



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

Instituto de Física

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física

Mestrado Profissional em Ensino de Física

A FÍSICA DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS RESIDENCIAIS

Carlos Alberto Gonçalves da Conceição

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:

Hugo Milward Riani de Luna

Coorientador:

Marcos Binderly Gaspar

Rio de Janeiro
Janeiro de 2021

A FÍSICA DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS RESIDENCIAIS

Carlos Alberto Gonçalves da Conceição

Orientador:

Hugo Milward Riani de Luna

Coorientador:

Marcos Binderly Gaspar

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada por:

Dr. Hugo Milward Riani de Luna (Presidente)

Dr. Vitorvani Soares

Dr. Fernando Lang da Silveira

Dr. Ladário da Silva

Rio de Janeiro
Janeiro de 2021

FICHA CATALOGRÁFICA

C744f Conceição, Carlos Alberto Gonçalves da
A Física das Instalações Elétricas Residenciais /
Carlos Alberto Gonçalves da Conceição. -- Rio de
Janeiro, 2021.
167 f.

Orientadora: Hugo Milward Riani de
Luna. Coorientadora: Marcos Binderly
Gaspar.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do
Rio de Janeiro, Instituto de Física, Programa de Pós
Graduação em Ensino de Física, 2021.

1. Ensino de Física. 2. Circuitos Elétricos. 3.
Desperdício de Energia Elétrica. 4. Instalações
Elétricas Residenciais. 5. Alfabetização Científica.
I. Luna, Hugo Milward Riani de, orient. II. Gaspar,
Marcos Binderly, coorient. III. Título.

*“Se a educação sozinha, não transforma a sociedade,
sem ela tampouco a sociedade muda.”*

Paulo Freire

Dedico este trabalho ao meu filho Gabriel, que é sempre meu maior incentivo para me tornar um ser humano melhor.

Agradecimentos

Agradeço aos meus orientadores Hugo Milward Riani de Luna e Marcos Binderly Gaspar por terem aceitado a tarefa de me orientar,

Agradeço a minha companheira Viviane pela inestimável ajuda e também aos colegas da minha turma do mestrado profissional pelas noites viradas resolvendo questões.

Agradeço aos professores Vitorvani Soares, Fernando Lang da Silveira e Ladário da Silva por terem aceitado o convite para compor a banca.

Agradeço a direção da Escola Estadual Madre Teresa de Calcutá por ter permitido a aplicação das atividades.

Agradeço a professora Deise Miranda Vianna e aos colegas Sandro Fernandes e Marcio Velloso por toda ajuda que me concederam.

Finalmente agradeço ao professor Vitor Jesus pelas valiosas e gentis contribuições.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001", de acordo com a Portaria 206 de 4 de setembro de 2018.

RESUMO

A FÍSICA DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS RESIDENCIAIS

Carlos Alberto Gonçalves da Conceição

Orientador:

Hugo Milward Riani de Luna

Coorientador

Marcos Binderly Gaspar

Resumo da Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Vincular o ensino de física ao cotidiano dos alunos é uma maneira de tornar o ensino mais interessante, agradável e significativo para eles. Esta percepção é expressa, por exemplo, nos Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 2000). Este trabalho é uma proposta de aula baseada na investigação de um fenômeno bastante interessante, presente nas instalações elétricas residenciais, e, portanto, inserido no cotidiano dos alunos, que é a queda no brilho das lâmpadas da residência quando são ligados simultaneamente os aparelhos de grande potência nela contidos. Apresento uma proposta de aula, com enfoque CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade) onde, através de um roteiro e da realização de experimentos, objetivo perpassar as principais características dos circuitos elétricos, conscientizar os alunos sobre o uso responsável da energia elétrica, compreender que as instalações elétricas são circuitos elétricos e que, portanto, a física faz parte de sua realidade diária e perceber que por trás do fenômeno analisado se encontra o desperdício de energia elétrica, devido ao ineficaz dimensionamento dos condutores da instalação. Apresento e analiso os resultados do trabalho mostrando que a aula proposta concede oportunidade de os alunos exercitarem sua argumentação, vivenciarem a experiência de uma aula mais investigativa e adquirirem conhecimentos científicos que lhes permitam compreender, interferir e modificar sua realidade promovendo assim a alfabetização científica.

Palavras-chave: Ensino de Física, Enfoque CTS, Circuitos Elétricos.

Rio de Janeiro
Janeiro de 2021

ABSTRACT

THE PHYSICS OF RESIDENTIAL ELECTRICAL INSTALLATIONS

Carlos Alberto Gonçalves da Conceição

Supervisors:

Hugo Milward Riani de Luna

Marcos Binderly Gaspar

Abstract of master's thesis submitted to Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, in partial fulfillment of the requirements for the degree Mestre em Ensino de Física.

Linking physics teaching to students' daily lives is a way to make teaching more interesting, enjoyable, and meaningful for them. This work presents an analysis of a series of classroom activities, which are based in the investigation of an interesting phenomenon, present in residential electrical installations, and, therefore, inserted in the students' daily lives.

This phenomenon addresses the drop in the brightness of lamps in a residence when electrical appliances, of great electrical power, are connected simultaneously. We present a classroom proposal, with a STS focus (Science, Technology and Society) where, throughout a script and experimental activities, the main physical contents of electrical circuits are addressed. Therefore, it can also, make students aware of the responsible use of electric energy, understand that electrical installations are, as matter of fact, electrical circuits and, consequently, physics is part of their daily life realizing that behind the phenomenon analyzed lies in the waste of electrical energy, mostly due to the ineffective dimensioning of the installation conductors.

We present and analyze the results of showing that the proposed classroom provides the opportunity for students to exercise their argumentation, live the experience of a more investigative classroom activities and acquire scientific knowledge that understands, interferes and modifies their reality, promoting scientific literacy.

Keywords: Physics education, CTS approach, electric circuits.

Rio de Janeiro

January 2021

Sumário

Capítulo 1: Introdução e Justificativa.....	14
Capítulo 2: Referencial Teórico.....	28
2.1 Alfabetização Científica.....	28
2.2 Atividades Investigativas.....	31
2.3 Por que o Enfoque CTS?.....	39
Capítulo 3: Aplicação das Atividades.....	46
3.1 A Confeção do Produto.....	46
3.2 Métodos, Resultados e Discussão.....	48
Capítulo 4: Considerações Finais.....	130
Referências Bibliográficas	137
Apêndice. Produto: Material de Apoio do Professor e do Aluno.....	141

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Circuito elétrico com resistores associados em paralelo.....	16
Figura 2. Posição dos condutores em uma instalação elétrica residencial.....	17
Figura 3. Tabela sobre o crescimento de consumo de energia elétrica.....	20
Figura 4. Aumento do consumo residencial de energia elétrica por ano até 2026.....	21
Figura 5. Brasil – Número de consumidores (ligações) residenciais.....	21
Figura 6. Brasil- Consumo médio por consumidor residencial (kWh/mês).....	22
Figura 7. Brasil-Potencial de eficiência e economia energética nos últimos três anos.....	23
Figura 8. Triângulo das potências.....	25
Figura 9. Variação da seção de um condutor em função do fator de potência.....	26
Figura 10. Representação gráfica das impedâncias.....	27
Figura 11. Questão de N° 103, do Caderno Cinza do ENEM (Exame Nacional do Ensino Médio), 2019.....	44
Figura 12. Circuito experimental confeccionado para realização nas atividades.....	47
Figura 13. Exemplos de respostas dos alunos a questão “Os textos chamam a atenção para um problema muito grave, relacionado ao uso da energia elétrica. Que problema é esse? ”.....	50
Figura 14. Nuvens de palavras gerada pelas respostas dos alunos à questão “Os textos chamam a atenção para um problema muito grave, relacionado ao uso da energia elétrica. Que problema é esse? ”.....	52
Figura 15. Exemplos de respostas dos alunos a questão “De que maneira você acredita que o desperdício citado nos textos impacta na vida da sua família?”.....	54
Figura 16. Nuvens de palavras gerada pelas respostas dos alunos à questão “De que maneira você acredita que o desperdício citado nos textos impacta na vida da sua família?”.....	56
Figura 17. Exemplos de respostas dos alunos a questão “Que ações você poderia implementar, na sua casa e na sua escola, para evitar o desperdício de energia elétrica? ”.....	58
Figura 18. Nuvem de palavras gerada pelas respostas dos alunos à questão “Que ações você poderia implementar, na sua casa e na sua escola, para evitar o desperdício de energia elétrica? ”.....	60

Figura 19. Exemplos de respostas dos alunos a questão “O furto de energia elétrica atingiu números alarmantes de acordo com um dos textos. De que maneira, na sua opinião, o furto de energia elétrica prejudica sua vida e a sociedade como um todo? ”	62
Figura 20. Nuvens de palavras gerada pelas respostas dos alunos à questão “O furto de energia elétrica atingiu números alarmantes de acordo com um dos textos. De que maneira, na sua opinião, o furto de energia elétrica prejudica sua vida e a sociedade como um todo? ”	64
Figura 21. Gráfico que indica o período em que os alunos mais consomem energia elétrica em suas residências	68
Figura 22. Respostas dos grupos a questão “Sobre o fenômeno descrito no texto anterior o que o grupo acha que proporciona esta queda de rendimento de alguns aparelhos quando outros são ligados? ”	70
Figura 23. Circuito simples em funcionamento.....	72
Figura 24. Nuvens de palavras geradas na análise das questões 1 e 2 do Circuito Simples..	74
Figura 25. Exemplos de respostas dos grupos à questão “O grupo está recebendo uma lâmpada igual a utilizada pelo professor. O valor da voltagem medida pelo professor corresponde ao nominal da lâmpada? Justifique”.....	76
Figura 26. Circuito em série em funcionamento.....	80
Figura 27. Exemplo de resposta de um dos grupos as questões 1, 2 e 3 da associação de lâmpadas em série.....	82
Figura 28. Exemplo de resposta de dois grupos as questões 4 e 5 da associação de lâmpadas em série.....	84
Figura 29. Circuito em paralelo em funcionamento.....	89
Figura 30. Exemplo de respostas de um grupo as questões 1 e 2 da associação de lâmpadas em paralelo.....	91
Figura 31. Exemplo de respostas de um grupo as questões 3 e 4 da associação de lâmpadas em paralelo.....	93
Figura 32. Circuito misto em funcionamento.....	97
Figura 33. Exemplo de respostas de um grupo as questões 1 e 2 da associação mista de lâmpadas e aparelhos elétricos.....	99
Figura 34. Gráfico da Localização dos circuitos versus Número de grupos.....	101
Figura 35. Gráfico da Classificação das instalações elétricas residenciais versus Número de grupos.....	103
Figura 36. Gráfico do Tipo de circuito versus Número de grupos.....	104

Figura 37. Aparato utilizado para realizar a variação da resistência elétrica do condutor do ramo em série do circuito misto.....	106
Figura 38. Experimento da 1ª etapa. Alteração da resistência elétrica do condutor do ramo em série do circuito misto. Um fio de cobre bem esticado, foi inserido no ramo em série do condutor.....	107
Figura 39. Exemplos de respostas de dois grupos a questão 1 da 1ª etapa da atividade intitulada “ Alterando a resistência do condutor do ramo em série ”.....	109
Figura 40. Experimento da segunda etapa. Alteração da resistência elétrica do condutor do ramo em série do circuito misto. Um fio de cobre, com metade da espessura do anterior e bem esticado, foi inserido no ramo em série do condutor.....	111
Figura 41. Exemplos de respostas de dois grupos a questão 2 da segunda etapa da atividade intitulada “ Alterando a resistência do condutor do ramo em série ”.....	113
Figura 42. Gráfico da Justificativa para a diferença no aquecimento dos condutores versus Número de grupos.....	114
Figura 43. Gráfico da Espessura dos condutores versus Número de grupos.....	116
Figura 44. Exemplos de respostas de dois grupos a questão 4 da segunda etapa da atividade intitulada “ Alterando a resistência do condutor do ramo em série ”.....	118
Figura 45. Experimento da terceira etapa do estudo do circuito misto. Substituição do condutor do ramo em série do circuito por um condutor de níquel-cromo (resistência de chuveiro elétrico).	122
Figura 46. Exemplos de respostas de dois grupos a questão 1 da terceira etapa da atividade intitulada “ Alterando a resistência do condutor do ramo em série ”.....	124
Figura 47. Exemplos de respostas de dois grupos a questão 2 da terceira etapa da atividade intitulada “ Alterando a resistência do condutor do ramo em série ”.....	126
Figura 48. Exemplos de respostas dos grupos a respeito das impressões, críticas e elogios sobre as atividades realizadas.	135

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Mapeia em que momento do dia os alunos consomem mais energia elétrica.....	67
Tabela 2. Potência nominal, tensão nominal, resistência elétrica e corrente elétrica de uma lâmpada halógena de 25W.....	78
Tabela 3. Comparação do circuito simples com o circuito em série.....	86
Tabela 4. Comparação da potência nominal com a potência dissipada pela lâmpada.....	87
Tabela 5. Comparação do circuito em paralelo com o circuito em série.....	95
Tabela 6. Potência dissipada pelo condutor de uma unidade consumidora e de todas as unidades consumidoras atendidas pela empresa Light Serviços de Eletricidade.....	120
Tabela 7. Estimativa do custo mensal do funcionamento das lâmpadas da escola.....	129

Capítulo 1

Introdução e Justificativa

No decorrer de 12 anos de magistério, ao ensinar eletrodinâmica, notei que um questionamento, feito por parte dos alunos, era recorrente:

Por que as lâmpadas da casa ficam mais “fracas” quando vários aparelhos são ligados simultaneamente?

Este questionamento foi meu primeiro motivador e percebi então que ele poderia servir de pano de fundo para uma atividade de ensino mais significativa para os alunos, uma vez que este foi um problema, que envolve o tema eletricidade, observado em seu cotidiano e levado por eles à sala de aula, o que, de certa forma, está expresso nos Parâmetros Curriculares Nacionais:

Uma Física cujo significado o aluno possa perceber no momento em que aprende, e não em um momento posterior ao aprendizado. Para isso, é imprescindível considerar o mundo vivencial dos alunos, sua realidade próxima ou distante, os objetos e fenômenos com que efetivamente lidam, ou os problemas e indagações que movem sua curiosidade. Esse deve ser o ponto de partida e, de certa forma, também o ponto de chegada (BRASIL, 2000).

Este trabalho baseia-se em um conjunto de atividades que têm como objetivos:

- I. Ajudar os alunos a compreender melhor o fenômeno da queda no brilho das lâmpadas quando vários aparelhos elétricos são ligados simultaneamente dentro da residência.
- II. Permitir que eles percebam que por detrás dele se esconde o desperdício de energia elétrica na forma de Efeito Joule, e como esse desperdício pode afetar a sociedade como um todo.
- III. Conscientizar os alunos com relação ao uso responsável da energia elétrica.
- IV. Permitir que eles aprendam física de uma maneira mais interessante que a tradicional, abordando, por exemplo a associação de circuitos resistivos a partir de lâmpadas, sem usar os resistores, elementos elétricos que muitas vezes os alunos não compreendem.

Entende-se por ensino tradicional o que foi muito bem explicitado nos Parâmetros Curriculares Nacionais:

O ensino de Física tem-se realizado frequentemente mediante a apresentação de conceitos, leis e fórmulas, de forma desarticulada, distanciados do mundo vivido pelos alunos e professores e não só, mas também por isso, vazios de significado. Privilegia a teoria e a abstração, desde o primeiro momento, em detrimento de um desenvolvimento gradual da abstração que, pelo menos, parta da prática e de exemplos concretos. Enfatiza a utilização de fórmulas, em situações artificiais, desvinculando a linguagem matemática que essas fórmulas representam de seu significado físico efetivo. Insiste na solução de exercícios repetitivos, pretendendo que o aprendizado ocorra pela automatização ou memorização e não pela construção do conhecimento através das competências adquiridas. Apresenta o conhecimento como um produto acabado, fruto da genialidade de mentes como a de Galileu, Newton ou Einstein, contribuindo para que os alunos concluam que não resta mais nenhum problema significativo a resolver. Além disso, envolve uma lista de conteúdos demasiadamente extensa, que impede o aprofundamento necessário e a instauração de um diálogo construtivo (BRASIL, 2000).

Estes objetivos estão alinhados com as competências e habilidades citadas no PCN à saber:

Investigação e compreensão

- Formular questões a partir de situações reais e compreender aquelas já enunciadas.
- Fazer uso dos conhecimentos da Física, da Química e da Biologia para explicar o mundo natural e para planejar, executar e avaliar intervenções práticas.
- Aplicar as tecnologias associadas às Ciências Naturais na escola, no trabalho e em outros contextos relevantes para sua vida.

Contextualização sócio-cultural

- Utilizar elementos e conhecimentos científicos e tecnológicos para diagnosticar e equacionar questões sociais e ambientais.

(BRASIL, 2000).

O segundo motivador origina-se no fato de que o aprendizado se dá de maneira mais eficiente e interessante quando o conteúdo faz sentido para o aluno. Contextualizar o que está sendo ensinado com a rotina dos alunos é atualmente tarefa de todos os professores. As instalações elétricas residenciais fazem parte do cotidiano de todos os alunos de maneira que estudar a física das mesmas é uma excelente oportunidade de promover um ensino mais atrativo e integrado a vida real. Isso está em consonância com o que sinaliza os Parâmetros Curriculares Nacionais:

Não se trata, portanto, de elaborar novas listas de tópicos de conteúdo, mas sobretudo de dar ao ensino de Física novas dimensões. Isso significa promover um conhecimento contextualizado e integrado à vida de cada jovem. Apresentar uma Física que explique a queda dos corpos, o movimento da lua ou das estrelas no céu, o arco-íris e também os raios laser, as imagens da televisão e as formas de comunicação. Uma Física que explique os gastos da “conta de luz” ou o consumo diário de combustível e também as questões referentes ao uso das diferentes fontes de energia em escala social, incluída a energia nuclear, com seus riscos e benefícios. Uma Física que discuta a origem do universo e sua evolução. Que trate do refrigerador ou dos motores a combustão, das células fotoelétricas, das radiações presentes no dia-a-dia, mas também dos princípios gerais que permitem generalizar todas essas compreensões. Uma Física cujo significado o aluno possa perceber no momento em que aprende, e não em um momento posterior ao aprendizado (BRASIL, 2000).

O terceiro motivador baseia-se na constatação de que quando ensinamos circuitos elétricos em paralelo e os exemplificamos citando as instalações elétricas residenciais, estamos cometendo um deslize, pois isto não é totalmente verdade. Quando afirmamos isto estamos negligenciando um ramo importante do circuito, que são os condutores que ligam a fonte aos “nós”¹ do circuito.

Temos a seguir, na figura 1, uma representação bastante corriqueira de um circuito em paralelo e ao lado a mesma representação com o referido ramo sendo destacado em amarelo.

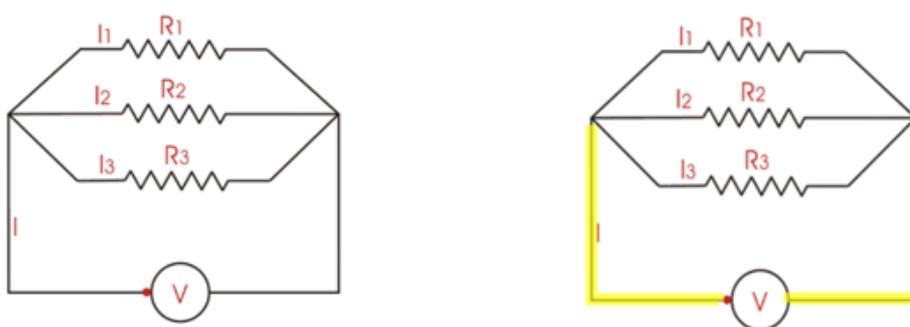


Figura 1: Circuito elétrico com resistores associados em paralelo à esquerda. À direita o mesmo circuito, onde os condutores que ligam a fonte aos “nós” do circuito estão destacados em amarelo. Fonte: GIFs de Física, 2018.

¹ Nó é um ponto que interliga dois ou mais ramos do circuito.

Nas instalações elétricas residenciais, estes ramos são representados pelos condutores que ligam o medidor de energia ao quadro de distribuição (quadro de disjuntores) da instalação.

A figura 2 ilustra a posição destes condutores (destacados em amarelo) em uma instalação elétrica residencial.

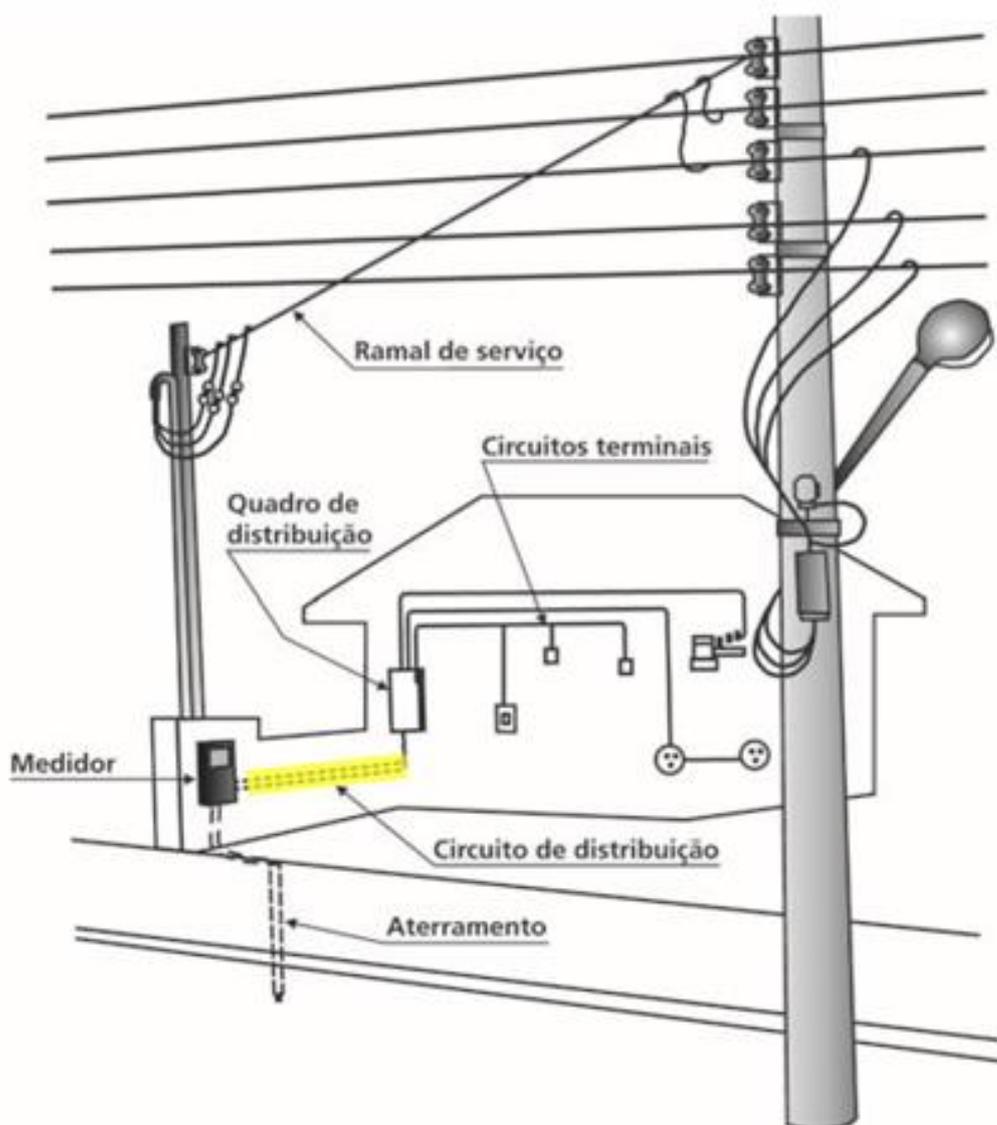


Figura 2 - Representação da ligação (condutor destacado em amarelo) entre o “relógio” medidor de energia e o quadro de disjuntores de uma residência, ao fundo. Fonte: Manual do Eletricista, 2018.

Se considerarmos o circuito como um todo precisamos admitir que esses condutores irão influenciar na resistência equivalente do mesmo, pois possuem uma resistência elétrica que está associada em série com o restante do circuito (ramo em paralelo), de maneira que as instalações elétricas residenciais são, na verdade, circuitos mistos e não, simplesmente, circuitos em paralelo. Este aspecto dos circuitos elétricos residenciais foi também abordado por Scaloni (2016), onde o autor considerou as resistências elétricas dos condutores, concluindo que as instalações elétricas residenciais são circuitos mistos e que os condutores promovem queda de tensão elétrica na instalação, dissipando potência e culminando em desperdício de energia elétrica. É importante destacar aqui algumas diferenças fundamentais entre os dois trabalhos que conferem um caráter particular a cada um deles.

O presente trabalho tem como pano de fundo o esforço em explicar o fenômeno da queda do brilho de lâmpadas quando aparelhos elétricos de grande potência são ligados simultaneamente em pontos diferentes da instalação elétrica residencial e construir, junto com os alunos, o entendimento de que por trás de tal fenômeno existe um desperdício de energia elétrica devido ao efeito Joule. Este esforço culmina com a conscientização dos alunos sobre o desperdício de energia elétrica.

Para atingir tais objetivos elaborei uma atividade prática, de perfil investigativo, onde os alunos têm a oportunidade de realizar um estudo dos circuitos em série, em paralelo e misto, compreendendo as características de cada um deles e ao mesmo tempo construindo o entendimento de que o circuito experimental em estudo é uma representação das instalações elétricas residenciais, que nada mais são do que circuitos elétricos. Para tal foi proposto um roteiro para ser preenchido simultaneamente à realização das atividades experimentais, proporcionando, entre outros benefícios o da argumentação e discussão nos grupos. Outra característica que diferencia este trabalho daquele é o fato de que neste o desperdício de energia elétrica foi abordado com um viés CTS, visando promover alfabetização científica. Naquele trabalho o autor, embora também realize cálculos de queda de tensão elétrica e potência dissipada nos condutores da instalação elétrica, tem como objetivo a criação de um material teórico de apoio aos professores de ensino médio, enriquecendo as aulas teóricas dos mesmos. Para tal o autor realizou pesquisa com os docentes onde estes responderam questionamentos sobre quais assuntos de física abordavam em suas aulas de eletricidade, se tinham críticas sobre os livros didáticos que utilizavam e se gostariam de ter acesso a um material teórico que fosse mais completo abordando por exemplo, normas e segurança das instalações elétricas. Embora ocorra similaridades em algumas abordagens os objetivos dos dois trabalhos são diferentes.

Este tem como produto a criação de uma aula experimental de caráter investigativo tendo como referência teórica a alfabetização científica, as atividades investigativas e a abordagem CTS. Aquele tem como produto a criação de um material teórico de apoio aos docentes.

Todos os condutores do circuito possuem uma resistência elétrica e vão influenciar na dinâmica do circuito, mas, centrarei minha análise no condutor que liga o quadro de disjuntores ao “relógio” medidor de consumo de energia, por uma simples justificativa: é através dele que passa a corrente total do circuito, de maneira que a dissipação de energia através deste condutor será maior que em qualquer outro condutor do circuito.

O estudo do que ocorre nesses condutores, ou seja, do ramo em série do circuito, é o que nos permite entender o motivo pelo qual o brilho das lâmpadas de uma residência diminui quando vários aparelhos elétricos são ligados simultaneamente dentro da casa, além de nos permitir calcular a quantidade de energia que é desperdiçada nesses condutores, principalmente quando mal dimensionados, devido ao Efeito Joule.

O quarto e último motivador para este trabalho está relacionado ao crescente desperdício de energia elétrica em nosso país.

A energia elétrica passou a receber mais atenção nas sociedades modernas uma vez que elas se tornaram absolutamente dependentes da eletricidade.

Abaixo podemos ver, nas tabelas descritas na figura 3 o consumo anual nacional de energia elétrica por classe, disponibilizado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE). O histórico anual, apresenta dados de 1995 a 2018, do consumo nacional de energia elétrica, segmentado pelas classes residencial, industrial, comercial e outros (rural, serviço público e iluminação pública).

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE									
DIRETORIA DE ECONOMIA DA ENERGIA E MEIO AMBIENTE – DEA									
SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E ENERGÉTICOS – SEE									
CONSUMO NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA NA REDE POR CLASSE: 1995 - 2018									
									
CONSUMO (GWh)	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
BRASIL	243.074	257.330	273.280	284.522	292.188	307.529	283.257	293.226	306.987
RESIDENCIAL	63.576	68.581	74.089	79.340	81.291	83.613	73.622	72.718	76.162
INDUSTRIAL	111.626	117.128	121.717	121.979	123.893	131.278	122.539	130.927	136.221
COMERCIAL	32.276	34.388	38.198	41.544	43.588	47.626	44.434	45.222	47.531
OUTROS	35.596	37.234	39.276	41.659	43.416	45.011	42.663	44.359	47.073
CRESCIMENTO (%)	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
BRASIL	7,8	5,9	6,2	4,1	2,7	5,3	-7,9	3,5	4,7
RESIDENCIAL	13,6	7,9	8,0	7,1	2,5	2,9	-11,9	-1,2	4,7
INDUSTRIAL	4,0	4,9	3,9	0,2	1,6	6,0	-6,7	6,8	4,0
COMERCIAL	11,9	6,5	11,1	8,8	4,9	9,3	-6,7	1,8	5,1
OUTROS	6,7	4,6	5,5	6,1	4,2	3,7	-5,2	4,0	6,1
CONSUMO (GWh)	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
BRASIL	329.707	344.284	356.129	377.030	388.472	384.306	415.668	433.016	448.126
RESIDENCIAL	78.470	82.644	85.784	89.885	94.746	100.776	107.215	111.971	117.646
INDUSTRIAL	154.163	158.610	163.180	174.369	175.834	161.799	179.478	183.576	183.425
COMERCIAL	49.686	53.035	55.369	58.647	61.813	65.255	69.170	73.482	79.226
OUTROS	47.389	49.995	51.796	54.129	56.079	56.477	59.805	63.988	67.829
CRESCIMENTO (%)	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
BRASIL	7,4	4,4	3,4	5,9	3,0	-1,1	8,2	4,2	3,5
RESIDENCIAL	3,0	5,3	3,8	4,8	5,4	6,4	6,4	4,4	5,1
INDUSTRIAL	13,2	2,9	2,9	6,9	0,8	-8,0	10,9	2,3	-0,1
COMERCIAL	4,5	6,7	4,4	5,9	5,4	5,6	6,0	6,2	7,8
OUTROS	0,7	5,5	3,6	4,5	3,6	0,7	5,9	7,0	6,0
CONSUMO (GWh)	2013	2014	2015	2016	2017	2018			
BRASIL	463.142	474.823	465.708	461.780	467.161	472.242			
RESIDENCIAL	124.908	132.302	131.190	132.872	134.368	136.022			
INDUSTRIAL	184.685	179.106	169.289	165.314	167.398	169.549			
COMERCIAL	83.704	89.840	90.768	87.873	88.292	88.815			
OUTROS	69.846	73.575	74.462	75.721	77.103	77.856			
CRESCIMENTO (%)	2013	2014	2015	2016	2017	2018			
BRASIL	3,4	2,5	-1,9	-0,8	1,2	1,1			
RESIDENCIAL	6,2	5,9	-0,8	1,3	1,1	1,2			
INDUSTRIAL	0,7	-3,0	-5,5	-2,3	1,3	1,3			
COMERCIAL	5,7	7,3	1,0	-3,2	0,5	0,6			
OUTROS	3,0	5,3	1,2	1,7	1,8	1,0			

Figura 3 - Tabelas sobre o crescimento de consumo de energia elétrica. Fonte: EPE (Empresa de Pesquisa Energética), 2019.

A partir dos dados descritos nas tabelas da figura 3, podemos verificar que o consumo, de modo geral, vem aumentando desde 1995 até 2018, em todas as classes de consumo. À medida que o país se torna mais populoso e industrializado essa demanda tende a crescer.

Como ilustrado na figura 4, a Projeção de Demanda de Energia Elétrica para os próximos 10 anos, realizada em 2017 pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) o consumo residencial de energia elétrica vai aumentar 3,9% ao ano até 2026.

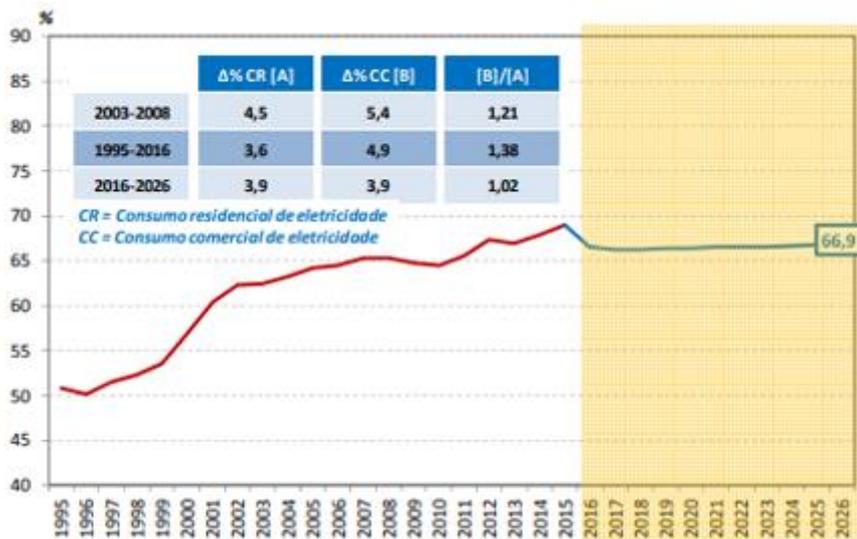


Figura 4 - Aumento do consumo residencial de energia elétrica por ano até 2026.
Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (EPE),2017.

Pode-se estimar que as ligações residenciais, no período entre 2016 e 2026, de acordo com a Projeção de Demanda de Energia Elétrica, sofrerão um acréscimo médio anual 2,5% o que corresponde a um aumento de 70 milhões para 89 milhões de ligações nos próximos 10 anos. Além disso, o mesmo estudo indica que ocorrerá um crescimento médio anual, de consumo por consumidor, de 1,4%.

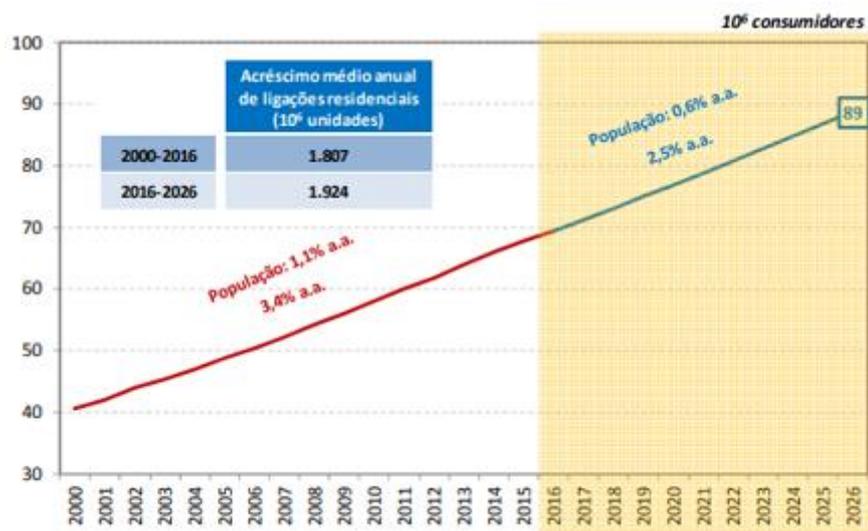


Figura 5 - Brasil – Número de consumidores (ligações) residenciais. Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (EPE), 2017.

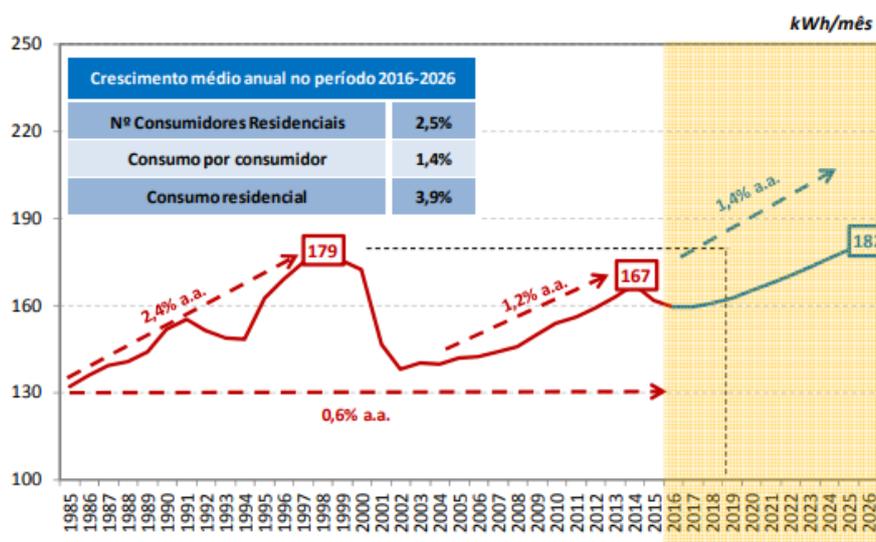


Figura 6 - Brasil- Consumo médio por consumidor residencial (kWh/mês). Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (EPE), 2017.

Em meio a esse cenário de crescente consumo de energia elétrica outro fator causa preocupação: o desperdício de energia elétrica. Segundo relatório divulgado pela ABESCo (Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia) em maio de 2017, apenas nos últimos três anos o desperdício de energia elétrica atingiu a impressionante cifra de R\$ 61,7 bilhões.

Ainda segundo o mesmo estudo, a energia desperdiçada apenas no ano de 2016 representa 46% de toda a produção de Itaipu no mesmo ano e daria para abastecer durante um mês inteiro a cidade de São José dos Campos que possui 533.000 habitantes.

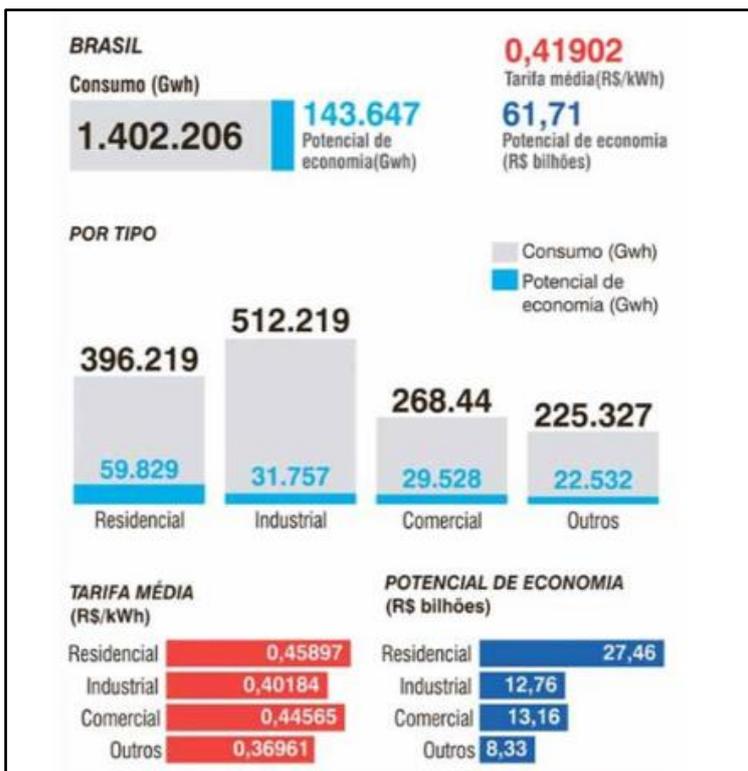


Figura 7 - Brasil-Potencial de eficiência e economia energética nos últimos três anos. Fonte: Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia (ABESCO), 2017.

Finalmente, o desperdício de energia elétrica foi o quarto e último motivador para este trabalho, pois ele vem sendo praticado por grande parte da sociedade e faz parte do nosso cotidiano. Por exemplo, ao chegar na escola pela manhã, percebi que as luzes e alguns ventiladores da escola já se encontravam ligados. Foi fácil constatar que as lâmpadas da escola, que deveriam ficar ligadas por no máximo 15 horas, sendo uma escola de três turnos que funciona das 7:00h da manhã até as 22:00h da noite, terminavam ficando ligadas 24h por dia. Tal prática, certamente, acarreta um enorme desperdício de energia elétrica e calcular esta energia desperdiçada pode ser uma atividade enriquecedora para os alunos. Uma atividade prática, que permitisse aos alunos compreenderem um fenômeno presente dentro de suas casas e ao mesmo tempo os conscientizasse a respeito do uso responsável da energia elétrica, auxiliando-os no aprendizado da física, de maneira mais prazerosa, seria interessante para eles e para a sociedade como um todo. A ideia, portanto, é a de criar uma atividade onde um circuito seja construído com materiais de fácil acesso e que, de fato, façam parte do cotidiano dos alunos como por exemplo, lâmpadas, aparelhos elétricos de pequeno porte (secadores de cabelo, ferro de passar roupas e pequenos ventiladores de mesa), soquetes tomadas e fios. Através de algumas medidas realizadas com um multímetro e alguns cálculos, os alunos responderiam questionamentos sobre tais práticas, elaborados em um roteiro, de maneira que chegassem a conclusão que o circuito elétrico que estão observando e estudando é uma reprodução, em menor escala, das instalações elétricas de suas casas e assim compreenderiam quais fatores dentro do circuito, ocasionam a queda no rendimento das lâmpadas e máquinas.

A minha proposta é não tratar as instalações elétricas das residências como simples circuitos em paralelo, mas sim como circuitos mistos, e as atividades práticas devem permitir que ao final do processo o aluno possa chegar a tal conclusão.

Tenho duas observações a fazer nesta introdução antes de seguirmos para o próximo capítulo. A primeira delas é que, para efeitos didáticos, estou tratando as instalações elétricas residenciais como circuitos elétricos puramente resistivos, embora saibamos que isso não é verdade. Nas residências temos motores indutivos como ventiladores, máquinas de lavar, geladeiras, liquidificadores, entre outros. Quando a corrente elétrica circula pela bobina do motor ela gera um campo magnético necessário ao funcionamento dele, porém esta energia usada na geração e manutenção dos campos magnéticos não produz trabalho útil como por exemplo girar a hélice de um ventilador. A potência usada para realizar trabalho útil é denominada potência ativa e medida em W (watt). No caso dos motores, a potência utilizada para estabelecer e manter os campos magnéticos necessários ao funcionamento das máquinas é chamada potência reativa e

medida em VAR (volt amperes reativo). Esta potência reativa pode ser de natureza indutiva ou capacitiva. A potência reativa, além de não produzir trabalho útil ocupa espaço na rede do sistema elétrico, evitando assim que mais potência ativa seja fornecida. A eficiência no uso de energia é indicada pelo fator de potência, que nada mais é do que a razão entre a potência ativa e a potência aparente. A relação entre as potências ativa, potência reativa e potência aparente é representada por um triângulo denominado triângulo das potências e representado na figura 8.

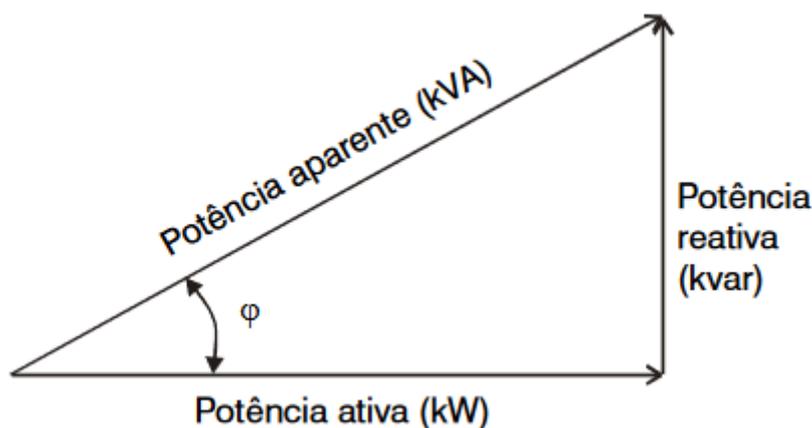


Figura 8. Triângulo das potências. Fonte: WEG - Manual para Correção do Fator de Potência.

O fator de potência é representado também pelo cosseno do ângulo ϕ no triângulo das potências da figura 8. Esse fator de potência varia de 0 até 1, sendo este o valor ideal. Quando o fator de potência se aproxima de 1 significa que a quantidade de potência reativa está diminuindo e quando se afasta de 1 significa que a mesma está crescendo.

O aumento da quantidade de energia reativa nas instalações elétricas provoca vários efeitos indesejados e prejudiciais ao circuito e ao sistema elétrico como por exemplo a elevação da corrente elétrica nos condutores e a queda de tensão elétrica. Essa elevação da corrente acarreta perdas na forma de calor e são proporcionais ao quadrado da corrente elétrica ($P=R.I^2$) de maneira que podemos concluir, de maneira geral que, um baixo fator de potência é prejudicial às instalações elétricas.

A figura 9 mostra uma tabela que ilustra a variação da espessura do condutor em função do fator de potência.

Seção relativa	Fator de Potência
1,00	1,00
1,23	0,90
1,56	0,80
2,04	0,70
2,78	0,60
4,00	0,50
6,25	0,40
11,10	0,30

Figura 9. Variação da seção de um condutor em função do fator de potência. Fonte: WEG - Manual para Correção do Fator de Potência.

A Resolução nº 414/2010 da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) estabelece para as instalações elétricas industriais um fator de potência limite mínimo de 0,92. Se este limite for violado o consumidor industrial é taxado. Atualmente as concessionárias não controlam o fator de potência dos consumidores residenciais, porém Rios et al (2014) afirma que já existe uma previsão de que a resolução nº 414/2010 da ANEEL seja estendida para o setor residencial e mostra em seu trabalho que a potência reativa para uma residência possui valor bastante significativo.

Para corrigir o fator de potência de uma instalação elétrica com excesso de potência reativa indutiva é necessário diminuir a quantidade de potência reativa através da instalação de bancos de capacitores em paralelo com as cargas. Se olharmos a figura 10 podemos compreender melhor o papel dos capacitores neste processo. Como as reatâncias indutiva e capacitiva

possuem mesma direção e sentidos opostos, a inserção de reatância capacitiva no circuito anula ou contrabalança a reatância indutiva corrigindo assim o fator de potência.

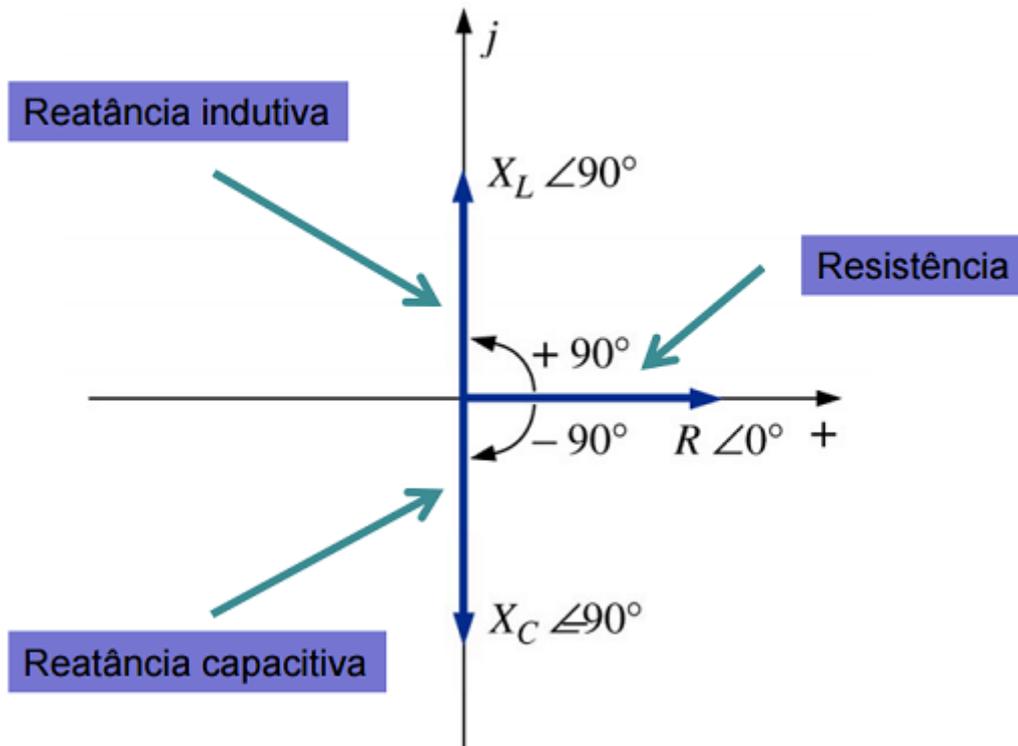


Figura 10. Representação gráfica das impedâncias. Fonte: Instituto Federal Santa Catarina, (IFSC), 2017.

A segunda e última observação se refere a resistência dos filamentos de tungstênio das lâmpadas halógenas. Por uma questão de transposição didática estou adotando um modelo de resistência constante para tais filamentos embora saibamos que a temperatura do filamento de tungstênio de uma lâmpada varia com tensão aplicada acarretando conseqüentemente alteração em sua resistência elétrica.

2. Referencial Teórico

Neste capítulo farei uma discussão dos referenciais teóricos que embasaram este trabalho. Destaco alguns trabalhos de pesquisadores de assuntos como CTS, Alfabetização Científica e Atividades Investigativas. Optei por tais referenciais porque eles vão de encontro aos meus anseios de trabalhar com os alunos uma física mais voltada para prática no seu cotidiano atribuindo assim mais significado ao que é aprendido e despertando, dessa forma, mais entusiasmo por parte dos alunos.

2.1 Alfabetização Científica

Quando um cidadão evita consumir sacolas plásticas, deixar luzes acesas em ambientes onde não esteja, descartar pilhas no lixo comum, deixar a torneira aberta enquanto escova os dentes, tomar longos banhos no chuveiro elétrico, utilizar papel não reciclado entre outras, ele está utilizando conhecimentos científicos para não prejudicar o planeta e a sociedade como um todo. Podemos dizer que ele está fazendo uso de ferramentas fornecidas pelas ciências para tomar decisões, resolver problemas e interferir na sua realidade. Essa capacidade de utilizar a ciência para solucionar questões práticas do cotidiano e transformar a realidade é denominada alfabetização científica.

De acordo com Sasseron e Machado (2017):

A Alfabetização Científica concebe o ensino em uma perspectiva problematizadora, participativa, em que os alunos utilizam habilidades típicas das Ciências para intervir no mundo. [...] o alfabetizado cientificamente compreende de que modo os conhecimentos científicos estão ligados à sua vida e ao planeta, participando de discussões sobre os problemas que afetam a sociedade.

A vida moderna está inundada de questões éticas, políticas e sociais que demandam conhecimentos científicos para serem entendidas e discutidas adequadamente.

Devo ir de carro para o trabalho se posso ir de ônibus ou até mesmo bicicleta?

Abasteço com álcool ou gasolina?

Sacolas de plástico ou de papel?

Uma usina Hidroelétrica tem desvantagens?

As questões são as mais variadas possíveis e diante dessas demandas podemos compreender a importância de alfabetizar cientificamente nossos alunos de maneira a torná-los cidadãos mais críticos e participativos da dinâmica social contemporânea.

A importância da Alfabetização Científica é destacada pela BNCC (Base Nacional Comum Curricular), documento regimental da educação básica brasileira no que diz respeito a Educação Infantil e ao Ensino Fundamental. Na página 321 da BNCC encontramos os seguintes dizeres:

Para debater e tomar posição sobre alimentos, medicamentos, combustíveis, transportes, comunicações, contracepção, saneamento e manutenção da vida na Terra, entre muitos outros temas, são imprescindíveis tanto conhecimentos éticos, políticos e culturais quanto científicos. Isso por si só já justifica, na educação formal, a presença da área de Ciências da Natureza, e de seu compromisso com a formação integral dos alunos. Portanto, ao longo do Ensino Fundamental, a área de Ciências da Natureza tem um compromisso com o desenvolvimento do **letramento científico**, que envolve a capacidade de compreender e interpretar o mundo (natural, social e tecnológico), mas também de transformá-lo com base nos aportes teóricos e processuais das ciências.

Em outras palavras, apreender ciência não é a finalidade última do letramento, mas, sim, o desenvolvimento da capacidade de atuação no e sobre o mundo, importante ao exercício pleno da cidadania (BRASIL, 2017, p. 321).

Um cidadão que utiliza conhecimentos científicos para transformar o mundo e se posicionar criticamente diante de temas científicos que tenham desdobramentos sociais e ambientais é um cidadão alfabetizado cientificamente.

De acordo com Sasseron e Carvalho (2011):

Existe uma pluralidade semântica para designar o termo Alfabetização Científica. Os autores verificaram que os autores espanhóis gostam da terminologia “Alfabetización Científica”, os ingleses utilizam “Scientific Literacy”, os franceses usam o termo *Alphabétisation Scientifique*.

Novos termos surgem ainda quando são feitas traduções como por exemplo Enculturação Científica e Letramento Científico.

Ainda de acordo com Sasseron e Carvalho (2011), os autores nacionais que se ocupam de pesquisas relacionadas ao tema divergem com relação ao termo adotado. Alguns utilizam a expressão “Letramento Científico”, outros “Alfabetização Científica” e outros ainda utilizam “Enculturação Científica”

Independente do termo adotado todos tem um objetivo em uníssono: formar e preparar cientificamente os alunos para exercer sua cidadania de maneira mais propícia possível ao bem-estar social.

Segundo Souza e Sasseron (2012):

Essa perspectiva de se ensinar Ciências privilegiando a resolução de problemas, o pensar científico, o uso das múltiplas linguagens, da argumentação como habilidade científica é encontrada, na literatura, como Alfabetização Científica ou Enculturação Científica, ou até Letramento Científico”. Os autores afirmam ainda que “o alfabetizado cientificamente, assim como um cientista, não precisa saber tudo sobre as Ciências, mas deve ter conhecimentos suficientes de vários de seus campos e saber sobre como esses estudos se transformam em adventos para a sociedade, no sentido de compreender de que modo tais conhecimentos podem afetar sua vida e a do planeta. O foco deixa de estar somente no ensino de conceitos e métodos das Ciências, mas também sobre a natureza das Ciências e suas implicações mútuas com a sociedade e o ambiente.

Em Sasseron (2015) a autora diz que:

Em linhas gerais, podemos afirmar que a Alfabetização Científica tem se configurado no objetivo principal do ensino das ciências na perspectiva de contato do estudante com os saberes provenientes de estudos da área e as relações e os condicionantes que afetam a construção de conhecimento científico em uma larga visão histórica e cultural. [...], no Brasil, ainda que parem discussões acerca de qual termo adotar – alfabetização, letramento ou enculturação científica –, os preceitos e os objetivos para o Ensino de Ciências registram a clara intenção de formação capaz de prover condições para que temas e situações envolvendo as ciências sejam analisados à luz dos conhecimentos científicos, sejam estes conceitos ou aspectos do próprio fazer científico. Pode-se afirmar que a Alfabetização Científica, ao fim, revela-se como a capacidade construída para a análise e a avaliação de situações que permitam ou culminem com a tomada de decisões e o posicionamento.

Sasseron e Carvalho (2007) dizem que:

Deste modo, temos nossa ideia reforçada de que, para alfabetizar cientificamente, é necessário fornecer aos alunos não somente noções e conceitos científicos, mas também é importante e preciso que os alunos possam “fazer ciência”, sendo defrontados com problemas autênticos nos quais a investigação seja condição para resolvê-los. É preciso também proporcionar oportunidades para que os alunos tenham um entendimento público da ciência, ou seja, que sejam capazes de receber informações sobre temas relacionados à ciência, à tecnologia e aos modos como estes empreendimentos se relacionam com a sociedade e com o meio-ambiente e, frente a

tais conhecimentos, sejam capazes de discutir tais informações, refletirem sobre os impactos que tais fatos podem representar e levar à sociedade e ao meio ambiente e, como resultado de tudo isso, posicionarem-se criticamente frente ao tema.

De acordo com Sasseron (2008), a Alfabetização Científica está alicerçada nos chamados Eixos Estruturantes da Alfabetização Científica que servem de base para idealização, planejamento e análise de propostas de ensino que visem a Alfabetização Científica. Estes eixos são:

- Compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais
- Compreensão da natureza da ciência e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática,
- Entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio-ambiente)

Ainda segundo (SASSERON, 2008) existem ainda indicadores de Alfabetização Científica, que pretendem fornecer evidências se o processo de Alfabetização Científica está se desenvolvendo entre os alunos. Estes indicadores são:

- Seriação, organização e classificação de informações.
- Raciocínio Lógico e Raciocínio Proporcional.
- Levantamento de hipóteses.
- Teste de hipótese.
- Justificativa.
- Previsão.
- Explicação.

Uma vez explicado o significado da Alfabetização Científica a questão que se faz imediata é: qual a estratégia ou método é possível lançar mão para alcançar a Alfabetização Científica?

A estratégia escolhida foram as atividades investigativas.

2.2 Atividades Investigativas

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) é um documento regimental da educação básica brasileira no que concerne à Educação Infantil e ao Ensino Fundamental. Foi aprovada pelo Conselho Nacional de Educação em 2017 e publicada pelo Ministério da Educação no

mesmo ano. Através desse documento é possível perceber que o ensino por investigação recebe destaque e é percebido como uma ferramenta didática de relevo já nas etapas iniciais da Educação Básica nacional.

Nas Competências Gerais da Educação Básica, que consta logo na introdução da BNCC (Base Nacional Comum Curricular), página 9, item 2, encontramos os seguintes dizeres:

Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas (BRASIL, 2017, p.9).

No mesmo documento, página 321, encontramos os dizeres:

Nessa perspectiva, a área de Ciências da Natureza, por meio de um olhar articulado de diversos campos do saber, precisa assegurar aos alunos do Ensino Fundamental o acesso à diversidade de conhecimentos científicos produzidos ao longo da história, bem como a aproximação gradativa aos principais processos, práticas e procedimentos da investigação científica (BRASIL, 2017, p.321).

Na página 322 do mesmo documento regimental a exaltação da importância das ações didáticas investigativas é ainda destacada:

Para tanto, é imprescindível que eles sejam progressivamente estimulados e apoiados no planejamento e na realização cooperativa de atividades investigativas, bem como no compartilhamento dos resultados dessas investigações. Isso não significa realizar atividades seguindo, necessariamente, um conjunto de etapas predefinidas tampouco se restringir à mera manipulação de objetos ou realização de experimentos em laboratório.

Ao contrário, pressupõe organizar as situações de aprendizagem partindo de questões que sejam desafiadoras e, reconhecendo a diversidade cultural, estimulem o interesse e a curiosidade científica dos alunos e possibilitem definir problemas, levantar, analisar e representar resultados; comunicar conclusões e propor intervenções.

Dessa forma, o processo investigativo deve ser entendido como elemento central na formação dos estudantes, em um sentido mais amplo, e cujo desenvolvimento deve ser atrelado a situações didáticas planejadas ao longo de toda a educação básica, de modo a possibilitar aos alunos revisitar de forma reflexiva seus conhecimentos e sua compreensão acerca do mundo em que vivem (BRASIL, 2017, p.322).

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) também fazem alusão a importância da investigação em ciências no processo de aprendizagem do aluno:

Investigar tem, contudo, um sentido mais amplo e requer ir mais longe, delimitando os problemas a serem enfrentados, desenvolvendo habilidades para medir e quantificar, seja com réguas, balanças, multímetros ou com instrumentos próprios, aprendendo a identificar os parâmetros relevantes, reunindo e analisando dados, propondo conclusões. Como toda investigação envolve a identificação de parâmetros e grandezas, conceitos físicos e relações entre grandezas, a competência em Física passa necessariamente pela compreensão de suas leis e princípios, de seus âmbitos e limites. A compreensão de teorias físicas deve capacitar para uma leitura de mundo articulada, dotada do potencial de generalização que esses conhecimentos possuem (BRASIL, 2000, p. 24).

Os textos destacados acima, chamam a atenção para a importância da investigação como atividade a ser realizado no sentido de desenvolver e exercitar a curiosidade intelectual dos alunos e promover a Alfabetização Científica.

De acordo com o trabalho de Sasseron e Machado (2017): “toda prática investigativa científica começa com um problema. É na busca da solução deste problema que o método investigativo científico se faz evidente”. Os autores explicam ainda que problema não é exercício. Para eles, trabalhar com práticas investigativas exigem, como ponto de partida, situações problematizadoras, que são questões “reconhecidamente conflitantes da vida e do meio do estudante”. Eles afirmam que “podem ser problemas explorados nesta perspectiva, desde a falta de eletricidade ou água, passando pela distribuição de alimentos ou coleta de lixo, até as diferenças sociais e suas estruturas”.

Os autores explicam que situações problematizadoras propiciam conscientização e alimenta a curiosidade dos alunos além de propiciar engajamento por parte destes para com as atividades.

Segundo Sasseron e Machado (2017) “uma atividade investigativa requer e estimula a criatividade dos estudantes, para que eles possam questionar as razões de um fenômeno e entendê-lo. ”

Para Azevedo (2004):

Uma atividade investigativa (não necessariamente de laboratório) é, sem dúvida, uma importante estratégia de ensino de Física e de Ciências em geral”. Ela afirma também que “utilizar atividades investigativas como ponto de partida para desenvolver a compreensão de conceitos é uma forma de levar o aluno a participar de seu processo de aprendizagem, sair de uma postura passiva e começar a perceber e a agir sobre o seu objeto de estudo, relacionando o objeto com acontecimentos e buscando as causas dessa relação, procurando, portanto, uma explicação causal para o resultado de suas ações e/ ou interações.

Com relação a problematização Azevedo (2004) afirma que:

[...]com base nos conhecimentos que os alunos já possuem do seu contato cotidiano com o mundo, o problema proposto e as atividades de ensino criadas a partir dele venham despertar o interesse do aluno, estimular sua participação, apresentar uma questão que possa ser o ponto de partida para a construção do conhecimento, gerar discussões e levar o aluno a participar das etapas do processo de resolução do problema.

Outro aspecto importante ressaltado por Azevedo (2004) com relação a resolução de problemas “é proporcionar a participação do aluno de modo que ele comece a produzir seu conhecimento por meio da interação entre pensar, sentir e fazer”. O que nos remete novamente ao engajamento. De acordo com essa autora a solução de problemas permite “o desenvolvimento de habilidades capacidades como: raciocínio, flexibilidade, astúcia, argumentação e ação”.

De acordo com Sasseron (2015):

O ensino por investigação extravasa o âmbito de uma metodologia de ensino apropriada apenas a certos conteúdos e temas, podendo ser colocada em prática nas mais distintas aulas, sob as mais diversas formas e para os diferentes conteúdos. Denota a intenção do professor em possibilitar o papel ativo de seu aluno na construção de entendimento sobre os conhecimentos científicos. Por esse motivo, caracteriza-se por ser uma forma de trabalho que o professor utiliza na intenção de fazer com que a turma se engaje com as discussões e, ao mesmo tempo em que travam contato com fenômenos naturais, pela busca de resolução de um problema, exercitam práticas e raciocínios de comparação, análise e avaliação bastante utilizadas na prática científica.

O ensino por investigação é definido por Carvalho (2018) como:

O ensino dos conteúdos programáticos em que o professor cria condições em sua sala de aula para os alunos:

- Pensarem, levando em conta a estrutura do conhecimento;
- Falarem, evidenciando seus argumentos e conhecimentos construídos;
- Lerem, entendendo criticamente o conteúdo lido;
- Escreverem, mostrando autoria e clareza nas ideias expostas.

Azevedo (2004) afirma que:

Para que uma atividade possa ser considerada uma atividade de investigação, a ação do aluno não deve se limitar apenas ao trabalho de manipulação ou observação, ela deve também conter características de um trabalho científico: o aluno deve refletir, discutir, explicar, relatar, o que dará ao seu trabalho as características de uma investigação científica.

Sasseron (2018) considera cinco principais elementos que se fundem para a ideia de ensino por investigação que utilizamos: o papel intelectual e ativo dos estudantes; a aprendizagem para além dos conteúdos conceituais; o ensino por meio da apresentação de novas culturas aos estudantes; a construção de relações entre práticas cotidianas e práticas para o ensino; a aprendizagem para a mudança social.

Para Carvalho e Sasseron (2015):

Objetivo é que a aprendizagem dos alunos os leve à enculturação científica, e não apenas a um conhecimento de termos e conceitos científicos. Para alcançar esse objetivo, o ensino deve oferecer condições para que os alunos participem de processos de investigação em que o desenvolvimento de raciocínios é exercitado, proporcionando o envolvimento crítico com a análise de situações de problemas e a resolução destes por meio do uso de hipóteses construídas e testadas pela delimitação de condições de validade para um fenômeno e pela exploração das variáveis relevantes no contexto investigado.

Podemos perceber até aqui que atividades investigativas são atividades que permitam ao aluno o proceder científico na busca pela resolução de problemas. As atividades investigativas se iniciam com um problema. Esse problema, na verdade são situações problematizadoras da vida cotidiana do aluno. O estudo desses problemas do cotidiano cria vínculo com a realidade

e proporciona conscientização, curiosidade e engajamento dos alunos para com as tarefas propostas na atividade.

A situação problematizadora leva ainda a uma investigação que é fundamental para ajudar o aluno a sair de uma postura passiva, proporcionando reflexão, envolvimento emocional com as questões propostas e debate ou argumentação. Todas estas mudanças de postura conduzem o aluno em direção a Alfabetização Científica.

As atividades investigativas de acordo com Sasseron e Machado (2017) podem vir na forma de:

- Demonstrações Investigativas
- Laboratório Investigativo
- Problema Aberto
- Leituras Investigativas

Azevedo (2004) lista e explica algumas atividades investigativas à saber:

- Demonstrações Investigativas – São demonstrações que partem da apresentação de um problema ou de um fenômeno a ser estudado e levam à investigação a respeito desse fenômeno.

Por exemplo: mostra-se uma bexiga vazia acoplada a um Erlenmeyer e o professor pergunta: “O que acontecerá com a bexiga quando aquecermos o Erlenmeyer?”

Tal pergunta suscitará outras, que proporcionarão quebra da atitude passiva do aluno, argumentação e culminarão, ao final do processo, em um incentivo a Alfabetização Científica do aluno.

- Laboratório Aberto- Busca a solução de uma questão que será respondida por uma experiência. Essa busca de solução pode ser dividida em seis momentos:

I. Proposta do problema – Deve ser proposto na forma de uma pergunta que estimule a curiosidade científica dos alunos e promova debate como por exemplo: “O que acontece com a temperatura da água enquanto nós a aquecemos? O que influi no aumento da temperatura?”

II. Levantamento de hipóteses – Proposto o problema os alunos devem levantar hipóteses sobre a solução do problema por meio de uma discussão. No exemplo citado anteriormente: A temperatura da água aumenta, a temperatura aumenta até 100°C e depois para de aumentar, a quantidade de água influi no aumento da temperatura.

III. Elaboração do plano de trabalho – Levantadas as hipóteses deve-se discutir como será realizado o experimento: o material necessário, montagem do arranjo experimental, coleta e análise de dados.

IV. Montagem do arranjo experimental e coleta de dados- Manipulação do material por parte dos alunos.

V. Análise de dados – Construção de gráficos, obtenção de equações e teste das hipóteses.

VI. Conclusão – Formalização de uma resposta ao problema inicial discutindo a validade (ou não) das hipóteses iniciais e as consequências delas derivadas.

- Questões Abertas- Fatos relacionados ao dia-a-dia do aluno e cuja explicação estivesse ligada ao conceito discutido e construído nas aulas anteriores. Importante no desenvolvimento da argumentação dos alunos.

Por exemplo: “Em que situação podemos conseguir uma lata de refrigerante em menor temperatura: colocando-a em água a 0°C ou colocando-a em gelo a 0°C?”

- Problemas Abertos – São situações gerais apresentadas ao grupo ou à classe, nas quais se discute desde as condições de contorno até as possíveis soluções para a situação apresentada. Diferente das Questões Abertas, que abrangem apenas conceitos, o Problema Aberto deve levar à matematização dos resultados.

A situação problemática deve ser interessante para o aluno e de preferência envolver a relação Ciência/Tecnologia/Sociedade.

Para criar um ambiente investigativo nas aulas ciências, utilizando as atividades investigativas, utiliza-se Sequências Didáticas ou Sequências de Ensino Investigativo.

Conforme explica Sasseron (2015):

Em breves palavras, uma sequência de ensino investigativa é o encadeamento de atividades e aulas em que um tema é colocado em investigação e as relações entre esse tema, conceitos, práticas e relações com outras esferas sociais e de conhecimento possam ser trabalhados. O objetivo central na proposição de SEI é permitir que investigações sejam realizadas em aulas que, a princípio, são reconhecidas como distintas e, por vezes, não associadas à investigação. Ao trabalhar na implementação de SEI, o professor precisa garantir que tanto a atividade experimental quanto a leitura de textos, por exemplo, sejam igualmente investigativas, ou seja, tenham por trás um problema claro que precise ser resolvido.

Conforme Carvalho (2018):

Uma SEI é uma proposta didática que tem por finalidade desenvolver conteúdo ou temas científicos. Este tema é investigado com o uso de diferentes atividades investigativas (por exemplo: laboratório aberto, demonstração investigativa, texto históricos, problemas e questões abertas, recursos tecnológicos).

Para Carvalho e Sasseron (2015):

As SEIs podem ser organizadas baseando-se em um conjunto coerente de atividades investigativas como, por exemplo, laboratório aberto, demonstração investigativa, textos históricos, problemas e questões abertas, recursos tecnológicos etc., abrangendo os três eixos estruturantes da Alfabetização Científica. Cada uma das atividades investigativas iniciava com um problema que, ao resolverem, os alunos tinham condições de levantar hipóteses e, ao testá-las, argumentarem mostrando a estrutura de seus pensamentos.

Já Carvalho (2013) diz que:

Sequências de Ensino Investigativas são sequências de atividades (aulas) abrangendo um tópico do programa escolar em que cada atividade é planejada, do ponto de vista do material e das interações didáticas, visando proporcionar aos alunos: condições de trazer seus conhecimentos prévios para iniciar os novos, terem ideias próprias e poder discuti-las com seus colegas e com o professor passando do conhecimento espontâneo ao científico e adquirindo condições de entenderem conhecimentos já estruturados por gerações anteriores. Assim uma sequência de ensino investigativa deve ter algumas atividades-chave: na maioria das vezes a SEI inicia-se por um problema, experimental ou teórico, contextualizado, que introduz os alunos no tópico desejado e ofereça condições para que pensem e trabalhem com variáveis relevantes do fenômeno científico central do conteúdo programático. É preciso, após a resolução do problema, uma atividade de sistematização do conhecimento construído pelos alunos. Essa sistematização é a praticada, de preferência por meio da leitura de um texto escrito quando os alunos podem novamente discutir, comparando o que fizeram e o que pensaram ao resolver o problema, com o relatado no texto. Uma terceira atividade importante é a que promove a contextualização do conhecimento no dia-a-dia dos alunos, pois, nesse momento eles podem sentir a importância da aplicação do conhecimento construído do ponto de vista social.

Carvalho (2011) propõe oito pontos que orientam o planejamento das Sequências de Ensino Investigativas (SEIs) organizando as atividades de tal forma a criar condições para que as interações sociais aconteçam, como no direcionamento do papel do professor no ensino. São esses os seguintes pontos:

- A participação ativa do estudante;
- A importância da interação aluno-aluno;

- O papel do professor como elaborador de questões;
- A criação de um ambiente encorajador;
- O ensino a partir do conhecimento que o aluno traz para a sala de aula;
- O conteúdo (o problema) tem que ser significativo para o aluno;
- A relação Ciência, Tecnologia e Sociedade;
- A passagem da linguagem cotidiana para a linguagem científica

2.3 Por que o enfoque CTS?

Lecionando física durante oito anos, em uma escola estadual de ensino médio, constatei em diversos momentos que as aulas de física eram muito pouco interessantes para os alunos. A maneira como os conteúdos eram apresentados tinham como resultados a desmotivação e a apatia.

As aulas eram estruturadas em resumos no quadro, explicações teóricas, resolução de questões de livros ou vestibulares e, esporadicamente um experimento demonstrativo. Tudo ineficaz!

A ineficácia do método descrito acima foi muito bem descrita por Teixeira (2003) ao dizer que:

No conjunto das críticas manifestadas contra o ensino de ciências encontram-se, seu conteúdo formalista e dogmatizante, falado e restrito ao livro didático, composto por programas obsoletos, metodologias desmotivadoras, geradoras de uma aprendizagem praticamente insignificante no contexto da formação geral dos cidadãos”. E complementa dizendo que “é sabido que tradicionalmente, as disciplinas ligadas à área de ciências secundarizam abordagens que envolvem as questões sociais. As pesquisas realizadas nas últimas décadas denunciam que o ensino de ciências se desenvolve de maneira a não considerar aspectos históricos e questões sociais.

De acordo com o autor acima, não levar em conta as questões de cunho social no ensino de ciências e também seus aspectos históricos, contribui para um ensino desmotivador, desconectado da realidade do aluno e de aprendizagem pífia.

Paralelo a isso, eu não pude deixar de notar que meus alunos têm um recorte social muito preciso, pois são, em sua maioria, alunos de baixa renda e oriundos de bairros muito pobres da cidade. Em muitas ocasiões inquiri as turmas sobre a possibilidade de prestarem vestibular, quais cursos gostariam de ingressar na universidade e quais universidades almejavam. O resultado era sempre o mesmo: a maioria não tinha ambição alguma com relação ao nível superior de ensino, uma vez que isso não fazia parte do panorama social a que eles estavam

acostumados. O que se percebia era a urgência de terminar o ensino médio e se posicionar no mercado de trabalho.

Uma vez que o objetivo deles não era o ingresso na universidade percebi que o ensino poderia adquirir um viés mais social, e proporcionar a estes alunos uma educação que permitisse tornarem-se cidadãos mais responsáveis e conscientes do seu papel na sociedade. Que pudessem, através dos conhecimentos adquiridos na escola, identificar em seu cotidiano problemas que pudessem, de fato, serem solucionados com tais conhecimentos e lhes permitisse fazer uso mais consciente e responsável das tecnologias.

A ideia de um ensino de ciências mais preocupado com o desenvolvimento de uma responsabilidade social por parte do indivíduo também está respaldada nos dizeres de Bazzo (1998, p.34) onde este afirma que:

O cidadão merece aprender a ler e entender - muito mais do que conceitos estanques - a ciência e a tecnologia, com suas implicações e consequências, para poder ser elemento participante nas decisões de ordem política e social, que influenciarão o seu futuro e o dos seus filhos.

Um ensino mais voltado para a cidadania também encontra respaldo na Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (1996) que em seu artigo 22 estabelece que “a educação básica tem por finalidades desenvolver o educando, assegurar-lhe a formação comum indispensável para o exercício da cidadania e fornecer-lhe meios para progredir no trabalho e em estudos posteriores”.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN, 2000), reforça a ideia de um ensino cidadão quando diz, logo no primeiro parágrafo de sua página de apresentação, que:

As novas tecnologias e as mudanças na produção de bens, serviços e conhecimentos exigem que a escola possibilite aos alunos integrarem-se ao mundo contemporâneo nas dimensões fundamentais da cidadania e do trabalho (BRASIL, 2000).

Todos estes autores e documentos apontam para a necessidade de um ensino de Ciências mais conectado com a realidade do aluno e voltado para a formação e o aprimoramento do cidadão.

O quadro de ineficiência do método de ensino adotado por mim e seus efeitos sobre o aprendizado do alunado me angustiava, o que motivou minha busca por uma nova forma de ensinar física. Um método que tivesse mais apelo, que fizesse sentido para meus alunos, que conseguisse fazer conexão entre a física e a realidade cotidiana deles. Uma maneira de ensinar

que contribuísse para que se transformassem em entes com mais responsabilidade social e que, principalmente, fosse eficaz para o aprendizado. Estas aspirações me conduziram aos estudos sobre CTS e atividades investigativas.

A sigla CTS significa ciência, tecnologia e sociedade e conforme Pinheiro et al. (2007):

O movimento CTS tem se manifestado desde 1970, tendo sido base para construir currículos em vários países, em especial os de ciências, dando prioridade a uma alfabetização em ciência e tecnologia interligada ao contexto social.

Sobre o surgimento do movimento CTS Auler e Bazzo (2001) dizem que:

A partir de meados do século XX, nos países capitalistas centrais, foi crescendo o sentimento de que o desenvolvimento científico, tecnológico e econômico não estava conduzindo, linear e automaticamente, ao desenvolvimento do bem-estar social. Após uma euforia inicial com os resultados do avanço científico e tecnológico, nas décadas de 1960 e 1970, a degradação ambiental, bem como a vinculação do desenvolvimento científico e tecnológico à guerra (as bombas atômicas, a guerra do Vietnã com seu napalm desfolhante) fizeram com que a ciência e tecnologia (C&T) se tornassem alvo de um olhar mais crítico. Além disso a publicação das obras *A Estrutura das Revoluções Científicas*, pelo físico e historiador da ciência Thomas Kuhn, e *Silent spring*, pela bióloga naturalista Rachel Carsons, ambas em 1962, potencializaram as discussões sobre as interações entre ciência, tecnologia e sociedade (CTS). Dessa forma, C&T passaram a ser objeto de debate político. Nesse contexto emerge o denominado movimento CTS.

A mesma ideia é reforçada pelos autores Bazzo et al. (2003) ao afirmar:

A expressão “ciência, tecnologia e sociedade” (CTS) procura definir um campo de trabalho acadêmico cujo objeto de estudo está constituído pelos aspectos sociais da ciência e da tecnologia, tanto no que concerne aos fatores sociais que influem na mudança científico-tecnológica como no que diz respeito as consequências sociais e ambientais.

Para Cavalcanti et al. (2018) o ensino CTS propõe:

Ensinar a partir de situações reais incorporadas a aspectos tecnológicos e sociais dos alunos, de modo a propiciar uma melhor compreensão das experiências cotidianas,

favorecendo a integração entre as percepções pessoais dos estudantes com o ambiente científico, social e tecnológico.

De acordo com Hofstein, Aikenhead e Riquarts (1998, **apud SANTOS E MORTIMER, 2002**):

CTS pode ser caracterizado como o ensino do conteúdo de ciências no contexto autêntico do seu meio tecnológico e social, no qual os estudantes integram o conhecimento científico com a tecnologia e o mundo social de suas experiências do dia-a-dia.

Para Aikenhead (1994a, **apud SANTOS E MORTIMER, 2002**):

O objetivo central da educação de CTS no ensino médio é desenvolver a alfabetização científica e tecnológica dos cidadãos, auxiliando o aluno a construir conhecimentos, habilidades e valores necessários para tomar decisões responsáveis sobre questões de ciência e tecnologia na sociedade e atuar na solução de tais questões.

Podemos concluir então que CTS ou ciência, tecnologia e sociedade é um campo de estudo que expõe e explora o entrelaçamento entre a ciência, a tecnologia e as suas mais variadas consequências sociais e ambientais e tem como objetivo preparar cientificamente o indivíduo para atuar de maneira responsável e segura no que diz respeito a assuntos e problemas tecnológicos e científicos, ou seja, alfabetizá-lo cientificamente.

Uma outra característica muito importante da educação CTS, segundo Santos e Mortimer (2002) é o desenvolvimento de valores. Eles afirmam que:

Esses valores estão vinculados aos interesses coletivos, como os de solidariedade, de fraternidade, de consciência de compromisso social, de reciprocidade, de respeito ao próximo e de generosidade”. Afirmam ainda que “será por meio da discussão desses valores que contribuiremos na formação de cidadãos críticos comprometidos com a sociedade. As pessoas, por exemplo, lidam diariamente com dezenas de produtos químicos e têm que decidir qual devem consumir e como fazê-lo. Essa decisão poderia ser tomada levando-se em conta não só a eficiência dos produtos para os fins que se desejam, mas também os seus efeitos sobre a saúde, os seus efeitos ambientais, o seu valor econômico, as questões éticas relacionadas a sua produção e comercialização.

Adotar um enfoque CTS me pareceu uma maneira de conseguir restaurar o vínculo entre a física, que eu almejava ensinar, e o cotidiano dos meus alunos, permitindo que eles vislumbrassem algum sentido naquele aprendizado e conseqüentemente pudessem se engajar nas tarefas e atividades das aulas com mais afinco e interesse, melhorando assim o seu rendimento e o seu aproveitamento das aulas de física de maneira a tornarem-se cidadãos mais aptos ao convívio com as modernas tecnologias, tendo entendimento mais amplo das conseqüências sociais e ambientais de tais tecnologias e portanto mais conscientes de seu papel na sociedade.

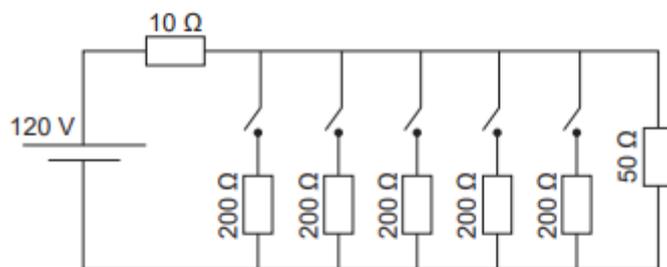
O meu trabalho está centrado no tema do desperdício de energia elétrica, que é um problema sério, atual e afeta a sociedade como um todo e, portanto, tem cunho CTS.

A ideia que deu origem ao trabalho foi um fenômeno observado pelos alunos dentro das suas residências e relatado a mim em diferentes momentos no decorrer dos anos. Quando vários aparelhos elétricos, de grande potência elétrica, eram ligados simultaneamente dentro da residência, os alunos relataram uma queda no brilho das lâmpadas e me questionaram a respeito da causa. A origem desse problema é a queda de tensão que ocorre devido ao mal dimensionamento dos cabos das instalações elétricas prediais e residenciais. Além disso, o dimensionamento inadequado dos cabos provoca aquecimento e desperdício de energia devido ao Efeito Joule.

O mal dimensionamento dos cabos das instalações elétricas e suas conseqüências foi tema da questão de Nº 103, do Caderno Cinza do ENEM (Exame Nacional do Ensino Médio) 2019. Na questão, o ramo em série do circuito da instalação possui uma resistência elétrica de 10Ω . No ramo em paralelo são colocadas 5 lâmpadas iguais de resistência elétrica 200Ω cada e uma televisão de resistência elétrica 50Ω . A rede elétrica que alimenta o circuito fornece tensão de 120 V. A televisão funciona apenas com tensão entre 90 V e 130 V. O que o problema quer saber é o número máximo de lâmpadas que podem ser ligadas sem que a televisão pare de funcionar.

Questão 103

Uma casa tem um cabo elétrico mal dimensionado, de resistência igual a $10\ \Omega$, que a conecta à rede elétrica de $120\ \text{V}$. Nessa casa, cinco lâmpadas, de resistência igual a $200\ \Omega$, estão conectadas ao mesmo circuito que uma televisão de resistência igual a $50\ \Omega$, conforme ilustrado no esquema. A televisão funciona apenas com tensão entre $90\ \text{V}$ e $130\ \text{V}$.



O número máximo de lâmpadas que podem ser ligadas sem que a televisão pare de funcionar é:

- A 1.
- B 2.
- C 3.
- D 4.
- E 5.

Figura 11 - Questão de Nº 103, do Caderno Cinza do ENEM (Exame Nacional do Ensino Médio), 2019. Fonte Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), 2019.

A medida que as lâmpadas vão sendo ligadas a corrente no cabo em série vai aumentando. Esse aumento de corrente, de acordo com a Primeira Lei de OHM, acarreta um aumento da tensão elétrica nesse ramo do circuito (ramo em série), que se subtraída da tensão fornecida pela rede, resultará na tensão que sobra para o ramo em paralelo (onde estão as lâmpadas e a televisão). Dessa forma podemos entender que, à medida que mais lâmpadas vão sendo ligadas mais tensão é perdida no ramo em série, e menos tensão, do total fornecida pela rede, sobra para o ramo em paralelo, de maneira que quando um determinado número de lâmpadas for ligado, a tensão no ramo em paralelo será inferior a $90\ \text{V}$ e a televisão vai parar de funcionar.

Para permitir que os alunos possam estudar o fenômeno com objetivo de atingir indicadores de Alfabetização Científica elaborei uma atividade de caráter mais investigativo que abordarei com mais detalhes no capítulo 4 quando a atividade será descrita com mais detalhes.

Cabe dizer neste ponto que a sequência didática proposta não se prende a um único estilo de ensino por investigação mas apresenta características de demonstração investigativa e também de problema aberto ou problema de lápis e papel.

A demonstração investigativa, segundo Sasseron e Machado (2017), é usada quando o experimento apresenta certo grau de periculosidade para os alunos, pois só o professor o manipula, e também quando existe pouco tempo disponível para a aplicação da atividade. Ela parte de um problema que é colocado para os alunos. Na busca por uma resposta ocorre discussão entre os alunos e, portanto, argumentação. Durante todo o processo o professor manipula o experimento, faz novas inquirições baseado no que os alunos observam do experimento, provoca os alunos com objetivo de que argumentem, proponham explicações e soluções. Durante esse processo ocorre alfabetização científica. Durante toda a atividade manipulei o experimento. Mesmo todos os condutores estando devidamente isolados e o risco de choque elétrico ter sido minimizado o experimento ainda poderia apresentar certo grau de periculosidade o que justifica os meus cuidados. O tempo disponível para a aplicação das atividades era de apenas duas aulas. A atividade partiu de um problema colocado para os alunos que foi o motivo da queda no brilho das lâmpadas quando ligadas junto com aparelhos de grande potência. Durante o preenchimento dos roteiros os alunos interagiram e discutiram entre si, argumentando e propondo explicações. Portanto a atividade apresenta características de uma demonstração investigativa.

O desenrolar da atividade envolve a matematização dos dados e dos resultados. A situação problemática se mostrou interessante para o aluno (como será demonstrado no próximo capítulo) e envolveu a relação CTS, uma vez que o desperdício de energia afeta a vida econômica da família do aluno e da sociedade como um todo. Os alunos, no decorrer da atividade tiveram oportunidade de abordar o problema de maneira qualitativa e quantitativa. Essas são características que, segundo Azevedo (2004), aparecem em problemas abertos ou problemas de lápis e papel. Portanto me sinto à vontade para dizer que esta atividade engloba características de demonstração investigativa e problema aberto e vou além afirmando que os diferentes alunos apresentam perfis e dificuldades diversos de maneira que uma atividade que reúna mais de uma característica investigativa talvez possam dar uma maior contribuição na direção de promover alfabetização científica.

4. Aplicação das Atividades

Neste capítulo serão relatadas as atividades desenvolvidas com os alunos, o local de aplicação, e os dados gerados.

4.1 A Confeção do Produto

As atividades foram aplicadas em três turmas de 3º ano da Escola Estadual Madre Teresa de Calcutá, onde eu trabalho. A escola fica localizada no bairro de Realengo, na Zona Oeste da cidade do Rio de Janeiro e as atividades que serão narradas ocorreram no final do 4º bimestre ano letivo de 2019.

Os alunos já haviam recebido explanações teóricas sobre Corrente Elétrica, Resistência Elétrica, Tensão Elétrica, Potência Elétrica, 1ª Lei de Ohm, Circuitos Elétricos Associados em Série e Paralelo e Circuitos Elétricos Mistos, que ocorreram no 1º e 2º bimestres. As aulas onde os alunos travaram o primeiro contato com o conteúdo foram tradicionais, ou seja, foram feitos resumos teóricos no quadro, resolução de exemplos e exercícios numéricos, aplicação de testes e provas. Os resultados foram pífios. A maioria dos alunos ficou com notas baixas, não compreenderam a matéria e ficaram com a sensação de que era um conhecimento completamente desconectado da realidade deles. Esses resultados muito me incentivaram a aplicar as atividades propostas neste trabalho com aquelas mesmas turmas, de maneira que eu pudesse resgatar o entendimento dos alunos com relação ao conteúdo e ter uma oportunidade de comparação dos resultados do ensino por moldes tradicionais com o método de ensino proposto neste trabalho.

A primeira preocupação foi montar um circuito elétrico que fosse compacto o suficiente para que pudesse ser usado de maneira itinerante, pois o professor poderia transportá-lo sem maiores dificuldades em um carro ou até mesmo em um ônibus. Para isso optei então por montar um circuito, preso a um pedaço de MDF, de aproximadamente 40 x 50 cm, que foi cortado de uma porta de guarda-roupas velho. O MDF foi encapado com papel contact cinza de maneira que fiquei com uma plataforma leve, limpa e transportável. Era necessário também que esse circuito fosse funcional, de baixo custo e o mais parecido possível com um circuito elétrico residencial, pois um dos objetivos do trabalho é que o aluno pudesse, através das atividades, concluir que a instalação elétrica de sua casa é um circuito elétrico. Esse foi o motivo pelo qual optei por trabalhar com corrente alternada, de maneira que pudesse utilizar lâmpadas e aparelhos elétricos que estivessem presentes na residência do aluno, objetivando mostrar que a ciência está inserida

na sua realidade cotidiana, de maneira que a atividade fizesse sentido para o aluno. Assim me alinhando aos Parâmetros Curriculares Nacionais que diz:

Uma Física cujo significado o aluno possa perceber no momento em que aprende, e não em um momento posterior ao aprendizado. Para isso, é imprescindível considerar o mundo vivencial dos alunos, sua realidade próxima ou distante, os objetos e fenômenos com que efetivamente lidam, ou os problemas e indagações que movem sua curiosidade. Esse deve ser o ponto de partida e, de certa forma, também o ponto de chegada (BRASIL, 2000).

A contextualização dos conteúdos com o cotidiano é defendida ainda por Cavalcanti et al. (2018):

Ensinar a partir de situações reais incorporadas a aspectos tecnológicos e sociais dos alunos, de modo a propiciar uma melhor compreensão das experiências cotidianas, favorecendo a integração entre as percepções pessoais dos estudantes com o ambiente científico, social e tecnológico.

Nessa plataforma montei um circuito que pudesse funcionar ora como circuito simples, ora como circuito em série, ora como circuito em paralelo e ora como circuito misto.

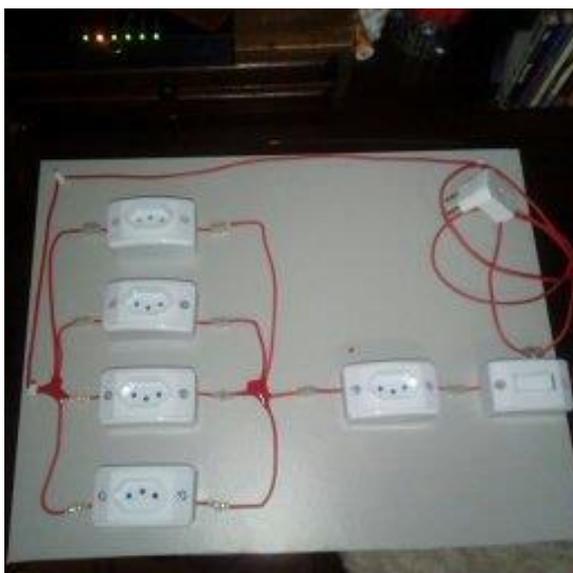


Figura 12. Circuito experimental confeccionado para realização nas atividades.

Para confeccionar este circuito adquiri em uma loja de material elétrico 5 tomadas, 1 interruptor, 1 plugue de tomada, 4 bocais de lâmpadas com plugue de tomada, lâmpadas halógenas e de filamento de tungstênio e fita isolante. Na papelaria comprei 1 metro de papel contact. Gastei cerca de R\$ 80,00 na confecção do circuito. Esse custo pode ser barateado se a pessoa tiver os materiais em casa. No meu caso eu tinha apenas os fios de 2,5 mm² e a madeira.

4.2 Métodos, Resultados e Discussão

As turmas foram divididas em grupos de 5 a 7 alunos.

Primeiramente os alunos receberam dois links de dois textos para lerem em casa (o objetivo foi ganhar tempo uma vez que dispúnhamos apenas de duas aulas de 90 min cada para a aplicação das atividades), e responderem, individualmente, quatro perguntas sobre os textos. Os textos falavam sobre desperdício de energia elétrica.

O primeiro texto foi uma matéria do jornal Gazeta do Povo, publicada por Cláudia Guadagnin, na versão online do jornal em 27/07/2016 e disponível em <https://www.google.com/amp/s/www.gazetadopovo.com.br/economia/energia-e-sustentabilidade/de-2011-a-2015-brasil-desperdicou-energia-suficiente-para-um-ano-de-consumo-8bnk42j8ibd25of8e9yiw5h1/amp/>

O segundo texto foi uma matéria publicada pela ABESCO (Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia) em 22/05/2017 e disponível em <http://www.abesco.com.br/novidade/desperdicio-de-energia-atinge-r-617-bi-em-tres-anos/>

A intenção foi utilizar os textos como material introdutório às atividades que estavam por vir, realizar algumas sondagens a respeito do conhecimento dos alunos sobre o aquecimento dos cabos de uma instalação elétrica e o desperdício por eles ocasionado, conscientizar os alunos sobre a importância do tema (desperdício de energia elétrica) e mostrar os impactos econômicos e sociais que o desperdício de energia elétrica acarreta para a sociedade.

De acordo com Sasseron e Machado (2017) “toda prática investigativa científica começa com um problema”. Esses problemas são chamados de situações problematizadoras e são situações “reconhecidamente conflitantes da vida e do meio do estudante”. Eles afirmam que “podem ser problemas explorados nesta perspectiva, desde a falta de eletricidade ou água, passando pela distribuição de alimentos ou coleta de lixo, até as diferenças sociais e suas estruturas”.

Estes autores explicam que situações problematizadoras propiciam conscientização, alimentam a curiosidade dos alunos e propiciam engajamento por parte destes para com as atividades.

Azevedo (2004) afirma que o objetivo da resolução de problemas “é proporcionar a participação do aluno de modo que ele comece a produzir seu conhecimento por meio da interação entre pensar, sentir e fazer”.

Após a leitura dos textos os alunos responderam um questionário com quatro perguntas a saber:

- 1) Os textos chamam a atenção para um problema muito grave, relacionado ao uso da energia elétrica. Que problema é esse?
- 2) De que maneira você acredita que o desperdício citado nos textos impacta na vida da sua família?
- 3) Que ações você poderia implementar, na sua casa e na sua escola, para evitar o desperdício de energia elétrica?
- 4) O furto de energia elétrica atingiu números alarmantes de acordo com um dos textos. De que maneira, na sua opinião, o furto de energia elétrica prejudica sua vida e a sociedade como um todo?

Para analisar as respostas dos alunos a essas quatro questões foi utilizada a metodologia por nuvem de palavras (NP) que analisa a frequência com que as palavras aparecem em um texto destacando as que mais se repetem através do aumento da fonte. Segundo Silva e Araujo-Jorge (2019):

Nuvens de palavras (NP) são recursos gráficos que representam frequências de palavras utilizadas em um texto. Por meio de algoritmos é possível construir imagens formadas por dezenas de palavras cujas dimensões indicam sua frequência ou relevância temática em meio a centenas ou milhares de postagens.

Para gerar a nuvem de palavras utilizei o programa on-line “WordArt”, disponível gratuitamente em <https://wordart.com/>.

A primeira questão do questionário foi elaborada para chamar a atenção do aluno para um grave problema, que é o desperdício de energia elétrica. Espera-se que o aluno, após as leituras, chegue a esta conclusão.

A

Os textos chamam a atenção para um problema muito grave, relacionado ao uso da energia elétrica. Que problema é esse? O desperdício de energia elétrica.

B

1- Os dois estão falando do desperdício de energia.

C

1) O desperdício de energia.

Figura 13. Exemplos de respostas dos alunos a questão “Os textos chamam a atenção para um problema muito grave, relacionado ao uso da energia elétrica. Que problema é esse?”

As respostas dos alunos foram digitadas dentro do programa WordArt. Essas respostas geraram 294 palavras que, sem nenhum tipo de filtro, foram analisadas pelo programa, que gerou então a nuvem de palavras da figura 14 A.

Após isso apliquei manualmente um filtro dentro do programa WordArt e foram extraídas 165 palavras de classes gramaticais como preposições, numerais, pronomes, entre outras. Com as 129 palavras restantes o programa gerou a nuvem de palavras da figura 14 B.

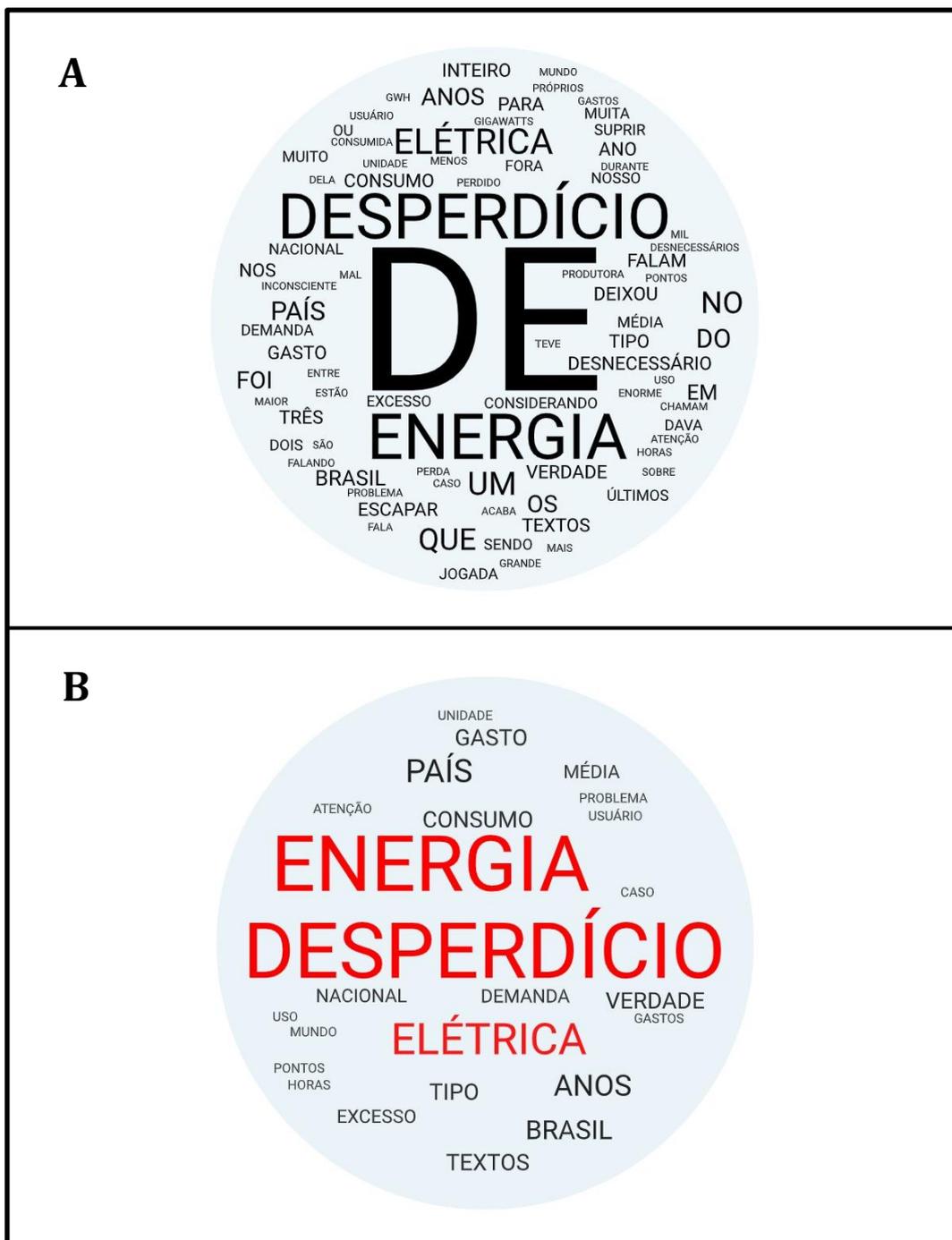


Figura 14. Nuvens de palavras geradas na análise da primeira questão. Na Figura 14 A está a nuvem de palavras geradas pelas 294 palavras originadas das respostas dos alunos a questão “Os textos chamam a atenção para um problema muito grave, relacionado ao uso da energia elétrica. Que problema é esse? ”, sem nenhum tipo de filtro. Na figura 14 B está a nuvem de palavras gerada pelas 129 palavras das respostas dos alunos a essa mesma questão após o filtro que retirou 165 palavras pertencentes a classes gramaticais como preposições, artigos, numerais entre outras.

Analisando a figura 14 B percebi que as três palavras que se destacam são “ Energia”, “Elétrica” e “Desperdício” estando esta última no centro da figura, o que denota que a maioria dos alunos compreenderam que o grave problema relacionado ao consumo de energia elétrica é o desperdício da mesma.

A segunda questão do questionário foi elaborada para que os alunos pudessem fazer a conexão entre o grave problema abordado pelos textos e o cotidiano deles. Espera-se que, após as leituras, os alunos cheguem à conclusão que a consequência mais imediata é o aumento nas faturas mensais de energia elétrica.

A

2- Aumento na conta de energia

B

2- aumento na fatura de contas de energia

C

2- No aumento na conta conta de luz.

Figura 15. Exemplos de respostas dos alunos a questão “De que maneira você acredita que o desperdício citado nos textos impacta na vida da sua família”?

As respostas dos alunos foram digitadas dentro do programa WordArt. As 483 palavras, sem nenhum tipo de filtro, foram analisadas pelo programa que gerou a nuvem de palavras da figura 16 A. Após isso apliquei manualmente um filtro dentro do programa WordArt e foram extraídas 333 palavras de classes gramaticais como preposições, numerais, pronomes, entre outras. Com as 150 palavras restantes o programa gerou a nuvem de palavras da figura 16 B.

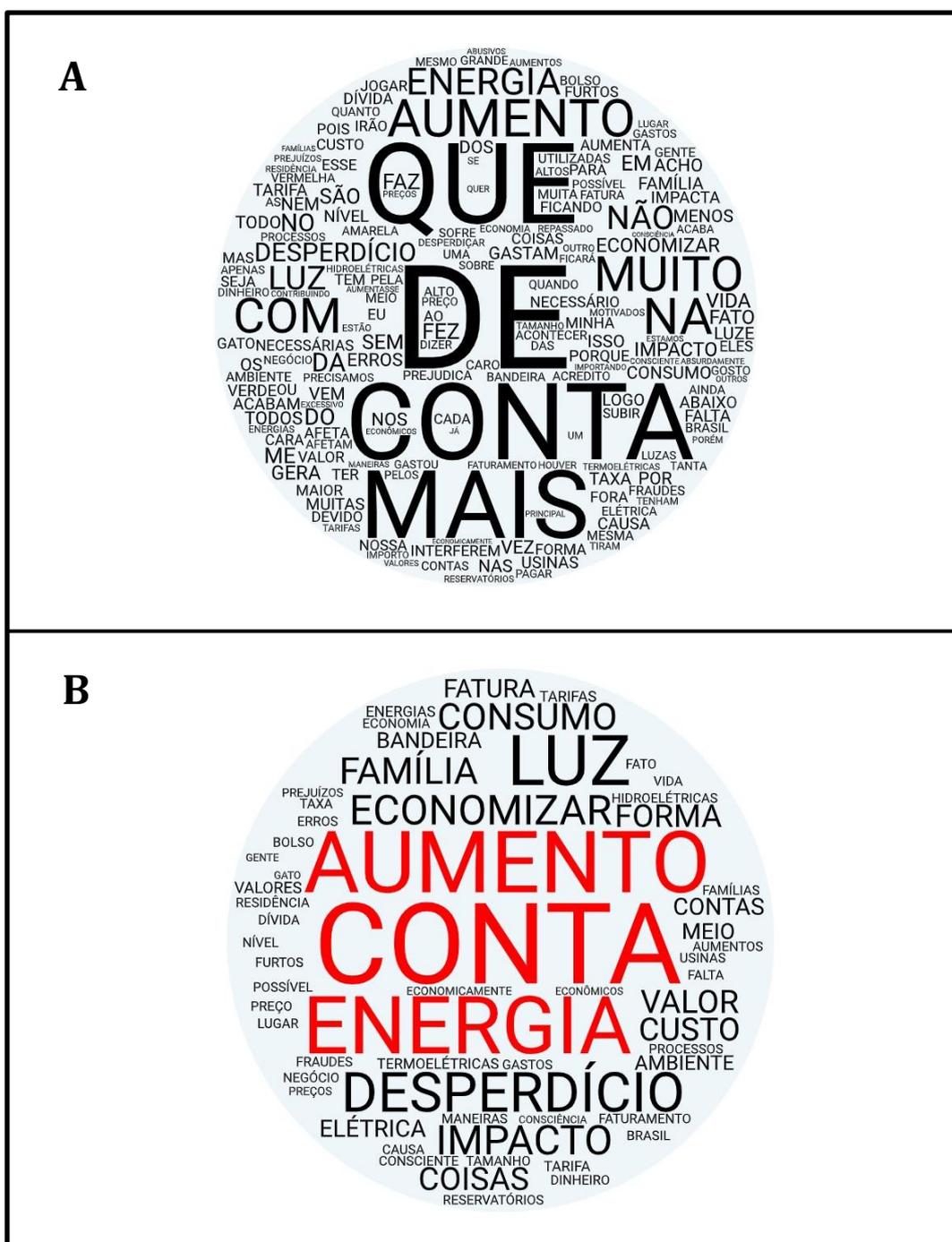


Figura 16. Nuvens de palavras geradas na análise da segunda questão. Na Figura 16 A está a nuvem de palavras geradas pelas 483 palavras originadas das respostas dos alunos a questão “De que maneira você acredita que o desperdício citado nos textos impacta na vida da sua família? ”, sem nenhum tipo de filtro. Na figura 16 B está a nuvem de palavras gerada pelas 150 palavras das respostas dos alunos a essa mesma questão após o filtro que retirou 333 palavras pertencentes a classes gramaticais como preposições, artigos, numerais entre outras.

Analisando a figura 16 B percebemos que as três palavras que mais se destacam são “Energia”, “Conta” e “Aumento” estando esta última palavra no centro da figura, o que denota que a maioria dos alunos compreenderam que o a principal consequência do desperdício de energia elétrica é o aumento na fatura mensal de energia elétrica.

A terceira questão do questionário foi elaborada para sondar se os alunos tinham conhecimento de que o Efeito Joule presente nos cabos da instalação elétrica de suas casas contribui para o desperdício de energia elétrica. Buscava por palavras como “Aquecimento”, “Cabos”, “Fios”, “Instalações” e “Joule” que sinalizariam esse conhecimento, por parte dos alunos.

A

Na minha casa poderia ser instalado o carregador de celular nas tomadas quando não estiver usando, lâmpadas acesas em excesso, ventiladores ligados o dia todo, não abrir a geladeira o tempo todo só que não vai resfriar. Na escola, o esquecimento dos ventiladores ligados quando não tem ninguém no local e de lâmpadas também, o uso excessivo de ar condicionado quando nem está muito calor etc.

B

energia elétrica? Evitar deixar luzes acesas à toa, evitar deixar a geladeira aberta sem necessidade. Nas escolas seria uma ótima ideia usar energia solar.

C

3- Evitar abrir a geladeira toda hora, não deixar as luzes ligadas quando não for necessário.

Figura 17. Exemplos de respostas dos alunos a questão “Que ações você poderia implementar, na sua casa e na sua escola, para evitar o desperdício de energia elétrica?”

As respostas dos alunos foram digitadas dentro do programa WordArt. As 771 palavras, sem nenhum tipo de filtro, foram analisadas pelo programa que gerou a nuvem de palavras da figura 18.

Na nuvem de palavras da figura 18 podemos verificar que, das palavras “aquecimento”, “cabos”, “fios”, “instalações” e “Joule”, a palavra “fio” foi a única que apareceu uma única vez, estando destacada pelo círculo vermelho. Este resultado mostra que o desperdício de energia devido ao aquecimento dos cabos de uma instalação elétrica, embora seja uma realidade presente dentro das residências, não é conhecida pelos alunos, o que contribui para justificar o objetivo do presente trabalho.

A quarta questão do questionário foi elaborada com o objetivo de conscientizar os alunos sobre os impactos que furto de energia tem na sociedade e convidar os alunos a refletirem sobre o assunto.

A

Acabamos pagando por aquilo que não estamos consumindo, assim pagando um valor além do que pagariamos se não houvesse o furto de energia elétrica.

B

4- O furto de energia pode causar acidentes com explosões em parte de energia, podendo machucar outras pessoas.

C

vida e a sociedade como um todo? Constante s quedas de energia, aumento no custo, porque se alguém rouba energia, isso prejudica financeiramente outras pessoas e famílias.



Figura 19. Exemplos de respostas dos alunos a questão “O furto de energia elétrica atingiu números alarmantes de acordo com um dos textos. De que maneira, na sua opinião, o furto de energia elétrica prejudica sua vida e a sociedade como um todo?”

As respostas dos alunos foram digitadas dentro do programa WordArt. As 775 palavras, sem nenhum tipo de filtro, foram analisadas pelo programa que gerou a nuvem de palavras da figura 20 A. Após isso apliquei um filtro onde foram retiradas manualmente dentro do programa WordArt palavras de classes gramaticais como preposições, numerais, pronome entre outras, totalizando 524 palavras extraídas. Com as 251 palavras restantes o programa gerou a nuvem de palavras da figura 20 B.

Analisando a figura 20 B percebemos claramente que as palavras que mais se destacam são “conta”, “energia”, e “luz”, o que nos permite interpretar que os alunos compreenderam que o furto de energia elétrica impacta na conta de energia elétrica ou na conta de luz.

Com os resultados obtidos nessa primeira etapa acredito que atingi o objetivo de conscientizar os alunos com relação ao uso responsável da energia elétrica e lancei luz sobre a necessidade de um trabalho que permita aos alunos compreenderem que os aquecimentos dos cabos/fios das instalações elétricas acarretam desperdício de energia.

É importante também observar que estes textos e questões provocaram os alunos a se posicionarem criticamente sobre o tema. Esse posicionamento que vem como resultado de uma análise e avaliação de uma situação é, segundo Sasseron (2015), indício de Alfabetização Científica. O posicionamento crítico frente a um tema científico também é sinalizado por Sasseron e Carvalho (2007) como parte do processo de Alfabetização Científica.

Passamos agora para a análise da segunda etapa do trabalho que tem como objetivos ajudar os alunos a compreenderem melhor o fenômeno da queda do brilho das lâmpadas quando vários aparelhos elétricos são ligados simultaneamente, perceber que por detrás dele se esconde o desperdício de energia elétrica na forma de Efeito Joule e permitir que ele aprenda física de uma maneira mais interessante que a tradicional, abordando, a associação de circuitos resistivos a partir de lâmpadas, dando ênfase a relação entre o brilho das mesmas e a tensão elétrica em seus terminais.

Nesta etapa os alunos são divididos em grupos e cada grupo recebe um roteiro. O roteiro tem uma série de atividades e perguntas que devem ser realizadas e respondidas à medida que o professor realiza simultaneamente uma série de demonstrações do funcionamento de circuitos simples, em série, em paralelo, misto e os efeitos que a alteração da espessura dos condutores têm sobre o brilho das lâmpadas do circuito.

O roteiro se inicia com a breve introdução que faz alusão ao fenômeno bastante comum nas instalações elétricas residenciais que é a queda no brilho das lâmpadas da residência quando vários aparelhos elétricos são ligados simultaneamente dentro de casa. É neste momento que é colocada para o aluno a “situação problematizadora”; “reconhecidamente conflitante da vida e do meio do estudante” nas palavras de Sasseron e Machado (2017). Está é a primeira característica de demonstração investigativa onde o problema é apresentado, com o intuito de alimentar a curiosidade e angariar engajamento por parte dos alunos. Após isso, com objetivo de mapear a possibilidade desses alunos testemunharem o fenômeno da queda no brilho das lâmpadas (citado acima), que é mais perceptível durante a noite, os alunos responderam à

questão 1 da introdução do roteiro “**Em que momento do dia sua família gasta mais energia elétrica?** ”, que gerou a tabela 1 e a figura 21

Nome do integrante	Momento do dia

Tabela 1. Respostas dos alunos de cada grupo a questão “Em que momento do dia sua família gasta mais energia elétrica?”



Figura 21. O gráfico indica o período em que os alunos mais consomem energia elétrica em suas residências.

O número de respondentes foi de 39 alunos. Respostas como “dia”, “dia/tarde”, tarde, foram tratados como consumo de energia elétrica antes das 18h. Respostas como “noite” foram tratadas como consumo de energia após as 18h. Respostas como “o dia todo” foram tratadas como consumo de energia tanto antes quanto após as 18h e qualquer resposta diferente das citadas anteriormente foram tratadas como “outros”.

A figura 21 mostra que 20 alunos, que equivale a 51% dos respondentes, responderam que consomem mais energia elétrica no período após as 18h o que indica que um número considerável tem reais possibilidades de testemunharem o fenômeno da queda no brilho das lâmpadas quando vários aparelhos são ligados simultaneamente.

A questão 2 da Introdução tem por objetivo promover a discussão sobre a possível causa do fenômeno da queda do brilho das lâmpadas, estimular a argumentação dentro do grupo e sondar o que o grupo sabe a respeito do fenômeno. A figura 22 contém as respostas dos grupos.

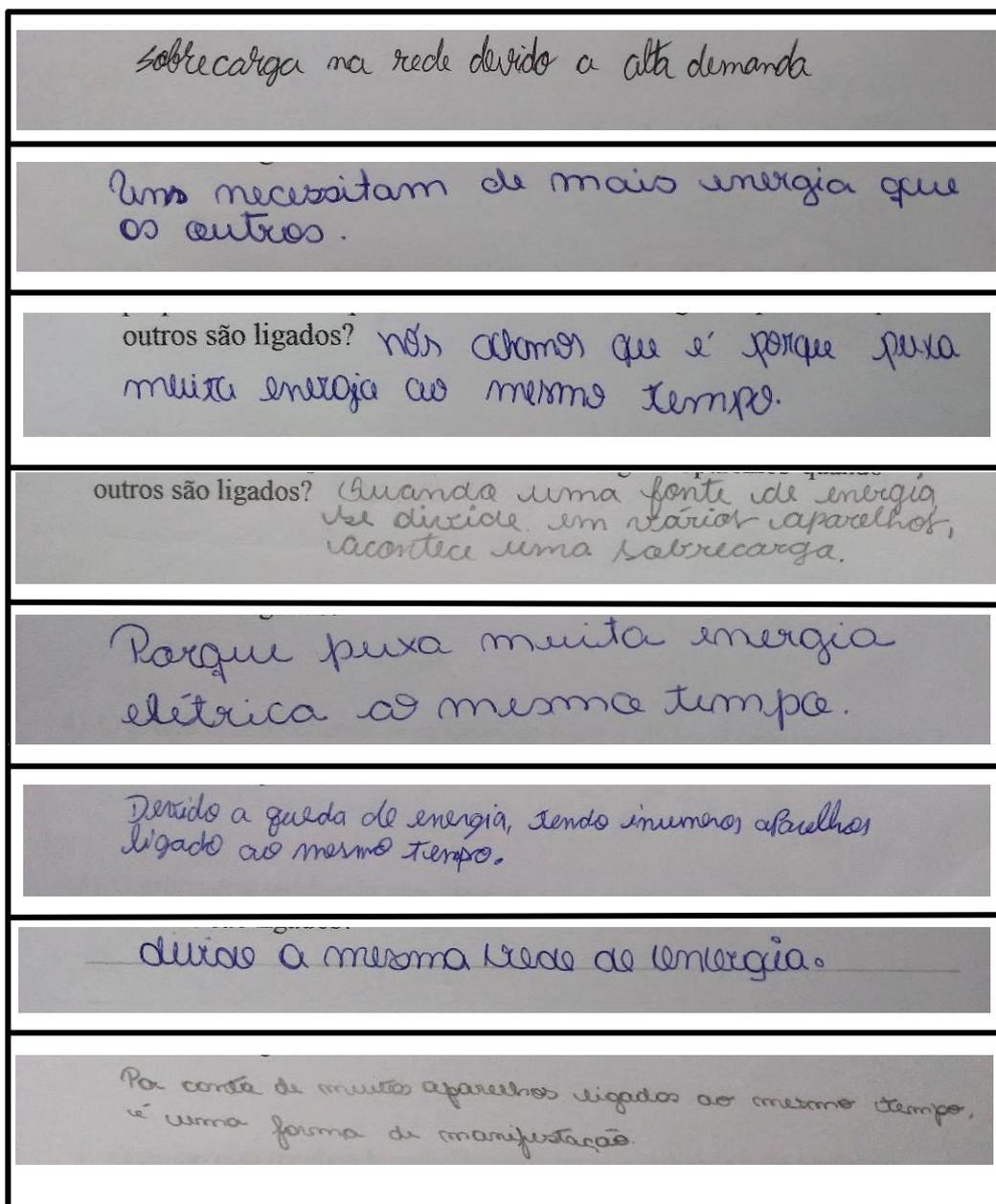


Figura 22. Respostas dos grupos a questão “Sobre o fenômeno descrito no texto anterior o que o grupo acha que proporciona esta queda de rendimento de alguns aparelhos quando outros são ligados?”

De acordo com as respostas reunidas na figura 22 podemos verificar que a maioria dos grupos deram respostas que sinalizam a percepção deles de que existe alguma relação entre a queda no brilho das lâmpadas e a falta ou insuficiência de energia para o funcionamento correto das mesmas.

Aqui fica evidenciada mais uma característica de demonstração investigativa, pois, diante da pergunta problematizadora, os alunos tentaram responder fornecendo hipóteses e discutiram entre si, argumentando e lançando suas respostas no roteiro. Durante o processo os alunos foram encorajados a fornecer suas respostas. Eu dizia não haver resposta certa, para que eles pudessem expor seus conhecimentos prévios e hipóteses sem medo de crítica, argumentando e defendendo suas explicações uns para os outros e assim incentivando o raciocínio deles.

Percebemos também nesse momento da atividade que o aluno começa a sair de sua postura passiva o que efetivamente contribui para que o aluno seja conduzido em direção a Alfabetização Científica.

A próxima etapa do trabalho, denominada “O Circuito Simples” abre os estudos sobre os circuitos elétricos. Esta etapa é composta de cinco questões e o circuito em funcionamento está representado na figura 23.

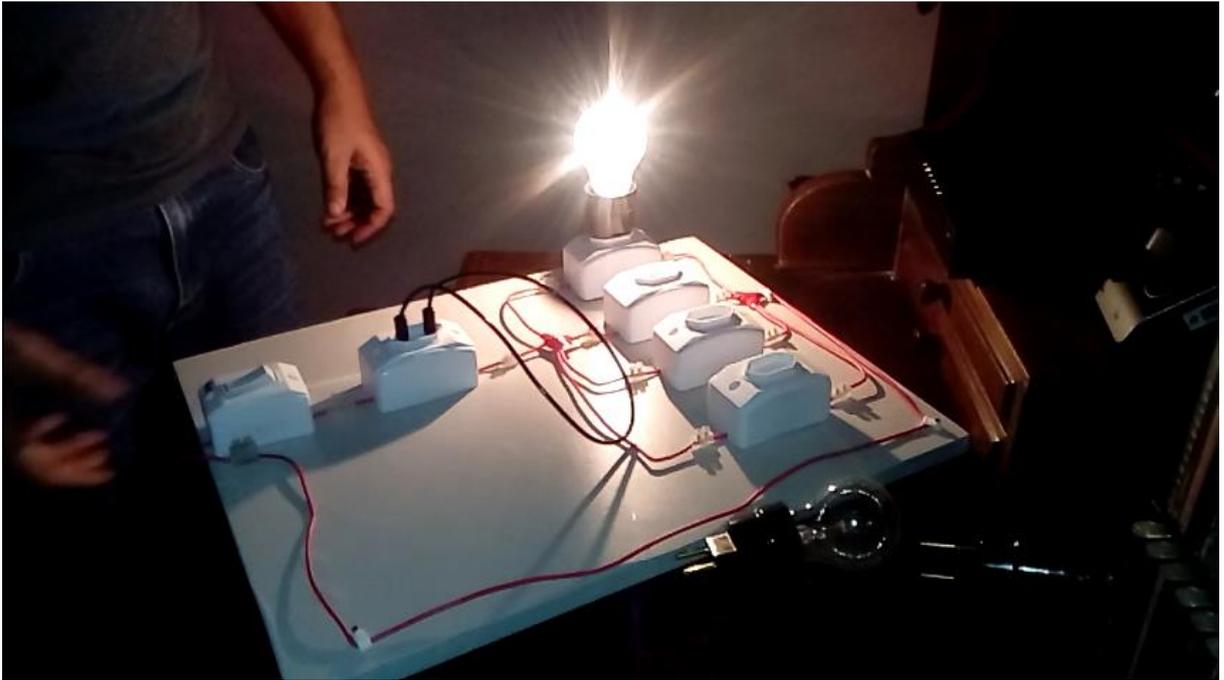


Figura 23. Circuito simples em funcionamento.

A questão 1 **“Que elementos básicos um circuito elétrico precisa ter para funcionar corretamente e com segurança? ”**e a questão 2 **“Que elementos deste circuito também fazem parte das instalações elétricas de sua residência? ”**, foram elaboradas com o intuito de despertar a atenção dos alunos para os elementos constitutivos de um circuito elétrico e criar vínculo entre a atividade e o cotidiano deles. As respostas a estas perguntas foram analisadas utilizando o recurso da nuvem de palavras no programa on-line “WordArt”. Na questão 1, onde as respostas geraram um total 41 palavras, apliquei um filtro que retirou 6 palavras de classes gramaticais como artigos, preposições, entre outras, permanecendo apenas 35 substantivos, gerando a figura 24 A. Na questão 2, onde as respostas geraram um total 32 palavras, apliquei um filtro que retirou 2 palavras de classes gramaticais como artigos, preposições, entre outras, permanecendo apenas 30 substantivos, gerando a figura 24 B.

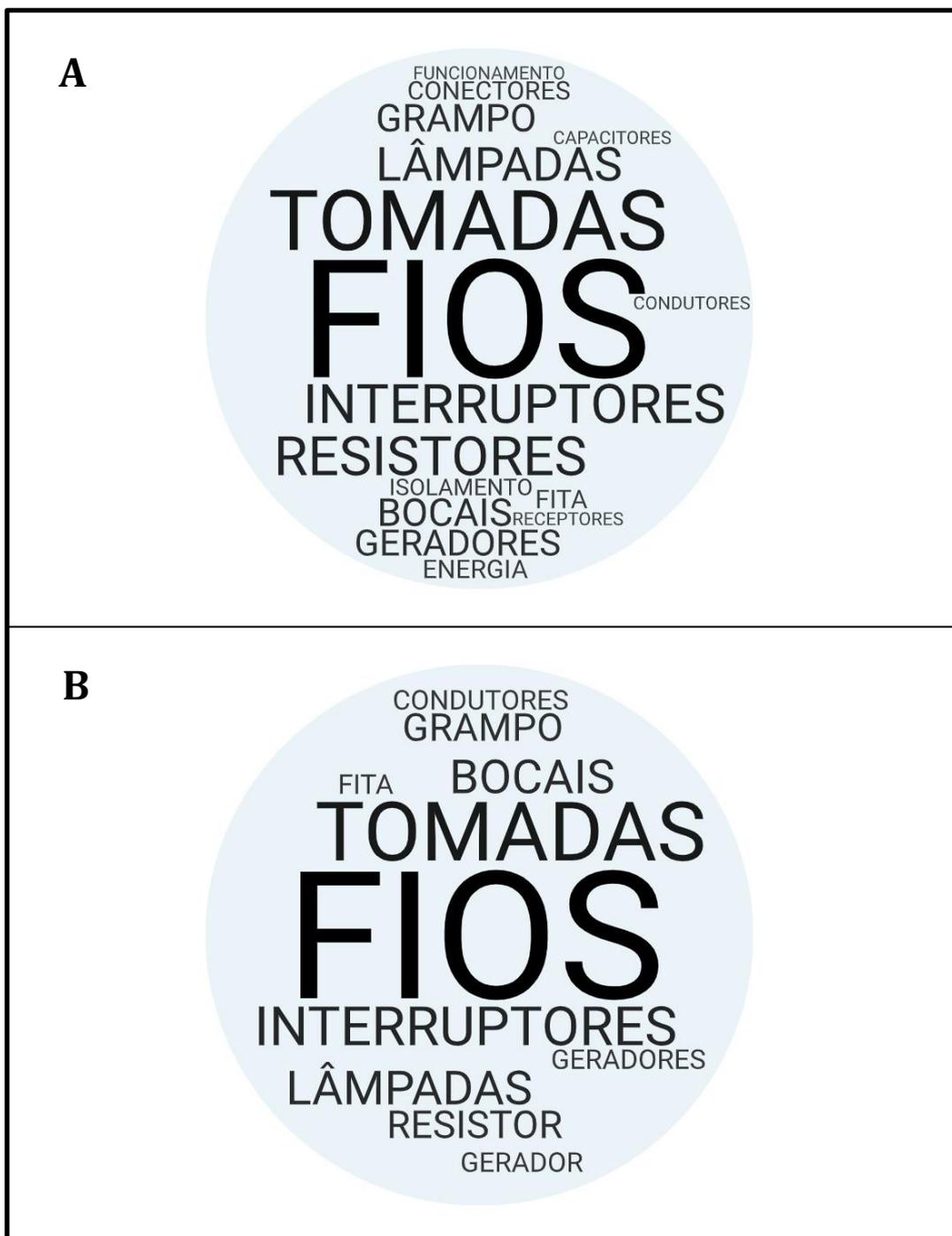


Figura 24. Nuvens de palavras geradas na análise das questões 1 e 2 do Circuito Simples. Na Figura 24 A está a nuvem de palavras geradas pelas 35 palavras originadas das respostas dos alunos a questão “Que elementos básicos um circuito elétrico precisa ter para funcionar corretamente e com segurança? ”, após o filtro que retirou palavras de várias classes gramaticais exceto substantivos. Na figura 24 B está a nuvem de palavras gerada pelas 30 palavras originadas das respostas dos alunos a questão “Que elementos deste circuito também fazem parte das instalações elétricas de sua residência? ”, após o filtro que retirou palavras de várias classes gramaticais exceto substantivos.

Analisando a figura 24 podemos verificar através das nuvens de palavras das figuras 24A e 24B que os alunos de cada grupo forneceram basicamente as mesmas respostas para as questões 1 e 2. Esse resultado indica que eles conseguiram identificar, nas suas casas, os mesmos elementos constitutivos dos circuitos elétricos o que contribui para nosso objetivo de que os alunos cheguem a conclusão que as instalações elétricas de suas casas são circuitos elétricos.

A questão 3 **“O professor precisa medir a tensão na lâmpada. Anote o valor encontrado, com sua respectiva unidade, e observe bem o brilho que a lâmpada apresenta”** orienta o aluno, pela primeira vez, a prestar atenção no brilho das lâmpadas, e a medição da voltagem, realizada pelo professor, tem como objetivo, entre outros, de ajudar os alunos a associarem o brilho da lâmpada com a tensão elétrica em seus terminais. Essa associação é muito importante para que, aos poucos, o aluno compreenda que a queda no brilho das lâmpadas é consequência da queda de tensão em seus terminais. O valor de tensão medido foi de 124 V.

A questão 4 **“O grupo está recebendo uma lâmpada igual a utilizada pelo professor. O valor da voltagem medida pelo professor corresponde ao nominal da lâmpada? Justifique.**” gerou bastante discussão entre os integrantes de cada grupo. Essa discussão gera argumentação, uma característica importante das atividades investigativas e contribui para que ocorra Alfabetização Científica Cada grupo recebeu uma lâmpada halógena de potência nominal 25W e tensão nominal 127V. A primeira dificuldade foi com o termo nominal. Eu precisei explicar que o termo nominal fazia referência ao valor escrito no bulbo da lâmpada. Dos 7 grupos respondentes apenas 1 respondeu “sim”. Os outros 6 responderam “não”. Com relação as justificativas dos grupos, embora tenham discutido bastante entre si (argumentação), se limitaram a narrar o que estavam vendo, sem indicar uma possível causa para o ocorrido. Apenas 2 grupos ofereceram justificativas que eu destaco na figura 25. Um desses grupos atribui a diferença entre a tensão nominal e a tensão medida ao próprio circuito. O outro atribui a diferença entre as tensões ao fato de que a energia está sendo dividida com outros aparelhos, embora só tivesse uma lâmpada no circuito. Testemunhamos aqui uma elaboração de hipóteses.

4) O grupo está recebendo uma lâmpada igual a utilizada pelo professor.
O valor da voltagem medida pelo professor corresponde ao nominal da lâmpada? Justifique.

Não, por conta do circuito.

4) O grupo está recebendo uma lâmpada igual a utilizada pelo professor.
O valor da voltagem medida pelo professor corresponde ao nominal da lâmpada? Justifique.

Lâmpada de 25 W e a voltagem é de 127V,
porque na tomada que ele pois está
dividindo energia com outros aparelhos.

Figura 25. Exemplos de respostas dos grupos à questão “O grupo está recebendo uma lâmpada igual a utilizada pelo professor. O valor da voltagem medida pelo professor corresponde ao nominal da lâmpada? Justifique”.

A questão 5 é a última questão deste bloco. Ela fornece uma tabela onde os alunos preenchem a tensão nominal, a potência nominal, a resistência elétrica e a corrente elétrica que circula pela lâmpada quando o circuito está em funcionamento. A tensão e a potência nominais estão escritas no bulbo da lâmpada. A resistência elétrica e a corrente da lâmpada precisaram ser calculadas pelos alunos. Eles tiveram dificuldades nos cálculos e na escolha das equações necessárias para realizar os cálculos. Foi autorizado o uso de máquinas de calcular para economizar tempo. Esses cálculos são importantes porque os valores de corrente elétrica e resistência elétrica da lâmpada serão confrontados com os valores dessas grandezas em outros tipos de circuito permitindo que os alunos tirem conclusões importantes sobre as características de cada tipo de circuito. A tabela 2 mostra os cálculos de um dos grupos. Aqui ocorre a matematização dos dados, que, segundo Azevedo (2004), é uma característica do problema aberto.

Todos os grupos conseguiram preencher as tabelas, mas os cálculos consumiram um tempo considerável da atividade. Os alunos também mostrarão dificuldades com relação as unidades de medida das grandezas. Dos 8 grupos respondentes apenas 3 realizaram os cálculos e colocaram as unidades de medida ao lado dos resultados.

5) O grupo agora deve, utilizando a lâmpada que receberam, preencher a tabela abaixo.

Tensão nominal	Potência nominal	Resistência elétrica	Corrente elétrica
127V	25W	645	0,19

$$25 = \frac{127^2}{R} = \frac{16 \cdot 129}{R}$$

$$\frac{25}{16 \cdot 129} = 25R = 16 \cdot 129 = R = \frac{16 \cdot 129}{25} = 645 //$$

$$U = R \cdot j = 123 = 645 \cdot j = \frac{123}{645} = 0,19 //$$

Tabela 2. Exemplo de cálculos e preenchimento da tabela realizados por um dos grupos.

A próxima etapa do trabalho, denominada “Associação de lâmpadas em série” abre os estudos sobre os circuitos elétricos em série. Esta etapa é composta de nove questões e o circuito em funcionamento está representado na figura 26.

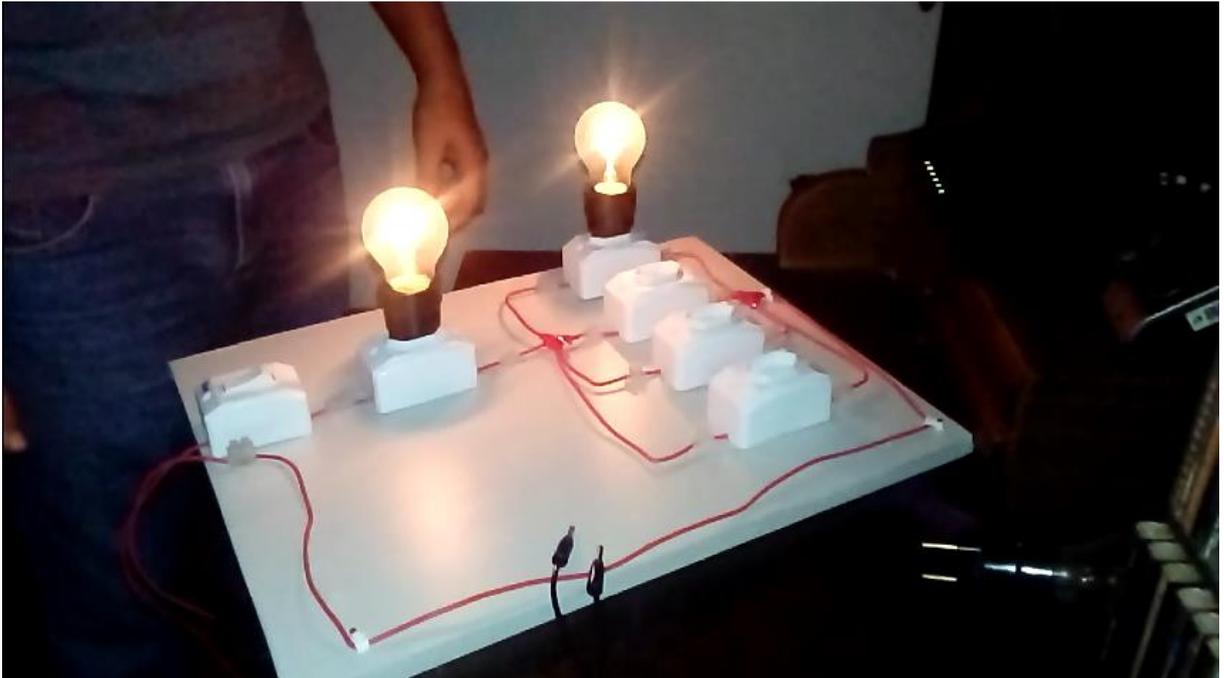


Figura 26. Circuito em série em funcionamento. Duas lâmpadas de 25W e 127V associadas em série apresentam brilho menos intenso do que uma delas em funcionamento normal, como no circuito simples.

A atividade se inicia com um pequeno texto informando que as lâmpadas ou resistores podem ser associados em série, em paralelo e misto e que procederemos com a associação em série.

O circuito da figura 26 foi montado utilizando duas lâmpadas halógenas de potências iguais a 25W e tensões iguais a 127V. Ao ligar o circuito os alunos observaram que o brilho das lâmpadas foi inferior ao brilho que uma delas apresentou no circuito simples. A reação deles foi muito positiva e se mostraram bastante entusiasmados com o fenômeno. Esse entusiasmo gera engajamento por parte dos alunos e é fundamental para que uma atividade investigativa logre êxito segundo Sasseron e Machado (2017) A seguir, utilizando um alicate amperímetro, realizei a medida da tensão elétrica nos terminais das duas lâmpadas. Os valores foram anotados pelos alunos que começaram então a responder as nove questões desta etapa do trabalho.

As questões 1, 2 e 3 tem como objetivo permitir que os alunos percebam que existe uma relação entre a intensidade do brilho de uma lâmpada e a tensão elétrica a que elas estão submetidas.

Na questão 1 **“Anote o valor da tensão elétrica medida pelo professor nos terminais das duas lâmpadas. Compare com o valor medido na montagem anterior. O que o grupo percebeu?”** os grupos anotaram o valor das tensões elétricas nos terminais das lâmpadas e foram convidados a comparar estes valores com o valor de tensão medida no circuito simples.

Todos os grupos responderam que o valor da tensão diminuiu e alguns grupos perceberam e registraram que a tensão elétrica foi dividida entre as lâmpadas. A figura 27A mostra um exemplo de resposta de um dos grupos.

Na questão 2 **“Observe as lâmpadas acesas. Compare o brilho delas com o brilho da lâmpada na montagem anterior. O que você percebeu?”**, os grupos registraram suas percepções com relação ao brilho das lâmpadas. Todos os grupos perceberam e registraram que a intensidade do brilho diminuiu. A figura 27B mostra um exemplo de resposta de um dos grupos.

Na questão 3 **“Neste momento da atividade qual a relação que o grupo consegue observar entre o valor da tensão elétrica que as lâmpadas estão submetidas e o seu brilho?”**, os grupos são convidados a registrar suas observações a respeito de uma possível relação entre a variação de intensidade do brilho e a variação da tensão elétrica dos terminais das lâmpadas. Dos oito grupos respondentes seis deram respostas que indicavam entendimento de que existe alguma relação entre a tensão elétrica e a intensidade do brilho das lâmpadas. A figura 27C mostra um exemplo de resposta de um dos grupos.

A

1) Valor da tensão elétrica: L1 60 L2 62
Anoto o valor da tensão elétrica medida pelo professor nos terminais das duas lâmpadas. Compare com o valor medido na montagem anterior. O que o grupo percebeu? *Comprime o professor colocou essa lâmpada, o valor da tensão diminuiu.*

3

B

2) Observe as lâmpadas acesas. Compare o brilho delas com o brilho da lâmpada na montagem anterior. O que você percebeu? *Que a lâmpada da montagem anterior brilhava muito mais.*

C

3) Neste momento da atividade qual a relação que o grupo consegue observar entre o valor da tensão elétrica que as lâmpadas estão submetidas e o seu brilho? *A primeira lâmpada foi ligada em um circuito simples e o brilho ficou mais forte. Após ligar duas lâmpadas no mesmo circuito (circuito em série), o brilho de ambas diminuiu. Pelo fato de estarem dividindo a mesma energia.*

Figura 27. Exemplo de resposta de um dos grupos as questões 1, 2 e 3 da associação de lâmpadas em série.

As questões 4 e 5 tem como objetivo permitir que os alunos percebam mais uma característica do circuito em série, que é a dependência que os elementos resistivos têm entre si dentro deste tipo de circuito.

Na questão 4 **“Peça ao professor que retire uma das lâmpadas do circuito. O que o grupo observa que acontece e qual explicação daria para tal fato?”** os grupos observam que quando uma das lâmpadas é retirada do circuito a outra lâmpada imediatamente se apaga o que denota que existe uma relação de dependência entre elas para o funcionamento do circuito. Eles são então instigados a fornecer uma explicação para tal fato. A busca por tal explicação gerou bastante argumentação entre os integrantes dos grupos e quebra da postura passiva dos alunos. Alguns alunos foram surpreendidos pesquisando nos celulares, mas quando eu disse que não buscava uma resposta específica, querendo apenas saber o que eles pensavam, acabaram desistindo da pesquisa. Todos os grupos responderam que uma lâmpada apaga quando a outra é retirada do circuito e compreenderam que, neste tipo de associação, se uma delas for retirada o circuito deixa de funcionar. Dos 8 grupos respondentes 7 forneceram uma explicação e todas as explicações sinalizavam que existia uma dependência entre as lâmpadas. A figura 28A mostra um exemplo de resposta de um dos grupos.

Na questão 5 **“O professor substitui uma das lâmpadas por uma lâmpada “queimada” e liga o circuito. O que o grupo observa que acontece e qual explicação que daria para tal fato?”** o primeiro objetivo é contextualizar o fenômeno com o cotidiano dos alunos pois a expressão “queimada” é largamente aplicada por todos nós quando uma lâmpada, chuveiro ou qualquer aparelho elétrico deixa de funcionar. O segundo objetivo é que o aluno perceba que não é necessário que a lâmpada seja retirada do circuito para ele deixar de funcionar, bastando apenas que ela esteja danificada ou “queimada” e por último a intenção foi preparar o aluno para começar a perceber que a instalação elétrica de sua casa não pode ser um circuito em série, pois quando uma lâmpada ou aparelho elétrico “queima” as outras lâmpadas e aparelhos da casa não deixam de funcionar. Acredito que os três objetivos foram alcançados. A figura 28B mostra um exemplo de resposta de um dos grupos.

A

4) Peça ao professor que retire uma das lâmpadas do circuito. O que o grupo observa que acontece e qual a explicação daria para tal fato?

as lâmpadas desligaram.

Porque o circuito é em série e todas as lâmpadas dependem uma da outra.

B

5) O professor substitui uma das lâmpadas por uma lâmpada queimada e liga o circuito. O que o grupo observa que acontece e qual explicação que daria para tal fato?

Pela mesma razão anterior, as duas estão conectadas a um só condutor, se uma está queimada, logo a outra não acende.

Figura 28. Exemplo de resposta de dois grupos as questões 4 e 5 da associação de lâmpadas em série.

As questões 6 e 7 são tabelas. Ao preencherem as tabelas os alunos têm a oportunidade de compararem os valores da corrente elétrica e da resistência equivalente do circuito simples com as mesmas grandezas do circuito em série e calcularem também a potência dissipada nas lâmpadas do circuito em série comparando com a potência nominal

Na questão 6 os alunos preencheram os valores da corrente elétrica e da resistência equivalente do circuito simples. Eles já haviam calculado esses valores na atividade do circuito simples, de forma que apenas copiaram os valores. A corrente elétrica e resistência equivalente do circuito em série precisaram ser calculadas. Foi realizada uma nova medida da tensão elétrica, dessa vez considerando as extremidades do circuito, e não apenas os terminais de cada lâmpada. O multímetro indicou um valor oscilante entre 118V e 120V. Com esses valores eles realizaram o cálculo da corrente elétrica do circuito em série. Essa matematização dos dados é uma das características de um problema aberto. Precisei ajudar porque eles tiveram dificuldades nos cálculos e um tempo precioso foi empregado. Precisei também autorizar o uso de calculadoras. O preenchimento desta tabela foi de fundamental importância para que eles percebessem que duas lâmpadas associadas em série apresentam uma resistência equivalente maior do que uma única lâmpada. Comparando também a corrente elétrica dos dois tipos de circuito eles viram que duas lâmpadas associadas em série geram uma corrente elétrica menor do que uma única lâmpada. A tabela 3 mostra o preenchimento realizado por um dos grupos.

Na questão 7 foi fornecida a tabela 4, que permite a comparação da potência nominal com a potência dissipada pelas lâmpadas. O objetivo dessa tabela foi permitir que os alunos começassem a perceber que a potência dissipada por uma lâmpada está relacionada com a tensão elétrica em seus terminais. Novamente eles sentiram dificuldades nos cálculos e foi necessário o uso de calculadoras. A tabela 4 mostra os cálculos de um dos grupos.

Todos os grupos conseguiram preencher as tabelas, mas os cálculos consumiram um tempo considerável da atividade. Os alunos também apresentaram dificuldades com relação as unidades de medida das grandezas. Dos 8 grupos respondentes apenas 3 colocaram as unidades de medida ao lado dos resultados.

6) O grupo deve agora, comparando o circuito simples com o circuito em série, preencher a tabela abaixo.

Circuito Simples		Circuito em série	
Corrente Elétrica	Resistência Equivalente	Corrente Elétrica	Resistência Equivalente
0,19	645,16	0,09	1.290,32

$$U = R \times i$$

$$118 = 1.290,36 \times i$$

$$i = 0,09$$

$$R_{EQ} = R_1 + R_2$$

$$R_{EQ} = 645,16 + 645,16 = 1.290,36$$

Tabela 3. Exemplo de preenchimento da tabela, referente a questão 6, por um dos grupos Comparação dos dados do circuito simples com o circuito em série.

290,36 7) Uma vez que o grupo já conhece a resistência elétrica de cada lâmpada e o valor da tensão elétrica nos terminais das mesmas preencha a tabela.

Potência Nominal	Potência Dissipada
25 W	5,76

$$P = \frac{U^2}{R}$$
$$P = \frac{61^2}{645,16} = \frac{3.721}{645,16} = 5,76$$

Tabela 4. Exemplo de preenchimento da tabela, referente a questão 7, por um dos grupos. Comparação dos dados da potência nominal com a potência, de fato, dissipada pela lâmpada.

A questão 8 **“Como o grupo explicaria o resultado da tabela no item anterior?”** provoca os alunos a saírem da postura passiva fornecerem uma explicação para o fato da potência dissipada apresentar um valor inferior à potência nominal. Nenhum dos oito grupos associou a queda de potência à queda de tensão nos terminais das lâmpadas.

A questão 9 é composta dos itens “a” e “b”. No item “a” é perguntado **“Se as lâmpadas tivessem potências diferentes o brilho delas seria o mesmo? (Peça ao professor que realize o experimento e comprove)”**. Apenas um grupo respondeu sim, mesmo com o experimento tendo sido realizado. Este item foi importante para que os alunos percebessem que a intensidade do brilho da lâmpada também está associada com a potência da mesma. Acredito que o objetivo foi atingido. No item “b” é perguntado **“Se as lâmpadas tivessem potências diferentes a intensidade da corrente que passa por cada uma delas seria a mesma? Justifique.”** Apenas 1 grupo respondeu “sim” mas deu uma justificativa errada. Esse resultado indica que os alunos não compreenderam que no circuito em série a intensidade da corrente em todas as lâmpadas, independente da potência das mesmas, tem o mesmo valor.

Este foi o primeiro dia de atividades e consumiu dois tempos de 50 min cada.

A dificuldade dos alunos para realizar cálculos, a solicitação constante da minha presença por parte dos grupos e a manipulação constante do celular foram os empecilhos encontrados neste primeiro dia.

Na aula seguinte iniciamos a próxima etapa do trabalho, denominada **“Associação de lâmpadas em paralelo”** que abre os estudos sobre os circuitos elétricos em paralelo. Esta etapa é composta de 5 questões e o circuito em funcionamento está representado na figura 29.

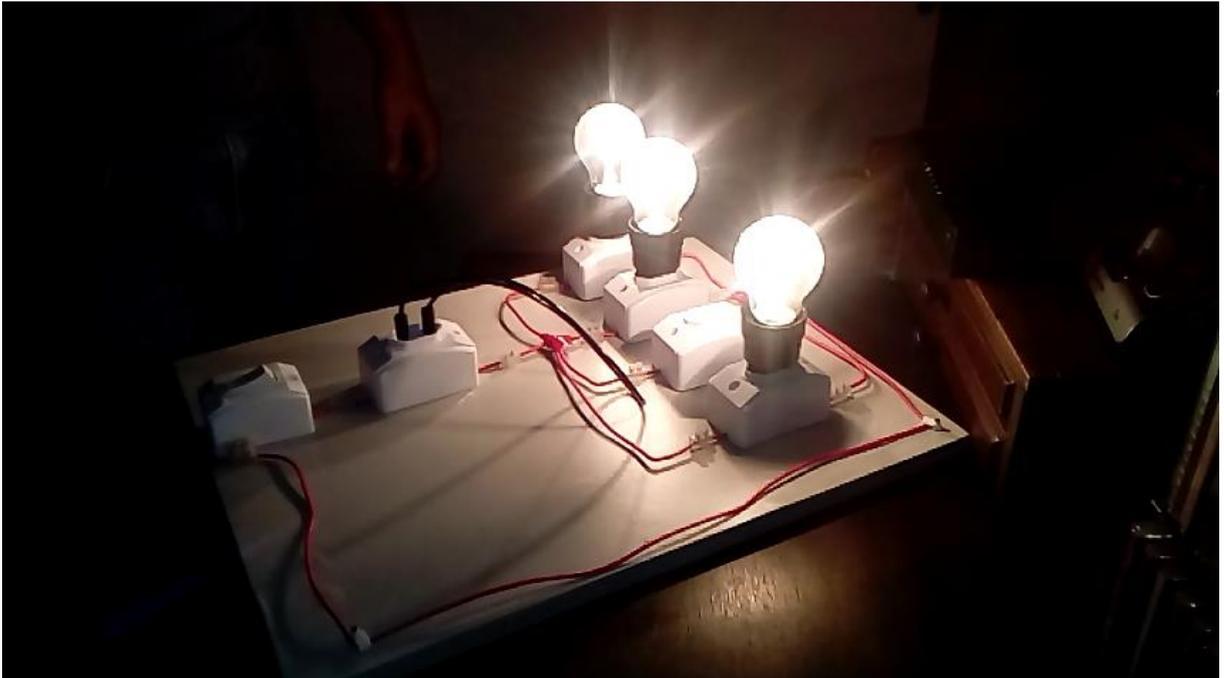


Figura 29. Circuito em paralelo em funcionamento. Três lâmpadas de 25W e 127V associadas em paralelo apresentam brilho normais e iguais, como no circuito simples.

A atividade se inicia com um pequeno texto informando que associaremos duas lâmpadas em paralelo e uma breve explicação de como isso será feito.

O circuito da figura 29 foi montado por mim utilizando, inicialmente, duas lâmpadas halógenas de potências iguais a 25W e tensões iguais a 127V, com as quais foram realizadas as medições pertinentes ao trabalho, e depois foi acrescentada uma terceira lâmpada para efeito de demonstração. O circuito foi ligado com apenas uma lâmpada e está apresentou seu brilho característico. Em seguida a segunda lâmpada foi inserida no circuito e apresentou brilho idêntico ao da primeira lâmpada. A seguir, utilizando um alicate amperímetro, realizei a medida da tensão elétrica nos terminais das duas lâmpadas. Os valores foram anotados pelos alunos que começaram então a responder as cinco questões desta etapa do trabalho.

Na questão 1 **“Anote o valor da tensão elétrica medida pelo professor nos terminais das duas lâmpadas e compare com o valor medido na montagem anterior (circuito em série). O que o grupo percebe?”** os grupos anotaram o valor das tensões elétricas nos terminais das lâmpadas e foram convidados a comparar estes valores com o valor de tensão medida no circuito em série.

Dos oito grupos respondentes três responderam que tensão aumentou, dois responderam que a potência aumentou, dois responderam que o brilho ficou mais forte e um grupo deixou em branco. O resultado indica que provavelmente alguns grupos não compreenderam a questão ou responderam com displicência. Neste dia a turma estava muito agitada por causa do calor. As salas não têm ar condicionado e recebem sol da manhã o que causa enorme desconforto. A figura 30 A mostra um exemplo de resposta de um dos grupos.

Na questão 2 **“Observe as lâmpadas acesas. Compare o brilho delas com o brilho da lâmpada na montagem anterior (circuito em série). O que você percebeu?”**, os grupos registraram suas percepções com relação ao brilho das lâmpadas. Dos oito grupos apenas um respondeu incorretamente dizendo que o brilho diminuiu. A figura 30 B mostra um exemplo de resposta de um dos grupos.

A

1) L1 118 L2 119 Anote o valor da tensão elétrica medida pelo professor nos terminais das duas lâmpadas e compare com o valor medido na montagem anterior (circuito em série). O que o grupo percebe? *A tensão continua.*

B

2) Observe as lâmpadas acesas e compare o brilho delas com o brilho das lâmpadas na montagem anterior (circuito em série). O que o grupo percebe? *Que o brilho da lâmpada em série é fraco e o da paralela é mais forte.*

Figura 30. Exemplo de respostas de um grupo as questões 1 e 2 da associação de lâmpadas em paralelo.

As questões 3 e 4 tem como objetivo permitir que os alunos percebam mais uma característica do circuito em paralelo, que é a independência que os elementos resistivos têm entre si dentro deste tipo de circuito.

Na questão 3 **“Peça ao professor que retire uma das lâmpadas do circuito. O que o grupo observa que acontece e qual explicação daria para tal fato?”** os grupos observam que quando uma das lâmpadas é retirada do circuito a outra lâmpada continua funcionando normalmente, o que denota que existe uma relação de independência entre elas. Eles são então instigados a fornecer uma explicação para tal fato. A busca por tal explicação gerou debate entre os integrantes dos grupos e novamente bastante argumentação. Todos os grupos registraram que não houve alteração no brilho da lâmpada que permaneceu no circuito. Com relação a justificativa quatro grupos deram respostas (elaboraram hipóteses) onde sinalizaram independência entre as lâmpadas dentro deste tipo de circuito. Três grupos não forneceram justificativas e apenas um grupo associou a invariância do brilho com a invariância da tensão nos terminais das lâmpadas. A figura 31 A mostra um exemplo de resposta de um dos grupos.

Na questão 4 **“O professor substitui uma das lâmpadas por uma lâmpada “queimada” e liga o circuito. Como o grupo explica o comportamento da lâmpada que não foi trocada?”** a intenção foi preparar o aluno para começar a perceber que a instalação elétrica dentro de sua casa possui características de um circuito em paralelo, pois quando uma lâmpada ou aparelho elétrico “queima” as outras lâmpadas e aparelhos da casa não deixam de funcionar. Dos oito grupos quatro deram respostas (elaboraram hipóteses) indicando que as lâmpadas têm funcionamento independente no circuito em paralelo e quatro grupos se limitaram a relatar o ocorrido.

A figura 31 B mostra um exemplo de resposta de um dos grupos.

A

3) Peça ao professor que retire uma das lâmpadas do circuito. O que o grupo observa que acontece com a outra lâmpada e qual a explicação que daria para tal fato? *não aconteceu nada. porque o circuito é paralelo e uma lâmpada não precisa de outra.*

6

B

4) O professor substitui uma das lâmpadas por uma lâmpada queimada e liga o circuito. Como o grupo explica o comportamento da lâmpada que não foi trocada? *Ela continua acesa pois o circuito é um paralelo e uma não precisa de outra.*

Figura 31. Exemplo de respostas de um grupo as questões 3 e 4 da associação de lâmpadas em paralelo.

A questão 5 é uma tabela. Ao preencherem a tabela os alunos têm a oportunidade de compararem os valores da corrente elétrica e da resistência equivalente do circuito em paralelo com as mesmas grandezas do circuito em série.

Os alunos preencheram os valores da corrente elétrica e da resistência equivalente do circuito em série. Eles já haviam calculado esses valores na atividade do circuito em série, de forma que apenas copiaram os valores. A corrente elétrica e resistência equivalente do circuito em paralelo precisaram ser calculadas ocorrendo aqui a matematização dos dados. Foi realizada uma nova medida da tensão elétrica, dessa vez considerando as extremidades do circuito, e não apenas os terminais de cada lâmpada. O multímetro indicou um valor oscilante entre 118V e 120V. Com esses valores eles realizaram o cálculo da corrente elétrica do circuito em paralelo. Precisei ajudar porque eles tiveram dificuldades nos cálculos e um tempo precioso foi gasto. Precisei também autorizar o uso de calculadoras. O preenchimento desta tabela foi de fundamental importância para que eles percebessem que duas lâmpadas associadas em paralelo apresentam uma resistência equivalente menor do que quando associadas em série. Comparando também a corrente elétrica dos dois tipos de circuito eles viram que duas lâmpadas associadas em paralelo geram uma corrente elétrica maior do que quando associadas em série. A tabela 5 mostra o preenchimento realizado por um dos grupos.

Todos os grupos conseguiram preencher as tabelas com os valores corretos, mas os cálculos consumiram um tempo considerável da atividade. Novamente os alunos mostrarão dificuldades com relação as unidades de medida das grandezas. Dos 8 grupos respondentes apenas 2 colocaram as unidades de medida corretamente, 5 grupos não colocaram unidades de medida ao lado dos resultados e 1 grupo colocou as unidades incorretas ao lado dos valores.

5) O grupo deve agora, comparando o circuito em paralelo com o circuito em série, preencher a tabela abaixo.

Circuito Paralelo		Circuito em série	
Corrente Elétrica Total	Resistência Equivalente	Corrente Elétrica Total	Resistência Equivalente
0,37 A	322,5 Ω	0,09 A	1,290 Ω

$$V = R \cdot i$$

$$120 = 322,5 \cdot i$$

$$\frac{120}{322,5} = i \quad i = 0,37$$

$$R_{EQ} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$

$$R_{EQ} = \frac{645 \times 645}{645 + 645} = \frac{416.025}{1.290} = 322,5 //$$

Tabela 5. Exemplo de preenchimento da tabela, referente a questão 5, por um dos grupos. Comparação dos dados do circuito em paralelo com o circuito em série.

Esta foi a atividades inicial no segundo dia e consumiu pouco mais de 1 tempo de 50 min de aula.

Os maiores empecilhos foram o calor, a dificuldade dos alunos para realizar os cálculos e a solicitação constante da minha presença por parte dos grupos.

Na mesma aula iniciamos a atividade denominada “**Associação mista de lâmpadas e aparelhos elétricos**” que abre os estudos sobre os circuitos elétricos mistos. Esta atividade é composta de 4 questões iniciais sobre a montagem do circuito misto e suas semelhanças com as instalações elétricas residenciais. Após estas perguntas introdutórias a atividade prossegue com mais 3 etapas onde a resistência elétrica do condutor do ramo em série do circuito misto é alterada variando-se a espessura deste condutor. O circuito em funcionamento está representado na figura 32, que ilustra a sequência de montagem inicial onde foram associadas em paralelo três lâmpadas halógenas de 25W de potência e uma prancha de cabelos de potência 35W e estes foram associados em série com uma lâmpada halógena de potência 42W. Todos os aparelhos envolvidos tem tensão elétrica nominal de 127V.

Inicialmente temos uma lâmpada de 25W associada em série com a lâmpada de 42W como ilustra a figura 32 A. São realizadas medidas de tensão elétrica nos terminais das lâmpadas. Depois é inserida mais uma lâmpada de 25W no ramo em paralelo do circuito como ilustra a figura 32 B. Medidas de tensão elétrica nos terminais de todas as lâmpadas são novamente realizadas. Uma terceira lâmpada de 25W é inserida no ramo em paralelo, como ilustra a figura 32 C, e a tensão elétrica é mais uma vez medida. Por fim uma prancha de cabelos é inserida no ramo em paralelo, como ilustra a figura 32 D, e as tensão são medidas.

A lâmpada de 42W foi colocada no ramo em série estrategicamente para que os alunos consigam visualizar, através do brilho da lâmpada, que ocorrem mudanças importantes neste ramo do circuito. As medidas de tensão elétrica ao longo da atividade reforçam a dependência do brilho em relação a tensão a que a lâmpada está sujeita.

O objetivo desta etapa inicial é permitir que os alunos percebam que no circuito misto a tensão elétrica no ramo em paralelo diminui e no ramo em série aumenta à medida que mais lâmpadas/aparelhos elétricos são inseridos (ligados) no ramo em paralelo da associação.

A prancha de cabelo tem o objetivo de fornecer pistas para que os alunos percebam que as instalações elétricas de suas residências são circuitos elétricos. Ela, por ser um objeto bastante usado no cotidiano, faz uma conexão entre a ciência e o dia a dia dos alunos.

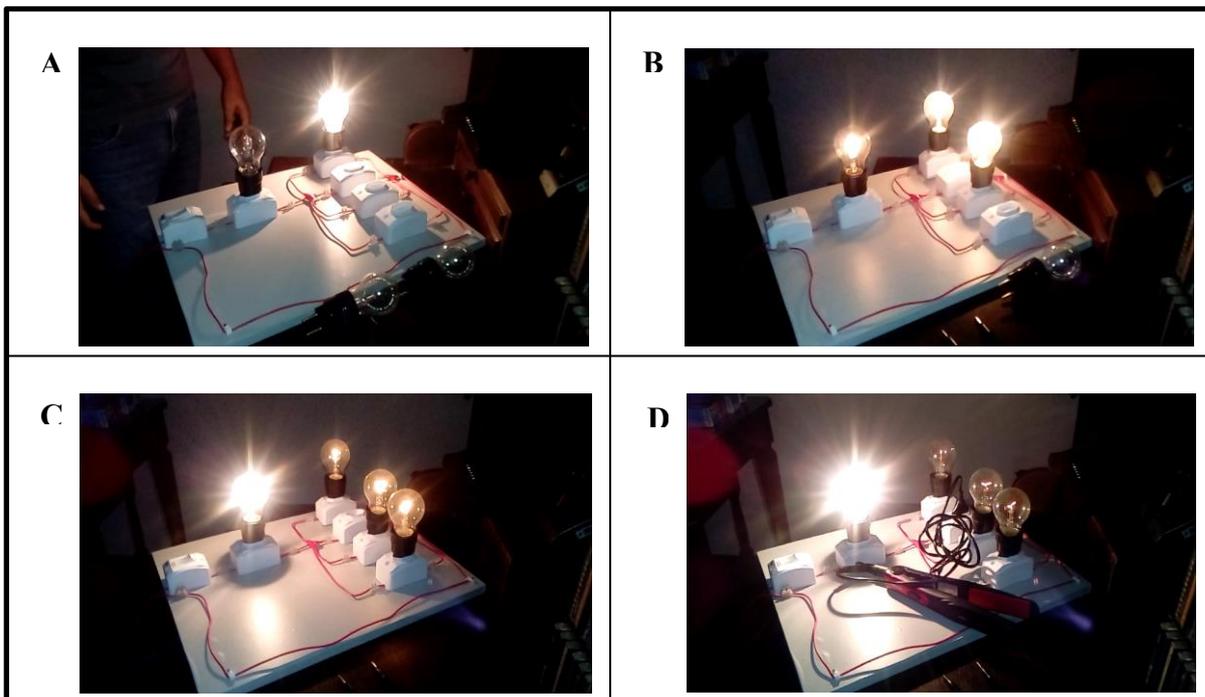


Figura 32. Circuito misto em funcionamento. Três lâmpadas de 25W, uma lâmpada de 42W e uma prancha de cabelos de 35W foram utilizadas. Na figura 32 A temos uma lâmpada de 42W associada em série com outra lâmpada de 25W. Na figura 32 B uma terceira lâmpada de potência 25W foi inserida no ramo em paralelo do circuito. Na figura 32 C uma terceira lâmpada de 25W foi inserida no ramo em paralelo do circuito. Na figura 32 D uma prancha de calos de potência 35 W foi inserida no ramo em paralelo do circuito.

A atividade se inicia com um pequeno texto informando que associaremos três lâmpadas de 25W e uma prancha de cabelos de 35W em paralelo com uma lâmpada de 42W em série, o que caracteriza uma associação mista. As lâmpadas e a prancha de calos serão inseridas sequencialmente no ramo em paralelo e medidas de tensão elétrica serão feitas após cada inserção. O texto pede ainda que os alunos fiquem atentos ao brilho das lâmpadas.

Nas questões 1 e 2 os alunos são provocados a escrever o que eles percebem que ocorre com os brilhos e tensões elétricas das lâmpadas tanto no ramo em série quanto no ramo em paralelo da associação.

Na questão 1 “**A medida que mais lâmpadas vão sendo inseridas no ramo em paralelo o que o grupo percebe que acontece com o brilho e a tensão elétrica da lâmpada do ramo em série?**” os grupos observam que quando as lâmpadas vão sendo inseridas no ramo em paralelo o brilho e a tensão elétrica das lâmpadas no ramo em série vão aumentando. Os alunos ficaram bastante impressionados com o que viram o que reforçou o engajamento deles para com a atividade. Dos 8 grupos 1 respondeu que ocorreu aumento na potência da lâmpada do ramo em série e diminuição da potência das lâmpadas do ramo em paralelo, 2 grupos relataram apenas aumento no brilho e não mencionaram a tensão elétrica e 5 grupos mencionaram aumento tanto do brilho como da tensão da lâmpada do ramo em série. A figura 33 A mostra a resposta de um dos grupos.

Na questão 2 “**A medida que mais lâmpadas vão sendo inseridas no ramo em paralelo o que o grupo percebe que acontece com o brilho e a tensão elétrica das lâmpadas deste ramo?**” os grupos observam que quando as lâmpadas vão sendo inseridas no ramo em paralelo o brilho e a tensão elétrica das lâmpadas neste ramo vão diminuindo. Dos 8 grupos 1 relatou que ocorreu diminuição no brilho, mas não mencionou a tensão elétrica, 1 grupo relatou apenas diminuição da tensão elétrica e 6 grupos mencionaram queda tanto do brilho como da tensão da lâmpada do ramo em paralelo. A figura 33 B mostra a resposta de um dos grupos.

A

- 1) A medida que mais lâmpadas vão sendo inseridas no ramo em paralelo o que o grupo percebe que acontece com o brilho e a tensão elétrica da lâmpada do ramo em série?

Aumenta a intensidade da luz e sua tensão.

B

- 2) A medida que mais lâmpadas vão sendo inseridas no ramo em paralelo o que o grupo percebe que acontece com o brilho e a tensão elétrica das lâmpadas deste ramo?

Ele vai diminuindo tanto quanto o brilho e a tensão

Figura 33. Exemplo de respostas de um grupo as questões 1 e 2 da associação mista de lâmpadas e aparelhos elétricos.

A questão 3, reproduzida abaixo, tem o objetivo de permitir que os alunos façam uma comparação do circuito em estudo com a instalação elétrica residencial visando permitir que os alunos concluam, primeiramente, que a instalação elétrica residencial é um circuito elétrico e, em um segundo momento que esta instalação é uma associação mista de aparelhos elétricos.

“No início das atividades nós fizemos referência a um fenômeno que ocorre nas residências: as luzes vão ficando cada vez mais fracas à medida que mais aparelhos vão sendo ligados dentro de casa. Se pudermos comparar este circuito com a instalação elétrica de uma residência qual a parte do circuito estaria dentro da casa e qual estaria fora da casa?”

() As lâmpadas em paralelo dentro de casa e a lâmpada em série fora de casa.

() As lâmpadas em paralelo fora de casa e a lâmpada em série dentro de casa.”

Dos 8 grupos, 7 marcaram a primeira opção que diz que as lâmpadas em paralelo ficariam dentro da casa e a lâmpada em série ficaria fora da casa, o que indica que os alunos, em sua maioria, estão fazendo uma conexão entre a atividade realizada e a sua realidade diária. O gráfico apresentado da figura 34 sintetiza esse resultado.

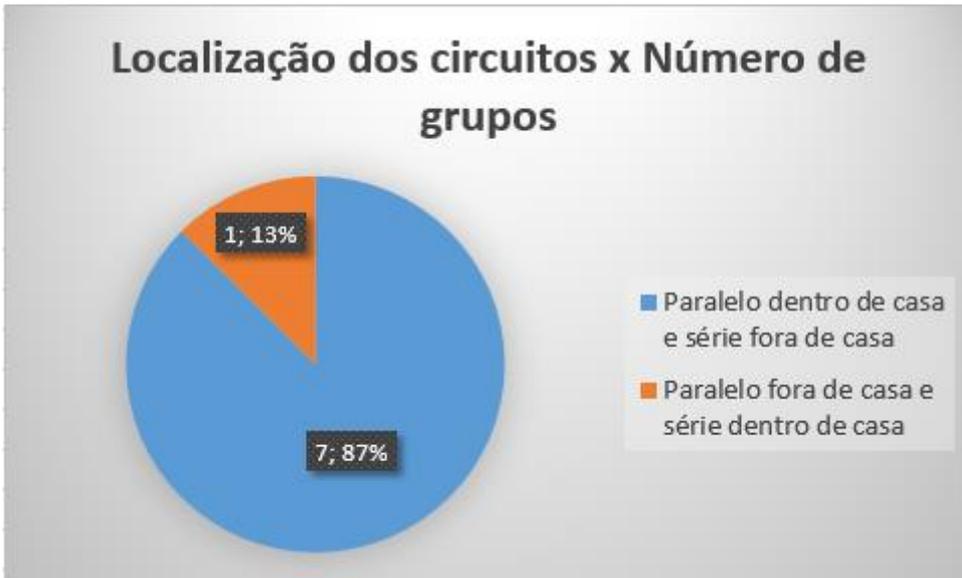


Figura 34. Gráfico da Localização dos circuitos versus Número de grupos. A opção azul (primeira opção do roteiro) informa que as lâmpadas do ramo em paralelo, no circuito misto, devem ficar dentro de casa e as lâmpadas em série fora de casa. A opção laranja (segunda opção do roteiro) informa que as lâmpadas do ramo em paralelo, no circuito misto, devem ficar fora de casa e as lâmpadas em série dentro de casa.

A questão 4, reproduzida abaixo, tem por objetivo saber se os alunos, neste ponto da atividade, já conseguiram compreender que as instalações elétricas de suas casas são circuitos elétricos.

Questão 4 “Baseado nas atividades que realizamos até o momento você acha que as instalações elétricas de uma casa são um circuito elétrico?”

SIM.

NÃO

Em caso positivo, qual tipo de circuito?

Circuito em série.

Circuito em paralelo

Circuito misto”

Dos 8 grupos, 7 responderam “sim”, o que evidencia que o objetivo foi atingido e os alunos já compreendem que as instalações elétricas residenciais são circuitos elétricos. Isso é muito importante pois mostra para os alunos que a ciência faz parte de sua realidade, o que incentiva o aluno a prosseguir em sua investigação e em seus estudos sobre a física.

O resultado da primeira etapa desta questão está sintetizado no gráfico apresentado na figura 35.

Na segunda etapa, que questiona os alunos sobre o tipo de circuito, dos 8 grupos, 7 marcaram a opção “circuito misto”, 1 marcou a opção “circuito em paralelo” e nenhum grupo marcou a opção “circuito em série”. Este resultado demonstra que o objetivo de levar os alunos a compreensão de que as instalações elétricas residenciais são circuitos mistos foi atingido. Este resultado está sintetizado no gráfico 4.

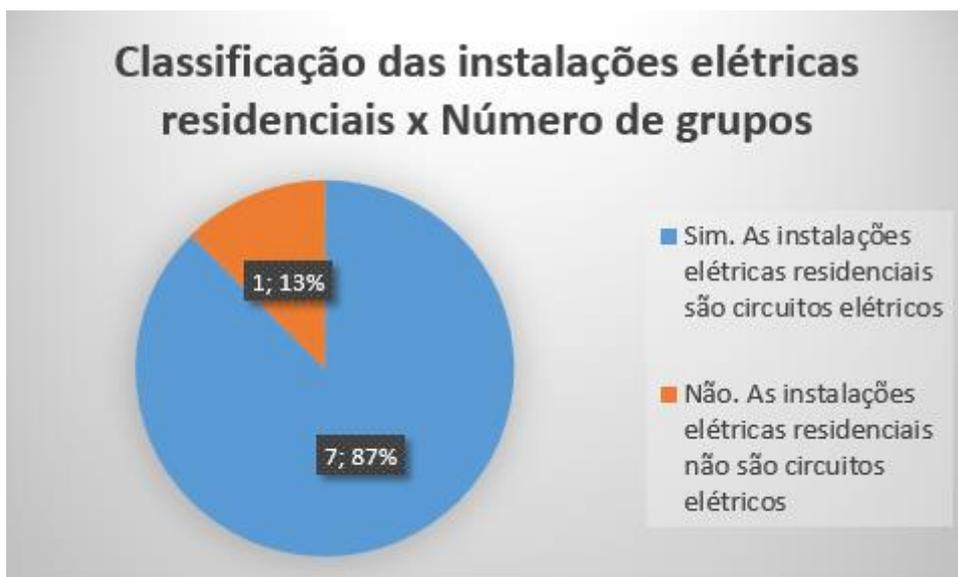


Figura 35. Gráfico da Classificação das instalações elétricas residenciais versus Número de grupos. A opção azul (Sim) afirma que as instalações elétricas residenciais são circuitos elétricos. A opção laranja (Não) afirma que as instalações elétricas residenciais não são circuitos elétricos.

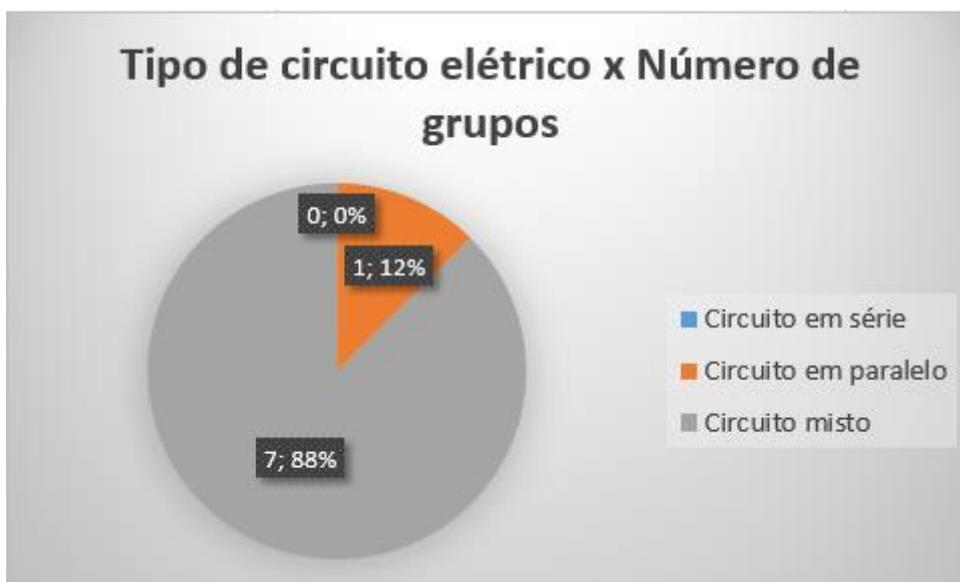


Figura 36. Gráfico do Tipo de circuito versus Número de grupos. A opção azul indica circuito em série, A opção laranja indica circuito em paralelo e a opção cinza indica circuito misto.

Após estas questões iniciais vamos agora alterar a resistência dos condutores do ramo em série do circuito. Esta alteração será feita por meio de uma adaptação no circuito através da qual eu inseri dois condutores de cobre, de espessura bem inferior à espessura dos condutores do circuito. O aparato utilizado é mostrado na figura 37 sendo constituído por uma ripa de madeira, 4 parafusos e três fios de cobre. Esses fios foram extraídos de um cabo de cobre, que foi descascado e destrançado. Na primeira etapa foram utilizados dois desses finos fios de cobre, que foram unidos com o intuito de aumentar a espessura do condutor e, na segunda etapa, foi utilizado apenas 1 fio fino de cobre. O objetivo, tanto da 1ª etapa quanto da 2ª etapa, é que os alunos possam verificar o Efeito Joule no condutor do ramo em série do circuito e como este se comporta com a passagem da corrente. No ramo em paralelo do circuito duas lâmpadas foram substituídas por aparelhos elétricos de grande potência como o ferro de passar roupas, de potência 1000W, e um secador de cabelos, de potência 2000W. O objetivo destas substituições foi reforçar a contextualização com o cotidiano dos alunos, uma vez que são aparelhos elétricos bastante comuns e presentes nas residências deles. A figura 38 mostra o circuito montado e em funcionamento. É possível ver a dilatação térmica sofrida pelo condutor do ramo em série, efeito do aquecimento provocado pela passagem da corrente elétrica.

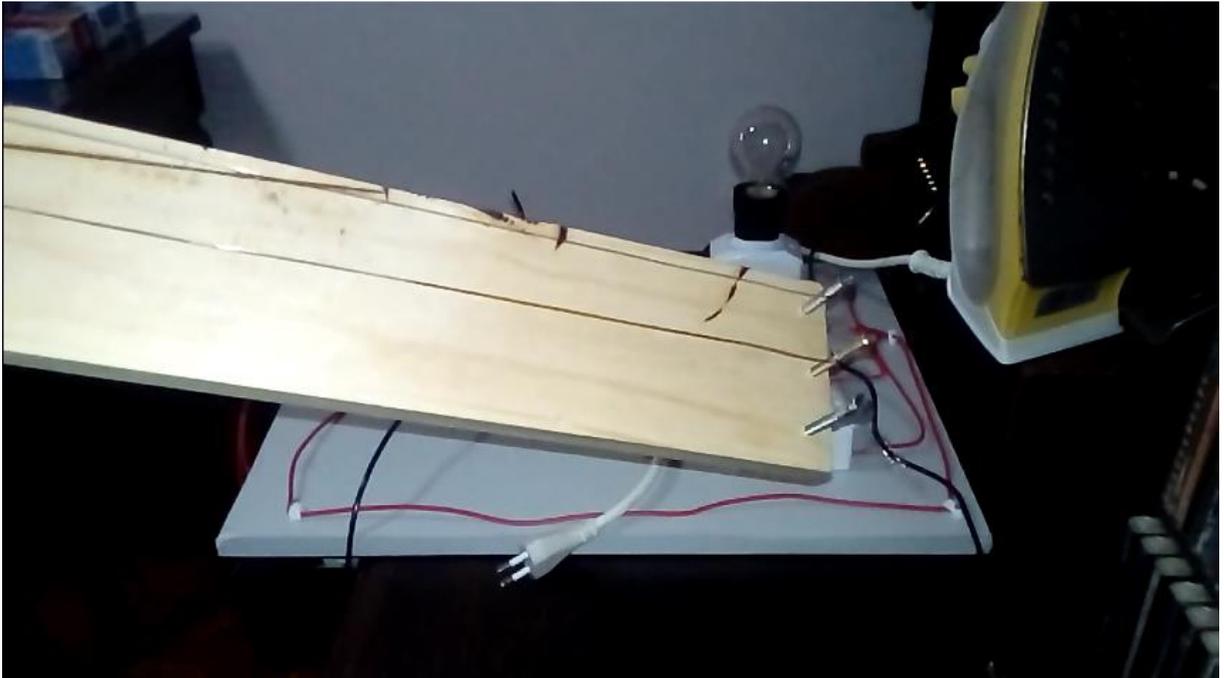


Figura 37. Aparato utilizado para realizar a variação da resistência elétrica do condutor do ramo em série do circuito misto. Em uma régua de madeira foram fixados 6 parafusos (três em cada extremidade) maneira que dois fios (ou até três) pudessem ser esticados. Através de engates esses finos condutores foram inseridos no ramo em série do circuito elétrico misto, de maneira que a corrente total do circuito passe por eles.

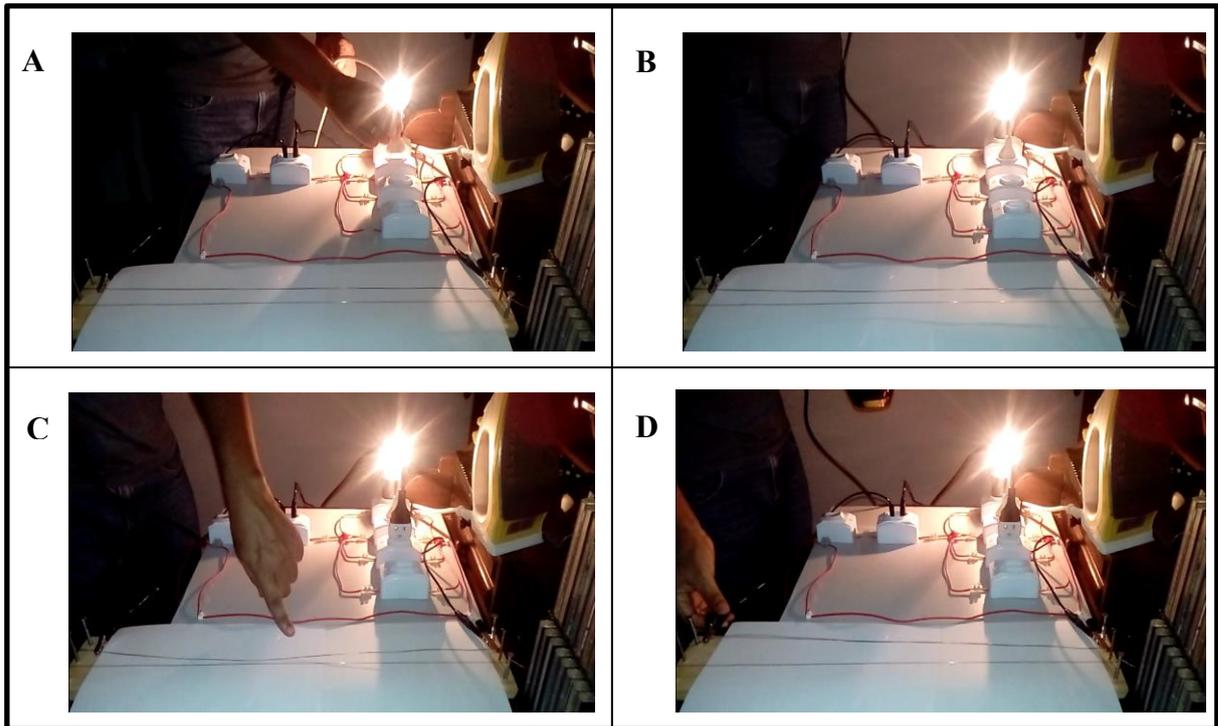


Figura 38. Experimento da 1ª etapa. Alteração da resistência elétrica do condutor do ramo em série do circuito misto. Um fio de cobre, de pequena espessura e bem esticado, foi inserido no ramo em série do condutor. Quando a corrente elétrica passa por este condutor ele aquece, devido ao Efeito Joule, e dilata, ficando frouxo.

A 1ª etapa é composta por duas questões. Por motivo de escassez de tempo os grupos foram orientados a responder apenas à questão 1, uma vez que a questão 2 demandaria vários cálculos e provavelmente consumiria todo o tempo restante da aula.

Na questão 1, reproduzida abaixo, os alunos devem marcar uma das opções e em seguida fornecer uma explicação para opção que marcaram.

Questão 1 “No início o condutor estava bem esticado. O que o grupo percebeu que aconteceu com ele? Qual explicação o grupo daria?”

Permaneceu esticado.

Não permaneceu esticado.”

Dos 8 grupos 7 marcaram que o condutor não permaneceu esticado.

Na explicação (elaboração de hipótese) fornecida para tal efeito 7 grupos associaram a dilatação do condutor a quantidade de aparelhos ligados simultaneamente e a quantidade de energia que passava pelo condutor. Essas respostas mostram que eles entendem que existe uma conexão entre o número de aparelhos ligados e a dilatação do fio. Desses 7 grupos 2 fizeram referência a espessura do condutor. Apenas 1 grupo, do total de 8 grupos, não se referiu a quantidade de aparelhos, energia e nem espessura de cabos. Se limitaram a dizer que o condutor ficou vibrando.

A figura 39 mostra dois exemplos de respostas dos grupos.

A

- 1) No início o condutor estava bem esticado. O que o grupo percebeu que aconteceu com ele?
- Permaneceu esticado.
- Não permaneceu esticado.

Qual explicação o grupo daria?

*A dita quantidade de energia passada por ele
foz o cabo amolecer.*

B

- 1) No início o condutor estava bem esticado. O que o grupo percebeu que aconteceu com ele?
- Permaneceu esticado.
- Não permaneceu esticado.

Qual explicação o grupo daria?

*Por que tinham muitos aparulhos
ligados.*

Figura 39. Exemplos de respostas de dois grupos a questão 1 da 1ª etapa da atividade intitulada “Alterando a resistência do condutor do ramo em série”. Esta atividade faz parte da investigação do circuito misto.

A questão 2 **“Qual a intensidade da corrente elétrica que passa pelo condutor?”** foi deixada em branco por orientação minha, em uma tentativa de ganhar tempo, pois estes cálculos consumiriam o restante da aula.

Na segunda etapa a espessura do condutor do ramo em série foi reduzida pela metade e os mesmos aparelhos elétricos da primeira etapa foram inseridos no circuito, de forma que a corrente elétrica gerada tem a mesma intensidade que teve na primeira etapa.

Esta etapa é composta por quatro questões e tem como objetivos chamar a atenção do aluno para a relação entre o aquecimento do condutor com a passagem da corrente e sua espessura e os permitir que os alunos possam refletir sobre os riscos que um condutor superaquecido pode acarretar para a sua segurança e de sua família.

A figura 40 ilustra a atividade.

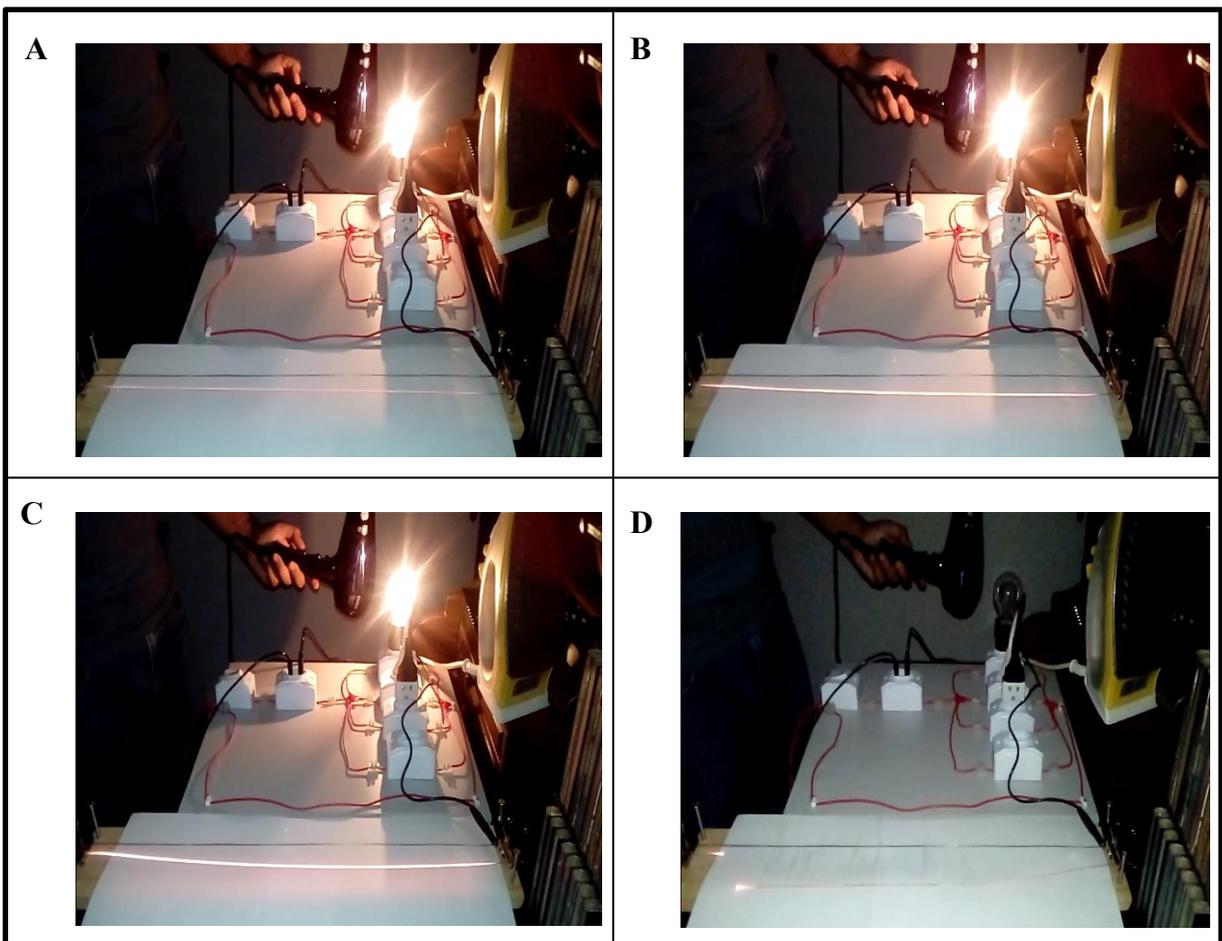


Figura 40. Experimento da segunda etapa. Alteração da resistência elétrica do condutor do ramo em série do circuito misto. Um fio de cobre, com metade da espessura do anterior e bem esticado, foi inserido no ramo em série do condutor. Quando a corrente elétrica passa por este condutor ele aquece muito, devido ao Efeito Joule, e dilata, ficando frouxo, incandescente e por fim se rompendo.

A questão 1 “**A corrente elétrica que passa pelo condutor tem a mesma intensidade que a corrente na primeira etapa? Justifique. Se tiver dúvida realize os cálculos.**” foi mantida porque, independe do cálculo da corrente elétrica na primeira etapa. Bastaria os alunos atentarem para o fato de que os mesmos aparelhos elétricos foram inseridos no circuito o que acarretaria o aparecimento de uma corrente elétrica de mesma intensidade na segunda etapa.

Todos os grupos atentaram para o fato de que os mesmos aparelhos foram ligados nas duas etapas e concluíram que a corrente elétrica teria a mesma intensidade.

A questão 2, reproduzida abaixo, teve como objetivo chamar a atenção dos grupos para o comportamento do condutor.

Questão 2 “Ouve alguma diferença no comportamento do condutor se comparado com a primeira etapa?

() **SIM**

() **NÃO**

Qual a diferença?

Qual explicação o grupo daria para tal diferença? ”

Todos os oito grupos marcaram a opção “sim” e narraram a diferença que viram no tocante ao superaquecimento do condutor. O destaque para essa questão fica por conta da explicação que os grupos forneceram para tal diferença. Dos oito grupos respondentes seis deles forneceram explicações onde apontavam a diferença de espessura dos condutores como fator causal para a diferença de aquecimento e dois deixaram em branco. Esse resultado mostra que o objetivo desta questão foi atingido, pois 75% dos alunos compreenderam que a espessura influi no aquecimento do condutor.

A figura 41 exemplifica as respostas de dois grupos e o gráfico apresentado na figura 42 sintetiza esse resultado.

A

2) Ouve alguma diferença no comportamento do condutor se comparado com a primeira etapa?

SIM.

NÃO.

Qual a diferença?

Ele ficou incandescente

Qual explicação o grupo daria para tal diferença?

O diâmetro do fio era menor

B

2) Ouve alguma diferença no comportamento do condutor se comparado com a primeira etapa?

SIM.

NÃO.

Qual a diferença?

Além dele ter ficado mole ele quase pegou fogo.

Qual explicação o grupo daria para tal diferença?

Porque a espessura do cobre da primeira etapa foi mais grossa do que a segunda.

Figura 41. Exemplos de respostas de dois grupos a questão 2 da segunda etapa da atividade intitulada “Alterando a resistência do condutor do ramo em série”. Esta atividade faz parte da investigação do circuito misto.



Figura 42. Gráfico da Justificativa para a diferença no aquecimento dos condutores versus Número de grupos.

A questão 3, reproduzida abaixo, complementa a questão 2. Dos oito grupos quatro marcaram a opção “mais finos”, três grupos marcaram a opção “mais espesso” e um grupo deixou em branco. Esse resultado indica que metade dos alunos compreenderam que fios mais finos aquecem mais do que fios mais espessos. Esse resultado está ilustrado no gráfico apresentado na figura 43.

Questão 3 “O aquecimento dos condutores com a passagem da corrente elétrica é chamado de Efeito Joule. De acordo com as atividades que acabamos de realizar o Efeito Joule se manifesta com maior intensidade em instalações elétrica que possuem condutores mais finos ou mais espessos?

Mais finos.

Mais espessos.”

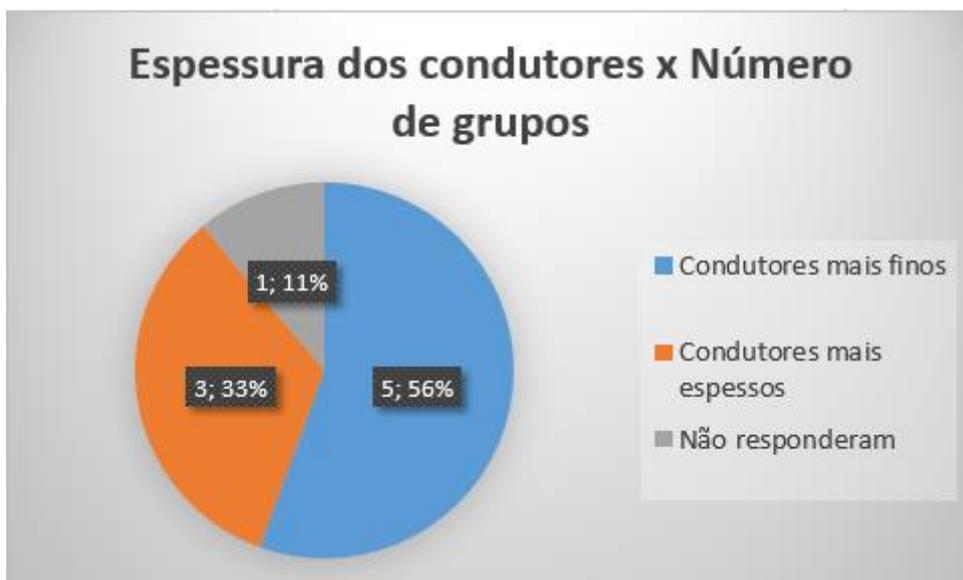


Figura 43. Gráfico da Espessura dos condutores versus Número de grupos.

A questão 4 **“Você acredita que o Efeito Joule possa acarretar algum tipo de risco a sua segurança e de sua família? Que tipo de risco?”** tem por objetivo convidar o aluno a refletir sobre o impacto que esse fenômeno pode ter no seu cotidiano. É mais uma oportunidade de mostrar ao aluno que a física está inserida em seu dia-a-dia.

Dos oito grupos sete deram respostas que sinalizaram perigo de incêndio e apenas um grupo não respondeu. A figura 44 exemplifica as respostas de dois grupos.

A

4) Você acredita que o Efeito Joule possa acarretar algum tipo de risco a sua segurança e de sua família? Que tipo de risco?

Sim. Por fazer na casa dos disjuntores dos fios.

B

4) Você acredita que o Efeito Joule possa acarretar algum tipo de risco a sua segurança e de sua família? Que tipo de risco?

Sim. O fio acaba aquecendo ou pegando fogo. É perigoso.

Figura 44. Exemplos de respostas de dois grupos a questão 4 da segunda etapa da atividade intitulada “Alterando a resistência do condutor do ramo em série”. Esta atividade faz parte da investigação do circuito misto.

Neste momento da atividade os alunos já aprenderam que as instalações elétricas residenciais são circuitos elétricos, já sabem que são circuitos mistos, compreenderam que condutores aquecem com a passagem da corrente e que quanto mais finos forem os condutores maiores também serão os aquecimentos dos mesmos. Além disso concluíram que este aquecimento acarreta risco de incêndio colocando suas vidas e de suas famílias em perigo.

A próxima atividade propõe que os alunos calculem a quantidade de energia elétrica dissipada no condutor do ramo em série de uma instalação elétrica. São fornecidos quatro aparelhos elétricos, suas respectivas potências, seus tempos de funcionamento diários e a tensão elétrica de funcionamento dos mesmos. Além disso é fornecido também o preço do kWh e a resistência elétrica do condutor do ramo em série.

Através do cálculo da corrente que passa pelo condutor do ramo em série e sendo conhecida sua resistência elétrica os alunos poderiam calcular a potência dissipada neste condutor. Conhecendo o tempo de funcionamento dos aparelhos é possível calcular quantos kWh esse cabo dissipa por mês. Com essa informação é possível saber quanto se pagaria, em reais, por esse desperdício.

Uma vez calculado esse desperdício, para uma única residência, os alunos são convidados a multiplicar este valor pelo número de unidades consumidoras atendidas pela Light Serviços de Eletricidade, que é de cerca de 3.825.523 unidades consumidoras, de maneira que eles encontrariam então uma cifra impressionante de dinheiro desperdiçado devido ao Efeito Joule.

Essa atividade tem por objetivo conscientizar os alunos a respeito do prejuízo acarretado pelo desperdício de energia elétrica. Neste ponto é evidenciada a relação CTS pois o aluno tem a oportunidade de perceber o impacto social e econômico que o desperdício de energia pode acarretar.

Essa etapa demanda muitos cálculos e certamente consumiria os poucos minutos restantes da atividade. Considerando a dificuldade dos alunos com a realização dos cálculos, já evidente em etapas anteriores, sugeri que passássemos à última etapa, que compreende um último experimento seguido de três perguntas e uma atividade com cálculos. Dois grupos manifestaram interesse de fazer esta etapa. Sendo assim sugeri que considerassem apenas o chuveiro elétrico e desprezassem os outros três aparelhos elétricos do circuito. Com os cálculos os grupos preencheram a tabela 6. Os outros seis grupos não manifestaram interesse de realizar os cálculos, uma vez que já estavam cansados e ansiosos para o término da aula. Volto a lembrar que nesse dia fez muito calor. O sol da manhã penetra dentro da sala e torna a permanência muito desconfortável. As salas não têm ar condicionado.

A

Corrente Total (It)	Potência Dissipada pelo condutor (P)	Desperdício Mensal (KWh)	Custo para uma unidade consumidora (R\$)	Custo para todas as unidades consumidoras (R\$)
42,5	61,41 W	2,9 KWh	R\$ 2,32	8.875.213,36

$$C = P = U \times i$$

$$5400 = 127 \cdot i = 42,5$$

$$E = P \times \Delta t$$

$$= 0,061 \times 45$$

$$= 2,9 \text{ KWh}$$

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

$$P = 0,034 \times 1806,25$$

$$P = 61,41 \text{ W} = 0,061 \text{ Kw}$$

B

Corrente Total (It)	Potência Dissipada pelo condutor (P)	Desperdício Mensal (KWh)	Custo para uma unidade consumidora (R\$)	Custo para todas as unidades consumidoras (R\$)
I = 42,51 A	P = 61,438 W	E = 2,763 KWh	R\$ 2,20	R\$ 8.416.150,60

$$R = U \times I$$

$$5400 = 127 \times I$$

$$I = \frac{5400}{127}$$

$$I = 42,51 \text{ A}$$

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

$$P = 0,034 \times 42,51^2$$

$$P = 0,034 \times 1807$$

$$P = 61,438 \text{ W}$$

$$E = P \times \Delta t$$

$$= \frac{61,438}{1000}$$

$$E = 0,0614 \times \Delta t$$

$$E = 0,0614 \times 30 \times 45$$

$$E = 2,763 \text{ KWh}$$

$$= 2,763 \times 0,80$$

$$= 2,20$$

$$3.825.523 \times 2,20$$

$$= 8.416.150,6$$

Tabela 6. Exemplo de preenchimento da tabela por dois grupos. Esta tabela é referente a segunda etapa de atividades do circuito misto.

Os alunos dos grupos que realizaram os cálculos ficaram bastante impressionados com a cifra encontrada. Um deles tirou fotos das atividades dizendo que mostraria ao pai, que era eletricista. Se tivéssemos mais tempo disponível e todos os grupos pudessem realizar os cálculos acredito que todos apreciariam os resultados. Acredito que os alunos dos grupos que realizaram esta tarefa obtiveram maior oportunidade para entendimento da relação CTS o que contribui para promover Alfabetização Científica

Na terceira e última etapa o condutor do ramo em série do circuito foi substituído por um condutor de níquel-cromo (uma resistência de chuveiro elétrico). A resistência (na verdade o resistor) foi esticada na ripa de madeira, de maneira que o circuito pudesse ser fechado tocando-se em pontos diferentes da mesma, alterando assim o valor da resistência elétrica do condutor.

O objetivo desta atividade é que os alunos possam visualizar o que ocorre com o brilho das lâmpadas do ramo em paralelo, do circuito misto, à medida que alterarmos a resistência do condutor do ramo em série.

A figura 45 ilustra o experimento desta etapa.

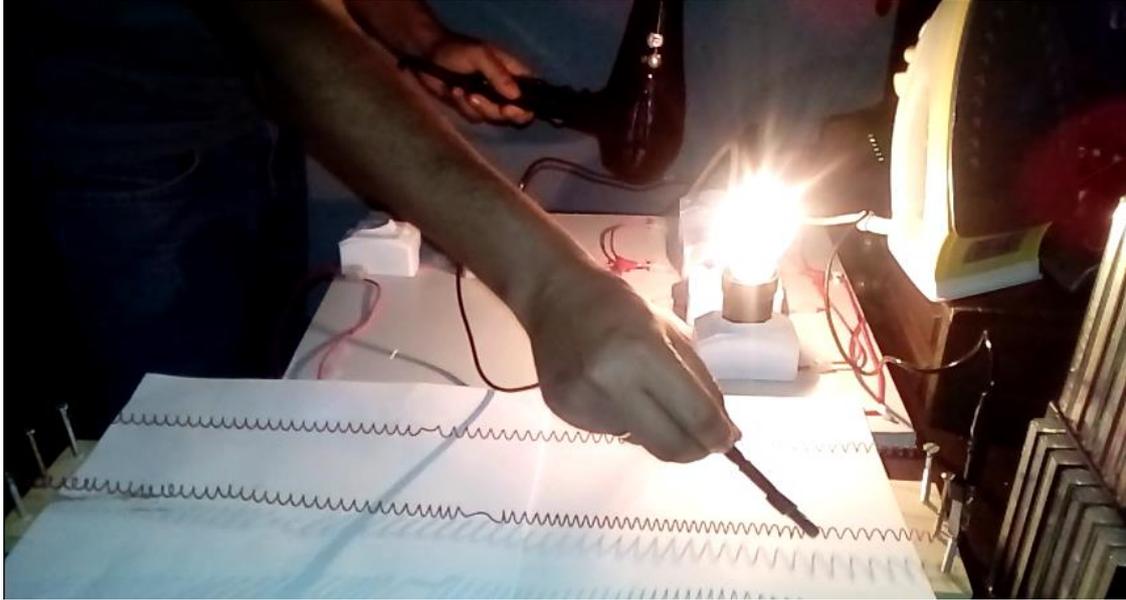
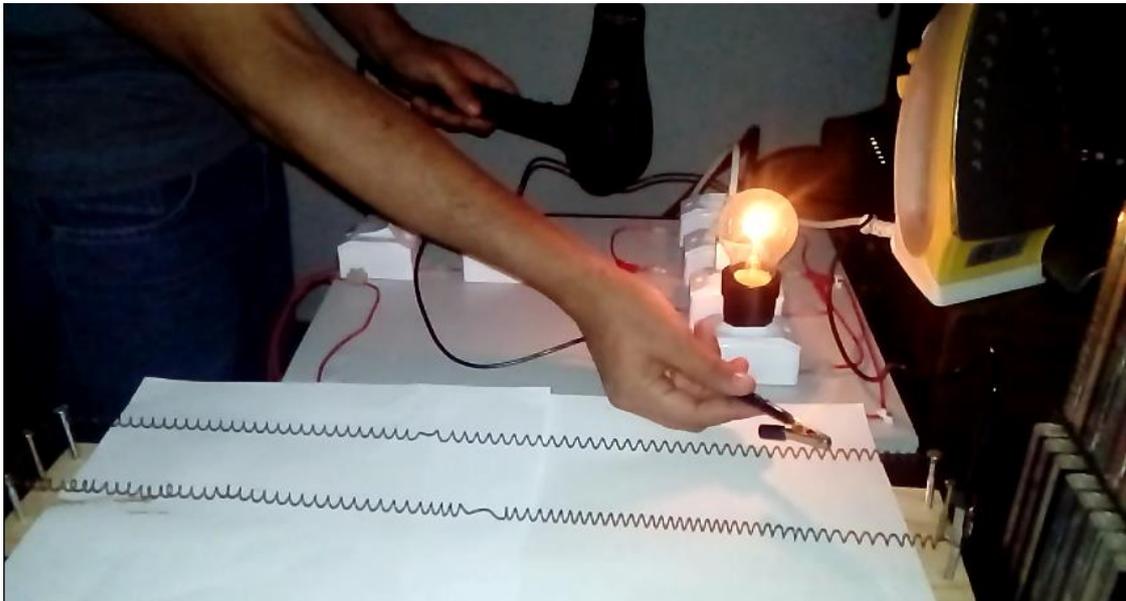
A**B**

Figura 45. Experimento da terceira etapa do estudo do circuito misto. Substituição do condutor do ramo em série do circuito por um condutor de níquel-cromo (resistência de chuveiro elétrico). Tocando em vários pontos do condutor altera-se sua resistência elétrica e essa alteração é sentida no ramo em paralelo do circuito e sinalizado pela variação do brilho da lâmpada.

A questão 1 **“O professor fecha o circuito tocando em dois pontos distintos do condutor (resistência de chuva). Quando ele considera todo o comprimento da resistência o que o grupo percebe que ocorre com o brilho da lâmpada e qual explicação forneceria para tal ocorrência?”** objetiva chamar a atenção dos alunos para a relação de dependência entre a resistência do condutor do ramo em série e o brilho da lâmpada do ramo em paralelo. Esta atividade sugere aos alunos que o efeito de queda no brilho das lâmpadas pode ser corrigido alterando-se a resistência do condutor do ramo em série do circuito misto.

Dos oito grupos participantes quatro responderam que o brilho diminui sem fornecer uma possível explicação, um fez comentários sobre o aumento da resistência elétrica, mas não mencionou o brilho da lâmpada e muito menos forneceu uma explicação, um grupo deixou em branco, outro grupo não percebeu alteração no brilho da lâmpada, relatando apenas que a resistência “pegou fogo” e o último grupo aparentemente se confundiu e disse que o brilho aumenta. Diante dos fatos narrados podemos ver que metade dos grupos compreenderam que quando a resistência é grande o brilho da lâmpada diminui.

A figura 46 mostra as respostas de dois grupos.

A

1) O professor fecha o circuito tocando em dois pontos distintos do condutor (resistência de chuveiro). Quando ele considera todo o comprimento da resistência o que o grupo percebe que ocorre com o brilho da lâmpada e qual explicação forneceria para tal ocorrência?

O brilho diminui.

B

1) O professor fecha o circuito tocando em dois pontos distintos do condutor (resistência de chuveiro). Quando ele considera todo o comprimento da resistência o que o grupo percebe que ocorre com o brilho da lâmpada e qual explicação forneceria para tal ocorrência?

O comprimento grande deixa os aparelhos ligados fracos
e se menor deixa os aparelhos com potência mais forte.

Figura 46. Exemplos de respostas de dois grupos a questão 1 da terceira etapa da atividade intitulada “Alterando a resistência do condutor do ramo em série”. Esta atividade faz parte da investigação do circuito misto.

A questão 2 **“Quando ele considera apenas uma parte do comprimento da resistência, o que o grupo percebe que ocorre com o brilho da lâmpada e qual explicação forneceria para tal ocorrência?”** tem o mesmo objetivo da primeira.

Dos 8 grupos respondentes quatro responderam que o brilho aumenta, dois grupos deixaram sem resposta, um grupo não mencionou o brilho da lâmpada na resposta e o último grupo disse que o brilho aumenta e diminui dependendo da capacidade.

A figura 47 mostra a resposta de dois grupos.

A

2) Quando ele considera apenas uma parte do comprimento da resistência, o que o grupo percebe que ocorre com o brilho da lâmpada e qual explicação forneceria para tal ocorrência?

A lâmpada aumenta e a potência também.

B

2) Quando ele considera apenas uma parte do comprimento da resistência, o que o grupo percebe que ocorre com o brilho da lâmpada e qual explicação forneceria para tal ocorrência?

No comprimento pequeno o fio acaba aquecendo e os aparelhos ficam com esse brilho forte.

Figura 47. Exemplos de respostas de dois grupos a questão 2 da terceira etapa da atividade intitulada “Alterando a resistência do condutor do ramo em série”. Esta atividade faz parte da investigação do circuito misto.

Na questão 3 **“De acordo com o que você acabou de observar qual medida o grupo adotaria para corrigir o fenômeno da queda do brilho das lâmpadas que ocorre dentro de casa?”** o objetivo é saber se o aluno compreendeu que o motivo da queda no brilho das lâmpadas dentro de casa é devido ao mal dimensionamento dos condutores do ramo em série da instalação e como esse fenômeno pode ser corrigido.

Dos oito grupos cinco sugeriram utilizar fios com resistência elétrica menor, dois grupos não responderam e um grupo sugeriu apenas não ligar vários aparelhos ao mesmo tempo.

Esse resultado mostra que a maior parte dos alunos compreenderam o motivo pelos quais o brilho das lâmpadas diminui quando vários aparelhos elétricos são ligados simultaneamente dentro da residência e como se poderia proceder para corrigir tal fenômeno, indicando que a atividade obteve sucesso e os objetivos foram atingidos.

Nesse momento fica evidente que os alunos abandonaram suas hipóteses iniciais a respeito do fenômeno e compreenderam o real motivo na queda do brilho das lâmpadas, o que denota que absorveram um novo conhecimento que os capacita a interferir e modificar a sua realidade evidenciando indícios de Alfabetização Científica.

A última atividade não foi realizada por falta de tempo. Ela consistia em uma estimativa do consumo das lâmpadas da escola.

As luzes da escola, como testemunhei em mais de uma ocasião, ficam ligadas 24h por dia, quando deveriam ficar ligadas por no máximo 15h por dia, considerando que é uma escola de três turnos que funciona das 7:00h da manhã as 22:00h da noite. Os alunos deveriam calcular o gasto mensal da escola para manter estas lâmpadas funcionando 24h por dia e depois comparar com o custo para se manter estas lâmpadas funcionando pelo tempo correto, que seria de 15h por dia. Desta forma os alunos observariam o valor, em reais, do custo do desperdício e isto contribuiria para conscientizar os alunos sobre o desperdício de energia elétrica.

A atividade está reproduzida abaixo.

“Nós acendemos e apagamos luzes o tempo todo. Em muitas ocasiões deixamos de apagar as lâmpadas de um ambiente quando saímos dele. Será que esse gesto tão simples impacta no orçamento da sua família? Vamos realizar alguns cálculos e verificar qual é o real impacto que o apagar das luzes acarreta no orçamento de uma casa, uma escola etc.

Atividade

- 1) Vocês se dividirão em grupos e cada grupo ficará responsável por uma parte da escola. Os grupos deverão contabilizar quantas lâmpadas têm no ambiente pelo qual é responsável.**

- 2) Os grupos deverão verificar, com a ajuda do professor ou de um funcionário da escola, qual é a potência dessas lâmpadas.**
- 3) Estimar o tempo que ficam ligadas e o que tempo que deveriam ficar ligadas se fossem utilizadas de maneira responsável. Por exemplo, em nossa escola, que é uma escola de três turnos, as lâmpadas deveriam ficar ligadas das 7:00 h da manhã até as 22:00 h da noite, mas ficam ligadas 24 h por dia.**
- 4) Você deverá calcular qual é o consumo dessas lâmpadas nas duas situações e depois, determinar o quanto se paga por esse consumo nas duas situações.**
- 5) Cada grupo apresentará seus dados e cálculos de maneira que ao final teremos uma boa estimativa do total do desperdício de energia elétrica devido ao uso irresponsável dessas lâmpadas. ”**

Os resultados seriam lançados na tabela 7.

Nº lâmpadas	Potência (W)	Tempo de uso incorreto (h)	Custo mensal uso incorreto (R\$)	Tempo de uso correto (h)	Custo mensal uso correto (R\$)	Custo mensal do desperdício (R\$)

Tabela 7. Tabela referente a última atividade da terceira etapa dos circuitos mistos, onde os alunos estimariam o custo mensal do funcionamento das lâmpadas da escola 24h por dia e comparariam com o custo mensal das mesmas funcionando 15h por dia, visando estimarem o valor, em reais, do desperdício.

Neste capítulo foram narradas a prática das atividades e foi realizada a análise dos resultados obtidos. No próximo capítulo apresentarei as considerações finais.

4. Considerações Finais

Nesta dissertação foi apresentada uma proposta de aula para o ensino de circuitos elétricos partindo do fenômeno da queda no brilho das lâmpadas, quando em funcionamento simultâneo com outros aparelhos elétricos, dentro das instalações elétricas residenciais.

O problema foi abordado com um viés CTS, uma vez que por trás do fenômeno está presente o desperdício de energia elétrica devido ao mal dimensionamento dos condutores. Esse desperdício afeta a sociedade e a realidade do aluno uma vez que os desperdícios acarretam, para citar um exemplo, aumento nas contas de energia elétrica. A ideia é mostrar aos alunos que o fenômeno estudado (queda no brilho das lâmpadas) faz parte de sua realidade diária, tem desdobramentos sociais e ainda prepará-los para interferirem e modificarem esta realidade utilizando a ciência, permeou todo o trabalho.

Esse ensino que intenta integrar a ciência, as tecnologias e a realidade social do aluno caracteriza uma abordagem CTS de acordo com Hofstein, Aikenhead e Riquarts (1998, **apud Santos e Mortimer, 2002**)

As quatro perguntas que abriram os trabalhos, baseadas em dois textos que abordavam o desperdício de energia elétrica e suas consequências, tinham por objetivo provocar os alunos a pensarem na relação entre a ciência, a tecnologia e a sociedade. A análise por Nuvem de Palavras evidenciou que os alunos conseguiram compreender essa relação indicando, por meio do destaque das palavras mais utilizadas nas respostas, consequências diretas do desperdício de energia elétrica.

Foi dada uma roupagem mais investigativa à proposta de aula, deixando para isso que toda a atividade partisse de uma situação problematizadora presente no cotidiano dos alunos. De acordo com Sasseron e Machado (2017) toda prática investigativa científica começa com um problema. É na busca da solução deste problema que o método investigativo científico se faz evidente.

No decorrer da atividade foram criadas condições e situações onde os alunos pensaram, falaram, argumentaram, leram e escreveram, o que, de acordo com Carvalho (2018) define o ensino por investigação.

Percebi, no decorrer da prática, que os alunos ficaram muito impressionados e motivados quando visualizaram, em diversos momentos, as lâmpadas apresentarem brilhos variados e o efeito Joule, o que provocou engajamento por parte dos grupos e aguçou suas curiosidades. Os alunos discutiram dentro dos grupos em vários momentos, argumentando e propondo soluções

para situações diversas que se apresentaram no decorrer da atividade como por exemplo na questão 2 da "Introdução" das atividades, quando lhes foi perguntando que explicação dariam para o fenômeno da queda no brilho das lâmpadas quando vários aparelhos são ligados ao mesmo tempo ou por exemplo na questão 4 da atividade "Associação de lâmpadas em série" quando uma das lâmpadas foi retirada do circuito e o mesmo "apagou" e lhes foi pedida uma explicação para tal fato. Acredito que estes comportamentos vão ao encontro do "pensar, sentir e fazer" citado por Azevedo (2004) onde, de acordo com este autor a resolução de problemas "é proporcionar a participação do aluno de modo que ele comece a produzir seu conhecimento por meio da interação entre pensar, sentir e fazer".

Esta dissertação tinha quatro objetivos que, no meu entender, foram atingidos.

O primeiro deles era ajudar os alunos a compreenderem o fenômeno da queda no brilho das lâmpadas dentro das residências. Essa queda no brilho é consequência da queda de tensão elétrica no ramo em paralelo do circuito, ramo esse onde as lâmpadas estão inseridas. Para que os alunos entendessem o motivo da queda no brilho destas lâmpadas era necessário que eles compreendessem que existe uma relação entre o brilho e a tensão elétrica nos terminais das lâmpadas. Essa compreensão começou a ser demonstrada nas respostas à questão 3 da atividade "Associação de lâmpadas em série", onde seis, dos oito grupos, deram respostas que indicavam o entendimento de que existe uma relação entre os brilhos das lâmpadas e a tensão elétrica a que estão sujeitas. Essa compreensão foi reforçada de acordo com as respostas às questões 1 e 2 da atividade "Associação de lâmpadas em paralelo", onde os alunos tiveram oportunidade de confrontar brilho e valor de tensão elétrica, nos terminais das lâmpadas no circuito em paralelo, com o circuito em série. Dos oito grupos, cinco deram resposta indicando que a tensão e potência elétrica das lâmpadas aumentaram em comparação com a montagem da associação em série. Na questão 2, sete grupos registraram que os brilhos das lâmpadas aumentaram em comparação com a montagem da associação em série.

As questões 1 e 2 da atividade "associação mista de lâmpadas e aparelhos elétricos" permitiram que os alunos visualizassem o que ocorre com o brilho e a tensão elétrica das lâmpadas (medida a cada inserção de nova lâmpada ou aparelho elétrico no circuito), tanto do ramo em série, quanto do ramo em paralelo, quando mais lâmpadas e aparelhos são inseridos no ramo em paralelo do circuito. Essa atividade permitiu que os alunos visualizassem, em sala de aula, o fenômeno da queda do brilho das lâmpadas do ramo em paralelo, e de suas tensões elétricas, à medida que outros aparelhos vão sendo inseridos neste ramo. Dos oito grupos, seis responderam que o brilho e a tensão elétrica, das lâmpadas do ramo em paralelo, vão

diminuindo a medida que mais lâmpadas e aparelhos elétricos vão sendo inseridos neste ramo. Essas respostas demonstram mais uma vez que eles compreenderam que existe relação entre os brilhos e a tensão elétrica.

Na questão 4 os alunos demonstram, através de suas respostas, terem compreendido que a instalação elétrica residencial além de ser um circuito elétrico é do tipo misto. Dos oito grupos sete responderam que as instalações elétricas de suas casas são circuitos elétricos mistos.

A atividade “Alterando a resistência do condutor do ramo em série”, foi dividida em três etapas. Na primeira etapa a espessura do condutor do ramo em série do circuito foi alterada, de maneira que os alunos pudessem visualizar o Efeito Joule neste condutor. No ramo em paralelo foram inseridos um ferro de passar roupas, um secador de cabelos e uma lâmpada. Quando o circuito foi energizado o condutor do ramo em série, que estava esticado, dilatou e afrouxou, devido a dilatação térmica causada pelo Efeito Joule. Na segunda etapa, a espessura do fio foi reduzida à metade, e o mesmo incandesceu e depois se rompeu, quando o circuito foi energizado.

Na questão 3, ainda da segunda etapa, o aquecimento do condutor com a passagem da corrente foi denominado Efeito Joule e foi feito o questionamento se ele se manifestava, com maior intensidade, em fios de maior ou menor espessura. Dos oito grupos, cinco responderam que se manifestava com maior intensidade em fios mais finos, o que mostra que eles compreenderam que fios mais finos aquecem mais com a passagem da corrente elétrica.

Dentro da segunda etapa foi proposta uma próxima atividade onde os alunos tiveram a oportunidade de calcular a energia dissipada pelo condutor do ramo em série, de um circuito misto. Uma lista com quatro aparelhos elétricos associados em paralelo e com suas respectivas potências e tempos de funcionamento diário foram fornecidos, assim como a resistência elétrica do condutor do ramo em série e o preço do kWh. Todos os aparelhos tinham tensão nominal de 127V. A ideia é que eles calculassem a corrente elétrica gerada pelos aparelhos (que passariam pelo ramo em série). Com o valor desta corrente elétrica e com a resistência elétrica do condutor do ramo em série, eles poderiam calcular a potência dissipada por este condutor, devido ao Efeito Joule e, uma vez que o tempo de funcionamento das máquinas foi fornecido, os alunos poderiam calcular a energia elétrica dissipada mensalmente por esse condutor e quanto se pagaria, em reais, por este desperdício. Finalmente poderiam multiplicar o desperdício encontrado para uma residência pelo número de unidades consumidoras atendidas pela concessionária Light S.A. e encontrarem a cifra correspondente ao desperdício de alguns milhões de unidades consumidoras. Devido à escassez de tempo eles foram orientados a pular

esta atividade, uma vez que os cálculos consumiriam todo o tempo restante da aula (que era a última de que dispúnhamos para realizar as atividades). Ainda assim dois grupos manifestaram interesse em realizar a atividade. Sugerir realizar os cálculos levando em conta apenas o funcionamento de um, dos quatro aparelhos, para economizar tempo. Os outros seis grupos não manifestaram interesse em realizar a tarefa porque estavam com muito calor e já se aproximava a hora da saída, o que contribuiu para que eles ficassem mais ansiosos e dispersos.

Os dois grupos que realizaram os cálculos encontraram cifras que os impressionaram. Conforme mencionei anteriormente um dos alunos tirou fotografias dos cálculos para mostrar ao pai, o que mostra que a atividade o impactou muito positivamente. Se tivéssemos mais tempo seria interessante que todos os grupos participassem, pois, a atividade foi enriquecedora para quem se dispôs a realizá-la e, sem sombra de dúvida, contribuiu para os conscientizar com relação ao desperdício de energia elétrica. Podemos concluir também que esta atividade incentivou a compreensão de que existe uma relação entre a ciência, a tecnologia e a sociedade, pois um fio mal escolhido ou dimensionado acarreta um desperdício de energia elétrica que se traduz em desperdício de recursos financeiros e prejudica a sociedade como um todo. De acordo com (SASSERON, 2008) o entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio-ambiente caracteriza um dos chamados Eixos Estruturantes da Alfabetização Científica.

Na terceira etapa da atividade o ramo em série do circuito foi substituído por uma resistência de chuveiro elétrico (fio de níquel-cromo), que foi esticada de maneira que pudéssemos fazer uma resistência variável tocando em pontos diferentes da mesma, onde a variação ocorreria por meio da alteração no comprimento da resistência.

Primeiramente o circuito foi fechado considerando todo o comprimento da resistência de maneira que seu valor fosse máximo. Neste momento a lâmpada do ramo em paralelo apresentou brilho fraco. Depois o circuito foi fechado considerando apenas uma parte do comprimento da resistência. Neste momento a lâmpada do ramo em paralelo apresentou brilho forte.

O objetivo era que os alunos percebessem que a queda de brilho, e portanto, da tensão elétrica, na lâmpada do ramo em paralelo, tinha como causa a variação da resistência elétrica do condutor do ramo em série do circuito. As questões 1, 2 e 3 referentes a esta terceira etapa, tinham por objetivo provocar os alunos de maneira que pudessem pensar sobre o fato e chegarem a tal conclusão. Na questão 1, dos 8 grupos, 4 responderam que o brilho da lâmpada era fraco quando o comprimento da resistência era grande. Na questão 2, quatro grupos

responderam que o brilho ficava forte quando o comprimento da resistência era pequeno e na questão 3 os alunos foram questionados a respeito de que medida adotariam para corrigir a queda no brilho das lâmpadas que ocorre dentro das residências. Dos oito grupos, cinco deles (mais de 60%) responderam que a solução seria utilizar fios de resistência elétrica mais baixa, o que mostra que a maior parte da turma compreendeu que a queda de tensão, observada no ramo em paralelo da instalação elétrica residencial, tem como causa o dimensionamento inadequado dos condutores do ramo em série. Neste momento podemos concluir que existe indício de alfabetização científica, pois os alunos têm, a partir deste momento, condições de utilizar conhecimentos científicos para se posicionar criticamente diante do fenômeno e agir no sentido de corrigi-lo. De acordo com Sasseron e Machado (2017) “A Alfabetização Científica concebe o ensino em uma perspectiva problematizadora, participativa, em que os alunos utilizam habilidades típicas das Ciências para intervir no mundo. ”.

A última atividade, que reforçaria a importância do consumo responsável de energia elétrica não foi colocada em prática devido ao tempo. Nesta atividade os alunos fariam o levantamento de quantas lâmpadas existem no colégio da potência elétrica das mesmas. De posse dessas informações calculariam o consumo mensal de energia elétricas para tais lâmpadas funcionando 24h por dia, como é praxe em muitas escolas públicas, e comparariam com o consumo mensal dessas mesmas lâmpadas funcionando 15h por dia (considerando uma escola de três turnos como a escola em que trabalho). Essa comparação permitiria que os alunos pudessem visualizar o desperdício de energia elétrica, ocasionado pela prática de não apagar as lâmpadas e o prejuízo que tal prática acarreta para a sociedade como um todo, uma vez que o dinheiro gasto com tal desperdício poderia ser reinvestido na própria rede de ensino.

No final da atividade pedi aos alunos que escrevessem, no verso do roteiro, suas impressões, elogios e críticas as atividades que haviam acabado de participar. Baseado em alguns exemplos de respostas, mostradas na figura 48, acreditamos que o objetivo, de permitir que os alunos aprendessem física de uma maneira mais interessante que a tradicional, foi atingido.

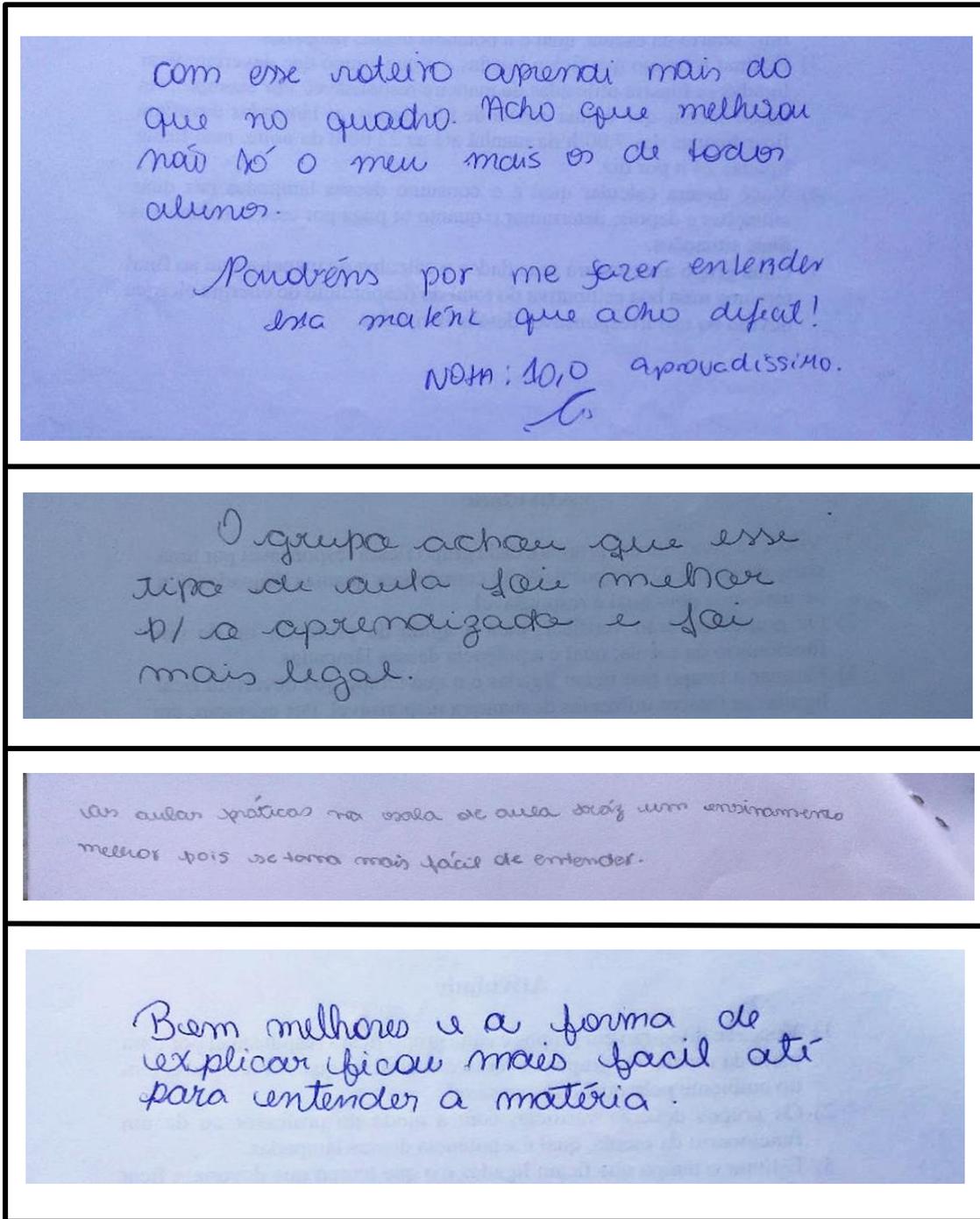


Figura 48. Exemplos de respostas dos grupos a respeito das impressões, críticas e elogios sobre as atividades realizadas

As maiores dificuldades encontradas foram as péssimas condições das salas (a ventilação é precária, a maior parte dos ventiladores estava queimado, a ausência de ar condicionado e o sol da manhã, que atinge parte do interior da sala, provocando grande desconforto aos alunos. Em um dos dias deixei de utilizar cerca de 30 min da aula, pois a extensão disponível não se encaixava nas tomadas antigas da escola e precisei ir na rua, em uma loja de materiais de construção e comprar um adaptador), a dificuldade dos alunos em realizarem cálculos, a solicitação constante da minha presença por parte dos grupos e a escassez de tempo.

Sugiro que estas atividades sejam aplicadas em três aulas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. RESOLUÇÃO ANEEL Nº 414, DE 9 DE SETEMBRO DE 2010. Brasília/DF: ANEEL, 2010. Disponível em < <http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2010414comp.pdf>>. Acesso em 22 de dez. de 2020.
- 2) Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia (ABESCO), 2017. Disponível em: <http://www.abesco.com.br/novidade/desperdicio-de-energia-atinge-r-617-bi-em-tres-anos/>. Acesso em: 12 de nov. de 2019.
- 3) AULER D., BAZZO W. A. Reflexões para a implementação do movimento CTS no contexto educacional brasileiro. *Ciência & Educação* v.7, n.1, p.1-13, 2001.
- 4) AZEVEDO, M. C. P. S. *Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula*. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). *Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática*. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004. p. 19-33.
- 5) BAZZO, W. A. *Ciência, tecnologia e sociedade: o contexto da educação tecnológica*. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1998.
- 6) BAZZO W. A. et al, VON LINSINGEN, I.; PEREIRA, L. T. V. *Introdução aos estudos CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade)*. Madri: Organização dos Estados Ibero-americanos, 2003.
- 7) BRASIL. (Inep) Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. Exame Nacional do Ensino Médio (Enem). Disponível em: http://download.inep.gov.br/educacao_basica/enem/provas/2019/caderno_de_questoes_2_dia_caderno_6_cinza_aplicacao_regular.pdf. Acesso em: set. de 2020.
- 8) BRASIL. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Lei número 9394, 20 de dezembro de 1996. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19394.htm. Acesso em: 18 de fev. de 2021.
- 9) BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio. Brasília. Ministério da Educação, 2000. Disponível em: < <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/blegais.pdf>>. Acesso em: 25 de mar. de 2020.
- 10) BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, 2018. Disponível em: < <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>>. Acesso em: 29 de mar. de 2020.

- 11) CARVALHO, A. M. P. de. (2018). Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação. *Revista Brasileira De Pesquisa Em Educação Em Ciências*, 18(3), 765-794. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2018183765>
- 12) CARVALHO, A. M. P., SASSERON, L.H., Ensino de física por investigação: referencial teórico e as pesquisas sobre as sequências de ensino investigativas, *Ensino Em Re-Vista*, v.22, n.2, p.249-266, jul. /dez. 2015
- 13) CARVALHO, A. M. P., Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning 2013.
- 14) CARVALHO, A. M. P., Ensino e aprendizagem de ciências: referenciais teóricos e dados empíricos das sequências de ensino investigativas- (SEI). In: *O uno e o diverso na educação*[S.l: s.n.], 2011.
- 15) CAVALCANTI, M. H. S.et al Planejamento de uma sequência didática sobre energia elétrica na perspectiva CTS. *Cienc. Educ.*, Bauru, v.24, n.4, 859 -874, 2018
- 16) EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE), 2017. Disponível em: [http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-245/topico-261/DEA%20001_2017%20-%20Proje%C3%A7%C3%B5es%20da%20Demanda%20de%20Energia%20El%C3%A9trica%202017-2026_VF\[1\].pdf](http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-245/topico-261/DEA%20001_2017%20-%20Proje%C3%A7%C3%B5es%20da%20Demanda%20de%20Energia%20El%C3%A9trica%202017-2026_VF[1].pdf). Acesso em:12 de dez. de 2019.
- 17) EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE), 2019. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/consumo-de-energia-eletrica>. Acesso em: 12 de nov. de 2019.
- 18) GUADAGNIN C., De 2011 a 2015, Brasil desperdiçou energia suficiente para um ano de consumo. **Gazeta do Povo**, Paraná, 27 de jul. de 2016. Disponível em: <https://www.gazetadopovo.com.br/economia/energia-e-sustentabilidade/de-2011-a-2015-brasil-desperdicou-energia-suficiente-para-um-ano-de-consumo-8bnk42j8ibd25of8e9yiw5h1/>. Acesso em: 12 de nov. de 2019.
- 19) GIFs DE FÍSICA, 2018. Disponível em: <<https://gifsdefisica.com/2018/12/12/circuito-eletrico-com-resistores-em-paralelo/>>. Acesso em: 13 de ago. de 2019.
- 20) HOFSTEIN, A., AIKENHEAD, G., RIQUEARTS, K. (1998). Discussions over STS at the fourth IOSTE symposium. *International Journal of Science Education*, v. 10, n. 4, p.357-366.
- 21) INSTITUTO FEDERAL SANTA CATARINA (IFSC), 2017. Disponível em: https://wiki.ifsc.edu.br/mediawiki/index.php/AULA_4_-_Circuitos_2_-_Engenharia. Acesso em: 15 de dez. de 2020.

- 22) MANUAL DO ELETRICISTA, 2018. Disponível em: < https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=User+guide&p_File_Name=Manual+do+eletricista+06+2018.pdf&p_Doc_Ref=User_guide_electrician >. Acesso em: 13 de ago. de 2019.
- 23) PINHEIRO, N. A. M. et al. Ciência, Tecnologia e Sociedade: A relevância do enfoque CTS para o contexto do ensino médio. *Ciência & Educação* v.13, n.1, p. 71-84, 2007
- 24) RIOS, F.S.R., CURI, G.S., CHAVES, F. S., SILVA, A. V., O fator de potência em unidades consumidoras residenciais, *e-xacta*, Belo Horizonte, v. 7, n. 1, p. 01-11. (2014). Editora UniBH. Disponível em: <www.unibh.br/revistas/exacta/>
- 25) SANTOS, W. L. P., MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência- Tecnologia- Sociedade) no contexto da educação brasileira, *Ens. Pesqui. Educ. Ciênc.* (Belo Horizonte) vol.2 no.2 Belo Horizonte July/Dec. 2000.
- 26) SASSERON, L. H., Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola, *Revista Ensaio*, Belo Horizonte, v. 17, n. especial, p. 49-67, novembro, 2015. <http://www.scielo.br/pdf/epec/v17nspe/1983-2117-epec-17-0s-00049.pdf>
- 27) SASSERON, L. H. (2018). Ensino de Ciências por Investigação e o Desenvolvimento de Práticas: Uma Mirada para a Base Nacional Comum Curricular. *Revista Brasileira De Pesquisa Em Educação Em Ciências*, 18(3), 1061-1085. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec20181831061>
- 28) SASSERON, L. H., CARVALHO, A. M. P., Alfabetização Científica: Uma Revisão Bibliográfica, *Investigações em Ensino de Ciências* – v16(1), pp. 59-77, 2011
- 29) SASSERON, L. H., CARVALHO, A. M. P., *Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental: A proposição e a procura de indicadores do processo*, *Investigações em Ensino de Ciências* – v13(3), pp.333-352, 2008.
- 30) SASSERON, L. H; CARVALHO, A. M. P., Ensino por CTSA: almejando a alfabetização científica no Ensino Fundamental, 2007. Disponível em: <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/vienpec/CR2/p487.pdf>
Acesso em: 24 de mar. de 2020.
- 31) SASSERON, H. L., MACHADO, V. F. Alfabetização Científica na Prática (Inovando a forma de ensinar), 2017
- 32) SCALONI, PAULO HENRIQUE. Consumo de Energia Elétrica em Ligações Elétricas e o Ensino de Física. 2016. 110 folhas. Dissertação (Mestrado Profissional em Física) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2016.

- 33) SILVA, P. V. & ARAUJO-JORGE, T. Análise de conteúdo por meio de nuvem de palavras de postagens em comunidades virtuais: novas perspectivas e resultados preliminares. *Investigación Cualitativa en Salud - Atas CIAIQ*. 2:41-48, 2019.
- 34) SOUZA, V. F. M., SASSERON, L. H., As interações discursivas no ensino de física: a promoção da discussão pelo professor e a alfabetização científica dos alunos. *Ciênc. educ. (Bauru)* [online]. 2012, vol.18, n.3, pp.593-611. ISSN 1516-7313. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132012000300007>
- 35) TEIXEIRA, P. M. M Educação científica e movimento CTS no quadro das tendências pedagógicas no Brasil, 2003.
- 36) WEG – MANUAL PARA CORREÇÃO DO FATOR DE POTÊNCIA. Disponível em: [WEG-correcao-do-fator-de-potencia-958-manual-portugues-br.pdf](#) . Acesso em: 15 de dez. de 2020.

APÊNDICE

PRODUTO: MATERIAL DE APOIO DO PROFESSOR E DO ALUNO



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

Instituto de Física

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física

Mestrado Profissional em Ensino de Física

A FÍSICA DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS RESIDENCIAIS

Manual do professor

Carlos Alberto Gonçalves da Conceição

Hugo Milward Riani de Luna

Marcos Binderly Gaspar

Material instrucional associado à dissertação de mestrado de Carlos Alberto Gonçalves da Conceição apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Rio de Janeiro

Janeiro de 2021

142

Sumário

1.Introdução.....	141
2. Desperdício de Energia Elétrica.....	141
3. Roteiro.....	142

1. Introdução

Este material tem por objetivo auxiliar o professor na aplicação das atividades propostas no roteiro. Ao longo das atividades inseri alguns comentários que julguei pertinentes para que os colegas que venham a utilizar este material evitem os percalços pelos quais passei na aplicação do mesmo.

Lembro ainda que este material pode e deve adaptado por cada utilizador, uma vez que, como é de nosso conhecimento, as turmas têm dinâmicas diferentes.

A confecção do circuito foi descrita por Conceição (2021) no capítulo 3.

As atividades foram montadas de maneira que ao chegar ao final das mesmas o aluno seja capaz de compreender e sugerir correção para o fenômeno da queda no brilho das lâmpadas quando aparelhos elétricos de potência acentuada são ligados simultaneamente dentro da residência e se conscientizar sobre o uso responsável da energia elétrica.

Minha sugestão é que esta atividade seja aplicada em três aulas de dois tempos cada. Apliquei em duas aulas de dois tempos cada e infelizmente precisei adaptar as atividades devido à escassez de tempo, pois os alunos tiveram bastante dificuldade na execução dos cálculos e solicitavam constantemente e simultaneamente minha presença, o que consumiu muito tempo das aulas e comprometeu a finalização adequada das atividades. Ainda assim consegui aplicar as atividades de forma satisfatória.

2. Desperdício de Energia Elétrica

A primeira atividade consiste na leitura de dois textos que abordam o desperdício de energia elétrica. Eu, como dispunha de apenas duas aulas para a aplicação das atividades, optei por permitir a leitura dos textos em casa para “ganhar tempo”. Os links dos textos se encontram abaixo. Esses textos podem ser substituídos por outros que o professor julgue mais adequado, desde que tratem do tema do desperdício de energia elétrica.

Texto 1

<http://www.abesco.com.br/novidade/desperdicio-de-energia-atinge-r-617-bi-em-tres-anos/>

Texto 2

<https://www.gazetadopovo.com.br/economia/energia-e-sustentabilidade/de-2011-a-2015-brasil-desperdicou-energia-suficiente-para-um-ano-de-consumo-8bnk42j8ibd25of8e9yiw5h1/>

Os alunos receberam junto com os textos quatro perguntas que deveriam responder, de maneira individual, e entregar na próxima aula.

O objetivo desses textos é despertar os alunos para a importância do tema do desperdício de energia elétrica mostrando que é um tema atual, que está inserido na realidade deles, que afeta a vida deles e que, portanto, é um problema que merece atenção.

As perguntas estão descritas abaixo:

1ª Pergunta

Os textos chamam a atenção para um problema muito grave, relacionado ao uso da energia elétrica. Que problema é esse?

2ª Pergunta

De que maneira você acredita que o desperdício citado nos textos impacta na vida da sua família?

3ª Pergunta

Que ações você poderia implementar, na sua casa e na sua escola, para evitar o desperdício de energia elétrica?

4ª Pergunta

O furto de energia elétrica atingiu números alarmantes de acordo com um dos textos. De que maneira, na sua opinião, o furto de energia elétrica prejudica sua vida e a sociedade como um todo?

Esta etapa pode ser melhor aproveitada se os alunos realizarem um debate sobre os textos quando forem entregar as respostas. Infelizmente este debate demandaria um tempo que eu não dispunha e optei por apenas receber as respostas escritas e dar início as atividades do roteiro que se inicia com o pequeno texto.

3. Roteiro

Um fenômeno bastante comum nas instalações elétricas residências é a queda no brilho das lâmpadas da residência quando vários aparelhos elétricos são ligados simultaneamente dentro de casa. Uma outra forma de manifestação do mesmo fenômeno é a queda no rendimento dos ventiladores de chão quando vários aparelhos são ligados ao mesmo tempo.

- 1) Em que momento do dia, sua família gasta mais energia elétrica?

Nome do integrante	Momento do dia

- 2) Sobre o fenômeno descrito no texto anterior. O que o grupo acha que proporciona esta queda de rendimento de alguns aparelhos quando outros são ligados?

As perguntas introdutórias 1 e 2 foram para verificar as chances de os alunos testemunharem o fenômeno da queda no brilho das lâmpadas, uma vez que ele é percebido com mais facilidade durante a noite e para sondar os conhecimentos prévios dos alunos sobre o fenômeno bem como para instigá-los a pensar sobre o mesmo

O Circuito Simples

- 1) Que elementos básicos um circuito elétrico precisa ter para funcionar corretamente e com segurança?

Apresentaremos agora um circuito simples em funcionamento. Fique atento!

Eu optei por fazer a montagem do circuito e manipulação do mesmo, uma vez que estamos trabalhando com corrente alternada. Mesmo o circuito não tendo partes “desencapadas” expostas, e os alunos estarem mais do que habituados a manipularem tomadas e interruptores em suas residências, eu sugiro bastante cautela. Realize você a manipulação do circuito.

- 2) Que elementos deste circuito também fazem parte das instalações elétricas de sua residência?
- 3) O professor precisa medir a tensão na lâmpada. Anote o valor encontrado, com sua respectiva unidade, e observe bem o brilho que a lâmpada apresenta.
- 4) O grupo está recebendo uma lâmpada igual a utilizada pelo professor. O valor da voltagem medida pelo professor corresponde ao nominal da lâmpada? Justifique.
- 5) O grupo agora deve, utilizando a lâmpada que receberam, preencher a tabela abaixo.

Tensão nominal	Potência nominal	Resistência elétrica	Corrente elétrica

Nesse momento os alunos apresentaram dificuldades na realização dos cálculos e da correta utilização das unidades de cada grandeza física. Todos me chamavam simultaneamente pedindo ajuda, o que tomou um tempo considerável da aula. Eu acabei permitindo o uso de máquinas de calcular.

Sugiro que, em aula anterior à aplicação do roteiro, o aluno seja orientado a levar uma máquina de calcular, caso necessite.

Associação de lâmpadas em série

Quando associamos mais de um aparelho elétrico, lâmpadas ou resistores em um mesmo circuito, podemos fazê-lo de três maneiras distintas:

- I. Em série.
- II. Em paralelo.
- III. Mista.

Neste momento associaremos duas lâmpadas iguais em série. Isto significa dizer que disporemos as lâmpadas de maneira que elas sejam interligadas por um mesmo condutor. O professor montará o circuito e medirá a tensão elétrica nos terminais das duas lâmpadas.

1) Valor da tensão elétrica: L1 _____ L2 _____

Anote o valor da tensão elétrica medida pelo professor nos terminais das duas lâmpadas. Compare com o valor medido na montagem anterior. O que o grupo percebeu?

2) Observe as lâmpadas acesas. Compare o brilho delas com o brilho da lâmpada na montagem anterior. O que você percebeu?

3) Neste momento da atividade qual a relação que o grupo consegue observar entre o valor da tensão elétrica que as lâmpadas estão submetidas e o seu brilho?

4) Peça ao professor que retire uma das lâmpadas do circuito. O que o grupo observa que acontece e qual a explicação daria para tal fato?

5) O professor substitui uma das lâmpadas por uma lâmpada queimada e liga o circuito. O que o grupo observa que acontece e qual explicação que daria para tal fato?

6) O grupo deve agora, comparando o circuito simples com o circuito em série, preencher a tabela abaixo.

Circuito Simples		Circuito em série	
Corrente Elétrica	Resistência Equivalente	Corrente Elétrica	Resistência Equivalente

Novamente os grupos apresentaram dificuldades na execução dos cálculos e utilização das unidades de medida corretas. O uso da calculadora foi autorizado.

7) Uma vez que o grupo já conhece a resistência elétrica de cada lâmpada e o valor da tensão elétrica nos terminais das mesmas preencha a tabela.

Potência Nominal	Potência Dissipada

Dificuldades para entender a diferença entre potência nominal e potência dissipada. Foi necessária intervenção do professor.

8) Como o grupo explicaria o resultado da tabela no item anterior?

9) Responda:

a) Se as lâmpadas tivessem potências diferentes o brilho delas seria o mesmo? (Peça ao professor que realize o experimento e comprove).

b) Se as lâmpadas tivessem potências diferentes a intensidade da corrente que passa por cada uma delas seria a mesma? Justifique.

Associação de lâmpadas em paralelo

Associaremos agora duas lâmpadas iguais em paralelo. Isto significa dizer que disporemos as lâmpadas de maneira que seus terminais da direita sejam interligados em um ponto e seus terminais da esquerda sejam interligados em outro ponto. O professor monta o circuito e mede a tensão elétrica nos terminais das duas lâmpadas.

1) L1_____ L2_____. Anote o valor da tensão elétrica medida pelo professor nos terminais das duas lâmpadas e compare com o valor medido na montagem anterior (circuito em série). O que o grupo percebe?

- 2) Observe as lâmpadas acesas e compare o brilho delas com o brilho das lâmpadas na montagem anterior (circuito em série). O que o grupo percebe?
- 3) Peça ao professor que retire uma das lâmpadas do circuito. O que o grupo observa que acontece com a outra lâmpada e qual a explicação que daria para tal fato?
- 4) O professor substitui uma das lâmpadas por uma lâmpada queimada e liga o circuito. Como o grupo explica o comportamento da lâmpada **que não foi trocada**?
- 5) O grupo deve agora, comparando o circuito em paralelo com o circuito em série, preencher a tabela abaixo.

Circuito Paralelo		Circuito em série	
Corrente Elétrica Total	Resistência Equivalente	Corrente Elétrica Total	Resistência Equivalente

O cálculo da resistência equivalente do circuito em paralelo, consumiu bastante tempo porque gerou muitas dúvidas. Mesmo com apenas duas lâmpadas e utilizando máquina de calcular os alunos tiveram bastante dificuldade em realizar os cálculos. Eu precisei ir de grupo em grupo para prestar auxílio, o que consumiu muito tempo da aula.

Associação mista de lâmpadas e aparelhos elétricos

Associaremos agora três lâmpadas iguais de 25 W e uma prancha de cabelo em paralelo com uma lâmpada de 42 W em série, o que significa que temos uma associação mista. Inicialmente temos uma lâmpada no ramo em série e o professor vai acrescentando as outras lâmpadas no ramo em paralelo. A medida que as lâmpadas vão sendo acrescentadas o professor vai realizando a medida da tensão elétrica nos terminais das lâmpadas. Fique atento aos brilhos.

1) A medida que mais lâmpadas vão sendo inseridas no ramo em paralelo o que o grupo percebe que acontece com o brilho e a tensão elétrica da lâmpada do ramo em série?

2) A medida que mais lâmpadas vão sendo inseridas no ramo em paralelo o que o grupo percebe que acontece com o brilho e a tensão elétrica das lâmpadas deste ramo?

3) No início das atividades nós fizemos referência a um fenômeno que ocorre nas residências: as luzes vão ficando cada vez mais fracas à medida que mais aparelhos vão sendo ligados dentro de casa. Se pudermos comparar este circuito com a instalação elétrica de uma residência qual a parte do circuito estaria dentro da casa e qual estaria fora da casa?

() As lâmpadas em paralelo dentro de casa e a lâmpada em série fora de casa.

() As lâmpadas em paralelo fora de casa e a lâmpada em série dentro de casa.

4) Baseado nas atividades que realizamos até o momento você acha que as instalações elétricas de uma casa são um circuito elétrico?

() SIM.

() NÃO

Em caso positivo, qual tipo de circuito?

() Circuito em série

() Circuito em paralelo

() Circuito Misto

Esta foi uma das etapas da atividade onde os alunos ficaram mais impressionados. Ver o brilho de uma lâmpada aumentando à medida que outras eram inseridas no circuito incitou muito a curiosidade deles e promoveu argumentações. Foi muito bacana. Esta etapa é uma etapa chave, pois é neste ponto que os alunos percebem/concluem que as instalações elétricas residenciais são um circuito elétrico misto.

Alterando a resistência do condutor do ramo em série

Agora substituiremos a lâmpada do ramo em série por condutores de cobre de espessura variável e depois por uma resistência elétrica de chuveiro, que nada mais é do que um condutor elétrico de níquel-cromo.

No ramo em paralelo colocaremos um ferro de passar roupas de potência 1000 W um secador de cabelos de potência 2000 W e uma prancha de cabelos. Vamos ver como esses condutores se comportam.

1ª Etapa

Condutor de cobre

1) No início o condutor estava bem esticado. O que o grupo percebeu que aconteceu com ele?

() Permaneceu esticado.

() Não permaneceu esticado.

Qual explicação o grupo daria?

2) Qual a intensidade da corrente elétrica que passa pelo condutor?

2ª Etapa

Condutor de cobre com metade da espessura do anterior

1) A corrente elétrica que passa pelo condutor tem a mesma intensidade que a corrente na primeira etapa? Justifique. Se tiver dúvida realize os cálculos.

2) Ouve alguma diferença no comportamento do condutor se comparado com a primeira etapa?

() SIM.

() NÃO.

Qual a diferença?

Qual explicação o grupo daria para tal diferença?

3) O aquecimento dos condutores com a passagem da corrente elétrica é chamado de Efeito Joule. De acordo com as atividades que acabamos de realizar o Efeito Joule se manifesta com maior intensidade em instalações elétrica que possuem condutores mais finos ou mais espessos?

() Mais finos.

() Mais espessos.

4) Você acredita que o Efeito Joule possa acarretar algum tipo de risco a sua segurança e de sua família? Que tipo de risco?

Nesta etapa os alunos perceberam que existe uma relação entre a espessura do condutor e o seu aquecimento. Quando a corrente elétrica passou pelo condutor e o mesmo se deformou e depois incandesceu os alunos ficaram maravilhados. Foi difícil controlar a turma. Muitas discussões e argumentações. Foi bem legal.

Além disso os alunos tiveram a oportunidade de entender que existe risco a sua segurança e de sua família quando os condutores se aquecem demais.

Atividade

Uma vez que você já sabe que a instalação elétrica de uma residência é um circuito elétrico misto possuindo, portanto, um ramo em paralelo (dentro de casa) e um ramo em série (fora de casa) vamos realizar agora uma atividade que permita a você calcular qual é a quantidade de energia dissipada pelo condutor do ramo em série a medida que vários aparelhos são ligados simultaneamente dentro de casa.

Abaixo são fornecidos alguns aparelhos elétricos de uma residência com suas respectivas potências e o tempo de uso diário destes aparelhos. A resistência elétrica dos condutores que ficam no ramo em série da instalação (condutores que ligam a casa ao "relógio" medidor de energia) vale $R = 0,034\Omega$ e o preço do KWh vale R\$ 0,80.

Aparelho	Potência (W)	Tempo uso diário (h)
Chuveiro elétrico	5400	1,5
Ar condicionado	1400	8
Microondas	1000	0,5
Secador de cabelos	2000	0,5

Obs: Todos os aparelhos estão submetidos a uma tensão elétrica de 127 volts.

1) Você deve calcular a corrente total gerada quando todos os aparelhos são ligados. **Dica: Basta calcular a corrente de cada um e somar.**

2) Você deve calcular a potência dissipada pelo condutor do ramo em série. Lembre-se que você já possui o valor de sua resistência e da corrente que passa por eles (calculada no item 1).

- 3) Agora que você possui a potência dissipada pelos condutores do ramo em série e o tempo de uso dos aparelhos, realize o cálculo de conta de luz e determine qual é a quantidade de energia mensal, em kWh, dissipada por esses condutores.
- 4) Uma vez que você conhece o preço do kWh calcule o quanto se pagará por esse desperdício.
- 5) Considerando as 3.825.523 unidades consumidoras atendidas pela LIGHT Serviços de Eletricidade, qual será o valor monetário total do desperdício, se cada uma dessas unidades desperdiçar o que você calculou para apenas uma delas.

Corrente Total (It)	Potência Dissipada pelo condutor (P)	Desperdício Mensal (kWh)	Custo para uma unidade consumidora (R\$)	Custo para todas as unidades consumidoras (R\$)

Esta etapa precisou ser adaptada. Apenas um aparelho elétrico da tabela fornecida foi utilizado devido à falta de tempo. Apenas dois grupos se dispuseram a realizar os cálculos. Neste dia os alunos estavam muito agitados e ansiosos para o termino da aula porque fez muito calor. As salas de aula recebem o sol da manhã, que adentra a sala causando enorme desconforto. As salas não possuem ar-condicionado.

Os dois grupos que realizaram os cálculos ficaram impressionados com as cifras encontradas devido ao desperdício de energia elétrica acarretado pelos cabos elétricos.

3ª Etapa

Condutor de níquel- cromo (resistência de chuveiro elétrico)

Obs: Acrescentamos agora uma lâmpada no ramo em paralelo.

- 1) O professor fecha o circuito tocando em dois pontos distintos do condutor (resistência de chuveiro). Quando ele considera todo o comprimento da resistência o que o grupo percebe que ocorre com o brilho da lâmpada e qual explicação forneceria para tal ocorrência?
- 2) Quando ele considera apenas uma parte do comprimento da resistência, o que o grupo percebe que ocorre com o brilho da lâmpada e qual explicação forneceria para tal ocorrência?
- 3) De acordo com o que você acabou de observar qual medida o grupo adotaria para corrigir o fenômeno da queda do brilho das lâmpadas que ocorre dentro de casa?

Abaixo temos uma proposta de atividade para que você verificar a importância do uso responsável da energia elétrica.

Nós acendemos e apagamos luzes o tempo todo. Em muitas ocasiões deixamos de apagar as lâmpadas de um ambiente quando saímos dele. Será que esse gesto tão simples impacta no orçamento da sua família? Vamos realizar alguns cálculos e verificar qual é o real impacto que o apagar das luzes acarreta no orçamento de uma casa, uma escola etc.

Atividade

- 1) Vocês se dividirão em grupos e cada grupo ficará responsável por uma parte da escola. Os grupos deverão contabilizar quantas lâmpadas têm no ambiente pelo qual é responsável.
- 2) Os grupos deverão verificar, com a ajuda do professor ou de um funcionário da escola, qual é a potência dessas lâmpadas.
- 3) Estimar o tempo que ficam ligadas e o tempo que deveriam ficar ligadas se fossem utilizadas de maneira responsável. Por exemplo, em nossa escola, que é uma escola de três turnos, as lâmpadas deveriam ficar ligadas das 7:00 h da manhã até as 22:00 h da noite, mas ficam ligadas 24 h por dia.
- 4) Você deverá calcular qual é o consumo dessas lâmpadas nas duas situações e depois, determinar o quanto se paga por esse consumo nas duas situações.

- 5) Cada grupo apresentará seus dados e cálculos de maneira que ao final teremos uma boa estimativa do total do desperdício de energia elétrica devido ao uso irresponsável dessas lâmpadas.

Nº lâmpadas	Potência (W)	Tempo de uso incorreto (h)	Custo mensal uso incorreto (R\$)	Tempo de uso correto (h)	Custo mensal uso correto (R\$)	Custo mensal do desperdício (R\$)

Embora eu considere esta atividade muito importante para conscientizar os alunos sobre o combate ao desperdício de energia elétrica, ela não foi realizada por falta de tempo e também porque eu já havia realizado uma atividade semelhante com eles anteriormente.

Estas foram as minhas impressões e principais dificuldades enfrentadas na aplicação das atividades.

MATERIAL DO ALUNO

Vocês estão recebendo os links de dois textos e quatro perguntas sobre os mesmos. Leiam com bastante atenção e respondam, de forma individual, em folha separada.

Texto 1

<http://www.abesco.com.br/novidade/desperdicio-de-energia-atinge-r-617-bi-em-tres-anos/>

Texto 2

<https://www.gazetadopovo.com.br/economia/energia-e-sustentabilidade/de-2011-a-2015-brasil-desperdicou-energia-suficiente-para-um-ano-de-consumo-8bnk42j8ibd25of8e9yiw5h1/>

Obs: Estes links foram encaminhados aos alunos para que eles lessem os textos e respondessem as perguntas em casa. Caso o professor opte por realizar esta tarefa em sala de aula ele deve imprimir os textos e as perguntas para os alunos ou garantir que todos tenham acesso à internet.

1ª Pergunta

Os textos chamam a atenção para um problema muito grave, relacionado ao uso da energia elétrica. Que problema é esse?

2ª Pergunta

De que maneira você acredita que o desperdício citado nos textos impacta na vida da sua família?

3ª Pergunta

Que ações você poderia implementar, na sua casa e na sua escola, para evitar o desperdício de energia elétrica?

4ª Pergunta

O furto de energia elétrica atingiu números alarmantes de acordo com um dos textos. De que maneira, na sua opinião, o furto de energia elétrica prejudica sua vida e a sociedade como um todo?

ROTEIRO DE QUESTÕES

Um fenômeno bastante comum nas instalações elétricas residências é a queda no brilho das lâmpadas da residência quando vários aparelhos elétricos são ligados simultaneamente dentro de casa. Uma outra forma de manifestação do mesmo fenômeno é a queda no rendimento dos ventiladores de chão quando vários aparelhos são ligados ao mesmo tempo.

- 1) Em que momento do dia, sua família gasta mais energia elétrica?

Nome do integrante	Momento do dia

- 2) Sobre o fenômeno descrito no texto anterior. O que o grupo acha que proporciona esta queda de rendimento de alguns aparelhos quando outros são ligados?

O Circuito Simples

- 1) Que elementos básicos um circuito elétrico precisa ter para funcionar corretamente e com segurança?

Apresentaremos agora um circuito simples em funcionamento. Fique atento!

- 2) Que elementos deste circuito também fazem parte das instalações elétricas de sua residência?
- 3) O professor precisa medir a tensão na lâmpada. Anote o valor encontrado, com sua respectiva unidade, e observe bem o brilho que a lâmpada apresenta.

4) O grupo está recebendo uma lâmpada igual a utilizada pelo professor. O valor da voltagem medida pelo professor corresponde ao nominal da lâmpada? Justifique.

5) O grupo agora deve, utilizando a lâmpada que receberam, preencher a tabela abaixo.

Tensão nominal	Potência nominal	Resistência elétrica	Corrente elétrica

Associação de lâmpadas em série

Quando associamos mais de um aparelho elétrico, lâmpadas ou resistores em um mesmo circuito, podemos fazê-lo de três maneiras distintas:

- I. Em série.
- II. Em paralelo.
- III. Mista.

Neste momento associaremos duas lâmpadas iguais em série. Isto significa dizer que disporemos as lâmpadas de maneira que elas sejam interligadas por um mesmo condutor. O professor montará o circuito e medirá a tensão elétrica nos terminais das duas lâmpadas.

1) Valor da tensão elétrica: L1 _____ L2 _____

Anote o valor da tensão elétrica medida pelo professor nos terminais das duas lâmpadas. Compare com o valor medido na montagem anterior. O que o grupo percebeu?

2) Observe as lâmpadas acesas. Compare o brilho delas com o brilho da lâmpada na montagem anterior. O que você percebeu?

- 3) Neste momento da atividade qual a relação que o grupo consegue observar entre o valor da tensão elétrica que as lâmpadas estão submetidas e o seu brilho?
- 4) Peça ao professor que retire uma das lâmpadas do circuito. O que o grupo observa que acontece e qual a explicação daria para tal fato?
- 5) O professor substitui uma das lâmpadas por uma lâmpada queimada e liga o circuito. O que o grupo observa que acontece e qual explicação que daria para tal fato?
- 6) O grupo deve agora, comparando o circuito simples com o circuito em série, preencher a tabela abaixo.

Circuito Simples		Circuito em série	
Corrente Elétrica	Resistência Equivalente	Corrente Elétrica	Resistência Equivalente

- 7) Uma vez que o grupo já conhece a resistência elétrica de cada lâmpada e o valor da tensão elétrica nos terminais das mesmas preencha a tabela.

Potência Nominal	Potência Dissipada

- 8) Como o grupo explicaria o resultado da tabela no item anterior?
- 9) Responda:
- a) Se as lâmpadas tivessem potências diferentes o brilho delas seria o mesmo? (Peça ao professor que realize o experimento e comprove).

 - b) Se as lâmpadas tivessem potências diferentes a intensidade da corrente que passa por cada uma delas seria a mesma? Justifique.

Associação de lâmpadas em paralelo

Associaremos agora duas lâmpadas iguais em paralelo. Isto significa dizer que disporemos as lâmpadas de maneira que seus terminais da direita sejam interligados em um ponto e seus terminais da esquerda sejam interligados em outro ponto. O professor monta o circuito e mede a tensão elétrica nos terminais das duas lâmpadas.

- 1) L1_____ L2_____. Anote o valor da tensão elétrica medida pelo professor nos terminais das duas lâmpadas e compare com o valor medido na montagem anterior (circuito em série). O que o grupo percebe?

- 2) Observe as lâmpadas acesas e compare o brilho delas com o brilho das lâmpadas na montagem anterior (circuito em série). O que o grupo percebe?

- 3) Peça ao professor que retire uma das lâmpadas do circuito. O que o grupo observa que acontece com a outra lâmpada e qual a explicação que daria para tal fato?

- 4) O professor substitui uma das lâmpadas por uma lâmpada queimada e liga o circuito. Como o grupo explica o comportamento da lâmpada **que não foi trocada**?

- 5) O grupo deve agora, comparando o circuito em paralelo com o circuito em série, preencher a tabela abaixo.

Circuito Paralelo		Circuito em série	
Corrente Elétrica Total	Resistência Equivalente	Corrente Elétrica Total	Resistência Equivalente

Associação mista de lâmpadas e aparelhos elétricos

Associaremos agora três lâmpadas iguais de 25 W e uma prancha de cabelo em paralelo com uma lâmpada de 42 W em série, o que significa que temos uma associação mista. Inicialmente temos uma lâmpada no ramo em série e o professor vai acrescentando as outras lâmpadas no ramo em paralelo. A medida que as lâmpadas vão sendo acrescentadas o professor vai realizando a medida da tensão elétrica nos terminais das lâmpadas. Fique atento aos brilhos.

- 1) A medida que mais lâmpadas vão sendo inseridas no ramo em paralelo o que o grupo percebe que acontece com o brilho e a tensão elétrica da lâmpada do ramo em série?
- 2) A medida que mais lâmpadas vão sendo inseridas no ramo em paralelo o que o grupo percebe que acontece com o brilho e a tensão elétrica das lâmpadas deste ramo?
- 3) No início das atividades nós fizemos referência a um fenômeno que ocorre nas residências: as luzes vão ficando cada vez mais fracas à medida que mais aparelhos vão sendo ligados dentro de casa. Se pudermos comparar este circuito com a instalação elétrica de uma residência qual a parte do circuito estaria dentro da casa e qual estaria fora da casa?

- () As lâmpadas em paralelo dentro de casa e a lâmpada em série fora de casa.
- () As lâmpadas em paralelo fora de casa e a lâmpada em série dentro de casa.

4) Baseado nas atividades que realizamos até o momento você acha que as instalações elétricas de uma casa são um circuito elétrico?

- () SIM.
- () NÃO

Em caso positivo, qual tipo de circuito?

- () Circuito em série
- () Circuito em paralelo
- () Circuito Misto

Alterando a resistência do condutor do ramo em série

Agora substituiremos a lâmpada do ramo em série por condutores de cobre de espessura variável e depois por uma resistência elétrica de chuveiro, que nada mais é do que um condutor elétrico de níquel-cromo.

No ramo em paralelo colocaremos um ferro de passar roupas de potência 1000 W um secador de cabelos de potência 2000 W e uma prancha de cabelos. Vamos ver como esses condutores se comportam.

1ª Etapa

Condutor de cobre

1) No início o condutor estava bem esticado. O que o grupo percebeu que aconteceu com ele?

- () Permaneceu esticado.
- () Não permaneceu esticado.

Qual explicação o grupo daria?

2) Qual a intensidade da corrente elétrica que passa pelo condutor?

2ª Etapa

Condutor de cobre com metade da espessura do anterior

- 1) A corrente elétrica que passa pelo condutor tem a mesma intensidade que a corrente na primeira etapa? Justifique. Se tiver dúvida realize os cálculos.
- 2) Ouve alguma diferença no comportamento do condutor se comparado com a primeira etapa?
() SIM.
() NÃO.
Qual a diferença?

Qual explicação o grupo daria para tal diferença?

- 3) O aquecimento dos condutores com a passagem da corrente elétrica é chamado de Efeito Joule. De acordo com as atividades que acabamos de realizar o Efeito Joule se manifesta com maior intensidade em instalações elétrica que possuem condutores mais finos ou mais espessos?
() Mais finos.
() Mais espessos.
- 4) Você acredita que o Efeito Joule possa acarretar algum tipo de risco a sua segurança e de sua família? Que tipo de risco?

Atividade

Uma vez que você já sabe que a instalação elétrica de uma residência é um circuito elétrico misto possuindo, portanto, um ramo em paralelo (dentro de casa) e um ramo em série (fora de casa) vamos realizar agora uma atividade que permita a você calcular qual é a quantidade de energia dissipada pelo condutor do ramo em série a medida que vários aparelhos são ligados simultaneamente dentro de casa.

Abaixo são fornecidos alguns aparelhos elétricos de uma residência com suas respectivas potências e o tempo de uso diário destes aparelhos. A resistência elétrica dos condutores que ficam no ramo em série da instalação (condutores que ligam a casa ao "relógio" medidor de energia) vale $R = 0,034\Omega$ e o preço do kWh vale R\$ 0,80.

Aparelho	Potência (W)	Tempo uso diário (h)
Chuveiro elétrico	5400	1,5
Ar condicionado	1400	8
Microondas	1000	0,5
Secador de cabelos	2000	0,5

Obs: Todos os aparelhos estão submetidos a uma tensão elétrica de 127 volts.

- 6) Você deve calcular a corrente total gerada quando todos os aparelhos são ligados. **Dica: Basta calcular a corrente de cada um e somar.**
- 7) Você deve calcular a potência dissipada pelo condutor do ramo em série. Lembre-se que você já possui o valor de sua resistência e da corrente que passa por eles (calculada no item 1).
- 8) Agora que você possui a potência dissipada pelos condutores do ramo em série e o tempo de uso dos aparelhos, realize o cálculo de conta de luz e determine qual é a quantidade de energia mensal, em kWh, dissipada por esses condutores.
- 9) Uma vez que você conhece o preço do kWh calcule o quanto se pagará por esse desperdício.
- 10) Considerando as 3.825.523 unidades consumidoras atendidas pela LIGHT Serviços de Eletricidade, qual será o valor monetário total do desperdício, se cada uma dessas unidades desperdiçar o que você calculou para apenas uma delas.

Corrente Total (It)	Potência Dissipada pelo condutor (P)	Desperdício Mensal (kWh)	Custo para uma unidade consumidora (R\$)	Custo para todas as unidades consumidoras (R\$)

3ª Etapa

Condutor de níquel- cromo (resistência de chuveiro elétrico)

Obs: Acrescentamos agora uma lâmpada no ramo em paralelo.

- 1) O professor fecha o circuito tocando em dois pontos distintos do condutor (resistência de chuveiro). Quando ele considera todo o comprimento da resistência o que o grupo percebe que ocorre com o brilho da lâmpada e qual explicação forneceria para tal ocorrência?
- 2) Quando ele considera apenas uma parte do comprimento da resistência, o que o grupo percebe que ocorre com o brilho da lâmpada e qual explicação forneceria para tal ocorrência?
- 3) De acordo com o que você acabou de observar qual medida o grupo adotaria para corrigir o fenômeno da queda do brilho das lâmpadas que ocorre dentro de casa?

Abaixo temos uma proposta de atividade para que você verificar a importância do uso responsável da energia elétrica.

Nós acendemos e apagamos luzes o tempo todo. Em muitas ocasiões deixamos de apagar as lâmpadas de um ambiente quando saímos dele. Será que esse gesto tão simples impacta no orçamento da sua família? Vamos realizar alguns cálculos e verificar qual é o real impacto que o apagar das luzes acarreta no orçamento de uma casa, uma escola etc.

Atividade

- 1) Vocês se dividirão em grupos e cada grupo ficará responsável por uma parte da escola. Os grupos deverão contabilizar quantas lâmpadas têm no ambiente pelo qual é responsável.

- 2) Os grupos deverão verificar, com a ajuda do professor ou de um funcionário da escola, qual é a potência dessas lâmpadas.
- 3) Estimar o tempo que ficam ligadas e o que tempo que deveriam ficar ligadas se fossem utilizadas de maneira responsável. Por exemplo, em nossa escola, que é uma escola de três turnos, as lâmpadas deveriam ficar ligadas das 7:00 h da manhã até as 22:00 h da noite, mas ficam ligadas 24 h por dia.
- 4) Você deverá calcular qual é o consumo dessas lâmpadas nas duas situações e depois, determinar o quanto se paga por esse consumo nas duas situações.
- 5) Cada grupo apresentará seus dados e cálculos de maneira que ao final teremos uma boa estimativa do total do desperdício de energia elétrica devido ao uso irresponsável dessas lâmpadas.

Nº lâmpadas	Potência (W)	Tempo de uso incorreto (h)	Custo mensal uso incorreto (R\$)	Tempo de uso correto (h)	Custo mensal uso correto (R\$)	Custo mensal do desperdício (R\$)