é desenvolvida neste aparelho?

- d) Se o aparelho funcionar durante 10 minutos, qual a quantidade de energia que será transformada?
- 8) O que acontecerá se ligarmos uma lâmpada com inscrições 60 W / 110 V na tensão de 220 V? Explique.
- 9) O que acontecerá se ligarmos um secador de cabelo com chave selecionada em 220 V em uma fonte de 110 V?

4ª Atividade: Colocando em prática o que aprendemos

Conversando com o Professor

Esta atividade consiste em conjunto de questões relacionados com os conteúdos discutidos.

Nas atividades anteriores, discutimos sobre as transformações de energia que acontece desde quando subimos uma escada, como também as que acontecem nos aparelhos elétricos.

Organize a sala em grupos de quatro ou cinco alunos e explique a necessidade de interação entre eles e com você (professor) para a evolução do aprendizado dos conceitos relacionados à potência. Explique que o professor estará à disposição para discutir as dúvidas, mas não apresentar as respostas.

Nesta atividade, geralmente os alunos encontram dificuldade sobre as transformações de energia que ocorrem nas fontes de energia e nos aparelhos. É comum, escutarmos no dia a dia que os aparelhos elétricos gastam muita energia ou que a pilha ou a bateria do celular gastou toda a sua energia. Nas atividades até aqui, procuramos evidenciar que a energia é transformada em outros tipos de energia. Sobre as fontes de energia, é comum que os alunos apresentem explicações diferentes para cada tipo de fonte, por exemplo. Para a energia elétrica da tomada, eles associam que é transformada nas hidrelétricas e consumida nas residências. Já a pilha eles acreditam que ela gasta e acaba a sua função. Nas baterias eles associam devido ao uso ela gasta e depois pode ser recarregada. Explore a questão da transformação de energia e a lei da conservação da energia. Como, geralmente, o estudo da física é fragmentado, associam a conservação da energia somente às questões da energia mecânica.

Para evidenciar as transformações de energia que ocorrem em nosso cotidiano sugerimos um pequeno texto que descreve uma rotina vivida por muitos de nós para explicar as transformações de energia nos aparelhos elétricos. Esses transformam a

energia elétrica em diversos outros tipos de energia: térmica, sonora, potencial química, cinética (do movimento) e luminosa.

Quanta energia

Em casa, temos diversos aparelhos que transformam a energia elétrica, em outros tipos de energia. Basta pensarmos em situações do nosso cotidiano para entendermos como eles estão presentes ao nosso redor. Vamos lembrar a rotina de alguns de nós pela manhã.

Quando acordamos a energia elétrica é transformada em energia sonora pelo despertador, ao ligar a lâmpada à energia elétrica agora se converte em energia luminosa. No banheiro, o chuveiro aquece a água transformando a energia elétrica em energia térmica e o secador ajeita os cabelos com seu ar quente que possui transforma a energia elétrica em energia cinética e energia térmica. A chapinha finaliza o penteado utilizando a energia térmica da cerâmica aquecida. Alguns passam a roupa aproveitando da energia térmica do ferro de passar. Na cozinha, o pão é aquecido na sanduicheira, que novamente utiliza a energia elétrica convertida em energia térmica. Pegamos o celular que estava carregando a bateria, na tomada, e que irá transformar a energia potencial química armazenada na bateria em energia elétrica, que será convertida em luminosa, sonora e térmica.

Ao sair de casa, acionamos controle da garagem e o portão abre sozinho, pois o motor elétrico transforma a energia elétrica em cinética.

Após a leitura do texto, explique a transformações de energia que ocorrem em outros 3 aparelhos elétricos, geralmente encontrados em nossas residências.

5ª Atividade: O medidor de energia elétrica e a potência dissipada pelos aparelhos elétricos

Em nossas residências ou no comércio existe um medidor de energia elétrica, que é um dispositivo eletromecânico ou eletrônico utilizado para determinar o consumo de energia elétrica durante certo período de tempo. No Brasil e em praticamente todos os países do mundo, a leitura da energia consumida é realizada pelos medidores em uma unidade denominada de **quilowatt-hora**



Medidor de energia elétrica residencial

(kWh).

$$1 \text{ kWh} = 1000 \text{ W} \times 1 \text{ h}$$

I) Complete a tabela com o tempo de funcionamento, em horas, que diversos aparelhos elétricos devem ter para que o consumo de energia elétrica seja de 1 kWh.

Aparelho elétrico	Potência elétrica	Tempo de funcionamento
Ferro de passar	1000 W	
Chuveiro	4000 W	
Geladeira	500 W	
Lâmpada incandescente	100 W	

Sabemos que a potência elétrica é dada pela seguinte definição $Potência = \frac{Energia}{Tempo}$, de modo que

$$Energia = Potência \times Tempo$$

ou

$$E = P \times t$$

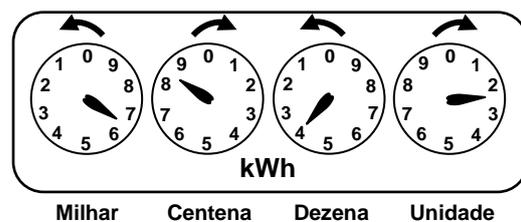
Ou seja, quanto maior for a potência de um aparelho elétrico e quanto maior for o tempo que estiver em funcionamento, maior será a quantidade de energia elétrica que ele utilizará (transformando-a em outras formas de energia).

Tipos de medidores de energia elétrica

Existem três tipos de medidores de energia elétrica: de ponteiros, o ciclométrico e o display digital.

O medidor de ponteiros é composto de quatro ou cinco pequenos relógios.

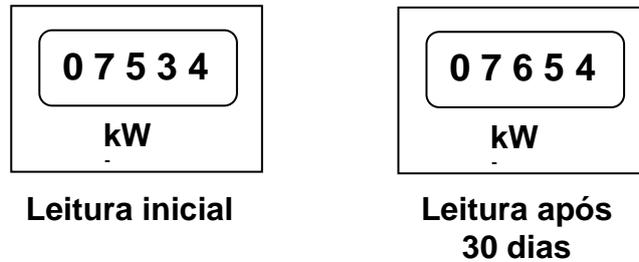
- Para se determinar o consumo de energia elétrica em kWh, deve-se realizar a leitura do medidor no início e depois no final do período pretendido. Os números devem ser anotados na mesma ordem dos relógios.
- Lembre que os ponteiros dos relógios giram no sentido do menor para o maior número, anote sempre o último número ultrapassado pelo ponteiro.



Qual é a leitura do medidor de ponteiros de energia elétrica desenhado anteriormente?

O medidor ciclométrico apresenta uma leitura mais simples e direta, conforme aparece no visor do medidor.

A ilustração representa a leitura de um medidor ciclométrico em dois períodos distintos



Qual foi o consumo de energia elétrica no período de 30 dias para o medidor ciclométrico representado? Se o preço cobrado pela concessionária do setor elétrico para o consumo de 1 kWh for de R\$ 0,80, qual o valor a ser pago apenas* pelo consumo residencial?

*Hoje existem outras taxas que são cobradas na fatura mensal, como a taxa de iluminação pública.

Desafio: Como podemos usar o medidor de energia elétrica para conferir a potência dissipada por um aparelho elétrico?

Para analisar as características de um medidor de energia elétrica e testar sua resposta anterior será disponibilizado um medidor de energia elétrica e alguns aparelhos elétricos.

5ª Atividade: O medidor de energia elétrica e a potência dissipada pelos aparelhos elétricos

Conversando com o professor

Nessa atividade analisaremos o consumo de energia por aparelhos de potência diferentes utilizando um medidor de energia portátil.

Pensando na proposta de sequência de uma relação entre as atividades, temos que associar o que foi estudado até aqui ao medidor de energia elétrica.

Estudamos até agora, que a potência elétrica é a quantidade de energia elétrica transformada por intervalo de tempo, mas como podemos medir a energia elétrica que utilizamos em nossas casas?

Em nossas residências ou no comércio existe um medidor de energia elétrica, que é um dispositivo eletromecânico ou eletrônico utilizado para determinar o consumo de energia

elétrica durante certo período de tempo.

Não é difícil montar um medidor de energia portátil. Eles são geralmente vendidos nas casas elétricas ou nos sites de compra pela internet, e com um pouco de prática em ligações elétricas você conseguirá montar o seu próprio medidor. Caso queira comprar, escolha o analógico, pois esse possui o disco que altera a rotação quando aumenta a medição de energia elétrica.

Uma solução para quem não possa montar o seu medidor é pedir para que os alunos façam essa atividade de observação da mudança do giro do medidor de energia em casa. Dessa forma oriente os alunos a desligarem o máximo de aparelhos possíveis e liguem um secador e observem o giro do medidor. Peçam que faça o mesmo com uma lâmpada.

Construindo um problema

Acreditamos que o envolvimento dos alunos, com a atividade, virá da proximidade entre o universo vivido pelos alunos fora da escola e os conceitos de física envolvidos os aparelhos elétricos.

Assim, discuta com os alunos, sobre as possíveis reclamações dos pais sobre o consumo de energia elétrica, quando estão tomando banho ou usando o secador de cabelos.

Explore por que geralmente os pais reclamam do banho durante meia hora, mas não reclamam da televisão ou do computador ligados durante um intervalo maior de tempo?

Discuta assim quais grandezas físicas estão relacionadas ao consumo de energia.

Sabemos que, geralmente, o maior consumidor de energia elétrica nas residências é o chuveiro. Mas aí surgem duas perguntas:

Em uma residência, é possível que, durante um mês, uma lâmpada incandescente tenha consumido mais energia do que um chuveiro elétrico?

Podemos usar o medidor de energia elétrica para conferir a potência dissipada por um aparelho elétrico?

Ao abrir a discussão sobre o consumo de energia nas casas surge com frequência, à polêmica do “gato” na conta da Luz.

O gato consiste em alterações feitas pelos usuários nos medidores de energia ou alterações de forma a desviar a energia para que não seja medida pelo aparelho, diminuindo a leitura e reduzindo o valor da conta de energia no final do mês. Isso é considerado furto de energia que é um crime, previsto no código Brasileiro, com detenção de 1 a 4 anos.

Questione os alunos sobre o que acham do assunto e caso ache necessário peça que escrevam um texto se posicionando, sobre o furto de energia elétrica e suas consequências apresentando argumentos sobre o seu posicionamento.

Após realizar a atividade explicando o funcionamento do medidor de energia sugerimos

que explore um pouco mais esse aparelho, realizando a seguinte atividade:

Vamos analisar o funcionamento do Medidor.

A atividade consiste em ligar uma lâmpada de potência 100 W e um secador de potência 1000 W e analisar o giro do medidor de energia. Mas antes de realizar a atividade responda:

- 1) Qual dos dois aparelhos fará o disco do medidor girar mais rápido? Justifique.
- 2) Ligue os aparelhos de potências diferentes e explique a diferença do giro do medidor.

O que aprendemos nesta atividade

As questões aqui sugeridas podem ser respondidas literalmente pelos alunos ou oralmente durante as discussões realizadas ao longo da atividade.

Por acreditar que o registro escrito auxilia na organização das ideias, sugerimos que no final dessa atividade os alunos escrevam um pequeno texto dizendo o que ele aprendeu nesta atividade.

Retornando ao problema

- 1) Em uma residência, é possível que, durante um mês, uma lâmpada incandescente tenha consumido mais energia do que um chuveiro elétrico?
- 2) Podemos usar o medidor de energia elétrica para conferir a potência dissipada por um aparelho elétrico?

Explicando o que aconteceu

Sabemos que a potência elétrica é dada pela seguinte definição $Potência = \frac{Energia}{Tempo}$, de modo que

$$Energia = Potência \times Tempo$$

ou

$$E = P \times t$$

Ou seja, a quantidade de energia elétrica que ele utilizará, transformando-a em outras formas de energia, depende da potência do aparelho e do tempo que esse estiver em funcionamento.

Assim aparelho de menor potência se ficarem ligados durante um intervalo de tempo maior poderão consumir a mesma quantidade de energia que os aparelho de maior potência ligados em intervalos de tempo menores.

Para se determinar a potência de um aparelho utilizando o medidor de energia, basta medir a energia transformada em certo intervalo de tempo e realizar a divisão, da energia pelo tempo.

6ª Atividade: Colocando em prática o que aprendemos

- 1- É possível calcular o consumo de energia de uma residência sem usar as informações da conta de luz? Como? Quais dados são necessários?
- 2- Em uma conta de luz encontramos o seguinte valor final: 260 kWh. Essa unidade se refere a que grandeza física: energia, potência, tensão ou corrente elétrica?
- 3- Na descrição de uma lâmpada encontra-se 40 W / 110 V. Calcule a energia gasta por essa lâmpada em uma hora (em kWh).
- 4- Um chuveiro de 5500 W / 110 V é usado 30 horas por mês, enquanto um aquecedor de 1200 W / 110 V é usado por 50 horas no mesmo período. Qual dos dois consome mais energia? Apresente os cálculos.

6ª Atividade: Colocando em prática o que aprendemos

Conversando com o Professor

Esta atividade consiste em conjunto de questões relacionados com os conteúdos discutidos.

Procure evidenciar que o consumo de energia depende da potência dos aparelhos como também do tempo de funcionamento.

Nas atividades anteriores, discutimos sobre o funcionamento dos medidores de energia e a relação entre potência energia e tempo.

Organize a sala em grupos de quatro ou cinco alunos e explique a necessidade de interação entre eles e com você (professor) para a evolução do aprendizado dos conceitos relacionado.

Nesta atividade, geralmente os alunos encontram dificuldades sobre as potências e os tempos de funcionamento de cada aparelho e a transformação das unidades de energia

Joules em Kwh.

Sugerimos também algumas questões:

1. Faça uma estimativa do custo do seu banho diário. Utilize dados da sua conta da Cemig. Faça agora uma avaliação do custo dos banhos dentro de sua família em um mês.
2. No cotidiano, é comum escutamos as pessoas fazendo a seguinte afirmativa: A conta de luz chegou. Explique essa afirmativa.
3. Explorar as informações contidas na conta de energia. Assim caso ache necessário peça para que os alunos tragam uma cópia, de uma conta de energia, e discuta com eles as informações contidas, como média mensal e diária de energia elétrica, taxas, tarifas, preço da energia por faixa de consumo.
4. Escreva um texto se posicionando, contra ou a favor, sobre o furto de energia elétrica, conhecido popularmente como gato. Apresente argumentos sobre o seu posicionamento.
5. Uma mãe, querendo diminuir o valor da conta de energia, explica para os filhos que deverão tomar banho na posição verão (3600 W) e diminuir o tempo no banho de forma que ao final do mês o chuveiro fique ligado somente 15 horas. Os filhos pedem que, para compensar a economia no banho eles possam ligar o ar condicionado de 1200 W /110 V durante 2 horas por dia (60 horas mês). O valor da conta irá diminuir? Justifique.
6. Explique porque os pais geralmente reclamam do consumo de energia dos vídeos games e televisão mesmo esses apresentando uma potência de aproximadamente 100 W juntos?

7ª atividade: Efeito Joule – Investigando a relação entre Resistência e Potência elétrica

O Cortador de isopor

- Estique um fio de níquel-cromo de 80 cm de comprimento.
- Ligue os terminais de uma fonte de energia elétrica de 12 V nas extremidades do fio níquel-cromo.
- Aproxime a cada certo tempo os terminais da fonte, de modo a reduzir o tamanho do fio que será percorrido pela corrente elétrica.

Responda:

- 1) O que você observa no fio de níquel-cromo à medida que o comprimento do fio diminui enquanto a fonte de energia continua a mesma?
- 2) Ao diminuirmos o tamanho do fio de níquel-cromo a resistência elétrica aumenta, diminui ou não se altera? E o valor da corrente elétrica? Explique.
- 3) O que acontece com a potência dissipada durante a variação do comprimento do fio de níquel-cromo?

Este dispositivo costuma ser utilizado para cortar peças de isopor. Experimente fazer isso.

O chuveiro elétrico

- Abra um chuveiro elétrico e analise a variação do comprimento da resistência elétrica quando mudamos a chave seletora entre as posições “verão” e “inverno”.
- Faça uma comparação entre o que acontece com a resistência do chuveiro elétrico e do cortador de isopor quando desejamos aumentar sua potência. Explique.

Comparando filamentos da lâmpada elétrica

- Compare o filamento das lâmpadas incandescentes de 25 W e 100 W: qual delas possui um filamento mais grosso?
- Supondo que os filamentos tenham o mesmo comprimento e que são feitos de um mesmo material (tungstênio), em qual das lâmpadas a resistência elétrica é maior? Explique.
- Qual das duas lâmpadas será percorrida por maior corrente elétrica ao ser ligada na tensão adequada? Explique.

Quando um aparelho elétrico é ligado a uma fonte de energia elétrica, e esta energia recebida é transformada integralmente em energia térmica, aquecendo a resistência, pode-se observar a transferência de calor da resistência para o ambiente. Este fenômeno é denominado de **efeito Joule**, em homenagem ao cientista James P. Joule que estudou este fenômeno no século XIX.

A potência elétrica é definida pela seguinte relação:

$$\text{Potência} = \text{Tensão} \times \text{Corrente elétrica}$$

ou

$$P = V \times i$$

Como a tensão elétrica é definida por: Tensão = Resistência x Corrente elétrica, temos

$$\textit{Potência} = (\textit{Resistência} \times \textit{Corrente elétrica}) \times \textit{Corrente elétrica}$$

$$\textit{Potência} = \textit{Resistência} \times \textit{Corrente elétrica}^2$$

ou

$$P = R \times i^2$$

7ª Atividade: Efeito Joule – Investigando a relação entre Resistência e Potência elétrica

Conversando com o Professor

Nesta atividade analisaremos a relação entre resistência e potência elétrica.

Estudamos até agora, que nos aparelhos elétricos ocorre uma transformação de energia elétrica em outros tipos de energia, como a térmica, cinética, sonora, luminosa e outras. Também estudamos a relação direta entre a potência do aparelho e energia transformada por ele.

Construindo um problema

Agora vamos dedicar a analisar os aparelhos que transformam essa energia elétrica em energia térmica e investigar a relação entre resistência, corrente e potência elétrica tendo como objetivo entender o funcionamento do chuveiro elétrico.

Assim pensando no princípio de funcionamento de um chuveiro elétrico, quais as mudanças que ocorre dentro desse quando passamos de verão para inverno?

A montagem sugerida consiste em aplicar uma diferença de potencial em um fio de níquel-cromo e analisar a relação entre o comprimento desse fio e a sua incandescência. Na construção do experimento utilizamos uma fonte de notebook (carregador da bateria do computador) e fios de níquel-cromo. Para variar a área do fio utilizamos o fio dobrado para duplicar a área.

Também é importante analisar a diferença da resistividade. Dessa forma pode ser

comparada a resistividade do fio de níquel-cromo com fio de cobre de mesma espessura e comprimento.

Nessa atividade veremos que para uma mesma voltagem aplicada quanto menor for o comprimento do fio, isto é, menor resistência, maior será a potência dissipada.

Ao desenvolver a atividade de forma demonstrativa, acreditamos que explicar detalhadamente o circuito elétrico e onde serão feitas as ligações, contribui para que o aluno participe da aula, realizando a atividade de forma compartilhada.

Também nessas aulas, o que geralmente se faz nas aulas é diminuir o comprimento do fio que é percorrido pela corrente elétrica, aplicando a tensão em comprimentos cada vez menores. O que sugerimos é aplicar a diferença de potencial no meio do fio e perguntar para os alunos o que acontecerá se aumentarmos o comprimento ou diminuirmos o comprimento e pedir para que eles apresentem as suas explicações.

Ao ligar iniciar a atividade procure evidenciar os dados que se quer observar. Assim à medida que for diminuindo o comprimento do fio de níquel-cromo, direcione o olhar dos alunos para a mudança gradual na cor do fio. Questione sobre a passagem de corrente elétrica esta aumentando ou diminuindo? A potência dissipada aumentou ou diminuiu? E a energia transformada?

Nesse tipo de atividade, geralmente os alunos participam apresentando respostas ou fazendo perguntas ou quando não o fazem estão atentos ao experimento esperando que algo de inusitado aconteça. Assim o professor pode aproveitar desse direcionamento do olhar dos alunos, para introduzir os conceitos desejáveis. Dessa forma procura-se relacionar os dados observáveis ao modelo teórico/conceitual do efeito Joule.

Ao fazer a atividade das lâmpadas com filamentos de espessuras diferentes ou utilizar a atividade do fio de níquel-cromo com espessuras diferentes procure ter as mesmas intenções: relacionar a diferença na cor do filamento ou o brilho da lâmpada com a espessura do fio e a relação inversa entre a espessura e a resistência.

Sugerimos a análise da resistividade do fio. Dessa forma utilizando um fio de cobre de mesma espessura e comprimento do fio de níquel-cromo analise a incandescência desses fios explicando as diferenças da coloração pela diferença da resistividade. **Cuidado com o curto circuito.**

Antes de passar para a análise do funcionamento do chuveiro elétrico, sugerimos explicar as relações entre a corrente, resistência, voltagem e Potência elétrica

A Física explica

Quando ligamos esses aparelhos elétricos em uma fonte de energia e inicia-se uma

transformação dessa energia em energia térmica. As cargas elétricas em movimento dentro do fio, ao atravessarem o resistor, colidem com a estrutura da rede cristalina desse material, transformando assim a energia elétrica em energia térmica.

Este fenômeno é denominado de **Efeito Joule**, em homenagem ao cientista James P. Joule que estudou este fenômeno no século XIX e encontrou uma relação entre potência, resistência e corrente elétrica.

A potência elétrica é definida pela seguinte relação:

$$\text{Potência} = \text{Tensão} \times \text{Corrente elétrica}$$

ou

$$P = V \times i$$

Como a tensão elétrica é definida por: **Tensão = Resistência x Corrente elétrica**, temos

$$\text{Potência} = (\text{Resistência} \times \text{Corrente elétrica}) \times \text{Corrente elétrica}$$

$$\text{Potência} = \text{Resistência} \times \text{Corrente elétrica}^2$$

$$\text{ou } P = R \times i^2$$

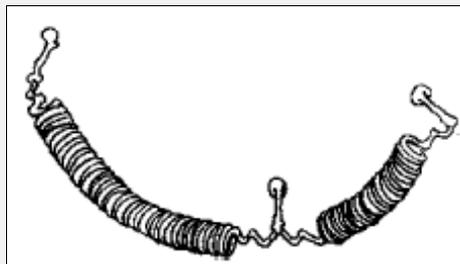
Analisando a equação conclui-se que, o aumento da corrente elétrica provoca um aumento da potência dissipada.

Retornando a pergunta inicial

O problema inicial era entender as mudanças que ocorrem dentro do chuveiro quando passa da posição verão para inverno

Para responder vamos abrir o chuveiro e retirar a sua resistência.

1) Indique na figura como deve ser a ligação dos fios na posição verão e inverno



2) Quais as mudanças que ocorre dentro desse quando passamos de verão para inverno?

Explicando o problema

O fio de níquel-cromo ao ser percorrido por uma corrente elétrica transforma energia elétrica em térmica. Percebemos que diminuindo o comprimento ou aumentando a sua espessura, diminuimos a sua resistência, esse ficava cada vez mais vermelho e quente, o que representava um aumento na potência dissipada e conseqüentemente um aumento da

corrente elétrica no fio.

Porém parece haver uma contradição com a equação do efeito Joule. Pela equação podemos concluir que uma diminuição da resistência provoca uma queda da potência dissipada.

Isso pode ser respondido pensando que, sendo a tensão da fonte a mesma, a diminuição da resistência provoca um aumento da corrente elétrica. Na equação a corrente está elevado ao quadrado o que provoca um maior aumento.

Assim, talvez seja mais fácil de explicar a relação inversa entre a resistência e a potência dissipada pensando na equação:

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

Essa pode ser encontrada substituindo $I = \frac{V}{R}$ na equação $P = V \times i$

Dessa forma sendo a Tensão (V) constante, fica evidente, a relação inversa entre a resistência e potência elétrica.

O que aprendemos nesta atividade

As questões aqui sugeridas podem ser respondidas literalmente pelos alunos ou oralmente durante as discussões realizadas ao longo da atividade.

Por acreditar que o registro escrito auxilia na organização das ideias, sugerimos que ao final dessa atividade os alunos escrevam um pequeno texto dizendo o que ele aprendeu nesta atividade.

8ª Atividade: Colocando em prática o que aprendemos

- 1- Uma pessoa possui duas lâmpadas incandescentes de filamento de espessuras diferentes, porém ambas perderam a inscrição com os valores de suas potências. Como essa pessoa pode saber qual dessas lâmpadas possui maior potência antes de conectá-las à boquilha?
- 2- Um mesmo chuveiro pode apresentar duas potências diferentes. Para passar da chave verão para inverno a resistência interna do chuveiro deve aumentar ou diminuir? Como isso é possível já que o chuveiro é o mesmo?
- 3- Cite 3 eletrodomésticos que tem seu funcionamento baseado no efeito Joule.

- 4- Numa rede de 220 V é ligado um chuveiro com a inscrição 220 V – 2800 /4400 W. Determine a corrente exigida pelo aparelho para dissipar as potências nominais quando o chuveiro está ligado com a chave na posição “verão” e na posição “inverno”.

Desafio:

Sabe-se que em funcionamento, a corrente elétrica que percorre o ferro de passar e seu cabo de ligação é a mesma. Por que então o cabo de ligação de um ferro de passar permanece à temperatura ambiente, enquanto o ferro esquentava muito?

8ª Atividade: Colocando em prática o que aprendemos

Conversando com o Professor

Esta atividade consiste em conjunto de questões relacionadas com os conteúdos discutidos.

Organize a sala em grupos de quatro ou cinco alunos e explique a necessidade de interação entre eles e com você (professor) para a evolução do aprendizado dos conceitos relacionados à potência.

O número de questões pode variar, fique a vontade para retirar ou colocar alguma questão. Quando aplicamos essas questões observamos diferentes comportamentos que podem ser separados em três grupos: em alguns grupos não deram tempo para terminar as atividades, pois queriam responder tudo certo e discutiam muito entre eles, em outros fizeram a atividade de forma corriqueira, respondendo rápido e sem muito discutir entre eles, já em outros, responderam as primeiras questões de forma bem elaborada, discutindo entre os participantes do grupo e as últimas resolveram sem discutir e de forma simplificada.

Sugerimos mais algumas questões, que estão relacionadas ao cotidiano dos alunos, pois acreditamos que o envolvimento dos alunos está relacionado à proximidade entre as questões discutidas em sala e o dia a dia dos alunos.

As questões também apresentam um caráter mais aberto, sem apresentar todos os dados do problema. Os alunos deverão relacionar que para secar o cabelo é necessário fornecer, uma certa, quantidade de energia, diminuindo a potência, aparentemente diminuiria o consumo de energia elétrica, porém será necessário ficar mais tempo com o secador ligado para conseguir secar o cabelo. Dessa forma essa atitude provavelmente não irá diminuir o valor da conta de energia, mas poderá atrasar o trabalho no salão. Como também aplicar o que aprendemos sobre efeito joule em outro tipo de aparelho elétrico.

1. Um secador de cabelo tem opção de variar o aquecimento. Explique o que acontece internamente com a resistência do secador quando aumentamos o aquecimento do ar.
2. Querendo diminuir o consumo de energia de um salão de beleza, a cabeleireira resolveu trocar os secadores por um modelo de menor potência. Explique se essa atitude ajudaria a diminuir a conta de energia.
3. Um pai, querendo reduzir o custo da conta de energia, reúne a família e propõe uma mudança hábitos dos filhos. Esses tomam banho de 20 minutos na posição inverno e deveriam apresentar alternativas para que o custo do banho fosse reduzido.

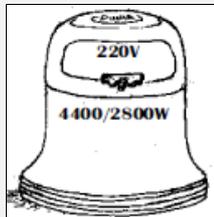
O mais velho, sugeriu tomar banho no período da tarde com o chuveiro desligado.

A filha sugeriu que reduzir o tempo do banho para 10 minutos.

O mais novo, sugeriu reduzir o tempo do banho para 10 minutos e alterar a posição do chuveiro para verão.

Para incentivar, o pai sugeriu que o valor economizado seria repassado para eles.

Considerando que o modelo do chuveiro era semelhante ao da ilustração abaixo, responda qual será o valor economizado em um mês?



9ª Atividade: Leituras

CHOQUE ELÉTRICO E SUAS CONSEQUÊNCIAS

O choque elétrico é causado quando por algum motivo parte de nosso corpo ou de outro animal fizer parte de um circuito elétrico que é percorrido por uma corrente elétrica.

Os efeitos do choque dependem da região do corpo que a corrente elétrica atravessa e de sua intensidade. A intensidade da corrente é, entretanto, o fator determinante nas sensações e consequências do choque elétrico. Isso porque é a intensidade do movimento de cargas elétricas que provoca os espasmos musculares. Esses espasmos são fatais, sobretudo, quando

envolvem músculos cardíacos. Estudos cuidadosos deste fenômeno permitiram chegar aos seguintes valores aproximados:

INTENSIDADE DA CORRENTE	SENSAÇÕES
de 1 mA a 10 mA	Formigamento
de 10 mA a 20 mA	Dor
de 21 mA a 100 mA	Grandes dificuldades respiratórias
superiores a 100 mA	Podem causar a morte da pessoa, por provocar contrações rápidas e irregulares do coração (fibrilação cardíaca).
superiores a 200 mA	Graves queimaduras e conduzem à parada cardíaca.

Por outro lado, a diferença de potencial não é determinante neste fenômeno. Isso pode parecer estranho, pois quanto maior a tensão (ou diferença de potencial) elétrica, maior a intensidade de corrente, não é mesmo? Entretanto, algumas vezes as fontes possuem baixa potência (por terem baixa disponibilidade de carga elétrica) e alta tensão elétrica. É o que ocorre, por exemplo, em geradores eletrostáticos (como o Gerador de Van der Graff, que produz choques inofensivos) ou mesmo em objetos eletrizados (como um balão atritado com blusa de lã). Esses casos, embora gerem tensões elétricas muito elevadas, envolvem cargas elétricas muito pequenas e os choques produzidos não apresentam, normalmente, nenhum risco.

Entretanto, tensões elétricas relativamente pequenas podem causar graves danos, dependendo da resistência do corpo humano. O valor desta resistência pode variar entre, aproximadamente $100\ 000\ \Omega$, para a pele seca, e cerca de $1\ 000\ \Omega$, para a pele molhada. Por essa razão, não se deve nunca tocar os dois terminais de uma bateria de automóvel (de apenas 12 V, mas com uma disponibilidade de carga elétrica relativamente alta). Ao contrário, pilhas e baterias de celulares e outros aparelhos não envolvem qualquer risco.

Em caso de tensões muito elevadas, como ocorre nos cabos de transmissão de energia elétrica, o contato com eles é sempre muito perigoso. Por maior que seja a resistência de uma pessoa (mesmo com a pele seca e contatos através de isolantes), uma voltagem de 13 600 V, encontrada nos cabos de alta tensão das ruas das cidades, poderá dar origem a uma corrente fatal.

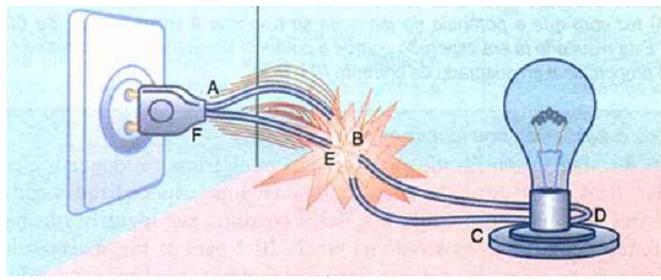
Por isso, muitas pessoas ficam intrigadas ao verem um pássaro pousado em um fio de alta tensão, sem ser eletrocutado. Esse fato é possível porque ele toca apenas um fio, em dois

pontos muito próximos. A diferença de potencial entre esses dois pontos é muito pequena, em virtude da resistência desprezível do trecho do cabo. Assim, a corrente que atravessa o corpo do pássaro (que possui resistência bem maior que o trecho de fio abaixo dele) é imperceptível. Entretanto, se o pássaro tocar os dois fios de alta tensão (ou fizer o contato de um deles com a terra), ele será submetido a uma tensão de 13 600 V e receberá um choque violentíssimo, que causará sua morte imediata.

(Texto adaptado de: Física – volume 3 – Antônio Máximo e Beatriz Alvarenga; São Paulo – Ed. Scipione, 2008 – 1ª edição – páginas 123 e 124)

CURTO-CIRCUITO

Como o próprio nome indica curto-circuito é um circuito (caminho) curto. Como assim? Imagine que você tenha uma lâmpada ligada a uma tomada como indica a figura, o caminho normal da corrente seriam o trajeto A, B, C, D, E e



(Figura retirada de: Física – volume 3 – Antônio Máximo e Beatriz Alvarenga; São Paulo Ed Scipione, 2008 – 1ª edição – página 145)

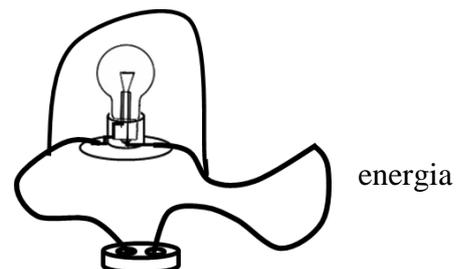
F. Porém se for feito contato entre os pontos B e E surgirá um caminho de resistência nula (A, B, E e F), assim toda a corrente será desviada para esse novo caminho uma vez que possui menor resistência que o caminho que passa pela lâmpada.¹

Em um curto-circuito a resistência total do circuito se torna muito pequena, com isso a corrente terá um valor exageradamente alto o que pode provocar um superaquecimento do fio e ocasionar incêndios.

Retomando os estudos anteriores, em que foram analisados o secador de cabelo, o ferro de passar roupa entre outros aparelhos resistivos, nota-se que aqui também ocorre uma transformação de energia elétrica em energia térmica² onde a corrente é elevada.

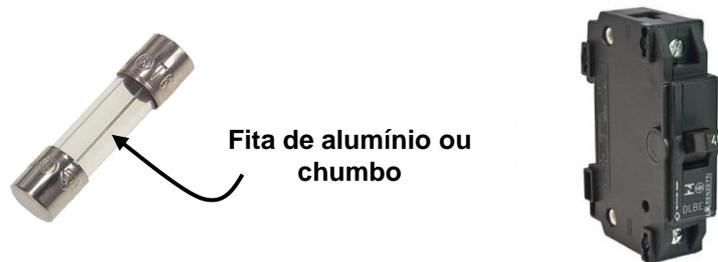
¹Cuidado! O termo curto não significa menor em comprimento, mas sim menor em resistência.

²Esse fenômeno de transformação de energia elétrica em térmica damos o nome de Efeito Joule.



FUSÍVEL E DISJUNTOR

O aumento da corrente elétrica em um determinado aparelho (ou no circuito elétrico como um todo) pode ser algo muito perigoso, como visto no texto anterior, podendo até mesmo causar incêndios. Por isso é muito importante proteger o circuito elétrico quanto à passagem de uma corrente de alta intensidade. Para isso são utilizados alguns dispositivos conhecidos como fusíveis ou disjuntores. Esses dispositivos não permitem a passagem de corrente elétrica acima de um valor pré-determinado.



Fotografia de um fusível e de um disjuntor de 40 ampères

Os fusíveis são geralmente compostos de um pequeno filamento metálico cujo material possui um baixo ponto de fusão e, ao ser percorrido por uma corrente de maior intensidade, esse filamento é superaquecido causando sua fusão. Sendo assim, o circuito é aberto interrompendo a passagem de corrente pelo aparelho, evitando maiores danos ao mesmo.

A chave automática ou disjuntor tem também a finalidade de proteger o circuito elétrico. Nessas chaves, o aquecimento de um dispositivo metálico provoca sua dilatação, fazendo com que a chave se desligue.

O princípio de funcionamento dos fusíveis e disjuntores é o mesmo dos aparelhos estudados na segunda atividade desta sequência (chuveiro, ferro de passar roupa etc), ou seja, transformam energia elétrica em calor; tal fenômeno é conhecido como Efeito Joule.

9ª Atividade: Leituras

Conversando com o professor

A próxima atividade consiste em leitura e interpretação de texto, sobre choque elétrico, curto circuito e fusível e disjuntores.

Organize a sala em grupos de quatro ou cinco alunos e explique a necessidade de

interação entre eles e com você (professor) para a evolução do aprendizado dos conceitos relacionados à potência.

Nesse tipo de atividade, sugerimos fazer a leitura junto com a turma tirando algumas eventuais dúvidas e em seguida pedindo para que os alunos respondam as questões.

Uma dúvida comum dos alunos é por que a pele molhada diminui muito a resistência elétrica do corpo?

Para responder a essa questão, sugerimos discutir a condução de corrente elétrica na água com sal. Pode-se montar um pequeno circuito testador de condutividade e discutir as mudanças que ocorrem na água ao se adicionar o sal permitindo a condução de corrente elétrica na solução.

Discuta com eles o gosto salgado da pele quando estamos suados e relacione a condução da corrente elétrica na solução com a diminuição da resistência elétrica do nosso corpo molhado.

Assim esperamos que os alunos entendam que ao molhar a pele acontecerá uma dissolução dos sais minerais encontrados naturalmente na pele e conseqüentemente uma diminuição da resistência elétrica devido a presença de íons livres.

Essa atividade também ajuda a entender a água só conduz corrente elétrica quando apresenta íons livres, do contrário ela é mau condutora.

Pode-se também medir a resistência entre as mãos utilizando o Ohmímetro (Multímetro na escala de ohmímetro) para medir a resistência e depois molhar as mãos e medir novamente. Perceberá que a resistência diminui muito.

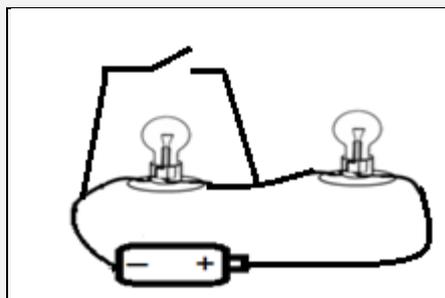
Construindo o Problema

Sugerimos uma atividade que desperta a curiosidade e o interesse dos alunos que fechar um curto circuito. É claro que não colocaremos jogo em nada e muito menos enfiaremos um fio na tomada.

É possível fechar um curto circuito em segurança? O que é um curto circuito?

Montagem 1

Duas pequenas lâmpadas estão ligadas aos pólos de uma pilha. Como mostra a figura.



1) Explique o que acontecerá se um fio fechar o circuito sobre uma das lâmpadas.

Retornando ao Problema

1) O que é um curto circuito?

2) É possível fechar um curto circuito em segurança?

10ª Atividade: Colocando em prática o que aprendemos

1) Por que é muito mais perigoso tomar um choque elétrico com a pele molhada do que com a pele seca? Quando submetido a uma mesma fonte de energia (120 V), qual o valor da corrente elétrica em cada caso? Quais os possíveis danos que seriam ocasionados nessas situações?

2) Por que pequenos pássaros conseguem pousar nos fios de alta tensão sem sofrerem nenhum dano?

3) Uma pessoa pode ficar submetida a uma grande voltagem e não sofrer grandes danos? Explique.

4) Qual a função dos fusíveis e disjuntores?

5) Uma determinada residência utiliza um disjuntor de 20 A, isto é, ele queima se for percorrido por uma corrente superior a 20 A. Esse disjuntor poderá ser utilizado para proteger apenas um chuveiro elétrico ligado a 220 V cuja potência varia de 3500 W a 5500 W?

10ª Atividade: Colocando em prática o que aprendemos

Conversando com o professor

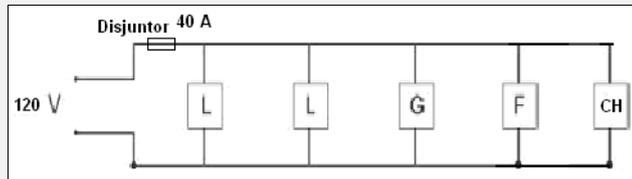
Esta atividade consiste em conjunto de questões relacionados com os conteúdos discutidos.

Sugerimos mais algumas questões, que estão relacionadas ao cotidiano dos alunos, pois acreditamos que o envolvimento dos alunos está relacionado à proximidade entre as questões discutidas em sala e o dia a dia dos alunos.

Aparelho	Potência (W)
Lâmpada L	60
Geladeira G	360

1) O circuito abaixo mostra um esquema de ligação elétrica de uma parte da residência. O disjuntor instalado é de 40 A, isto é se passar uma corrente maior que esse valor ele desarma. A tabela abaixo indica os valores da potência de cada aparelho:

Forno F	2400
Chuveiro CH	3600



- A) Suponha que você está tomando banho, com uma lâmpada ligada. Calcule a corrente que passa pelo disjuntor?
- B) Se durante o seu banho, a geladeira começar a funcionar o disjuntor irá desarmar? Explique. Calcule a corrente que passa pelo disjuntor?
- C) Se durante o seu banho a sua mãe ligar o forno elétrico o disjuntor irá desarmar? Explique. Calcule a corrente que passa pelo disjuntor?
- D) No esquema da casa, os fios de ligação, podem apresentar espessuras diferentes? Justifique.

11ª Atividade: Dimensionando os fios de uma instalação elétrica

(Estudo por investigação)

Em nossas residências, os aparelhos elétricos são ligados à rede por meio de fios de ligação. A escolha adequada de fios é uma tarefa importante do técnico ou engenheiro que projeta a instalação. No Brasil, os fios são de cobre podendo ser flexíveis ou rígidos. No entanto, a escolha mais importante é relativa à espessura (ou bitola) dos fios. Fios finos são mais baratos mas podem comprometer a segurança da instalação e o bom funcionamento dos aparelhos.

Apresentamos, então, as seguintes questões para investigação. Para tal, você deve rever os conteúdos tratados na sequência de ensino e, ainda, buscar informações com pessoas que tenham conhecimento técnico ou prático a respeito. Discuta com seu grupo a partir das informações coletadas e então prepare um relatório final sobre o tema.

1. Quais os critérios adotados para escolha da espessura dos fios de ligação em uma residência?

2. Os fios utilizados para instalação dos chuveiros devem ter a mesma espessura dos fios que conectam as lâmpadas de uma casa?

JUSTIFIQUE cada resposta com base no aprendemos sobre potência, corrente, tensão e resistência elétrica.

11ª Atividade: Dimensionando os fios de uma instalação elétrica (Estudo por investigação)

Conversando com o professor

Estudamos, nessa sequência, as transformações de energia elétrica, em outros tipos de energia e em especial o Efeito Joule. Estudamos a relação entre a resistência, corrente, voltagem, e potência elétrica os efeitos da corrente no corpo humano, o choque elétrico, os fusíveis e disjuntores que são os aparelhos de proteção de um circuitos elétricos.

Acreditamos que os alunos tenham conseguido entender que ao ligar equipamentos em paralelos aumentamos a corrente elétrica no circuito e para evitar a transformação de energia elétrica em energia térmica nos fios de ligação, esses devem ser dimensionados corretamente.

Assim pensamos nessa atividade, em que os alunos deverão analisar os fatores que devem ser considerados ao se comprar fios para fazerem uma ligação elétrica de uma residência. Esse tipo de atividade em que os alunos procuram as soluções para o problema colocado apresenta um caráter investigativo que contribui para uma visão mais próxima do fazer científico.

Atividades Adicionais

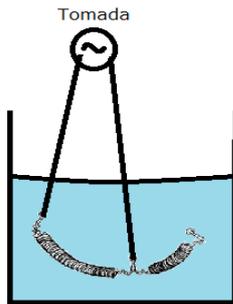
Efeito Joule – Investigando a relação entre Resistência e Potência elétrica

Continuando o nosso estudo da transformação de energia elétrica em energia térmica, vamos ligar resistência do chuveiro na fonte de energia (tensão da tomada). Mas aí surge uma pergunta?

Podemos ligar a resistência do chuveiro fora da água?

Montagem 1

Ligamos na metade da resistência, a uma tomada de 127v, como mostrado na ilustração a seguir. Observe o aquecimento da água ao redor da resistência.

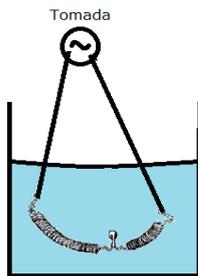


1) Por que a água esquentou?

2) Queremos aumentar o aquecimento, assim devemos aumentar ou diminuir a resistência? Explique.

Montagem 2

Ligamos os extremos da resistência a uma tomada de 127v, como mostra a ilustração a seguir. Observe o aquecimento da água ao redor da resistência.

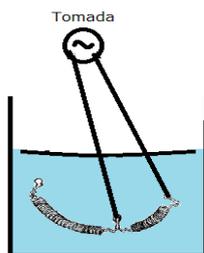


Responda

1) O aquecimento da água ao redor do fio foi maior comparado a situação anterior? Explique.

Montagem 3

Ligamos agora os fios como mostrado à ilustração a seguir. Observem o aquecimento da água ao redor da resistência. Perceba que diminuimos o comprimento da resistência.



Responda

2) O aquecimento da água ao redor do fio maior comparado a situação anterior? Explique

3) O Aumento do comprimento contribui para a passagem de corrente elétrica na resistência?
Explique

4) Preencha corretamente a tabela a seguir utilizando, as palavras maior e menor.

	Verão	Inverno
Aquecimento		
Potência		
Corrente elétrica		
Resistência elétrica		

Efeito Joule – Investigando a relação entre Resistência e Potência elétrica

Conversando com o professor

O objetivo desta atividade é continuar a analisar a relação entre resistência e potência elétrica, porém agora vamos nos aproximar ainda mais do cotidiano dos alunos ao abrir um chuveiro, retirar a resistência elétrica e analisar a diferença no aquecimento da água.

Construindo um problema

Discuta com os alunos sobre a ocorrência de se queimar um chuveiro novo no momento da ligação. Isso é comum acontecer. Em alguns modelos de chuveiros novos, vem com um lacre indicando que ele deve ser cheio de água, na posição fria (desligado) para posteriormente alterar para as posições verão ou inverno, justamente para evitar que ele queime logo depois da instalação.

Mas ai surge uma pergunta,

Podemos aplicar uma voltagem na resistência do chuveiro fora da água, isto é, podemos ligar essa resistência elétrica fora da água?

Para responder a essa pergunta e continuar a análise do princípio de funcionamento do chuveiro, propusemos a realização do experimento que consiste em ligar a resistência do chuveiro em uma tomada de 120 V e analisar o aquecimento da água ao seu redor.

Geralmente essa atividade, provoca uma agitação dos alunos, alguns irão querer levantar ou filmar. Sugerimos que explore as explicações dos alunos antes de continuar o desenrolar da atividade. Na montagem alteramos a ordem que geralmente realizamos. Na primeira montagem, ligamos no meio da resistência e analisamos o aquecimento. Na

segunda, perguntamos o que devemos fazer para aumentar a potência dissipada, aumentar ou diminuir o comprimento. Assim esperamos uma maior participação dos alunos, no conflito de modelos. Nessa fase da sequência os alunos já discutiram muito sobre a relação entre resistência, corrente e potência assim espera-se que eles dêem respostas pertinentes.

O que aprendemos nesta atividade

As questões aqui sugeridas podem ser respondidas literalmente pelos alunos ou oralmente durante as discussões realizadas ao longo da atividade.

Por acreditar que o registro escrito auxilia na organização das ideias, sugerimos que no final dessa atividade os alunos escrevam um pequeno texto dizendo o que ele aprendeu nesta atividade.

Retornando problematização

Para responder a essa questão vamos fazer a seguinte atividade.

Colocar um balão cheio de ar e outro com água e aproximar da chama de uma vela.

- 1) Responda qual balão ira estourar? Justifique.
- 2) Podemos ligar a resistência do chuveiro fora da água? Justifique.

Pensando no que aconteceu

Nessa atividade, a tensão da fonte foi mantida constante, assim a diminuição da resistência elétrica favorece a passagem de corrente elétrica, pelo circuito, o que aumenta a potência dissipada. Assim na posição verão, a resistência elétrica será maior, pois não é necessário aquecer muito a água. Já no inverno, quando é necessário aumentar mais a temperatura da água, a resistência elétrica será menor e conseqüentemente dissipará uma maior potência.

Explicando o problema

A passagem de corrente elétrica pelo resistor do chuveiro, provoca o aquecimento do fio, pelo efeito Joule, como já estudamos, porem esse calor deve ser transferido para água evitando que o fio se aqueça muito e derreta, isto é queime. Fora da água, o calor da resistência aquece o ar ao seu redor, que por não ser bom condutor de calor, diminui a transferência de calor da resistência para o meio externo, assim ela aumenta cada vez mais a sua temperatura até atingir o ponto de fusão o que provoca o derretimento. Na água, o calor recebido pela resistência é transferido para o resto da água, dessa forma não

diminui a transferência de calor.

Cuidados

A corrente elétrica que passa da resistência é elevada e pode desarmar algum disjuntor na escola, ligue e desligue o circuito deixando assim pouco tempo a resistência ligada.

Cuidado ao ligar a resistência, essa deve estar dentro da água e não deixar as pontas se encontrarem evitando um curto circuito.

Paradoxo da resistência

Até agora, estudamos as transformações de energia que ocorrem nos aparelhos elétricos e em especial os aparelhos que tem seu princípio de funcionamento baseado no Efeito Joule, isto é, na transformação energia elétrica em térmica.

Por que os fios de ligação, que apresentam pequena resistência, não esquentam? Por exemplo, por que os fios de ligação de um ferro de passar permanecem à temperatura ambiente, enquanto o ferro esquenta muito?

Para responder a essa questão vamos fazer um experimento.

Montagem 1

Ligar duas lâmpadas de potências diferentes 40 W e 100 W em paralelo. Como estudamos a lâmpada de 40 W apresenta uma resistência elétrica maior que a de 100 W.

Qual das lâmpadas irá brilhar mais? Justifique

Montagem 2

As duas lâmpadas de potências diferentes 40 W e 100 W serão em série.

Qual das lâmpadas irá brilhar mais? Justifique.

Montagem 3

A montagem conste em um fio de níquel-cromo como espessuras diferentes.

Ligue a extremidade do fio a uma fonte de 4,5V.

Responda

Qual a parte do fio ficou incandescente? Justifique.

Retomando a pergunta inicial

Por que os fios de ligação, que apresentam pequena resistência, não esquentam? Por exemplo, por que os fios de ligação de um ferro de passar permanecem à temperatura ambiente, enquanto o ferro esquentava muito?

Paradoxo da resistência

Conversando com o professor

Nesta atividade analisaremos uma contradição que existe nos aparelhos elétricos resistivos. Nesses aparelhos a diminuição da resistência provoca um aumento da potência dissipada. Mas muitas vezes os alunos esperam o esperado, afinal a transformação de energia ocorre na resistência.

Até agora, estudamos as transformações de energia que ocorrem nos aparelhos elétricos e em especial os aparelhos que tem seu princípio de funcionamento baseado no Efeito Joule, isto é, na transformação energia elétrica em térmica.

Construindo o problema

No experimento do fio de níquel-cromo, concluímos que a diminuição da resistência elétrica favorece a passagem de corrente elétrica e provoca um aumento da potência dissipada. Observamos isso quando o fio ficava mais vermelho com a diminuição do comprimento do fio.

Algo semelhante aconteceu quando comparamos a espessura do fio. Para os fios de maior espessura (menor resistência elétrica) observamos que a potência dissipada foi maior, o fio ficava mais vermelho, então concluímos que passava um fluxo maior de cargas elétricas, isto é, uma corrente elétrica maior.

Aplicamos esses conhecimentos para entender o funcionamento do chuveiro elétrico. Concluímos também que para aquecer mais a água, posição inverno, a resistência deverá ter menor comprimento.

Parece existir uma contradição, no que estamos estudando até aqui. Alguns alunos podem estar associando que o aumento da resistência elétrica provocasse um aumento na potência dissipada. Já que esses aparelhos funcionam transformando energia elétrica em térmica, devido à resistência elétrica, porém essa transformação aumenta quando

diminuímos a resistência elétrica.

Mas aí surge uma pergunta:

Dessa forma por que os fios de ligação, que apresentam pequena resistência, não esquentam? Por exemplo, por que os fios de ligação de um ferro de passar permanecem à temperatura ambiente, enquanto o ferro esquenta muito?

Retomando ao problema

Por que os fios de ligação, que apresentam pequena resistência, não esquentam? Por exemplo, por que os fios de ligação de um ferro de passar permanecem à temperatura ambiente, enquanto o ferro esquenta muito?

Explicando o problema

Na ligação em paralelo, a fonte de energia fornece a mesma quantidade de energia por Coulomb de carga, assim a potência será maior onde passar maior quantidade de corrente elétrica. Isso acontece no aparelho de menor resistência elétrica.

Já em uma ligação em série, a corrente elétrica é a mesma em todos os aparelhos, assim a transformação de energia será maior onde a resistência elétrica for maior.

Quando ligamos um ferro elétrico na tomada, a resistência elétrica do fio de ligação, que é muito pequena, está em série com a resistência elétrica, interna, do ferro de passar. Dessa forma, a transformação de energia será mais intensa no ferro do que no fio.

Assim, para uma mesma corrente elétrica, a transformação de energia aumenta a medida que se aumenta a resistência elétrica. Já para correntes diferentes, a potência aumenta a medida que se aumenta a corrente ou seja, diminui a resistência elétrica.

O que aprendemos nesta atividade

As questões aqui sugeridas podem ser respondidas literalmente pelos alunos ou oralmente durante as discussões realizadas ao longo da atividade.

Por acreditar que o registro escrito auxilia na organização das ideias, sugerimos que no final dessa atividade os alunos escrevam um pequeno texto dizendo o que ele aprendeu nesta atividade.

Reduzindo o custo da conta de energia elétrica

Como discutimos nas aulas anteriores, em nossas casas, estão repletos de aparelhos que transformam energia elétrica em outros tipos de energia. Da cozinha ao banheiro, da máquina de lavar ao ferro de passar, da lâmpada ao motor do portão da garagem, sem esquecer da televisão, o computador e o celular, utilizamos a energia elétrica em quase tudo em nossas casas. Essa energia apresenta um custo mensal que poderia ser reduzido. Estudamos que o consumo de energia depende da potência e do tempo de funcionamento, assim pesquise atitudes e novas tecnologias e explique como elas irão reduzir o custo da energia no final do mês.

Reduzindo o custo da conta de energia elétrica

Conversando com o professor

Nesta atividade sugerimos que os alunos pesquisem soluções para um uso racional da energia elétrica.

Estudamos ao longo da sequência as inúmeras utilidades da energia elétrica em nosso cotidiano. O uso consciente dessa energia deixa de ser um mero discurso e se tornam uma mudança de hábitos/atitudes e o uso de novas tecnologias. No cenário em que as tarifas de energia estão elevadas e os recursos disponíveis para geração dessa energia estão a cada dia mais escasso.

Dessa forma sugerimos essa atividade para que os alunos apresentem ações que podem ser feitas, no presente, para utilizarmos conscientemente a energia que está cada vez mais difícil de obter.

Referências bibliográficas

- GREF – Grupo de Reelaboração do Ensino de Física – Volume 3 – eletricidade e magnetismo – Instituto de Física da USP – 1998.
- Curso de Física, volume 3 / Antônio Máximo, Beatriz Alvarenga – São Paulo: Scipione, 2008.
- Física Conceitual / Paul G. Hewitt; trad. Trieste Freire Ricci e Maria Helena Gravina. – 9. Ed. – Porto Alegre: Bookman, 2002.

CONCLUSÕES

Neste trabalho analisamos as atitudes do professor para manter os alunos envolvidos com uma atividade experimental demonstrativa. Para Laburú (2006), o professor pode se valer de experimentos cativantes para direcionar o olhar dos estudantes para o que se deseja observar, e aproveitar desse envolvimento para discutir e apresentar os modelos e conceitos a eles relacionados. A atividade pode ser considerada cativante por aspectos aparentes e surpreendentes, tais como a incandescência e cor do fio, a expectativa dos alunos em relação a um possível choque ou algo pegar fogo, como também a sua proximidade com o cotidiano dos alunos fora da escola. As ações do professor consistem em conduzir esse interesse inicial para um engajamento em termos da construção de uma explicação causal para os fenômenos observados. Nesse sentido, vemos um deslocamento dos conteúdos do discurso, inicialmente voltados para um compartilhamento de observáveis e então deslocados para os conceitos de potência, voltagem, corrente e resistência elétrica, como também as relações matemáticas entre elas.

Para Gaspar e Monteiro (2005), o experimento apresenta uma linguagem própria e eficiente para indicar a dúvida do aluno ou para auxiliar a explicação do professor, uma espécie de linguagem simbólica complementar à linguagem oral. Assim quando o professor utilizou as evidências experimentais como a vermelhidão do fio a medida que diminuía o comprimento da resistência, para explicar a potência dissipada e a sua relação inversa com a resistência elétrica foi um facilitador no processo de ensino proporcionado pelo experimento.

Várias evidências de que a atividade experimental contribuiu para uma maior participação dos alunos como: a maioria dos alunos participou das discussões e contribuíram durante os debates com questões relevantes sobre o tema; os alunos ficaram, durante muito tempo, envolvidos com o experimento apresentado pelo professor e posto em discussão; os alunos conversam entre eles sobre os dados observados e respondiam juntos às questões feitas pelo professor. O professor convida explicitamente os alunos a participarem da demonstração mantendo as discussões sobre os conceitos relevantes. Ele apresentava novos conceitos no desenrolar da aula e estabelecia, com os estudantes, as relações entre os dados observáveis e o conceito de potência elétrica. Entendemos, tal intervenção contribuiu de forma significativa para que os alunos, motivados pelo experimento cativante, discutissem e entendessem as relações entre as grandezas relacionadas à potência elétrica, como também otimiza o tempo das discussões, algo que é muito precioso nas aulas de física.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR JÚNIOR, O. O papel do construtivismo na pesquisa em ensino de Ciências. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 3, n. 2, 107-120, ago. 1998. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol3/n2/v3_n2_a2.htm>. Acesso em: 3 jan. 2016.
- AGUIAR JÚNIOR, O.; MORTIMER, E. F. Tomada de consciência de conflitos: análise da atividade discursiva em uma aula de Ciências. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 10, n. 2, p. 179-207, 2005. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/public/ienci/artigos/Artigo_ID128/v10_n2_a2005.pdf>. Acesso em: 3 jan. 2016.
- ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. Atividades experimentais no ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 25, n. 2, p. 176-194, jun. 2003.
- ARRUDA, S. M. **Entre a inércia e a busca**. Reflexões sobre a formação em serviço de professores de Física do ensino médio. 2001. 238 f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.
- ARRUDA, S. M.; SILVA, M. R.; LABURÚ, C. E. Laboratório didático de Física a partir de uma perspectiva kuhniana. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 6, n. 1, p. 1-9, 2001.
- AXT, R. O papel da experimentação no ensino de Ciências. In: MOREIRA, M. A.; _____ (Org.). **Tópicos em ensino de Ciências**. Porto Alegre: Sagra, 1991.
- AZEVEDO, M. C. P. Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. In: CARVALHO, A. M. P. de (Org.). **Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo: Cengage Learning, 2013. p. 19-33.
- BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de Ciências. **Cad. Bras. Ens. Fís.**, Florianópolis, v. 19, n. 3: p. 291-313, dez. 2002.
- BRASIL. **PCN+ Ensino Médio**. Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/component/content/article?id=12598:publicações>>. Acesso em: 18 set 2015.
- CARVALHO, A. M. P. de (Org.). **Ensino de Ciências por investigação: condições para a implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013.
- DUEÑAS, M.; ESTELLÉS, M. Experiencias de cátedra em las clases de física de primer curso de escuelas técnicas. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 12, n. 3, p. 381-391, 1994.
- ENGLE, R. A.; CONANT, F. R. Guiding principles for fostering productive disciplinary engagement: explaining an emergent argument in a community of learners classroom. **Cognition and Instruction**, v. 20, p. 399-484, 2002.
- FIGUEROA, D. *et al.* Demostraciones de Física: ¿Para qué? **Enseñanza de las Ciencias**, v. 12, n. 3, p. 443-446, 1994.

GASPAR, A. **Museus e centros de Ciências** – conceituação e proposta de um referencial teórico. 1993. 118 f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

GASPAR, A.; MONTEIRO; I. C. de C. Atividades experimentais de demonstrações em sala de aula: uma análise segundo o referencial da teoria de Vygotsky. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 10, n. 2, p. 227-254, 2005.

HODSON, D. Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 12, n. 3, p. 299-313, 1994.

HOWE, A. C. Development of science concepts within a vygotskian framework. **Science Education**, v. 80, n. 1, p. 35-51, 1996.

LABURÚ, C. E. Seleção de experimentos de Física no ensino médio: uma investigação a partir da fala de professores. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 10, n. 2, p. 161-178, 2005.

LABURÚ, C. E. Fundamentos para um experimento cativante. **Cad. Bras. Ens. Fís.**, v. 23, n. 3: p. 382-404, dez. 2006.

LABURÚ, C. E.; ARRUDA, S. M.; NARDI, R. Por um pluralismo metodológico para o ensino de Ciências. **Ciência & Educação**, v. 9, n. 2, p. 247-260, 2003.

LAKATOS, I. & MUSGRAVE, A. **A crítica e o desenvolvimento do conhecimento**. São Paulo: Cultrix, 1979.

KIRSCHNER, P. A. Epistemology, practical work and academic skills in science education, **Science & Education**, n. 1, p. 273-299, 1992.

MILLAR, R. Towards a role for experiment in the science teaching laboratory. **Studies in Science Education**, n. 14, p. 109-118, 1987.

MORTIMER, E.; SCOTT, P. Atividade discursiva nas salas de aula de Ciências: uma ferramenta sócio-cultural para analisar e planejar o ensino. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 7, n. 3, p. 1-24, 2002.

MORTIMER, E. F. *et al.* Uma metodologia para caracterizar os gêneros de discurso como tipos de estratégias enunciativas nas aulas de Ciências. In: NARDI, R. (Org.). **A pesquisa em ensino de Ciências no Brasil**: alguns recortes. São Paulo: Escrituras, 2007. p. 53-94.

NARANJO, D. B. *et al.* El experimento demostrativo en las clases de Ciencias Naturales de secundaria básica: una variante metodológica para su desarrollo y perfeccionamiento. **Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 9, n. 2, p. 1-15, 2007.

OLIVEIRA, R. P. de; ARAÚJO, G. C. de. Qualidade do ensino: uma nova dimensão da luta pelo direito à educação. **Revista Brasileira de Educação**, n. 28, p. 5-24, 2005.

PENA, F. L. A.; RIBEIRO FILHO, A. Obstáculos para o uso da experimentação no ensino de Física: um estudo a partir de relatos de experiências pedagógicas brasileiras publicados em periódicos nacionais da área (1971-2006). **RBPEC**, v. 9, n. 1, p. 8, 2009.

PINO, A. Semiótica e a cognição na perspectiva histórico cultural. **Temas de Psicologia**, Ribeirão Preto, v. 3, n. 2, p. 31-40, 1995.

SÁ, E. F. de. **Os propósitos de atividades práticas na visão dos alunos e professores**. 2003. 182 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2003.

SANDOVAL, J. S.; CUDMANI, L. C. Los laboratorios de Física de ciclos basicos universitarios instrumentados como procesos colectivos de investigación dirigida. **Revista de la Enseñanza de la Física**, Asociación de Profesores de la Física de la Argentina, v. 5, n. 2, p. 10-17, 1992.

SÉRÉ, M-G.; COELHO, S. D.; NUNES, A. D. O papel da experimentação no ensino da Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 20, n. 1, p. 30-42, 2003.

SIAS, D. B.; TEIXEIRA, R. M. R. Resfriamento de um corpo: a aquisição automática de dados propiciando discussões conceituais no laboratório didático de Física no Ensino Médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 23, n. 3, p. 360-381, dez. 2006.

VIGOTSKI, L. S. **Psicologia pedagógica**. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

VIGOTSKI, L. S. **Pensamento e linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 2008.

VIGOTSKI, L. S. **A construção do pensamento e da linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 2011.

WERTSCH, J. V. The zone of proximal development: Some conceptual Issues. In: ROGOFF, B.; WERTSCH, J. V. (eds.): **Children's learning in the "Zone of Proximal Development"**. New Directions to Child Development, 23. San Francisco: Jossey-Bass, 1984. p. 84.

ZANELLA, A. V. Zona de Desenvolvimento Proximal: análise teórica de um conceito em algumas situações variadas. **Temas de Psicologia**, Ribeirão Preto, v. 2, n. 2, p. 97-110, 1994.

ANEXO

SEQUENCIA DE POTÊNCIA – VERSAO ALUNO

Sequência de Ensino

Potência Elétrica

FaE-UFMG

PI
BI
D
FÍ
SÍ
C
A

Coordenador PIBID-Física: Orlando Aguiar

Professores: Alfonso Chínaro, Daniela Freitas, Guilherme Nazareth, Ludilan Marzano, Paulo Henrique e Eliene Ribeiro

Caro aluno, o presente material corresponde a um conjunto de atividades de aprendizagem e avaliação na temática de Potência elétrica, que aqui denominaremos de Sequência de Ensino. Para um bom desenvolvimento das atividades torna-se necessário a sua participação/envolvimento nas propostas apresentadas. Todas as atividades devem ser registradas e entregues ao professor.

Bons estudos!

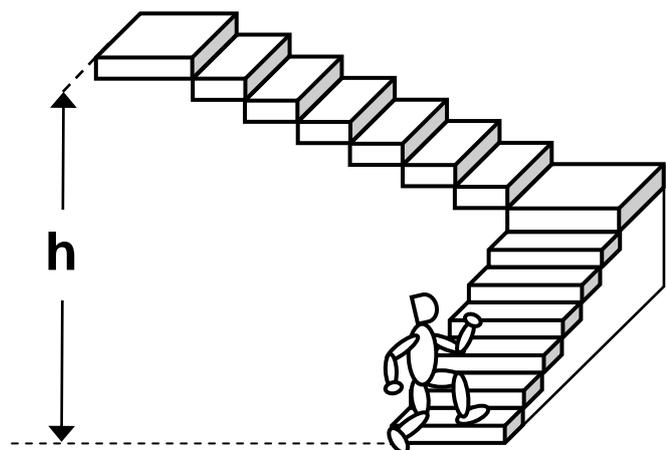
Trocando Ideias:

Converse com seu colega ao lado sobre as seguintes questões. Registre as respostas no caderno.

- c) O que você entende por potência?
- d) Cite situações em que o conceito de potência é utilizado.

1ª atividade: Potência Mecânica (Determinando a potência máxima de uma pessoa)

Nesta atividade deverão ser formados grupos de 4 alunos para discutir e responder diversas perguntas, lembrando que uma pessoa (o redator do grupo) deverá tomar nota de toda a discussão.



Por que ficamos mais cansados quando subimos uma escada correndo do que caminhando? A energia empregada é a mesma nas duas situações? E o tempo gasto?

Nesta atividade será determinada a potência máxima que uma pessoa pode desenvolver ao subir uma escada.

Cada grupo deverá designar um representante para realizar a atividade.

I) Com uma balança de banheiro meçam a massa da pessoa.

II) Com um cronômetro meçam o tempo gasto pela pessoa para subir, entre dois ou três andares de uma escada.

Obs.: A pessoa deve partir com velocidade inicial nula do primeiro degrau.

III) Determinem a altura h que a pessoa se elevou. Que procedimento foi utilizado para medir essa altura?

Responda as seguintes questões:

1) Qual o trabalho realizado pela pessoa ao subir a escada? Considere o valor da aceleração gravitacional local como sendo de 10 m/s^2 . Dica: o trabalho realizado corresponde à variação da energia potencial gravitacional da pessoa. Tome como referência o solo que antecipa o primeiro degrau da escada, de modo que a energia potencial gravitacional inicial seja nula ($T = \Delta E_{PG} = E_{PG\text{final}} - E_{PG\text{inicial}}$).

2) Qual a taxa do trabalho realizado em função do tempo? A que grandeza física esta associada a essa taxa? Qual sua unidade de medida?

3) Comparem com as taxas desenvolvidas pelas pessoas dos outros grupos ao realizarem a mesma tarefa. Houve alguma surpresa em relação ao aluno da classe que desenvolveu maior potência nesta atividade?

4) Quantas lâmpadas de 60 W poderiam ser acessas usando a potência desenvolvida pela pessoa do grupo ao subir a escada?

2ª atividade: Potência de aparelhos elétricos

Sobre a mesa do professor encontram-se alguns aparelhos elétricos, presentes em boa parte de nossas residências: um chuveiro, um secador de cabelo, uma prancha de cabelo, uma resistência de imersão (ebulidor), um ferro de passar roupa e uma lâmpada incandescente.



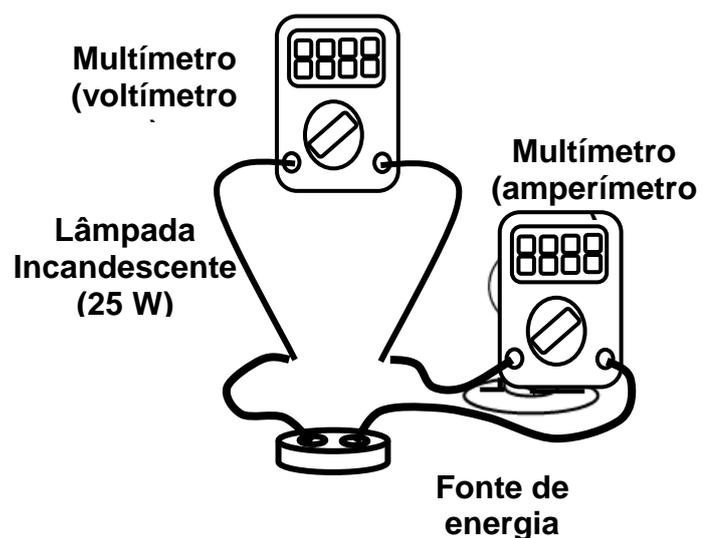
- 11- Além da aparência física, o que há em comum e de diferente entre esses aparelhos?
- 12- Todo aparelho elétrico em funcionamento transforma a energia elétrica recebida da fonte em outro tipo de energia. Cite em que tipo de energia foi transformado a energia elétrica nos aparelhos apresentados.
- 13- Por que eles aquecem quando os ligamos em um circuito?
- 14- Os aparelhos elétricos possuem informações técnicas impressas no corpo do aparelho ou em uma “chapinha”, geralmente na parte traseira., Escolha um aparelho da mesa e anote essa descrição. Discuta com o seu grupo o significado de cada uma das informações presentes nas “chapinhas”.
- 15- Esses aparelhos têm consumos diferentes de energia mesmo quando ligados a uma mesma tomada (isto é, a uma mesma fonte de energia). Explique como isso é possível.
- 16- O que faz com que um ferro de passar tenha maior consumo de energia do que uma lâmpada elétrica incandescente?
- 17- Que grandezas físicas estão relacionadas às unidades watt e volt?
- 18- O que acontece com o funcionamento de um secador de cabelo quando passamos de 127 V para 220 V ou vice versa?
- 19- O que acontece quando passamos a chave do chuveiro de inverno para verão ou vice versa?
- 20- Como se comparam os filamentos de lâmpadas de diferentes potências?

3ª atividade: Determinando a potência em aparelhos elétricos

Você deverá montar um circuito elétrico simples constituído por uma lâmpada incandescente de 25 W com boquilha, um multímetro, na escala de voltímetro, ligado em paralelo com a lâmpada, um multímetro, na escala de amperímetro, ligado em série com a lâmpada, uma fonte de energia elétrica (tomada) e fios condutores conectando os dispositivos como representado.

Anote as leituras do voltímetro e do amperímetro.

I) Substitua a lâmpada de 25 W (6W) por outra de 100 W (35W) e anote as leituras do voltímetro e do amperímetro. Houve mudança nos valores registrados?



II) Em qual das lâmpadas há uma maior intensidade de corrente elétrica?

As lâmpadas foram submetidas a uma mesma fonte de energia, que fornece 127 joules de energia elétrica para cada 1 coulomb de carga que percorre os terminais da fonte. A tensão elétrica, ou diferença de potencial elétrico, aplicada nos terminais das duas lâmpadas é igual, sendo dada pela seguinte relação:

$$\textit{Tensão} = \frac{\textit{Energia Transferida (Trabalho)}}{\textit{Carga}}$$

ou

$$V = \frac{E}{q}$$

No Sistema Internacional de Unidades a tensão elétrica é medida em volts.

$$\mathbf{1 \text{ volt} = 1 \text{ joule} / 1 \text{ coulomb}}$$

ou

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

Obs.: Existem também algumas fontes de energia que fornecem 220 joules de energia elétrica para cada 1 coulomb de carga que percorre seus terminais, ou seja que estabelecem uma tensão elétrica ou diferença de potencial elétrico de 220 V nos aparelhos.

III) Qual das duas lâmpadas utiliza mais energia elétrica durante seu funcionamento? Explique.

IV) Se o ferro de passar utiliza mais energia elétrica no seu funcionamento é por que o fluxo ordenado de cargas elétricas é maior ou menor que nas lâmpadas utilizadas? Explique.

A potência desenvolvida nos aparelhos elétricos é dada pela seguinte relação

$$\textit{Potência} = \frac{\textit{Energia Transferida (trabalho)}}{\textit{Tempo}}$$

ou

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

No Sistema Internacional de Unidades a potência elétrica é medida em watts.

$$1 \text{ watt} = 1 \text{ joule} / 1 \text{ segundo}$$

ou

$$1 \text{ W} = 1 \text{ J} / 1 \text{ s}$$

Desafio:

Sabendo-se que $Tensão = \frac{Energia}{Carga}$ e a $Corrente\ elétrica = \frac{Carga}{Tempo}$, obtenha a relação entre potência e as grandezas físicas tensão e corrente elétrica. Resolva em seu caderno e, depois, registre o resultado no espaço abaixo:

4ª atividade: Colocando em prática o que aprendemos

- 1) Que tipos de transformações de energia ocorrem nos aparelhos resistivos: ferro elétrico, chuveiro elétrico e lâmpada incandescente?
- 2) As fontes de energia produzem energia elétrica ou simplesmente transformam? Explique.
- 3) Os aparelhos elétricos gastam ou convertem energia elétrica? Explique.
- 4) Uma lâmpada possui as especificações 60 W / 110 V. Calcule a corrente elétrica quando a lâmpada for ligada na tensão adequada.
- 5) Calcule a corrente elétrica que se estabelece quando cada um dos aparelhos utilizados na atividade 1 for ligado à rede, na tensão adequada. Monte os resultados em uma tabela e compare os valores encontrados.
- 6) Em uma residência, é possível que, em um mês, uma lâmpada incandescente tenha consumido mais energia do que um chuveiro elétrico? Caso afirmativo, indique como.
- 7) Um determinado aparelho é ligado a uma tomada cuja tensão elétrica é de 120 V, e quando em funcionamento, é percorrido por uma corrente de 2,5 A.
 - e) As cargas elétricas, ao atravessarem o aparelho perdem ou ganham energia elétrica?
 - f) Para onde se transfere esta energia perdida pelas cargas?
 - g) Qual a potência que é desenvolvida neste aparelho?
 - h) Se o aparelho funcionar durante 10 minutos, qual a quantidade de energia que será transformada?

8) O que acontecerá se ligarmos uma lâmpada com inscrições 60 W / 110 V na tensão de 220 V? Explique.

9) O que acontecerá se ligarmos um secador de cabelo com chave selecionada em 220 V em uma fonte de 110 V?

5ª atividade: O medidor de energia elétrica e a potência dissipada pelos aparelhos elétricos.

Em nossas residências ou no comércio existe um medidor de energia elétrica, que é um dispositivo eletromecânico ou eletrônico utilizado para determinar o consumo de energia elétrica durante certo período de tempo. No Brasil e em praticamente todos os países do mundo, a leitura da energia consumida é realizada pelos medidores em uma unidade denominada de **quilowatt-hora** (kWh).



Medidor de energia elétrica residencial em uma unidade denominada de **quilowatt-hora**

$$1 \text{ kWh} = 1000 \text{ W} \times 1 \text{ h}$$

I) Complete a tabela com o tempo de funcionamento, em horas, que diversos aparelhos elétricos devem ter para que o consumo de energia elétrica seja de 1 kWh.

Aparelho elétrico	Potência elétrica	Tempo de funcionamento
Ferro de passar	1000 W	
Chuveiro	4000 W	
Geladeira	500 W	
Lâmpada incandescente	100 W	

Sabemos que a potência elétrica é dada pela seguinte definição $Potência = \frac{Energia}{Tempo}$, de modo que

$$Energia = Potência \times Tempo$$

ou

$$E = P \times t$$

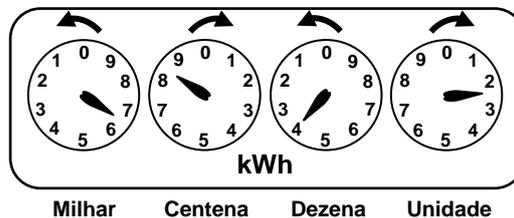
Ou seja, quanto maior for a potência de um aparelho elétrico e quanto maior for o tempo que estiver em funcionamento, maior será a quantidade de energia elétrica que ele utilizará (transformando-a em outras formas de energia).

Tipos de medidores de energia elétrica

Existem três tipos de medidores de energia elétrica: de ponteiros, o ciclométrico e o display digital.

O medidor de ponteiros é composto de quatro ou cinco pequenos relógios.

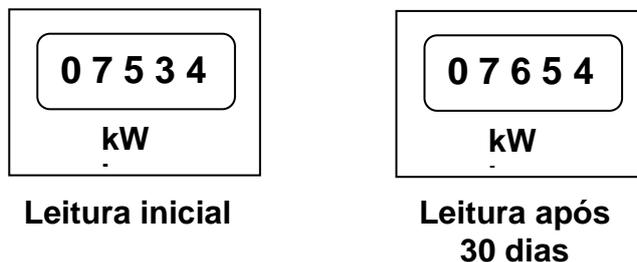
- Para se determinar o consumo de energia elétrica em kWh, deve-se realizara leitura do medidor no início e depois no final do período pretendido. Os números devem ser anotados na mesma ordem dos relógios.
- Lembre que os ponteiros dos relógios giram no sentido do menor para o maior número, anote sempre o último número ultrapassado pelo ponteiro.



Qual é a leitura do medidor de ponteiros de energia elétrica desenhado anteriormente?

O medidor ciclométrico apresenta uma leitura mais simples e direta, conforme aparece no visor do medidor.

A ilustração representa a leitura de um medidor ciclométrico em dois períodos distintos



Qual foi o consumo de energia elétrica no período de 30 dias para o medidor ciclométrico representado? Se o preço cobrado pela concessionária do setor elétrico para o consumo de 1 kWh for de R\$ 0,60, qual o valor a ser pago apenas* pelo consumo residencial?

*Hoje existem outras taxas que são cobradas na fatura mensal, como a taxa de iluminação pública.

Desafio: Como podemos usar o medidor de energia elétrica para conferir a potência dissipada por um aparelho elétrico?

Para analisar as características de um medidor de energia elétrica e testar sua resposta anterior será disponibilizado um medidor de energia elétrica e alguns aparelhos elétricos.

6ª Atividade: Colocando em prática o que aprendemos

- 1- É possível calcular o consumo de energia de uma residência sem usar as informações da conta de luz? Como? Que dados são necessários?
- 2- Em uma conta de luz encontramos o seguinte valor final: 260 kWh. Essa unidade se refere a que grandeza física: energia, potência, tensão ou corrente elétrica?
- 3- Na descrição de uma lâmpada encontra-se 40 W / 110 V. Calcule a energia gasta por essa lâmpada em uma hora (em kWh).
- 4- Um chuveiro de 5500 W / 110 V é usado 30 horas por mês, enquanto um aquecedor de 1200 W / 110 V é usado por 50 horas no mesmo período. Qual dos dois consome mais energia? Apresente os cálculos.

7ª atividade: Efeito Joule – Investigando a relação entre Resistência e Potência elétrica

O Cortador de isopor

- Estique um fio de níquel-cromo de 80 cm de comprimento.
- Ligue os terminais de uma fonte de energia elétrica de 12 V nas extremidades do fio níquel-cromo.
- Aproxime a cada certo tempo os terminais da fonte, de modo a reduzir o tamanho do fio que será percorrido pela corrente elétrica.

Responda:

- 4) O que você observa no fio de níquel-cromo à medida que o comprimento do fio diminui enquanto a fonte de energia continua a mesma?
- 5) Ao diminuirmos o tamanho do fio de níquel-cromo a resistência elétrica aumenta, diminui ou não se altera? E o valor da corrente elétrica? Explique.
- 6) O que acontece com a potência dissipada durante a variação do comprimento do fio de níquel-cromo?

Este dispositivo costuma ser utilizado para cortar peças de isopor. Experimente fazer isso.

O chuveiro elétrico

- Abra um chuveiro elétrico e analise a variação do comprimento da resistência elétrica quando mudamos a chave seletora entre as posições “verão” e “inverno”.
- Faça uma comparação entre o que acontece com a resistência do chuveiro elétrico e do cortador de isopor quando desejamos aumentar sua potência. Explique.

Comparando filamentos da lâmpada elétrica

- Compare o filamento das lâmpadas incandescentes de 25 W e 100 W: qual delas possui um filamento mais grosso?
- Supondo que os filamentos tenham o mesmo comprimento e que são feitos de um mesmo material (tungstênio), em qual das lâmpadas a resistência elétrica é maior? Explique.
- Qual das duas lâmpadas será percorrida por maior corrente elétrica ao ser ligada na tensão adequada? Explique.

Quando um aparelho elétrico é ligado a uma fonte de energia elétrica, e esta energia recebida é transformada integralmente em energia térmica, aquecendo a resistência, pode-se observar a transferência de calor da resistência para o ambiente. Este fenômeno é denominado de **efeito Joule**, em homenagem ao cientista James P. Joule que estudou este fenômeno no século XIX.

A potência elétrica é definida pela seguinte relação:

$$\text{Potência} = \text{Tensão} \times \text{Corrente elétrica}$$

ou

$$P = V \times i$$

Como a tensão elétrica é definida por: Tensão = Resistência x Corrente elétrica, temos

$$\text{Potência} = (\text{Resistência} \times \text{Corrente elétrica}) \times \text{Corrente elétrica}$$

$$\text{Potência} = \text{Resistência} \times \text{Corrente elétrica}^2$$

ou

$$P = R \times i^2$$

8ª Atividade: Colocando em prática o que aprendemos

- 1- Uma pessoa possui duas lâmpadas incandescentes de filamento de espessuras diferentes, porém ambas perderam a inscrição com os valores de suas potências. Como essa pessoa pode saber qual dessas lâmpadas possui maior potência antes de conectá-las à boquilha?
- 2- Um mesmo chuveiro pode apresentar duas potências diferentes. Para passar da chave verão para inverno a resistência interna do chuveiro deve aumentar ou diminuir? Como isso é possível já que o chuveiro é o mesmo?
- 3- Cite 3 eletrodomésticos que tem seu funcionamento baseado no efeito Joule.

- 4- Numa rede de 220 V é ligado um chuveiro com a inscrição 220 V – 2800 /4400 W. Determine a corrente exigida pelo aparelho para dissipar as potências nominais quando o chuveiro está ligado com a chave na posição “verão” e na posição “inverno”.

Desafio:

Sabe-se que em funcionamento, a corrente elétrica que percorre o ferro de passar e seu cabo de ligação é a mesma. Por que então o cabo de ligação de um ferro de passar permanece à temperatura ambiente, enquanto o ferro esquentava muito?

9ª atividade: Leituras

CHOQUE ELÉTRICO E SUAS CONSEQUÊNCIAS

O choque elétrico é causado quando por algum motivo parte de nosso corpo ou de outro animal fizer parte de um circuito elétrico que é percorrido por uma corrente elétrica.

Os efeitos do choque dependem da região do corpo que a corrente elétrica atravessa e de sua intensidade. A intensidade da corrente é, entretanto, o fator determinante nas sensações e consequências do choque elétrico. Isso porque é a intensidade do movimento de cargas elétricas que provoca os espasmos musculares. Esses espasmos são fatais, sobretudo, quando envolvem músculos cardíacos. Estudos cuidadosos deste fenômeno permitiram chegar aos seguintes valores aproximados:

INTENSIDADE DA CORRENTE	SENSAÇÕES
de 1 mA a 10 mA	Formigamento
de 10 mA a 20 mA	Dor
de 21 mA a 100 mA	Grandes dificuldades respiratórias
superiores a 100 mA	Podem causar a morte da pessoa, por provocar contrações rápidas e irregulares do coração (fibrilação cardíaca).
superiores a 200 mA	Graves queimaduras e conduzem à parada cardíaca.

Por outro lado, a diferença de potencial não é determinante neste fenômeno. Isso pode parecer estranho, pois quanto maior a tensão (ou diferença de potencial) elétrica, maior a intensidade de corrente, não é mesmo? Entretanto, algumas vezes as fontes possuem baixa potência (por

terem baixa disponibilidade de carga elétrica) e alta tensão elétrica. É o que ocorre, por exemplo, em geradores eletrostáticos (como o Gerador de Van der Graff, que produz choques inofensivos) ou mesmo em objetos eletrizados (como um balão atritado com blusa de lã). Esses casos, embora gerem tensões elétricas muito elevadas, envolvem cargas elétricas muito pequenas e os choques produzidos não apresentam, normalmente, nenhum risco.

Entretanto, tensões elétricas relativamente pequenas podem causar graves danos, dependendo da resistência do corpo humano. O valor desta resistência pode variar entre, aproximadamente $100\ 000\ \Omega$, para a pele seca, e cerca de $1\ 000\ \Omega$, para a pele molhada. Por essa razão, não se deve nunca tocar os dois terminais de uma bateria de automóvel (de apenas $12\ \text{V}$, mas com uma disponibilidade de carga elétrica relativamente alta). Ao contrário, pilhas e baterias de celulares e outros aparelhos não envolvem qualquer risco.

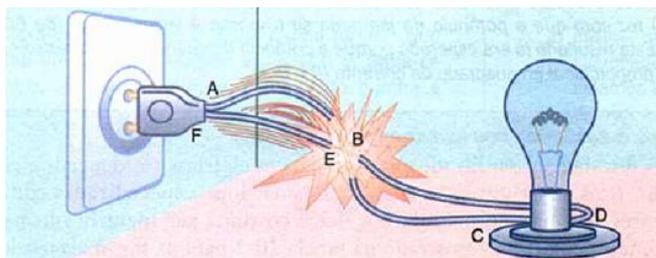
Em caso de tensões muito elevadas, como ocorre nos cabos de transmissão de energia elétrica, o contato com eles é sempre muito perigoso. Por maior que seja a resistência de uma pessoa (mesmo com a pele seca e contatos através de isolantes), uma voltagem de $13\ 600\ \text{V}$, encontrada nos cabos de alta tensão das ruas das cidades, poderá dar origem a uma corrente fatal.

Por isso, muitas pessoas ficam intrigadas ao verem um pássaro pousado em um fio de alta tensão, sem ser eletrocutado. Esse fato é possível porque ele toca apenas um fio, em dois pontos muito próximos. A diferença de potencial entre esses dois pontos é muito pequena, em virtude da resistência desprezível do trecho do cabo. Assim, a corrente que atravessa o corpo do pássaro (que possui resistência bem maior que o trecho de fio abaixo dele) é imperceptível. Entretanto, se o pássaro tocar os dois fios de alta tensão (ou fizer o contato de um deles com a terra), ele será submetido a uma tensão de $13\ 600\ \text{V}$ e receberá um choque violentíssimo, que causará sua morte imediata.

(Texto adaptado de: Física – volume 3 – Antônio Máximo e Beatriz Alvarenga; São Paulo – Ed. Scipione, 2008 – 1ª edição – páginas 123 e 124)

CURTO-CIRCUITO

Como o próprio nome indica, curto-circuito é um circuito (caminho) curto. Como assim? Imagine que você tenha uma lâmpada ligada a uma tomada como indica a figura, o



(Figura retirada de: Física – volume 3 – Antônio Máximo e Beatriz Alvarenga; São Paulo Ed Scipione, 2008 – 1ª edição – página 145)

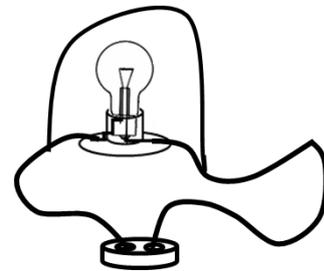
caminho normal da corrente seriam o trajeto A, B, C, D, E e F. Porém se for feito contato entre os pontos B e E surgirá um caminho de resistência nula (A, B, E e F), assim toda a corrente será desviada para esse novo caminho uma vez que possui menor resistência que o caminho que passa pela lâmpada.¹

Em um curto-circuito a resistência total do circuito se torna muito pequena, com isso a corrente terá um valor exageradamente alto o que pode provocar um superaquecimento do fio e ocasionar incêndios.

Retomando os estudos anteriores, em que foram analisados o secador de cabelo, o ferro de passar roupa entre outros aparelhos resistivos, nota-se que aqui também ocorre uma transformação de energia elétrica em energia térmica² onde a corrente é elevada.

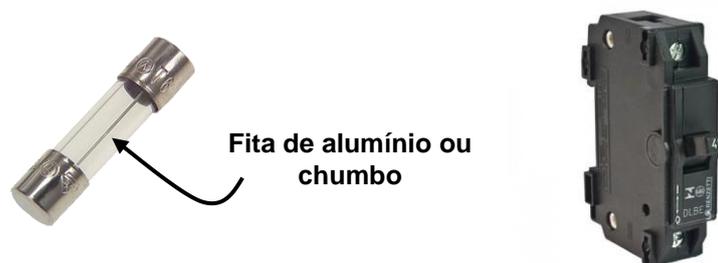
¹Cuidado! O termo curto não significa menor em comprimento, mas sim menor em resistência.

² Esse fenômeno de transformação de energia elétrica em energia térmica damos o nome de Efeito Joule.



FUSÍVEL E DISJUNTOR

O aumento da corrente elétrica em um determinado aparelho (ou no circuito elétrico como um todo) pode ser algo muito perigoso, como visto no texto anterior, podendo até mesmo causar incêndios. Por isso é muito importante proteger o circuito elétrico quanto à passagem de uma corrente de alta intensidade. Para isso são utilizados alguns dispositivos conhecidos como fusíveis ou disjuntores. Esses dispositivos não permitem a passagem de corrente elétrica acima de um valor pré-determinado.



Fotografia de um fusível e de um disjuntor de 40 ampères

Os fusíveis são geralmente compostos de um pequeno filamento metálico cujo material possui um baixo ponto de fusão e, ao ser percorrido por uma corrente de maior intensidade, esse filamento é superaquecido causando sua fusão. Sendo assim, o circuito é aberto interrompendo a passagem de corrente pelo aparelho, evitando maiores danos ao mesmo.

A chave automática ou disjuntor tem também a finalidade de proteger o circuito elétrico. Nessas chaves, o aquecimento de um dispositivo metálico provoca sua dilatação, fazendo com que a chave se desligue.

O princípio de funcionamento dos fusíveis e disjuntores é o mesmo dos aparelhos estudados na segunda atividade desta sequência (chuveiro, ferro de passar roupa etc), ou seja, transformam energia elétrica em calor; tal fenômeno é conhecido como Efeito Joule.

10ª Atividade: Colocando em prática o que aprendemos

- 1) Por que é muito mais perigoso tomar um choque elétrico com a pele molhada do que com a pele seca? Quando submetido a uma mesma fonte de energia (120 V), qual o valor da corrente elétrica em cada caso? Quais os possíveis danos que seriam ocasionados nessas situações?
- 2) Por que pequenos pássaros conseguem pousar nos fios de alta tensão sem sofrerem nenhum dano?
- 3) Uma pessoa pode ficar submetida a uma grande voltagem e não sofrer grandes danos? Explique.
- 4) Qual a função dos fusíveis e disjuntores?
- 5) Uma determinada residência utiliza um disjuntor de 20 A, isto é, ele queima se for percorrido por uma corrente superior a 20 A. Esse disjuntor poderá ser utilizado para proteger apenas um chuveiro elétrico ligado a 220 V cuja potência varia de 3500 W a 5500 W?

11ª Atividade: Dimensionando os fios de uma instalação elétrica (Estudo por investigação)

Em nossas residências, os aparelhos elétricos são ligados à rede por meio de fios de ligação. A escolha adequada de fios é uma tarefa importante do técnico ou engenheiro que projeta a instalação. No Brasil, os fios são de cobre podendo ser flexíveis ou rígidos. No entanto, a escolha mais importante é relativa à espessura (ou bitola) dos fios. Fios finos são mais baratos mas podem comprometer a segurança da instalação e o bom funcionamento dos aparelhos.

Apresentamos, então, as seguintes questões para investigação. Para tal, você deve rever os conteúdos tratados na sequência de ensino e, ainda, buscar informações com pessoas que

tenham conhecimento técnico ou prático a respeito. Discuta com seu grupo a partir das informações coletadas e então prepare um relatório final sobre o tema.

1) Quais os critérios adotados para escolha da espessura dos fios de ligação em uma residência?

2) Os fios utilizados para instalação dos chuveiros devem ter a mesma espessura dos fios que conectam as lâmpadas de uma casa?

JUSTIFIQUE cada resposta com base no aprendemos sobre potência, corrente, tensão e resistência elétrica.

Referências bibliográficas

- GREF – Grupo de Reelaboração do Ensino de Física – Volume 3 – eletricidade e magnetismo – Instituto de Física da USP – 1998.
- Curso de Física, volume 3 / Antônio Máximo, Beatriz Alvarenga – São Paulo: Scipione, 2008.
- Física Conceitual / Paul G. Hewitt; trad. Trieste Freire Ricci e Maria Helena Gravina. – 9. Ed. – Porto Alegre: Bookman, 2002.