

Aproximações teóricas entre a Teoria da Inteligência Triárquica de Sternberg e a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel: uma proposta de avaliação da aprendizagem emergente da Atividade Experimental Problematizada (AEP)

André Luís Silva da Silva¹

Paulo Rogério Garcez de Moura²

Mariane Lima de Souza³

Resumo: No ensino formal das Ciências da Natureza se verifica que as atividades experimentais são desenvolvidas ocasionalmente, seja pela ausência de espaços próprios à sua realização, seja pelas condições precárias ao exercício da docência, seja ainda pelo despreparo e/ou desaprovação do docente em fazê-lo. O laboratório de Ciências, contudo, se utilizado de modo eficaz, é terreno fértil ao desenvolvimento de habilidades cognitivas e metacognitivas, e à aprendizagem significativa de conceitos, princípios e teorias científicas. Nesse propósito, realizar a avaliação das capacidades desenvolvidas pelos alunos é fulcral, na intenção da qualificação dos métodos e das metodologias de ensino. À guisa disso, a título de problema teórico de pesquisa, busca-se neste artigo estabelecer aproximações entre a Teoria da Inteligência Triárquica de Sternberg e a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel e, a partir dos argumentos emergentes, desenvolver e apresentar Indicadores de Desempenho Cognitivo, sob domínio das condições à inteligência prática, analítica e criativa. Por fim, à luz da Atividade Experimental Problematizada (AEP), argumentar-se-á sobre espaços-tempo para a aplicação de tais indicadores, com propósitos de avaliação da aprendizagem, tendo em vista estudos e intervenções sequenciais.

Palavras-chave: Habilidades Cognitivas e Metacognitivas. Indicadores de Avaliação Cognitiva. Ensino Experimental de Ciências.

Theoretical approximations between Sternberg's Theory of Triarchic Intelligence and Ausubel's Theory of Meaningful Learning: a proposal for evaluating the emergent learning of the Problematised Experimental Activity (PEA)

Abstract: In the formal teaching of Natural Sciences, it is verified that experimental activities are developed occasionally, either due to the lack of spaces suitable for their realization, or due to the precarious conditions for teaching, or even due to the lack of preparation and/or disapproval of the teacher in doing so. The Science laboratory, however, if used effectively, is fertile ground for the development of cognitive and metacognitive skills, and for the meaningful learning of scientific concepts, principles and theories. In this regard, carrying out an assessment of the skills developed by students is crucial, with a view to qualifying teaching methods and methodologies. As such, as a theoretical research problem, we seek in this article establish approximations between Sternberg's Theory of Triarchic Intelligence and Ausubel's

¹ Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA) – Rio Grande do Sul, Brasil. ✉ andresilva@unipampa.edu.br 
<https://orcid.org/0000-0002-8245-9389>.

² Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) – Espírito Santo, Brasil. ✉ paulomoura.ufes@gmail.com 
<https://orcid.org/0000-0003-2659-5383>.

³ Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) – Espírito Santo, Brasil. ✉ limadesouza@gmail.com 
<https://orcid.org/0000-0002-7363-5926>.

Theory of Meaningful Learning and, based on the emerging arguments, develop and show Cognitive Performance Indicators, under the domain of conditions for practical, analytical and creative intelligence. Finally, in the light of the Problematic Experimental Activity (PEA), it will be argued about space-time for the application of such indicators, with the purpose of learning evaluation, considering sequential studies and interventions.

Keywords: Cognitive and Metacognitive Skills. Cognitive Performance Indicators. Experimental Science Teaching.

Aproximaciones teóricas entre la Teoría de la Inteligencia Triárquica de Sternberg y la Teoría del Aprendizaje Significativo de Ausubel: una propuesta para evaluar el aprendizaje emergente de la Actividad Experimental Problematicada (AEP)

Resumen: En la enseñanza formal de las Ciencias Naturales, se verifica que las actividades experimentales se desarrollan ocasionalmente, ya sea por la falta de espacios adecuados para su realización, por las precarias condiciones de la enseñanza e incluso, por la falta de preparación y/o desaprobación del profesor al hacerlo. El laboratorio de Ciencias, sin embargo, si se utiliza con eficacia, es un terreno fértil para el desarrollo de habilidades cognitivas y metacognitivas, así como para el aprendizaje significativo de conceptos, principios y teorías científicas. En este sentido, es fundamental realizar una evaluación de las competencias desarrolladas por los estudiantes, con miras a cualificar métodos y metodologías de enseñanza. Siguiendo esta línea, en este artículo, como problema de investigación teórica, hemos buscado establecer aproximaciones entre la Teoría de la Inteligencia Triárquica de Sternberg y la Teoría del Aprendizaje Significativo de Ausubel y con base en los argumentos planteados, desarrollar y presentar Indicadores de Desempeño Cognitivo, bajo el dominio de las condiciones para la inteligencia práctica, analítica y creativa. Finalmente, a la luz de la Actividad Experimental Problematicada (AEP), se establecerá el espacio-tiempo para la aplicación de dichos indicadores, con el fin de evaluar los aprendizajes, considerando estudios e intervenciones secuenciales.

Palabras clave: Habilidades Cognitivas y Metacognitivas. Indicadores de Evaluación Cognitiva. Enseñanza de las Ciencias Experimentales.

1 Aspectos introdutórios e associações TIT-TAS-AEP

Os professores de Ciências normalmente reconhecem que a experimentação desperta o interesse e a motivação dos alunos, seja para investigar os objetos de conhecimento próprios das Ciências, seja pelas práticas inerentes a procedimentos científicos. As atividades experimentais oportunizam aos alunos condições de interpretar fenômenos, construir significados e manusear utensílios e equipamentos, enquanto realizam determinados ensaios de ordem prática. Além disso, as aulas experimentais (i) promovem uma maior interação professor-aluno; (ii) permitem trocas de saberes de maneira mais significativa; (iii) favorecem a assimilação dos assuntos teóricos e os tornam mais concretos; e (iv) são promotoras das aprendizagens de processos científicos. Conferindo importância a tais pressupostos, a experimentação

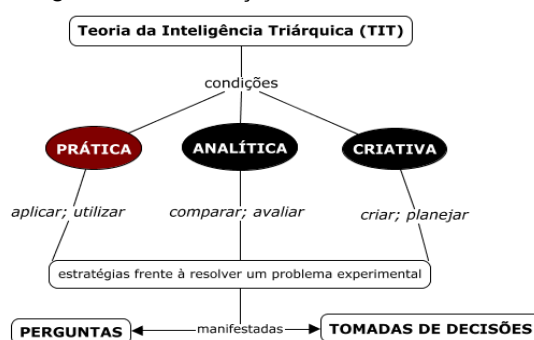
pode se constituir em um fator motivador e promotor do processo de aprendizagem, pela recepção, a descoberta e/ou a pesquisa. É importante evidenciar, ainda, que as habilidades cognitivas esperadas na formação dos alunos, ao se tratar de temáticas de natureza científica, estão relacionadas às capacidades de compreensão, à busca de informações fundamentadas, ao aprimoramento da comunicação e da expressão, à criação e inovação, e à aplicação dos conhecimentos desenvolvidos em situações não exploradas nos ambientes de ensino (Merço, 2003; I. Silva; A. Silva, 2019; Monteiro et al., 2013; Oliveira, 2010).

Nesse sentido, realizar a avaliação do desenvolvimento de habilidades cognitivas e metacognitivas dos alunos é essencial para o estabelecimento e a apuração de estratégias de ensino capazes de favorecer aprendizagens significativas, transferíveis e duradouras. As habilidades cognitivas e metacognitivas, no âmbito do ensino das Ciências, estão associadas às inteligências *prática*, *analítica* e *criativa* – ancoradas na Teoria da Inteligência Triárquica (TIT), ou Inteligência Plena, proposta por Robert J. Sternberg. A inteligência, nesse delineamento, é definida como,

a capacidade para aprender com a experiência, usando processos metacognitivos para incrementar a aprendizagem e a capacidade para adaptar-se ao meio ambiente que nos cerca. Pode exigir adaptações diferentes no âmbito de contextos sociais e culturais diferentes (Sternberg, 2012, p. 474).

Como inteligência plena, tem-se “[...] o conjunto integrado das capacidades necessárias para o indivíduo obter sucesso na vida, independentemente de como o defina, em seu contexto sociocultural” (Sternberg; Grigorenko, 2003, p. 16), para fins da resolução de problemas e, muitas vezes, manifestadas por perguntas e tomada de decisões. Na Figura 1, os argumentos antes expostos foram organizados em uma articulação intencional aos propósitos deste artigo.

Figura 1: TIT: relação teórica entre conceitos.



Fonte: Elaboração própria.

Uma vez interrelacionada a metodologia de ensino à *resolução de problemas* e à *experimentação*, ascende-se às implicações de Sternberg (1988), considerando que o laboratório de Ciências, quando utilizado de forma eficiente, é terreno fértil para o desenvolvimento de habilidades cognitivas e metacognitivas, bem como para a aprendizagem com significação (Zoller, 1993; 2001; 2004; 2013).

Na perspectiva da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de David Ausubel, o papel do professor passa a ser o de intermediar o processo de construção do conhecimento, e suas ações se reconfiguram ao levar em conta os conhecimentos prévios dos alunos como ponto de partida para a execução de suas práxis. Nesse entendimento, o professor deixa de ser o personagem central dos processos de ensino-aprendizagem. Essa posição passa a ser ocupada pelo aluno, garantindo-lhe uma atuação ativa em *sua* aprendizagem (Ausubel, 2003; Ausubel *et al.*, 1980; Moreira, 1999; Novak, 1981; Pozo, 2002).

A *Atividade Experimental Problematizada* (AEP) é uma metodologia de ensino que utiliza a experimentação alinhada aos princípios de uma aprendizagem de natureza psicológica e decorrente de um processo investigativo potencialmente capaz de promover autonomia e constante busca por soluções a um problema. Tal asserção se fundamenta nos eixos teórico e metodológico. O eixo teórico refere-se ao planejamento da AEP e está composto por três etapas: *problema proposto*, *objetivo experimental* e *diretrizes metodológicas*, conforme descrição no Quadro 1 (Silva; Moura; Del Pino, 2015; 2017).

Quadro 1: Caracterização do eixo teórico da AEP.

Problema proposto	O problema que origina a AEP requer da elaboração de uma solução, ou sua derivação em novos argumentos, distinguindo-se da singularidade de uma pergunta que gera a expectativa de uma 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.
Objetivo experimental	Refere-se a propostas de atividades práticas para aquilo que centraliza a experimentação, operacionalmente. Qual técnica é imprescindível na geração de dados que serão transformados subjacentemente em resultados e, com isso, oferecerão, potencialmente, subsídios práticos para a solução do problema proposto? Ao término dos procedimentos empíricos, o que se pretende obter/produzir? Que produto/objeto poderá ser gerado?

Diretrizes metodológicas	Não sob uma tendência prescritiva, mas reforçando a ideia de orientação procedimental, constituem-se em um protocolo de ações práticas derivadas do objetivo experimental. Atuam como propositoras orientadoras dos procedimentos a serem realizados. Não devem ser admitidas como um fator limitador da experimentação; defende-se aqui que, quando se trata da experimentação sob vieses observacionais ou procedimentais determinísticos, a aprendizagem é reduzida.
---------------------------------	---

Fonte: Adaptado de Silva, Moura e Del Pino (2022).

O eixo metodológico, referente à condução da AEP, compõe-se de cinco etapas, sendo elas: *discussão prévia, organização e desenvolvimento, retorno ao grupo de trabalho, socialização e sistematização*. No Quadro 2 se oferecem descrições sobre cada uma delas.

Quadro 2: Caracterização do eixo metodológico da AEP.

Discussão prévia	Como ação desencadeadora do processo da AEP, propõe-se uma discussão introdutória, em sala de aula ou no laboratório, para a identificação dos conhecimentos prévios dos alunos sobre as temáticas principais a serem abordadas.
Organização e desenvolvimento	Visa a organização procedimental da experimentação. Inicia pela proposição do problema teórico (elaborado, identificado ou selecionado) e de suas derivações no objetivo experimental e nas diretrizes metodológicas. Continua com a implementação coletiva de uma organização do trabalho experimental, envolvendo a disposição dos alunos em pequenos grupos, com subsequente recomendação de discussões iniciais em cada um deles, seguidas pelo levantamento de hipóteses para a solução do problema proposto, emergentes dos conhecimentos prévios dos alunos. Segue-se com o desenvolvimento da atividade experimental, na qual os alunos realizam a experimentação a partir de seu entendimento, sob observação e orientação do professor.
Retorno ao grupo de trabalho	Nesse momento, pretende-se favorecer a reflexão e a discussão interna nos grupos de trabalho, seguindo pelo arranjo e sistematização das informações registradas. Após a realização da atividade experimental, é solicitado aos alunos que retornem a seu grupo de trabalho para a ordenação dos registros que julgarem pertinentes, a fim de estabelecer entendimentos capazes de levá-los a uma argumentação coletiva.
Socialização	Busca-se aqui dar visibilidade aos caminhos metodológicos seguidos a partir das justificativas com as que cada grupo defenderá 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.
Sistematização	Recomenda-se a materialização de um produto como ação imprescindível para a aprendizagem assim como para a geração de conhecimentos psicológicos. Pode-se utilizar material impresso como subsídio teórico, seguido de uma produção textual, relatório, ou mapa conceitual (entre outras possíveis estratégias/recursos) desenvolvido pelo aluno a partir dos conhecimentos gerados em torno das informações manipuladas, coletadas e/ou produzidas.

Fonte: Adaptado de Silva, Moura e Del Pino (2022).

À guisa do anteriormente tratado, por meio deste artigo se pretende estabelecer aproximações entre a *Teoria da Inteligência Triárquica* (TIT) de Sternberg e a *Teoria*

da *Aprendizagem Significativa* (TAS) de Ausubel, com vistas à elaboração de indicadores de avaliação cognitiva da aprendizagem de objetos de conhecimento científico, pelo viés da experimentação, nas particularidades da Atividade Experimental Problematicada (AEP), com a intenção de qualificar as abordagens teórico-práticas circunscritas ao ensino das Ciências.

2 Aspectos metodológicos: uma proposta de convergência dialógica

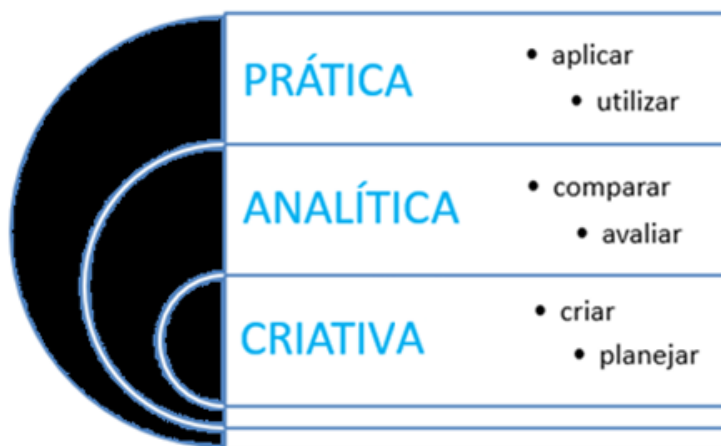
Este artigo apresenta os resultados de uma pesquisa teórico-metodológica, pois é uma investigação voltada à inquirição de métodos e procedimentos adotados como avaliativos. Logo, está associada aos percursos, formas e procedimentos seguidos para atingir determinados fins, assim como ao estudo dos paradigmas, dos métodos e das técnicas dominantes na produção científica. Quanto aos procedimentos, consiste em uma pesquisa bibliográfica, por partir da exploração das principais bases teóricas contidas em publicações científicas sobre o tema proposto. A partir dessa pesquisa bibliográfica, visou-se alcançar objetivos específicos, no intuito de descrever a metodologia empregada no processo de criação de indicadores avaliativos e de contribuir com a aprendizagem e a usabilidade da Ciência. Os resultados foram construídos a partir de técnicas bibliométricas e cienciométricas, por serem consideradas adequadas por seus autores para atingir os objetivos propostos e por possibilitarem aplicações no ensino experimental de Ciências (Demo, 1994; Gil, 1991; 1997; Araújo, 2006; Callon *et al.*, 1995; Bogdan; Biklen, 1994; Denzin; Lincoln, 2006; Flick, 2009; Sampieri *et al.*, 2013).

Nesses termos, o levantamento bibliográfico foi realizado de modo sistematizado, por meio da técnica bibliométrica, nas plataformas de busca de dados/informações sobre a Teoria da Inteligência Triárquica (TIT) de Sternberg e a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de Ausubel, tomando como precaução o emprego de fontes primárias de ambos os autores. Esse levantamento foi seguido da construção de indicadores avaliativos das aprendizagens em Ciências e de aspectos referentes às habilidades cognitivas e metacognitivas e à inteligência triárquica ou plena, nas suas condições prática, analítica e criativa. Por fim, os indicadores avaliativos elaborados foram associados à Atividade Experimental Problematicada (AEP) em seus eixos teórico – *de planejamento* – e metodológico – *de intervenção*.

3 Indicadores de Desempenho Cognitivo (IDC)

A partir do aceite da dinamicidade da Ciência, e cotejando as diversas epistemologias contemporâneas, observa-se que seus fundamentos e princípios estão em transformação constante, seja em relação a seus objetos de conhecimento, seja em relação a suas práticas. Poderia se dizer: em suas bases de fundamentação, justificação e abrangência. Logo, nada é mais pertinente para uma teoria educacional do que considerar a mediação de diferentes conteúdos que estejam em evolução, justamente para atender as demandas do ensino. Para isso, torna-se necessário tratar dos processos cognitivos de aprendizagem e é oportuno evocar a Teoria da Inteligência Triárquica (TIT) de Sternberg, que propõe que a inteligência humana é tripartida em suas condições *prática*, *analítica* e *criativa* (Figura 2).

Figura 2: Inteligências prática, analítica e criativa.



Fonte: Adaptado de Sternberg (1988).

A inteligência prática refere-se à capacidade de transformar a teoria em prática, isto é, transverter construções abstratas em produções materiais. A inteligência analítica está relacionada à capacidade de ir além dos dados; analisar, comparar, avaliar ideias, resolver problemas conhecidos e tomar decisões. A inteligência criativa pode ser caracterizada como a capacidade do indivíduo de planejar, criar e inventar ideias novas e originais. Tais inteligências, embora analisadas separadamente, atuam de maneira simultânea; são consideradas, portanto, interdependentes (Sternberg, 1988, 1993, 1994, 1996, 2000, 2002, 2012).

Em um contexto de aprendizagem, os três diferentes aspectos da inteligência podem ser relacionados às diferentes etapas do processo cognitivo com que o aluno se envolve na realização da atividade proposta. Tanto as etapas do processo, quanto os aspectos da inteligência que são recrutados em determinada tarefa, não seguem uma ordem fixa ou pré-determinada. Em outras palavras, dependendo da tarefa ou

problema a ser resolvido, a ordem pode variar consideravelmente. Contudo, é possível associar cada aspecto da inteligência – prático, analítico e criativo – às etapas muito específicas do processo cognitivo. No contexto da Atividade Experimental Problematizada (AEP), considera-se que cada aspecto da inteligência estará, em maior ou menor grau, presente nas diferentes etapas que a compõem.

A inteligência prática trata do pensamento focado em utilizar o conhecimento previamente adquirido ou consolidado para transformar ou adaptar o ambiente (Sternberg; Grigorenko, 2002). Essa inteligência diferencia-se da inteligência associada ao sucesso acadêmico e ao conjunto das capacidades necessárias para que o indivíduo consiga atingir os objetivos pretendidos. Entende-se, portanto, que esse aspecto da inteligência será recrutado para as tarefas que envolvem ações mais práticas ou procedimentais, como: (1) pesquisar informações adicionais que permitam complementar o conhecimento adquirido sobre determinada temática que está sendo estudada; (2) usar o ambiente da prática experimental como uma estratégia material de enfrentamento ao problema a ser resolvido; (3) estabelecer prioridades a fim de compreender o contexto geral no qual o problema a ser resolvido está inserido e (4) aplicar aquilo que foi aprendido em outro contexto ou em situações diferentes daquelas experimentadas no ambiente de ensino (Sternberg, 1988; 1993).

A proposição criativa das discussões sobre Ciência pode ser vista como arte, especialmente quando é criado algum material ou desenvolvido um processo inovador de produção de conhecimento ou de investigação sobre assuntos pouco tematizados ou ainda não tematizados; a definição de um novo paradigma, diferente do adotado na interpretação tradicional dos resultados obtidos pelo cientista; a formulação de uma interpretação diferenciada dos dados científicos e o convencimento de outros de que tal interpretação está correta; a consideração de uma explicação alternativa para um fenômeno científico geralmente aceito; ou a revisão de um procedimento laboratorial aprovado para um novo experimento a fim de garantir sua eficácia (Sternberg, 1988, 1993; Grigorenko; Sternberg, 1998; Sternberg; Grigorenko, 2003).

Damascena, Silva, Kauark e Moura (2022) trataram das aplicações práticas da Atividade Experimental Problematizada (AEP1), dirigidas a solucionar as dificuldades de aprendizagem dos alunos para o objeto de conhecimento *funções inorgânicas*. Essa pesquisa tratou do estudo dos compostos extraídos de minerais, a partir de um arranjo produtivo local que trabalhou no tema gerador *rocha mármore*. Nesse domínio,

os alunos trataram de um problema proposto para determinar uma rota procedimental e experimental. Também abordaram a constituição mineralógica de rochas, seus processos de formação e extração, beneficiamento e impactos socioambientais.

No caso da inteligência analítica, o pensamento está focado em operações lógicas que envolvem abstração, a fim de comparar e contrastar os conceitos, as teorias e os resultados obtidos (Sternberg; Grigorenko, 2003). Assim, esse aspecto da inteligência entrará em ação quando o aluno estiver envolvido em atividades ou tarefas que exijam os seguintes esforços cognitivos: (1) correta identificação de um problema proposto, a fim de compreendê-lo no contexto experimental e formulação de estratégias para a solução do problema identificado; (2) sistematização de informações prévias e posteriores à realização do experimento, verificadas na organização das informações sobre as tarefas a serem executadas, e a comparação dos resultados encontrados com os resultados previstos; (3) formulação de estratégias para que as diferentes etapas do experimento sejam desenvolvidas de modo eficaz e preciso, e monitoramento da execução das estratégias planejadas; (4) condições de identificar, sistematizar, formular e avaliar as soluções ligadas ao problema investigado, comparando os resultados encontrados com os inicialmente previstos (Sternberg, 1988, 1993).

A Condição Analítica pode ser evidenciada pela confirmação de que em um exercício de laboratório de Ciências estão sendo seguidos os procedimentos de segurança, ou ainda: pela comparação entre os resultados reais de um experimento e os resultados previstos e/ou obtidos; pela existência de monitoramento dos protocolos, dos procedimentos práticos e da análise dos *feedbacks* em cada etapa de trabalho; ou encorajando os alunos para planejarem soluções de modo reflexivo, fundamentado e não impulsivo, discutindo estratégias com o grupo antes de tratar efetivamente da resolução de problemas (Sternberg, 1988, 1993; Grigorenko; Sternberg, 1998; Sternberg; Grigorenko, 2003).

Nascimento, Kauark e Moura (2022) exemplificam a exigência da Condição Analítica, aplicada ao contexto educacional na investigação dos princípios termoquímicos, a fim de verificar as trocas de calor que ocorrem nas transformações da matéria, ou nas mudanças do estado de agregação das substâncias, isto é, nas reações químicas. Para isso, por meio da aplicação da Atividade Experimental Problematicada (AEP2), trataram da determinação da energia entálpica das plantas

oleaginosas, verificada experimentalmente, com o uso de um protótipo de calorímetro, e com o desenvolvimento dos níveis cognitivos dos alunos, em termos de aprendizagem significativa crítica.

Quanto à inteligência criativa, o foco está em ir além do conhecimento adquirido, e testar os limites do que é consenso a fim de viabilizar a emergência de novas possibilidades (Sternberg; Grigorenko, 2003). Assim, esse aspecto da inteligência estará presente sempre que os modos ou processos se manifestem a partir de: (1) interpretar os resultados de um experimento e redefinir os procedimentos a serem executados; (2) gerar ideias para propor um experimento novo ou perceber e testar novas diretrizes para um experimento em andamento; (3) argumentar de forma consistente e justificar a escolha de um procedimento específico em detrimento de outro, ou dos procedimentos adotados de forma geral, e também ao justificar os resultados encontrados; (4) desenvolver diferentes abordagens para o conhecimento, incluindo explicações alternativas e mesmo inéditas para fenômenos já conhecidos e explicados pela comunidade científica (Sternberg, 1988, 1993).

Vivaldi et al. (2020) trataram do ensino evolutivo dos conceitos químicos (matéria e energia) no Ensino Fundamental, com alunos de 5º ano, aplicando as proposições didático-pedagógicas da Atividade Experimental Problematizada (AEP3), por meio do uso do livro paradidático de Ciências *A fórmula secreta: uma aventura química de quebrar a cabeça* (Green, 2015). A seguir, no Quadro 3, são apresentados nove experimentos, sequencialmente planejados (E1 a E9) e vivenciados pelos alunos, a fim de articular propositiva e criativamente os conceitos químicos *matéria e energia*.

Quadro 3: Aventura química de quebrar a cabeça (AEP).

Experimentos (E)	Problemas Propostos (PP)	Objetivos Experimentais (OE)
(E1) O chocolate da fábrica da vovó está completamente duro!	Como podemos aquecê-lo rapidamente sem queimar na panela?	Compreender as passagens de estado físico considerando as superfícies de contato.
(E2) Os ladrões misturaram todo o sal da fábrica da vovó na areia da fábrica!	Como você faria para separar essa mistura?	Conhecer o que é uma mistura; aprender o significado de dissolução; compreender a dissolução, a filtração e a evaporação como separação de misturas.
(E3) Para ter certeza de que o sal de cozinha foi recuperado e era aquele pó	Por que ela fez isso?	Reconhecer, pelo teste da chama, que cada mineral da tabela periódica apresenta uma coloração particular quando submetida ao fogo.

branco, a vovó salpicou uma quantidade dele no fogo!		
(E4) O chocolate vai derreter!	Por que a vovó pegou cobertas e sobrepôs os chocolates?	Compreender o que é calor e como ocorre sua transferência pelos materiais.
(E5) Algumas bexigas da festa de aniversário caem e outras flutuam!	Por que existem bexigas de aniversários que flutuam e outras que caem no chão? Por que escolher o gás hélio para transpassar a cerca elétrica?	Compreender a densidade dos gases; comparar que volumes semelhantes de gás carbônico e de gás hélio apresentam massas diferentes.
(E6) Socorro! Estou com dor de barriga!	Por que quando estamos com problemas de azia ingerimos “sal de fruta” ou “bicarbonato de sódio” para melhorar nossa barriga?	Identificar se alguns materiais usados em casa e na escola são ácidos ou bases; compreender o que são ácidos e bases.
(E7) A água debaixo da terra!	Como a água vai parar no lençol freático debaixo do solo?	Compreender o ciclo da água; analisar as características rochosas.
(E8) A chave presa no bloco de gelo!	Como fazer para tirar a chave do laboratório que está congelada dentro de um bloco de gelo?	Compreender o processo de crioscopia; diferenciar a mudança da temperatura quando é adicionado um soluto sobre o gelo.
(E9) A fórmula secreta presa no castelo de areia!	Como fazer para destruir um castelo de areia no menor tempo possível para pegar a fórmula secreta?	Compreender que os materiais apresentam interações que agregam sua estrutura.

Fonte: Adaptado de Vivaldi et al. (2020).

A partir dos pressupostos descritos e exemplificados, no que diz respeito às condições *prática*, *analítica* e *criativa*, no Quadro 4 são apresentados 12 Indicadores de Desempenho Cognitivo (IDC), elaborados tendo em vista as diretrizes adotadas neste artigo, as que seguem os princípios próprios da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), e cumprem as condições da inteligência triárquica ou plena (TIT).

Quadro 4: 12 IDC, à luz da TIT, em sua tripartição.

Prática	P ₁	Pesquisar informações complementares às temáticas tratadas.
	P ₂	Usar o ambiente de prática como estratégia material de enfrentamento ao problema.
	P ₃	Estabelecer prioridades para compreender o contexto geral e o impacto do experimento.
	P ₄	Aplicar aprendizagens e desdobramentos em outras situações e realidades.
Analítica	A ₁	Identificar o problema proposto.
	A ₂	Sistematizar informações prévias e subsequentes ao experimento.

	A ₃	Formular estratégias para o desenvolvimento das etapas do experimento.
	A ₄	Avaliar as soluções e comparar os resultados obtidos com os previstos.
Criativa	C ₁	Redefinir procedimentos ao interpretar os resultados do experimento.
	C ₂	Gerar ideias para propor um experimento novo ou caminhos para um experimento em andamento.
	C ₃	Argumentar sobre justificativas dadas aos procedimentos e resultados.
	C ₄	Desenvolver diferentes abordagens ao conhecimento, capazes de considerar uma explicação alternativa para fenômenos científicos já aceitos.

Fonte: Adaptado de Sternberg (2012).

A aplicação de Atividade Experimental Problematizada (*AEP1*; *AEP2*; *AEP3*) demonstra que foram atendidos os princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) e o desenvolvimento das condições prática, analítica e criativa próprias da Teoria da Inteligência Triárquica (TIT). Assim, o processo evolutivo das habilidades cognitivas e metacognitivas e as aquisições do conhecimento em Ciências podem ser avaliados pelos Indicadores de Desempenho Cognitivo (IDC).

No contexto da síntese articulada das teorias citadas, ambientadas pela AEP e, considerando o aspecto prático das condições de avaliação da aprendizagem significativa e da inteligência plena, fica evidente a importância da busca de informações que se complementam para o tratamento das temáticas postas. Essa condição é favorecida pelo aspecto estratégico do enfrentamento de um problema e pela necessidade do estabelecimento de prioridades a fim de compreender os contextos e os impactos que decorrem das experimentações vivenciadas e das aprendizagens que delas se desdobram.

Quanto ao aspecto analítico, impõe-se a necessidade da mobilização cognitiva, seja para identificação dos problemas propostos, seja para a sistematização das informações articuladas previamente e, subsequentemente, dos conhecimentos decorrentes dos experimentos. Ela também se evidencia necessária para a avaliação comparativa entre os resultados esperados e os alcançados a partir das soluções encontradas para os problemas propostos.

O aspecto criativo da inteligência triárquica, por sua vez, se observa no surgimento das diferentes estratégias adotadas e dos rumos inovadores para a redefinição dos procedimentos e das interpretações dos resultados alcançados

experimentalmente. Isso acontece pela geração propositiva de caminhos alternativos, junto à argumentação justificada dos percursos, das soluções e dos desfechos encontrados nos experimentos novos ou em andamento. Muito provavelmente a condição criativa favoreça o desenvolvimento de diferentes abordagens do conhecimento e a consideração de explicações alternativas para eventos científicos consolidados. Nesse âmbito, os Indicadores de Desempenho Cognitivo (IDC) poderão servir para “verificar” as aquisições do conhecimento, das aprendizagens e do desenvolvimento das habilidades cognitivas e metacognitivas.

Em síntese, a associação entre a TIT, a TAS e a AEP estabelece a base para a compreensão dos 12 indicadores cognitivos elaborados para serem observados em contextos específicos de atividades em sala de aula. Os 12 indicadores agrupam-se em três diferentes eixos, caracterizados por atender os aspectos da inteligência plena, a saber: prática (marcados com a letra P), analítica (marcados com a letra A) e criativa (marcados com a letra C). Cada eixo abrange quatro (4) indicadores (marcados com os numerais de 1 a 4) que, por sua vez, auxiliam a descrever de forma mais precisa o processo cognitivo do aluno durante as práticas realizadas, de acordo com a metodologia da Atividade Experimental Problematicada. Conforme destacado anteriormente, é importante ressaltar que a marcação numérica não sugere uma ordem sequencial de aparecimento das diferentes operações mentais realizadas pelos alunos, somente tem o objetivo de facilitar a identificação de cada indicador cognitivo. A predominância de indicadores de um determinado eixo em uma etapa específica da atividade proposta em sala de aula sugere que, naquela etapa, um dos três aspectos da inteligência foi o mais exigido. Contudo, indicadores dos três diferentes eixos podem estar presentes em uma mesma etapa da atividade, a depender do tópico desenvolvido naquela aula específica, bem como ao longo de todas as etapas da atividade.

4 IDC e TAS: aproximações teóricas exemplificadas pela Atividade Experimental Problematicada (AEP)

A avaliação cognitiva, sob a ótica da TIT, traz um aspecto antes inexistente ou pouco abordado durante o processo de avaliação: o pensamento criativo. A inteligência criativa do indivíduo corresponde à forma como ele se comunica pela fala e pela escrita, bem como à demonstração de suas habilidades para criar ideias para a resolução de problemas. De um modo geral, os métodos avaliativos

convencionalmente utilizados no âmbito das Ciências da Natureza enfatizam os aspectos analítico e prático da aprendizagem. Contudo, o aspecto criativo, ao nosso ver, possibilita o rompimento de limitações e entraves do pensamento prático e analítico, isto é, a avaliação do pensamento criativo pode fomentar, nos indivíduos, o desenvolvimento de potencialidades de inovação no desenvolvimento dos outros aspectos, uma vez que as inteligências são interdependentes (Sternberg; Grigorenko, 2002; Grigorenko; Sternberg, 1998).

Sob essas postulações, a proposta desta seção é estabelecer aproximações, destacando as de natureza teórica, entre pressupostos das fontes primárias da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), e os Indicadores de Desempenho Cognitivo (IDC), previamente descritos. Para tanto, a título de defesa dessa ideia e para além de uma semântica argumentativa, é proposta uma estrutura de significação desses dois campos de conhecimento, potencialmente válida para a avaliação da aprendizagem do sujeito, neste caso, exemplificada pela estratégia didática da Atividade Experimental Problematizada (AEP).

4.1 Condição Prática

Com relação à Condição Prática, o indicador codificado como P₁, propõe: “Pesquisar informações complementares às temáticas tratadas”. No caso, cabe ao aluno, sob a orientação vigilante do professor, identificar no cômputo de fontes específicas, esclarecimentos capazes de levá-lo a aprofundamentos e/ou a novas articulações cognitivas. No que concerne à aprendizagem, sob o entendimento da TAS, compete ao aluno a construção de significados próprios, a partir das temáticas levantadas pelo professor e, nessa perspectiva, os movimentos particulares capazes de fazer são essenciais para o desenvolvimento de saberes naturalmente psicológicos. Nos procedimentos da pesquisa, mesmo que sob referenciais preestabelecidos, conforme foi defendido, conferem-se possibilidades de identificação de novas correlações entre saberes prévios e novos, com perspectivas de desenvolvimento de idiosincrasias. Esse princípio, em tese, apresenta valia, tanto no ensino via descoberta, como no modelo receptivo, pois,

os problemas gerados pelo ensino tradicional não se deveriam tanto a seu enfoque expositivo quanto ao inadequado manejo que fazia do processo de aprendizagem dos alunos, ou seja, para fomentar uma aprendizagem significativa, não é necessário recorrer tanto à descoberta, senão melhorar a eficácia das exposições. Para isso, é preciso considerar não só a lógica das

disciplinas, mas também a lógica dos alunos. De fato, o aprendizado da ciência consiste em transformar o significado lógico em significado psicológico, ou seja, em conseguir que os alunos assumam como próprios os significados científicos (Ausubel, 1973, p. 214).

Quando, nos espaços-tempo da AEP, durante a *sistematização*, é solicitado que os alunos inquiram em bases teóricas apropriadas para capacitá-los, um contraste entre o que foi percebido experimentalmente (e concebido cognitivamente) e marcos teóricos específicos, tendo como meta o registro semântico e a produção textual, fomentam-se procedimentos próprios da pesquisa. Com isso, são favorecidas novas correlações entre saberes, via princípios de aprendizagem significativa subordinada e combinatória, e também são favorecidos elos renovados entre saberes já consolidados, à luz de postulados atrelados à aprendizagem significativa superordenada (Ausubel, 1978).

O indicador P₂ está mais estreitamente relacionado aos procedimentos, isto é, às estratégias de abordagem que privilegiam a realização de ações capazes de fomentar entendimentos, a partir daquilo que suscitam. Ao cogitar “Usar o ambiente de prática como estratégia material de enfrentamento ao problema”, pretende-se impulsionar a percepção de distintos meios de enfrentamento a determinado problema didático-pedagógico (ou social, poderíamos dizer), sobrepondo aqueles de natureza prático-experimental. A TAS de David Ausubel, no que diz respeito à estratégia de resolver problemas, atribui-lhe o *status* de “[...] qualquer atividade na qual a representação cognitiva de experiência prévia e os componentes de uma situação problemática apresentada são reorganizados a fim de atingir um determinado objetivo” (Ausubel, 1968, p. 533). Nesse aspecto, busca-se, sob um marco conceitual específico, o desenvolvimento de uma solução aceitável para determinada situação-problema, potencialmente capaz de levar os sujeitos que a investigam à formação de novas conexões. Rigorosamente nesse aspecto, Novak e Gowin (1999, p. 108) tratam a resolução de problemas como “[...] um caso especial de aprendizagem significativa”, pois fomenta entendimentos psicológicos a partir da percepção de coerência e logicidade que uma situação é capaz de gerar.

Tendo em vista as diretrizes da AEP, poder-se-ia considerar que, sistemicamente, essa estratégia privilegia o ambiente de prática em suas múltiplas dimensões e desdobramentos. Essa ideia se justifica porque a AEP é caracterizada como uma proposta experimental para o ensino-aprendizagem das Ciências, que se

estrutura a partir do problema de origem. Assim sendo, chega-se ao ambiente de prática sob o escopo desse problema para o qual se procura uma solução. Contudo, particularizando o eixo teórico da AEP, entender e enfrentar o *problema proposto*, requer reorganizações cognitivas das quais depende a aprendizagem com significado.

O indicador P3, “Estabelecer prioridades para compreender o contexto geral e o impacto do experimento”, mantendo ainda a Condição Prática da inteligência triárquica ou plena proposta por Sternberg (2001), apresenta, em seu pano de fundo, relações com perspectivas sistêmicas da proposta pedagógica. Nesse aspecto, merecem destaque os conceitos de diferenciação progressiva e de reconciliação integrativa (ou integradora), constitutivos da TAS, os quais, quando articulados entre si e alinhados a mecanismos próprios dos processos de ensino e de aprendizagem, produzem princípios de amplos significados, os que perpassam as bases teóricas estruturantes da própria teoria, e estendem-se ao planejamento instrucional. Segundo Ausubel (1968, p. 79), em seus próprios termos,

de acordo com o princípio da diferenciação progressiva, as ideias mais gerais e inclusivas da disciplina são apresentadas primeiro e, então, são progressivamente diferenciadas em termos de detalhes e especificidade. Essa ordem de apresentação, presumivelmente corresponde à sequência natural de aquisição de consciência e à sofisticação cognitiva quando seres humanos são expostos a um campo inteiramente não familiar de conhecimento [...] também à forma postulada em que esse conhecimento é representado, organizado e estocado no sistema nervoso.

Segundo essa alegação, a aprendizagem é favorecida quando a dinâmica de ensino parte do *geral* e segue para as *especificidades*. No âmbito didático, a estratégia pedagógica de busca de solução de problemas a partir de situações concretas e familiares para os alunos, é notadamente próxima a essa concepção. No caso da reconciliação integrativa/integradora, trata-se da “[...] parte do processo da aprendizagem significativa que resulta na delineação explícita de semelhanças e diferenças entre ideias relacionadas” (Ausubel; Novak; Hanesian, 1980, p. 526). Sendo assim, para que a situação de contexto ganhe em entendimento e em significado, as especificidades (ou unidades de ensino) aportam valor, pois contribuem com a sofisticação e a profundidade da situação de origem.

As *diretrizes metodológicas*, componentes do eixo teórico da AEP, que se caracterizam como orientações gerais para as ações que emergem da proposta, guardam, quanto ao estabelecimento de prioridades, uma proximidade de

entendimento com o IDC identificado como P₃. Cabe mencionar, ainda, que dessa intenção depende a compreensão do contexto geral e o impacto do experimento. Ao serem propostas diretrizes capazes de orientar as primeiras ações no ambiente de prática, busca-se manter os alunos atentos aos interesses instrucionais estabelecidos pelo professor e, paulatinamente, oferecer-lhes capacidades e competências para suas próprias ações e decisões em ciências, segundo os pressupostos psicológicos de aprendizagem.

O indicador de fechamento momentâneo da Condição Prática (P₄): “Aplicar aprendizagens e desdobramentos em outras situações e realidades”, aborda a transposição de saberes entre meios distintos, importante indício de uma aprendizagem de natureza significativa. Com relação às transformações de significados lógicos (atribuição do professor) em significados psicológicos (atribuição do aluno), a partir dos objetos de aprendizagem de interesse, as evidências dessas transformações merecem notoriedade, tanto no âmbito da linguagem utilizada. Na capacidade do aluno para transcender os argumentos, os exemplos e os modos de representação adotados pelo professor no período da instrução, residem fortes evidências de aprendizagem significativa, uma vez que a conversão de significados referida requer correlações próprias entre o novo e elementos específicos – subsunçores – da estrutura cognitiva do sujeito que aprende, e é dependente delas. Nesse argumento, Ausubel, Novak e Hanesian (1980, p. 34) inferem que “[...] a aprendizagem significativa envolve a aquisição de novos significados e os novos significados, por sua vez, são produto da aprendizagem significativa”.

Buscando reiterada e recursivamente associações entre os IDC e as etapas (teórica, de planejamento; metodológica e de intervenção) próprias da AEP, o indicador anteriormente tratado estabelece como fator de evidência da aprendizagem, transposições de saberes entre meios distintos. No caso do objetivo experimental da AEP – eixo teórico – recomenda-se uma ação, ou um conjunto de ações, cujas diretrizes metodológicas, a posteriori, oferecerão detalhes. Contudo, ao se manter rigorosamente sob tais recomendações, será possível chegar a uma resposta para o objetivo, mas não a uma solução para o problema proposto originalmente na atividade. Para tanto, serão necessárias recombinações cognitivas capazes de levar os sujeitos ao estabelecimento de transposições de saberes entre cenários, no caso, os do objetivo experimental e os do problema proposto.

4.2 Condição Analítica

Com relação à Condição Analítica, o indicador codificado como A₁: “Identificar o problema proposto”, trata especificamente do problema que origina a investigação pedagógica, mais restritamente, de seu reconhecimento. Nesse aspecto, pode-se cogitar que essa inspeção depende do entendimento pleno da situação que atua como conjuntura, em termos de logicidade e coerência, a ponto de que os próprios sujeitos investigadores, os alunos, consigam se apropriar da situação e mobilizem saberes e recursos para o enfrentamento do problema a ser resolvido. Assim, a mobilização de novas informações e sua articulação com saberes anteriores, a partir desse reconhecimento – em sua plena compreensão – e de um centro provocador de reconexões cognitivas e propósitos procedimentais, leva à produção de novos conhecimentos. A TAS trata desse aspecto ao entender que,

o conhecimento é significativo por definição. É o produto significativo de um processo psicológico cognitivo (“saber”) que envolve a interação entre ideias “logicamente” (culturalmente) significativas, ideias anteriores (“ancoradas”) relevantes da estrutura cognitiva particular do aprendiz (ou da estrutura dos conhecimentos deste) e o “mecanismo” mental do mesmo para aprender de forma significativa ou para adquirir e reter conhecimentos (Ausubel, 2003, p. 6).

Em referência à AEP, núcleo didático centralizador das discussões deste artigo, o primeiro momento de seu eixo metodológico, a *discussão introdutória*, oferece condições para que o professor identifique as percepções de seus alunos, que resultem de sua apropriação e entendimento do *problema proposto* na origem da atividade prática. E, caso necessário, trabalhe de modo mais amplo ou reiterado com os objetos de conhecimento necessários para a apropriação teórica que, potencialmente, permitirá a tomada de decisões adequada para os propósitos estabelecidos no momento da prática. As discussões, as trocas de saberes entre os pares e o professor, os constantes retornos aos marcos teóricos de interesse, a atenção depositada nos procedimentos imprescindíveis no desenvolvimento de soluções para o problema, entre outros, tornam-se importantes diretrizes a serem observadas nesse momento que antecede a realização da atividade experimental.

O segundo indicador analítico (A₂) propõe que se procure “Sistematizar informações prévias e subsequentes ao experimento”. O esforço por mobilizar referências relacionadas ao que é tratado nos objetos de conhecimento, antecedentes

e posteriores à instrução (no caso, subsidiada pela metodologia da experimentação) leva, potencialmente, ao estabelecimento de novas formas de percepção de tais objetos, favorecendo a construção de um significado psicológico por parte do sujeito que aprende. Ausubel (1968, p. 34), ao referir-se à aprendizagem caracterizada como significativa, argumenta que “[...] o alcance de significado é um fenômeno psicológico puramente idiossincrático em uma pessoa particular”, o que fundamenta a estratégia docente de criar condições para interfaces variadas entre os saberes desejáveis para a aprendizagem e aqueles prévios e emergentes dos processos próprios da instrução.

Nas particularidades da AEP, o *problema proposto*, quando inteligivelmente vinculado aos contextos próprios dos alunos, os leva a perceber que para sua solução é pertinente a manipulação de estratégias e saberes. Além disso, no caso, no domínio do eixo metodológico, o momento da *socialização* favorece o surgimento de novas percepções e entendimentos, a partir das falas dos alunos, e dos argumentos empregados em defesa de seus métodos, resultados e conclusões.

O terceiro indicador da Condição Analítica (A3) estabelece que se procure “Formular estratégias para o desenvolvimento das etapas do experimento”. Nesse propósito, espera-se que o aluno seja capaz de utilizar seus próprios meios para chegar a uma solução aceitável para o problema original da atividade prática. Ao fazer isso, exerce sua autonomia, sua tomada de decisões, empenhando-se para relacionar as situações que se apresentam aos subsunçores existentes em sua estrutura cognitiva, isto é, ao “conteúdo total e organização das ideias de um dado indivíduo; ou, no contexto da aprendizagem de assuntos, conteúdo e organização de suas ideias naquela área particular de conhecimentos” (Ausubel; Novak; Hanesian, 1980, p. 524).

Nesse sentido, permite-se que o aluno delibere quanto ao modo de desenvolver a atividade, bem como que compreenda as consequências de suas decisões, assumindo uma postura ativa, participativa e colaborativa durante todo o processo. A partir das discussões geradas entre seus pares e o professor, torna-se viável a consolidação de conhecimentos já desenvolvidos, assim como a geração de rotas cognitivas até então inexistentes.

A AEP apresenta como segunda etapa de seu eixo metodológico, a *organização e o desenvolvimento da atividade*, etapa em que são oferecidas condições para que o aluno assuma uma postura ativa na realização das ações, (mesmo no caso das previamente sugeridas). Ao desenvolver estratégias que visem

a proposição de uma solução a dada situação-problema levantada, com competência para defendê-la à luz de marcos teóricos satisfatórios, a experimentação encontra a validade didático-pedagógica desejável.

A4, o indicador de fechamento da Condição Analítica, impõe “Avaliar as soluções e comparar os resultados obtidos com os previstos”. Refere-se aqui à capacidade esperada no aprendiz, de que leve em conta a viabilidade e o alcance dos meios que ele adotou para a proposição de uma solução, cientificamente fundamentada e individualmente argumentável, para o problema instaurado na atividade prática. Para tanto, essa solução e seus desdobramentos deverão fazer sentido e ser coerentes para ele, de modo de ser capaz de articular outros saberes, como os de natureza teórica, na apropriação e construção de novos significados e entendimentos.

A influência de outros fatores no processo de aprendizagem é amplamente tratada por Ausubel, tendo em vista o reconhecimento do autor a respeito de sua complexidade e dependências múltiplas. Segundo ele (e colaboradores),

os fatores intrapessoais e situacionais interagem em seus efeitos sobre a aprendizagem, as variáveis cognitiva e afetivo-social influenciam também o processo de aprendizagem concomitantemente e, sem dúvida, interagem de diversas maneiras. A aprendizagem escolar não se dá num vácuo social, mas apenas em relação a outros indivíduos que geram reações emocionais pessoais, ou serve como representações impessoais da cultura (Ausubel; Novak; Hanesian, 1980, p. 26).

Nesse aspecto, toda e qualquer capacidade de reflexão sobre um resultado alcançado, bem como seu contraste com as expectativas, dada a condição do sujeito poder estabelecer novas combinações cognitivas, demanda do aproveitamento de seus saberes anteriores, tanto formais como populares, a partir do reconhecimento do sentido prático-objetivo que a situação oferece. Com relação à AEP, o espaço-tempo *retorno ao grupo de trabalho*, terceira etapa de seu eixo metodológico, implica o estabelecimento de um convencimento coletivo (interno ao grupo de trabalho), à luz da capacidade dos sujeitos em transpor suas observações, registros e entendimentos para contextos gerais, conduzindo-os a um domínio amplo dos argumentos a serem construídos e externalizados.

4.3 Condição Criativa

Com relação à Condição Criativa, o indicador codificado como C₁ traz:

“Redefinir procedimentos ao interpretar os resultados do experimento”. Nesse sentido, espera-se que o aluno seja capaz de estabelecer novas diretrizes práticas a partir daquilo que obtém como resultado momentâneo e sua percepção deste. Isso requer que sua compreensão dos procedimentos desenvolvidos seja adequada, ao ponto de criar novas situações quando percebe que seus produtos/produções não satisfazem viabilidades a nível de entendimento e de contraste com a(s) teoria(s) adjacente(s). A aprendizagem capaz de possibilitar esse processo deve ser significativa, pois “[...] a aprendizagem significativa envolve a aquisição de novos significados e os novos significados, por sua vez, são produto da aprendizagem significativa” (Ausubel, Novak; Hanesian, 1980, p. 34).

Na singularidade da AEP, tanto em seu planejamento como em sua intervenção, respectivamente, as etapas *diretrizes metodológicas* e organização/desenvolvimento oferecem condições de avaliação que atendam a expectativa didático-pedagógica que o professor tem dos alunos: que eles se guiem respaldados pela articulação entre seu conhecimento prévio, os resultados emergentes e os entendimentos construídos.

No que se refere ao planejamento da AEP, as diretrizes metodológicas impõem orientações para as atividades práticas, com abertura para reconduções procedimentais na medida em que materialidades e entendimentos se consolidam. A organização/desenvolvimento da AEP, em sua implementação, confere concretude a esse propósito, a partir das percepções dos alunos, agentes principais das atividades, e do professor, em atenção às evidências empíricas e/ou subjetivas.

Prosseguindo com a Condição Criativa, o indicador codificado como C₂ menciona: “Gerar ideias para propor um experimento novo ou caminhos para um experimento em andamento”. Nessa perspectiva, espera-se que o aluno, ao empreender a AEP, seja capaz de cogitar a transposição de saberes entre o contexto das atividades propostas, tendo em vista a problemática tratada e enfrentada, e outros interesses, aproveitando o arcabouço fornecido pelo professor ao longo do processo de instrução. Cabe aqui, portanto, o entendimento do termo experimento (*novo* ou em *andamento*) referindo-se a outro processo, de nível didático-pedagógico e integrante da instrução formal.

Nesse interim, a transposição didática, isto é, o movimento racional e metodológico entre diferentes meios, ganha relevância, sendo subsidiado por uma

aprendizagem satisfatória dos objetos de conhecimento subjacentes. Isso posto, toma-se como referência que a TAS se ocupa, mais especificamente, da aquisição significativa de um corpo de conhecimentos organizado em situação formal de ensino e aprendizagem. Sendo assim, a consolidação de um saber prévio em uma tarefa de aprendizagem, quando exitosa, permite que “[...] fiquem disponíveis na estrutura cognitiva novas ideias ancoradas e estáveis, para que outras tarefas de aprendizagem relacionadas sejam introduzidas mais tarde” (Ausubel, 2003, p. 184). Desse modo, ficarão estabelecidos imperativos para que possam ser recuperadas percepções anteriores e suas construções cognitivas, para novas ações, sistematizadas pelos objetos de conhecimento de suporte.

A AEP, nesse propósito, pode ser vital para o favorecimento dessa capacidade de transposição, em relação a um entendimento de fechamento momentâneo do que é tratado em laboratório (ou ambiente de prática). Por exemplo, a sistematização, etapa de encerramento de seu eixo metodológico, prevê que o aluno registre, analiticamente, elementos considerados de relevância na esfera do conhecimento que deseja ser consolidado. Cabe ao professor, ao fazer esta solicitação, fornecer condições que levem os alunos a buscar pontos de articulação com outras situações e contextos, capazes de ancorar novas intencionalidades de aprendizagem futuras.

O terceiro indicador integrante da Condição Criativa (C₃): “Argumentar sobre justificativas dadas aos procedimentos e resultados”, infere o atributo do sujeito na defesa argumentativa, à luz de marcos teóricos consistentes, de seus procedimentos adotados e dos resultados deles derivados. O estabelecimento de novos significados, sob idiossincrasias específicas, é imperativo para tal capacidade. Nos termos da TAS, Ausubel (2003, p. 71) afirma que:

A essência do processo de aprendizagem significativa, tal como já foi verificado, consiste no fato de que novas ideias, expressas de forma simbólica (a tarefa de aprendizagem), se relacionem com aquilo que o aprendiz já sabe (a sua estrutura cognitiva em uma determinada área de matérias), de forma não arbitrária e não literal, e que o produto dessa interação, ativa e integradora, seja o surgimento de um novo significado, que reflita a natureza substantiva e denotativa desse produto interativo.

Esse novo significado pode tornar-se perceptível no momento da socialização, etapa que antecede à sistematização do eixo metodológico da AEP. Nesse espaço, é esperado que o aluno exponha os significados desenvolvidos, derivados do contraste

que estabeleceu entre os procedimentos adotados, os resultados produzidos e seus saberes adjacentes, cabendo ao professor fomentar argumentos tomados como consistentes e contrariar aqueles avaliados como frágeis e incoerentes, sob os fundamentos científicos de suporte e sua intencionalidade de ensino.

O indicador de fechamento da Condição Criativa (C₄): “Desenvolver diferentes abordagens ao conhecimento, capazes de considerar uma explicação alternativa para fenômenos científicos já aceitos”, infere a habilidade do sujeito de criar, à luz das evidências empíricas e de seu conhecimento teórico previamente consolidado, outros modos de entendimento e de argumentação para fenômenos que sobrexcedam as temáticas tratadas formalmente. Explicações alternativas, sob consistência teórica e atendendo conceitos, princípios e teorias científicas, requerem uma profunda interpretação daquilo que é observado, medido e registrado, dadas as particularidades do experimento.

O processo de aprendizagem significativa é tácito à capacidade de interpretação supracitada, em condições plenas das transposições desejáveis. Segundo Ausubel, Novak e Hanesian (1980), a essência desse processo consiste em que ideias expressas simbolicamente sejam relacionadas às informações previamente adquiridas pelo aluno, por meio de uma relação não arbitrária e substantiva. Nesse aspecto, a *não arbitrariedade* consiste na,

propriedade de uma tarefa de aprendizagem (por exemplo, plausibilidade, não aleatoriedade) que a torna relacionável com a estrutura cognitiva humana no sentido abstrato do termo, em alguma base sensata. [...] A substantividade [por sua vez], é uma [...] propriedade de uma tarefa de aprendizagem que permite a substituição de elementos sinônimos sem mudança de significado ou alteração significativa no conteúdo da própria tarefa (Ausubel; Novak; Hanesian, 1980, p. 525-527).

Nas particularidades do ensino das Ciências via experimentação, a *não arbitrariedade* da proposta deve ser garantida já em sua fase de planejamento. A AEP, nesse esforço, propõe que no objetivo experimental sejam sugeridas as principais ações capazes de conduzir os sujeitos, à luz de seu entendimento, a uma solução cientificamente aceitável para o problema de origem. Com isso, equívocos procedimentais são evitados, bem como o uso de ações distantes dos propósitos da aprendizagem significativa dos objetos de conhecimento desejáveis e centrais no processo de instrução. Na condução da atividade, eixo metodológico da AEP, a ideia

da coerência da proposta, isto é, sua não arbitrariedade, deve ser intensificada na fase de discussão introdutória, momento no qual seus aspectos sistêmicos devem estar plenamente inteligíveis, e cujo desígnio consiste na produção de uma solução ao problema inicial.

A substantividade, característica também intrínseca à estratégia instrucional, pode ser evidenciada na etapa metodológica da AEP denominada “retorno ao grupo de trabalho”. Nela, se oferecem condições para os alunos dialogarem entre seus pares, utilizando seus próprios termos, visando o desenvolvimento de um convencimento coletivo, isto é, de uma solução ao problema de origem capaz de ser entendida por todos dentro de seu grupo de trabalho e, a partir disso, apresentada, dialogada e defendida.

5 Sistematizações dos resultados e considerações

O Quadro 4 sistematiza, de modo sintético, a correspondência encontrada entre os 12 Indicadores de Desempenho Cognitivo (IDC) discutidos em suas Condições Prática, Analítica e Criativa, sob o domínio das etapas da Atividade Experimental Problemática (AEP).

Quadro 4: Síntese estratégica: associação TIT e AEP.

TIT			AEP							
Condição			Eixo teórico			Eixo metodológico				
Prática	Analítica	Criativa	PP	OE	DM	DI	OD	RGT	Soc.	Sist.
P1										
P2										
P3										
P4										
A1										
A2										
A3										
A4										
		C1								
		C2								
		C3								
		C4								

Fonte: Elaboração própria.

Percebe-se que a cada etapa da AEP, em seus eixos teórico e metodológico, foram demarcadas pelo menos duas correspondências diretas com a Teoria da Inteligência Triárquica (TIT), estabelecidas neste ensaio a partir de suas dimensões e indicadores. E estes, por sua vez, impõem-se como elementos de avaliação da aprendizagem derivada da instrução, sob princípios próprios da Teoria da

Aprendizagem Significativa (TAS). Sendo assim, cabe ao professor a proposição de espaços para as manifestações dos alunos, a fim de que eles possam perceber os alcances gerados pela instrução, e seu potencial resultado de aprendizagem.

Por fim, este estudo não se esgota aqui, pois se restringe ao emprego de determinadas metas e métodos para a avaliação da aprendizagem emergente da instrução científica, em sua dimensão experimental. Ainda cabem, portanto, várias intencionalidades de pesquisa, das quais surgirão outros interesses e procedimentos, a fim de lançar luz aos Indicadores de Desempenho Cognitivo, construídos, testados e analisados ao longo do texto. Mais uma vez, em relação às particularidades da AEP, asserção teórico-metodológica atuante neste artigo como pano de fundo para a validação das proposições avaliativas, entende-se a concepção ampliada da experimentação como a experiencição das diferentes vivências oportunizadas pela proposta e as decorrentes aquisições de conhecimento, seja pelas ações práticas da pesquisa para tratar sobre o problema empírico proposto, seja pelas providências criativas empregadas na realização da atividade prática.

Referências

ARAÚJO, C. A. Bibliometria: evolução histórica e questões atuais. **Em Questão**. Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 11-32, jun. 2006.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos**: uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Plátano, 2003.

AUSUBEL, D. P. **Educational psychology**: a cognitive view. New York: Holt, Rineheart and Winston, 1968.

AUSUBEL, D. P. **Some psychical aspects of the structure of knowledge**. Em S. Elam (ed.) *Education and the structure of knowledge*. III: Rand Macmillan, 1973.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia Educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana, 2. ed., 1980.

AUSUBEL, D. P. **Psicologia educativa**: un punto de vista cognoscitivo. Cidade do México: Trillas, 1978.

BOGDAN, R., BIKLEN, S. **Investigação qualitativa em Educação**: fundamentos, métodos e técnicas. In: *Investigação qualitativa em educação*. Portugal: Porto Editora, 1994.

CALLON, M.; COURTIAL, J. P.; PENAN, H. *Cienciometría, el estudio cuantitativo de la actividad científica: de la bibliometría a la vigilancia tecnológica*. **Espanha**: Trea, 1995.

DENZIN, N. K.; LINCOLN, Y. S. **O planejamento da pesquisa qualitativa: teoria e abordagens**. Porto Alegre: Bookman, 2006.

FLICK, U. **Introdução à pesquisa qualitativa**. São Paulo: Artmed, 2009.

GIL, A. C. **Metodologia do Ensino Superior**. São Paulo: Atlas, 1997.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1991.

GREEN, D. **A fórmula secreta: uma aventura química de quebrar a cabeça**. Moderna, 2015.

GRIGORENKO, E. L.; STERNBERG, R. J. **Analytical creative and practical intelligence**. New York: Unpublished Manuscript. 1998.

MERÇO, F. A Experimentação no Ensino de Química. In: **IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. Bauru: Atas do IV ENPEC, 2003, p. 1-4.

MONTEIRO, I. G. S.; SALES, E. S.; LIMA, K. S. Experimentos em sala de aula: minimizando barreiras no ensino da Química. In: **VII Colóquio Internacional “Educação e Contemporaneidade”**. Sergipe, 2013, p. 1-8.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa**. Brasília: Editora UnB, 1999.

NASCIMENTO, M.; KAUARK, F. S.; MOURA, P. R. G. **Aprendizagem significativa crítica de princípios termoquímicos por meio da Atividade Experimental Problematizada**. Vila Velha: Edifes Acadêmico, 2022.

NOVAK, J. D. **Uma teoria de educação**. São Paulo: Livraria Editora Pioneira, 1981.

NOVAK, J. D.; GOWIN, D. B. **Aprender a aprender**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 1999.

OLIVEIRA, J. R. S. Contribuições e abordagens das atividades experimentais no ensino de ciências: reunindo elementos para a prática docente. **Revista Acta Scientiae**, Canoas. v. 12, n. 1, p. 139-153, 2010.

POZO, J. I. **Teorias cognitivas de aprendizagem**. Porto Alegre: Artmed, 2002.

SAMPIERI, R. H.; COLLADO, C. F.; LUCIO, M. P. B. **Metodologia de Pesquisa**. Porto Alegre: Penso, 2013.

SILVA, A. L. S.; MOURA, P. R. G.; DEL PINO, J. C. Atividade Experimental Problematizada: uma proposta de diversificação das atividades para o Ensino de Ciências. **Experiências em Ensino de Ciências**. v. 10, n. 3, p. 1-13, 2015.

SILVA, A. L. S.; MOURA, P. R. G.; DEL PINO, J. C. Atividade Experimental Problematizada (AEP): discussões pedagógicas e didáticas de uma asserção de sistematização voltada ao ensino experimental das ciências. **Revista Contexto e**

Educação. v. 37, n. 116, p. 1-15, jan./abr., 2022.

SILVA, A. L. S.; MOURA, P. R. G.; DEL PINO, J. C. Atividade Experimental Problematizada (AEP) como uma estratégia pedagógica para o Ensino de Ciências: aportes teóricos, metodológicos e exemplificação. **Experiências em Ensino de Ciências.** v. 12, n. 5, p. 1-19, 2017.

SILVA, I. F.; SILVA, A. J. P. A experimentação na educação em Química: estudo exploratório sobre as percepções de licenciandos. **Revista Virtual de Química.** v. 11, n. 3, p. 937-957, 2019.

STERNBERG, R. J. **Inteligência para o sucesso.** Rio de Janeiro: Campus, 2002.

STERNBERG, R. J. **Psicologia cognitiva.** Porto Alegre: Artmed, 2001.

STERNBERG, R. J. **Sternberg triarchic abilities test.** New York: Unpublished test, 1993.

STERNBERG, R. J. **Teaching for thinkin.** New York: Cambridge U. Press, 1996.

STERNBERG, R. J. **The triarchic mind: a new theory of human intelligence.** New York: Cambridge U. Press, 1988.

STERNBERG, R. J.; GRIGORENKO, E. L. **Dynamic testing: The nature and measurement of learning potential.** New York: Cambridge University Press, 2002.

STERNBERG, R. J. **Encyclopedia of human intelligence.** New York: Macmillan, 1994.

STERNBERG, R. J. **Practical intelligence in everyday life.** New York: Cambridge, 2000.

STERNBERG, R. J. **Psicologia cognitiva.** São Paulo: Cengage Learning, 2012.

STERNBERG, R. J.; GRIGORENKO, E. L. **Inteligência Plena: ensinando e incentivando a aprendizagem e a realização dos alunos.** Porto Alegre: Artmed, 2003.

VIVALDI, P.; KAUARK, F. S.; MOURA, P. R. G. **Construindo Atividade Experimental Problematizada (AEP) e avaliando seu nível cognitivo de aprendizagem através do software pNota no contexto do ensino fundamental.** Vila Velha: Edifes Acadêmico, 2020.

ZOLLER, U. Alternative assesment as (critical) means of facilitating HOCS-Promoting teaching and learning in Chemistry Education. **Chemistry Educations Research.** Practice Europe, Londres, v. 1, n. 2, p. 189-200, 2001.

ZOLLER, U. Are lecture and learning: are they compatible? Maybe for LOCS; unlikely for HOCS. **Jounal of Chemical Education.** Georgia. v. 3, n. 70, p. 297-300,1993.

ZOLLER, U. Science, Technology, Environment, Society (STES) Literacy for Sustainability: WhatShould it Take in Chem/ Science Education? **Educion Química,**

México, v. 24, n. 2, p. 207-214, 2013.

ZOLLER, U. Supporting 'HOCS Learning' via Students' Selfassessment of Homework Assignments and Examinations: Case Study. **Learning and Teaching in Higher Education**, Londres, v. 1, p. 116-118, 2004.