

ISLE – INVESTIGATIVE SCIENCE LEARNING ENVIRONMENT: UMA POSSÍVEL ABORDAGEM METODOLÓGICA ATIVA PARA O ENSINO DE FÍSICA

João Paulo Camargo de Lima

Doutor pela Universidade Federal de São Carlos/UFSCar. Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná/UTFPR. E-mail: joaopaulo@utfpr.edu.br

Zenaide de Fátima Dante Correia Rocha

Doutora em Educação pela Universidade Estadual de Campinas/UNICAMP. Professora da Universidade Tecnológica Federal do Paraná/UTFPR. E-mail: zenaiderocha@utfpr.edu.br

Helenice Satie Moraes

Especialização em Genética Aplicada pela Universidade Estadual de Londrina/UDEL. Professora da Secretaria de Educação do Estado do Paraná/SEED/PR
E-mail: hellensm2010@hotmail.com

Thamires da Silva Souza

Graduação em Química pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná/UTFPR.
E-mail: thamires-souza@hotmail.com

Resumo: Este artigo tem por objetivo apresentar uma abordagem metodológica ativa pouco conhecida da comunidade de ensino de Ciências no Brasil, denominada: ISLE (*Investigative Learning Science Environment*). A abordagem envolve o desenvolvimento dos estudantes a partir de suas próprias ideias, o estudante se engaja neste processo, quando observa fenômenos e procura padrões, desenvolvendo explicações para esses padrões, e usa essas explicações para fazer previsões sobre os resultados das experiências e atividades desenvolvidas em sala de aula, decidindo se os resultados das experiências e das atividades são consistentes com as previsões. Revisa as explicações, se necessário, e incentiva os estudantes a representar os processos físicos de múltiplas formas. Para fundamentar e apresentar a abordagem, descrevemos alguns conceitos e características de metodologias e aprendizagens ativas, apontando algumas pesquisas e estudos realizados sobre a temática. Em seguida, descrevemos aspectos da ISLE, apresentamos seus fundamentos, conceitos e procedimentos, bem como os elementos mais importantes da abordagem.

Palavras-chave: ISLE, Metodologias Ativas, Ensino de Física.

ISLE – INVESTIGATIVE SCIENCE LEARNING ENVIRONMENT: A POSSIBLE ACTIVE LEARNING APPROACH FOR PHYSICS TEACHING

Abstract: This article aims to present an active methodological approach little known to the science teaching community in Brazil. We refer to the ISLE (*Investigative Learning Science*

Environment) approach. The approach involves the development of students from their own ideas, the student engages in this process, observing phenomena and looking for patterns, developing explanations for those patterns, using these explanations to make predictions about the results of the experiences and activities developed in the classroom, deciding whether the results of experiments and activities are consistent with predictions, reviewing explanations if necessary, and encouraging students to represent physical processes in multiple ways. To support and present the approach, we describe some concepts and characteristics of methodologies and active learning, pointing out some research and studies carried out on the theme. Then we describe aspects of ISLE presenting its fundamentals, concepts and procedures, as well as the most important elements of the approach.

Keywords: ISLE, Active Learning, Physics Education.

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas nossa sociedade tem passado por transformações, abrangendo as esferas culturais, políticas, econômicas, tecnológicas e sociais. Estas transformações têm produzido um impacto de forma efetiva nas relações estabelecidas no cotidiano do ser humano com o mundo (DIESEL; BALDEZ; MARTINS, 2017), seja o mundo do trabalho, o mundo enquanto relação com o outro ser humano ou o mundo escolar (CHARLOT, 2000, 2001, 2005). De forma particular o mundo escolar tem sido abalado por tais transformações (DIESEL; BALDEZ; MARTINS, 2017), exigindo do professor uma nova postura e novas relações entre o professor, o saber e o estudante, estabelecendo a necessidade de novas competências, aprendizagens e mudanças de concepções (BASSALOBRE, 2013).

Em se tratando do ensino de Ciências, essa realidade tem sido um desafio para o professor, uma vez que “exige uma competência profissional com uma amplitude nunca vislumbrada” (VILLANI; PACCA; FREITAS, 2002, p.16). Somado a isso, observamos que no ensino superior vários cursos têm apontado elevados índices de reprovação e evasão, em especial os cursos de graduação em Física (ARRUDA *et al.*, 2006; BARROSO *et al.*, 2003; GERAD; VALÉRIO, 2014; PASSOS *et al.*, 2007; LIMA JUNIOR *et al.*, 2013). Não são poucos os desafios e as situações adversas que os profissionais de educação, em especial o professor, enfrentam na sala de aula. Em meio à complexidade das circunstâncias descritas, é estabelecido ao professor possibilitar aos estudantes condições

para que possam se engajar no processo de aprendizagem a fim de “Tornar o aluno um agente ativo, (co)responsável pelo processo de ensino e aprendizagem” (ARAÚJO; MAZUR, 2013, p. 364). Por outro lado, no contexto do ensino de Física tem surgido nos últimos tempos investigações e propostas com objetivo de possibilitar o engajamento do estudante, mobilizando-o ativamente no processo de ensino e aprendizagem, bem como proporcionar elementos ao professor para superação dos desafios impostos pela realidade atual (CROUCH; MAZUR, 2001; BEICHNER *et al.*, 2007; BREWE *et al.*, 2010; ARAÚJO; MAZUR, 2013; HENRIQUES; PRADO; VIEIRA, 2014; OLIVEIRA; ARAÚJO; VEIT, 2016).

Dentro desse escopo de aprendizagens e metodologias ativas, este artigo tem por objetivo apresentar uma abordagem metodológica pouco conhecida na realidade da comunidade de ensino de Física no Brasil. Esta abordagem se trata do ISLE (*Investigative Science Learning Environment*) (ETKINA, MURTHY; ZOU, 2006; KARELINA; ETKINA, 2007; ETKINA *et al.*, 2010), idealizada e desenvolvida pela professora Eugenia Etkina, com a colaboração de um grupo de pesquisadores e professores da *Rutgers University*. *Investigative Science Learning Environment* (Ambiente de Aprendizagem Científica Investigativa) é uma abordagem em que o ensino e a aprendizagem dos estudantes se assemelham ao processo das Ciências, levando o estudante a agir de forma similar à do cientista. Esta abordagem envolve o desenvolvimento dos estudantes a partir de suas próprias ideias. O estudante se engaja neste processo, observa fenômenos procurando padrões, desenvolve explicações para esses padrões, usando essas explicações para fazer previsões sobre os resultados das experiências e atividades desenvolvidas em sala de aula. O mesmo decide se os resultados das experiências e das atividades são consistentes com as previsões, revisa as explicações se necessário, incentivando os estudantes a representar os processos físicos de múltiplas formas. A combinação desses recursos é aplicada a todas as unidades conceituais no sistema de aprendizagem ISLE, que ajuda os estudantes a desenvolverem representações produtivas para o raciocínio qualitativo e para resolução de problemas.

Para o desenvolvimento e apresentação das ideias referentes à abordagem ISLE, estruturamos esse artigo da seguinte forma: iniciamos com uma descrição sobre

metodologias ativas realizando alguns apontamentos, em seguida realizaremos a apresentação da abordagem ISLE descrevendo os principais conceitos que fundamentam a abordagem, bem como procedimentos e aplicações realizadas em sala de aula e laboratórios. Para finalizar, algumas considerações são apresentadas.

METODOLOGIAS ATIVAS: ALGUNS APONTAMENTOS

As metodologias ativas ou aprendizagens ativas têm surgimento em função das necessidades da sociedade atual, as quais giram em torno das concepções da formação para cidadania e das discussões sobre a inclusão escolar, sendo estas balizadas agora por meio das novas tecnologias e ferramentas que nascem em nossos fazeres cotidianos, e se transforma nas formas de comunicação e expressão (PRADO, 2019).

Prado (2019) aponta que as metodologias ativas têm sido propostas mais em termos de características de inovação educacional, com o objetivo de inserir estudantes e professores em um aspecto dinâmico, prático e atrativo de ensino. Ainda segundo o autor, as ideias sobre a aprendizagem ativa já estavam presentes há mais de meio século em obras consolidadas de vários autores da Pedagogia, Psicologia e Sociologia da Educação. Dentre os autores destacam-se Vygotsky, Paulo Freire, John Dewey, Joseph Novak, Carl Rogers, entre outros. Em geral, pesquisadores têm apontado que as metodologias ativas ou aprendizagens ativas são metodologias cujo objetivo é levar os estudantes à autonomia, ao autogerenciamento e corresponsabilidade pelo seu próprio processo de aprendizagem e formação, ou seja, “A aprendizagem ativa é um processo pelo qual os alunos participam de atividades, como leitura, escrita, discussão ou resolução de problemas que promovem a síntese, análise e avaliação do conteúdo de classe” (PINTO *et al.*, 2012, p. 79).

Várias aprendizagens e metodologias ativas têm sido propostas, como: PBL (*project based learning*/aprendizagem por projetos); TBL (*team based learning*/aprendizagem por equipes); WAC (*writing across curriculum*/construção de textos ou relatórios ao longo da disciplina); jogos aplicados à educação; estudo de caso; sala de aula invertida; debates em sala de aula; apresentações de painéis/exercícios pelos estudantes; construção de experimentos em sala de aula; *Peer Instruction* (aprendizagem

aos pares); utilização de *Clickers*, LMS/AVA (*Learning Management System*, Ambiente Virtual de Aprendizagem), Ensino Híbrido; utilização de *Flash Cards* e utilização de *Quiz/Test Questions* (Testes com questões conceituais) (PRADO, 2019), assim como também *One-Minute Paper*; *Think-Pair-Share*; Ensino por Investigação; *Just-in-Time Teaching* (Ensino sob medida), entre outros (OLIVEIRA; ARAÚJO; VEIT, 2016). Podemos observar a enorme quantidade de metodologias e propostas metodológicas apresentadas em artigos, e a cada ano outras propostas surgem como variações de aprendizagens e metodologias ativas existentes, bem como aplicações que levam em conta as especificidades de cada área ou assunto a ser abordado.

Em um estudo sobre a utilização do termo aprendizagem ativa em publicações em periódicos acadêmicos, dentro do panorama norte-americano, Bonwell e Eison (1991) apontam um conjunto de estratégias à qual o termo está vinculado:

- Engajar os estudantes em algo que vai além de somente assistir passivamente às aulas;
- Dar mais ênfase ao desenvolvimento de habilidades e menos ênfase à transmissão da informação;
- Envolver os estudantes em atividades mais complexas (análise, síntese, avaliação de resultados);
- Engajar os estudantes ativamente nas atividades de leitura, discussão e escrita;
- Colocar maior importância em atividades metacognitivas. (BONWELL; EISON, 1991 apud PRADO, 2019, p. 28).

Em uma síntese dos tópicos apresentados acima, Bonwell e Eison (1991) apontam uma possível definição para a aprendizagem ativa, no qual seria “envolver os estudantes em atividades e fazê-los pensar sobre as atividades que estão realizando” (PRADO, 2019, p. 28). Neste sentido, as atividades fundamentadas em aprendizagens e metodologias ativas assumem um caráter metacognitivo. A metacognição é comumente apontada como o “pensar sobre o pensamento”, “pensar sobre o pensar” ou a “cognição da cognição” (CORRÊA; PASSOS; ARRUDA, 2018; ROSA; RIBEIRO; ROSA, 2018). Sendo assim,

A Metacognição está interessada na capacidade de reflexão sobre o nosso próprio pensamento, e em um contexto acadêmico ela inclui o conhecimento sobre nós mesmos como aprendizes, sobre os aspectos da tarefa, e sobre o

uso da estratégia. Metacognição também envolve a autorregulação de nossos próprios esforços cognitivos, incluindo planejar as nossas ações, verificar os resultados dos nossos esforços, avaliar o nosso progresso, corrigir as dificuldades que surgem, testar e revisar as nossas estratégias para a aprendizagem. (BAKER, 2010, p. 204 apud PASSOS; CORRÊA; ARRUDA, 2017, p. 181).

A capacidade de reflexão tem sido uma das exigências no complexo cenário da vida humana e da educação. De maneira geral, “as capacidades de pensar, agir e sentir são demandadas de modo cada vez mais profundo, levaram as funções da escola a contribuir com uma forma de educação vinculada ao desenvolvimento destas capacidades de aprendizagem de forma integrada e efetiva na vida em sociedade” (PRADO, 2019, p. 28). O desenvolvimento dessas capacidades por parte da escola levaria à edificação de um conjunto de hábitos a serem usados na ação e os saberes aprendidos, transformando o comportamento dos sujeitos diante das aprendizagens (BERBEL, 2011), ou seja, “Quando ambos, hábitos e conhecimentos, combinados com a motivação, são satisfatórios, o sujeito percebe que foi ele quem causou a mudança desejada” (GUIMARÃES, 2003, p. 38). Portanto,

Em decorrência dessa percepção, seus comportamentos podem ser intrinsecamente motivados, fixando metas pessoais, demonstrando seus acertos e dificuldades, planejando as ações necessárias para viabilizar seus objetivos e avaliando adequadamente seu progresso, como explica a autora (BERBEL, 2011, p. 26-27)

Neste aspecto, o desenvolvimento de uma autonomia é conduzido a partir do agenciamento deste comportamento dos estudantes (PRADO, 2019). Observa-se uma confluência de ideias de vários autores a respeito dos processos de ensino e aprendizagem fundamentados a partir de metodologias ativas, principalmente com respeito à inserção dos estudantes em comunidades de aprendizagem através do desenvolvimento de autonomia e motivação intrínseca (GUIMARÃES, 2003; BERBEL, 2011; PRADO, 2019). Dentro desta perspectiva, o papel do professor na mediação pedagógica demanda um novo perfil docente balizado na prática reflexiva, investigativa e crítica (DIESEL; BALDEZ; MARTINS, 2017).

Sobre características das metodologias ativas, alguns autores sintetizam sete princípios relacionados:

- 1) estudante como centro do processo de ensino e aprendizagem;
- 2) a autonomia;
- 3) a reflexão;
- 4) a problematização da realidade;
- 5) o trabalho em equipe;
- 6) a perspectiva de inovação;
- 7) o professor como elemento mediador, facilitador e ativador da aprendizagem. (PRADO, 2019; DIESEL; BALDEZ; MARTINS, 2017).

Os estudos apresentados sobre as metodologias ativas apontam para uma ampla gama de “categorias”, assim como características que proporcionam uma variedade de aspectos como o desenvolvimento de habilidades, a inserção em comunidades de aprendizagem, processos metacognitivos, processos de engajamento e mobilização dos estudantes, a inserção de novas ferramentas de transformação das formas de comunicação e expressão, que apontam para o estudante com o centro e o protagonista no processo de ensino e aprendizagem. A seguir descreveremos sobre uma abordagem metodológica com um conjunto de características de aprendizagem ativa.

A ABORDAGEM ISLE: CONCEITOS E PROCEDIMENTOS

ISLE (*Investigative Science Learning Environment*) é um método que pode ser utilizado para o ensino e aprendizagem escolar, que envolve um ambiente no qual os estudantes podem desenvolver representações produtivas para o raciocínio qualitativo e para a resolução de problemas para assim descobrir e aprender os conhecimentos científicos com autonomia de forma semelhante ao pensamento dos cientistas.

As propostas metodológicas que proporcionam um envolvimento interativo têm sido bem-sucedidas em ajudar os estudantes a desenvolver a compreensão conceitual dos princípios da Física e a resolver problemas. Mas não somente isso, outro benefício apontado é o fato de envolver ativamente os estudantes na construção de seus conhecimentos de Física e oportunizar a possibilidade de se envolverem em “pensar como físicos” ou “pensar como cientistas” (ETKINA, 2017). A abordagem ISLE segue estes pressupostos, ao mesmo tempo que engaja os estudantes em atividades que espelham a prática científica. Muitos currículos baseados em investigação (*inquiry-based*) têm atividades individuais que envolvem os

estudantes em algumas das práticas, mas existem alguns que o fazem de forma sistemática e proposital. A abordagem ISLE proporciona este envolvimento de maneira sistemática e proposital. Além disso, se aproxima de outras abordagens, as quais incentivam os estudantes a construir ativamente seus próprios saberes, através de uma relação com o que já sabem e para poder colaborar com os outros estudantes (ETKINA *et al.*, 2018; BROOKES; YANG; NAINABASTI, 2021). O processo de “pensar como físicos” mobiliza os estudantes em um conjunto de atividades proposto pela abordagem, onde eles irão observar fenômenos e procurar padrões, desenvolver explicações para esses padrões, usar essas explicações para fazer previsões sobre os resultados das experiências, decidindo se os resultados das experiências são consistentes com as previsões. Também, se necessário, será feita uma revisão das explicações, incentivando os estudantes a representarem os processos físicos de múltiplas formas.

Etkina *et al.* (2018) ainda ressaltam que os estudantes precisam ser capazes de analisar criticamente informações e gerar novos saberes com fundamento nas premissas relacionadas ao ambiente físico e social em que operam. E não apenas se preocuparem com o produto final, mas com o processo desencadeado, construído, na produção e geração de determinado resultado. O mais importante é os estudantes serem capazes de se envolverem neste processo de criação, avaliação e aplicação de novos saberes (ETKINA *et al.*, 2018).

Dessa forma, os estudantes desenvolvem nas aulas um conjunto de atividades que acompanham as etapas do Ciclo ISLE (Figura 1). É importante ressaltar que as etapas não seguem uma progressão linear. Em qualquer etapa, pode-se voltar e visitar o passo anterior ou examinar as suposições (ETKINA, 2015).

Segundo Etkina, Brookes e Planinsic (2019), há três características-chave desta abordagem, que espelham as características de um ambiente de investigação científica ao mesmo tempo em que permite aos estudantes desenvolver conhecimentos de Física tradicionalmente valorizados (conceitos normativos).

1. Os estudantes desenvolvem conceitos de Física normativa com suas próprias ideias, por meio da repetição, passando pelo seguinte processo (Ciclo ISLE):

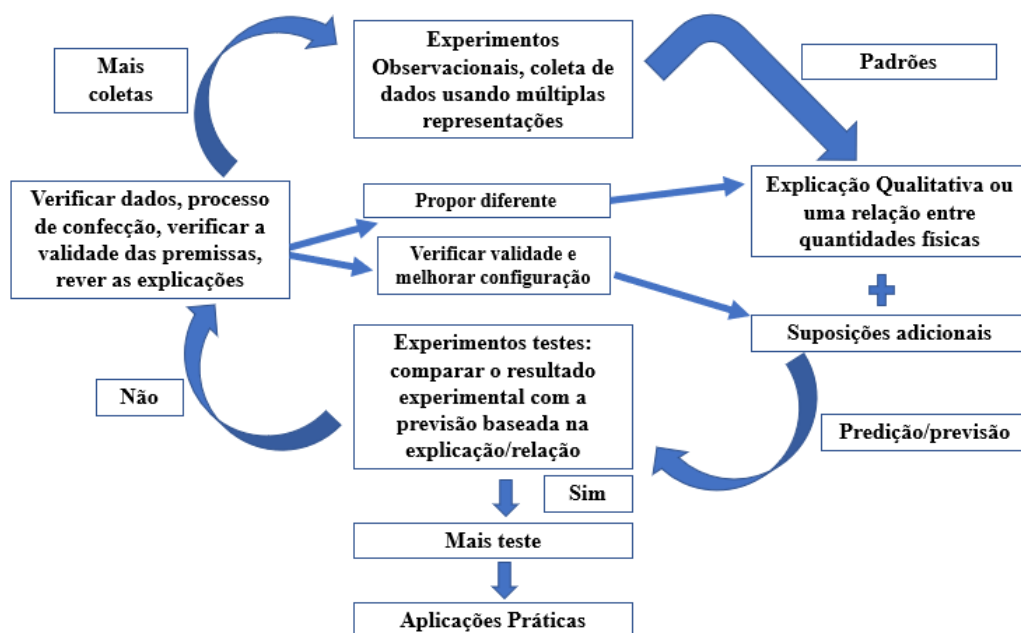
(a) Observação de fenômenos pré-selecionados (geralmente experimentos, mas também podem ser simulações ou dados previamente coletados, fotos, vídeos...) e procurar

por padrões; (b) Desenvolvimento de explicações/modelos/relações matemáticas para estes padrões; (c) Uso destas explicações/modelos/relações para fazer previsões sobre os resultados dos experimentos de teste que eles propõem; (d) Decidir se os resultados dos experimentos de teste correspondem às previsões; (e) Rever os modelos/relações, se necessário, e finalmente chegar aos modelos/relações de Física normativa; (f) Aplicá-las para fins práticos (resolver problemas, construir dispositivos, determinar os valores e quantidades Físicas etc.).

2. Os estudantes, engajados nas etapas (a)-(f), representam processos físicos de múltiplas formas para ajudá-los a desenvolver ferramentas produtivas para raciocínio qualitativo e para a solução de problemas.

3. Envolvidos nas etapas (a)-(f), os estudantes trabalham colaborativamente em grupos de 3-4 usando quadros brancos e depois compartilham suas descobertas, projetos e soluções em uma discussão em sala de aula inteira (ETKINA; BROOKES; PLANINSIC, 2019, p. 1-3).

Figura 1 – Ciclo ISLE



Fonte: adaptado de Etkina (2015).

O envolvimento dos estudantes no ato de pensar como físicos, durante o desenvolvimento das atividades no ciclo ISLE, proporciona a construção dos conceitos de

Física e habilidades de resolver problemas a partir de situações práticas, bem como o uso e a reflexão de habilidades científicas. As habilidades científicas, é como se fossem “hábitos da mente” (ETKINA, 2017).

Segundo Etkina *et al.* (2006), o termo “habilidades científicas” descreve alguns dos processos, procedimentos e métodos mais importantes que os cientistas usam ao construir conhecimento e ao resolver problemas teóricos e experimentais. Ressalta-se, ainda, que as habilidades científicas não são habilidades automáticas, mas que são processos em que os estudantes precisam utilizá-las de maneira reflexiva e crítica.

A partir de uma análise da história da prática da Física, da taxonomia das habilidades cognitivas, das recomendações de educadores em Ciências, e uma análise epistemológica dos processos do fazer Ciência do cientista, o grupo de pesquisa liderado pela professora Eugenia Etkina desenvolveu uma lista de habilidades científicas com as seguintes descrições:

- a) a capacidade de representar a informação de várias formas;
- b) a capacidade de usar o equipamento científico para conduzir investigações experimentais e reunir dados pertinentes para investigar fenômenos, testar hipóteses, ou resolver problemas práticos;
- c) a capacidade de recolher e representar dados a fim de encontrar padrões, e de fazer perguntas;
- d) a capacidade de conceber múltiplas explicações para os padrões e de os modificar à luz de novos dados;
- e) a capacidade de avaliar o desenho e os resultados de uma experiência ou uma solução para um problema;
- f) a capacidade de comunicar (ETKINA; BROOKES; PLANINSIC, 2019. p. 4-2).

Para o efetivo desenvolvimento dessas habilidades científicas, é necessário mobilizar os estudantes em atividades apropriadas, assim como elaborar maneiras de avaliar o desempenho dos estudantes nas atividades propostas e fornecer *feedback* (ETKINA *et al.*, 2006). Pensando nos processos de avaliação formativa, *feedbacks* e na elaboração de critérios como verificação da construção das habilidades por parte dos estudantes, foi desenvolvido um

conjunto de rubricas a fim de orientar os professores durante os processos de avaliação formativa, bem como no processo de autoavaliação dos estudantes (ETKINA *et al.*, 2006).

Em suma, a abordagem metodológica ISLE promove, de forma efetiva, um conjunto de benefícios ao processo de aprendizagem dos estudantes, mobilizando-os em atividades, de forma a criar um hábito reflexivo (hábitos da mente), o que os leva a desenvolver o pensamento de forma similar à do cientista. Pode-se apontar que a abordagem ISLE é fundamentada e estruturada em fortes bases teórico-metodológicas desde a etapa de planejamento das atividades, desenvolvimento e avaliação de todo o processo de aprendizagem.

Antes de iniciar as atividades é fundamental apresentar a proposta e a organização das atividades aos estudantes. A fim de orientá-los de maneira correta, deixar claro os procedimentos desde o processo de execução das atividades em sala de aula até os processos de avaliação e seus critérios como rubricas, *checklists*, avaliação por pares. É importante também apontar aos estudantes os objetivos e resultados gerais de aprendizagem, bem como os objetivos e resultados específicos de aprendizagem de cada temática a ser trabalhada na disciplina.

Figura 2 – Estudantes de Engenharia durante as atividades ISLE



Fonte: os autores.

A cada temática deve-se planejar as atividades dentro da dinâmica do ciclo, como: para trabalhar o conceito de movimento e suas características, inicialmente organiza-se a atividade chamada experimento observacional. Um experimento observacional é um experimento ou atividade que os estudantes realizam quando é investigado um novo fenômeno. Assim, eles não fazem previsões ou hipóteses sobre seu resultado. Os estudantes precisam coletar dados, analisá-los e encontrar um padrão nos dados. Eles então precisam explicar por que as grandezas físicas seguem esse padrão e/ou construir uma relação qualitativa ou quantitativa, e explicá-las. Lembrando que para toda a atividade é importante que os estudantes descrevam o fenômeno estudado de múltiplas maneiras. Também é importante determinar as rubricas, critérios para a avaliação de aprendizagem e verificação das habilidades de cada atividade (ver Figura 3). A determinação dos instrumentos de avaliação é fundamental para uma avaliação contínua e os *feedbacks* aos estudantes a fim de desenvolverem as habilidades que a abordagem propõe e, conseqüentemente, os resultados de aprendizagens propostos. Para avaliar a presença dessas habilidades nos estudantes foram desenvolvidas as rubricas de pontuação, que utilizam como parâmetro os próprios hábitos da mente, porém essas rubricas são adaptadas a cada conjunto de atividades, visando um determinado conhecimento científico.

Figura 3 – Exemplos de alguns critérios para rubrica representar informações de várias maneiras

RUBRIC A: Capacidade de representar informações de várias maneiras					
Habilidade Científica		Ausência de	Inadequado	Precisa de melhorias	Adequado
A1	É capaz de extrair as informações da representação corretamente.	Nenhuma tentativa visível é feita para extrair informações do texto do problema.	As informações extraídas contêm erros, como rotular quantidades incorretamente, misturar os estados inicial e final, escolher um sistema incorreto, etc. As quantidades físicas não têm subscritos (quando são necessários)	Algumas informações são extraídas corretamente, mas não todas as informações. Por exemplo, quantidades físicas são representadas com números, não há unidades. Ou direções estão faltando. Os subscritos para quantidades físicas estão ausentes ou inconsistentes.	Todas as informações necessárias são extraídas corretamente, e escritas de forma compreensível. Objetos, quantidades físicas, estados iniciais e finais são identificadas e descritas corretamente e todas unidades físicas estão corretas. Os subscritos das quantidades físicas estão consistentes.
A2	É capaz de construir novas representações de representações anteriores.	Nenhuma tentativa é feita para construir uma representação diferente.	A representação é tentada, mas usa informações incorretas ou a representação não concorda com as informações usadas.	As representações são criadas sem erros (enganos), mas há informações ausentes, isto é, legendas, variáveis.	Representações são construídas com todas as informações dadas (ou entendidas) e não contêm grandes falhas.

Fonte: Etkina; Murthy; Zou (2006) (tradução nossa).

Os experimentos observacionais podem ser usados em uma aula/palestra enquanto são desenvolvidas ideias em um novo tópico, ou seja, para introduzir uma nova temática. Neste caso o professor realiza o experimento, os estudantes registram os dados, decidem quais variáveis são importantes e tentam encontrar padrões nos dados, construindo tabelas e plotando gráficos. Também usados em aulas, palestras, aulas de laboratório ou seminários, os dados de tais experiências (realizados por outra pessoa) são fornecidos, os estudantes vão analisá-los e procurar padrões. Uma outra possibilidade, em aulas, palestras, laboratório ou seminários e *workshops*, os dados e análises são fornecidos. Os estudantes constroem explicações para as tendências nos dados. Há ainda outras possibilidades, como na aula prática no laboratório ou como lição de casa. Para a aula prática os estudantes realizam experiências no laboratório (antes de aprender sobre os conceitos em aulas ou palestras), coletam e analisam dados, encontram padrões e constroem explicações ou relações matemáticas para descrever os padrões. Como um problema de lição de casa, dados para um experimento são fornecidos e os estudantes são convidados para analisar os dados e encontrar padrões neles (ETKINA; BROOKES; PLANINSIC, 2019; ETKINA; BROOKES; PLANINSIC, 2020).

Um outro exemplo de atividades desenvolvidas dentro do ciclo ISLE são os experimentos de teste. Em um experimento de teste, os estudantes usam uma explicação ou relação para fazer uma previsão do resultado do experimento. Eles também decidem quais suposições adicionais estão fazendo. Em seguida, eles realizam o experimento e registram o resultado. Com base na (discordância) da previsão e do resultado experimental, e levando em consideração os pressupostos teóricos e as incertezas experimentais, os estudantes devem fazer um julgamento sobre a explicação ou relação que estão testando. Os estudantes aprendem que quando sua previsão está de acordo com o resultado experimental, isso significa apenas que a explicação/relação não pode ser rejeitada. Por outro lado, se a sua previsão não concorda com o resultado experimental, eles têm que rejeitar a explicação/relação que testaram ou reconsiderar as suposições adicionais que fizeram. Assim, a ênfase está em tentar refutar uma ideia. Os experimentos de teste podem ser usados nos seguintes contextos:

- Em uma aula.

Depois de desenvolver uma nova ideia, o professor explica a configuração experimental para testar a ideia. Os estudantes fazem suas previsões com base na ideia que acabaram de desenvolver. O professor realiza o experimento. Os estudantes então decidem se a ideia desenvolvida é apoiada ou precisa ser revisada/rejeitada.

- Em um laboratório.

Os estudantes recebem uma tarefa experimental, na qual eles devem fazer uma previsão sobre o resultado do experimento usando uma explicação/relação, realizar o experimento e, em seguida, fazer um julgamento sobre a explicação/relação com base na concordância de sua previsão e o resultado experimental.

- Como uma tarefa de *design* em um laboratório.

Os estudantes projetam seu próprio experimento para testar uma explicação ou uma relação (ETKINA, BROOKES; PLANINSIC, 2019).

Ressaltamos que a abordagem ISLE tem apresentado resultados significativos, seja no desenvolvimento de habilidades científicas, aprendizagem conceitual dos conteúdos, desenvolvimento de representações produtivas para resolução de problemas e desenvolvimento de conhecimentos normativos em Física (ETKINA, 2015).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste artigo apresentamos uma abordagem metodológica ativa pouco conhecida pela comunidade de ensino de Ciências do Brasil, a abordagem ISLE (*Investigative Science Learning Environment*). Esta é uma abordagem de ensino por investigação diferenciada, pois além de envolver a construção das próprias ideias dos estudantes por observar fenômenos e procurar padrões, os estudantes desenvolvem explicações para esses padrões de forma qualitativa, sendo encorajados a realizar representações de suas ideias e explicações de várias maneiras. Assim, usam essas explicações para fazer previsões sobre os resultados dos experimentos de teste, decidem se os resultados dos experimentos de teste são consistentes com as previsões e revisam as explicações, se necessário, realizando a interação com os outros estudantes de suas ideias, explicações e validações (BROOKES; YANG; NAINABASTI, 2021). Para fundamentar e apresentar a abordagem, descrevemos alguns conceitos e características de metodologias e aprendizagens ativas, apontamos algumas pesquisas e estudos realizados sobre a temática. Em seguida, descrevemos aspectos da ISLE apresentando seus fundamentos, conceitos e procedimentos, bem como os elementos mais importantes da abordagem, como o ciclo ISLE, as atividades que compõem o ciclo, as habilidades científicas relacionadas à abordagem e rubricas de acompanhamento e avaliação do processo. Da apresentação desta nova abordagem de metodologia ativa no Brasil, tem-se uma importante contribuição para o processo de ensino e aprendizagem mediante sua veiculação no meio acadêmico e científico, em vista da melhoria da qualidade do ensino, em especial para o Ensino de Física focado neste estudo.

AGRADECIMENTOS

João Paulo Camargo de Lima agradece a Eugenia Etkina e a *Graduate School of Education*, pela acolhida e suporte durante sua estadia na *Rutgers University – The State University of New Jersey* em New Brunswick.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, I. S.; MAZUR, E. Instrução pelos colegas e ensino sob medida: uma proposta para o engajamento dos alunos no processo de ensino-aprendizagem de Física. **Caderno**

Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis, v. 30, n. 2, p. 362-384, 2013.

ARRUDA, S.; CARVALHO, M. A.; PASSOS, M. M.; SILVEIRA, F. L. dados comparativos sobre a evasão em Física, Matemática, Química e Biologia da Universidade Estadual de Londrina: 1996 a 2004. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 23, n. 3, p. 418-438, 2006.

BAKER, E. Metacognition. *In*: PETERSON, P.; BAKER, E.; MCGAW, B. (org.). **International Encyclopedia of Education**. 3. ed. Oxford: Elsevier, 2010. p. 204-210.

BARROSO, M. F. *et al.* A evasão universitária em cursos de Física: desempenho dos estudantes e redução da evasão. *In*: **SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA**, 15. 2003, Curitiba. **Atas [...]**. Curitiba: CEFET-PR, p. 507-517, 2003.

BASSALOBRE, J. Ética, responsabilidade social e formação de educadores. **Educação em Revista**, Belo Horizonte, v. 29, n. 01, p. 311 317, 2013.

BEICHNER, R. J. *et al.* The Student-Centered Activities for Large Enrollment Undergraduate. Programs (SCALE-UP) Project. *In*: REDISH E. F.; COONEY, P. J. (org.). **Research-based reform of introductory physics**. Reviews in PER, v. 1. American Association of Physics Teacher, College Park, 2007. p. 1-42.

BERBEL, N. A. N. As metodologias ativas e a promoção da autonomia de estudantes. **Semina: Ciências Sociais e Humanas**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 25-40, 2011.

BONWELL, C.; EISON, J. **Active Learning: Creating Excitement in the Classroom** AEHE-ERIC Higher Education Report N. 1. Washington, D.C.: Jossey-Bass, 1991.

BREWE *et al.* Toward equity through participation in Modeling Instruction in introductory university physics. **Physics Review Special Topics – Physics Education Research**, College Park, v. 6, n. 1, p. 010106-1-010106-2, 2010.

BROOKES, D. T.; YANG, Y.; NAINABASTI, B. Social positioning in small group interactions in an investigative science learning environment physics class. **Physics Review Special Topics – Physics Education Research**, College Park, v. 17, n. 1, p. 010103-1-010103-13, 2021.

CHARLOT, B. **Da relação com o saber**: elementos para uma teoria. Porto Alegre: Artmed, 2000.

CHARLOT, B. **Os jovens e o saber**: perspectivas mundiais. Porto Alegre: Artmed, 2001.

CHARLOT, B. **Relação com o saber, formação de professores e globalização**: questões para a educação hoje. Porto Alegre: Artmed, 2005.

CROUCH, C. H.; MAZUR, E. Peer Instruction: Ten years of experience and results. **American Journal of Physics**, College Park, v. 69, n. 9, p. 970, 2001.

CORRÊA, N. N. G.; PASSOS, M. M.; ARRUDA, S. M. Metacognição e as relações com o saber. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 24, p. 517-534, 2018.

DIESEL, A.; BALDEZ, A. L. S.; MARTINS, S. N. Os princípios das metodologias ativas de ensino: uma abordagem teórica. **Revista Thema**, Pelotas, v. 14, n. 1, p. 268-288, 2017.

ETKINA, E. Millikan award lecture: students of physics – listeners, observers, or collaborative participants in physics scientific practices? **American Journal of Physics**, College Park, v. 83, n. 8, p. 669-679, 2015.

ETKINA, E. Using physics to help students develop scientific habits of mind. **Scientia in educatione**, Praga, v. 8 (special issue), p. 6-21, 2017.

ETKINA, E.; BROOKES, D.; PLANINSIC, G. **Investigative Science Learning Environment**: When Learning Physics Mirrors Doing Physics. Bristol: IOP Publishing, 2019.

ETKINA, E.; BROOKES, D.; PLANINSIC, G.; VAN HEUVELEN, A. **Instructor's Guide for College Physics**: Explore and Apply. New York: Pearson Education, 2018.

ETKINA E.; BROOKES D. T., PLANINSIC, G. Investigative Science Learning Environment: Learn Physics by Practicing Science. In: MINTZES, J.; WALTER, E. (ed.) **Active Learning in College Science**. Basel: Springer, 2020.

ETKINA, E.; KARELINA, A.; RUIBAL-VILLASENOR, M.; JORDAN, R., ROSENGRANT, D.; HMELOSILVER, C. Design and reflection help students develop scientific abilities: learning in introductory physics laboratories. **Journal of the Learning Sciences**, London, v. 19, n. 1, p. 54-98, 2010.

ETKINA, E.; VAN HEUVELEN, A.; WHITE-BRAHMIA, S.; BROOKES, D. T.; GENTILE, M.; MURTHY, S.; ROSENGRANT, D.; WARREN, A. Scientific abilities and their assessment. **Physical Review Special Topics - Physics Education Research**, College Park, v. 2, p. 020103-1 – 020103-15, 2006.

ETKINA, E., MURTHY, S.; ZOU, X. Using introductory labs to engage students in experimental design. **American Journal of Physics**, College Park, v. 74, p. 979-982, 2006.

GERAD, F., VALÉRIO A. D. A. Relação entre o desempenho em física e o desempenho em outras disciplinas da etapa inicial de um curso de engenharia. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 36, n. 2, p. 2401, 2014.

GUIMARÃES, S. E. R. **Avaliação do estilo motivacional do professor**: adaptação e validação de um instrumento. Tese (Doutorado em Educação) – Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

HENRIQUES, V. B.; PRADO, C. P. C.; VIEIRA, A. P. Aprendizagem ativa. Editorial convidado. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 36, n. 4, p. 4001, 2014.

KARELINA, A.; ETKINA, E. Acting like a physicist: student approach study to experimental design. **Physical Review, Special Topics, Physics Education Research**, College Park, 3, 020106, 2007.

LIMA JUNIOR, P. R. M.; OSTERMANN, F.; REZENDE, F. Análise dos condicionantes sociais da evasão e retenção em cursos de graduação em Física à luz da sociologia de Bourdieu. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, [s. l.], v. 12, n. 1, p. 37-60, 2012.

OLIVEIRA, T. E.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Aprendizagem Baseada em Equipes (Team-Based Learning): um método ativo para o Ensino de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 33, n. 3, p. 962-986, 2016.

PASSOS, M. M.; CORRÊA, N. N. G.; ARRUDA, S. M. Perfil metacognitivo (parte I): uma proposta de instrumento de análise. **Investigações em ensino de ciências**, Porto Alegre, v. 22, p. 176-191, 2017.

PASSOS, F. G. dos *et al.* Diagnóstico sobre a reprovação nas disciplinas básicas dos cursos de engenharia da UNIVASF. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 35, 2007, Curitiba. **Anais [...]**. Curitiba, 2007.

PINTO, A. S. S.; BUENO, M. R. P.; SILVA, M. A. F. A.; SELLMANN, M. Z.; KOEHLER, S. M. F. Inovação didática – projeto de reflexão e aplicação de metodologias ativas de aprendizagem no ensino superior: uma experiência com “Peer Instruction”. **Revista de Pesquisa Científica – Janus – Fatea**, Lorena, v. 9, n. 15, p. 75-87, 2012.

PRADO, G. F. **Metodologias ativas no ensino de Ciências**: um estudo das relações sociais e psicológicas que influenciam a aprendizagem. 369 f. Tese (Doutorado em Educação para Ciência) – Faculdade de Ciências, UNESP, Bauru, 2019.

ROSA, C. T. W.; RIBEIRO, C. A. G.; ROSA, A. B. Habilidades metacognitivas envolvidas na resolução de problemas em Física: investigando estudantes com expertise. **Amazônia (UFPA)**, Belém, v. 14, p. 143-160, 2018.

VILLANI, A.; PACCA, J. L. A.; FREITAS, D. Formação do Professor de Ciências no Brasil: tarefa impossível. *In*: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 8., Águas de Lindoia. **Atas [...]**. CD-ROM. São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, v. 1. p. 2-22, 2002.