



UNIVERSIDADE
FEDERAL
DE PERNAMBUCO

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE
NÚCLEO DE FORMAÇÃO DOCENTE
FÍSICA-LICENCIATURA

Everaldo Sebastião da Silva

**EXPLORANDO A PRODUÇÃO DE MODELOS ANÁLOGOS E
RESPOSTAS A SITUAÇÕES PROBLEMA COMO ORGANIZADORES
PRÉVIOS PARA UMA POSSÍVEL APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE
ALGUNS CONCEITOS DE ELETROMAGNETISMO**

Caruaru

2017

EVERALDO SEBASTIÃO DA SILVA

**EXPLORANDO A PRODUÇÃO DE MODELOS ANÁLOGOS E
RESPOSTAS A SITUAÇÕES PROBLEMA COMO ORGANIZADORES
PRÉVIOS PARA UMA POSSÍVEL APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE
ALGUNS CONCEITOS DE ELETROMAGNETISMO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
a(o) Coordenação/Núcleo do Curso de Física
Licenciatura do Centro Acadêmico do Agreste
da Universidade Federal de Pernambuco, para
obtenção parcial da graduação/licenciatura em
Física.

Orientador : Profº Drº Augusto César de Lima
Moreira

Caruaru – 2017

Catálogo na fonte:

Bibliotecária – Marcela Porfírio CRB/4 - 1878

S586e Silva, Everaldo Sebastião da.
Explorando a produção de modelos análogos e respostas a situações problema como organizadores prévios para uma possível aprendizagem significativa de alguns conceitos de eletromagnetismo. / Everaldo Sebastião da Silva. – 2017.
105f.; il. : 30 cm.

Orientador: Augusto César de Lima Moreira.
Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Licenciatura em Física, 2017.
Inclui Referências.

1. Física (Estudo e ensino). 2. Métodos e técnicas de ensino. 3. Eletromagnetismo.
I. Moreira, Augusto César de Lima (Orientador). II. Título.

371.12 CDD (23. ed.) UFPE (CAA 2017-443)

PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA NA DEFESA DO
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE

EVERALDO SEBASTIÃO DA SILVA

Título

**EXPLORANDO A PRODUÇÃO DE MODELOS ANÁLOGOS E
RESPOSTAS A SITUAÇÕES PROBLEMA COMO
ORGANIZADORES PRÉVIOS PARA UMA POSSÍVEL
APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE ALGUNS
CONCEITOS DE ELETROMAGNETISMO**

A comissão examinadora, composta pelos professores AUGUSTO CÉSAR LIMA MOREIRA - NICEN/UFPE, JOÃO EDUARDO FERNANDES RAMOS - NFD/UFPE e ROBERTA PEREIRA DIAS - NICEN/UFPE, sob a presidência do primeiro, considera o graduando EVERALDO SEBASTIÃO DA SILVA **APROVADO**.

Caruaru, 19 de dezembro de 2017.

JOÃO EDUARDO F. RAMOS

Coordenador do curso de Física –
Licenciatura

AUGUSTO C. L. MOREIRA

Orientador e 1º Examinador

JOÃO EDUARDO F. RAMOS

2º Examinador

ROBERTA PEREIRA DIAS

3º Examinador

*A minha mãe Maria de Lourdes da Silva e ao meu pai
Geraldo Sebastião da Silva (In memoriam) que
apostaram todas as suas fichas em mim e que ainda
são a minha base para continuar lutando.*

Agradecimentos

E é chegada a hora de fechar esse ciclo da minha vida e eu não poderia deixar de agradecer a todos que de certa me humanizaram ao longo desse processo e me ajudaram a ser a pessoa e profissional que eu sou hoje.

A Deus eu deixo o meu mais singelo obrigado pela dádiva de um coração mais humano e uma alma mais resiliente e que sem dúvida foi o maior ganho ao longo desses anos, bem como a oportunidade que ele me deu de seguir meus sonhos e pelas pessoas maravilhosas que ele me presenteou nessa caminhada.

A minha mãe Maria de Lourdes e ao meu pai Geraldo Sebastião (in memoriam) que apostaram tudo em mim e que sem dúvida são a minha base pra continuar lutando.

Ao meu orientador, professor Augusto, a quem tive a honra de trabalhar ao longo desses anos. Obrigado professor, especialmente pelas orientações, foram as melhores.

Aos meus irmãos Deivisson Mota, Érica Souza, Bruno Andrade, Francisco Júnior, Ramon Cintra, Tais Silva, Eriwelton Holanda, Ronaldo Silva, Elton Emanuel, Islayne Aparecida, Claudia Tenório, Kaíque Azevedo, Diego Luan, Aneilson Sales e Jéssica Monteiro que me ensinaram a ser um ser humano melhor do que eu jamais sonhei que seria e que sem dúvida foram as pessoas que mais ecoaram em minha vida ao longo desse curso. Eu amo vocês meus irmãos. Muito obrigado por tudo.

Aos meus irmãos, Aislan Cardoso, Nathalia Barros, Lau Leandro, Nazaré Florêncio, Caio Lira, Marcos Antônio, Paloma oliveira o meu mais singelo obrigado especialmente por todo o cuidado e companheirismo ao longo dos dias e conversas, vou levar vocês pra vida.

Um agradecimento todo especial às pessoas que eu encontrei pelo caminho e que se demonstraram serem pessoas maravilhosas e que sem dúvida são amizades pra se levar pra vida. Obrigado Adjanielly Moraes, Weslla Albuquerque, Millena Lima, Mickael José, Rosália Pontes, Anderson Santos, Iaponira campos, Maria do Carmo Neta. Vocês são demais.

Um obrigado também aos meus amigos Luciano Soares, Isaque Francisco, Jessie Rodrigues, Miller Virgulino, Thiago Jun, Saulo Barros, Thiago

Tabosa, pelas ótimas risadas no laboratório de Física do bloco K. Valeu mesmo galera.

Um obrigado também aos meus amigos José Carlos (Júnior prefeito), Rayná Miranda, Uli Emily que mesmo perante todas as adversidades conseguem manter viva a esperança. Força galera, vocês vão conseguir.

Um obrigado todo especial também aos professores Everaldo Fernandes, Kátia Calligares, Paulo Peixoto, Gustavo, Marcio Rúbens, Maria do Desterro, Tathyara Freire, Gislene Borges, Charlie Salvador, José Renato, Ribbson Farias e João Eduardo pelas aulas e apoio ao longo desta trajetória.

Um agradecimento por demais especial à professora Ana Lúcia que se demonstrou um dos maiores exemplos de ser humano que eu já vi na vida e que me deu verdadeiras aulas de vida. Muito obrigado professora.

Agradeço também a algumas pessoas que eu encontrei nessa reta final e que compartilharam a sua vida comigo e me ajudaram a ser uma pessoa melhor. Obrigado Pedro (Pedrão), Edson (Dr. Edson), Joelson Augusto, Dona Ilka, Paloma Cintra, Felipe Santiago, Ana Larissa, Douglas. Valeu mesmo turma, dividir a vida com vocês é uma dádiva.

No mais, só agradecer!

RESUMO

O trabalho a seguir contempla uma pesquisa realizada com alunos do curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal de Pernambuco/CAA, a fim de averiguar o desenvolvimento conceitual da aprendizagem dos alunos mediante a proposta de situações problema quando os mesmos são expostos a estratégias didáticas diferentes das usadas corriqueiramente nas salas de aula, tomando como conteúdo de estudo alguns tópicos de eletromagnetismo – condução de eletricidade, resistência dos materiais, resistores e associação de resistores. Para tal pesquisa, foi feito um estudo de caso, onde inicialmente foi posto um levantamento das concepções espontâneas dos estudantes a respeito da temática proposta, e uma posterior divisão dos alunos em dois grupos, para que cada grupo vivenciasse uma abordagem didática diferente e logo em seguida voltasse a se deparar com uma situação problema. Ao fim desta etapa, a aprendizagem conceitual dos alunos foi avaliada no intuito de se perceber se houve alguma mudança conceitual, tomando como nortes avaliativos, as construções que os mesmos deram às situações problema postas logo após a vivência das abordagens, bem como toda a construção cognitiva que os mesmos fizeram, atentando, em especial, se houve a construção/uso de estruturas e modelos análogos. Os resultados mostraram a presença de recursos análogos nas concepções espontâneas e também nos resultados após a vivência das abordagens didáticas, tal como uma interessante mudança conceitual nas estruturas das respostas apresentadas. Por fim, foi posta uma asserção de valor a respeito da inserção de novas propostas metodológicas para o ensino dos conteúdos de eletromagnetismo, salientando a importância dos construtos prévios, das analogias e da diversificação de estratégias didáticas para uma possível aprendizagem significativa.

PALAVRAS CHAVE: Analogias, Ensino de Física, Aprendizagem Significativa, Eletromagnetismo.

ABSTRACT

The following work contemplates a research carried out with students of the graduation course in Physics of the Universidade Federal de Pernambuco/CAA, in order to find out the conceptual development of the students' learning by proposing to them problem situations where they are exposed to different didactic strategies of those that are used commonly in the classrooms. The study content taken was some topics of electromagnetism - conduction of electricity, resistance of materials, resistors and association of resistors. For this research, a case of study was created, where initially a survey was applied asking the students spontaneous conceptions about the proposed theme. Later the students were divided in two groups, so each group has experienced a different didactic approach, and then faced with a problem situation. At the end of this stage, students' conceptual learning was evaluated in order to perceive if there was any conceptual change, taking as evaluation orientation, the constructions that they gave to the problems placed after the experience of the approaches, as well all the construction cognitive that they did, especially considering whether there was the construction or use of similar structures and models. The results showed the presence of similar resources in the spontaneous conceptions and also in the results after the experience of didactic approaches, as well an interesting conceptual change in the structures of the presented answers. Finally, a value assertion was made regarding the insertion of new methodological proposals for the teaching of electromagnetism contents, emphasizing the importance of previous constructs of this topic, analogies and the diversification of didactic strategies for a possible meaningful learning.

KEY WORDS: Analogies, Teaching Physics, Significant Learning, Electromagnetism.

SUMÁRIO

	Pág
1 INTRODUÇÃO.....	11
2 UMA CONVERSA A MAIS SOBRE ENSINO E APRENDIZAGEM.....	18
2.1 Discutindo um pouco mais sobre sala de aula.....	18
2.2 Um plano B: O uso de estruturas análogas.....	20
2.3 As funções da analogia nos processos de ensino e aprendizagem.....	23
2.4 Alguns modelos de ensino com analogias.....	24
2.5 Entendendo um pouco mais sobre o TWA e o uso de analogias no ensino de Física.....	30
2.5.1 Exemplo 1: Lei de Gauss e fluxo elétrico.....	32
2.5.2 Exemplo 2: O movimento de elétrons ao longo de um circuito.....	40
2.6 Pensando em analogias e aprendizagem significativa.....	49
2.7 Indo um pouco mais além: Analogias como organizadores prévios.....	53
2.8 Mais uma perspectiva: Analogias enquanto levantamento de concepções espontâneas.	55
2.9 O ensino de eletromagnetismo a nível superior e a necessidade de organizadores prévios, ensino com analogias e estratégias didáticas.....	55
3 MÃOS A OBRA E VAMOS PRODUIR!.....	65
3.1 Uma ideia geral sobre a proposta metodológica.....	65
3.2 Etapa 1: Conhecendo o nosso público de pesquisa e as suas concepções espontâneas	66
3.3 Etapa 2: Aprendendo e discutindo Física de um jeito um pouco diferente.....	68
3.4 Entendendo um pouco mais o modelo alvo e o modelo análogo proposto por esta atividade de pesquisa.....	69
3.4 Compreendendo o alvo e o análogo proposto sob uma perspectiva de TWA.....	73
3.5 O análogo proposto como uma sugestão de intervenção didática para a sala de aula....	77
3.6 A etapa 3 e a esperança em mudanças conceituais significativas.....	80
3.7 Pensando nas asserções de valor e conhecimento da pesquisa.....	80
4 ANALISANDO OS RESULTADOS DA PESQUISA E ORGANIZANDO AS CONSTRUÇÕES.....	82
4.1 Entendendo a proposta de categorização da pesquisa.....	82

4.1.1 Comentando os resultados da etapa 1: Analogias como estratégia de levantamento de concepções espontâneas.....	84
4.1.2 Comentando os resultados da etapa 3: Uso de um modelo análogo como estratégia para mudanças conceituais.....	88
5 REFLEXÕES E COMENTÁRIOS FINAIS SOBRE A PESQUISA.....	96
5.1 Relembrando um pouco as perspectivas do trabalho.....	96
5.2 As considerações finais da pesquisa.....	97
REFERÊNCIAS.....	99
APÊNDICE A - PRÉ-TESTE.....	102
APÊNDICE B - PÓS-TESTE.....	104

1 INTRODUÇÃO

O ensino de Física não vive os seus melhores dias, e não há nenhuma novidade nisso, afinal é transparente que as discussões sobre ensino, aprendizagem, formação de professores, práticas pedagógicas, e tantos outros assuntos relacionados à docência perpassam gerações, e muitas vezes o discurso que impera ainda é o mesmo: Novas práticas metodológicas capazes de abandonar o tradicionalismo nas salas de aula; um modelo de professor interativo tanto com as novas tecnologias e recursos didáticos, quanto para com alunos e as questões sociais; uma necessidade de formar alunos cada vez mais participativos tanto dentro de sua realidade social, quanto no processo de construção do conhecimento; esses e tantos outros pontos são marcas registradas no discurso de mudança e reflexão do ensino, não só no ensino de Física, e nos cursos de formação de professores.

Atualmente a educação como um todo vem enfrentando sérios problemas, justamente por ter alunos e professores, em sua maioria, desmotivados e desinteressados pelos estudos; pouca valorização do professor, tanto em âmbito econômico, quanto pessoal e social; escolas com pouca, ou nenhuma, estrutura para comportar os alunos e atendê-los em suas necessidades básicas; e tantos outros fatores, fazem deste, o cenário da educação nos dias de hoje, e que na pior das perspectivas, possa ficar cada vez mais carente de profissionais e os cursos de formação de professor venham a se tornar verdadeiros museus.

É interessante perceber também, e de certa forma para contrastar com o colocado em linhas anteriores, que algumas atividades estão se tornando cada vez mais frequentes dentro dos ambientes acadêmicos, em especial, dentro do âmbito das licenciaturas tais como: Propostas de repensar as metodologias e estratégias didáticas em sala de aula; propostas de algumas mudanças no currículo de ensino das escolas; discussões sobre o papel do professor em sala de aula; eventos na área de ensino; pesquisas em ensino; e tantas outras atividades de mesma natureza. E no meio de todo esse conjunto de informações e questões citadas até o momento, é comum encontrarmos estudos que convergem para uma elucidação sobre as (inter)relações entre os alunos e professores dentro da sala de aula (CARVALHO, 1998, 1999).

Mesmo com toda essa série de contrates negativos em cima do ensino e que foi posto em linhas anteriores, a sala de aula ainda sim é vista como um dos maiores espaços formadores ao qual as pessoas possam vir a usufruir, e assim, as perspectivas sobre aluno, professor e sala de aula, se expandem em um universo de possibilidades e se transformam em ferramentas de reflexão bastante significativas, para diversas áreas do conhecimento, principalmente para a prática docente. É na possibilidade de enxergar a docência sobre seus diversos ângulos, seja na visão de um docente, ou com o olhar de um aluno licenciando que também já foi aluno da educação básica, bem como na possibilidade de atuar em determinados episódios de ensino, que repousam elementos bastante significativos para a atuação e formação do profissional enquanto educador. Esse processo de formação e atuação influencia tanto o âmbito profissional, quanto o âmbito humano e pessoal.

E no meio de todas essas reflexões, infelizmente, o ensino de Física nas escolas se encontra carente de estratégias e sequências didáticas que não sejam as tradicionais, e isso é um fato. Contudo, muitas das propostas ditas como diferentes, e até mesmo inovadoras, e que lutam para ganhar espaço nas salas de aula, se deparam com inúmeros empecilhos para a sua efetivação e vivência, e a título de exemplo citamos: Poucas horas semanais para a disciplina; professores sem formação na área e até mesmo sem formação continuada; programas de ensino já elaborados e extremamente rigorosos e inúmeras outras deficiências.

Por parte dos estudantes, seja da Educação Básica ou mesmo do Ensino Superior, vê-se uma parcela de alunos extremamente frustrados com a disciplina, sobrecarregados de atividades e listas de exercícios de outras matérias, exames cada vez mais voltados a uma perspectiva de reprodução e execução sistematizada de desenvolvimento matemático. O resultado disso tudo é que a Física, por exemplo, passa a ser nada mais que um estorvo sem sentido na vida dos professores e dos alunos. A título de exemplo, alguns dos maiores questionamentos que perpassam as salas de aula de Física e que inundam os pensamentos do alunado e que também tem vez e reflexão em diversas pesquisas sobre ensino de Ciências (CARVALHO; PÉREZ, 1993), são perguntas do tipo: Eu vou usar isso na minha vida para quê? Por que eu preciso aprender isso? E muitas vezes, as respostas que esses questionamentos encontram são resoluções do tipo: Porque é o programa da escola; porque está no livro; porque se você quiser entrar no ensino

superior e fazer uma faculdade você precisa saber disso; ou respostas ainda mais frustrantes aos alunos, tal como: Porque sim e pronto.

E ainda nessa ideia, os alunos por sua vez não vivem uma perspectiva democrática de ensino, visto que aceitam passivamente – e muitas vezes sob uma postura autoritária do docente – a escolha do conteúdo que vai ser vivenciado por eles ao longo do ano, bem como todos os métodos avaliativos, toda a didática e todas as estratégias usadas pelo professor, sem nem ao menos oferecer nenhuma sugestão, a este último, de atividades que possam melhorar a situação das aulas. Infelizmente muitas realidades escolares se encontram nessa situação e a classe estudantil não tem força de voz na maioria dos processos de tomada de decisão e muitas vezes nem mesmo os professores. Acaba que para os mesmos, tanto alunos quanto professores, as aulas já não têm muita relevância, e o importante mesmo é passar de ano. Esse é o cenário que perpassa quase todas as escolas de nosso país.

Antes mesmo de se pensar em mudanças no ensino, especialmente no ensino de Física, seria necessária uma reflexão sobre as razões e necessidades do ensino. Seria importantíssimo, para não dizer essencial, lembrar o porquê se ensinar e aprender física, e possibilitar a internalização dessa ideia tanto no âmbito do alunado, quanto no âmbito dos próprios professores, e quem sabe até, no âmbito da gestão.

O ensino de Física na maioria das escolas ainda está muito engessado na perspectiva tecnicista e mecânica de aprendizagem por mera exposição e resolução de questões. Soma-se a isso, um calendário de aulas extremamente apertado, escolas com déficit de profissionais da área, sem contar também que não há suporte de laboratório, na maioria das vezes, e nem de qualquer equipamento extra que possa auxiliar e melhorar a vivência das aulas, e assim, o resultado de todo esse emaranhado são aulas extremamente tradicionais, monótonas, e pobre de arcabouço teórico, experimental e didático (FREIRE; SHOR, 1986).

De um lado temos a vivência cada vez mais cedo do aluno com a física, por exemplo, nas aulas de Ciências do Ensino Fundamental II, mas de outro, temos uma Física extremamente fragmentada e reduzida a uma gama de conteúdos selecionados, muitas vezes sem mesmo a presença ou consentimento do próprio

professor e tudo isso se traduz em atividade puramente mecânica de reprodução de cálculos. Essa é a realidade do ensino de conteúdos de Física na maioria das escolas.

Seria interessante lembrar que a Física como um todo é uma construção humana, um trabalho em conjunto de vários nomes que repercutiram ao longo da história com seus trabalhos e pesquisas e que deixaram importantes contribuições para as sociedades como um todo, sendo de certa forma um patrimônio histórico também, assim, aprender e ensinar física é aprender mais sobre a nossa própria história (MONTEIRO, 2014).

A disciplina, em sua maioria, pode possibilitar um entendimento sobre o próprio mundo que nos cerca, justamente por trabalhar situações e modelos que podem ser explorados mediante uma perspectiva mais próxima à realidade dos educandos e docentes, e assim, ensinar e aprender mais sobre essa área de conhecimento é aprender mais sobre o nosso espaço de vivência, sobre os eventos e mudanças que ele sofre e como isso pode nos afetar.

E ainda mais, a Física também esbarra com uma criatividade pouco incentivada, ou por vez inexistente nas salas de aula, o que nos remete a uma repetitividade e monotonia; pode-se agregar a isso também a necessidade de conciliar os conhecimentos tidos acadêmicos e difíceis, com o cotidiano das pessoas.

Esses são alguns pontos de vista que nos levam a refletir a necessidade de se entender mais as dimensões do ensino e da aprendizagem da Física, lógico que poderiam ser ressaltados muitos outros, afinal, é um campo de pesquisa e discussões que está tendo que se adequar a várias questões e, ao mesmo tempo, algumas exigências, mas que no seu cerne ainda é importante como uma ferramenta de ajuda a formação do indivíduo e algumas de suas particularidades.

A Física, ou até mesmo as Ciências como um todo, apresentada aos alunos é realmente bem básica e superficial, onde toda a atenção é voltada realmente para a resolução de exercícios, fato que se reflete na quantidade, às vezes exagerada de atividades que frisam a aplicação de fórmulas matemáticas. Os alunos não são levados a discutir ciência, nem mesmo tem contato com nenhum

registro histórico dos grandes nomes que fizeram parte da construção do conhecimento tido científico, o que de certa forma corrobora com uma visão distorcida de ciência.

Uma das maiores preocupações do ensino de Física não é que a disciplina em si e que perpassa as salas de aula seja a mesma de séculos passados, mas que as práticas metodológicas e estratégias didáticas empregadas para o ensino sejam, em sua maioria, a mesma, de décadas atrás, tornando-se importante, repensar as práticas docentes e estratégias didáticas, e enriquecer cada vez mais as aulas, trabalhar um pouco mais livremente e assim tornar tanto a carreira docente, quanto as salas de aula, coisas mais saudáveis, mais convidativas, e muito mais significativas.

A Física em si vai muito além de mais uma ferramenta para se passar em um vestibular, prova ou concurso. A natureza do ensino de Física deveria ser direcionada a formar um cidadão mais consciente a respeito de questões sociais a quais a mesma se envolve; a formar um profissional e cidadão capaz de resolver problemas diários que à primeira vista tem difícil solução; a desenvolver um senso maior de reflexão nas pessoas; a propiciar e desenvolver o trabalho em conjunto das pessoas; a instigar o imaginário coletivo cada vez mais, desenvolvendo e dando espaço a criatividade; o ensino de física deveria ser direcionado também a desenvolver o raciocínio proporcional dos envolvidos, ajudando-os a descobrir padrões e regularidades, bem como a lidar com as variáveis presentes ao longo do processo.

Nesta proposta, o trabalho se direciona a refletir a vivências e perspectivas de propostas metodológicas e estratégias didáticas para o ensino de Física, avaliando algumas possíveis abordagens de trabalho que possibilitem subsidiar ações práticas nas salas de aula, afinal, a Física pode ser até a mesma de décadas atrás – já que ela carrega um arcabouço histórico indispensável – mas se as metodologias de ensino e estratégias didáticas forem as mesmas dos tempos passados, ela não vai acompanhar as evoluções da educação, dos alunos, dos professores, da sociedade, e enfim, se tornar um conteúdo obsoleto de um livro chato, cheio de poeira, esquecido na estante.

Neste viés, será vivenciada, especificamente, a discussão no que se refere a didática das ciências e os meios pelos quais ela se concretiza na sala de aula, e fora dela, onde estes se referem ao universo de estratégias possíveis que um professor, ou mesmo um aluno, pode fazer-se uso para conhecer e tomar domínio de um determinado conteúdo.

O norte deste trabalho se direciona em averiguar, de modo mais geral, como os estudantes do curso de Física Licenciatura do CAA respondem a um processo de ensino e aprendizagem onde as estratégias didáticas usadas no ensino se distanciam um pouco das usadas corriqueiramente nas aulas. Ao longo da pesquisa serão analisadas as construções cognitivas dos alunos e as explicações que os mesmos dão a um conjunto de situações problema, usando como conteúdo teste, alguns tópicos de eletromagnetismo – condução elétrica em materiais, resistência elétrica, circuitos, resistores, associação de resistores – a fim de analisar também a estrutura conceitual presente nas concepções espontâneas dos alunos em respostas as situações problema.

Na sequência, o público participante da pesquisa – alunos do curso de Física Licenciatura da UFPE/CAA – será dividido em dois grupos, e cada um deles será submetido a uma intervenção didática diferente para logo em seguida se deparar novamente com situações problema. Nesta outra etapa, também ocorre análise das construções elaboradas pelos participantes da pesquisa, com certa ênfase a observar o uso ou mesmo construção de analogias, modelos análogos ou outras quaisquer estruturas conceituais como estratégia didática para a sua aprendizagem e se houve alguma mudança conceitual quando comparadas aos resultados da primeira etapa.

Por fim, espera-se que este trabalho possa agregar como uma possível asserção de valor, uma reflexão em cima das possíveis estratégias didáticas que podem ser empregadas nas salas de aula que podem proporcionar uma aprendizagem mais saudável de certos conceitos, quem sabe até mais significativa – mesmo que na maioria das vezes devido a inúmeros fatores, a aplicação deste tipo de atividade não seja tão flexível à realidade docente. Espera-se também, que não seja apenas um refletir por refletir, mas um refletir para a ação, e que as salas de

aula possam se tornar ambientes mais propícios e acolhedores para a construção do conhecimento.

2 UMA CONVERSA A MAIS SOBRE ENSINO E APRENDIZAGEM

Seguinte ao que já foi apresentado, e que de certa forma já situa o leitor sobre o estado da arte e sobre as motivações e justificativas que nortearam esse trabalho, será posto agora, um espaço direcionado a fundamentar teoricamente toda a discussão, na esperança de enriquecer os argumentos, ideias e pontos de vista, que surgiram e que podem vir a surgir, ao mesmo passo em que são reafirmados com as perspectivas de alguns teóricos e seus trabalhos.

2.1 Discutindo um pouco mais sobre sala de aula

A realidade do ensino e aprendizagem nas salas de aula infelizmente não se encontra nos seus melhores dias, e a frustração, em conjunto com uma sensação de total desânimo, toma conta da esfera docente, principalmente quando os professores vivenciam alguns resultados oriundos de limitados, e por algumas vezes, gigantescos esforços, refletirem uma má situação da aprendizagem dos alunos.

Em um patamar mais geral, um dos primeiros pontos a se chamar a atenção, e tal ressalva é pertinente para quase todas as áreas da educação, é no que concerne ao tratamento dado às concepções espontâneas (também chamadas de *conhecimentos prévios*, *concepções alternativas* ou mesmo *conhecimento cotidiano*) que os alunos adquirem e/ou constroem no decorrer de suas vivências, sejam elas de origem escolar ou cotidianas. As concepções espontâneas são, ou podem vir a ser, importantíssimos ancoradouros e subsídios para os futuros conhecimentos que os alunos podem vir a adquirir ao longo de sua formação.

O interessante de se perceber também é que o próprio professor também não fica isento dessa discussão sobre concepções espontâneas, visto que o mesmo também trás consigo um conhecimento prévio e uma visão de mundo sobre os conteúdos que vai ensinar. Logo, surge a possibilidade do mesmo trabalhar e repassar essas concepções prévias para seus alunos e esses últimos tomarem como verdades absolutas.

A situação se agrava um pouco mais quando percebemos, por exemplo, na Educação Básica, a ocupação dos cargos de professores – e aqui vale ressaltar a situação do professor de Física nas escolas, onde, em sua maioria, falta profissional habilitado – as vagas existentes são preenchidas por profissionais que não tem formação nem mesmo na licenciatura, e acaba que esses assumem, justamente, um papel onde, suas próprias concepções alternativas sobre a área em questão podem estar extremamente equivocadas. Se não houver cuidado, suas próprias concepções podem se passar por verdades para os alunos e até mesmo seus colegas professores.

Um dos grandes problemas, como dito anteriormente, é justamente a falta no trato desse tipo de concepção, o que se alastra justamente na construção, por parte dos alunos, de modelos conceituais, modelos explicativos, estruturas análogas e mentais, completamente equivocados sobre os conteúdos, mesmo depois de muito tempo nas salas de aula, em conjunto com toda uma dinâmica metodológica, prática e avaliação criada e aplicada pelo professor.

Neste sentido, e levando em conta os novos moldes da sociedade, da realidade das escolas, dos cursos de formação de professores; e dos novos desafios da educação mediante um cenário cada vez mais imprevisível, as aulas de Física deveriam ganhar novos rumos também. Assim como as novas perspectivas para o ensino de Ciências e tantas outras áreas, as aulas de Física deveriam estar um pouco mais voltadas e interligadas com a realidade dos estudantes e professores das escolas, o que poderia vir a facilitar ainda mais o trabalho do professor, no sentido de tornar mais acessível a sua práxis, seu diálogo com os alunos e, de certa forma, o desenvolvimento de sua humanidade também. No entanto, ainda é perceptível que “tirar do papel e tentar operacionalizar a ideia de professor crítico-reflexivo e pesquisador é o grande desafio das propostas curriculares ”(PIMENTA, 2004, p. 127).

Mesmo que possa parecer distante, as concepções espontâneas ganham vez, especialmente nas atividades avaliativas, onde a proposta de resposta apresentada pelos estudantes ainda é muito subsidiada pelo seu arcabouço teórico espontâneo, o que reflete, por exemplo, em grandes dificuldades em organizar seus pensamentos e transmiti-los, seja para o professor, seja para um colega, devido a

uma aparente divergência entre o que é exigido e aceito, em oposição ao que ele sabe e o que pode transmitir. Os estudantes podem saber toda a dinâmica técnica do conteúdo ou atividade, mas na maioria das vezes falham quando tentam explicá-la ou externar suas ideias sobre a mesma.

2.2 Um plano B: O uso de estruturas análogas

Dentre as perspectivas de trabalho que podem contornar tais problemas de elaboração, organização e transmissão de pensamento, e por algumas vezes, a internalização de determinados conteúdos, surge a aprendizagem por meio de analogias, que por sua vez, pode vir a fazer uso, inúmeras vezes, das concepções espontâneas que os estudantes trazem de suas vivências, não desperdiçando essa grande esfera de conhecimento do aluno.

As estruturas análogas, pensamento análogo, ou mesmo analogias, correspondem, grosso modo, a estruturas responsáveis por explorar determinadas relações de proporções e/ou correspondências entre determinadas ideias, conceitos, objetos, ou simplesmente domínios diferentes.

De modo bastante geral, o ensino e aprendizagem por meio de analogias se faz uso de um tronco matriz formado pelos conceitos chamados de alvo, análogo e domínio. É bem interessante averiguar a natureza destas terminologias, já que mesmo sendo nomeados de maneira variada por diferentes autores, estes termos não mostram grande divergência quanto ao seu significado (DUARTE, 2005).

Chamamos de *ALVO* aquilo que é desconhecido ou parcialmente desconhecido ao estudante e que será exemplificado, ilustrado, comparado, explicado, ou descrito por meio da analogia.

O *ANÁLOGO*, ou estrutura análoga, corresponderá ao canal de entendimento entre aquilo que o estudante já sabe e aquilo o que lhe é desconhecido. O análogo pode ser interpretado como uma base para o novo conhecimento, um subsídio, uma âncora ou mesmo uma ponte, e por uma grande extrapolação, um tradutor, que traduz aquilo que é desconhecido à linguagem dos estudantes.

O *DOMÍNIO* corresponde à natureza de conhecimentos ao qual o alvo e o análogo pertencem, ou seja, um **NÚCLEO CONCEITUAL** que faz parte tanto do alvo quanto do análogo. É este núcleo conceitual que os professores objetivam vivenciar nas salas de aula de forma que os alunos tomem para si esse núcleo conceitual e o torne significativo no decorrer do processo do seu processo aprendizagem

Em um esquema simples, conforme mostra a figura 1, é possível perceber uma representação do que foi posto até agora a respeito das ideias de alvo, análogo e domínio, onde, um determinado conceito alvo é objetivado no processo de aprendizagem; um núcleo conceitual deste mesmo conceito alvo é levantado e fará parte também do análogo em uma estrutura análoga capaz de facilitar o processo de aprendizagem, ao mesmo tempo em que remete ao conceito alvo:

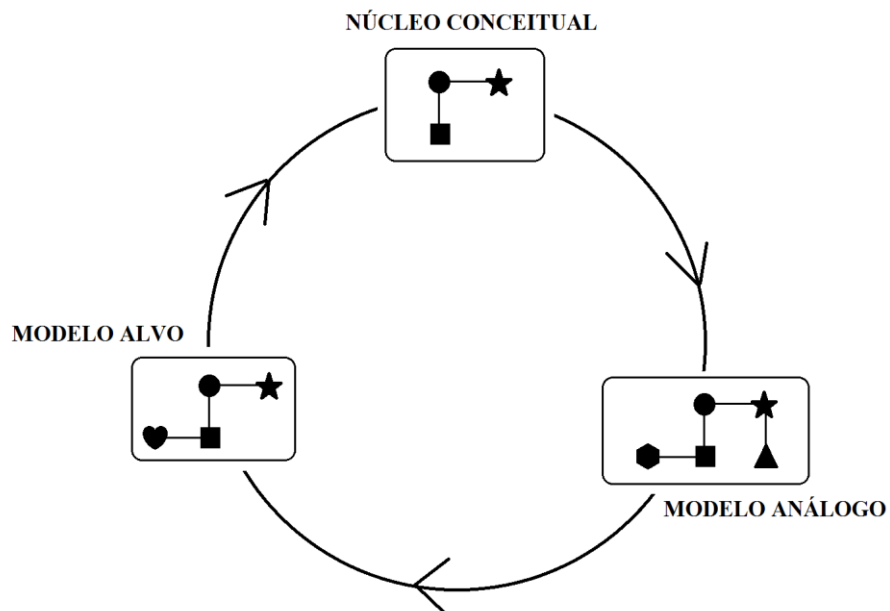


FIGURA 1. Esquema das relações entre o alvo, o análogo e o domínio.

FONTE: O autor (2017)

Mesmo que sem perceber, o uso de analogias ou mesmo estruturas análogas já está bastante consolidado dentro do próprio ensino. Os professores das disciplinas tidas como exatas, Física, Química e Matemática, são alguns dos mais adeptos do uso de uma abordagem análoga para a sua aula, mesmo que não percebam, ou mesmo que não deem as devidas atenções a essa abordagem ou reflitam sobre (e como usam) analogias.

Em primeiro momento, os professores usam o pensamento análogo na esperança de transpor o conteúdo para uma esfera de conhecimento mais familiar aos estudantes, valendo-se inúmeras vezes, e na medida do possível, do que lhes seja familiar.

Ao se averiguar um pouco mais a fundo o contexto histórico do pensamento análogo, veremos que desde sempre ele teve uma função de explicar, de exemplificar, comparar e relacionar diferentes domínios a fim de generalizar a situação e encontrar similaridades entre estruturas extremamente complexas e estruturas mais simples e acessíveis, na esperança de facilitar a construção do conhecimento.

Alguns trabalhos citam que os primeiros registros do uso de analogias se deram na Grécia Antiga. Os protagonistas da vez foram os pitagóricos, que valeram-se dos ensinamentos de Pitágoras e assim contribuíram significativamente para a matemática, a geometria, e tantas outras áreas do conhecimento.

A história está repleta de pensadores que usavam analogias e metáforas para explicar no âmbito da Literatura, Filosofia, História, Matemática e na Ciência”. Nomes como Pitágoras, Aristóteles, Galileu e Newton fizeram uso de estruturas análogas na compreensão e no descobrimento da própria ciência, e assim, popularizaram esta estratégia de aprendizagem, inclusive para o ensino (ABDOUNUR, 2002).

Nesta perspectiva, o uso de analogias vem para auxiliar os processos de ensino e aprendizagem de determinados conteúdos, tanto por parte dos alunos quanto por parte dos professores. No entanto, algumas colocações devem ser levadas em questão na inserção deste tipo de estratégia didática, tais como os limites da analogia usada, já que é necessário deixar claro até que ponto a estrutura

análoga é capaz de explicar o alvo e a partir de que momento a estrutura já não dá mais conta da situação.

2.3 As funções da analogia nos processos de ensino e aprendizagem

As analogias podem desempenhar diversas funções dentro do âmbito do ensino, não se resumindo a uma ideia pré-concebida de exemplificação, comparação ou mesmo ferramenta de introdução para os conteúdos.

Em sua essência, a ideia de ser um agente generalizador também ganha vez dentro da estrutura análoga, na medida em que engloba os diferentes domínios tidos em questão e os envolve em uma ideia mais geral (ou um conceito).

Algumas analogias podem ser direcionadas também com a função de explicar um determinado conceito, justamente quando a mesma proporciona determinadas semelhanças entre os diferentes domínios e os aproxima cada vez mais, tornando-os familiares ao aprendiz.

Em uma visão um pouco mais elaborada, pode-se perceber que determinadas estruturas análogas podem servir para resolver determinados problemas, à medida que modela a situação, transformando um problema aparentemente insolúvel em algo bem mais familiar (e conhecido) do aluno, possibilitando uma linha de raciocínio bem mais simples de ser acompanhada e seguida, ou uma estrutura de problema já vivenciada pelo aluno em situações anteriores.

Seria interessante pensarmos também, como o uso das analogias podem mudar as ideias pré-concebidas pelos estudantes, não as descartando, mas transformando-as e dando-lhes novos significados, o que nos remete mais uma vez a necessidade de se repensar como a utilização das concepções espontâneas dos estudantes podem e devem ser usadas como ferramentas facilitadoras de sua aprendizagem, uma vez que as analogias podem vir a ajudar a estruturar a memória já existente, preparando-a para novas informações (JUNGES, 2011; SHAPIRO, 1985).

2.4 Alguns modelos de ensino com analogias

A ideia de um ensino baseado – ou que se faz uso na medida do possível – em estruturas análogas repercutiu na mente de grandes estudiosos da área de ensino e pesquisa em ensino. Foram desenvolvidos alguns modelos para o uso de analogias, cada qual, com sua especificidade, exigências e requisitos. Dentre os mais usados, tem-se:

O GMAT, *General Model of Analogy Teaching*, ou *Modelo Geral para o Ensino de Analogias*, se configura como um processo de nove etapas, fato que pode vir a comprometer a adesão ao modelo justamente por conter um processo metodológico extenso contendo a possibilidade de perda de algum componente ao longo do processo (DAGHER, 1995). No quadro a seguir é apresentado um resumo das etapas do GMAT:

Quadro 1. Etapas e realizações do modelo GMAT

MODELO GMAT	
ETAPAS	REALIZAÇÕES
1	(Etapa opcional) Analisar a habilidade de raciocínio analógico do aluno, bem como sua habilidade em gerar imagens visuais ou tarefas de complexidade cognitiva.
2	Avaliar o conhecimento prévio dos alunos, e se as analogias irão ajudar na aprendizagem ou não. Essa avaliação pode ser feita por meio de questionários escritos ou discussões.
3	Analisar os materiais de aprendizagem e verificar se estes possuem analogias. Se não possuem, os professores podem criá-las ou procurar

	por analogias já existentes que sejam apropriadas.
4	Julgar a adequação da analogia analisando se a analogia é (a) familiar e/ou (b) de alta complexidade, tendo muitos atributos que correspondem ao domínio alvo.
5	Determinar as características das analogias em relação às características dos estudantes. Isso ajudará o professor a definir o quanto a analogia é concreta e se serão necessários modelos físicos.
6	Selecionar as estratégias de ensino e o meio em que serão apresentadas as analogias, o que envolve a escolha entre três estratégias: 1ª) desenvolvimento pelos estudantes; 2ª) ensino orientado e 3ª) aula expositiva. Escolhas adicionais devem ser feitas considerando o meio de apresentação, que pode ser escrito, oral, por meio de vídeos, jogos, apresentações de multimídias, entre outros.
7	Apresentar a analogia inclui diversos passos: introduzir o análogo (que se não for familiar aos alunos, deve ser explicado); conectar o análogo com o alvo; apresentar as características da analogia uma a uma, começando pela mais saliente e mostrar as características que não são relevantes quando transferidas para o alvo e discutir o motivo de elas não serem relevantes.
8	Avaliar os resultados, determinando o conhecimento dos alunos em relação às características do alvo e identificar os equívocos que podem ter sido feitos pelos alunos quando usaram as analogias.

9	Revisar os estágios após avaliar cada etapa do modelo com a intenção de acrescentar discussões adicionais ou um análogo alternativo.
---	--

FONTE: Dagher (1995)

O modelo narrativo de analogias, *Narrative Analogies Model*, trata que o alvo e o análogo se relacionam por meio de uma estória, ou mesmo uma simples narrativa, ao mesmo passo em que se configura em um processo de cinco etapas (DAGHER, 1995). Tal como no quadro a seguir:

Quadro 2. Etapas do modelo narrativo de analogias

MODELO NARRATIVO DE ANALOGIAS	
ETAPAS	REALIZAÇÕES
1. Identificar a importância do conceito	Há dificuldades nesse assunto que necessitam explicações adicionais a partir da utilização de experiências familiares?
2. Encontrar os opostos binários	Que eventos podem ser construídos sobre o aluno ou experiências de vida que façam as conexões analógicas neste assunto apropriadas? Estes eventos são flexíveis o suficiente para acomodar o desenvolvimento do conceito alvo?

3. Organizar os conteúdos em forma de estória	Como o domínio análogo deve ser sequenciado e desenvolvido para enunciar o mecanismo em questão?
4. Conclusões	Qual o melhor cenário para mover os conceitos destacados nas estórias para os conceitos do alvo?
5. Avaliação	Em que medida a estória analógica aumentou ou complicou a compreensão dos conceitos?

FONTE: Dagher (1995)

O guia FAR, *Focus-Action-Reflexion* ou *Foco-Ação-Reflexão*, se traduz em um processo de ensino de três etapas para a preparação e elaboração da analogia, a aplicação da mesma em sala e as futuras utilizações em outras aulas (HARRISON; TREAGUST, 2006). Tal como no quadro a seguir:

Quadro 3. Etapas presentes no modelo GUIA FAR

MODELO GUIA FAR	
FOCO (PRÉ CLASSE)	
Conceito	O conceito é difícil, não familiar ou abstrato?
Aluno	Quais ideias os alunos já têm sobre o conceito?

Experiência	Quais as experiências que os alunos já têm que podem ser utilizadas?
AÇÃO (DURANTE A AULA)	
Semelhanças	Verificar a familiaridade dos alunos com o análogo.
	Discutir em que aspectos o análogo se assemelha ao alvo.
	As semelhanças entre as características são superficiais ou estabelecem relações mais profundas?
Diferenças	Discutir em que aspectos o análogo difere do alvo.
REFLEXÃO (PÓS AULA)	
Conclusões	A analogia é clara e eficiente, ou confusa?
Melhorias	Que mudanças são necessárias para as aulas seguintes?
	Que mudanças são necessárias para a próxima vez que esta mesma analogia for utilizada?

O último modelo a ser apresentado, e o qual abrangerá uma grande parcela deste trabalho é o chamado TWA, *Teaching with Analogies*, Ensinando com analogias (GLYNN, 1989). O TWA se configura em um processo de seis etapas, as quais devem ser seguidas, especialmente pelo professor, e não pelo aluno, o que segundo os autores, é mais viável, tendo em vista que os alunos podem não cumprir para com todas as etapas do modelo, ou simplesmente fazê-lo de maneira bastante superficial, comprometendo assim, toda a eficácia do processo.

O autor do modelo, juntamente com colaboradores, averiguou as analogias usadas por 43 autores de livros didáticos de Química, Física e Biologia e percebeu algumas regularidades nas analogias estudadas, o que se refletiu em uma elaboração de um modelo, o TWA, para a produção de tais estruturas análogas e que podem muito bem se adequar a um processo mais geral de produção de analogias (GLYNN, 1989). Em resumo, o processo se demonstra como no quadro a seguir:

Quadro 4. Etapas do modelo de ensino com analogias – TWA

MODELO TWA	
ETAPAS	REALIZAÇÕES
1	Introduzir o conceito alvo.
2	Recordar o conceito análogo.
3	Identificar as características similares entre o conceito análogo e alvo.
4	Esquematizar (projetar) as características similares.

5	Tirar conclusões sobre os conceitos.
6	Indicar onde a analogia deixa de funcionar.

FONTE: Dagher (1995)

2.5 Entendendo um pouco mais sobre o TWA e o uso de analogias no ensino de Física

O ensino de Física, assim como o ensino da maioria das outras disciplinas, vale-se muitas vezes de uma abordagem análoga para a exposição e entendimento de seus conceitos. No entanto, chama-se a atenção para a necessidade de se refletir o uso desse tipo de proposta em sala de aula, pois infelizmente, tal atenção não tem sido dada a esta estratégia didática, o que se reflete em gigantescos erros conceituais, grandes dúvidas, e grandes lacunas cognitivas (JUNGES, 2011).

Em um primeiro momento, seria mais interessante e de fato isso ocorre, que nas salas de aula as analogias sejam usadas como ferramentas de exemplificação (ou mesmo ilustração) de um determinado conceito apresentado, ou simplesmente como ferramentas introdutórias (organizadores prévios¹) antes da abordagem de conteúdo propriamente dita, mas nada impede que as analogias seja usadas nos momentos finais também.

Em situações mais extremas, nem mesmo as estruturas análogas são usadas, restando aos alunos, às definições puras apresentadas nos livros ou por intermédio do próprio professor.

O uso de analogias no ensino de Física deveria ser mais cauteloso e um pouco diferente em relação à forma que já está sendo vivenciado nas salas de

¹ Estruturas, ou também materiais, de caráter introdutório com um elevado grau de abstração, envolvimento, significado e inclusividade que são apresentados antes da aprendizagem dos novos conceitos em si (MOREIRA, 2011, p. 105).

aula. A ideia é que tal uso deve ser mais elaborado, assumir a ideia de ser uma espécie de complemento da aula em momentos específicos do aprendizado em sala, para que as analogias usadas possam desempenhar um papel mais significativo para os estudantes.

Sempre que possível devemos nos questionar “Como as analogias podem ser usadas para romper com ideias pré-concebidas pelos estudantes?” e ainda “Quais analogias são efetivas e em que contexto de aprendizagem?” (GODOY, 2002, p. 423).

É interessante, e muitas vezes essencial, tomar conhecimento de como as analogias são elaboradas e postas em atividade. Neste viés deve-se questionar também: “Como elas são percebidas e construídas?”, ou ainda “Como (as analogias) podem ser utilizadas na solução de problemas e na construção de argumentações?” (GODOY, 2002, p. 423).

É necessário também analisar a influência do contexto sócio histórico em que a analogia, o ensino e os estudantes estão inseridos, uma vez que por exemplo, a analogia que é utilizada na região do nordeste do Brasil pode não fazer nenhum sentido quando utilizada na região sul, assim, nos questionamos também “De que maneira a função de uma analogia depende do contexto cultural em que é utilizada?” (GODOY, 2002, p. 424).

Seria bastante interessante refletir em cima de todos esses questionamentos justamente para que possa haver um refletir por parte do professor também. Contudo, não apenas um refletir por refletir, mas um refletir acompanhado e seguido por uma ação e posteriormente uma transformação de sua didática em sala de aula.

Como vivenciar uma proposta de ensino mediante o uso de um modelo de ensino com analogias requer muitos cuidados, especialmente com as especificações que cada modelo traz consigo, com o TWA não seria diferente.

Em uma perspectiva de prática, seria interessante vivenciar alguns exemplos de como se usar o TWA e respeitar todas as etapas propostas pelo modelo, e nesse sentido, segue duas propostas de uso do TWA a tratar,

respectivamente, dos conceitos de Lei de Gauss e fluxo elétrico, e o comportamento de um fluxo elétrico ao longo de um circuito.

2.5.1 Exemplo 1: Lei de Gauss e fluxo elétrico

Não há um momento específico para o uso das analogias na aula, até porque tanto o aluno quanto o professor vão estabelecendo conexões entre os novos conceitos e os conhecimentos que eles já têm. No entanto, seria interessante que as analogias se estabelecessem nos momentos iniciais da aula, justamente por oferecer um maior intervalo de reflexão em cima das mesmas, e uma posterior avaliação sobre todo o processo de construção de conhecimento (GLYNN, 1989).

Etapa 1: Introduzir o conceito alvo.

Nesta etapa, devemos deixar claro o conceito a qual objetivamos com nossa proposta. Para tal, aqui, deixamos claro que objetivamos nesta primeira proposta de exemplo, vivenciar, para o Ensino Superior, o conceito de fluxo de um campo elétrico, cabendo assim, definir e entender, que o fluxo é a quantidade líquida de linhas de um campo vetorial (campo elétrico) que entram ou saem de uma superfície fechada, a qual chamamos de superfície Gaussiana.

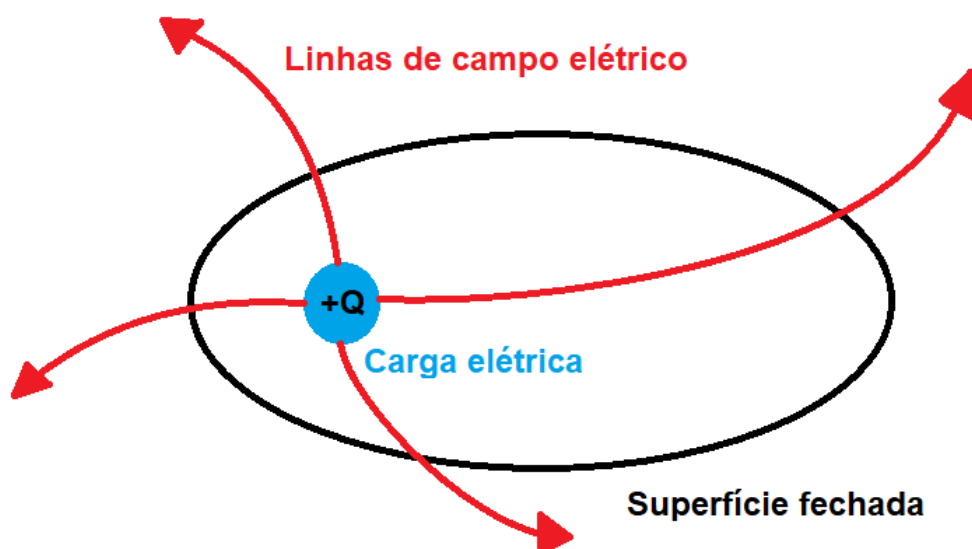


FIGURA 2. Linhas de campo elétrico atravessando uma superfície fechada.

FONTE: O autor (2017)

Etapa 2: Recordar o conceito análogo

Nesta etapa introduziremos o domínio análogo (ou estrutura análoga) a qual usaremos como ponte (ou canal de entendimento) entre aquilo que o estudante já sabe e aquilo o que lhe é desconhecido. Nesse caso, tomamos como desconhecido o conceito de Lei de Gauss e, como análogo, usaremos a ideia de escoamento de um fluido, onde podemos trata-lo como um composto de elementos de volume suficientemente pequenos, de tal forma, que podemos tratar cada elemento de volume do fluido como sendo uma partícula. Daí, nos concentramos no movimento dessas partículas, associando a cada uma delas, um vetor posição e um vetor velocidade.

Ao associarmos um vetor a cada ponto do fluido, definimos nele um campo vetorial (nesse caso um campo de velocidades do fluido) de tal forma que a cada ponto é possível definir uma linha tangente ao vetor velocidade nesse ponto. Assim tomamos essas linhas tangentes (chamadas linhas de corrente do fluido), de forma que o fluxo sobre uma determinada superfície fechada (ou mesmo secção de área) é entendido como a quantidade de linhas de corrente que atravessa a superfície (ou área).

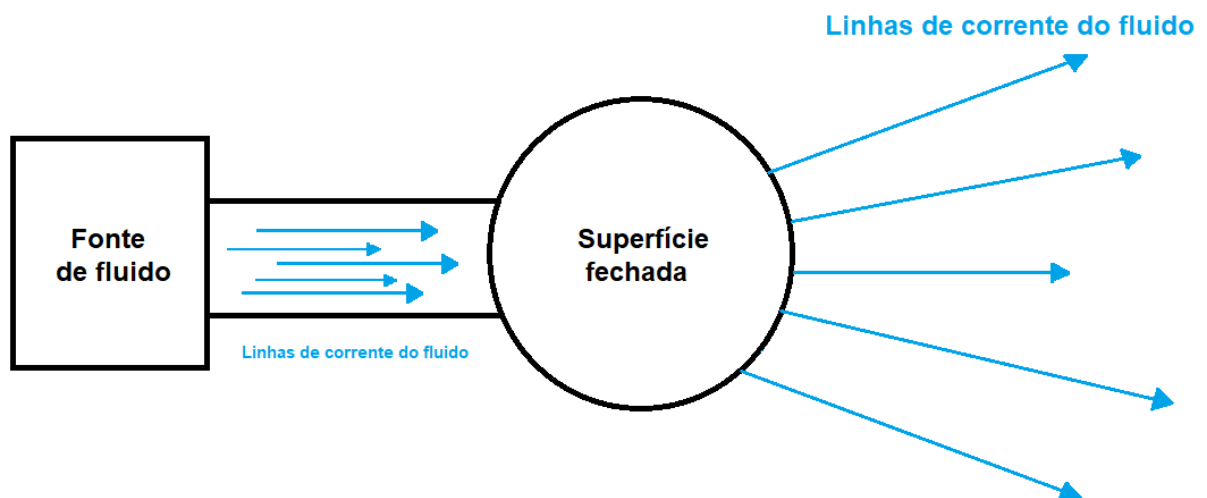


FIGURA 3. Uma fonte fornecendo fluido, em escoamento, de forma que as linhas de corrente estão representadas por setas. O fluxo do fluido será entendido como a quantidade de linhas de corrente que atravessa a superfície em questão.

FONTE: O autor (2017)

Etapa 3: Identificar as características similares entre o conceito análogo e alvo.

Esta seja talvez, uma das etapas mais importantes do processo de elaboração e vivência de uma analogia, pois aqui, devemos mapear os aspectos semelhantes entre o alvo e o análogo e muitas vezes é esse grau de similaridade que é decisivo para a escolha ou não de determinada estrutura análoga.

Neste exemplo, observamos algumas características pertencentes a ambos os domínios e que podem ser tidos como as ideias chave para a vivência desta proposta de analogia.

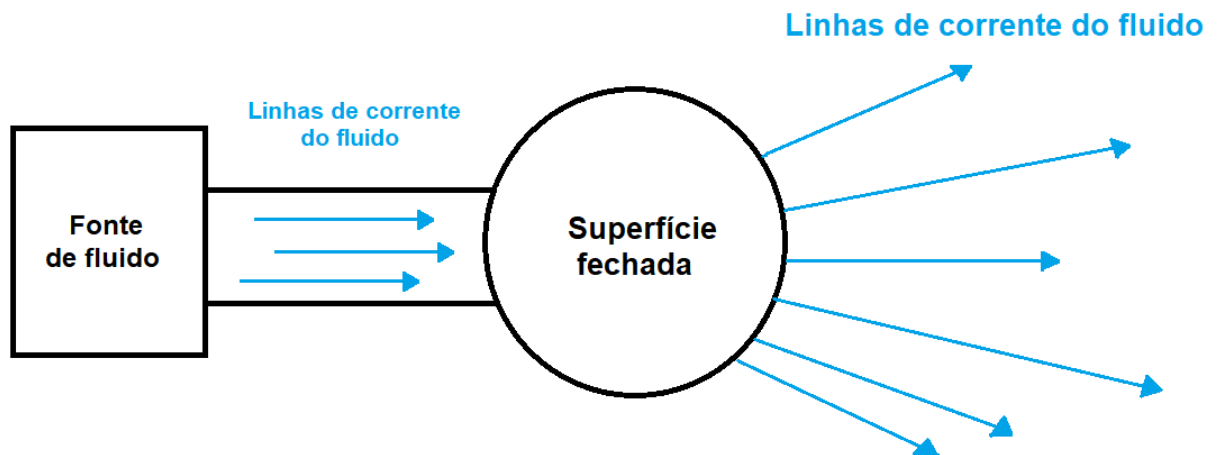
A primeira característica a ser levantada é a ideia da existência de linhas de campo vetorial que atravessa determinada superfície ou região. A segunda condiz com a perspectiva de se considerar uma determinada superfície pela qual as linhas de campo devem passar. A terceira e última, por enquanto, é a ideia da quantidade de linhas que atravessa a superfície, ideia esta, vivenciada em ambos os domínios.

ETAPA 4 : Esquematizar (projetar) as características similares.

Neste momento, devem-se observar atentamente as características similares entre o alvo e o análogo, a fim de verificar o comportamento de tais características.

Em nosso exemplo, é possível observar que as linhas de campo vetorial podem ser equivalentes às linhas de corrente do fluido, de forma que se houver um número diferente de linhas de campo que entram e saem, bem como o número diferente de linhas de corrente que entra e que sai, é possível chegar a conclusão que há algo que fornece mais fluido ou produz linhas de campo vetorial dentro da superfície. Tal como nos esquemas a seguir:

Modelo análogo



Modelo alvo

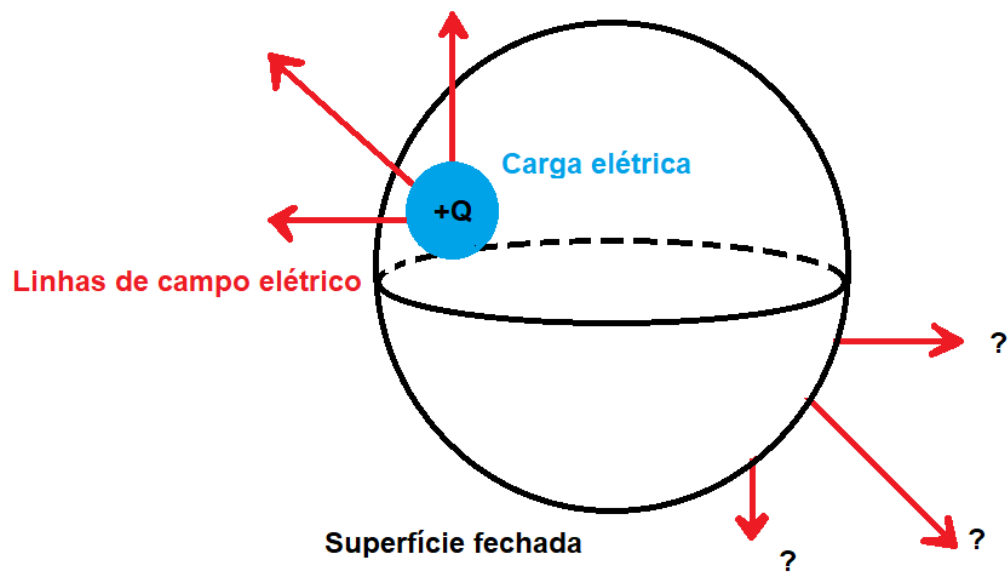
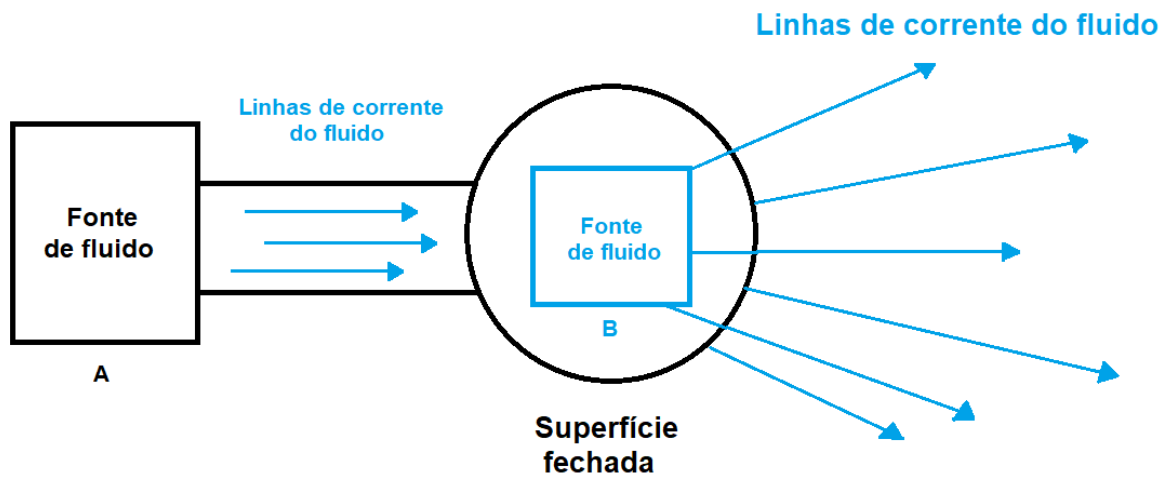


FIGURA 4. O número de linhas de campo vetorial que atravessa a superfície fechada – em ambos os casos – é diferente, nesse caso maior, do que o número de linhas fornecido pela fonte.

FONTE: O autor (2017)

Modelo análogo



Modelo alvo

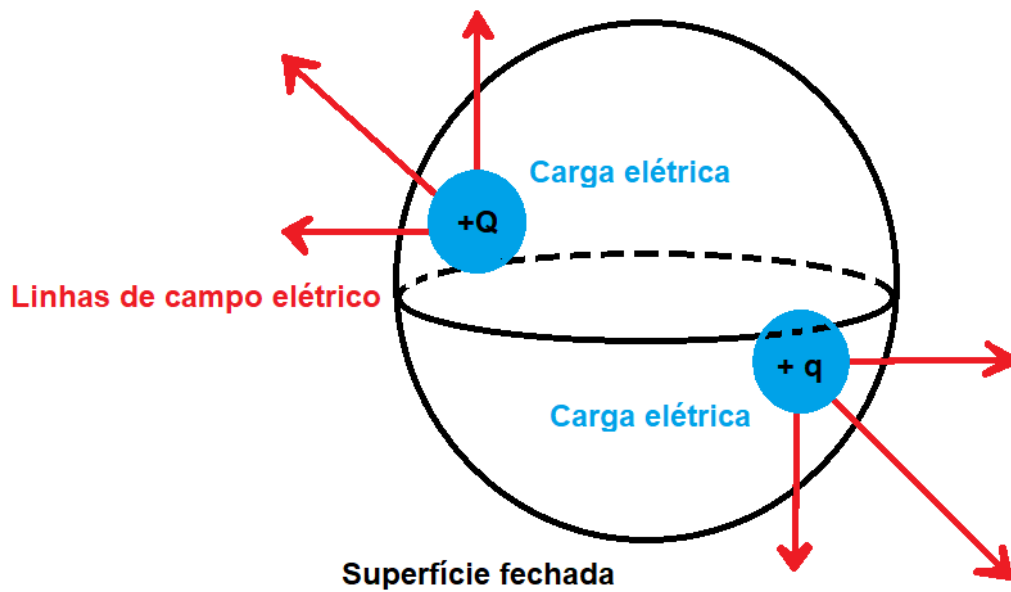


FIGURA 5. Se o número de linhas de campo vetorial que atravessa a superfície é diferente, nesse caso maior, daquele que é fornecido pela fonte, é possível concluir então que há outra fonte dentro da superfície fechada e que fornece mais linhas de campo – em ambos os casos.

FONTE: O autor (2017)

Até mesmo a estrutura matemática do análogo é semelhante a estrutura matemática presente no alvo, o que evidencia uma boa concordância entre estes, tal como expresso no seguinte quadro:

Quadro 5. Comparação entre as estruturas matemática do alvo e do análogo.

FLUIDO	CAMPO ELÉTRICO
FLUXO VOLUMÉTRICO	FLUXO ELÉTRICO
VOLUME POR UNIDADE DE TEMPO ATRAVÉS DE UMA SUPERFÍCIE.	QUANTIDADE RESULTANTE DE LINHAS DE CAMPO EM UNIDADE DE ÁREA DE UMA SUPERFÍCIE GAUSSIANA.
$\phi = \vec{v} \vec{A}$	$\phi = \sum \vec{E} \Delta \vec{A}$

FONTE: O autor (2017)

ETAPA 5: Tirar conclusões sobre os conceitos.

Neste momento é hora de amarrar os pontos e enfim tirar conclusões sobre toda a vivência do processo. Neste exemplo, é possível concluir que tal como na estrutura de um fluido que escoar através de uma superfície, o fluxo elétrico pode ser vivenciado como a quantidade líquida de linhas de campo elétrico que são produzidas por uma, ou mais, cargas elétricas, e que atravessa uma determinada superfície fechada a qual chamamos de superfície gaussiana.

E mais, a diferença entre a quantidade de linhas de campo que entram e saem das superfícies em questão, tanto a do exemplo do fluido quanto a do campo

elétrico, nos permite concluir que algo está, ou não, fornecendo linhas de campo a mais, ou linhas de corrente a mais.

ETAPA 6: Indicar onde a analogia deixa de funcionar.

A última etapa do processo condiz com outro momento extremamente importante da aprendizagem por meio do modelo de TWA, onde se explicita os limites da estrutura análoga desenvolvida e assim esclarecem-se as dúvidas e as possíveis lacunas conceituais que podem vir a surgir.

No exemplo em questão, a estrutura análoga do fluxo de água comporta alguns aspectos que também estão presentes na estrutura do fluxo elétrico, mas ao mesmo tempo, não dá conta de outras características pertencentes ao conceito alvo, daí os limites na analogia, conforme o quadro a seguir:

Quadro 6. Alguns limites entre as estruturas do alvo e do análogo

CAMPO ELÉTRICO	FLUIDO
É possível constatar a carga líquida envolvida pela superfície gaussiana.	Não é possível constatar quantas partículas de fluido se movimentam através da superfície fechada, visto que para uma mesma partícula é possível escolher diversas linhas de corrente.
É possível supor a natureza da fonte de linhas de campo elétrico, nesse caso, cargas elétricas.	Não é possível supor a natureza da fonte das partículas do fluido, e do próprio fluido. Apenas que há uma fonte.

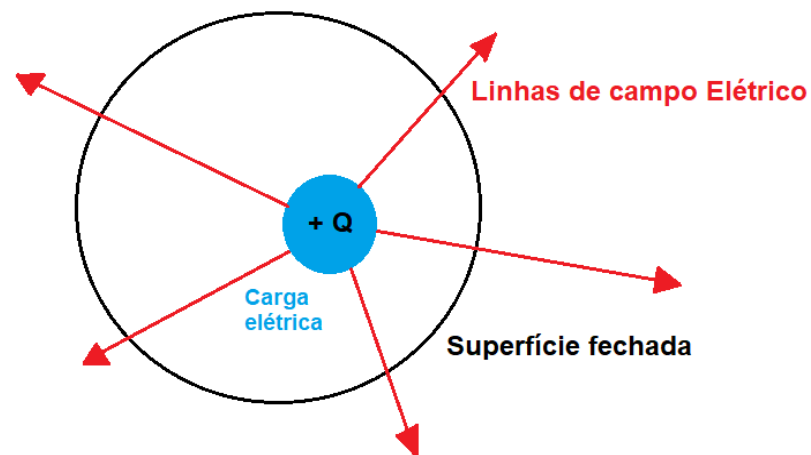


FIGURA 6. Pela natureza da Lei de Gauss é possível averiguar a carga líquida envolvida pela superfície gaussiana, e consequentemente, a natureza da fonte das linhas de campo elétrico que atravessam a superfície.

FONTE: O autor (2017)

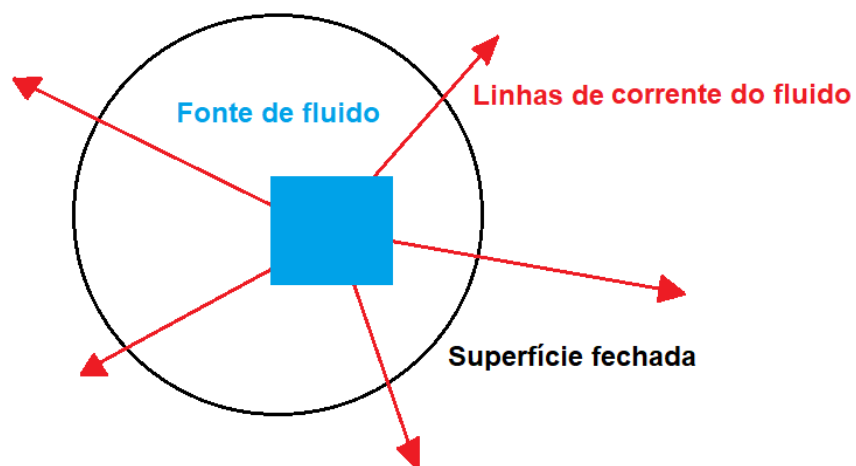


FIGURA 7. Pela natureza do escoamento do fluido é possível apenas se chegar a conclusão de que existe uma fonte, mas não é possível se chegar a natureza de tal fonte.

FONTE: O autor (2017)

2.5.2 Exemplo 2: O movimento de elétrons ao longo de um circuito

O próximo exemplo, também destinado ao ensino superior mas que pode ser adaptado a Educação Básica, trás agregado a si um peso histórico, visto que o análogo em questão, água se movimentando por um encanamento (circuito hidráulico) é usado para se entender a condução de eletricidade ao longo de um circuito elétrico (conceito alvo). Tal relação tem raízes históricas na Física – os primeiros tratamentos dados a eletricidade e a temperatura se deram em um perspectiva de fluidos – e ainda perduram até hoje (PIRES, 2011; ROCHA, 2015).

Etapa 1: Introduzir o conceito alvo.

Uma vez estabelecida uma diferença de potencial ao longo de um circuito, especialmente por uma bateria ou fonte, existe a tendência de um movimento organizado de cargas que, neste caso, são os elétrons livres dos materiais que constituem o circuito.

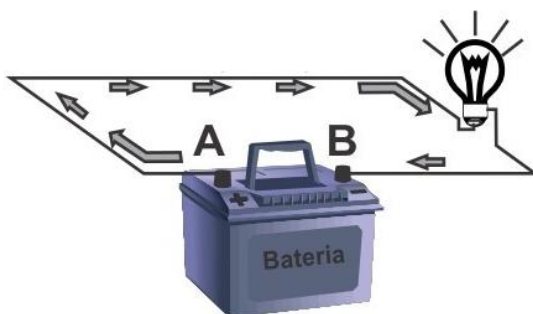


FIGURA 8. A bateria fornece uma diferença de potencial entre os pontos A e B de forma a proporcionar um movimento ordenado dos elétrons livres ao longo do circuito no sentido indicado na figura.

Disponível em: <http://www.pontociencia.org.br/>

Acesso em: 08 de dez de 2017

Etapa 2: Recordar o conceito análogo

Em um circuito hidráulico, uma bomba hidráulica eleva água de um reservatório a outro - visto que há uma diferença de potencial gravitacional entre eles – por meio dos canos.

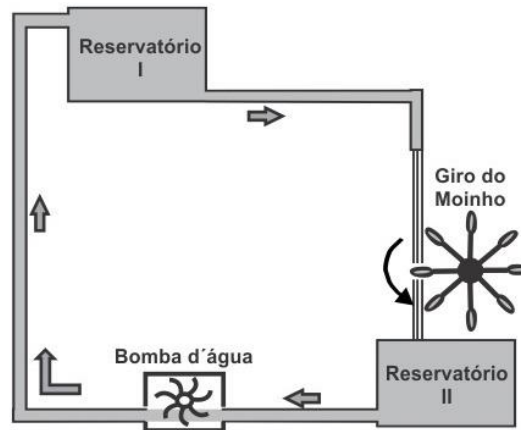


FIGURA 9. Estabelecida uma diferença de potencial gravitacional entre dois reservatórios de água, cabe a bomba d'água proporcionar o movimento do fluido ao longo do circuito.

Disponível em: <http://www.pontociencia.org.br/>

Acesso em: 08 de dez de 2017

Etapa 3: Identificar as características similares entre o conceito análogo e alvo.

Em ambos os domínios, o alvo e o análogo, existem algumas características similares, tal como no quadro a seguir:

Quadro 7. Algumas características similares entre o alvo e o análogo.

CIRCUITO HIDRÁULICO - ANÁLOGO	CIRCUITO ELÉTRICO – ALVO
Existe uma quantidade de fluido que percorre os canos – circuito.	Existe uma quantidade de elétrons livres que percorrem o circuito.

Existe uma bomba d'água que direciona o movimento do fluido ao longo do circuito.	Existe uma fonte – bateria- que direciona o movimento dos elétrons livres.
Existe uma diferença de potencial gravitacional que direciona o movimento do fluido de um reservatório a outro.	Existe uma diferença de potencial elétrico que direciona o movimento dos elétrons do ponto A ao ponto B.
Podem existir obstáculos – paletas d'água – que ofereçam resistência à passagem do fluido ao longo dos canos.	Podem existir elementos que ofereçam resistência – resistores – à passagem dos elétrons livres ao longo do circuito.
Podem existir mais reservatórios, ou canos, que ofereçam mais possibilidades de caminho para o fluido percorrer o circuito.	Podem existir mais possibilidades de caminho para os elétrons livres do circuito.

FONTE: O autor (2017)

ETAPA 4 : Esquematizar (projetar) as características similares.

Dentro das similaridades entre o alvo e análogo, algumas características devem ser postas em conta, tal como presente no quadro a seguir:

Quadro 8. Algumas características similares entre o alvo e o análogo.

CIRCUITO HIDRÁULICO - ANÁLOGO	CIRCUITO ELÉTRICO – ALVO
Existe uma diferença de potencial gravitacional que direciona o movimento do fluido em parte do circuito – de um reservatório a outro.	Existe uma diferença de potencial elétrico que direciona o movimento dos elétrons livres ao longo de todo o circuito.
Podem existir obstáculos – paletas d'água – que ofereçam resistência à passagem do fluido ao longo dos canos.	Podem existir elementos que ofereçam resistência – resistores – à passagem dos elétrons livres ao longo do circuito.
Quando há diversas possibilidades de caminho para o fluido poder se movimentar, mesmo com obstáculos, ao longo dos canos e reservatórios, é dito que o sistema em si está em paralelo.	Quando há diversas possibilidades de caminho para os elétrons livres se movimentarem, mesmo com obstáculos, ao longo do circuito, é dito que o circuito está em paralelo.
Quando há uma única possibilidade de caminho para o fluido poder se movimentar, mesmo com elementos que ofereçam resistência a passagem do fluido ao longo dos canos e reservatórios, é dito que o sistema em si está em série.	Quando há uma única possibilidade de caminho para os elétrons livres poderem se movimentar, mesmo com elementos que ofereçam resistência a passagem destes ao longo do circuito, é dito que o sistema em si está em série.

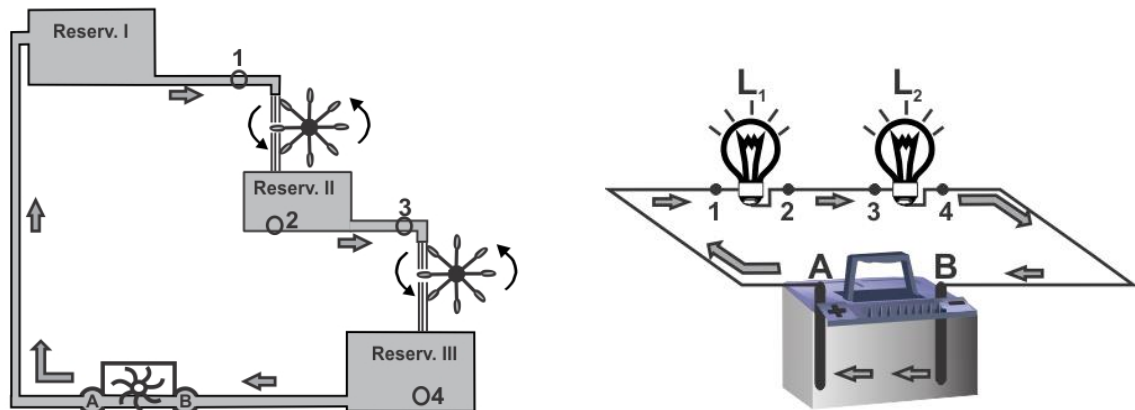


FIGURA 10. Em uma configuração do tipo série, o fluxo de fluido/elétrons livres tem a possibilidade de fluir/se movimentar ao longo do circuito por apenas um caminho.

Disponível em: <http://www.pontociencia.org.br/>

Acesso em: 08 de dez de 2017

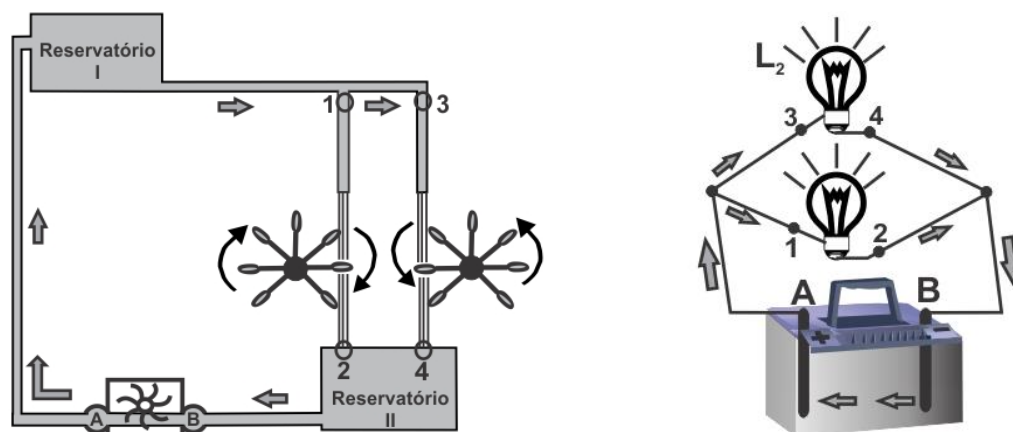


FIGURA 11. Em uma configuração do tipo paralelo, o fluxo de fluidos/elétrons livres tem a possibilidade de fluir/se movimentar ao longo do circuito por apenas mais de um caminho.

Disponível em: <http://www.pontociencia.org.br/>

Acesso em: 08 de dez de 2017

ETAPA 5: Tirar conclusões sobre os conceitos.

Tanto no alvo quanto no análogo, existem elementos resistivos/obstáculos que oferecem uma dificuldade a passagem de fluido/corrente elétrica ao longo do circuito.

Em uma configuração do tipo série onde há a presença de obstáculos, o fluxo de fluido/elétrons livres tem a possibilidade de se deslocar ao longo do circuito por um único caminho, e assim, enfrentar uma série de obstáculos um seguido do outro.

Em uma configuração do tipo paralelo onde também há a presença de obstáculos, o fluxo/elétrons livres tem a possibilidade de se deslocar ao longo do circuito por diversos caminhos, e assim, enfrentar uma série de obstáculos que estão dispostos e espalhados pelos diversos caminhos, e na melhor das hipóteses, enfrentar uma resistência menor do que em uma configuração do tipo série.

A existência e presença de uma diferença de potencial acarreta a movimentação de uma quantidade de fluido/ elétrons livres de um determinado ponto a outro do sistema.

ETAPA 6: Indicar onde a analogia deixa de funcionar.

Em primeiro momento, as pilhas, ou baterias, fornecem uma diferença de potencial elétrico, para que os elétrons livres ao longo do circuito possam se movimentar ordenadamente, a pilha não fornece elétrons e corrente, ela fornece diferença de potencial, enquanto que um reservatório de água fornece realmente o fluido que vai fluir ao longo do circuito.

Em circuito tipo série, a corrente elétrica é a mesma ao longo do circuito enquanto que a diferença de potencial é dividida ao longo de cada resistor, e em circuito em paralelo, a corrente elétrica é dividida enquanto que a diferença de potencial é a mesma para cada resistor.

No circuito hidráulico tipo série, pode ser que a diferença de potencial seja a mesma para todos os reservatórios, basta que eles estejam todos na mesma altura, enquanto que em circuito tipo paralelo, pode ocorrer que a vazão de fluxo por

cada caminho ser a mesma, bem como a diferença de potencial não seja igual para cada resistor, basta que os reservatórios estejam em alturas diferentes.

Por fim, é preciso lembrar que em um material condutor existem elétrons livres em movimento, cabendo a pilha, fornecer uma diferença de potencial capaz de ordenar esse movimento ao longo do circuito. Já no circuito hidráulico, acontece que os encanamentos muitas vezes estão sem água, cabendo aos reservatórios fornecer tal fluido.

Nesse sentido, muitos outros exemplos podem ser levantados para se trabalhar em uma perspectiva de TWA, inclusive para os mesmos conceitos exemplificados, desde que respeitadas e esclarecidas as etapas do processo e os limites da estrutura análoga em questão. Já que também algumas outras características devem ser observadas e tratadas, tais como as apresentadas no quadro a seguir:

Quadro 9. Algumas características que devem complementar o processo de construção de analogias.

NATUREZA DO ANÁLOGO	
Interno à própria estrutura conceitual da Física	O análogo usado para compreender um determinado assunto tem origem no próprio domínio científico específico, porém proveniente de outro tópico conceitual.
Externo à estrutura conceitual da Física	O análogo usado não tem origem no domínio científico específico.

TIPO DE RELAÇÃO ANALÓGICA	
Relações Estruturais	Quando alvo e análogo compartilham a mesma aparência física geral ou constituição similar.
Relações Funcionais	Quando o alvo e o análogo compartilham funções similares.
Relações Estruturais- Funcionais	Este tipo de relação analógica é uma combinação de relação estrutural e funcional.
CONDIÇÃO DA ANALOGIA	
Abstrata-abstrata	Quando alvo e análogo são de natureza abstrata.
Abstrata-concreta	Quando o análogo é de natureza concreta e o alvo de natureza abstrata.
Concreta-concreta	Quando alvo e análogo são de natureza concreta.
FORMATO DA APRESENTAÇÃO ANALÓGICA	

Verbal	Quando a analogia é explicada apenas por palavras.
Pictórico-verbal	Quando a explicação da analogia é reforçada por uma ou mais figuras do análogo.
NÍVEL DE ENRIQUECIMENTO	
Simple	Apresentam apenas uma pequena semelhança entre alvo e análogo. São usualmente compostas de três partes principais – o alvo, o análogo e um conectivo do tipo “é como” ou “pode ser comparado a”.
Enriquecida	Apresentam algumas relações a mais entre o alvo e o análogo.
Estendida	Podem ser de duas formas: são utilizados vários análogos para descrever o alvo ou são estabelecidas várias relações entre o alvo e o análogo.

FONTE: Curtis (1984); Queiroz (2000); Reigeluth (1984)

Nessa perspectiva, ambos os análogos usados anteriormente em cada um dos exemplos podem ser classificados, seguindo as orientações do quadro acima.

No que condiz a natureza do análogo, ambos os análogos são internos a própria estrutura conceitual da Física, já que ambos – tanto o análogo para a Lei de Gauss quanto o análogo para o circuito elétrico – têm origem no próprio domínio da Física porém provém de outros tópicos conceituais.

Se tratando do tipo de relação analógica, ambos os análogos apresentados demonstram relações do tipo estruturais-funcionais, já que os mesmos análogos compartilham constituições e funções similares aos seus respectivos alvos.

Olhando agora para a condição da analogia, ambas são do tipo abstrata-concreta, uma vez que os conceitos alvo são de natureza abstrata – tomamos aproximações para o comportamento dos elétrons, das linhas de campos e do movimento das partículas – enquanto que os modelos análogos são de natureza concreta.

No formato da apresentação analógica, ambas as analogias são do tipo pictórico-verbal, já que além do texto há o apoio de recursos visuais propostos pelo autor.

E por fim, quando se analisa o nível de enriquecimento, as analogias podem se enquadrar como analogias estendidas, uma vez que é possível se estabelecer várias relações entre o alvo e o análogo, tanto relações que os aproximam quanto relações que os particularizam.

2.6 Pensando em analogias e aprendizagem significativa

Em uma excelente perspectiva, o uso de analogias pode favorecer a uma aprendizagem significativa, justamente por envolver parte do que já está presente na estrutura cognitiva do estudante e trabalhar em cima dessa estrutura básica de pensamento.

É importante lembrar que aprendizagem significativa não necessariamente representa uma aprendizagem correta dos conteúdos, tendo o

professor que dedicar muito de seu tempo a sua didática, a natureza dos conteúdos, e as estratégias didáticas que o mesmo usa (ou pretende usar) para que os alunos possam entender, refletir e colocar em ação tudo o que foi aprendido em aula.

Neste sentido, é essencial atentar para a natureza da estrutura análoga a qual se pretende adotar, bem como todo o seu domínio análogo e as características relevantes para a sua efetivação, para que não ocorra nenhum, ou muito pouco, dano conceitual na estrutura cognitiva dos alunos, e que os mesmos possam aprender, e que essa aprendizagem tenha, de fato, significado em suas vidas.

Pesquisas em ensino sempre fizeram parte da história da educação e novos métodos de aprendizagem, novas formas de avaliação, a maneira ideal e correta de se ensinar e tantos outros enfoques de ensino, foram os nortes tomados por grandes pensadores em seus trabalhos.

Dentre os grandes nomes da literatura, David Ausubel, com certeza é “marca registrada” em várias pesquisas e trabalhos do meio acadêmico. Em meados da década de 1960, Ausubel direcionou toda a sua atenção para o estudo e desenvolvimento de métodos e propostas de uma aprendizagem que rompesse com o paradigma vigente da época de acúmulo linear de conhecimento: A chamada *aprendizagem mecânica* e transformasse a aprendizagem em algo, de fato, significativo para o aluno. A este tipo de aprendizagem, onde o aluno consegue significado naquilo que aprende ao mesmo tempo em que concilia substancialmente aquilo que aprende com o que ele já sabe desenvolvendo ainda mais a sua estrutura de pensamento, Ausubel chamou de *aprendizagem significativa*. (MOREIRA, 2011).

Podemos encontrar alguns escritos interessantes que tratam da relevância dada ao discurso da aprendizagem significativa, visto que a mesma não é uma teoria recente e contempla várias pesquisas. Nesse sentido, encontramos escritos tal como:

Alguns educadores dizem que a teoria da aprendizagem significativa está superada porque foi formulada há quase cinquenta anos. Mas como foi superada se a escola não dá conta da sua premissa básica, ou seja, de levar em conta o conhecimento prévio do aluno, de partir de uma ideia de que o ser humano aprende a partir do que já sabe? Dizer que essa teoria está superada é fugir do problema (MOREIRA, 2011, p.54).

A grande chave para a ideia de aprendizagem significativa foi a relevância dada àquilo que já está presente na estrutura cognitiva do estudante, ou seja, aquilo que o estudante já sabe e que pode ser de caráter essencial para a sua aprendizagem. A este conhecimento prévio que o aluno trás e é capaz de subsidiar a sua aprendizagem, Ausubel deu nome de *subsunçor* ou *ideia-âncora*.

É interessante ressaltar também, que o viés da aprendizagem significativa só ganha sentido à medida que relaciona os novos conceitos com os conceitos que já estão presentes na estrutura cognitiva dos estudantes. No entanto, as relações que estabelecem entre eles são de caráter não-arbitrário e ao mesmo tempo não-literal. E aqui, por não-arbitrário se entende como algo que não é ao acaso que acontece e sim que depende da pré-disposição do aluno em querer aprender, ao mesmo passo que o não-literal é interpretado aqui como um processo que se deva acontecer naturalmente sem opressão ou ordenamento do meio externo ou agente externo.

Pode acontecer também - e essas são formas de aprendizagem significativa - de que alguns conceitos novos venham a englobar os conceitos prévios dos alunos e estes últimos adquirirem significado devido a existência e interação com os primeiros. Nesse sentido, chamamos esta aprendizagem de *aprendizagem significativa superordenada*. Por sua natureza, é mais fácil acontecer o oposto, onde, os conhecimentos novos apenas ganham sentido devido a existência e interação com os conhecimentos prévios do estudante chamada de *aprendizagem significativa subordinada*.

A aprendizagem significativa subordinada é, à primeira vista, a que mais se aproxima da essência presente na ideia de aprendizagem defendida por Ausubel; De certa forma, é a mais vivenciada nas aulas de Física, onde os novos conceitos físicos vão ganhando e cativando mais os estudantes, à medida que adquirem significado ao interagir com os conhecimentos prévios, e consequentemente mudando-os.

É perceptível também, que a significância da aprendizagem está na interação entre os subsunçores e os novos domínios aos quais o estudante terá de

se aventurar. Esta interação pode acontecer de diversas maneiras. No entanto é sob o viés de duas vertentes que a aprendizagem se dá:

A *diferenciação progressiva* é o processo no qual se faz uso de um subsunçor para dar significado aos novos conceitos, diferenciando suas características e ressaltando as suas particularidades, de forma a tornar cada conceito uma estrutura particular na estrutura cognitiva do aprendiz, ao mesmo passo em que o subsunçor adquire novos significados também (MOREIRA, 2011).

A *reconciliação integrativa* é o processo no qual o subsunçor é usado para integrar os novos conhecimentos, abrangendo-os ao mesmo tempo em que tenta acabar com todas as diferenças e inconsistências existentes entre eles (MOREIRA, 2011).

É importante também, atentar para o fato de que ambos os processos, tanto a diferenciação progressiva quanto a reconciliação integrativa não são processos mutuamente excludentes. Mas sim processos simultâneos e extremamente necessários.

E indo um pouco mais além, é necessária uma discussão a respeito dos chamados organizadores prévios, uma vez que os mesmos são tomados como sinônimos dos subsunçores, e que fazem parte de uma ideia de aprendizagem significativa. Essa ideia não está de toda errada, mas é interessante esclarecermos algumas coisas:

i) Os subsunçores são conhecimentos prévios com um grande potencial de significado para a aprendizagem de novos conceitos, enquanto que os *chamados organizadores prévios* são estruturas, ou também materiais, de caráter introdutório, com um elevado grau de abstração, envolvimento, significado e inclusividade que são apresentados antes da aprendizagem dos novos conceitos em si, tal como nos escritos a seguir:

Os organizadores prévios podem tanto fornecer ideias-âncora relevantes para a aprendizagem significativa do novo material, quanto estabelecer relações entre ideias, proposições e conceitos já existentes na estrutura cognitiva e aqueles contidos no material de aprendizagem (MOREIRA, 2011, p.105).

ii) Apesar de parecer simples mecanismos introdutórios, os organizadores prévios não devem ser tratados como tal. Na verdade, eles são estruturas que vão preparando o terreno para que se possa acontecer uma aprendizagem rica em significado, e não apenas mais um aprender por aprender. Os mesmos preparam o terreno cognitivo onde os subsunçores deverão interagir com os novos conceitos, e criar estruturas de pensamento sólidas e importantes para o desenvolvimento do aprendiz.

Nesse sentido, as estruturas análogas podem vir a assumir algumas características de organizadores prévios quando também vem oferecer oportunidades dos subsunçores interagirem com os novos conceitos apresentados e vivenciados em sua estrutura, e assim criar espaço para a formação de novos conhecimentos.

2.7 Indo um pouco mais além: Analogias como organizadores prévios

Em páginas anteriores foi levantada toda uma discussão a respeito da natureza do pensamento análogo, bem como a sua inserção dentro das estratégias de ensino, colocando em vista as possíveis funções e consequências que esse tipo de abordagem pode ter, ao mesmo passo que explora algumas observações necessárias para que a sua inserção possa contribuir para a melhoria da aprendizagem.

Uma das possibilidades bastante interessante para os processos de aprendizagem envolve analogias enquanto organizadores prévios, já que os organizadores prévios são materiais introdutórios apresentados antes do material de aprendizagem em si, além do que, estes últimos não podem ser confundidos com sumários que são de um modo geral, apresentados ao mesmo nível de abstração, generalidade e abrangência, simplesmente destacando certos aspectos do assunto, organizadores são apresentados em um nível mais alto de abstração, generalidade e inclusividade (MOREIRA, 2011).

As analogias podem adquirir um viés de organizadores prévios na medida em que ambos podem ser – em sua maioria são e aqui se faz alusão às analogias – instrumentos introdutórios que perpassam a ideia de ser um simples

enunciado, um material, ou até mesmo um simples exemplo, a medida que se configuram como estruturas muito mais complexas a portadoras de muita abstração e significado.

Em sua essência, tanto o pensamento análogo quanto os organizadores prévios, podem ser vistos como pontes cognitivas entre os subsunçores e os novos domínios em que o aprendiz deverá se lançar a aprender. Nesta ideia, as analogias podem ser interpretadas como organizadores prévios, e assim terem grandes chances de proporcionar uma aprendizagem de fato significativa para o aprendiz.

Em uma melhor expectativa, é de se esperar que tanto as analogias quanto os organizadores prévios venham a explorar diversos conceitos de seu objeto de estudo – de maneira não tão superficial – e as relações que esses estabelecem entre si.

E nessa expectativa, o objeto de estudo passa a ser vivenciado como um modelo teórico em uma teoria de caixa translúcida, ou seja, um modelo teórico (Objeto modelo² mais teoria geral³) que se preocupa em obter uma compreensão do mecanismo interno, da constituição, do funcionamento e da estrutura do objeto investigado e não em uma teoria do tipo caixa preta, onde o modelo teórico se preocuparia apenas em fornecer uma informação de entrada e uma outra de saída, sem se preocupar com os mecanismos internos e a estrutura interna do objeto investigado (BUNGE, 1974).

E ainda nesse sentido, um dos objetivos deste trabalho é justamente analisar o potencial que o uso/construção de estruturas análogas pode vir a ter quando desempenha a função de organizador prévio e as mudanças conceituais que as analogias podem vir a trazer.

² Objeto conceitual criado pela mente humana e que representa apenas de forma parcial o objeto real ao qual se refere.

³ Conjunto de princípios fundamentais de uma determinada ciência.

2.8 Mais uma perspectiva: Analogias enquanto levantamento de concepções espontâneas

Em outra perspectiva um pouco diferente da ideia de organizadores prévios, as analogias podem vir a desempenhar também um papel de instrumento de levantamento de concepções espontâneas – também chamadas de concepções alternativas. As concepções espontâneas são conceitos naturais ao nosso pensamento que não nos remetem a nenhum ensino formal, sendo aprendidos no dia-a-dia, por exemplo, por tentativa e erro, por inferência ou por conclusões lógicas (MOREIRA, 2011).

Nesse sentido, uma abordagem de conteúdo usando analogias pode vir a demonstrar o estado das concepções espontâneas que os alunos têm sobre um determinado conteúdo e os conceitos que os mesmos já trazem e que podem vir a contribuir, ou não, para o desenvolver da aprendizagem, e que é um dos objetivos deste trabalho também, a partir do momento em que se presta a analisar o uso/construção de estruturas análogas de um grupo de estudantes, a fim de fazer um levantamento das concepções espontâneas que os mesmos já trazem sobre determinado conteúdo e como as mesmas podem ser trabalhadas a fim de se promover uma aprendizagem significativa agregada ao entendimento correto dos conceitos.

E ainda, tal como em linhas anteriores, é importante que o docente atente também para as concepções alternativas que os aprendizes trazem consigo para a sala de aula, uma vez que as mesmas podem vir carregadas de visões distorcidas e conceitualmente erradas sobre diversos conceitos, o que podem vir a acarretar problemas para a aprendizagem dos alunos tal como o não entendimento dos conteúdos ou mesmo gerar situações que os mesmos não conseguem explicar ou entender.

2.9 O ensino de eletromagnetismo e a necessidade de organizadores prévios, ensino com analogias e estratégias didáticas

Dentre as áreas da Física, o eletromagnetismo, tanto nos cursos de formação de professores quanto na Educação Básica, ainda é uma das áreas que abrange alguns dos maiores índices de reprovação e dificuldades de aprendizagem,

e ao somar-se a esse quadro, aulas extremamente pobres em abordagens metodológicas diferentes das tradicionais, o resultado é ainda pior (PAZ, 2007).

Muitos dos conceitos de eletromagnetismo que são apresentados aos estudantes, são extremamente carentes de organizadores prévios, e acaba que os mesmos conceitos são apresentados do jeito que estão nos livros, ou seja, definições rigorosas e lineares, sugerindo um conhecimento pronto e acabado.

Em sua maioria, as abordagens dos conteúdos de eletromagnetismo se apresentam em uma perspectiva de teoria do tipo caixa preta, onde os modelos teóricos não se preocupam em descrever as estruturas internas dos objetos de estudo e acaba que a maior parte dos conceitos são encarados como definições ou são trabalhados em suas formas mais simples e resumidas possíveis, enquanto que poderiam ser vivenciados de outras maneiras (BUNGE, 1974).

Sejam com experimentos, sejam por meio de exemplos, sejam com o uso de analogias, vídeos, simulações, muitos dos conteúdos abordados na teoria do eletromagnetismo, podem ser vivenciados de forma a ganhar mais significado para o estudante, e desta maneira, possibilitar uma aprendizagem mais enriquecedora para os estudantes e reverter um pouco o infeliz quadro em que o ensino de Física se encontra.

Os conceitos de circuitos, resistência, resistores e associação de resistores, são alguns dos conceitos que demonstram, dentro do eletromagnetismo, um potencial de familiaridade com os estudantes, podendo se configurar como um subsídio para a implementação de abordagens didáticas interessantes, tais como o ensino por analogias.

George Simon Ohm verificou que a resistência de um condutor depende da natureza do material do qual é constituído, bem como de sua temperatura e de suas dimensões. Em alguns materiais condutores mantidos a temperaturas constantes, a diferença de potencial V e a intensidade de corrente i mantêm uma relação de proporcionalidade (PIRES, 2011; ROCHA, 2015).

De fato, para uma mesma diferença de potencial, o aumento de resistência elétrica em um circuito provoca a queda da intensidade da corrente elétrica que o percorre, visto que os portadores de carga terão maior dificuldade de se locomover. Daí é seguro dizer que a razão entre a diferença de potencial V e a corrente elétrica i de um circuito representa a sua resistência elétrica R .

Os resistores que obedecem essa relação, também chamada de Lei de Ohm, são chamados de resistores ôhmicos, e resistores que não obedecem, ou não demonstram essa proporcionalidade entre tensão e corrente elétrica, são chamados de resistores não ôhmicos.

Essa proporcionalidade também se reflete nos gráficos, tal qual, para os resistores ôhmicos a curva característica de um gráfico de $V \times i$ é uma curva linear, já o mesmo não acontece para os resistores não ôhmicos onde a curva característica pode ser qualquer outro tipo de relação, que não seja a linear.

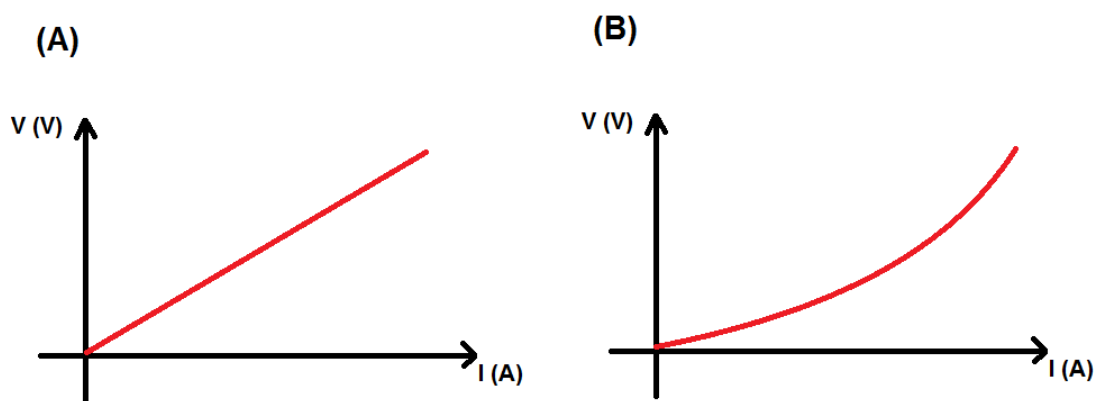


FIGURA 13. Em A é possível ver a linearidade em um gráfico do tipo $V \times i$, típico dos resistores ôhmicos. Já em B não é possível ver tal linearidade, o que sugere que o(s) resistor(es) em questão não obedecem as leis de Ohm.

FONTE: O autor (2017)

Assim, A lei de Ohm afirma que a diferença de potencial V entre os extremos de um condutor é igual à corrente i que flui através do condutor multiplicada pela sua resistência R , logo $V = Ri$. No entanto, é interessante se fazer lembrar que a resistência do material depende de alguns fatores do domínio microscópico do material condutor, por exemplo, a sua estrutura atômica interna e a disposição e movimento dos elétrons livres presentes no material. Logo, é interessante se pensar em uma grandeza, que dependa somente do material do condutor e não de seus aspectos geométricos.

Tomamos uma grandeza chamada de condutância ($1/R$) de um determinado material, onde a mesma é diretamente proporcional à área a de sua

seção reta e é inversamente proporcional ao seu comprimento l . Dessa forma, pode-se escrever:

$$\frac{1}{R} = \sigma \frac{a}{l} \quad (1)$$

Onde σ é uma constante de proporcionalidade tomada como a condutividade elétrica do material, e assim, $\sigma = (1/R) (a/l)^{-1}$. E a partir da lei de Ohm, temos que: $1/R = i/V$, e desta maneira é possível escrever:

$$\frac{i}{a} = \sigma \frac{V}{l} \quad (2)$$

O termo i/a é tido como a densidade de corrente J no condutor, ou seja, a quantidade de corrente elétrica por unidade de área da seção reta do condutor. Já o termo V/l pode ser visto como o módulo do campo elétrico que atua sobre o condutor, uma vez que estabelecido um campo elétrico uniforme e de módulo E ao longo do condutor, o mesmo pode ser tomado como o produto entre a diferença de potencial V nos terminais do condutor e o seu comprimento l . Logo:

$$J = \sigma E \quad (3)$$

Que pode ser vista como a lei de Ohm agora expressa de uma forma que independe das dimensões geométricas e forma específica do condutor, e sim das propriedades do material do qual é constituído⁴.

Já a nível microscópico, os elétrons se movimentam no material, ao mesmo tempo em que colidem com íons, átomos eletricamente carregados, também presentes no material. Essas colisões geralmente transferem momento e energia dos elétrons para o material.

Em 1900, o alemão P. Drude ampliou a ideia da condutividade elétrica nos metais, direcionando seus estudos para uma perspectiva microscópica e implementando a sua teoria de condução elétrica e térmica nos materiais, com a

⁴ Ao longo dos desenvolvimentos matemáticos, algumas das grandezas em questão foram tomadas apenas em valor absoluto, mas vale salientar que muitas delas são de caráter vetorial.

teoria cinética dos gases. Para Drude, quando os átomos dos elementos metálicos se unem para formar o metal e os elétrons de valência – aqueles fracamente ligados aos átomos - passam a se movimentar livremente através do metal, enquanto que aqueles mais fortemente ligados formam uma rede cristalina⁵. O metal é visualizado como um arranjo tridimensional regular de átomos ou íons com um grande número de elétrons livres para se moverem por todo o seu volume, como um gás (gás de elétrons) (PIRES, 2011; ROCHA, 2015).

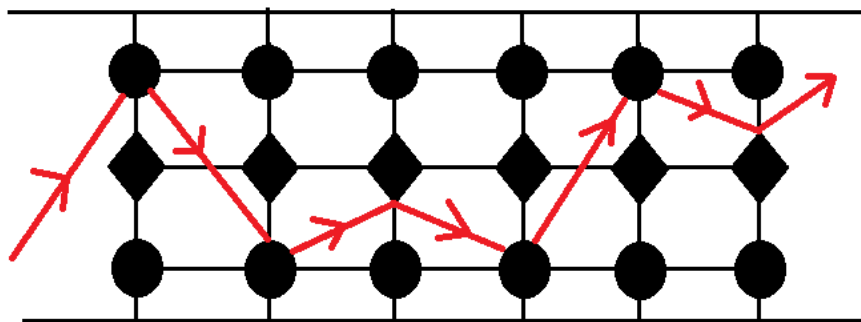


FIGURA 14. Esquema em 2D da trajetória de um elétron livre ao longo de uma estrutura atômica. As setas representam as trajetórias do elétron ao longo das colisões que ele sofre com a estrutura atômica do material.

FONTE: O autor

O modelo de Drude para a condução elétrica a nível microscópico descreve, muito bem, o processo da condução elétrica nos metais, dando conta das relações conceituais presentes na lei de Ohm. De acordo com o modelo, os elétrons livres devem se movimentar aleatoriamente, com uma velocidade média igual a zero, como as moléculas de um gás ideal. Ao estabelecer um campo elétrico dentro do material, os elétrons alteram ligeiramente seu movimento, adquirindo uma pequena velocidade na mesma direção, mas no sentido contrário do campo elétrico, denominada velocidade de deriva (v_d) (EISBERG; LERNER, 1982; KITTEL, 1978; TIPLER, 1978).

Mais a diante, seria interessante pensar que no interior do metal existem n elétrons livres por unidade de volume, que estão se deslocando com

⁵ Uma estrutura tridimensional no qual os átomos encontram-se devidamente ordenados e posicionados.

velocidade v_d , após se estabelecer um campo elétrico $\mathbf{E}$ uniforme nos terminais do condutor⁶. Após um tempo dt , os elétrons percorrem uma distância $V_d dt$. Assim, $naV_d dt$ elétrons atravessarão a área a transversal à direção do deslocamento neste tempo dt e uma vez que os elétrons são portadores de carga negativa, a carga que atravessa a área a no intervalo de tempo dt é $-neav_d dt$ (EISBERG; LERNER, 1982; KITTEL, 1978; TIPLER, 1978).

A corrente elétrica que atravessa o material é portanto: $i = nev_d a$ e a densidade de corrente por unidade de área transversal no metal é dada por $j = i/a$, pode ser escrita como:

$$\mathbf{j} = -nev_d \quad (4)$$

É importante lembrar também que os elétrons experimentam a ação de uma força elétrica ($\mathbf{F}_e = -e \mathbf{E}$) devido à presença do campo elétrico no material, o que acarreta uma aceleração nos mesmos. Pela segunda lei de Newton:

$$\mathbf{F}_e \frac{1}{m_e} = \frac{-e}{m_e} \mathbf{E} \quad (5)$$

Onde consideramos que m_e é a massa do elétron, e que agora o tempo entre as colisões do elétron com a estrutura do material, τ , é muito curto, podendo tratar que, na realidade, os elétrons adquirem uma pequena velocidade de deriva v_d dada por:

$$\mathbf{v}_d = \frac{-e\tau}{m_e} \mathbf{E} \quad (6)$$

O que combinando com o resultado de (4) nos fornece:

$$\mathbf{J} = \frac{ne^2\tau}{m_e} \mathbf{E} \quad (7)$$

E quando comparado ao resultado de (3), encontramos que:

⁶ As letras em negrito são empregadas para a notação de grandezas em suas formas vetoriais.

$$\sigma = \frac{ne^2\tau}{m_e} \quad (8)$$

O que nos possibilita perceber que a condutividade expressa na lei de Ohm, depende de fatores que não fazem mais parte do domínio geométrico do material em questão (domínio macroscópico) e sim do domínio a nível microscópico deste último, como o número n de elétrons que se movem ao longo do material quando este é submetido a um campo elétrico uniforme $\mathbf{E}$, a massa desses elétrons, a carga destes e o tempo de colisão dos elétrons com a estrutura atômica do material.

Acontece também do circuito oferecer muita ou pouca resistência à passagem de elétrons. Sendo assim, uma *associação em série*, geralmente, oferece apenas um caminho para os elétrons em movimento quando estes estão submetidos a uma diferença de potencial. Assim, uma das características marcantes deste tipo de associação, isso sob a ótica da lei de Ohm, é que quando submetidos a uma diferença de potencial ou tensão V , a corrente é a mesma em todos os elementos e a tensão total, é a soma das tensões em cada um, e dessa forma o circuito oferece uma resistência muito maior a passagem do fluxo de elétrons.

A nível microscópico isso quer dizer que em uma associação do tipo série o tempo de colisão dos elétrons com a estrutura atômica do material e dos demais obstáculos que agora incrementam o circuito, é menor, e conseqüentemente a condutividade do sistema sofre com essa diminuição do tempo de colisão, ao mesmo passo em que a energia de movimento dos elétrons é transferida para o material como um todo – e aqui se incluem os obstáculos extras (resistores) também – resultando em um aumento de energia térmica do material e seu conseqüente aquecimento (Efeito Joule).

Em uma *associação em paralelo*, geralmente, os dispositivos oferecem mais de um caminho para os elétrons quando submetidos a uma diferença de potencial. Assim, uma das características marcantes deste tipo de associação é que quando submetidos a uma diferença de potencial ou tensão V , a tensão é a mesma em todos os elementos do circuito, e a corrente total, é a soma das correntes em cada elemento, e dessa forma o circuito oferece uma resistência muito menor a passagem do fluxo de elétrons.

A nível microscópico isso quer dizer que em uma associação do tipo paralelo o tempo de colisão dos elétrons com a estrutura atômica do material e dos demais obstáculos que agora incrementam o circuito, é maior, já que os mesmos dispõem de mais espaço para se movimentar e consequentemente a condutividade do sistema aumenta com esse aumento de tempo, ao mesmo passo em que a energia de movimento dos elétrons é mantida e não transferida para o material como um todo – e aqui se incluem os obstáculos extras (resistores) também.

De posse de todas essas informações, há a possibilidade de se repensar em maneiras diferentes de se abordar toda essa gama de conceitos, justamente pela abertura conceitual que os mesmos dão, ao se perceber que eles podem ser associados com domínios familiares aos estudantes.

Neste sentido, e por sinal esses conceitos também ganharão vez neste trabalho, os conceitos de resistência, resistores, e associação de resistores, abrem espaço para a implementação de adaptações para a abordagem conceitual dos mesmos, e assim, um ensino com o uso de analogias como organizadores prévios de uma aprendizagem significativa ganha excelentes perspectivas de sucesso.

O quadro a seguir contempla algumas das principais características do modelo de Drude e que sintetizam e enriquecem ainda mais os conceitos colados em linhas anteriores (PÉREZ, 2000).

Quadro 10. Características-chave do modelo de Drude para a condutividade elétrica

CARACTERÍSTICAS-CHAVES DO MODELO DE DRUDE
Entre uma colisão e outra, as forças de interação elétron-elétron e elétron-íon são desprezíveis ⁷ , todos os cálculos desenvolvem-se como se os elétrons de condução pudessem se mover livremente para qualquer parte no interior do metal. A energia total é cinética; a energia potencial é desprezada. Atualmente é possível afirmar que a aproximação do elétron independente é, em muitos

⁷ A omissão da interação elétron-elétron entre as colisões é denominada aproximação do elétron independente. A correspondente omissão da interação elétron-íon é conhecida como aproximação do elétron livre.

contextos, surpreendentemente boa. Enquanto que a aproximação do elétron livre apresenta-se inadequada até para poder obter uma compreensão qualitativa de muitas propriedades metálicas.

As colisões das partículas do gás são consideradas eventos instantâneos que abruptamente alteram a velocidade dos elétrons. Mas, ao contrário do gás ideal na teoria cinética, omitem-se as colisões entre as partículas do gás⁸. Na verdade, a imagem clássica dos elétrons ricocheteando de um íon para outro está longe da realidade. Afortunadamente, para uma compreensão qualitativa, e muitas vezes quantitativa, do fenômeno da condução metálica só se faz necessário levar em consideração que existe um mecanismo de espalhamento das partículas.

O elétron colide aleatoriamente contra um íon em um dado instante, tendo em média viajado livremente durante um tempo τ , desde sua última colisão, e viajaram em média livremente durante um tempo τ , até sua próxima colisão⁹ é considerado independente da posição e da velocidade do elétron.

O equilíbrio térmico do sistema é mantido através das colisões de elétrons com a rede de íons¹⁰. Imediatamente após cada colisão, o elétron movimenta-se em direção aleatória com uma velocidade que não tem relação nenhuma com a velocidade antes do choque, mas o módulo é apropriado à temperatura do lugar onde ocorreu a colisão. Quanto mais alta for a temperatura do lugar onde se dá a colisão, mais rapidamente se movimentará o elétron após o choque.

FONTE: O autor (2017)

⁸ Somente são consideradas as colisões dos elétrons com os íons da rede cristalina.

⁹ O tempo τ é denominado tempo de relaxação, tempo livre médio entre colisões, ou ainda, tempo médio de espalhamento.

¹⁰ Este é o único mecanismo possível quando admitidas as aproximações do elétron independente e do elétron livre

E para aqueles que desejarem se aventurar e quiserem implementar um pouco mais as suas aulas, existem diversos recursos que visam retratar o colocado nas linhas acima, por exemplo, o PHET Interactive Simulations – um site de simulações – oferece diversas simulações, não apenas para os estudos de eletromagnetismo, mas para diversas áreas.

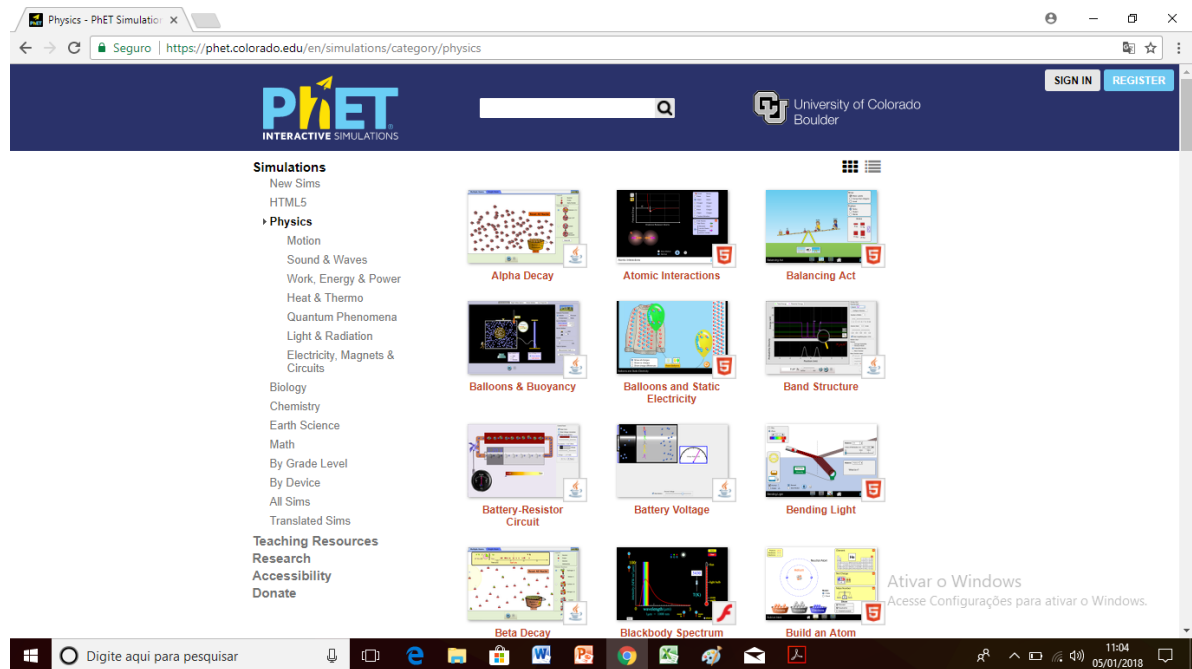


FIGURA 15. Imagem em tela de computador do site PHET Interactive Simulations

Disponível gratuitamente no endereço: <https://phet.colorado.edu/pt/simulations/category/physics>.

Acesso em: 08 de dez de 2017

3 MÃOS A OBRA E VAMOS PRODUIR!

Após diversas discussões e esclarecimentos sobre o aporte teórico a qual sustenta e confere sentido a esse trabalho, é posto agora todo o caminho metodológico que o mesmo segue para que se possa atingir os objetivos aos quais se propôs, bem como todas as ferramentas, aparelhagem e estratégias desenvolvidas para a concretização do estudo.

3.1 Uma ideia geral sobre a nossa proposta metodológica

Como posto na introdução, o trabalho deverá avaliar o desenvolvimento conceitual e estrutural da aprendizagem de um determinado grupo de alunos, mediante a exposição de duas estratégias didáticas distintas para a abordagem de um mesmo conteúdo. Na sequência, avaliar-se-á também as construções cognitivas que esses estudantes fazem observando, em especial, se esses mesmos alunos usam e/ou constroem analogias, estruturas análogas e modelos análogos e se esses construtos em conjunto com uma das determinadas metodologias vivenciadas podem repercutir em uma melhora conceitual acarretando posteriormente uma aprendizagem significativa.

O público colaborador deste trabalho foi um conjunto de catorze alunos do curso de Física Licenciatura da Universidade Federal de Pernambuco/CAA – polo Caruaru. No semestre letivo em questão (2017.1), sete destes alunos estavam vivenciando a disciplina de Fundamentos de Física IV, onde é abordada uma introdução a respeito dos fundamentos do eletromagnetismo. Em contrapartida, os demais já cursaram tal disciplina em semestres anteriores, porém com outro professor.

A escolha desse público não foi aleatória. A disciplina carregou inúmeras reprovações ao longo dos períodos, carregando também, a fama de ser umas das mais difíceis do curso, ao mesmo tempo em que está carente de estratégias didáticas que possam melhorar a situação de aprendizagem dos alunos (PAZ, 2007).

Em conjunto com o professor responsável pela disciplina no semestre em questão – que concordou em participar da proposta de trabalho – foi direcionada toda a atenção para os conceitos (clássicos microscópicos) de circuitos, resistência,

resistores e associação de resistores, na esperança de averiguar a aprendizagem destes conteúdos e que por sinal encontra mais familiaridade pelo alunado.

3.2 Etapa 1: Conhecendo as concepções espontâneas e entendo o nosso público de pesquisa

Para um primeiro momento, é necessário averiguar justamente as concepções espontâneas dos alunos a respeito desses conteúdos, explorando também, como eles reagem e tratam algumas situações introdutórias.

Para tal levantamento, foi elaborado um pré-teste, contendo uma situação problema onde todos os estudantes deveriam explicar a situação microscópica com a maior riqueza de detalhes possíveis (desenhos, gráficos, etc.). Para tal etapa foi destinado um período de duas a três semanas para os alunos em questão entregarem as resoluções.

A situação problema inicial e que é posta aos alunos corresponde a um sistema composto por uma lâmpada, uma bateria e uma chave, que por sua vez, é responsável por abrir e fechar o circuito.

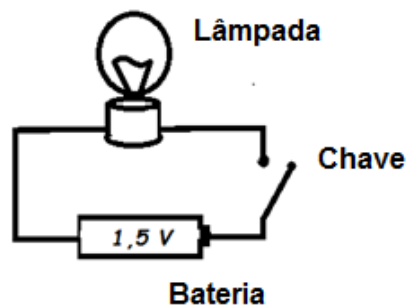


FIGURA 16. O esquema em questão representa um circuito simples composto por uma fonte, um resistor, lâmpada, e uma chave.

FONTE: O autor (2017)

A natureza dessa situação será vivenciada na medida em que os alunos deverão explicar, inicialmente, o que acontece quando uma lâmpada for ligada aos terminais de uma pilha, bateria, justificando toda a sua argumentação com desenhos, esquemas, gráficos (ou aquilo que o estudante achar mais

conveniente) ao mesmo tempo em que propõe uma estrutura análoga para explicar tal situação, formulando uma resposta acessível até mesmo para uma pessoa que não tem domínio sobre o assunto, ou nunca vivenciou tal conteúdo, ou mesmo para alguém que não teve contato com o ambiente escolar.

Na sequência é proposto aos alunos que duas lâmpadas incandescentes são associadas em *série*, e dessa forma, os mesmos deverão descrever o que está acontecendo a com o sistema ao ser ligado e novamente elaborar alguma estrutura análoga capaz de descrever tal situação.

É interessante se fazer uma ressalva importante, pois as lâmpadas em questão não são ôhmicas, uma vez que a própria resistência das mesmas é uma função da temperatura – a resistência depende da temperatura – e assim seria um grande problema propor um modelo não ôhmico para os estudantes e esperar que eles usem conceitos oriundos da lei de Ohm para responder a situação problema. No entanto, tal fato foi contornado a partir do momento em que os valores de corrente e diferença de potencial foram tomados de forma que o modelo proposto apresentasse um comportamento aproximadamente ôhmico.

Por último, é proposto aos estudantes que as duas lâmpadas agora estão associadas em *paralelo*, e assim, eles deverão descrever o que se passa no sistema quando o mesmo for ligado e novamente elaborar alguma estrutura análoga capaz de descrever tal situação.

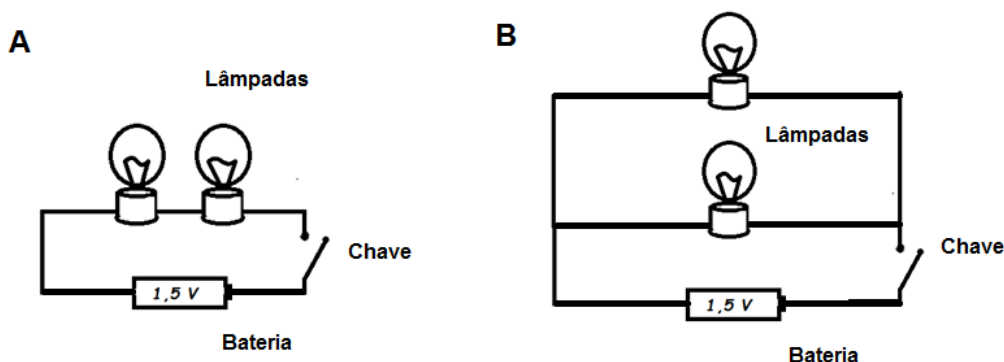


FIGURA 17. Em A o circuito foi disposto em uma configuração do tipo série, enquanto que em B o mesmo está disposto em uma configuração do tipo paralelo.

Toda essa situação inicial é de caráter teórico, pois os estudantes deverão supor o comportamento do sistema antes mesmo de funcionar, e assim responder aos questionamentos usando os seus conhecimentos prévios e o que achar mais conveniente para embasar toda a sua argumentação.

3.3 Etapa 2: Aprendendo e discutindo Física de um jeito um pouco diferente

A atividade de pesquisa deste trabalho se configura como um estudo de caso qualitativo, uma vez que as propriedades essenciais de um estudo de casos qualitativo são a particularização (se centram em uma situação, evento, programa ou fenômeno particular), a descrição (o produto final é uma descrição rica e densa do objeto de estudo) e a indução (baseiam-se no raciocínio indutivo; as teorias, os conceitos ou as hipóteses surgem de um exame dos dados fundados no contexto mesmo) (MOREIRA, 2009).

Para tal, houve uma separação em unidades experimentais onde o grupo de alunos em questão – que concordou em participar deste trabalho – é dividido em dois grupos: Um GRUPO A e um GRUPO B. O GRUPO A é o grupo composto pelos alunos que estão cursando a disciplina de Fundamentos de Física IV no semestre em questão (2017.2), enquanto que o GRUPO B é o grupo composto por alunos que já cursaram a disciplina em semestres anteriores e com outro professor. A ideia é que cada grupo seja exposto a uma estratégia didática, ambas diferentes entre si, mas voltadas para a aprendizagem dos conceitos de circuitos, resistores e associação de resistores, e ainda, outro ponto interessante é que todos os alunos já tiveram contato com os conteúdos referentes ao ensino por meio de analogias e o TWA em disciplinas anteriores – metodologias para o ensino de Física.

O GRUPO A é exposto a uma abordagem de conteúdo típica da disciplina em questão – aulas argumentativas, expositivas e dialogadas, resolução de exercícios, monitorias e prova escrita – com o acréscimo, por parte do professor, de mapas conceituais e vídeo aulas que deveriam ilustrar alguns aspectos do conteúdo, como por exemplo, como o brilho de duas lâmpadas reage se ambas forem associadas em série, ou se ambas forem associadas em paralelo. Para esta etapa foi destinado um período de duas a três semanas para a vivência destas abordagens didáticas.

O GRUPO B seria exposto a uma abordagem um pouco mais experimental – o modelo análogo proposto por este trabalho – onde os mesmos poderiam estudar, averiguar e discutir todas as características do conteúdo mediante a exposição de um experimento, analisando também, os limites do experimento no que condiz com a viabilidade de se explicar o conteúdo. Para esta etapa foi destinado, concomitantemente às atividades do GRUPO A, um período de duas a três semanas para a vivência destas abordagens didáticas.

Ao longo de todo esse processo, um grupo não poderia saber sobre a abordagem vivenciada pelo outro, cada um deveria apenas se preocupar com a abordagem a qual está vivenciando para aprender o conteúdo.

3.4 Entendendo um pouco mais os conceitos alvo e o modelo análogo proposto por esta atividade de pesquisa

Dentre os conteúdos de eletromagnetismo, os elegidos para esse trabalho foram os conceitos de resistência, resistores e associação de resistores, justamente por serem conteúdos um pouco carentes de abordagens didáticas alternativas para a elucidação desses conceitos (PAZ, 2007), ao mesmo tempo em que são poucos os organizadores prévios direcionados a abordagem destes conteúdos e que são vivenciados em sala de aula.

O *alvo* deste trabalho serão conceitos microscópicos de resistência, resistores e suas associações, conforme bem explicado e tratado na seção 1.9. Só se acrescenta a esperança de que tais conceitos possam ser discutidos, pensados e analisados pelos alunos de forma mais simples e logo em seguida em visões mais elaboradas, ricas em estruturas análogas e domínio conceitual adequado.

O *análogo* corresponderá a uma abordagem experimental direcionada a exemplificar o modelo de Drude para a condutividade elétrica dos materiais, e consequentemente a Lei de Ohm, tal como explícito na seção 1.9.

Na abordagem análoga, a rede eletrônica será incorporada por uma tábua na qual uma série de pregos foram colocados, seguindo uma distribuição pré-estabelecida. No momento em que se inclina a tábua, há uma diferença de potencial gravitacional entre seus extremos, e ao liberar-se uma bolinha de massa m , do extremo superior da tábua, a mesma sofrerá inúmeras colisões com os pregos,

transferindo-lhes momento e energia, ao mesmo tempo em que será acelerada pelo campo gravitacional.

É importante salientar também que ao longo de cada placa há sempre uma bolinha representando um elétron livre, uma vez que também no modelo de Drude para a condutividade elétrica dos materiais há a ideia de que existe a probabilidade de se ter, no mínimo, um elétron livre por região na rede cristalina. Quando a bolinha chega a sair da placa, por colisão com as bolinhas que são colocadas durante a atividade experimental é imediatamente repostas, e assim, em cada placa de madeira sempre haverá uma bolinha.

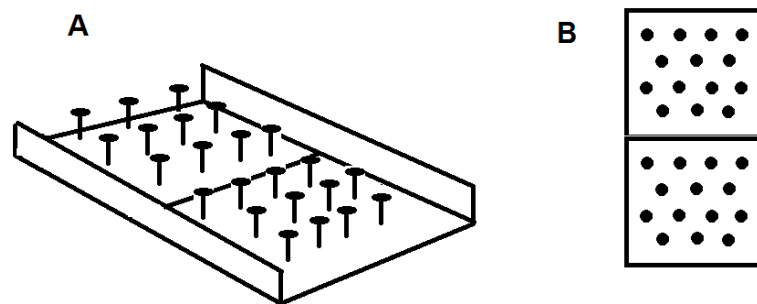


FIGURA 18. Esquema do aparato análogo experimental usado. Pregos estão dispostos ao longo de uma placa de madeira, por onde bolinhas de gude de massa m irão percorrer. Em A vê-se duas placas dispostas em uma configuração e em B as mesmas placas vistas de cima.

FONTE: O autor (2017)

Nesse sentido, a abordagem análoga é bem similar ao modelo alvo, ou pode ser entendida também como um modelo mecânico macroscópico análogo ao modelo de Drude para a condução elétrica dos materiais, onde a bolinha representaria o elétron, a diferença de potencial elétrica seria substituída pela diferença de potencial gravitacional, e os íons seriam substituídos pelos pregos na tábua.

Se tratando de uma melhor interpretação do modelo análogo é possível ver as características do mesmo no que confere o seu potencial de ensino enquanto estrutura análoga, como no quadro a seguir:

Quadro 11. Classificação do análogo tratado no trabalho

Categoria	Classificação	Justificativa
Natureza do análogo	Interno a própria estrutura conceitual da Física	O análogo proposto tem origem no próprio domínio da Física porém provém de outro tópico conceitual.
Relação analógica	Estruturais-funcionais	O análogo compartilha constituições e funções similares ao alvo.
Condição da analogia	Abstrata-concreta	O análogo é de natureza concreta e o alvo é de natureza abstrata.
Formato da apresentação analógica	Pictórico-verbal	A explicação da analogia necessita de recursos visuais e verbais.
Nível de enriquecimento	Estendida	É possível se estabelecer várias relações entre o alvo e o análogo, tanto relações que os aproximam quanto relações que os particularizam.

FONTE: O autor (2017)

Este trabalho também se propôs a analisar os conceitos de associação de resistores, sendo assim, será necessário o uso de no mínimo três tábuas com pregos, de modo a se poder representar a associação do tipo série e a associação do tipo paralelo.

Os elétrons serão incorporados por bolinhas de gude de massa m , que serão liberadas em determinados valores de altura h , ou seja, em diferentes configurações de energia potencial gravitacional. Para cada tipo de associação, associação em série e associação em paralelo, serão postos em média seis valores de altura h diferentes, e será medido o fluxo de bolinhas que atravessa a associação em função da altura h de lançamento das bolinhas.

Durante a atividade experimental, as bolinhas serão abandonadas de uma altura h , como exposto em linhas anteriores, sempre com a reposição de bolinha toda a vez que a outra chegar ao fim da placa de madeira, ou seja, abandona-se uma bolinha de uma certa altura h , ela sofre colisões com os pregos presentes nas placas, e após ela atravessar completamente a placa, imediatamente outra é liberada, e o mesmo é válido para as bolinhas que já estão na estrutura do material. Nesse sentido, é mensurada a quantidade de bolinhas que atravessa as placas, seguindo essa ideia de funcionamento, durante um intervalo de um minuto.

As associações do tipo série serão realizadas colocando as tábuas uma em sequência com a outra, possibilitando apenas um único caminho para que as bolinhas possam rolar, enquanto que para a associação em paralelo, as tábuas serão colocadas uma ao lado da outra para possibilitar mais trajetórias de queda.

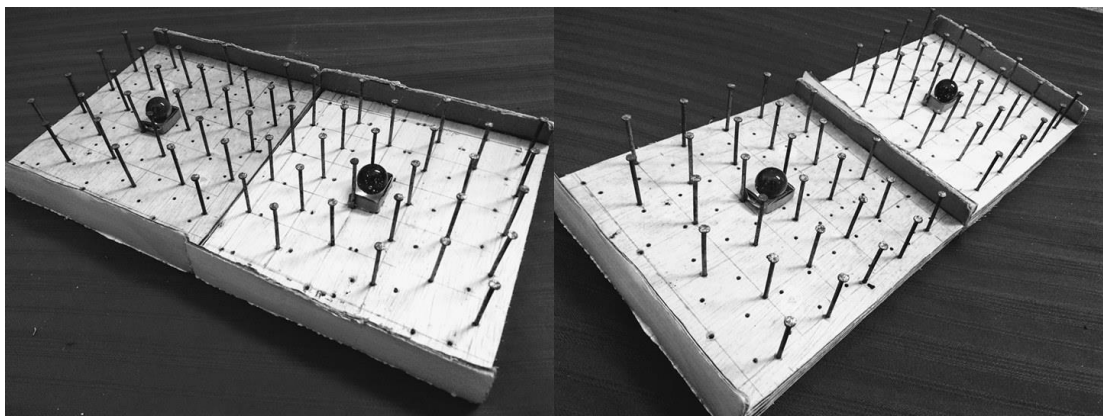


FIGURA 19. A esquerda pode-se ver duas placas em um arranjo do tipo série, enquanto que a direita as mesmas duas placas estão em uma configuração do tipo paralelo.

Por fim, o público colaborador deste trabalho poderá avaliar as relações existentes entre o fluxo de bolinhas e a altura de queda para cada associação, podendo também confeccionar gráficos a fim de avaliar se o comportamento dos sistemas se assemelham ao proposto pela lei de Ohm.

3.5 Compreendendo o alvo e o análogo proposto sob uma perspectiva de TWA

Um dos postos-chave do trabalho é a elaboração de um modelo análogo sob a ótica do TWA, tal como descrito nas linhas anteriores. Nesse sentido, seria conveniente demonstrar a aplicação do modelo análogo em todas as etapas do TWA a fim de analisarmos a viabilidade no uso do modelo análogo em questão. No quadro a seguir, são explicitadas as etapas do processo de ensino com analogias, bem como as relações que se estabelecem entre o alvo e o análogo:

Quadro 12. Etapas do TWA aplicadas ao modelo análogo proposto pelo trabalho.

MODELO TWA
ETAPA 1 – Introduzir o conceito alvo
Quando estabelecida uma diferença de potencial elétrica aos terminais de um circuito elétrico, e conseqüentemente um campo elétrico também é estabelecido, os elétrons livres presentes na rede atômica passam a se mover mais ou menos na mesma direção com uma certa velocidade. Durante seu movimento, os elétrons livres podem vir a se chocar com a estrutura atômica do material, transferindo-lhe energia cinética que pode ser convertida em outras formas de energia pela rede atômica, tal como energia térmica.
ETAPA 2 – Recordar o conceito análogo

Em algumas tábuas de madeira foram colocados pregos em certas posições pré-estabelecidas. Bolinhas de gude de massa m são liberadas de uma altura h para percorrer as placas – tábuas com pregos – após as placas serem inclinadas e se estabelecer uma diferença de potencial gravitacional. As bolinhas irão colidir com os pregos dispostos nas tábuas, de forma que se as placas estiverem em um arranjo do tipo série – uma seguida da outra – o tempo de colisão entre as bolinhas de gude e os pregos será muito curto, ou seja, haverá muitas colisões e o fluxo de bolinhas – quantidade de bolinhas que atravessa as placas em um determinado intervalo de tempo – será menor. Já quando as placas estão dispostas em um arranjo do tipo paralelo, o tempo de colisão das bolinhas com os pregos será maior, ou seja, acontecerão menos colisões e o fluxo de bolinhas será maior.

ETAPA 3 – Identificar as características similares entre o conceito análogo e alvo.

Após estabelecida uma diferença de potencial há o movimento de partículas (elétrons livres ou bolinhas de gude) que se movimentam ao longo de uma estrutura (circuito ou tábuas com pregos) que vem a oferecer obstáculos (estruturas atômicas na rede ou pregos nas tábuas) para o movimento dessas partículas. Em uma configuração do tipo série, os obstáculos se dispõem mais ou menos um seguido do outro, o que faz com o que o tempo de colisão das partículas com os mesmos seja pequeno, ou seja, haja mais colisões. Em uma configuração do tipo paralelo, os obstáculos se apresentam mais espalhados uns dos outros, o que acaba por aumentar o espaço de movimentação das partículas ao longo o sistema e consequentemente aumentar o tempo de colisão.

ETAPA 4 – Projetar as características similares

Alvo	Análogo
Diferença de potencial elétrico.	Diferença de potencial gravitacional.
Elétrons livres se movendo ao longo de uma estrutura atômica.	Bolinhas de gude se movendo ao longo de um conjunto de tábuas com pregos.
Fluxo elétrico – quantidade de linhas de campo elétrico que atravessam a área de uma superfície fechada.	Fluxo mecânico – quantidade de bolinhas que atravessam as placas em um determinado intervalo de tempo.
A condutividade elétrica (σ) é diretamente proporcional ao tempo de colisão (τ) entre os elétrons livres e a rede atômica, ao número de elétrons n e uma constante K¹¹. $\sigma = n \tau K$	A condutividade mecânica do sistema (σ) é diretamente proporcional ao fluxo de bolinhas de gude (φ) que atravessa as placas em um intervalo de tempo t, ao tempo (τ) de colisão das bolinhas com os pregos presentes nas tábuas, e com uma constante C¹² $\sigma = \varphi \tau C$
A condutividade elétrica é inversamente proporcional à resistência elétrica do sistema (R_e): $\sigma \sim \frac{1}{R_e}$	A condutividade mecânica do sistema é inversamente proporcional à resistência mecânica do sistema (R_m): $\sigma \sim \frac{1}{R_m}$

¹¹ Tal constante aparece escrita por extenso nos desenvolvimentos matemáticos presentes na seção 1.14.

¹² Tal constante engloba fatores como a disposição dos pregos ao longo das tábuas a quantidade de pregos presentes, a altura de onde as bolinhas são abandonadas, o número de placas e outras características.

ETAPA 5 – Tirar conclusões sobre os conceitos

A condutividade do material está ligada ao tempo de cada colisão das partículas – elétrons livres ou bolinhas de gude – com os obstáculos presentes na estrutura do material – átomos da rede cristalina ou pregos dispostos na tábua – e é inversamente proporcional a resistência do sistema.

Em uma associação do tipo série, o tempo de colisão é muito curto, ou seja, há muitas colisões em um curto intervalo de tempo, e conseqüentemente, a passagem das partículas é prejudicada, acabando por repercutir em uma baixa condutividade do material, e conseqüentemente em uma alta resistividade do sistema.

Já em uma associação do tipo paralelo o tempo de cada colisão é muito longo, visto as diversas possibilidades por onde as partículas podem vir a se mover, e conseqüentemente a condutividade do sistema é alta, o que implica por consequência também em uma baixa resistência do sistema.

ETAPA 6 – Indicar onde a analogia deixa de funcionar

O fluxo mecânico de bolinhas remete a quantidade de bolinhas que atravessa a estrutura de placas por unidade de tempo, já o fluxo elétrico remete a quantidade de linhas de campo elétrico que atravessa uma superfície fechada, ou seja, um fluxo remete ao movimento de matéria enquanto o outro remete as linhas de um campo vetorial.

A condução elétrica nos materiais também depende da temperatura, visto que a

energia térmica também influencia o movimento dos elétrons e quando estes se chocam com os átomos da rede, acabam lhe transferindo energia cinética que pode ser convertida – e na maioria das vezes acontece – em energia térmica. No análogo, essa particularidade não ganha nenhum equivalente, visto que a energia térmica adquirida pelos pregos durante uma colisão não chega a produzir efeitos tão perceptíveis.

A disposição organizada dos obstáculos também é um ponto que merece um pouco de atenção, visto que até mesmo para o alvo em questão a estrutura cristalina é tida apenas como um arranjo organizado de átomos no material, mas as mesmas podem ter algumas classificações como cúbica de face centrada, cúbica de corpo centrado e outras estruturas, onde os espaços entre os atômicos pode variar.

FONTE: O autor (2017)

3.6 Vendo o análogo proposto como uma sugestão de intervenção didática para a sala de aula

Um ponto interessante deste trabalho é sem dúvida a possibilidade de tomar a proposta experimental elucidada na ETAPA 2 a fim de servir como um modelo análogo para os estudos de circuitos, corrente elétrica, resistência de matérias, e outros conteúdos de mesma natureza.

Mesmo que inicialmente o aparato descrito venha na ideia de servir de aporte para as discussões do GRUPO B ao longo da etapa 2, o mesmo modelo poderia ser muito bem utilizado pelos professores nas suas aulas para a elucidação dos conceitos listados em linhas anteriores, até porque o mesmo, experimentalmente falando, pode ser agregado aos estudos sobre a lei de ohm e resistores ôhmicos.

Neste viés, seguem dois gráficos a fim de demonstrar o comportamento do aparato usado na ETAPA 2, no que condiz a um fluxo de bolinhas que atravessa diferentes configurações das plaquinhas com pregos.

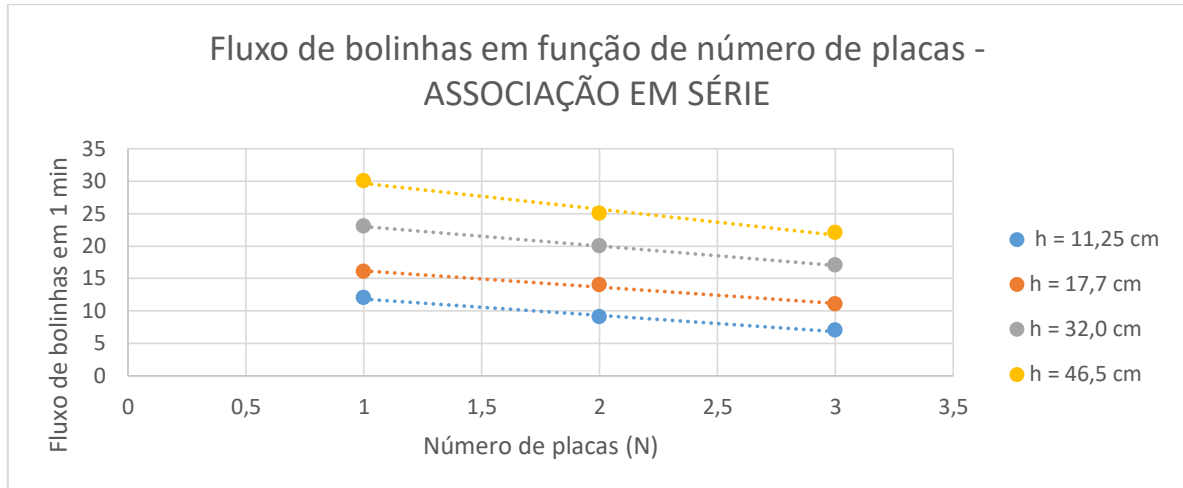


FIGURA 20. Resultados gráficos condizentes com a associação das placas em um modelo do tipo série.

FONTE: O autor (2017)

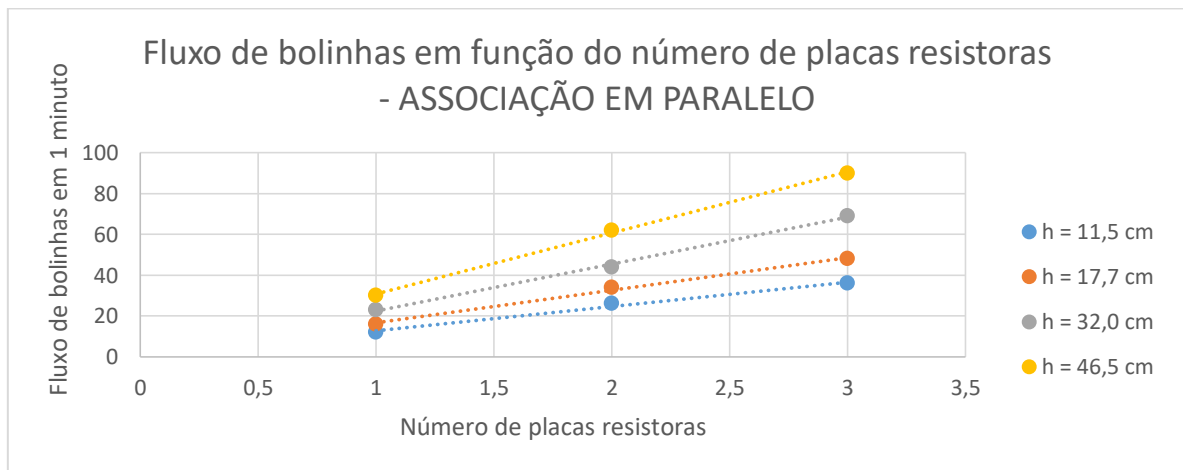


FIGURA 21. Resultados gráficos condizentes com a associação das placas em um modelo do tipo paralelo.

FONTE: O autor (2017)

Em suma, os gráficos oriundos do modelo análogo, se demonstram muito bom quando comparados aos da lei de Ohm para circuitos elétricos, onde a inclinação das retas representam a condutividade mecânica do sistema, ao mesmo tempo em que concorda muito bem com o modelo de Drude para a matéria, onde a quantidade de obstáculos presentes nas placas são análogos a resistência do material.

Nesse sentido, tal proposta pode ser vivenciada e usufruída muito bem pelos professores e alunos, não apenas nos cursos de formação de professores,

mas como até mesmo pelos professores e alunos da Educação básica, além da acessibilidade dos materiais, visto que são necessários apenas, placas de madeiras, pregos e bolinhas de gude, aproximadamente com a mesma forma e massa, o que não é difícil de se encontrar.

Para efeitos de comparação foram confeccionados gráficos ilustrando a resistência equivalente para um conjunto de resistores ôhmicos – $20\ \Omega$ de resistência – associados em série e em paralelo na intenção de se ver o comportamento gráfico em cada associação e a concordância com o aporte teórico presente no trabalho.

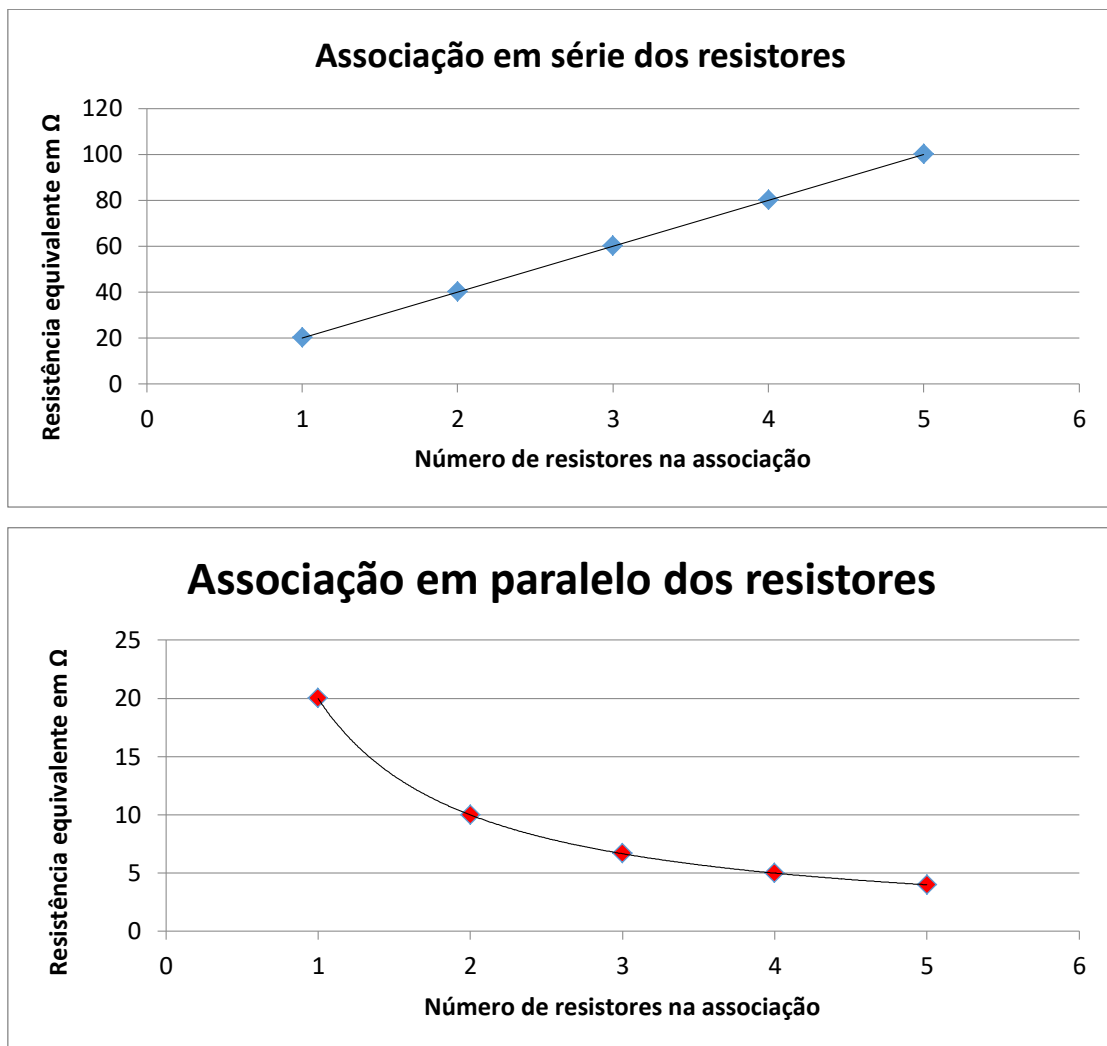


FIGURA 22. Resultados gráficos oriundos da associação de resistores de 20Ω tanto na configuração tipo série quanto em paralelo.

FONTE: O autor (2017)

É perceptível uma excelente aproximação entre este último gráfico e o aporte teórico expresso na lei de Ohm. Uma vez que a associação em série varia linearmente com n (número de resistores na associação) enquanto que a associação em paralelo varia com $1/n$ e que a resistência equivalente do sistema é representada pelas inclinações das retas, enquanto que nos gráficos do análogo as inclinações representam a condutividade do sistema. No entanto, seria importante se perceber que em ambos os casos as associações em série oferecem mais resistência ao sistema enquanto que as associações em paralelo oferecem uma melhor condutividade para o mesmo, além do aspecto linear que ambos – tanto o análogo quanto o evento experimental do autor – apresentam.

3.7 A etapa 3 e a esperança em mudanças conceituais significativas

Após toda a vivência dessas estratégias didáticas, foi posto um pós teste – duas semanas após a vivência da abordagem experimental – com uma nova situação problema, onde os alunos deveriam responder a situação problema da maneira mais detalhada possível (com gráficos, desenhos, exemplos, etc.)

A situação problema em questão para esse terceira etapa seria a mesma que a presente na etapa 1, mas agora analisa-se uma perspectiva mais detalhada e microscópica da situação.

Ao fim de todo esse trabalho, será analisado as respostas dos alunos antes e depois das abordagens vivenciadas, bem como quais as diferenças encontradas pelas respostas dos alunos que participaram de diferentes grupos, avaliando também a construção cognitiva que eles fizeram, tais como a construção de analogias, estruturas análogas, e se as mesmas podem ser usadas como organizadores prévios e se favorecem também a uma mudança conceitual agregada a uma aprendizagem significativa correta dos conceitos.

3.8 Pensando nas asserções de valor e de conhecimento da pesquisa

Ao dar início ao uma proposta de pesquisa, o pesquisador já carrega consigo algumas esperanças de como será o seu trabalho e de como o público de pesquisa – ou em alguns casos, o objeto de pesquisa – irá corresponder as suas expectativas. Com este trabalho não seria diferente.

Toda a literatura que discorre sobre algum trabalho com a mesma perspectiva deste, já dá alguns indícios de alguns comportamentos que podem vir a surgir. Somando as experiências pessoais do autor deste trabalho, é possível esperar que os alunos, tanto do GRUPO A quanto do GRUPO B apresentem respostas bem semelhantes no que condiz a construção da estrutura análoga para responder as situações.

Provavelmente, espera-se que os alunos irão construir estruturas análogas envolvendo fluidos, onde a bateria será comparada a uma fonte de água (PAZ, 2007). O circuito será comparado a uma série de canos, por onde a corrente elétrica, o fluido, ou água, nesse caso, poderá fluir; as lâmpadas serão comparadas a algum moinho ou pá hidráulica, que entrará em funcionamento assim que o fluido, água, passar por elas.

Mesmo que possa parecer simples, tal construção de analogias é complicada, e essa mesma visão de comparar a eletricidade com um fluido não é coisa nova (PAZ, 2007). Na verdade, essa perspectiva de se comparar tais domínios é o que ocorre usualmente na sala de aula e no pensamento dos alunos, que podem vir a reproduzir estruturas de pensamento antigas, desde o tempo de Aristóteles (PIRES, 2011; ROCHA, 2015).

Por fim, espera-se que os resultados, mesmo que não venham a corresponder às expectativas colocadas em linhas anteriores, venham a causar reflexões positivas nos alunos que participaram da pesquisa e que futuramente serão docentes, tanto quanto naqueles que um dia lerem este trabalho e possam se aventurar nas mesmas ideias que as presentes nesta pesquisa.

4 ANALISANDO OS RESULTADOS DA PESQUISA E ORGANIZANDO AS CONSTRUÇÕES

Após toda a discussão teórica e metodológica presentes nos capítulos anteriores e que embasam as ações deste trabalho é chegado o momento de observar, analisar e posteriormente dar um tratamento adequado e organizado para os construtos obtidos com a vivência das atividades.

4.1 Entendo a proposta de categorização da pesquisa

Para a melhor organização e entendimento dos resultados obtidos, serão feitas duas categorizações. A primeira abordará a natureza das respostas em seu sentido físico e conceitual, enquanto que a segunda abordará a natureza da construção das analogias feitas pelos estudantes durante esta etapa.

Para a primeira categorização, as respostas foram divididas em quatro categorias sendo estas conforme o quadro a seguir:

QUADRO 13. Categorias usadas para o tratamento das respostas

TIPO	ESPECIFICAÇÕES
TIPO 1	Construtos fisicamente corretos – aqui os estudantes elaboram construções com erros conceituais mínimos e que teoricamente concordam com o modelo teórico apresentado na seção 1.9. Ex: <i>“O circuito todo funciona como uma pista de corrida repleta de obstáculos onde dependendo do material pode haver mais ou menos obstáculos. Os elétrons, que são estruturas bem pequenas e que fazem parte de toda a matéria, são como os corredores que vão enfrentar essa corrida. Mas alguns largam, na maior parte, de posições de diferentes já que eles se encontram distribuídos por todo o material[...]”</i>

TIPO 2	Construções com erros conceituais leves – Aqui os estudantes já apresentam pequenos erros conceituais em suas construções. E tal categoria ainda pode se subdividir em TIPO 2 (A) quando o estudante não explica o mecanismo da situação e TIPO 2 (B) , quando o estudante explica o mecanismo da situação. Ex: <i>“O circuito funciona como um encanamento, onde existem partículas chamadas de elétrons que se movimentam pelo circuito[...] e tal como água que pode movimentar um pistão, ao chegar ao filamento da lâmpada, os elétrons a fazem acender”.</i>
TIPO 3	Respostas com erros conceituais moderados – Aqui os estudantes explicam a situação problema e usam termos técnicos em suas explicações, ao mesmo tempo em que agregam conceitos errados ou equivocados a suas explicações. E tal categoria ainda pode se subdividir em TIPO 3 (A) quando o estudante não explica o mecanismo da situação e TIPO 3 (B) , quando o estudante explica o mecanismo da situação. Ex: <i>“A pilha funciona como uma fonte de potencial redutor que gera uma corrente elétrica fazendo com que a lâmpada acenda”.</i>
TIPO 4	Respostas com erros conceituais graves – Aqui os estudantes fogem completamente a proposta da situação problema, ou mesmo suas respostas apresentam erros conceituais demasiadamente graves. Ex: <i>“imagine o circuito como um fogão a gás. A pilha é como o botijão a gás, pois a mesma fornece tudo de necessário pra fazer o circuito funcionar, já que não tem nada nele”.</i>

4.1.1 Comentando os resultados da etapa 1: Analogias como estratégia de levantamento de concepções espontâneas

Levando em consideração tal categorização expressa em linhas anteriores os resultados da etapa 1 se demonstram dispostos e organizados da seguinte forma:

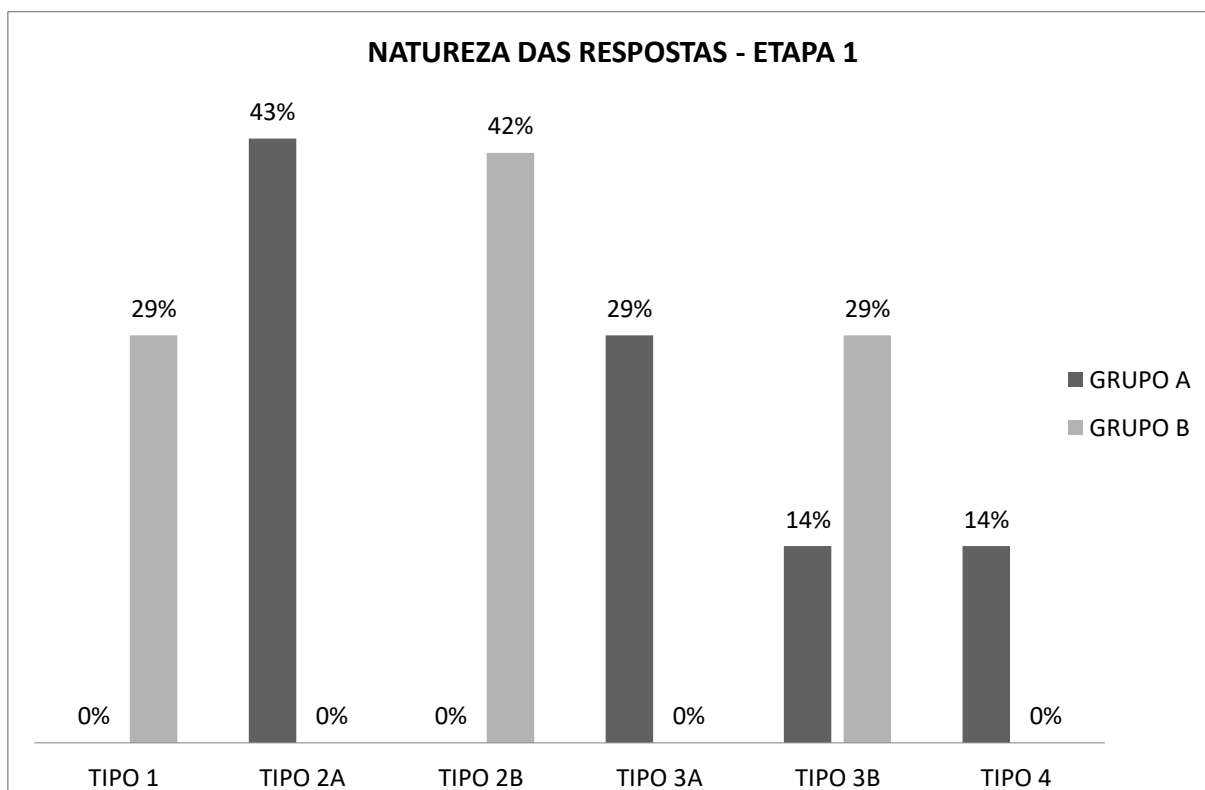


FIGURA 20. Resultados gráficos da ETAPA 1. No lado esquerdo percebemos a natureza gráfica das respostas do GRUPO A, enquanto que no lado direito vemos a natureza gráfica das respostas do GRUPO B.

FONTE: O autor (2017)

É perceptível que no GRUPO A, ou seja, no grupo de estudantes que estão pagando a disciplina no semestre, a maioria dos alunos apresenta erros conceituais leves, mas ainda sim, suas respostas não dão conta de explicar os mecanismos presentes na situação problema. Tal como no escrito pelo ALUNO 1:

ALUNO 1 – *“Existem partículas chamadas de elétrons que se movimentam pelo circuito[...] ao chegar ao filamento da lâmpada, os elétrons a fazem acender”.*

É perceptível, ainda neste grupo, que a segunda maior parcela do gráfico corresponde a um conjunto de alunos que apresentam erros conceituais moderados¹³. Tal como nos escritos do ALUNO 3:

ALUNO 3 – *“A pilha é uma fonte de potencial redutor que gera uma corrente elétrica fazendo com que a lâmpada acenda”.*

O aluno em questão atrela à pilha, equivocadamente, a capacidade de gerar – em outra estrutura como um átomo, por exemplo – a capacidade de ganhar elétrons, isso quando o mesmo trata a pilha como uma fonte de potencial redutor, daí o erro conceitual atrelado a um jargão técnico que não se adequa a situação.

Já se tratando do GRUPO B, que corresponde ao grupo de alunos que já cursou a disciplina, a maior parcela do gráfico corresponde a respostas com erros conceituais leves¹⁴, ao mesmo tempo o que os alunos explicam os por menores presentes na situação problema. Tal como nos escritos do ALUNO 8:

ALUNO 8 – *“Os elétrons fluem ao longo do circuito, e ao chegarem na lâmpada, encontram toda a resistência do circuito, e ela por sua vez aquece, e irradia energia na forma de luz”.*

O aluno em questão comete um pequeno equívoco ao dizer que TODA a resistência do circuito se encontra na lâmpada, desprezando o fato que o próprio circuito oferece – em sua estrutura – alguns obstáculos a passagens dos elétrons.

É interessante observar também, que é neste grupo que surge as primeiras respostas TIPO 1 onde os estudantes conseguem explicar a situação

¹³ Conceitos com significados equivocados agregados a termos técnicos.

¹⁴ São erros conceituais onde há uma pequena confusão na apresentação/elaboração dos conceitos apresentados.

problema ao mesmo tempo em que suas respostas não apresentam erro conceituais, ou se apresentam, são mínimos. Tal como nos escritos do ALUNO 10:

ALUNO 10 – *“É interessante entendermos que existem partículas chamadas de elétrons [...] ao mesmo tempo em que é interessante perceber que não podemos dizer que os elétrons fluem ao longo do circuito, já que os mesmos não apresentam as mesmas características que um fluxo de água”.*

De modo geral, para ambos os grupos, é perceptível que a maioria dos estudantes apresentou respostas agregadas a erros conceituais, sejam leves ou graves¹⁵, ao mesmo tempo em que não explicam os por menores da situação problema, o que de certa forma, e a primeira vista, pode soar preocupante, pois a maioria dos alunos demonstra não conseguir atender as expectativas de uma situação problema, aparentemente corriqueira em sala de aula.

Tratando agora do levantamento e crítica em cima das estruturas análogas desenvolvidas pelas estudantes, sob uma ótica de TWA é interessante que em sua maioria ambos os grupos se valeram de estruturas análogas, explicitaram o conceito alvo e levantaram os conceitos similares. No entanto, essa mesma maioria não foi capaz de finalizar o processo deixando claro onde as estruturas análogas usadas deixam de funcionar, ou mesmo, concluíram o seu raciocínio, deixando muitas lacunas conceituais.

¹⁵ Erros conceituais onde a estrutura apresenta equívocos que se distanciam bastante das propostas teóricas tidas como corretas para o evento em questão e que podem vir a comprometer a aprendizagem.

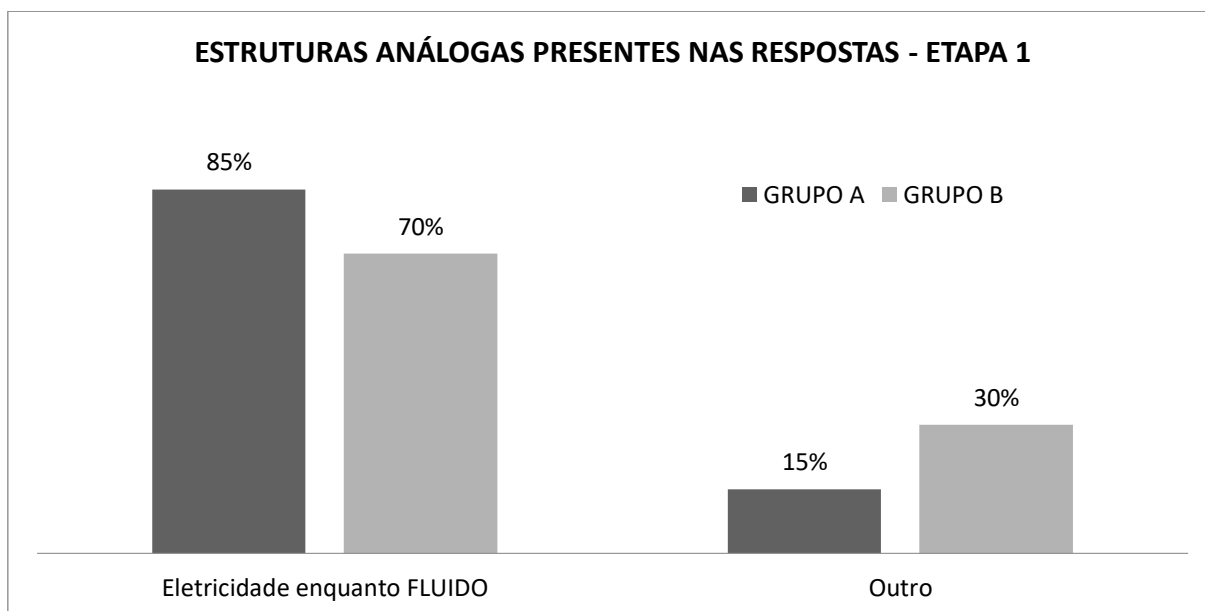


FIGURA 21. Resultados gráficos da ETAPA 1. No lado esquerdo percebemos a natureza gráfica das estruturas análogas do GRUPO A, enquanto que no lado direito vemos a natureza gráfica das estruturas análogas do GRUPO B.

FONTE: O autor (2017)

Em sua maioria, as estruturas análogas usadas por ambos os grupos voltaram a uma perspectiva de eletricidade enquanto um fluido, e o circuito como um conjunto de canos por onde a eletricidade e os elétrons podem fluir. Tal como nas seguintes passagens:

ALUNO 7 – *“Imagine que a pilha funciona como sendo uma torneira que sai uma água muito especial chamada de energia elétrica. Essa energia vai fluindo pelos canos, que aqui a gente chama de circuito elétrico. Quando essa energia chega a lâmpada faz ela acender”.*

ALUNO 12 – *“Esse circuito apresentado, nada mais é do que uma série de canos por onde a energia que vem da pilha pode fluir livremente. Quando essa energia encontra duas lâmpadas, uma na frente da outra, ela perde força quando passa pela primeira lâmpada pra depois passar na segunda, o resultado é que a primeira lâmpada brilha mais forte que a segunda.”*

Mas como apresentado e exemplificado em linhas anteriores, mesmo que a primeira vista tal estrutura de comparação seja muito usada, a mesma carrega

erros conceituais que devem ser levados em consideração, feito esse que infelizmente a maioria dos estudantes não conseguiu transparecer em suas respostas, ou mesmo fugiram completamente a proposta da atividade, tal como apresentado pelo aluno 2:

ALUNO 2 – “A pilha funciona como um liquidificador, onde os elétrons podem adquirir mais velocidade e assim ganhar mais energia antes de se movimentar pelo circuito”.

4.1.2 Comentando os resultados da etapa 3: Uso de um modelo análogo como estratégia para mudanças conceituais

Seguindo a mesma estrutura de categorização e discussão de resultados como o posto para a primeira etapa, seguem os resultados em gráfico da etapa após cada grupo vivenciar a proposta didática explicitada no capítulo 2 deste trabalho.

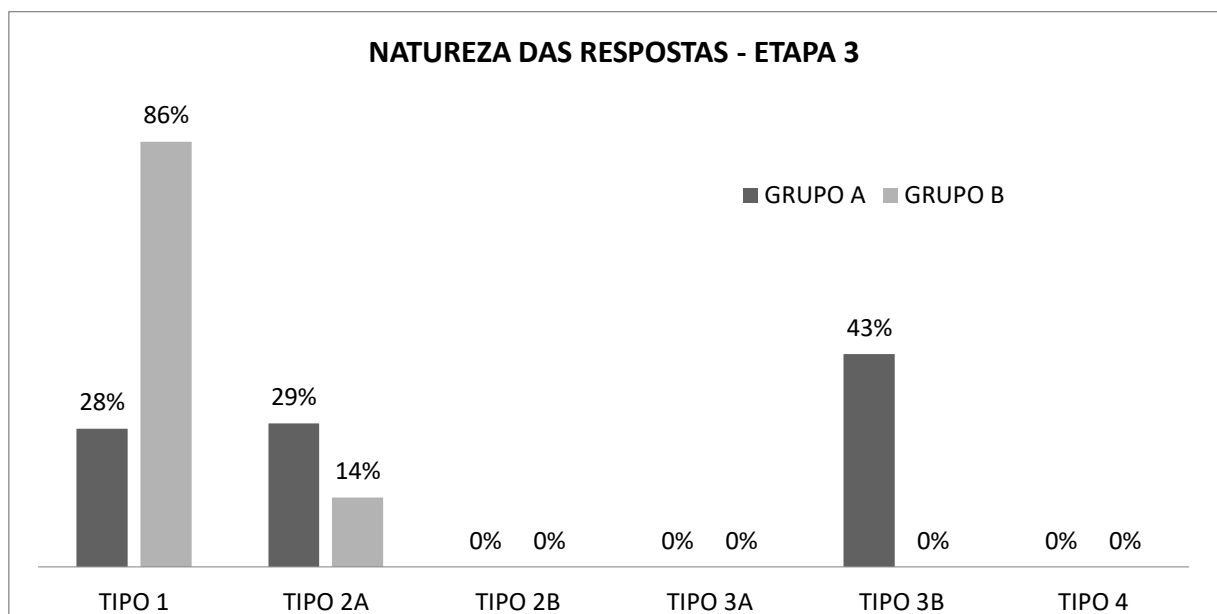


FIGURA 22. Resultados gráficos da ETAPA 3. No lado esquerdo percebemos a natureza gráfica das respostas do GRUPO A, enquanto que no lado direito vemos a natureza gráfica das respostas do GRUPO B.

FONTE: O autor (2017)

É perceptível em ambos os grupos uma mudança quase que radical na natureza das respostas apresentadas, especialmente no que condiz a um aumento da parcela de respostas do TIPO 1, o que nos possibilita uma visão onde a maioria dos estudantes conseguiu apresentar respostas sem erros conceituais e de uma maneira bastante acessível.

Em relação ao GRUPO A os resultados se mostram bastante animadores, especialmente pela não apresentação de respostas na categoria TIPO 4, e pelo aparecimento, pela primeira vez, tanto de respostas TIPO 1, quanto em um aumento na parcela de respostas do TIPO 2A onde os alunos apresentam erros conceituais leves.

O que chama a atenção, ainda nos resultados deste grupo é a permanência e aumento no número de respostas do TIPO 3B, onde uma boa parcela dos alunos apresenta construtos com significados – atribuídos aos termos técnicos – de forma equivocada, ou mesmo em um contexto que não dialoga bem com a proposta conceitual colocada nas seções teóricas deste trabalho (seção 1.9). Esse fato fica evidente em respostas tal como as linhas apresentadas pelo ALUNO 5:

ALUNO 5 – *“A fonte funciona como uma fonte de densidade de corrente, onde o fluxo eletrônico é levado ao longo do circuito por uma diferença de potencial V que aumenta a velocidade de deriva dos elétrons”.*

O aluno em questão trás termos como densidade de corrente elétrica, fluxo eletrônico, diferença de potencial e velocidade de deriva, mas os interpreta de forma equivocada, onde, por exemplo, ele interpreta a pilha como uma fonte de densidade de corrente ao invés de fornecer diferença de potencial.

Já no GRUPO B, os resultados transparecem um aumento significativo nas respostas do TIPO 1 ou mesmo do TIPO 2A, o que demonstra uma evolução na natureza das respostas apresentadas pelos estudantes, onde as mesmas apresentam uma estrutura com (leves) erros conceituais (ou mesmo com ausência) após a vivência da proposta análoga oferecida por este trabalho. Uma das possíveis leituras que se pode fazer é que a possibilidade de se viver abordagens didáticas

que fogem um pouco da proposta de aula expositiva, com resoluções de problemas, demonstram um bom potencial para o desenvolver da aprendizagem.

Perceba que mesmo o GRUPO B já tendo vivenciado os conteúdos da disciplina, durante a ETAPA 1, uma boa parcela dos alunos apresentaram respostas atribuindo significados de forma equivocada aos termos técnicos, mas após a vivência da proposta deste trabalho, as respostas demonstraram uma evolução deveras significativa, tal como no apresentado em linhas pelo aluno 13:

ALUNO 13 (CONSTRUÇÕES NA ETAPA 1) – *“A pilha, fonte, funciona como uma fonte de diferença de potencial responsável por organizar completamente o movimento dos elétrons de um ponto a outro do circuito. Ao chegar na lâmpada, a densidade de corrente na mesma é muito grande e assim a quantidade de energia que ela recebe é muito alta. O resultado disso é que ela esquentar e acaba emitindo energia luminosa.”*

É perceptível que o aluno apresenta equivocadamente ideia de que a pilha organiza completamente o movimento dos elétrons ao longo do circuito, bem como agrega um significado equivocado ao termo densidade de corrente, especialmente quando este diz que é a densidade de corrente que chega a lâmpada. No entanto, após a abordagem análoga proposta por este trabalho, o mesmo aluno já apresenta construções um pouco melhores que na ETAPA 1:

ALUNO 13 (CONSTRUÇÕES NA ETAPA 3) – *“Primeiramente é interessante que as pessoas possam entender que todas as coisas são formadas por estruturas bem pequenas, a qual chamamos de átomos, e que nesses mesmos átomos existem estruturas ainda menores chamadas de elétrons. Quando temos um grande número de elétrons que podem vir a se mover, e além disso, todos passam a se mover mais ou menos na mesma direção e no mesmo sentido em um movimento quase que ordenado, temos o que chamamos de corrente elétrica. [...] Os fios do circuito, pode ser vistos como um corredor por onde esses elétrons podem se movimentar, mas dependendo do material, esse corredor pode apresentar alguns obstáculos a passagem desses elétrons”.*

Aqui o aluno já enriquece um pouco mais as suas construções e atenta para o fato de que alguns elétrons – elétrons livres – podem vir a se mover mais ou menos na mesma direção em um movimento quase que ordenado, ao mesmo tempo em que explica alguns termos que o mesmo usa. No entanto, ele acaba esquecendo-se de colocar uma significância no que condiz aos elétrons já apresentam em sua maioria um movimento aleatório antes mesmo de estabelecer-se uma diferença de potencial, ao mesmo tempo em que ele não cita nenhum agente responsável pelo tal movimento quase ordenado dos elétrons. Resultado, a sua construção ainda apresenta algumas lacunas conceituais.

Já se tratando de uma perspectiva de construção e uso e analogias, os grupos também demonstraram uma melhora nas suas construções, onde uma boa parcela pode enxergar e até mesmo rever as construções feitas nas etapas anteriores. De modo geral, temos:

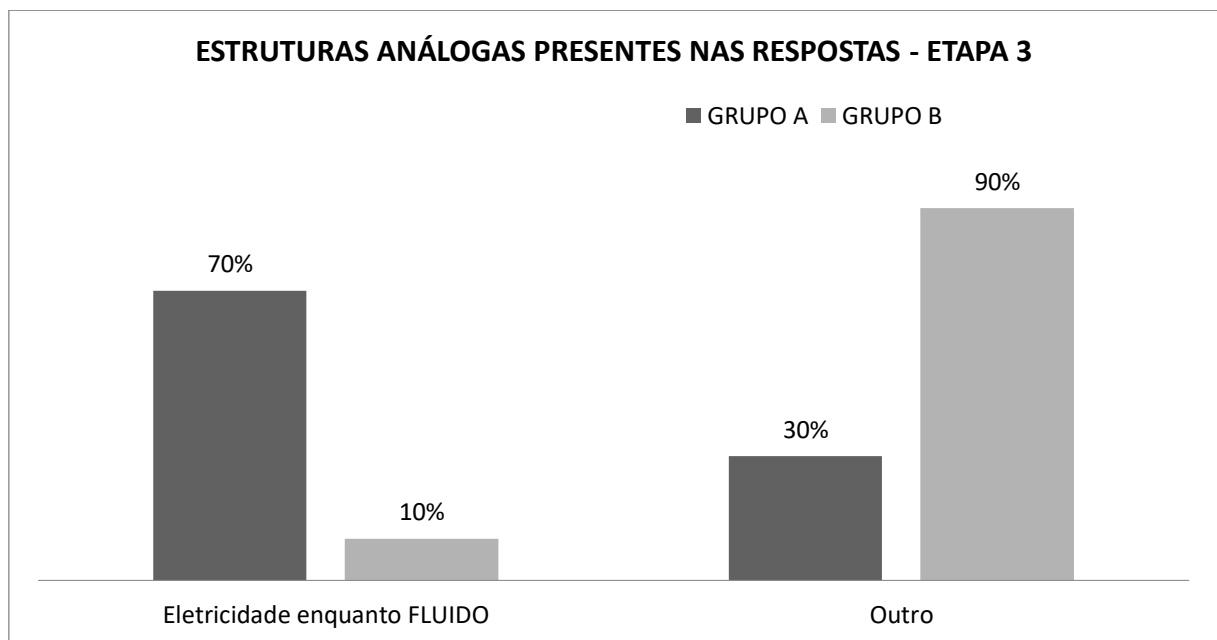


FIGURA 23. Resultados gráficos da ETAPA 3. No lado esquerdo percebemos a natureza gráfica das estruturas análogas do GRUPO A, enquanto que no lado direito vemos a natureza gráfica das estruturas análogas do GRUPO B.

FONTE: O autor (2017)

Em suma, as construções dos estudantes, algumas se voltam ainda para a eletricidade enquanto fluido, especialmente as construções do GRUPO A, o

que novamente, apontamos como sendo algo preocupante, já que conceitualmente tal visão ainda carrega uma carga conceitual equivocada, tal como nas linhas apresentadas pelo aluno 4:

ALUNO 4 – “[...] A pilha seria como uma caixa d’água cheia de elétrons e o circuito como um encanamento completamente vazio, de forma que ao se fechar a chave do circuito, todos os elétrons podem fluir da pilha para o circuito”.

O aluno em questão apresenta um equívoco conceitual a partir do momento em que ele diz que todos os elétrons estão presentes na pilha e que o circuito em si funciona como um encanamento completamente vazio, deixando de lado a ideia de que o próprio circuito apresenta elétrons livres em sua estrutura.

E em uma perspectiva de TWA mais uma vez os estudantes cumprem bem as primeiras etapas do processo, mas não concluem o processo todo, especialmente no que confere a apresentar os limites das analogias, etapa 6 do TWA, o que mais uma vez é preocupante, já que demonstra uma postura pouco reflexiva dos estudantes, e futuros docentes, perante as suas próprias respostas.

Já se tratando das respostas do GRUPO B apresentaram construções análogas muito boas, especialmente quando tomadas as considerações pelo aparato análogo proposto pelo trabalho em questão, e que conceitualmente são bem adequadas ao modelo conceitual proposto pela atividade e que melhor descreve o comportamento dos elétrons. Algumas construções são bem interessantes, tal como as levantadas pelo aluno 14.

ALUNO 14 – “O circuito todo funciona como uma pista de corrida repleta de obstáculos, onde dependendo do material pode haver mais ou menos obstáculos. As próprias lâmpadas são obstáculos. Os elétrons, que são estruturas bem pequenas e que fazem parte de toda a matéria, são como corredores que vão enfrentar essa corrida. Mas alguns largam, na maior parte, de posições de diferentes já que eles se encontram distribuídos por todo o material. Quando temos muitos elétrons se movimentando em conjunto, e mais ou menos na mesma direção, temos o que chamamos de corrente elétrica. A pilha funciona como alguém responsável

por dar início a corrida e organizar esses os elétrons para que eles se movimentem mais ou menos na mesma direção. Quando eles se chocam com os obstáculos (lâmpadas), os elétrons irradiam energia, e tal energia esquentam os obstáculos, mas esquentam de tal forma que o material passa a irradiar luz”.

O aluno em questão trás boas construções conceituais e que se adequam muito bem ao apresentado nas seções teóricas. O aluno esclarece que a resistência é uma característica do material em questão, daí que a quantidade de obstáculos vai depender de cada material. O mesmo trás também a questão da transferência de energia dos elétrons para os obstáculos e a conversão desta em outra forma de energia.

No entanto, o mesmo aluno acaba por desconsiderar que antes do movimento ordenado, ou mais ou menos ordenado, os elétrons já se movimentam aleatoriamente dentro do material, ao mesmo passo que esquece de salientar que quando estabelecida uma diferença de potencial os elétrons adquirem uma direção preferencial de movimento, o que nos diz que eles se movimentam mais ou menos em uma certa direção e não em um movimento completamente ordenado. Resultado, as suas construções ainda apresentam algumas lacunas conceituais.

ALUNO 14 – *“[...] Quando as lâmpadas estão dispostas uma atrás da outra, os obstáculos estão seguidos um atrás do outro, e assim, quando os elétrons se chocam com o primeiro, eles já perdem energia e chegam ao segundo obstáculo com uma segunda energia menor que aquela que chegaram quando bateram no primeiro obstáculo, por isso, em uma associação em série uma das lâmpadas brilha mais que a segunda”.*

Novamente o aluno se expõe de uma forma que se adequa bem ao posto no arcabouço teórico levantado em páginas anteriores. Agora ele já trás a ideia de que os elétrons livres quando se movimentam em uma associação em série, eles vão perdendo energia na medida em que vão se chocando com os obstáculos presentes, e que a quantidade de energia que o elétron possui ao se chocar com um obstáculo é menor que a quantidade que ele tinha ao se chocar com o obstáculo anterior.

Já em uma perspectiva de análise segundo o TWA fica evidente que a maioria dos alunos do GRUPO B conseguiu executar muito bem todas as etapas do processo, especialmente as etapas finais, onde os mesmos elencaram os limites da analogia criada, e aqui, se incluem também aqueles que ainda sim decidiram usar uma abordagem análoga de comparar a eletricidade enquanto fluido, o que demonstra uma maturidade conceitual, e até mesmo uma maturidade em sua postura docente, especialmente no que concerne a aceitar as limitações de seu discurso e demonstrar essas limitações para aqueles que ouvem ou leem as suas respostas, tal como nas entrelinhas do aluno 11:

ALUNO 11 - *“Mesmo talvez não sendo o melhor jeito de explicar, ou mesmo não sendo o mais correto, eu vou pelo didaticamente mais fácil, e novamente comparar o circuito da situação com uma série de canos, mas levando em conta tudo aquilo que discutimos, e mostrar onde essa explicação deixa de ser adequada [...]”*

O aluno em questão tem ciência de que a abordagem usada pode vir a apresentar erros conceituais, mas a usa na esperança desta ser mais acessível. No entanto, só pelo fato de já tomar ciência desta situação já é perceptível que o mesmo apresenta uma maturidade perante a sua postura enquanto profissional ao assumir os limites que a sua abordagem tem.

No mais, os alunos demonstraram ao longo de todas as etapas, construções bastante interessantes e que podem ser exploradas, tanto na ideia de levantamento de concepções espontâneas quanto na perspectiva de se tentar perceber uma mudança conceitual ao longo da vivência dos processos de aprendizagem.

A principal diferença que se observa nas construções dos alunos do GRUPO B em comparação com os alunos do GRUPO A e que dialogam com a proposta análoga proporcionada pelo trabalho, sem dúvida, está na mudança conceitual que o grupo apresentou, e assim, o modelo análogo proposto pela pesquisa se demonstrou favorável como um organizador prévio a uma aprendizagem mais correta dos conceitos. As construções se demonstraram muito boas, mesmo contendo algumas poucas lacunas conceituais, mas quando

comparadas as do GRUPO A, sem dúvida, os conceitos apresentados concordam muito bem com aporte teórico, e as lacunas conceituais ainda existentes podem ser facilmente seladas.

Cabe então como uma sugestão a ser usada pelo professor, que o mesmo possa estar mais receptivo a abordagens de mesma natureza que as usadas neste trabalho para que o mesmo não deixe passar a oportunidade de conhecer mais ainda o pensamento e os conceitos que os seus alunos trazem e de usa-los para um desenvolver mais saudável e correto da aprendizagem.

5 Reflexões e comentários finais sobre a pesquisa

Por fim, seguem as considerações finais do trabalho, bem como uma série de comentários a respeito do feedback de cada etapa, e até uma explanação a mais sobre as propostas didáticas que tal trabalho apresentou e as possíveis aplicabilidades que as mesmas podem vir a ter na sala de aula.

5.1 Relembrando um pouco as perspectivas do trabalho

Uma das intenções do trabalho foi, sem dúvida, a de analisar o desenvolver e a repercussão que a formação dada aos licenciandos em Física tem perante os próprios alunos, analisando se as vivências que eles têm nas disciplinas são suficientes para que os mesmos possam atuar e perpetuar o conhecimento adquirido, transpondo-o didaticamente e que o mesmo possa ser acessível a qualquer pessoa.

Uma das primeiras leituras que pode-se ter e que sem dúvida deixa uma reflexão não só para os alunos, mas para todos aqueles que leem este trabalho bem como fazem parte do curso de Física, é que infelizmente uma boa parte da formação dada não supre o papel de subsidiar os alunos para a processo de aprendizagem em sala de aula.

Um ponto a favor para este ponto de vista é o grande número de respostas com o uso de termos técnicos agregados a conceitos errados, visto que o instrumento de coleta de dados, nesse caso os questionários, deixa explícito e em letras garrafais, para que a resposta seja acessível a qualquer pessoa, inclusive para aquelas pessoas que não são da área de Física.

O resultado é um discurso, a primeira vista, bem complicado, muitas vezes confuso até demais, e extremamente longe de ser usufruído pelo leitor, o que é deveras preocupante para um curso de formação de professores, levando a outros questionamentos que possam a vir desencadear outros estudos: Que tipo de profissional curso de Física Licenciatura está formando? Por que os nossos alunos não estão sendo capazes de fazer um processo de transposição didática acessível a qualquer pessoa?

5.2 As considerações finais da pesquisa

Este momento, sem dúvida, foi um dos mais significativos para todo o trabalho, visto o engajamento e participação de todos os envolvidos nas atividades. Em vários momentos, todos os alunos de todos os grupos, se demonstraram acessíveis para discussões e reavaliações das próprias respostas e estruturas usadas nos momentos anteriores, o que mais uma vez demonstra uma maturidade profissional e docente.

A partir do momento em que os mesmos tiveram contato com as opiniões e discussões levantadas pelos outros, deu-se início um ótimo processo de construção de conhecimento, pois foi neste mesmo momento, que os estudantes demonstraram um bom lado reflexivo, argumentativo, cooperativo e até mesmo receptivo para a vivência de novas estratégias didáticas que não sejam as tradicionais, o que demonstra um espírito de um profissional crítico e aberto a mudanças que gerem boas reflexões, características muito importantes que devem ser cada vez mais afloradas nos cursos de formação de professores.

No mais, é esperado que este trabalho possa despertar inúmeras outras discussões e inquietações da mesma natureza, pois é gritante que os cursos de formação de professores também não estão nos seus melhores dias, tal como a educação e ensino como um todo, e cabe aqui dirigir uma atenção especial para o ensino e a aprendizagem de Física, em todos os níveis.

Que este trabalho, tal como as reflexões presentes, possam despertar mais e mais reflexões sobre a possibilidade de se expandir o horizonte criativo no que condiz a estratégias didáticas para o ensino e a aprendizagem dos conteúdos de Física.

Lógico que as estratégias tradicionais também têm seu papel importante nos cursos de formação de professores e nas salas de aula da Educação Básica, até porque as mesmas continuam sendo estratégias de ensino e tem a sua parcela de colaboração nos processos de aprendizagem. No entanto, seria interessante que os processos de ensino e aprendizagem, também acompanhassem as mudanças que a sala de aula está tendo de passar, bem como a natureza dos alunos que está cada vez mais dinâmica, conectada a tecnologia, e com uma gama de informações e recursos que o professor pode muito bem fazer uso.

Por fim, que os alunos licenciandos ou mesmo os professores em ação e que venham a ler este trabalho, possam tomar para si o desejo e o incentivo a serem cada vez mais criativos em suas estratégias didáticas, bem como mais maturidade e reflexão nos seus discursos enquanto docentes, para que os mesmos não carreguem e nem transpareçam ideias ou conceitos que venham a prejudicar a aprendizagem dos seus alunos, ao mesmo passo, em que os professores possam entender que os seus alunos já trazem uma carga conceitual própria, mas que necessita de uma complementação da participação docente, pois a vivência da educação se dá em uma partilha muito especial entre professor e aluno, e se o processo for deslocado apenas para um deles, com certeza o ensino terá grandes chances de fracasso.

REFERÊNCIAS

- ABDOUNUR, O. J. **Matemática e Música: O pensamento analógico na construção de significados**. 2. ed. São Paulo: Escrituras, 2002.
- BUNGE, M. **Teoria e realidade**. São Paulo: Perspectiva, 1974.
- CARVALHO, A. M. **Formação de professores: o discurso crítico-liberal em oposição ao agir dogmático repressivo**. Ciência e Cultura, SBPC 41(5),p.432-434,1998.
- CARVALHO, A. M. P. **Uma investigação na formação continuada de professores: a reflexão sobre as aulas e a superação de obstáculos**. Atas do II ENPEC – Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências,1999.
- CARVALHO, A. M. P. e GIL, D. **Formação dos professores de Ciências**. São Paulo: Cortez, 1993.
- CURTIS, R. V., RAIGELUTH, C. M. **The use of analogies in written text**. Instructional Science, vol.13, 1984.
- DAGHER, Zoubeida R. **The case for analogies in teaching Science for understanding**. Teaching Science for Understanding: A constructivist view, California, USA, 1995.
- DUARTE, M. C. **Analogias na educação em ciências: Contributos e Desafios**. Investigações em Ensino de Ciências, Braga, v.10, n.1, p. 7-29, 2005.
- EISBERG, R. M e LERNER, L. S. **Física: Fundamentos e aplicações v.3**. Tradução: ALBUQUERQUE, I. J. 2 a ed. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1982. 422p.
- FREIRE, P.; SHOR, I. **Medo e Ousadia: o cotidiano do professor**. Rio de Janeiro: Paz e Terra. 1986.
- GLYNN, S. M. **Teaching with analogies model: Explaining concepts in expository texts**. In: K. Denise, Children's Comprehension of Text: research into practice. Neward, Delaware, EUA, 1989.

GODOY, L. A. **Sobre La Estructura de las Analogías en Ciencias**. Interciência, v. 27, n. 8, p. 422-429, 2002.

JUNGES, S. **Análise do uso de analogias em livros de Física para o Ensino Médio**. Revista da Graduação. Vol. 4, 2011.

KITTEL, C. **Introdução à Física do estado sólido**. Tradução: LUIZ, M. A. 5a ed. Rio de Janeiro: Guanabara Dois S. A., 1978. 572p.

MOREIRA, M.A. **Aprendizagem Significativa: a teoria e textos complementares**. 1. ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

MOREIRA, M.A. **Pesquisa em Ensino: Métodos Qualitativos e Quantitativos**. 1. Ed. Porto Alegre – Instituto de Física (UFMS), 2009.

MONTEIRO, M. M. **Inércia e Natureza da Ciência no Ensino de Física: Uma sequência didática centrada no desenvolvimento histórico do conceito de inércia**. Dissertação de mestrado, Natal – RN, 2014.

PAZ, A. M. **ATIVIDADES EXPERIMENTAIS E INFORMATIZADAS: CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE ELETROMAGNETISMO**. Tese de doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2007.

PÉREZ, C.A.S. **O MODELO DO ELÉTRON LIVRE DE DRUDE COMPLETA 100 ANOS**. Caderno Catarinense de Ensino de Física., v.17, n.3: p.348-359, dez.2000.

PIMENTA, S.G. (org.). **O estágio e a docência**. Revista Científica Eletrônica De Pedagogia. São Paulo: Cortez, 2004.

PIRES, A.S.T. **Evolução das ideias da Física**. 2.ed. Livraria da Física, São Paulo 2011.

QUEIROZ, Glória Regina Pessoa Campello: **Professores artistas-reflexivos de física no ensino médio**. Programa de Pós-Graduação em Educação, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Tese de Doutorado. Rio de Janeiro, 2000.

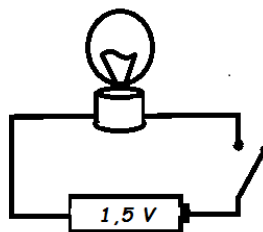
ROCHA, J. F. (Org.) **Origens e evolução das ideias da Física**. 2.ed. EDUFBA, Bahia, 2015.

SHAPIRO, M. A. **Analogies, Visualization and Mental Processing of Science Stories**. Periódico apresentado ao Information Systems Division of the International Communication Association. Honolulu, HI, EUA, 1985.

TIPLER, P. A. **Modern Physics**. 1a ed. New York: Worth Publisher, Inc., 1978. 420p.

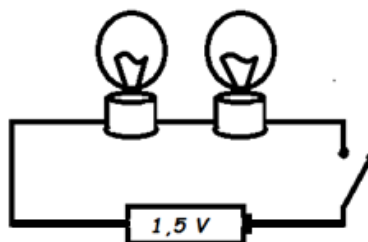
Apêndice A – PRÉ-TESTE

SITUAÇÃO 1) Observe esse esquema de um circuito elétrico, onde uma lâmpada está ligada aos terminais de uma pilha.



Ao fecharmos o circuito, a lâmpada acende. Se você fosse explicar o porquê a lâmpada acendeu, e/ou o que está acontecendo dentro da lâmpada, para uma pessoa que não tem domínio dos conceitos levantados por você, ou nunca viu nada parecido, ou mesmo, está tendo um primeiro contato com esse tipo de conhecimento agora, como você explicaria?

SITUAÇÃO 2) Observe esse segundo esquema de circuito elétrico, onde duas lâmpadas exatamente iguais estão ligadas em série.



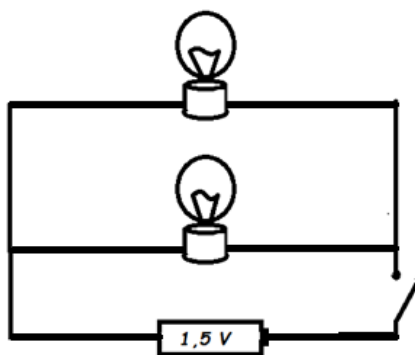
Ao se fechar o circuito, e as lâmpadas acenderem, você acredita que o brilho de cada lâmpada vai:

- (a) diminuir, com as duas brilhando com a mesma intensidade;
- (b) aumentar, com as duas brilhando com a mesma intensidade;
- (c) a primeira lâmpada vai brilhar mais que a segunda;
- (d) a segunda lâmpada vai brilhar mais que a primeira.
- (e) nenhuma das alternativas

Se possível, justifique a sua resposta explicando com o máximo de detalhes o que aconteceria, e o porquê. Se achar mais conveniente, faça um desenho da situação e explique. Lembrando que seria interessante que sua resposta fosse acessível também para as pessoas que não tem domínio dos conceitos levantados por você,

ou nunca viram nada parecido, ou mesmo, estão tendo um primeiro contato com esse tipo de conhecimento agora.

SITUAÇÃO 3) Observe esse terceiro esquema de circuito elétrico, onde duas lâmpadas exatamente iguais estão ligadas em uma configuração que chamamos de circuito em paralelo.



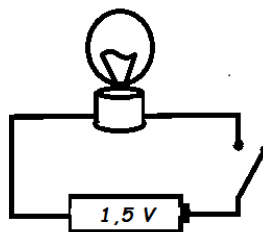
Ao se fechar o circuito, e as lâmpadas acenderem, você acredita que o brilho de cada lâmpada vai:

- (a) diminuir com as duas brilhando com a mesma intensidade;
- (b) aumentar com as duas brilhando com a mesma intensidade;
- (c) a primeira lâmpada vai brilhar mais que a segunda;
- (d) a segunda lâmpada vai brilhar mais que a primeira.
- (e) nenhuma das alternativas

Se possível, justifique a sua resposta explicando com o máximo de detalhes o que aconteceria, e o porquê. Se achar mais conveniente, faça um desenho da situação e explique. Lembrando que seria interessante que sua resposta fosse acessível também para as pessoas que não tem domínio dos conceitos levantados por você, ou nunca viram nada parecido, ou mesmo, estão tendo um primeiro contato com esse tipo de conhecimento agora.

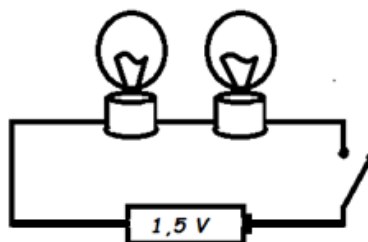
Apêndice B – PÓS-TESTE

SITUAÇÃO 1) Observe esse esquema de um circuito elétrico, onde uma lâmpada está ligada aos terminais de uma pilha.



Ao fecharmos o circuito, a lâmpada acende. Se você fosse explicar o porquê a lâmpada acendeu, e/ou o que está acontecendo dentro da lâmpada, **agora a nível microscópico**, para uma pessoa que não tem domínio dos conceitos levantados por você, ou nunca viu nada parecido, ou mesmo, está tendo um primeiro contato com esse tipo de conhecimento agora, como você explicaria?

SITUAÇÃO 2) Observe esse segundo esquema de circuito elétrico, onde duas lâmpadas exatamente iguais estão ligadas em série.



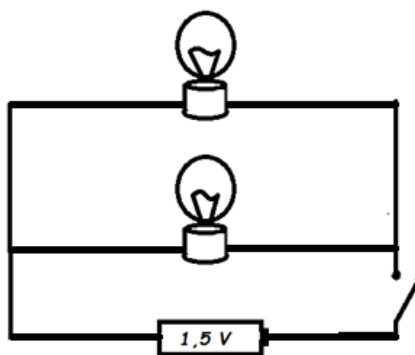
Ao se fechar o circuito, e as lâmpadas acenderem, você acredita que o brilho de cada lâmpada vai:

- (a) diminuir, com as duas brilhando com a mesma intensidade;
- (b) aumentar, com as duas brilhando com a mesma intensidade;
- (c) a primeira lâmpada vai brilhar mais que a segunda;
- (d) a segunda lâmpada vai brilhar mais que a primeira.
- (e) nenhuma das alternativas

Se possível, justifique a sua resposta, **agora a nível microscópico**, explicando com o máximo de detalhes o que aconteceria, e o porquê. Se achar mais conveniente, faça um desenho da situação e explique. Lembrando que seria interessante que sua resposta fosse acessível também para as pessoas que não tem domínio dos

conceitos levantados por você, ou nunca viram nada parecido, ou mesmo, estão tendo um primeiro contato com esse tipo de conhecimento agora.

SITUAÇÃO 3) Observe esse terceiro esquema de circuito elétrico, onde duas lâmpadas exatamente iguais estão ligadas em uma configuração que chamamos de circuito em paralelo.



Ao se fechar o circuito, e as lâmpadas acenderem, você acredita que o brilho de cada lâmpada vai:

- (a) diminuir com as duas brilhando com a mesma intensidade;
- (b) aumentar com as duas brilhando com a mesma intensidade;
- (c) a primeira lâmpada vai brilhar mais que a segunda;
- (d) a segunda lâmpada vai brilhar mais que a primeira.
- (e) nenhuma das alternativas

Se possível, justifique a sua resposta, **agora a nível microscópico**, explicando com o máximo de detalhes o que aconteceria, e o porquê. Se achar mais conveniente, faça um desenho da situação e explique. Lembrando que seria interessante que sua resposta fosse acessível também para as pessoas que não tem domínio dos conceitos levantados por você, ou nunca viram nada parecido, ou mesmo, estão tendo um primeiro contato com esse tipo de conhecimento agora.