



## ATIVIDADE EXPERIMENTAL PROBLEMATIZADA (AEP): ASSERÇÕES PRAXIOLÓGICAS E PEDAGÓGICAS AO ENSINO EXPERIMENTAL DAS CIÊNCIAS

*Problematic Experimental Activity (AEP): praxiological and pedagogical assertions in experimental science teaching*

**Marcello Ferreira** [marcellof@unb.br]

*Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física  
Universidade de Brasília  
Campus Darcy Ribeiro, Brasília, Distrito Federal, Brasil*

**André Luis Silva da Silva** [andresilva@unipampa.edu.br]

*Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências  
Universidade Federal do Pampa - Campus Caçapava do Sul  
Av. Pedro Anunciação, 111, Caçapava do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil*

**Olavo Leopoldino da Silva Filho** [olavolsf@unb.br]

**Khalil Oliveira Portugal** [khalil.portugal@unb.br]

*Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física  
Universidade de Brasília  
Campus Darcy Ribeiro, Brasília, Distrito Federal, Brasil*

### Resumo

Com foco nas perspectivas praxiológica e pedagógica, foram demarcadas contribuições, a partir da abordagem denominada Atividade Experimental Problematizada (AEP) a processos de ensino de ciências, visando à aprendizagem significativa e ao desenvolvimento de pensamentos de ordem superior (crítico, criativo e curioso) em comunidades investigativas de estudantes. A partir da fundamentação e caracterização de ilustração em tema da física, verifica-se na AEP condições satisfatórias para abordar didaticamente conteúdos científicos a partir de problemáticas motivadoras, além de possibilitar reflexões acerca da natureza da ciência e de sua empiria e abstrações. Ao abranger *articuladores* e *momentos* próprios, a AEP corresponde a uma sistematização de ensino investigativo, voltada à aprendizagem significativa, autônoma, permeada por habilidades de raciocínio, formação de conceitos, investigação e tradução, e a uma concepção sócio-histórica e cultural da ciência. Por fim, a metodologia busca engendrar condições de existência e de avaliação de processos educacionais que subsidiem tal práxis, mediando a alfabetização científica e o desenvolvimento crítico.

**Palavras-Chave:** Atividade Experimental Problematizada; Aprendizagem Significativa; Comunidades de Investigação; Ensino de Ciências.

### Abstract

Focusing on the praxeological and pedagogical perspectives, this paper sought to demarcate contributions to the approach called Problematized Experimental Activity (AEP) to science teaching processes, aiming at meaningful learning and the development of higher-order thoughts (critical, creative and curious) in investigative communities of students. Based on the foundation and characterization of illustrations on the subject of physics, the AEP provides satisfactory conditions to didactically approach scientific content from motivating issues, in addition to enabling reflections on the nature of science and its empirical and abstractions. By encompassing articulators and specific moments, AEP corresponds to a systematization of investigative teaching, aimed at significant, autonomous learning, permeated by reasoning skills, concept formation, investigation and translation, and a socio-historical and cultural conception of science. Finally, the methodology seeks to engender conditions for the existence and evaluation of educational processes that support such praxis, mediating scientific literacy and critical development.

**Keywords:** Problematic Experimental Activity; Meaningful Learning; Communities of Inquiry; Science Teaching.

## A PRETEXTO INTRODUTÓRIO: PERSPECTIVAS PRAXIOLÓGICAS E PEDAGÓGICAS DA ATIVIDADE EXPERIMENTAL PROBLEMATIZADA (AEP)

Numa perspectiva historiográfica e epistemológica da razão ocidental, podemos atribuir a Platão (2019) a noção seminal de *práxis*<sup>1</sup>, sobretudo advinda de suas reflexões acerca da filosofia e de sua função na compreensão e intervenção na natureza<sup>2</sup>. Descartes (1996), com seu *consequencialismo*, e Kant (2006), ao lançar as bases do criticismo, subsidiam as profundas reelaborações das perspectivas de *práxis* na filosofia moderna, como as que poderemos localizar nos domínios e especificidades das obras de Marx (1986, 1990, 1999) e Marx e Engels (1978, 2016), ao concebê-la como transformação que só pode surgir numa relação dialética entre determinações e contradições, e de Gramsci (1980, 1995a, 1995b), ao incorporar a essa noção a força da intelectualidade orgânica, coletiva e objetivamente produtiva. No âmbito da sociologia da educação, Bourdieu (2000) incorpora a ideia de *habitus* para descrever o sistema de relações entre o sujeito e o seu entorno. Na interpretação latino-americana versada a partir de meados do Século XX, é no âmbito da pedagogia crítica freireana (Freire, 1987) que a definição se apresenta<sup>3</sup> e se consolida como categoria ontológica<sup>4</sup>.

Sem desprezar o caráter rudimentar (porque intencionalmente ilustrativo) e apoteótico (porque emblemático) dessas categorizações sobre *práxis*, nelas identificamos homogeneidades, linearidades e potências ao entorno das quais situamos a reflexão consignada neste texto. Nele, inicialmente objetivamos identificar e caracterizar bases teórico-metodológicas – isto é, praxiológicas – da experimentação no ensino de ciências, para, na sequência, apresentar a Atividade Experimental Problematizada (AEP) como uma formulação sistemática dessa perspectiva em relações didáticas e cognitivas típicas no ensino e na aprendizagem em ciências – portanto, de caráter pedagógico (Silva, Moura, & Del Pino, 2015, 2017, 2018; Silva Filho & Ferreira, 2018; Silva et al., 2019).

Praxiologicamente, parte-se da perspectiva de ensino de ciências como epistemologia interdisciplinar, ambientada em contextos universitários, escolares ou abertos, concebendo-a como uma relação social e cultural de produção de interpretações, significados e sentidos em ciências da natureza, a partir de particular e consistente articulação de teorias, métodos e problemas (Moreira, 2003). O objetivo consensuado entre pesquisadores da área (Cachapuz et al., 2005; Pavão & Freitas, 2008; Lederman & Abell, 2014; Delizoicov, Angotti, & Pernambuco, 2018) é de que o ensino de ciências se ambienta na compreensão, descrição e formulação alternativa de fundamentos, determinações, contradições, problemáticas e estratégias, relativas ao ensino, à aprendizagem e ao currículo como documento de identidade.

É dessa perspectiva de ensino de ciências que, como resistência e produtividade, localizamos os pressupostos da alfabetização científica (Fourez, 1995; Novak & Gowin, 1984) como engrenagem a modos críticos de reflexão e posicionamento individual e coletivo. Isso requer, por um lado, a qualificação das estratégias de mediação dos conteúdos científicos pelos professores; por outro e partir daquele, que os estudantes desenvolvam, apliquem e expandam os conhecimentos mediatizados em relações tecnológicas, sociais e culturais próprias, tanto de uma perspectiva epistêmica quanto política.

Já no espectro pedagógico, são consideradas duas dimensões complementares, basilares aos princípios apresentados: 1) as descritivas, próprias de teorias de aprendizagem, que se constituem em caráter abstrato e explicativo das relações cognitivas e de desenvolvimento; e 2) as normativas, de cunho prescritivo e procedimental, que orientam e dirigem a didática (Silva, Moura, & Del Pino, 2018; Silva Filho et al., 2021). Tais dimensões se desdobram para hierarquizar e caracterizar os processos psicológicos básicos no contexto da cognição (teorias de aprendizagem) e, com base neles, as diretrizes e normativas pedagógicas (teorias educacionais). Ainda, especificam o horizonte de formação objetivado e, finalmente, processos instrucionais concretos (tecnologias da educação). É precisamente no âmbito desta última categoria que se situam discussões pregressas de *práxis* em problematização experimental nas ciências.

<sup>1</sup> No grego antigo, a palavra *práxis* (πράξις) referia-se à atividade exercida por pessoas livres. Aristóteles sustentava que havia três atividades humanas fundamentais: *theoria* (pensar), *poiesis* (produzir) e *práxis* (fazer). A elas correspondiam três tipos de conhecimento: o teórico, objetivando a verdade; o *poiético*, objetivando a produção; e o prático, objetivando a ação. Aristóteles reconhece ainda a articulação da *práxis* em ética, *práxis* em economia e *práxis* em política (Smith, 1999, 2011).

<sup>2</sup> Não sendo escopo desta discussão, ilustramos esta perspectiva com a problemática e a *solucionática* contidas nos textos do Mito da Caverna, em que Platão (2019) defende uma *práxis* voltada para o olhar que desdenha da pedagogia do espetáculo em favor de uma pedagogia voltada para a verdade, o bem e o belo, que se unificam na sua *Kalokagathia* (sua doutrina do belo e do bem – sua estética).

<sup>3</sup> “A verdadeira reflexão crítica origina-se e dialetiza-se na interioridade da ‘práxis’ constitutiva do mundo humano – é também ‘práxis’” (Freire, 1987, p. 62).

<sup>4</sup> Restringimos voluntariamente a domínios clássicos e modernos do pensamento filosófico para conduzir a analítica teoria-ação em face da relação entre ensino de ciências e a Atividade Experimental Problematizada, sobretudo, por considerar que o pós-estruturalismo refunda essa discussão com as noções sobre representação e discurso que, absolutamente apropriadas, ultrapassam o escopo da análise praxiológica e pedagógica que aqui pretendemos.

Essa categorização remete, por um lado, à aprendizagem como processo cognitivo e social e, por outro, ao ensino como produto de um planejamento e sequenciamento didático e avaliativo, em face do delineamento de objetivos político-pedagógicos. A modulação didática se constrói, explícita e organiza logicamente na conjunção teórico-metodológica entre aquilo que prescreve e normatiza o ensino e o que descreve a mediação intelectual do conhecimento. Ela pressupõe um arranjo instrucional que contemple metas específicas de apropriação de objetos de conhecimento – mais que isso, múltiplos interesses de aprendizagens –, concretizando-se por meio da seleção de conteúdos, ênfases, problemas relevantes, estratégias de mediação e de avaliação das qualidades política e formal.

No âmbito do ensino das ciências da natureza, a divisão entre descrição psicológica, normatização pedagógica e tecnologias educacionais deve considerar um vasto e diverso conjunto de *metas* e de *métodos* que projetam o processo de ensino e aprendizagem propriamente como uma *cultura educacional* (Sacristan & Gomes, 1998). A partir desse operador cultural, e ainda mais restritivamente em sua dimensão experimental, ela se estabelece em processos de integração e desenvolvimento de conhecimentos empíricos, metodológicos e analíticos em ciências, com ênfase na solução de problemas (Hodson, 1994; Giordan, 1999; Pavão & de Freitas, 2008; Capecchi, 2018). Na perspectiva da AEP (Silva, Moura, & Del Pino, 2015, 2017, 2018; Silva Filho & Ferreira, 2018; Silva et al., 2019), tal mediação se dá por três articuladores pedagógicos (proposição do problema, objetivo experimental e diretrizes metodológicas) e cinco momentos praxiológicos (discussão introdutória, organização e desenvolvimento, retorno ao grupo de trabalho, socialização e sistematização). É nesse amálgama que a presente reflexão busca ilustrar e desenvolver uma articulação entre teorias educacionais descritivas e normativas, tomando a AEP como tecnologia praxiológica e pedagógica no ensino de ciências.

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Seguindo a categorização de Silva Filho e Ferreira (2018) e Silva Filho et al. (2021) – desenvolvida, por exemplo, em Ferreira et al. (2020) e Ferreira et al. (2021) –, adotamos nesta reflexão a perspectiva cognitivista de Ausubel (1978) e Moreira (1999, 2006), estabelecendo a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) como descritora dos processos psicológicos básicos a serem movimentados pela teoria da educação superveniente. Já como teoria educacional, que se assenta sobre os princípios da TAS, assumimos o amálgama já realizado (Silva Filho & Ferreira, 2018) entre a perspectiva ausubeliana e a de Matthew Lipman (TAS-LIP). A partir desse enquadramento, construímos articulações entre os princípios psicológicos básicos envolvidos na aprendizagem e as *habilidades* buscadas no ensino de ciências em sua dimensão política, da qual a *práxis* não pode se afastar.

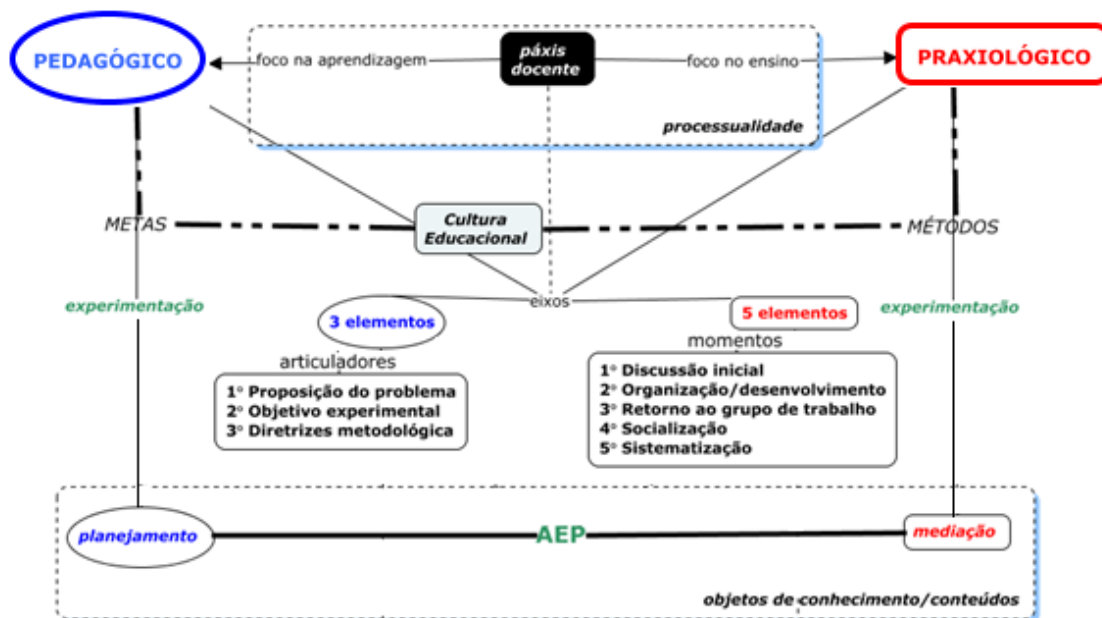
Nessa perspectiva, a *aprendizagem significativa* descrita por Ausubel se caracteriza por meio das habilidades do *pensar de ordem superior* de Lipman em aproximação a condições objetivas de ensino (de sua *práxis*). O pensar de ordem superior se articula como Pensar Crítico, Pensar Criativo e Pensar Cuidadoso, que assentam sobre as habilidades de (Silva Filho & Ferreira, 2018):

- (i) raciocínio: capacidade de haurir conclusões ou inferências a partir de conhecimentos prévios, de modo a garantir coerência e sistematicidade ao discurso;
- (ii) formação de conceitos: capacidade de identificar vínculos conceituais e estabelecer relações entre conceitos, formando conceitos mais complexos;
- (iii) investigação: capacidade de alcançar as soluções dos problemas postos pela realidade, adotando o método científico; e
- (iv) tradução: capacidade de compreensão e reprodução, em sua própria linguagem, de discursos escritos ou falados.

Desse plano teórico-metodológico, a concretização provida pela AEP deve ser capaz de produzir uma reelaboração cognitiva e particular de significados, a partir de conhecimentos prévios, da mobilização de materiais potencialmente significativos e com desdobramento à solução de problemas com implicações contextuais e culturais. Deve ainda fazê-lo buscando o desenvolvimento e aperfeiçoamento das habilidades (i)-(iv), segundo direcionamentos teóricos precípuos. Complementarmente, a perspectiva de problematização que assumimos toma por base epistemológica a contribuição de Thomas Kuhn (1998) acerca do desenvolvimento científico, particularmente ao conceber a ciência como socialmente constituída, fundamento de sua análise, consonante à perspectiva de comunidades de investigação de Lipman (1995).

É dessa conjunção que foi desenvolvida e proposta uma metodologia de ensino, denominada Atividade Experimental Problematizada – AEP (Silva, Moura, & Del Pino, 2015, 2017, 2018; Silva & Nogara, 2018; Silva et al., 2019). Ela se caracteriza sinteticamente por “uma articulação metodológica entre objetivo

experimental, proposição de problemas e diretrizes experimentais” (Silva, Moura, & Del Pino, 2015). A Figura 1 ilustra a ideiação da AEP.



**Figura 1** – Articulação entre princípios e funcionamento da AEP na perspectiva de uma cultura educacional.

É perceptível que são as intencionalidades, as metas e os procedimentos estabelecidos e a forma de avaliação que irão viabilizar os processos de ensino e aprendizagem. Portanto, é substantivo que tais decisões sejam compartilhadas entre professores e estudantes, na perspectiva da autonomia e criticidade, tal qual pressupõe o currículo como documento de identidade que o é. Pozo e Crespo (2009, p. 64) reforçam esta ideia ao apontar que, não havendo clareza dos propósitos praxiológicos e pedagógicos que subjazem à didática, “[...] pode-se reduzir os problemas a exercícios, as estratégias a rotinas e técnicas, o saber fazer ao saber repetir”. É nessa perspectiva que compreendemos a utilidade da proposição da AEP como praxiologia e possibilidade pedagógica para o ensino experimental de ciências.

## CONCEPÇÕES, MEIOS E PROPÓSITOS DA AEP

A AEP configura-se como um processo de ensino e aprendizagem, consciente das particularidades empíricas das ciências da natureza, que se desenvolve a partir da demarcação de um problema teórico, isto é, uma prática que objetiva a busca por uma solução *justificável* para a situação-problema em questão (Pensar Crítico: habilidade crítica e de formação de conceitos). Na AEP, o problema apresentado deve despertar motivação, interesse, desafio intelectual e capacidade de discussão e de articulação de ideias (Pensar Criativo: habilidades de formação de conceitos e de investigação), promovendo a autoconfiança necessária para que se busque apresentar explicações idiossincráticas aos fenômenos/situações tratados (Pensar Cuidadoso: habilidade de tradução).

Todavia, para que possa favorecer aprendizagens, não é esperado que o processo instrucional mobilize explicações com alto grau de determinação, mas que fomente questionamentos e desafios, em vistas da formulação de entendimentos tanto mais autônomos quanto possível. Nessa dinâmica, a mediação se volta ao questionamento, conduzindo perguntas e propondo problemas, auxiliando na exploração, no desenvolvimento e na readequação constante de concepções, a partir do que emergem hipóteses e justificativas a aparentes inconsistências (Galiazzi & Gonçalves, 2004; Hodson, 1994). Assim, um elemento crucial na AEP é a construção de comunidades de investigação, como na *práxis* proposta por Lipman (1995).

O ensino experimental fundamentado na busca por solução a problemas articula-se segundo a característica que a vida cotidiana tem de apresentar desafios, e incentiva o aperfeiçoamento de métodos e *habilidades heurísticas concretas*, referentes a dados e informações, como: (i) coletar; (ii) sistematizar; (iii) analisar; (iv) interpretar; (v) compreender; e (vi) comunicar.

São, portanto, essas habilidades concretas que implementam as habilidades (i)-(iv) preconizadas pela teoria da educação de Lipman (1995)<sup>5</sup> e, por esta mediação e adesão aos princípios da TAS, a *aprendizagem significativa*. Esse processo de depuração das habilidades que a AEP pode acessar é indispensável para a construção de modelos de aferição de indícios da aprendizagem significativa, uma das lacunas persistentes da aplicação da TAS em contextos típicos de ensino. De fato, tais habilidades permitem que a aprendizagem significativa, variável latente, seja acessada, via resposta a itens avaliativos, como comportamento consistente com sua expressão concreta. Nessa acepção, portanto, ensinar a

*[...] resolver problemas não consiste somente em dotar os alunos de habilidades e estratégias eficazes, mas também em criar neles o hábito e a atitude de enfrentar a aprendizagem como um problema para o qual deve ser encontrada uma resposta. Não é uma questão de somente ensinar a resolver problemas, mas também de ensinar a propor problemas para si mesmo, a transformar a realidade em um problema que mereça ser questionado e estudado (Pozo, 1998, p. 15).*

A AEP parte dessa concepção para mobilizar situações instrucionais de experimentação em ciências baseadas na problematização e na autonomia, favorecendo à articulação social do pensamento e da linguagem (Vygotsky, 2008) por meio de registros, discussões, levantamentos de hipóteses, possíveis explicações, justificativas e abrangências e limitações circunscritas ao experimento. Essa atividade se metodiza visando à promoção de uma análise reflexiva desde sua origem. Sob essa óptica, a mediação pressupõe problematizar concepções e observações, atentar às amplas leituras do experimento, reconhecer a necessidade premente de outros saberes/fazer e, por conseguinte, valorizar o diálogo reflexivo e a investigação orientada na busca por uma coerente interpretação das observações empíricas.

O aporte teórico da proposta da AEP, em consonância com as estipulações desenvolvidas no contexto mais abstrato da TAS-LIP, caracteriza os estudantes como sujeitos que desenvolvem conhecimentos em um processo no qual a mediação assume e desempenha o papel mais abrangente de orientação. Cabe, assim, a constante supervalorização das perguntas em relação às suas possíveis respostas, em perspectiva dialética<sup>6</sup>. Em conformidade ao que destaca Santos (2008, p. 126), “[...] o papel do professor não está em revelar a realidade aos educandos, mas em ajudá-los a desvendar a realidade por si só”.

Sob esse enfoque, toma-se por objetivo da experimentação não o convencimento ou a doutrinação do modo de pensar e agir, mas a instigação de concepções investigativas, críticas e reflexivas acerca de fenômenos empíricos, bem como a consequente capacidade de tomada de decisões e eventuais transposições. Com isso, métodos, resultados e conclusões heterogêneos devem ser incentivados, uma vez que, de acordo com Latour e Woolgar (1997, p. 61), à luz empírica, “[...] os fenômenos dependem do material, eles são totalmente constituídos pelos elementos utilizados no laboratório”.

A prática investigativo-experimental, na AEP, se ancora no estabelecimento de um conhecimento científico que promova conexões entre os procedimentos de experimentação, conceitos e definições da ciência, com observância ao seu desenvolvimento histórico e epistemológico. Sendo “[...] a ciência uma construção humana, deve-se reconhecer que no fazer ciência se desenvolve um processo de representação da realidade em que predominam acordos simbólicos e linguísticos num exercício continuado de discursos mentais” (Giordan, 1999, p. 46). Neste sentido, a AEP deve ser considerada como uma determinação da prática do ensino investigativo tal como assumido por Carvalho (2018).

A adoção de práticas experimentais problematizadas pode engajar e estimular a curiosidade investigativa, sustentando uma compreensão mais profunda e contextualizada das ciências. Embora usualmente ocorra em espaços formais, como o do laboratório, não é imprescindível que assim o seja. O ambiente, os equipamentos e as tecnologias são importantes para a reprodução didática, ou mesmo à simulação de fenômenos naturais, mas o mais relevante é o estabelecimento de confrontos cognitivos com problemas propostos e a constante reflexão das ideias reveladas (Guimarães, 2009). Nessa direção, se sobrepõem à metodologia da experimentação o modo pelo qual a atividade experimental é planejada, proposta e conduzida, as reflexões a partir dela originadas e a associação às suas bases contedutinais. A atividade experimental no ensino de ciências só é problematizada, de fato, se considera a promoção de

<sup>5</sup> De fato, a estratificação sugerida implica em um processo de interposição de habilidades cada vez mais concretas, no sentido de poderem representar *comportamentos mensuráveis*. Tal característica é de suma importância, principalmente quando consideramos a questão da avaliação da aprendizagem.

<sup>6</sup> Tomado este entendimento sob uma *perspectiva clássica*, alusiva a Platão e a Aristóteles, tendo em vista a interlocução de um encadeamento de ideias.

autonomia intelectual dos sujeitos nela envolvidos (Hodson, 1994). É sob tal fundamento que se propõe a AEP como integrador praxiológico e pedagógico nos contextos em que se lhe fizer uso.

### ESTRUTURA TEÓRICO-METODOLÓGICA DA AEP

Como base para uma aprendizagem significativamente qualificada, assume-se a imprescindibilidade de fundamentação teórico-metodológica dos respectivos processos de ensino. É desse fundamento que se propõe a Atividade Experimental Problematizada (AEP) como estratégia didático-pedagógica voltada ao ensino experimental das ciências, configurada em dois principais eixos, um de natureza teórica e outro metodológica, associativos e potencialmente indissociáveis. Mostra-se na Figura 2, em síntese, seus fundamentos denotativos, tratados como eixos teórico (seus *articuladores*) e metodológico (seus *momentos*).

eixos	
TEÓRICO	METODOLÓGICO
<div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"><b>articuladores</b></div> <p>a. Proposição de problema b. Objetivo experimental c. Diretrizes metodológicas</p>	<div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"><b>momentos</b></div> <p>i. Discussão prévia ii. Organização/desenvolvimento iii. Retorno ao grupo de trabalho iv. Socialização v. Sistematização</p>

Figura 2 – Elementos denotativos da AEP: teóricos e metodológicos (extraída de Silva & Moura, 2018).

Considera-se como eixo teórico da AEP, em seus elementos articuladores, uma configuração didática inspirada na demarcação, elucidação e *proposição* de um *problema* de natureza teórica, isto é, uma estratégia de solução a dada situação-problema. A partir de então, são elaborados um *objetivo experimental*, abrangente e organizado em termos da empiria-alvo, e *diretrizes metodológicas*, isto é, orientações às ações que potencialmente resultarão no produto ou na ação experimental de interesse. Sendo assim, a AEP propõe uma articulação entre objetivo experimental e diretrizes metodológicas, a partir da proposição e da análise crítica de um problema científico de natureza didática, para o qual se buscará uma possibilidade de solução por via empírica.

Essa tessitura, representada na Figura 3, consubstancia-se na epistemologia de Thomas Kuhn (ETK), isto é, um conhecimento científico não determinista, construído socialmente e favorecido por uma *adaptação teoria-experimento* e por um *protocolo às ações práticas*, aqui identificado como *guia de planejamento experimental* (Kuhn, 2000, 2017).

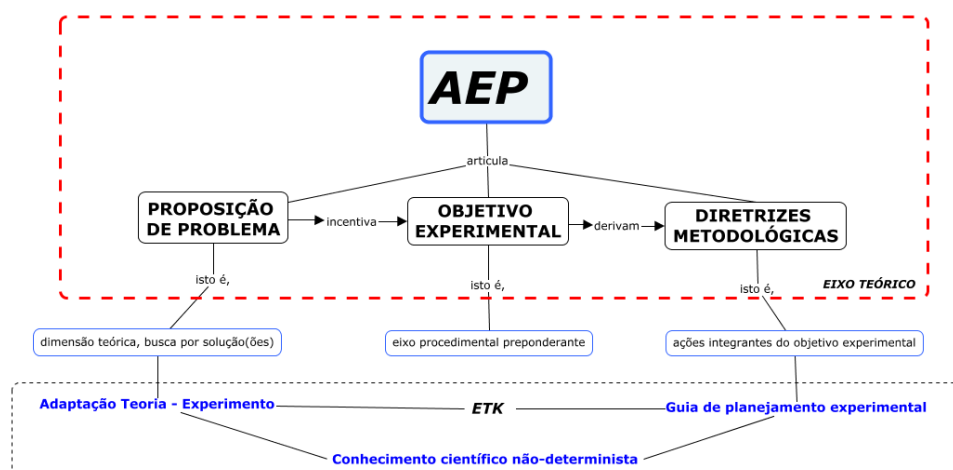


Figura 3 – Articuladores teóricos para a proposta de AEP e subsídios epistemológicos (extraída de Silva & Moura, 2018).

Com base nos subsídios epistemológicos da AEP, tem-se na ETK aportes teóricos que defendem a experimentação como uma atividade capaz de favorecer uma compreensão da ciência em epistemologia



contemporânea, socialmente construída e hermeneuticamente aberta, substanciada por fatores objetivos, subjetivos e intersubjetivos adjacentes aos seus interesses e processos. Essa visão deve afastar concepções que hodiernamente postulam o conhecimento científico como *infallível*, transparecendo a ideia de que somente o que é “cientificamente comprovado” merece atenção e pode trazer benefícios sociais (Chalmers, 1999). Como demarcou Prigogine (2002, p. 21), “[...] as escolhas, as possibilidades, a incerteza, são ao mesmo tempo propriedades do universo e (também) são próprias da existência humana. Elas abrem novas perspectivas para a ciência e uma nova racionalidade [...]”; mais que isso: “[...] a verdade científica não mais é sinônimo de certo, ou determinado, e onde o incerto e o indeterminado não estão baseados na ignorância, no desconhecimento. [...] A marca do nosso tempo é uma ciência em que o ser e a estabilidade deram passagem para a evolução e a mudança” (Prigogine, 2002, p. 21).

Nesse intento, as concepções epistemológicas que rompem com a tradição empirista-indutivista da ciência são fundamentam a praxiologia e a pedagogia da AEP como tecnologia educacional voltada à AS de ciências. As concepções de ciências dos professores – e, portanto, de suas didáticas – implicam, explicita ou implicitamente, no modo como planejam e ensinam, com ênfase nas atividades práticas-laboratoriais, promovendo situações em que “[...] os estudantes executam tarefas sem saber para onde caminham e que respostas não de dar e a quê. Parece – e parece-lhes – que os conhecimentos surgem claros, óbvios e não precisam ser interrogados e têm uma resposta que surge natural. Essa é a pior maneira de usar um bom instrumento de aprendizagem” (Praia, Cachapuz, & Gil-Pérez, 2002, p. 130-131). Em contrapartida, a concepção de uma ciência permissiva a compreensões psicológicas (próprias, idiossincráticas) favorece uma *práxis* capaz de aproximar seus sujeitos e de bem articular teoria e experimento. Para Van Fraassen (1980, p. 74), “[...] a teoria tem um duplo papel na experimentação: formulação de questões a serem respondidas de uma maneira sistemática e como guia no planejamento de experimentos para responder a essas questões”. Sendo assim, a AEP aceita esse paradigma, vinculando, de modo imperativo, um planejamento teórico à experimentação.

Com referência aos elementos *articuladores*, componentes do eixo teórico da AEP, de modo sucinto, instaura-se o planejamento da atividade pela proposição de um problema, de natureza teórica, articulável a unidades conteduinais de interesse. Esse problema requer, para seu desenvolvimento, um objetivo experimental, do qual derivarão orientações (diretrizes metodológicas) às ações. O planejamento, a elaboração, a apresentação e a mediação de tais eixos configuram-se em atribuições do professor, propositos e organizador da atividade prática, a partir de pressupostos teóricos bem estabelecidos. O Quadro 1 descreve suas características essenciais e apresenta uma discussão específica de caracterização do *problema*, *objetivo* e *diretrizes*, elementos teóricos indispensáveis ao planejamento e à sistematização da proposta da AEP.

**Quadro 1** – Caracterização do eixo teórico da AEP.

Problema proposto	O problema que origina a AEP requer a elaboração de uma solução, ou sua derivação em novos argumentos, distinguindo-se da singularidade/pontualidade de <i>uma</i> pergunta que gera a expectativa de <i>uma</i> resposta. Problemas privilegiam processos, remetem ao uso de estratégias heurísticas, métodos, técnicas próprias da investigação sistêmica, na busca por uma solução frente a muitas outras que poderiam ser aventadas. Perguntas, por sua vez, atendem-se ao resultado, aceito ou não aceito, e apontam a um fim. Genuinamente, um problema atrela-se a uma situação exigente de um maior grau de complexidade, não se podendo atribuir acerto ou erro tão somente a partir do que dele resulta, tendo em vista amplas possibilidades metodológicas imbuídas em sua condução, das quais os resultados dependerão (Echeverría & Pozo, 1998; Sacristán, 2007).
Objetivo experimental	Refere-se a propostas de atividades práticas àquilo que centraliza a experimentação, operacionalmente. Qual técnica é imprescindível à geração de dados, que serão transformados subjacentemente em resultados e com isso, potencialmente, oferecerão subsídios práticos à solução do problema proposto? Ao término dos procedimentos empíricos, o que se pretende obter/produzir? Que produto/objeto poderá ser gerado? Portanto, pretende conduzir os sujeitos à geração de resultados, mas não necessariamente à solução ao problema proposto, visto que esses deverão ser analisados e compreendidos significativamente para tanto, desde que o problema seja oportuno e congruente a tal fim. Desse modo, deve servir a um propósito amplo, à busca pela obtenção de um produto teórico a partir de ações processuais, não levando a soluções previamente esperadas e tampouco carente de possibilidades profusas de interpretações, pois um único fenômeno pode ser interpretado sob muitas vias.
Diretrizes metodológicas	Não tomadas sob uma tendência prescritiva, mas, reforçando a ideia de orientação procedimental, as diretrizes metodológicas constituem-se de um conjunto articulado de ações práticas derivadas do objetivo experimental. Atuam como proposituras orientadoras aos procedimentos a serem realizados. Não devem ser admitidas como um fator limitador da experimentação; se defende aqui que a aprendizagem é reduzida ao se tratar da experimentação sob vieses observacionais ou procedimentais determinísticos. Contudo, tais indicações surgem como uma etapa necessária, a qual oferece o estabelecimento das primeiras ações e norteia os fazeres gerais. Não se reduzem, contudo, a imposições, podendo ser alteradas/adaptadas a qualquer tempo por professor e/ou alunos, dadas as condições reais. Além disso, visam à inteligibilidade do objetivo proposto e incentivam uma discussão entre os integrantes do grupo de trabalho anterior e concomitante às suas ações, fatores considerados cruciais à organização das ideias individuais e estabelecimento de uma ação conjunta.

Tendo em vista seu caráter mediador, propõe-se o delineamento da AEP por meio de uma sequência metodológica constituída por cinco etapas, caracterizadas como *momentos*: discussão prévia; organização e desenvolvimento da atividade experimental; retorno ao grupo de trabalho; socialização; e sistematização, conforme descrito no Quadro 2:

**Quadro 2** – Caracterização do eixo metodológico da AEP.

Discussão prévia	Concebendo-se que um processo de aprendizagem, conforme propõe Kuhn (2000), é desencadeado por uma tensão criativa à ação, originada de um descompasso entre realidade e finalidade, o qual configura-se como um recurso de significação, conclui-se que se aprende mais e melhor a partir de algo previamente existente, já caracterizado e estabelecido cognitivamente. Nesse interim, como ação desencadeadora do processo da AEP, propõe-se uma discussão introdutória, em sala de aula ou laboratório, como proposta de identificação dos conhecimentos prévios dos alunos sobre as temáticas principais a serem abordadas. O objetivo central desse momento, em moldes da TAS-LIP em suas conceituações para subsunçores e conhecimento prévio, consiste em apresentar, identificar e desenvolver saberes com a coparticipação dos alunos (Ausubel, 2003, 1978). A constituição de uma comunidade de investigação é central para esta etapa. Previamente à discussão, é interessante que o professor crie um mapa conceitual identificando os principais conceitos a serem abordados, de modo a se qualificar melhor para dirigir os debates e reconhecer eventuais âncoras cognitivas (subsunçores) em seus alunos. A comunidade de investigação, por sua característica dialógica e com a ajuda do professor, funciona também como organizador avançado <sup>7</sup> dos subsunçores.
Organização e desenvolvimento	Visa a organização/desenvolvimento procedimental da experimentação. Inicia pela proposição do problema teórico (elaborado, identificado ou selecionado) e de suas derivações em objetivo experimental e diretrizes metodológicas. Avança à implementação coletiva de uma organização ao trabalho experimental, envolvendo a disposição dos alunos em pequenos grupos, subdivisões da comunidade de investigação, com subsequente recomendação para discussões iniciais em cada um deles, seguidas pelo levantamento de hipóteses à solução ao problema proposto, emergentes dos conhecimentos prévios dos alunos, já parcialmente organizados pelos debates iniciais. Segue-se ao desenvolvimento da atividade experimental, em que os alunos realizam a experimentação a partir de seu entendimento, sob observação atenta e orientação do professor.
Retorno ao grupo de trabalho	Neste momento pretende-se favorecer a reflexão e discussão interna aos grupos de trabalho, seguidas pelo arranjo e sistematização das informações registradas. Após a realização da atividade experimental, é solicitado aos alunos que retornem ao seu grupo de trabalho para ordenação dos registros que julgarem pertinentes. Nessa fase, passam ao desenvolvimento cognitivo balizador a uma compreensão dos dados experimentais obtidos, a serem transformados em resultados emergentes de uma interpretação conjunta e dialógica, com perspectivas de solução ao problema proposto no início da atividade. Ao professor cabe aqui um posicionamento de neutralidade, analisando, <i>in loco</i> , saberes/fazeres decorrentes, mas não intervindo nos caminhos a serem percorridos pelos alunos à solução do problema originário da atividade.
Socialização	Tendo em vista a premência de uma relação ensino-aprendizagem processual, que subvaloriza os fins e incentiva a busca constante por soluções e por novos questionamentos, o momento da socialização ganha relevância, pois “demonstrará” os caminhos metodológicos seguidos a partir das justificativas que cada grupo utilizará ao defender seus resultados e uma possível solução ao problema desencadeador da AEP. A partir da acareação entre diferentes pontos de vista pode-se seguir a uma possível generalização, tendo em vista os encaminhamentos dados pelo professor. Sendo assim, este momento objetiva incentivar um diálogo entre os diferentes grupos de trabalho, tendo em vista distinções teórico-metodológicas que poderão levar a resultados e a conclusões consideravelmente dissemelhantes. Consiste, portanto, no oferecimento de um espaço-tempo coletivo à troca de ideias referentes aos procedimentos realizados durante a técnica.
Sistematização	Reputa-se a materialização de um produto como uma ação imprescindível à aprendizagem e geração de conhecimentos próprios, particulares, psicológicos. Configura-se esta, contudo, como uma atividade demandante de certa individualidade. Pode-se utilizar de material impresso como subsídio teórico, seguido por uma produção textual pelo aluno a partir dos conhecimentos que produziu em torno das informações manipuladas, coletadas e/ou produzidas. Normalmente, após o desenvolvimento de uma técnica experimental, é solicitada a produção de um relatório, desenvolvido por grupo de trabalho. Essa estratégia pode ser mantida, desde que se ofereçam diretrizes à sua feitura, não no propósito de padronização – uma vez que sua função não é profissionalizante, mas pedagógica – mas no intuito de oferecer aos alunos subsídios quanto a um modo coerente pelo qual poderão apresentar seus resultados e estruturar os produtos de suas observações.

Tais momentos concretizam processos educacionais articuladores da aprendizagem significativa e pensamentos de ordem superior (o modelo TAS-LIP) em um contexto que envolve, centralmente, a experimentação investigativa. Eles se desenvolvem no âmbito de uma *comunidade de investigação*, partindo de uma discussão introdutória, envolvendo professor e estudantes, e consolidando-se na materialização de um produto (que pode ser um resultado ou um processo experimental). Ações de natureza complementar ou ampliativa podem ampliar o sentido, o alcance e a qualidade da metodologia.

<sup>7</sup> Ausubel, a propósito de sua teoria de assimilação, define organizador avançado (do Inglês, *advanced organizer*) como o dispositivo de estruturação do processo cognitivo. Nas traduções do termo para a língua portuguesa, Moreira (2011) adotou a terminologia “organizador prévio”, que acabou por ser mais difundida. Por uma questão de rigor conceitual, adotaremos a tradução literal, porque entendemos que tal dispositivo, de fato, produz interligação avançada entre os conhecimentos, em detrimento a organizá-los previamente.



## RELAÇÕES ENTRE OS ELEMENTOS DA AEP E SUA INSERÇÃO TEÓRICA NO MODELO TAS-LIP

Como já foi dito, a hierarquização da abordagem TAS → LIP → AEP permite a elaboração de habilidades fundadas em comportamentos concretos, capazes de ensejar avaliações e interpretações de indícios de aprendizagem significativa. Amplia, ainda, o espectro de indicadores e respectivos relatórios de desempenho que podem fornecer importante *feedback* para os estudantes e os professores, numa perspectiva de avaliação continuada e qualitativa.

Assim, passa-se de uma variável latente, a aprendizagem (no caso, significativa), para sua representação em termos de comportamentos explícitos, correlacionados, pelos instrumentos de avaliação, às habilidades objetivadas. Tal característica é de suma importância, pois a avaliação tem por um de seus resultados explicitar a adesão político-metodológica a certo ideal formativo.

Para a conformação entre a AEP e o modelo de aprendizagem da TAS, é crucial a existência de uma etapa de levantamento e organização prévia de conhecimentos (ou *subsunçores*), levada a cabo pelo *momento de discussão prévia*. De modo consistente com LIP, esse levantamento e organização de subsunçores é feito a partir da dialogia que se cria no interior de uma comunidade de investigação, que já movimenta, de maneira natural, os pensamentos crítico, criativo e cauteloso, uma vez que se faz mister aos estudantes a socialização de suas posições. Ao professor, portanto, cabe a tarefa estratégica de suscitar, manter e conduzir a dialogia em face da consolidação e qualificação desses pensamentos e à luz da solução da problemática estabelecida. Daí a importância, sempre explicitada por LIP, de um preparo do professor, por exemplo, pelo preparo de um mapa conceitual daquilo que se pretende ensinar (em busca de âncoras cognitivas), com a explicitação de conceitos correlatos (exatamente os que funcionarão como eventuais subsunçores na estrutura cognitiva dos estudantes) e de seu acompanhamento durante as reflexões e discussões. Tal momento refere-se, igualmente, a uma apresentação genérica, mas sintética, ainda que difusa, do campo conceitual que será movimentado pela atividade experimental. Tal preparação é sumamente importante para que o material produzido seja potencialmente significativo, isto é, capaz de mobilizar conhecimentos úteis. A problematização e seu caráter de *desafio* suscitam disposição e mobilização própria do sujeito, ainda que não as garantam (Ausubel, 2003; Ausubel; Novak & Hanesian, 1980; Moreira, 1983; 2006).

O *momento da organização e desenvolvimento* é aquele em que subsunçores devidamente organizados na etapa anterior serão de relevância para que os estudantes, nas trocas feitas no interior de seus grupos de trabalho (micro comunidade de investigação) desenvolvam as habilidades (i) coletar; (ii) sistematizar; (iii) analisar; e (iv) interpretar, principais da AEP. Trata-se de um momento analítico, também preconizado pela TAS, na forma de uma *diferenciação progressiva*, que a própria problematização, assim como a necessidade de escolhas experimentais, se incumbirá de produzir. Já se anuncia, ainda, a habilidade (v) compreender, que será melhor articulada nos momentos seguintes.

O processo complementar, preconizado pela TAS, chamado de *reconciliação integradora* (ou integrativa), de caráter sintético, é parcialmente realizado pelo *momento de retorno ao grupo de trabalho*, quando a dialogia interna *poderá* gerar, ao menos em parte, tal síntese. Este momento é particularmente importante por suscitar, em um contexto mais restrito (e “hospitaleiro”), a necessidade de explicitação dos pensamentos crítico, criativo e cuidadoso, com os processos naturais, em um grupo, de (auto)correções e lapidação. Trata-se, ainda, de um momento mais livre de articulação dos pensamentos, com menos diretividade do professor.

Entretanto, consistentemente com a fundamentação epistemológica que fornece um modelo de ciência enquanto atividade social e, portanto, compartilhada, a síntese produzida no interior dos grupos de trabalho (ou micro comunidades de investigação) é ainda enviesada, pois estabelece uma seleção de *possíveis soluções* ao problema disparador. Assim, faz-se necessário um segundo momento, sintetizador, realizado como *socialização*. Neste, soluções são confrontadas, ensejando a articulação, agora mais avançada, dos pensamentos crítico, criativo e cuidadoso, tendo por fundamento, evidentemente, a articulação das habilidades-alvo da AEP. Neste momento, assim como no anterior, são as habilidades (v) compreender; e (vi) comunicar as mais exigidas. É também nele que o professor deve atuar dialogicamente de maneira mais intensa, agora no interior de toda a comunidade de investigação que se tornou a sala de aula, buscando encaminhar o processo seguinte, de reconciliação integradora.

Assim, no *momento de sistematização* cabe ao professor, a partir das *emergências hauridas nos processos dialógicos* dos dois momentos anteriores, buscar a implementação de seu mapa conceitual inicialmente construído, com os conceitos que objetivava, efetivamente, ensinar. Trata-se de um momento fundamental para a adequação das terminologias e conceitos aplicados, dos processos lógico-mentais de

derivação de hipóteses, bem como de explicitação de elementos de criatividade surgidos no interior dos grupos de trabalho ou no processo de socialização. Visa não apenas ao desenvolvimento da criticidade do pensar, mas muito fortemente seu caráter cuidadoso.

Não se deve, mais ainda, descurar do processo avaliativo, que pode ser procedural, mas também objetivo, buscando-se instrumentos (por exemplo, arguições, demonstrações, explicações e reelaborações) e respectivos indicadores que ajudem a explicitar conhecimentos desejados, na forma de habilidades, que implicarão em um pensamento de ordem superior ou em aprendizagem significativa. Como cotejamento da efetividade educacional, tal processo deve se constituir de uma dimensão formal, relacionada aos meios de sua execução, mas, sobretudo, política, em face do projeto formativo que subjaz.

Deste modo, acreditamos haver uma simbiose natural entre a abordagem TAS-LIP previamente proposta por Silva Filho e Ferreira (2018), e a sua articulação via AEP, na construção do modelo TAS-LIP-AEP, apontando ainda para possibilidades de aprendizagens significativas *por descoberta* e *por recepção*. Na primeira, objetos de aprendizagens não são apresentados aos sujeitos em seu formato final, definitivo, mas desvendados em caracterizações e propriedades a partir das relações que são estabelecidas por/entre eles. Em uma aprendizagem do segundo tipo, por sua vez, conteúdos curriculares são apresentados em seu formato concludente, cabendo a eles a atribuição de significados psicológicos. Nenhum tipo prevalece em mérito, contudo, o segundo é mais recorrente em sala de aula ou laboratórios, técnicos ou didáticos (MOREIRA, 2006).

À luz das discussões estabelecidas, considera-se a AEP como uma estratégia – de fato, uma praxiologia e uma pedagogia – capaz de mobilizar aprendizagens significativas de temáticas científicas, seja *por descoberta*, seja *por recepção*. Para tanto, é fulcral um protocolo de ações – *uma sequência didática, baseada num plano de ensino*. Variadas são as possibilidades de concretização desse objetivo num encadeamento de experimentação em ciências. Gandim (1994), Gil (2012), Anastasiou e Alves (2009) afirmam que não há um modelo fixo a ser seguido, mas que uma consistente proposta didática deve oferecer amplas possibilidades de aprendizagem, apresentando variações de recursos metodológicos, abordagens de ensino e estratégias metodológicas. Para a elucidação desse modelo, apresentamos, a seguir, linhas gerais de uma possibilidade de aplicação, em um tema científico, na perspectiva experimental.

### UM BREVE EXEMPLO DA AEP COMO PRAXIOLOGIA E PEDAGOGIA: CONSTRUINDO RELAÇÕES DE PROPORCIONALIDADE EM UM PÊNDULO SIMPLES

Sem o objetivo de esgotar as possibilidades de uso didático da AEP em sua relação com a aprendizagem significativa, por descoberta e com fomento a pensamentos de ordem superior (modelo TAS-LIP), tal como delineada nas reflexões antecedentes, apresentamos – ilustrativamente, não mais que isso – um esquema simplificado de atividade experimental em temática da área de física. Tomemos o exemplo da construção das relações matemáticas entre as grandezas físicas que alteram o período de oscilação de um pêndulo simples. Sabemos que o período de um pêndulo simples ( $T$ ) é proporcional à raiz quadrada do seu comprimento ( $l$ ) e inversamente proporcional à raiz quadrada da aceleração da gravidade ( $g$ ) ao qual é submetido, como mostra a expressão a seguir:

$$T \propto \sqrt{\frac{l}{g}} .$$

Em uma atividade experimental tradicional, é usual o professor apresentar a equação completa do período ( $T = 2\pi\sqrt{l/g}$ ) e, a partir do valor dado da aceleração da gravidade e de diferentes medidas de comprimento de um pêndulo montado pelos estudantes, calcula-se o período de oscilação, que é comparado com o período cronometrado para o pêndulo para, como na maior parte dos roteiros desse tipo de atividade, comprovar experimentalmente a teoria. Tal procedimento não permite que o estudante efetivamente construa o conhecimento das relações de proporcionalidade em um pêndulo simples, antes, treina-o para utilizar os instrumentos de medida e realizar análises matemáticas.

Para uma AEP a esse propósito, espera-se que o professor mediatize uma situação-problema – como, por exemplo, a observação do movimento de crianças em um balanço como aquele típico em parques de diversão, buscando refletir acerca do tempo gasto para a realização de uma balançada e quais seriam as variáveis envolvidas no respectivo tempo. Complementarmente a essa situação hipotética, e para parametrizá-la satisfatoriamente, é possível distribuir diferentes massas (ou pesos) a fios de barbante de diferentes comprimentos e medir e avaliar eventuais fatores de influência no tempo para realização do ciclo (ainda que com noções rudimentares acerca de definições físicas como oscilação, ciclo, período etc.).

Experimentalmente, espera-se que os estudantes observem a invariância do período do pêndulo ao variar-se a massa afixada em sua ponta, e a proporcionalidade do período com a raiz quadrada do

comprimento do pêndulo. Metodologicamente, que cronometrem o período de oscilação de um pêndulo em diferentes configurações, com diferentes comprimentos e diferentes massas afixadas em sua ponta, permitindo que alcancem o objetivo experimental proposto e, ao fim, sejam capazes de responder ao problema proposto.

Não é esperado que o professor explicita a forma com que os estudantes devem proceder metodologicamente, mas que os oriente, a partir de suas ideias, a buscar quais variáveis influenciariam o período do arranjo experimental que simula um pêndulo físico. Certamente, alguns deles tentariam mudar a amplitude de oscilação; grupos diferentes tenderiam a medir número também distinto de oscilações. Haveria diferentes itinerários para os mesmos objetivos, não sendo conveniente indicar ou privilegiar um deles, mas fomentá-los e criticá-los. Ainda na esfera metodológica, seria possível conceber os momentos indicados no Quadro 2, sempre com a mediação do professor, como descrito a seguir:

1. **Discussão prévia:** o professor poderia levar os estudantes para o parque da escola e solicitar que alguns deles, com massas distintas, utilizassem o balanço, perguntando previamente: “Quem vai balançar mais rápido? O mais leve ou o mais pesado? Por quê?” Não sendo perceptível a diferença, o professor poderia levantar hipóteses para a não identificação de diferenças, buscando os conhecimentos prévios necessários para realização da atividade.
2. **Organização e desenvolvimento:** em seguida, o problema poderia ser formalmente apresentado, organizando a turma em pequenos grupos e fornecendo o material necessário para o desenvolvimento das ações experimentais.
3. **Retorno ao grupo de trabalho:** ao finalizar o desenvolvimento experimental, os estudantes sistematizariam os dados coletados, analisando-os e transformando-os em conclusões do grupo.
4. **Socialização:** nesse momento, os grupos socializariam seus procedimentos experimentais e respectivas conclusões, bem como as formas de análise e os resultados obtidos, para reflexão coletiva e construção de um conhecimento coletivo.
5. **Sistematização:** por fim, um relato individual de todo o processo poderia ser solicitado, para que cada estudante fosse instado a expressar suas aprendizagens e transpô-la a outras situações significativas, visando avaliar o desenvolvimento de conhecimentos significativos e identificar pensamentos de ordem superior. A partir do andamento da atividade, o professor poderia, ainda, elaborar perguntas complementares, a serem respondidas individualmente, a partir do problema de origem e dos conhecimentos possibilitados pela prática experimental.

É esperado que o professor construa um mapa conceitual do tema, sistematizando os conceitos necessários para o início da atividade e aqueles que se deseja construir, em busca também das habilidades de raciocínio, formação de conceitos, investigação e tradução. Em posse dessa sistematização, o professor estaria preparado para mediar as discussões e ações experimentais dos estudantes.

Os resultados dessas aferições – e, antes deles, as questões e os procedimentos envolvidos – podem (re)direcionar e qualificar as aprendizagens. Essa ilustração não esgota, obviamente, as possibilidades praxiológicas e metodológicas de uma AEP, mas explicita e ilustra características fundamentais da metodologia em processos de ensino e aprendizagem em ciências, com experimentação investigativa, visando à aprendizagem significativa e aos pensamentos de ordem superior pelos estudantes.

## CONCLUSÕES PROVISÓRIAS

Com foco nas perspectivas praxiológica e pedagógica, foram demarcadas, nesta reflexão, contribuições potenciais da AEP a processos do *ensino* e da *aprendizagem* em ciências, sob perspectivas da experimentação investigativa, visando à aprendizagem significativa e aos pensamentos de ordem superior pelos estudantes. Vale ênfase, contudo, ao fato de que a limitação de escopo não permitiu amplificar a analítica a outras dimensões didáticas – como, por exemplo, a roteirização, a exposição teórica, a calibragem de aparatos experimentais ou desdobramentos em simulação, modelagem e representação –, embora tenha buscado alçar aspectos mais usuais do modelo de ensino experimental de ciências.

Ao se vislumbrar a experimentação para promover aprendizagens significativas em ciências, verifica-se na AEP condições satisfatórias para abordar dos conteúdos científicos a partir de problemáticas motivadoras, além de possibilitar reflexões acerca da própria natureza da ciência e de sua empiria e abstrações. Costuma-se, contudo, nos ambientes formais de ensino, favorecer outras abordagens para temas científicos (tais como a descritiva, a numérica, a gráfica, por exemplo), em detrimento à experimental, o que, por si, descaracteriza a ciência de suas bases genuínas, além de distanciá-la do interesse dos estudantes, não raramente ávidos pelos manejos próprios dos procedimentos empíricos e investigativos. Mesmo ao se assumir a posição de aceite da existência de importantes distinções entre a produção do conhecimento

científico e sua aprendizagem, deve-se reconhecer que nos ambientes escolares se desenvolvem os primeiros contatos dos estudantes a uma forma própria desse tipo de conhecimento. Sendo assim, abordagens epistemológicas favoráveis a uma percepção não determinista da ciência, mas dependente de idiosincrasias e aberta às interpretações plurais, são fundamentais à aprendizagem significativa de seus conceitos, princípios e teorias (Cachapuz *et al.*, 2005).

Ao denotar o conhecimento científico como influência crítico-transformadora do contexto cotidiano, do qual este é histórica e culturalmente dependente, abrem-se possibilidades cognitivas de conversões lógicas em psicológicas, a partir de uma amplitude de significados. Em acréscimo, o tratamento de conteúdos científicos sob uma perspectiva de construção social, e não como uma *apropriação da realidade*, favorece esta abordagem, tendo em vista que integra os sujeitos a um tipo particular de conhecimento, o qual busca o entendimento de seus fundamentos para se chegar a melhores leituras das causas e seus efeitos observados.

A AEP, por sua vez, como praxiologia e pedagogia, pretende, por meio de planejamento e mediação, abranger condições permissivas à caracterização de um tratamento científico adjacente à concepção de ciência pretendida, permissiva a que os sujeitos assumam uma posição de autônoma e crítica. Ao abranger *articuladores e momentos* próprios, isto é, uma sistematização organizacional comprometida a um ensino capaz de oportunizar aprendizagens, sob fundamentos da *Teoria da Aprendizagem Significativa*, e fomentar uma concepção científica sob diretrizes oriundas da *Epistemologia de Thomas Kuhn*, esta estratégia é considerada oportuna para aproximações e reutilizações em variados contextos educacionais, em particular aqueles que vislumbram a aprendizagem de ciências por abordagens experimentais e investigativas.

Finalmente, a incorporação da AEP em uma matriz TAS-LIP permite organizar praxiologicamente suas muitas dimensões estruturais, sobretudo aquelas voltadas à compreensão da natureza pela experimentação de seus fenômenos, esclarecendo as coordenações existentes entre elas. No âmbito pedagógico, provém condições de existência e de avaliação de processos educacionais que subsidiem tal práxis, mediando abstrações como a da alfabetização científica e do desenvolvimento crítico em situações concretas.

## REFERÊNCIAS

- Anastasiou, L. das G. C., & Alves, L. P. (2009). *Processos de ensinagem na Universidade: pressupostos para as estratégias de trabalho em aula*. Joinville, SC: Univille.
- Ausubel, D. P., Novak, J. D., & Hanesian, H. (1980). *Psicologia Educacional*. Rio de Janeiro, RJ: Interamericana.
- Ausubel, D. P. (1978). *Educational Psychology: a cognitive view*. New York, United States of America: Holt Mc Dougal.
- Ausubel, D. P. (2003). *Aquisição e Retenção de Conhecimentos: uma perspectiva cognitiva*. Lisboa Portugal: Plátano.
- Bourdieu, P. (2000). *Esquisse d'une théorie de la pratique*. Paris France: Seuil.
- Cachapuz, A. F. C., Gil-Perez, D., Carvalho, A. M. P. de., Praia, J. F., & Vilches, A. (2005). *A necessária renovação do Ensino das Ciências*. São Paulo, SP: Cortez.
- Capecchi, M. C. V. de M. (2018). Problematização no ensino de Ciências. In A. M. P. de Carvalho (Org.) *Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula* (21-39). São Paulo, SP: Cengage Learning.
- Carvalho, A. M. P. de (Org.) (2018). *Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula*. São Paulo, SP: Cengage Learning.
- Chalmers, A. F. (1999). *O que é Ciência, afinal?* São Paulo, SP: Brasiliense.
- Delizoicov, D., Angotti, J. A., & Pernambuco, M. M. (2018). *Ensino de Ciências: fundamentos e métodos*. São Paulo, SP: Cortez.

- Descartes, R. (1996). Descartes à P. Mesland, 2 mai 1644. In C. Adam & P. Tannery (Ed.) *Oeuvres de Descartes (Tome IV)*. Paris, France: Vrin.
- Echeverría, M. del P. P., & Pozo, J. I. (1998). Aprender a resolver problemas e resolver problemas para aprender. In Pozo, J. I. (Org.). *A solução de problemas: aprender a resolver, resolver para aprender* (13-42). Porto Alegre, RS: Artmed.
- Ferreira, M., Couto, R. V. L. do, Silva Filho, O. L. da, Paulucci, L., & Monteiro, F. F. (2021). Ensino de astronomia: uma abordagem didática a partir da Teoria da Relatividade Geral. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 43, 1-13. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2021-0157>.
- Ferreira, M., Silva Filho, O. L. da., Moreira, M. A., Franz, G. B., Portugal, K. O., & Nogueira, D. X. P. (2020). Unidade de Ensino Potencialmente Significativa sobre óptica geométrica apoiada por vídeos, aplicativos e jogos para smartphones. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 42, 1-13. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2020-0057>
- Fourez, G. (1995). *A Construção das Ciências*. São Paulo, SP: Unest.
- Freire, P. (1987). *Pedagogia do Oprimido*. (23a reimpressão). Rio de Janeiro, RJ: Paz e Terra
- Galiazzi, M. do C., & Gonçalves, F. P. (2004). A natureza pedagógica da experimentação: uma pesquisa na licenciatura em química. *Química Nova*, 27(2), 326-331. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422004000200027>
- Gandin, D. (1994). *A prática do planejamento participativo*. Petrópolis, RJ: Vozes.
- Gil, A. C. (2012). *Metodologia do ensino superior*. São Paulo SP: Atlas.
- Giordan, M. (1999). O papel da experimentação no Ensino de Ciências. *Química Nova na Escola*, 10, 43-49. Recuperado de <http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc10/pesquisa.pdf>
- Gramsci, A. (1980). *Maquiavel, a política e o Estado moderno*. (4a ed.). Rio de Janeiro, RJ: Civilização Brasileira.
- Gramsci, A. (1995a). *Concepção dialética da história*. (10a ed.), Rio de Janeiro, RJ: Civilização Brasileira.
- Gramsci, A. (1995b). *Os intelectuais e a organização da cultura*. (9a ed.). Rio de Janeiro, RJ: Civilização Brasileira.
- Guimarães, C. C. (2009). Experimentação no Ensino de Química: caminhos e descaminhos rumo à Aprendizagem Significativa. *Química Nova na Escola*, 31(3), 198-202. Recuperado de [http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc31\\_3/08-RSA-4107.pdf](http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc31_3/08-RSA-4107.pdf)
- Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de la laboratório. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(3), 299-313. Recuperado de <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.4417>
- Kant, I. (2006). *Antropologia de um ponto de vista pragmático*. São Paulo, SP: Iluminuras.
- Kuhn, T. S. (2000). *The road since structure*. Chicago, United States of America: The University of Chicago Press.
- Kuhn, T. S. (2017). *A estrutura das revoluções científicas*. (13a ed.). São Paulo, SP: Perspectiva.
- Latour, B., & Woolgar, S. (1997). *A vida de laboratório*. Rio de Janeiro, RJ: Relume Dumará.
- Lederman, N. G. & Abell, S. K. (Eds.). (2014). *Handbook of research on science education*, volume II. New: United States of America: Routledge:
- Lipman, M. O pensar na educação. (1995). (2a ed.) Petrópolis, RJ: Vozes.
- Marx, K., & Engels, F. (1978). *Crítica da educação e do ensino*. Lisboa, RJ: Moraes.

- Marx, K., & Engels, F. (2016). *Manifesto do Partido Comunista*. Rio de Janeiro, RJ Nova Fronteira.
- Marx, K. (1986). Teses sobre Feuerbach. In: Marx, K., & Engels, F. *A ideologia alemã* (Feuerbach) (5a ed.). São Paulo, SP: Hucitec.
- Marx, K. (1990). *Miséria da filosofia*. São Paulo, SP: Mandacaru e Estampa.
- Marx, K. (1999). *O capital: crítica da economia política, volume II* (17a ed.). Rio de Janeiro, RJ: Civilização Brasileira.
- Moreira, M. A. (1983). *Uma abordagem cognitivista ao Ensino de Física: a teoria de Aprendizagem de David Ausubel como sistema de referência para a organização do Ensino de Ciências*. Porto Alegre, RS: UFRGS.
- Moreira, M. A. (1999). *Aprendizagem significativa*. Brasília, DF: UnB.
- Moreira, M. A. (2006). *A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula*. Brasília, DF: UnB.
- Moreira, M. A. (2011). *Teorias de Aprendizagem*. São Paulo, SP: E.P.U.
- Novak, J. D., & Gowin, D. B. (1984). *Aprendiendo a aprender*. Barcelona, España: Martínez Roca.
- Pavão, A. C., & De Freitas, D. (Eds.). (2008). *Quanta ciência há no ensino de ciências*. SciELO-EdUFSCar.
- Platão. (2019). *A República*. São Paulo, SP Edipro.
- Pozo, J. I., & Crespo, M. (2009). *A aprendizagem e o ensino de Ciências: Do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico*. Porto Alegre, RS: Artmed.
- Pozo, J. I. (Org.). (1998). *A solução de problemas: aprender a resolver, resolver para aprender*. Porto Alegre, RS: Artmed.
- Praia, J. F., Cachapuz, A. F. C., & Gil-Pérez, D. (2002). Problema, teoria e observação em Ciência: para uma reorientação epistemológica da Educação em Ciência. *Ciência & Educação (Bauru)*, 8(1), 127-145. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132002000100010>
- Prigogine, I. (2002). *O Fim das certezas: tempo, caos e as leis da natureza*. São Paulo, SP: UNESP.
- Sacristán, J. G., & Gómez, Á. I. P. (1998). *Compreender e transformar o ensino*. Porto Alegre, RS: Artmed.
- Sacristán, J. G. (2007). *A educação que ainda é possível: ensaios sobre uma cultura para a educação*. Porto Alegre, RS: Artmed.
- Santos, W. L. P. (2008). Educação científica humanística em uma perspectiva freireana: Resgatando a Função do Ensino de CTS. *Alexandria Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*. 1(1), 109-131. Recuperado de <https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/37426>
- Silva Filho, O. L. da., & Ferreira, M. (2018). Teorias da aprendizagem e da educação como referenciais em práticas de ensino: Ausubel e Lipman. *Revista do Professor de Física*, 2(2), 104-125. <https://doi.org/10.26512/rpf.v2i2.12315>
- Silva Filho, O. L. da., Ferreira, M., Polito, A. M. M., & Coelho, A. L. M. B. (2021). Normatividade e descritividade em referenciais teóricos na área de ensino de Física. *Pesquisa e Debate em Educação*, 11(1), 1–33. <https://doi.org/10.34019/2237-9444.2021.v11.32564>
- Silva, A. L. S., & Moura, P. R. G. (2018). *Ensino Experimental de Ciências – uma proposta: Atividade Experimental Problematizada (AEP)*. São Paulo, SP: Livraria da Física.
- Silva, A. L. S., & Nogara, P. A. (2018). *Atividade Experimental Problematizada (AEP) – 60 experimentações com foco no ensino de Química: da educação básica à universidade*. Curitiba, PR: Appris.



- Silva, A. L. S., Ferreira, M., Pereira, S. M., & Silva Filho, O. L. da. (2019). Atividade Experimental Problematizada (AEP): revisão bibliográfica em descritores na área de Ensino de Ciências. *Revista Pesquisa e Debate em Educação*, 9(1), 459-471. <https://doi.org/10.34019/2237-9444.2019.v9.31125>
- Silva, A. L. S., Moura, P. R. G., & Del Pino, J. C. (2015). Atividade Experimental Problematizada: uma proposta de diversificação das atividades para o Ensino de Ciências. *Experiências em Ensino de Ciências*, 10(3), 51-65. Recuperado de <https://fisica.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/537>
- Silva, A. L. S., Moura, P. R. G., & Del Pino, J. C. (2017). Atividade Experimental Problematizada (AEP) como uma estratégia pedagógica para o Ensino de Ciências: aportes teóricos, metodológicos e exemplificação. *Experiências em Ensino de Ciências*, 12(5), 177-195. Recuperado de <https://fisica.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/646>
- Silva, A. L. S., Moura, P. R. G., & Del Pino, J. C. (2018). Subsídios pedagógicos e epistemológicos da Atividade Experimental Problematizada. *REVELLI*. 10(4), 41-66. Recuperado de <https://www.revista.ueg.br/index.php/revelli/article/view/7568>
- Smith, M. K. (1999). What is praxis? In *The Encyclopedia of Informal Education*. Recuperado de <https://infed.org/mobi/what-is-praxis>
- Van Fraassen, B. C. (1980). *The scientific image*. Oxford, England: Clarendon Press.
- Vygotsky, L. S. (2008). *Pensamento e linguagem*. São Paulo, SP: Martins fontes.

**Recebido em:** 19.08.2021

**Aceito em:** 04.02.2022