



# Mediando a aprendizagem de circuitos elétricos em física: proposta de sequência didática utilizando o modelo flipped classroom

Mediating the learning of electrical circuits in physics: teaching unit proposal using the flipped classroom model

MARCO PAULO DO NASCIMENTO MAIA SOARES<sup>1</sup>, MARCELLO FERREIRA\*<sup>1</sup>,  
ALEXANDRE BETINARDI STRAPASSON<sup>2</sup>, OLAVO LEOPOLDINO DA SILVA FILHO<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Física, Universidade de Brasília

<sup>2</sup>Imperial College London, Inglaterra

---

## Resumo

*A mediação da aprendizagem de circuitos elétricos no âmbito do ensino de Física é desafiadora, pois requer elevada capacidade de abstração dos alunos e habilidade de inovação didática do professor. O objetivo deste trabalho é apresentar uma proposta de sequência didática reflexiva para o ensino de circuitos elétricos, voltada a alunos do ensino médio, adequada aos parâmetros curriculares nacionais vigentes no Brasil. Para isso, foi utilizado o modelo de flipped classroom (sala de aula invertida) à luz da teoria de desenvolvimento cognitivo de Lev Vygotsky, tanto na perspectiva social dos alunos em sala de aula, quanto em suas atividades fora do ambiente escolar. Foram utilizadas diferentes estratégias metodológicas de ensino, a fim de fomentar situações em que o aluno seja protagonista da aprendizagem, explorando de forma consciente e consistente o seu potencial. Como resultado, espera-se que o aluno, ao final da sequência didática, tenha capacidade de reconhecer e relacionar os conceitos estudados com situações práticas de seu cotidiano. Além disso, espera-se que tenha adquirido autonomia no processo de aprendizagem e desenvolvido habilidades sociais e cognitivas, além de ter conseguido criar modelos gráficos e mentais sobre o funcionamento e aplicação de circuitos elétricos.*

**Palavras-chave:** Circuitos Elétricos. Ensino de Física. Lev Vygotsky. Autonomia da Aprendizagem. Flipped Classroom.

---

\*marcellof@unb.br

---

### Abstract

*Mediating the learning of electrical circuits in the field of Physics teaching is challenging, requiring high abstraction skills from the student and innovative didactics from the teacher. The objective of this paper is to propose a reflexive teaching unit on electrical circuits for high school students, adequate to Brazil's current national curriculum standards. The proposal is based on the use of the flipped classroom model in the light of Lev Vygotsky's cognitive development theory, both in the social perspective of students in classroom and in their activities outside the school premises. Different methodological teaching strategies were used in order to foster situations in which students are the protagonists of their own learning, while consciously and consistently exploring their potential. As a result, at the end of the proposed teaching unit, the students are expected to be able to recognize and associate the concepts studied with practical situations of their daily lives. In addition, it is expected that the students would have acquired autonomy in their learning processes and developed social and cognitive skills, as well as would be able to create graphic and mental models on the operation and application of electrical circuits.*

**Keywords:** *Electrical Circuits. Physics Teaching. Lev Vygotsky. Autonomous Learning. Flipped Classroom.*

---

## I. INTRODUÇÃO

O estudo de circuitos elétricos na disciplina de Física do ensino médio é fundamental ao entendimento de situações práticas da vida diária dos alunos e requisito para progresso em cursos superiores, sobretudo nas áreas de ciências exatas e engenharia. Uma dificuldade comum entre os alunos é a de interpretar modelos e esquemas apresentados pelo professor, bem como associá-los à respectiva teoria física. Entre as múltiplas causas dessa dificuldade, observa-se, frequentemente, um enfoque excessivo na aplicação de equações matemáticas por parte do professor, sem a devida contextualização e vinculação entre o que é estudado em sala de aula e a realidade dos alunos (RICARDO; FREIRE, 2007), seja por falta de atividades que façam essa conexão, seja pelo tempo reduzido que os alunos têm em sala de aula para poderem explorar melhor os assuntos, considerando-se os diferentes ritmos de aprendizagem de cada estudante (OLIVEIRA *et al.*, 2016).

Uma proposta didática para lidar com esse problema é a utilização do modelo *flipped classroom*, ou sala de aula invertida (BERGMANN; SAMS, 2012), em conjunto com a teoria de desenvolvimento cognitivo de Vygotsky e o uso de simulações em classe, buscando subsidiar o aluno na aprendizagem de circuitos elétricos, por meio da interação entre pares, mediada pelo professor. Além disso, o modelo busca auxiliar o aluno no desenvolvimento de suas capacidades de interpretação, investigação e resolução de problemas, bem como sua capacidade de trabalhar em equipe, respeitando o ritmo de aprendizado e a experiência prévia de cada indivíduo.

O ensino de circuitos elétricos na disciplina de Física, com as características aqui propostas, guarda respaldo legal nos seguintes normativos: Parâmetros Curriculares Nacionais

para o Ensino Médio - PCNEM (BRASIL, 2000); e Orientações Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (BRASIL, 2006). Ambos visam à organização do ensino de circuitos elétricos em torno de elementos introdutórios de eletrônica, equipamentos elétricos e telecomunicações, que se encontram presentes no cotidiano do aluno. A ideia é que o aluno seja capaz de estabelecer conexões entre os conceitos teóricos estudados e suas aplicações, assim como interpretar e resolver problemas propostos na disciplina de Física. O atual modelo educacional propõe uma alfabetização tecnológica e a socialização do indivíduo, tornando-o capaz de entender e interpretar informações relativas aos temas estudados, como, por exemplo, saber ler valores nominais de tensão ou potência de aparelhos elétricos e ler manuais com determinada clareza. Também requer que o aluno seja capaz de empregar seus símbolos, utilizar e dominar a linguagem física corretamente, dentre outras habilidades e competências. Para além do ensino de Física, os normativos citados também preveem um ensino que coloca em foco o desenvolvimento cognitivo do aluno e o processo de investigação, promovendo a autonomia para aprender e a contextualização de tópicos estudados, visando à integração entre ciência, tecnologia e a sociedade em que estão inseridas, conforme disposto nas Diretrizes e Bases da Educação Nacional, por meio da Lei Federal nº 9.394/1996 (BRASIL, 1996).

Dessa forma, o conjunto de aulas aqui proposto utiliza o modelo de *flipped classroom*, concebido originalmente por Bergmann e Sams (2012), em que aluno tem contato com o material didático antes da aula. O aparato instrucional pode ser no formato de texto ou em mídias – como videoaulas, por exemplo – que fazem a introdução do conteúdo, podendo vir acompanhado de roteiros de estudo, questionários ou exercícios introdutórios. Na presente proposta, o material é composto por videoaulas, questionários, roteiros de estudo com exercícios e problemas sobre os temas escolhidos, bem como exercícios e problemas de modelagem utilizando um *software* para realização de simulações de circuitos elétricos. Em sala de aula, são propostas situações-problema e trabalhos de pesquisa, a fim de despertar o interesse científico e o processo de investigação autônoma. O professor tem papel de mediador, auxiliando os alunos, verificando dificuldades individuais e corrigindo erros conceituais eventualmente não dirimidos apenas com a leitura do material previamente disponibilizado. Dessa forma, o aluno tem mais tempo em sala de aula para trabalhar os conceitos e modelos propostos, e o professor, para interagir com os alunos e identificar suas necessidades particulares.

Além disso, a proposta dessa sequência é baseada na teoria de desenvolvimento cognitivo de Lev Vygotsky, em que a aprendizagem se dá por meio de processo dialógico-dialético entre professor e alunos (MOREIRA, 2011). Portanto, o professor ocupa papel de mediador, ao invés de mero transmissor de conteúdo. Cabe ao professor incitar discussões sobre os temas estudados, encorajar a pesquisa, a investigação e o trabalho em grupo, participando ativamente no desenvolvimento dos estudantes em coletivo. Assim, a construção do conhecimento se dá pela interação com o outro, atribuindo significados aos símbolos discutidos em classe, bem como pelo estudo individualizado e pela utilização de instrumentos didáticos dinâmicos, que possuem papel de mediação e desenvolvimento da linguagem durante o processo de ensino-aprendizagem coletivo.

Vygotsky sugere que as funções mentais superiores são formadas por meio da interação social e da transmissão cultural e que o processo de aprendizado dá origem a variados

processos de desenvolvimento, criando uma zona de desenvolvimento iminente (ZDI), representada pela diferença entre o nível de conhecimento real do indivíduo e seu potencial de desenvolvimento (VYGOTSKY, 1991; 2000; 2010). Sendo assim, o processo de avaliação dos estudantes deve estar baseado em indicadores que captem a efetividade da aprendizagem por meio da interação social, além do desempenho individual.

Tendo em vista tais elementos, este trabalho tem por objetivo propor uma sequência didática de aprendizagem ativa na área de circuitos elétricos, alinhada à teoria de desenvolvimento cognitivo de Vygotsky, como contribuição didática ao ensino de Física no Ensino Médio. Busca-se, portanto, a interação entre os alunos, seu desenvolvimento individual e social, e indicadores para a sua avaliação. Mais especificamente, o modelo de sequência didática deve propiciar a compreensão e a diferenciação dos conceitos de carga, corrente elétrica, resistência elétrica, associação de resistores, efeito Joule, potencial elétrico, potência elétrica, diferença de potencial, curto circuito e geradores. A proposta é apresentar e discutir a relação entre esses conceitos, incluindo o desenvolvimento de modelos gráficos e a utilização de simuladores on-line para experimentos físicos, bem como estimular o aluno a utilizar ferramentas de pesquisa em atividades extraclasse.

Ao atingir os objetivos propostos, a hipótese de sucesso é a de que o aluno tenha um rendimento individual (desenvolvimento real) potencializado pela interação em grupo (potencial de desenvolvimento) por meio de processo dialógico-dialético ocorrido em classe, sendo capaz de interpretar os modelos propostos e desenvolver as capacidades de investigação e compreensão de situações-problema, aprendendo a obter informações e reconhecer fontes relevantes de forma autônoma.

O tema trabalhado neste artigo é voltado a alunos do Ensino Médio, em particular àqueles cursando o terceiro ano, uma vez que os conceitos associados a circuitos elétricos normalmente são apresentados nessa série e têm como pré-requisito conhecimentos de eletrostática abordados em séries anteriores. É necessário, também, no início do período das aulas, orientar os estudantes sobre como assistir aos vídeos e ler os materiais de forma efetiva, encorajando-os a retornar as partes em que tiveram dúvidas e a fazer anotações sobre os temas-chave do assunto; isso auxiliará o professor a identificar os potenciais erros conceituais e as dificuldades que deverão ser objeto de ação didática mais detida em aulas subsequentes. As estratégias aqui sugeridas necessitam que o aluno tenha acesso a computador ou *smartphone* conectado à internet, em casa ou na escola.

## II. BASE EPISTEMOLÓGICA

Vygotsky parte da premissa construtivista de que o desenvolvimento cognitivo de um sujeito não pode ser entendido sem referência ao contexto social e cultural no qual ele ocorre (MOREIRA, 2011). Três aspectos principais de sua teoria cabem ser destacados: i) os processos mentais superiores do indivíduo têm origem em processos sociais; ii) os processos mentais devem ser entendidos a partir dos instrumentos e signos que os mediam; iii) o conceito de “método genético-experimental”, em que a gênese da aprendizagem se dá pelo processo de experimentação e interação com o outro. Tais conclusões foram hauridas de estudo experimental do desenvolvimento cognitivo do indivíduo, com o intuito de tornar objetivos seus processos psicológicos interiores, quando são apresentadas situações que

não sejam rigidamente controladas e ofereçam oportunidades para que se tornem claros os processos de seu desenvolvimento real, com a introdução de obstáculos de complexidade crescente de atividades em grupo e individuais. Busca-se, portanto, desafiar as operações cognitivas do educando, evidenciando qual seria sua ZDI (VYGOTSKY, 1991).

Além disso, Vygotsky diz que o desenvolvimento do pensamento é determinado pela linguagem como um instrumento linguístico, bem como pela experiência sociocultural do indivíduo. Assim, o desenvolvimento de suas funções lógicas seria função direta de seu discurso socializado. Já a ação de escrever exige uma análise do indivíduo, que tem de tomar consciência da estrutura sonora de cada palavra, dissecá-la e produzi-la em símbolos alfabéticos que devem ser memorizados e estudados de antemão (VYGOTSKY, 2000). Essa abordagem também dialoga com a pedagogia crítica de Paulo Freire, que valoriza a importância de o processo de aprendizagem estar conectado à realidade do indivíduo, a fim de torná-lo um cidadão autônomo e com visão crítica de seu papel na sociedade (FREIRE, 2005; 2011).

Para o ensino de circuitos elétricos em Física, podemos considerar que o uso de Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC) pode servir de instrumento à execução de atividades didáticas na internalização do sistema de signos matemáticos e físicos (MACÊDO *et al.*, 2012). Isso se conecta ao fato de que elas podem auxiliar processos cognitivos humanos, como a memorização, a imaginação, a percepção e o raciocínio lógico, por intermédio de arquivos digitais, bancos de dados e formas de acesso e busca de informações, incluindo o uso de *softwares* interativos (LEVY, 1999). A utilização de simulações interativas para o ensino de circuitos elétricos torna os alunos capazes de representar e visualizar uma quantidade maior de aplicações de modelos físicos e matemáticos, resguardados os limites do aplicativo utilizado para tal.

Por meio de dispositivos eletrônicos, como *smartphones* e computadores, e do uso da internet, o aluno é capaz de acessar e adquirir informações praticamente em tempo real, assim como trocar informações com outros colegas. Portanto, a função do professor não pode ser apenas a de transmitir conhecimento, não obstante as diferentes formas de se difundir conhecimento, mas a de mediador e catalizador de uma aprendizagem coletiva. A atividade do professor deve estar “centrada no acompanhamento e na gestão das aprendizagens: o incitamento à troca dos saberes, a mediação relacional e simbólica, a pilotagem personalizada dos percursos de aprendizagem etc.” (LEVY, 1999, p. 171).

Portanto, a importância da mediação reside na internalização das atividades e dos comportamentos sociais e culturais na forma de funções mentais, procedimento este que é indireto e dependente da mediação pelo uso de instrumentos e signos que, ao serem interiorizados, permitem o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores. Todas as atividades propostas pelo professor-mediador visam ao desenvolvimento na ZDI, encorajando o trabalho em grupo e o engajamento dos alunos na atividade, possibilitando o diálogo e a interação entre eles. No âmbito da teoria de Vygotsky, é por meio da interação social e da mediação que o indivíduo, no caso o aluno, vai passar pelo processo de internalização de signos, portanto, pelo processo de reconstrução interna (MOREIRA, 2011).

Somente interagindo com outros alunos ele pode verificar se o significado de suas estruturas simbólicas é socialmente aceito em relação aos significados compartilhados por outros e por ele mesmo. Como o trabalho em grupo pressupõe comunicação entre

seus integrantes, é fundamental que todos os alunos falem e tenham a oportunidade de falar, respeitando-se as diferenças de cada indivíduo. A fala permite a flexibilização do pensamento conceitual e proposicional por meio do domínio da linguagem; portanto, permite o pensamento abstrato flexível, importante ferramenta para o ensino de Física. A capacidade de abstrair os conceitos aplicados e de extrapolar outros casos que não apenas o estudado é parte do processo de interpretação de qualquer problema ou exercício proposto (VYGOTSKY, 1991; 2000; 2010).

Conforme mencionado anteriormente, a ZDI representa o potencial que o aluno tem para assimilar novos conhecimentos, ativando as funções cognitivas que estão em processo de amadurecimento. Essa zona está em constante mudança, uma vez que sua dinâmica é uma relação entre a capacidade do aluno de resolver problemas individualmente, que representa o limite inferior da ZDI, e seu nível de desenvolvimento potencial, medido por sua capacidade de resolver problemas em colaboração com companheiros que estejam mais avançados na compressão dos conteúdos do curso ou com o professor, representando o limite superior da ZDI (VYGOTSKY, 1991). Portanto, na abordagem vygotskiana, o resultado do desenvolvimento se encontra muito mais nos processos, do que no produto. A proposta de sequência didática apresentada a seguir também reconhece o valor dos conhecimentos prévios dos alunos, entendendo que a mediação parte exatamente dessa especificação.

Cabe também destacar a importância da dosagem em atividades extraclasse, uma vez que o aluno também está sujeito a demandas de outros docentes em sua instituição, além de outras eventuais responsabilidades profissionais e pessoais da vida particular do estudante. A sobrecarga de atividades externas pode comprometer o bem-estar do aluno e o prazer na realização das atividades externas, tornando-as uma mera burocracia para obtenção de nota e aprovação. Idealmente, o professor deve discutir suas práticas com seus colegas professores da mesma instituição e buscar sinergias e integração entre práticas, inclusive na eventual realização de trabalhos interdisciplinares conjuntos, dentro do projeto político-pedagógico maior da escola. Assim, é importante que o processo de ensino-aprendizagem seja dinâmico e em diálogo tanto com o aluno, quanto com a instituição. Além disso, o estudo individual também deve ser valorizado e não apenas o relacionamento social, pois diferentes formas de interação entre o sujeito e meio resultam em diferentes modelos mentais no processo de assimilação, acomodação e equilíbrio do conhecimento (MONTROYA *et al.*, 2011; PREUSSLER, 2012; JOHNSON-LAIRD, 1995).

### III. PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Esta proposta de sequência didática e suas estratégias foram planejadas seguindo principalmente os conceitos apresentados na teoria de desenvolvimento cognitivo de Vygotsky. Dessa forma, praticamente todas as atividades de sala de aula foram planejadas para serem executadas em grupo, enquanto as atividades extraclasse são individuais. Para isso, foi utilizado o modelo *flipped classroom*, em que o aluno recebe o material antes da aula, já preparado e organizado de acordo com a sequência de aulas que vão acontecer. Assim, em sala de aula, o estudante tem mais tempo para aprofundar o conhecimento junto a seus colegas e ao professor. Nesse modelo, o docente assume o papel de mediador e o aluno se torna protagonista de seu aprendizado. Isso significa que o aluno passa a ter liberdade em relação

ao seu ritmo de estudo e aos seus processos de aprendizado. O professor motiva os alunos a pesquisar as respostas para as tarefas de sala ao invés de simplesmente dar a resposta, corrigindo e alinhando os conceitos por eles adquiridos, conforme a necessidade. Portanto, uma participação ativa de todas as partes nesse processo é importante na construção do conhecimento, de forma a incentivar o processo de investigação em coletivo.

O material enviado anteriormente às aulas contém a parte didática necessária para as atividades em classe, assim como as instruções para o uso das simulações e como elas devem auxiliar o aluno em seus estudos individuais. No caso em tela, o aluno deve ser capaz de montar modelos de circuitos elétricos no simulador e usar suas ferramentas para verificar se seus estudos estão corretos, usando a tecnologia como instrumento de seu aprendizado, assim como para responder os questionários que acompanham o material. Os questionários também têm a função de roteiro de estudo, uma vez que trazem propostas de circuitos para modelagem e as perguntas são feitas a propósito delas.

Para as simulações, será utilizado o Kit de Construção de Circuito (KCC), que pode ser encontrado no site desenvolvido pelo projeto Tecnologia no Ensino de Física<sup>1</sup> (PhET – *Interactive Simulation*), desenvolvido pela Universidade do Colorado em Boulder, Estados Unidos, e disponível gratuitamente on-line. O próprio projeto traz roteiros com propostas de questionários e modelos a serem estudados.

Na primeira aula, o professor institui diálogo com os alunos, de forma a alinhar as expectativas em relação à sequência didática e ao que é esperado deles ao final. Também é verificado em que nível os alunos conseguem relacionar os conhecimentos previamente adquiridos pelo material enviado e os conhecimentos que são pré-requisitos desta sequência, no caso, a relação entre eletrostática e eletrodinâmica. Uma série de questões motivadoras deve ser levantada, contextualizando o assunto com o cotidiano do aluno, por exemplo, fazendo relações com sistemas elétricos residenciais e motivando os alunos a explorarem a ligação entre conceitos de eletrostática e eletrodinâmica.

À medida que as aulas avançam, o nível de complexidade das tarefas propostas aumenta, acompanhando a quantidade de assuntos abordados pelo material e trabalhados em sala de aula. Em cada aula, o professor tem espaço para interagir com os alunos e buscar evidências de seus desenvolvimentos cognitivos, observando suas capacidades de trabalho em grupo e auxiliando os que têm mais dificuldade para tal. O professor também deve atentar para que os grupos possuam alunos com diferentes experiências, alocando, na medida do possível, aqueles com maior domínio sobre o conteúdo com colegas em maior dificuldade.

A sequência didática proposta sugere a utilização de oito aulas de aproximadamente 50 minutos cada, tempo frequentemente alocado para aulas de Física no Ensino Médio em todo o país. Esse é o tempo destinado para a execução das tarefas de sala, uma vez que o material já deve ter sido previamente estudado. A observação prévia dos materiais é de suma importância; caso não ocorra, o processo de mediação em sala de aula ficará comprometido. As propostas de aulas e atividades estão descritas no Quadro 1 e foram elaboradas com base na experiência docente dos autores e na fundamentação teórica previamente discutida neste trabalho.

---

<sup>1</sup>PhET: Simulações Interativas em Ciências e Matemática. Acessível em: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/](https://phet.colorado.edu/pt_BR/)  
Acessado em: 12 de jun. 2019.

**Quadro 1:** Sequência didática para ensino de circuitos elétricos ao ensino médio.

<b>Aula 1</b>	<b>Tema: Relacionando carga elétrica e corrente elétrica</b>
Objetivo	Explorar as relações entre os temas de eletrostática e circuito elétrico.
Metodologia da aula	Momento 1: Alinhamento das expectativas da sequência didática e o que será esperado dos alunos durante as próximas aulas, explicitando quais são os objetivos e metas gerais que eles devem alcançar. Neste momento deve ser verificado como foi a interação dos alunos com o material previamente enviado no modelo <i>flipped classroom</i> . Em diálogo com a turma, o professor deve pedir que os alunos falem sobre as notas que cada um tomou durante o estudo do material, explorando dúvidas ou pontos de dificuldade, buscando homogeneizar o nível de conhecimento e desenvolvimento da turma. Momento 2: Aplicação de roteiro de pesquisa com questões abertas, relacionando os conceitos vistos em eletrostática e o que foi estudado sobre corrente elétrica. Alunos devem pesquisar em grupos de preferencialmente três ou quatro pessoas e responder sobre as relações conceituais e matemáticas encontradas. O roteiro deve ser recolhido e o professor deve atribuir uma nota, como parte da avaliação de progresso de cada aluno. Observação: Tanto a discussão com a turma, quanto o trabalho em grupo, visam à integração dos conceitos de Vygotsky sobre os processos de aprendizado originados pelas interações sociais, assim como avaliar o potencial de desempenho de cada aluno em ambiente social.
Pontos a serem pesquisados e desenvolvidos através do roteiro de pesquisa	Quais os conceitos (físicos e matemáticos) e as relações entre: carga, força elétrica, campo elétrico, potencial elétrico, trabalho e corrente elétrica? Qual a diferença entre Corrente Alternada e Corrente Contínua?
<b>Aula 2</b>	<b>Tema: Potência elétrica e consumo de energia elétrica</b>
Objetivo	Entender a relação entre potência elétrica e o consumo de energia elétrica, assim como reconhecer informações de voltagem, amperagem e potência elétrica em aparelhos elétricos e eletrônicos.
Metodologia	No material enviado previamente, as diretrizes para a aula 2 podem conter direcionamentos para que os alunos tragam fotos das etiquetas de aparelhos elétricos e eletrônicos com suas informações de potência, corrente, voltagem características do aparelho. Esse material será utilizado em sala para desenvolver modelos matemáticos relacionando as informações com o consumo de energia elétrica de cada aparelho. Os alunos devem trabalhar em grupo para desenvolver os conceitos físicos do tema, montar propostas de economia no consumo de energia elétrica e formas alternativas de geração de energia elétrica. Os trabalhos e modelos de cada grupo devem ser recolhidos para avaliação e atribuição de nota de desempenho, como parte da avaliação de progresso individual dos alunos.
Pontos a serem pesquisados e desenvolvidos em sala	Qual a relação da potência elétrica de um aparelho com seu consumo de energia? Como podemos economizar no consumo de energia elétrica no nosso cotidiano?
<b>Aula 3</b>	<b>Tema: Circuito Elétrico, Lei de Ohm e Resistores</b>
Objetivo	Aprofundar conhecimentos sobre circuito elétrico e conceitos envolvidos nas Leis de Ohm e Resistores.
Metodologia	Nesta aula, os alunos devem trabalhar em grupo, resolvendo questionário com perguntas conceituais, problemas abertos e fechados de complexidade crescente sobre o tema. O questionário é recolhido para avaliação.
Pontos a serem desenvolvidos pelos alunos	O que é um circuito elétrico? O que é a Lei de Ohm? Qual a relação entre os conceitos? Qual a relação matemática entre eles? Qual a diferença entre sentido real e sentido e sentido convencional da corrente elétrica.
<b>Aula 4</b>	<b>Tema: Associação de resistores</b>
Objetivo	Trabalhar o conceito de resistor, desenvolver modelos simulados com os alunos e suas representações matemáticas.
Metodologia	O professor deve trazer um roteiro de estudos com problemas conceituais e matemáticos envolvendo diferentes montagens de circuitos com os tipos de associação de resistores. Em sala, os alunos devem trabalhar em grupo para resolver os problemas, podendo usar o KCC para ajudar na compreensão e visualização do assunto em seus aparelhos eletrônicos. Caso a escola tenha acesso a laboratório computacional ou <i>tablets</i> eletrônicos, o professor pode levar os alunos ao laboratório ou disponibilizar os aparelhos para os alunos utilizarem o KCC neles. Alternativamente, o professor pode utilizar um projetor e fazer simulações juntamente com os alunos de forma agregada. As respostas dos problemas resolvidos devem ser recolhidas para avaliação.
Pontos a serem desenvolvidos	Quais são os tipos de associação e qual a relação entre eles? Quais são as principais características de cada associação e seus respectivos desdobramentos matemáticos?
<b>Aula 5</b>	<b>Tema: Efeito Joule e curto circuito</b>
Objetivo	Trabalhar os conceitos do Efeito Joule e situações de curto circuito, correlacionando com aplicações e fenômenos do cotidiano.

Metodologia	Essa aula se baseia em uma apresentação dos grupos sobre os conceitos abordados no tema, suas aplicações no cotidiano e as diferenças da teoria estudada e os fenômenos reais. O professor prepara estudos de caso apresentando situações-problema sobre os temas-chave e os disponibiliza previamente para que os alunos trabalhem em cima deles e o apresentem para a turma durante a aula, explicando a situação-problema e a forma como decidiram abordá-la. O desempenho individual do aluno durante a apresentação e seu domínio sobre o tema deve ser avaliado pelo professor, assim como o desempenho do grupo. É necessário que se faça anotações e observações sobre os desempenhos individuais e em grupo como base para a avaliação
Proposta de discussões discutidas em sala:	<p>Questão 1: O que é o efeito Joule?                  Como está presente no cotidiano?                  Qual sua importância para nosso dia a dia?                  Quais suas aplicações, e como se relaciona com os conceitos previamente estudados?</p> <p>Questão 2: O que é curto circuito?                  Por que ocorre?                  Suas consequências em um modelo de circuito elétrico.                  Suas consequências no cotidiano e como evitar, diferenças para o modelo teórico e o real.</p>
<b>Aula 6</b>	<b>Tema: Geradores</b>
Objetivo	Trabalhar o conceito de gerador, desenvolver modelos simulados com os alunos e suas representações matemáticas.
Metodologia	O professor deve trazer um roteiro de estudos com problemas conceituais e matemáticos envolvendo diferentes montagens de circuitos com os tipos de associação de resistores e geradores. Em sala, os alunos devem trabalhar em grupo para resolver os problemas, podendo usar o KCC para ajudar na compreensão e visualização do assunto em seus aparelhos eletrônicos. Caso a escola tenha acesso à laboratório computacional ou <i>tablets</i> eletrônicos, o professor pode levar os alunos ao laboratório ou disponibilizar os aparelhos para os alunos utilizarem o KCC neles. Alternativamente, o professor pode utilizar um projetor e fazer simulações juntamente com os alunos de forma agregada. As respostas dos problemas resolvidos devem ser recolhidas para avaliação.
Pontos a serem desenvolvidos	<p>O que são geradores e quais os tipos de geradores estudados?                  Descreva a Lei de Poilet.                  Qual a relação entre resistores e geradores?                  Qual a relação com a lei de Ohm e seus desdobramentos matemáticos?</p>
<b>Aula 7</b>	<b>Tema: Trabalho Final – Reostatos e Potenciômetros</b>
Objetivo	Desenvolver pesquisa aprofundada sobre o tema, explorar suas aplicações no cotidiano, bem como sua importância no controle de sistemas elétricos e eletrônicos.
Metodologia	Os alunos são organizados em grupos e devem desenvolver uma pesquisa aprofundada sobre o tema, trazendo uma situação-problema e como ela poderia ser resolvida pelo uso de reostatos e potenciômetros. O professor deve instigar o processo de pesquisa e investigação dos alunos, deixando que eles desenvolvam o trabalho de forma autônoma, estando atento à participação dos alunos em seus grupos. Ao final da aula o professor recolhe os trabalhos.
Pontos a serem explorados no trabalho	<p>Explorar as aplicações de reostatos e potenciômetros (ex.: usina hidroelétrica), a diferença entre os dois e se existem métodos mais eficazes atualmente para a mesma aplicação (para essa última parte, não há a necessidade de se aprofundar; ela serve apenas para demonstrar se o aluno é capaz de reconhecer as evoluções tecnológicas que se originaram a partir da utilização do reostato e do potenciômetro).                  Desenvolver um modelo (com demonstração gráfica e matemática) de circuito complexo utilizando geradores, resistores, reostatos e potenciômetros, utilizando os conceitos trabalhados anteriormente. O professor pode pedir para os grupos criarem modelos próprios, ou trazer um problema complexo para que os alunos resolvam em sala.</p>
<b>Aula 8</b>	<b>Tema: Entrega do trabalho e finalização da sequência de aulas</b>
Objetivo	Rever e reforçar os principais temas vistos durante a sequência de aulas, sanar dúvidas que podem ter restado e preparação para a última meta individual.
Metodologia	Esta aula tem formato de discussão aberta em que os alunos têm oportunidade de fazer perguntas sobre temas a respeito dos quais possa remanescer dúvida. É requisitado que os alunos façam comentários sobre o que mais aprenderam na sequência de aula e suas maiores dificuldades. Compartilhar essas informações faz parte do processo de socialização dos alunos e é um marcador para o professor avaliar o desenvolvimento do grupo de alunos durante a sequência. A última meta contendo uma prova individual final é liberada para os alunos na sequência dessa aula.
Temas a serem discutidos	<p>Discussão em sala de aula sobre as aplicações dos conceitos vistos em sala de aula. Compartilhar isso em sala de aula faz com que eles percebam que não são os únicos com as mesmas dificuldades.                  Tirar dúvidas que tenham restado nos alunos.                  Como eles aplicariam os conhecimentos adquiridos em seu cotidiano?                  Preparação para próxima sequência de aulas se for o caso.</p>

#### IV. PROPOSTA DE AVALIAÇÃO

Conforme apresentado, a sequência didática tem como objetivo o desenvolvimento de indivíduos socialmente ativos e com capacidade de reconhecer e solucionar problemas, tanto em grupo, como individualmente. Deste modo, propõe-se resolução de problemas e questionários de complexidade gradual e crescente, descritos como metas de aprendizagem. Todos os alunos têm metas individuais para cumprir fora de sala e metas em grupo para cumprir dentro dela, com limite de tempo de entrega. As metas têm por objetivo estimular os alunos a progredirem criticamente e se manterem comprometidos com o curso, bem como avaliar gradativamente a evolução de seus aprendizados.

A primeira meta individual é encaminhada junto da matéria de estudo preparatória para a aula e tem o formato de questionário, com a finalidade de verificar se o aluno foi capaz de entender os conceitos explicados no material. O limite de entrega, portanto, é o início da primeira aula. Cada meta individual segue o mesmo padrão de tempo limite, sendo liberado ao final de uma aula para ser entregue até a seguinte. A partir da segunda meta individual, além do questionário, é proposto um problema de baixa complexidade que vai aumentando conforme o aluno avança para as próximas metas. A última meta individual é uma prova contendo uma sequência de problemas com níveis crescentes de complexidade, porém dentro do potencial de aprendizagem significativa do aluno, no amparo dos conteúdos discutidos em classe. Essa segue os padrões das instituições de ensino, podendo ser adaptada e modelada de acordo com eles, tais como avaliação mensal ou bimestral, a depender da escola.

As metas de sala de aula deverão ser em grupo e pressupõem envolvimento de todos os componentes na sua execução. Para cada aula são apresentadas discussões, problemas e questionamentos para que os alunos investiguem sobre o assunto com certo grau de autonomia, e trabalhem em respostas de acordo com as pesquisas feitas. Dessa parte, é esperado que os alunos consigam trabalhar assuntos contextualizados em paralelo. Para a aula 7 (Quadro 1), os alunos devem desenvolver e entregar um trabalho de maior complexidade, envolvendo os assuntos abordados no conjunto completo das aulas.

Por meio das metas individuais e em grupo, o professor pode verificar os indicativos de desenvolvimento dos alunos, tanto individualmente quanto em grupo, verificando as habilidades de cada um. As metas são um processo de avaliação somativa e formativa, uma vez que é composta por aplicação de questionários, resolução de problemas abertos e fechados, pesquisas, uma prova e um trabalho final. Os alunos devem ser avaliados ao final de cada etapa e pelo desenvolvimento de suas capacidades, observadas na forma como desenvolvem os conceitos estudados e organizam suas ideias. Dessa forma, ao avaliar os alunos durante esta sequência didática, o professor estará avaliando seus processos de desenvolvimento, os erros, acertos, organização, participação e evolução do aluno e não somente o produto final de sua nota. Portanto, será verificado em sala, nos trabalhos e nas resoluções dos problemas e dos questionários se os alunos:

1. participaram das discussões de sala e na resolução das metas de grupo;
2. alcançaram a resolução das metas individuais;

3. souberam diferenciar e relacionar os conceitos de carga, corrente elétrica, potencial elétrico, diferença de potencial, potência elétrica, resistência elétrica, associação de resistores, curto circuito e geradores;
4. conseguiram correlacionar conceitos de eletrostática e eletrodinâmica;
5. entenderam a diferença dos modelos propostos e dos modelos reais dos circuitos elétricos;
6. observaram a relação entre potência elétrica e o consumo de energia elétrica, conseguindo extrapolar os conceitos para seu cotidiano; e
7. correlacionaram corrente elétrica com o efeito Joule e como isso é observado em situações reais.

Ao avaliar os resultados das metas, o professor deve buscar indicadores de que houve desenvolvimento na ZDI dos alunos, comparando seus resultados individuais com os resultados em grupo por meio do desempenho qualitativo nos trabalhos, da sua participação nas tarefas de grupo e das discussões em sala. A progressão de dificuldade e complexidade das metas individuais faz com que o aluno tenha que desenvolver novas habilidades e indica seu desenvolvimento real, informando também sobre a qualidade da mediação; já os trabalhos assistidos por outros colegas ou pelo professor mostram qual é o potencial de cada aluno (VYGOTSKY, 1991; 2010). Destarte, a aproximação das notas individuais das notas das atividades assistidas é um indicador do desenvolvimento real do aluno.

Cabe mencionar que as avaliações não devem ser vistas como um instrumento punitivo, mas de aprimoramento e estímulo ao aprendizado. A capacidade de contextualizar os conceitos explorados didaticamente é outro indicador que está presente nas metas de sala de aula e, ainda que represente de forma incompleta um determinado fenômeno natural, se os conceitos utilizados apresentarem coerência entre si, haverá um indício de que foram bem assimilados pelo aluno. Além disso, sugere-se que, ao final do ciclo de sequência didática, o professor também seja avaliado pelos alunos, de forma anônima, para proteger suas identidades. Isso pode ser feito com o subsídio de formulário padronizado, fornecendo indicadores para que o professor reflita e qualifique suas abordagens de mediação.

### V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A sequência didática proposta teve como objetivo o ensino de circuitos elétricos e seus conceitos para alunos de Física do Ensino Médio, explorando seus potenciais cognitivos de forma interativa, por meio do modelo de sala de aula invertida (*flipped classroom*). Tendo como foco a teoria de aprendizagem cognitiva de Vygotsky, buscou-se associar as estratégias, objetivos e proposta de avaliação a indicadores que pudessem demonstrar, de forma clara, se houve desenvolvimento do aluno. Conclui-se que o modelo de *flipped classroom* é compatível com a proposta de Vygotsky, uma vez que o professor assume o papel de mediador e os alunos se tornam protagonistas de seu aprendizado (desenvolvimento).

Ao término da sequência didática, espera-se que os alunos sejam capazes de explicar os conceitos estudados com propriedade, desenvolvendo autonomia parcial para estudar e

aprender os assuntos propostos com criticidade. Em particular, isso se favorece em temáticas que exigem grande abstração, como é o caso do estudo de circuitos elétricos.

Adicionalmente, observa-se que esta proposta tem cunho social, uma vez que trabalha a capacidade do indivíduo de ser socialmente ativo e participativo nas atividades em classe, com alteridade, assim como evidencia suas habilidades individuais, por meio das metas aplicadas. Toda a proposta se baseia no uso de tecnologias digitais e na capacitação do indivíduo de aplicá-las em prol da construção do conhecimento por meio da interação com o outro.

A proposta aqui sugerida também pode ser explorada em outras partes do ensino de Física que não somente em circuitos elétricos e, eventualmente, também em outras disciplinas, guardadas as devidas adaptações necessárias. Além disso, os autores deste trabalho recomendam que sequências didáticas análogas e adicionais sejam desenvolvidas, testadas e aprimoradas em estudos futuros, com vistas a fomentar a troca de experiências em propostas de ensino com diferentes amparos epistemológicos.

## REFERÊNCIAS

BERGMANN, J.; SAMS, A. **Sala de Aula Invertida: uma Metodologia Ativa de Aprendizagem**. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

BRASIL. Lei nº 9394/96, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da Educação Nacional. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 23 dez. 1996. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19394.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19394.htm)>. Acesso em: 28 jun. 2019.

BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio: Ciências da Natureza e Matemática e suas tecnologias**. Brasília, 2000. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>>. Acesso em: 28 jun. 2019.

BRASIL. Secretaria de Educação Básica. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília, 2006. Disponível em: <[http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book\\_volume\\_02\\_internet.pdf](http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02_internet.pdf)>. Acesso em: 28 jun. 2019.

FREIRE, P. **A Pedagogia do Oprimido**. Brasil: Paz e Terra, 2005. 45<sup>l.</sup> ed. 213p.

FREIRE, P. **A Pedagogia da Autonomia**. Brasil: Paz e Terra, 2011. 43<sup>l.</sup> ed.

JOHNSON-LAIRD, P. N. **Mental Models: Towards a Cognitive Science of Language, Inference, and Consciousness**. Cambridge MA, Estados Unidos: Harvard University Press, 1995. LÉVY, P. **Cibercultura**. São Paulo: Editora 34, 1999.

MACÊDO, J. A.; DICKMAN, A. G.; ANDRADE, I. S. F. Simulações Computacionais como Ferramentas para o Ensino de Básicos de Eletricidade. **Cad. Bras. Ens. Fís.**, v. 29, n.

Especial 1: p. 562-613, set. 2012. DOI: 10.5007/2175-7941.2012v29 nesp1p562

MONTOYA, A. O. D.; MORAIS-SHMIZU, A.; MARÇAL, V. E. R.; MOURA, J. F. B. (Org.). **Jean Piaget no Século XXI: Escritos de Psicologia e Epistemologia Genéticas**. Marília, SP: Editoras Cultura Acadêmica e Oficina Universitária, 2011.

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1999. 2ª ed.

OLIVEIRA, T. E.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Sala de aula invertida (*flipped classroom*): Inovando as aulas de física. **Física na Escola**, v. 14, n. 2, 2016.

PREUSSLER, R. Análise dos Processos de Assimilação, Acomodação e Equilibração na Aprendizagem da Matemática: Uma Experiência Envolvendo a Geometria. **Anais da IV Jornada Nacional de Educação Matemática**. Rio Grande do Sul, RS: Universidade de Passo Fundo (UPF), 6-9 de maio de 2012. 15p.

RICARDO, E. C; FREIRE, J. C. A. A concepção dos alunos sobre a física no ensino médio: um estudo exploratório. **Rev. Brasileira de Ensino de Física**, Brasília, v.29, n. 2, p. 251-266, 2007.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente**. 4ª ed. São Paulo: Martins Fontes, 1991.

VYGOTSKY, L. S. **A construção do pensamento e da linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 2000.

VYGOTSKY, L. S; LEONTIEV, A. N.; LURIA, A. R. **Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem**. 11ª ed. São Paulo: Ícone, 2010.