



remaa

Team-Based Learning (TBL) no ensino de educação ambiental sustentável por meio da epistemologia dos conceitos

Cláudia Barcelos Giaquinto¹

Universidade Cruzeiro do Sul

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-8589-5242>

Laura Luciane Gonçalves Formaggi²

Universidade Cruzeiro do Sul

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-2934-1500>

Rita de Cássia Frenedo³

Universidade Cruzeiro do Sul

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5005-677X>

Fabiana Aparecida Vilaça⁴

Universidade Cruzeiro do Sul

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4565-8335>

Resumo: Este artigo apresenta investigação empírica sobre a implementação da *Team-Based Learning (TBL)* no ensino de Educação Ambiental Sustentável (EAS) em turmas de Ensino Médio com Itinerário Formativo em Ciências da Natureza e suas Tecnologias, fundamentada na epistemologia dos conceitos como marco teórico integrador. A TBL constitui abordagem pedagógica dinâmica e interdisciplinar que estimula participação ativa dos alunos, promove aplicação prática de conhecimentos teóricos e desenvolve habilidades essenciais como trabalho em equipe colaborativo, pensamento crítico e responsabilidade social ambiental. A pesquisa foi realizada com cerca de 120 alunos da 1ª, 2ª e 3ª série do EMIF em Ciências da Natureza e suas Tecnologias da Etec Albert Einstein, em São Paulo/SP, durante o ano letivo de 2024, organizados em sete sequências didáticas sobre sustentabilidade, biodiversidade, gestão de resíduos, mudança climática, alimentação sustentável, energia renovável e Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Os resultados quantitativos revelaram desempenho diferenciado entre as séries: 1ª série alcançou 45% de acertos, 2ª série 75% (incremento de 30 pontos percentuais) e 3ª série 56%, demonstrando variação significativa na compreensão conceitual. Análises qualitativas, baseadas em observação participante sistemática e diários reflexivos, indicaram desenvolvimento robusto de competências colaborativas, argumentação crítica fundamentada, disposição sincera para ação

¹ Bióloga e docente do Centro Paula Souza, doutoranda em Ensino de Ciências e Matemática pela Universidade Cruzeiro do Sul (UNICSUL). E-mail: claudiagiaquinto@gmail.com

² Mestre em Ensino de Ciências pela Universidade Cruzeiro do Sul (UNICSUL). E-mail: laurag.formaggi@gmail.com

³ Ecóloga e bióloga, docente do PPGEEM – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Cruzeiro do Sul (UNICSUL). Doutora em Geociências e Meio Ambiente pela UNESP campus de Rio Claro/SP. E-mail: ritafrenedo@yahoo.com.br

⁴ Docente e doutora pelo PPGEEM – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática pela Universidade Cruzeiro do Sul (UNICSUL). E-mail: fabiana_bio@hotmail.com

ambiental transformadora e agência social genuína. A abordagem integrada promoveu construção significativa e epistemologicamente fundamentada de conceitos ambientais complexos, diferenciando-se da transmissão tradicional de conteúdos descontextualizados. A variação observada na 3ª série foi contextualizada dentro das pressões avaliativas externas (ENEM e vestibulares) que competem com a aprendizagem profunda. Concluiu-se que a integração entre TBL, EAS e epistemologia dos conceitos, em contexto de EMIF em Ciências da Natureza, potencializa a construção de conhecimentos ambientais articulados à ação coletiva transformadora, embora dependa de condições institucionais que minimizem conflitos com demandas avaliativas externas.

Palavras-chave: Aprendizagem Baseada em Equipes (TBL); Educação Ambiental Sustentável (EAS); Epistemologia de conceitos; Ensino Médio com Percurso de Formação; Trabalho em equipe colaborativo.

Team-Based Learning (TBL) en la enseñanza de la educación ambiental sostenible a través de la epistemología de conceptos

Resumen: Este artículo presenta una investigación empírica sobre la implementación del *Team-Based Learning (TBL)* en la enseñanza de la Educación Ambiental Sostenible (EAS) en clases de secundaria con especialización en Ciencias Naturales y sus Tecnologías, con base en la epistemología de conceptos como marco teórico integrador. El TBL constituye un enfoque pedagógico dinámico e interdisciplinario que estimula la participación activa de los estudiantes, promueve la aplicación práctica de los conocimientos teóricos y desarrolla habilidades esenciales como el trabajo en equipo colaborativo, el pensamiento crítico y la responsabilidad social ambiental. La investigación se realizó con aproximadamente 120 estudiantes de 1.º, 2.º y 3.º año de secundaria con especialización en Ciencias Naturales y sus Tecnologías en la Etec Albert Einstein, en São Paulo/SP, durante el año escolar 2024, ordenada en siete secuencias didácticas sobre sostenibilidad, biodiversidad, gestión de residuos, cambio climático, alimentación sostenible, energías renovables y Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Los resultados cuantitativos revelaron un desempeño diferenciado entre los niveles de grado: el 1er grado logró 45% de respuestas correctas, el 2do grado 75% (un aumento de 30 puntos porcentuales) y el 3er grado 56%, lo que demuestra una variación significativa en la comprensión conceptual. Los análisis cualitativos, basados en la observación sistemática de los participantes y los diarios reflexivos, indicaron un sólido desarrollo de habilidades de colaboración, argumentación crítica bien fundada, una disposición sincera para la acción ambiental transformadora y una agencia social genuina. El enfoque integrado promovió la construcción significativa y epistemológicamente fundamentada de conceptos ambientales complejos, diferenciándose de la transmisión tradicional de contenido descontextualizado. La variación observada en el 3er grado se contextualizó dentro de las presiones evaluativas externas (ENEM y exámenes de ingreso a la universidad) que compiten con el aprendizaje profundo. Se concluyó que la integración entre el TBL, la EAS y la epistemología de conceptos, en el contexto de la Educación Media con Itinerario Formativo en Ciencias Naturales, potencia la construcción de conocimientos ambientales articulados con la acción colectiva transformadora, aunque depende de condiciones institucionales que minimicen los conflictos con demandas evaluativas externas.

Palabras clave: *Team-Based Learning (TBL)*; Educación Ambiental Sostenible (EAS); Epistemología de conceptos; Educación Secundaria con Itinerario Formativo; Trabajo en equipo colaborativo.

Team-Based Learning (TBL) in the teaching of sustainable environmental education through the epistemology of concepts

Abstract: This article presents empirical research on the implementation of Team-Based Learning (TBL) in the teaching of Sustainable Environmental Education (SEE) in high school classes with a specialization in Natural Sciences and their Technologies, based on the epistemology of concepts as an integrating theoretical framework. TBL constitutes a dynamic and interdisciplinary pedagogical approach that stimulates active student participation, promotes the practical application of theoretical knowledge, and develops essential skills such as collaborative teamwork, critical thinking, and environmental social responsibility. The research was conducted with approximately 120 students from the 1st, 2nd, and 3rd years of high school with a specialization in Natural Sciences and their Technologies at Etec Albert Einstein, in São Paulo/SP, during the 2024 school year, organized into seven didactic sequences on sustainability, biodiversity, waste management, climate change, sustainable food, renewable energy, and Sustainable Development Goals (SDGs). Quantitative results revealed differentiated

performance among the grade levels: the 1st grade achieved 45% correct answers, the 2nd grade 75% (an increase of 30 percentage points), and the 3rd grade 56%, demonstrating significant variation in conceptual understanding. Qualitative analyses, based on systematic participant observation and reflective journals, indicated robust development of collaborative skills, well-founded critical argumentation, a sincere disposition for transformative environmental action, and genuine social agency. The integrated approach promoted the meaningful and epistemologically grounded construction of complex environmental concepts, differentiating itself from the traditional transmission of decontextualized content. The variation observed in the 3rd grade was contextualized within the external evaluative pressures (ENEM and university entrance exams) that compete with deep learning. It was concluded that the integration between Team-Based Learning, SEE, and the epistemology of concepts, in the context of High School with a Formative Itinerary in Natural Sciences, enhances the construction of environmental knowledge articulated with transformative collective action, although it depends on institutional conditions that minimize conflicts with external evaluative demands.

Keywords: Team-Based Learning (TBL); Sustainable Environmental Education (SEE); Epistemology of concepts; Secondary Education with a Formative Itinerary; Collaborative teamwork.

Introdução

A promoção de práticas inovadoras no ensino constitui imperativo fundamental para a formação de cidadãos conscientes, eticamente comprometidos e genuinamente engajados com a preservação ambiental e a sustentabilidade transformadora de suas comunidades. Neste contexto contemporâneo, caracterizado por crises ambientais aceleradas e incertezas profundas, a *Team-Based Learning (TBL)* emerge como metodologia promissora e pedagogicamente robusta no ensino de Educação Ambiental Sustentável (EAS), quando articulados intencional e sistematicamente à Epistemologia dos conceitos como fundamento teórico-filosófico integrador (Fatmi *et al.*, 2013). O desafio central da educação ambiental contemporânea não se limita à mera transmissão de conteúdos informativos sobre questões ambientais, mas envolve capacitar estudantes para compreender questões ambientais em sua complexidade multidimensional genuína, ecológica, social, econômica, política, ética e cultural, e para atuar de forma responsável, reflexiva e transformadora como agentes de mudança em suas comunidades locais e globais (Freire, 2005).

O mundo atual se encontra imerso em época caracterizada por crises ambientais aceleradas, múltiplas e interconectadas, que afetam profundamente os sistemas naturais do planeta e as sociedades humanas. As mudanças climáticas progressivas e cada vez mais evidentes alteram padrões de precipitação, temperatura e eventos climáticos extremos em escala global, gerando impactos diferenciais e frequentemente desproporcionais sobre populações vulneráveis econômica e socialmente marginalizadas. A perda acelerada de biodiversidade, estimada em taxas centenas de vezes superiores aos registros fósseis, ameaça

à integridade funcional de ecossistemas essenciais para a manutenção da vida e reduz o patrimônio genético e cultural associado a espécies ameaçadas de extinção (Artaxo, 2020). A poluição generalizada de solos, águas superficiais, oceanos e atmosfera compromete a saúde humana e a viabilidade de sistemas naturais. A gestão inadequada de resíduos sólidos e perigosos gera problemas ambientais locais e globais. As desigualdades ambientais estruturais determinam que comunidades pobres frequentemente suportam o maior peso da degradação ambiental, refletindo padrões históricos de injustiça e discriminação ambiental (Martínez-Alier, 2002). Estas questões multifacetadas e profundamente entrelaçadas exigem respostas educacionais inovadoras, robustas e transformadoras que transcendam abordagens tradicionais de transmissão de conteúdos fragmentados e descontextualizados, promovendo sistematicamente pensamento sistêmico, compreensão integrada de relações complexas, agência coletiva genuína e comprometimento sincero com transformação ambiental genuína (Gutiérrez, 1995).

A TBL proporciona abordagem pedagógica inovadora e fundamentada que estimula participação ativa, autêntica e significativa dos estudantes em seu processo de aprendizagem colaborativo e distribuído (Michaelsen; Sweet, 2008; Parmelee *et al.*, 2012). Mediante implementação estruturada e cuidadosa da TBL, os alunos investigam sistematicamente questões complexas, colaboram significativamente com pares diversos, negociam sentidos e significados, e propõem soluções fundamentadas para problemas reais relacionados à EAS, tornando a aprendizagem autenticamente significativa, vivencial, transferível e contextualizada em realidade comunitária genuína. Esta metodologia transcende a transmissão meramente expositiva de conteúdos, permitindo que estudantes vivenciem situações práticas desafiadoras que conectam integralmente teoria com realidade socioambiental concreta de suas comunidades, gerando compreensão profunda e disposição para ação ambiental genuína (Thompson *et al.*, 2007).

A epistemologia dos conceitos desempenha papel fundamental e irrenunciável neste processo educacional, ao oferecer fundamentos teórico-filosóficos para compreender rigorosamente como se constrói e reconstrói o conhecimento através da interação dinâmica entre sujeitos cognoscentes e objeto de estudo na realidade vivida. Sob essa perspectiva epistemológica robusta, os conceitos adquirem caráter dinâmico, contextualizado e

historicamente situado, proporcionando compreensão aprofundada e crítica da realidade ambiental em sua complexidade genuína (Bachelard, 1996; Mortimer, 2000). Conceitos centrais da educação ambiental, como "sustentabilidade", "biodiversidade", "justiça ambiental", "pegada ecológica", não são meramente transmitidos como definições imutáveis e memorizadas mecanicamente, mas construídos ativamente, de forma reflexiva e colaborativa pelos estudantes através de investigação sistemática, negociação de significados com pares e/ou equipes, interação crítica com evidências e reflexão orientada sobre suas implicações práticas, políticas e éticas concretas (Vergnaud, 1982; Vygotsky, 1998).

A integração proposta e intencional entre TBL, EAS e epistemologia dos conceitos emerge como alternativa pedagógica promissora e teoricamente fundamentada para educação que privilegie reflexão crítica profunda, trabalho colaborativo autêntico e comprometimento transformador (Siemens; Tittenberger, 2009). Esta tríade pedagógica integrada oferece potencial significativo para transformar práticas educativas tradicionais em experiências de aprendizagem autênticas, vivenciais, desafiadoras e transformadoras, capazes de desenvolver simultaneamente: conhecimentos conceituais ambientais profundos, estruturados e epistemologicamente fundamentados; habilidades sofisticadas do século XXI como colaboração genuína, pensamento crítico de ordem superior, comunicação clara e resolução criativa de problemas; e comprometimento sincero, refletido e sustentado com a sustentabilidade ambiental e a transformação social genuína. A pesquisa apresentada neste artigo documenta de forma sistemática a implementação desta abordagem integrada em contexto específico de EMIF CN – Ensino Médio com Itinerário Formativo em Ciências da Natureza e suas Tecnologias, fornecendo evidências empíricas sobre sua eficácia pedagógica e potencial transformador (Blumberg, 2016).

Justificativa e Objetivos

A investigação sobre a aplicação da TBL no ensino de EAS se justifica pela urgência de promover práticas educacionais transformadoras que respondam aos desafios ambientais complexos do século XXI, mudanças climáticas, perda de biodiversidade, gestão inadequada de resíduos e desigualdades ambientais estruturais (Sauvé; Berryman; Brunelle, 2007). A educação ambiental deve capacitar cidadãos para compreender questões ambientais em sua

multidimensionalidade, analisar criticamente informações e transformar suas comunidades através de ação coletiva (Sauvé; Berryman; Brunelle, 2007). O trabalho em equipes colaborativas potencializa essa aprendizagem transformadora ao permitir que estudantes vivenciem autenticamente processos de tomada de decisão coletiva e ação frente a desafios ambientais reais (Corcoran; Weakland, 2012).

À luz de perspectivas sistêmicas sobre crise e transformação civilizatória (Capra, 1996), compreende-se que a ênfase excessiva em padronização de conhecimentos e mensuração quantitativa de resultados frequentemente marginaliza oportunidades de formação cidadã crítica e ambientalmente transformadora no EMIF CN. Investigar como a TBL pode se integrar à epistemologia dos conceitos em itinerários formativos que articulam formação técnica/científica com educação geral oferece contribuição significativa para a EAS no Brasil, ao demonstrar que aprendizagem crítica coexiste com desenvolvimento robusto de competências. A escassez de estudos empíricos sobre a implementação articulada dessas três dimensões, TBL, EAS e epistemologia dos conceitos, em contextos específicos de EMIF justifica esta investigação para orientar políticas e práticas educacionais baseadas em evidências (Bacich; Holanda, 2020; Molano; Almeida, 2022).

O objetivo geral da pesquisa foi investigar de forma sistemática e rigorosa a implementação da TBL na EAS, fundamentada na epistemologia dos conceitos, para fomentar e promover cidadãos ambientalmente conscientes, criticamente engajados e ativos em transformação sustentável. Os objetivos específicos que estruturam a investigação compreendem: 1. Melhorar significativamente a compreensão dos alunos sobre conceitos ambientais complexos, suas inter-relações multidimensionais e implicações práticas; 2. Desenvolver de forma robusta a capacidade de aplicar conhecimento teórico fundamentado em desafios ambientais reais do mundo contemporâneo; 3. Promover intencional e sistematicamente ambientes colaborativos autênticos de aprendizagem que estimulem pensamento crítico genuíno, resolução criativa de problemas e agência coletiva (modelo de trabalho colaborativo); 4. Capacitar alunos para se tornarem agentes autênticos de mudança em suas comunidades por meio de proposição e implementação de práticas sustentáveis inovadoras, e 5. Identificar desafios e facilitadores da implementação de TBL em contextos de EMIF CN caracterizados por pressões avaliativas externas intensas.

Fundamentação Teórica

Team-Based Learning (TBL)

A TBL constitui abordagem pedagógica estruturada que emerge de premissa fundamental: aprendizagem significativa ocorre quando estudantes investigam ativamente questões complexas mediante colaboração genuína, negociação de significados e confrontação com desafios práticos (Parmelee *et al.*, 2012; Thompson *et al.*, 2007). Diferencia-se de abordagens transmissivas por privilegiar a centralidade no estudante, estimulando autonomia, responsabilidade coletiva e agência intelectual autêntica (Blumberg, 2016).

A metodologia se organiza em ciclo pedagógico bem definido: preparação prévia individual; avaliação individual; avaliação em equipe; *feedback* imediato, e aplicação a problema significativo. Esta sequência promove simultaneamente construção conceitual profunda, desenvolvimento de habilidades colaborativas e disposição para ação transformadora (Michaelsen; Sweet, 2008; Parmelee *et al.*, 2012; Fatmi *et al.*, 2013). Particularmente em educação ambiental, demonstra eficácia em promover compreensão conceitual profunda, integração de perspectivas disciplinares e pensamento crítico (Michaelsen; Sweet, 2008; Thompson *et al.*, 2007).

Vasconcelos; Queiroz Neto (2020) apontam que a implementação da TBL requer período de familiarização com processos colaborativos, sendo fundamental que educadores ofereçam suporte adequado para consolidação de dinâmicas autênticas. Bacich; Holanda (2020) ressaltam que a TBL integra diferentes disciplinas de forma sinérgica, contribuindo para formação de indivíduos críticos, reflexivos e capazes de lidar colaborativamente com complexidade dos sistemas do mundo real, sendo especialmente relevante em contextos de educação profissional e tecnológica.

Educação Ambiental Sustentável (EAS)

A EAS representa resposta educacional crítica e transformadora às crises ambientais contemporâneas (Sauvé; Berryman; Brunelle, 2007; Freire, 2005). Para além de conscientização superficial, a EAS capacita cidadãos para compreenderem a complexidade multidimensional de relações entre sistemas humanos e ambientais, analisarem criticamente as causas estruturais de degradação ambiental e atuarem coletivamente para transformar

práticas e políticas em direção à sustentabilidade genuína e justiça ambiental (Sauvé; Berryman; Brunelle, 2007; Corcoran; Weakland, 2012; Gutiérrez, 1995).

A EAS se fundamenta em perspectiva epistemológica crítica que reconhece conhecimento como construção socialmente situada e historicamente contextualizada (Sauvé; Berryman; Brunelle, 2007; Freire, 2005). Nesta perspectiva, a educação ambiental capacita cidadãos para compreenderem como sistemas ambientais e sociais estão interconectados e como a transformação autêntica exige mudanças estruturais que abordem justiça ambiental e questões de poder e privilégio (Freire, 2005; Corcoran; Weakland, 2012; Martínez-Alier, 2002).

A EAS também enfatiza aprendizagem vivencial contextualizada em realidade comunitária, onde estudantes investigam questões ambientais reais, significativas e pertinentes para suas vidas, desenvolvendo habilidades práticas de ação e capacidade de trabalhar colaborativamente em direção a objetivos compartilhados (Sauvé; Berryman; Brunelle, 2007; Corcoran; Weakland, 2012; Capra, 1996).

Epistemologia dos conceitos

A epistemologia dos conceitos oferece fundamento teórico para compreender como conhecimento científico se constrói através de processos históricos, socialmente situados e fundamentalmente dialógicos (Bachelard, 1996; Mortimer, 2000; Vergnaud, 1982). Diferentemente da perspectiva tradicional que concebe conceitos como entidades estáticas e universais, esta abordagem compreende conhecimento como construção humana dinâmica, contextualizada historicamente e continuamente sujeita a mudanças (Bachelard, 1996; Mortimer, 2000; Vergnaud, 1982; Vygotsky, 1998).

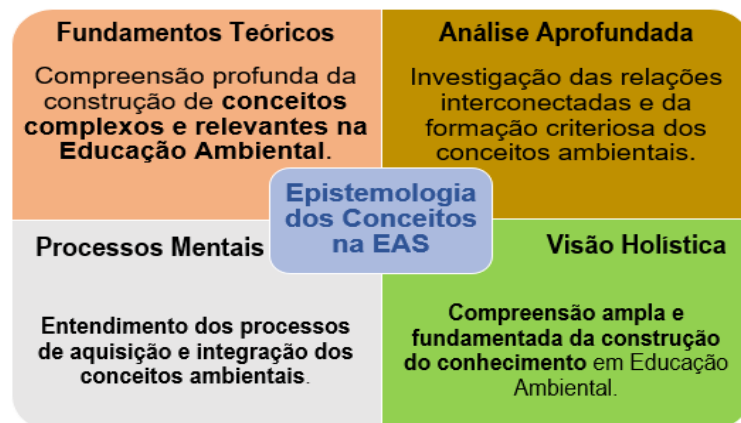
Aprendizagem de conceitos científicos não se reduz a memorização, mas exige que aprendizes vivenciem processos similares aos desenvolvidos pelas comunidades científicas: investigação autêntica, argumentação fundamentada e reconstrução progressiva de compreensões (Bachelard, 1996; Mortimer, 2000; Vergnaud, 1982; Vygotsky, 1998). Em educação ambiental, conceitos centrais como sustentabilidade, biodiversidade e justiça ambiental constituem construções complexas, historicamente desenvolvidas e intrinsecamente relacionadas a valores, políticas e relações de poder que estruturam

sociedades contemporâneas (Bachelard, 1996; Mortimer, 2000; Vergnaud, 1982; Freire, 2005).

TBL, EAS e Epistemologia dos Conceitos – Integração

Integrar TBL, EAS e epistemologia dos conceitos (Fig. 1) resulta em abordagem educativa que articula aprendizagem colaborativa estruturada (TBL) com conteúdo criticamente fundamentado (EAS) e epistemologia robusta sobre construção de conhecimento. Projetos baseados em equipes focalizadas em questões ambientais promovem não apenas aprendizado colaborativo e consciência ambiental, mas também compreensão epistemologicamente profunda que permite aos alunos internalizarem e aplicarem conceitos de maneira significativa, transformadora e transferível a contextos novos (Molano; Almeida, 2022).

Figura 1. Epistemologia dos conceitos aplicada na EAS.



Fonte: Giaquinto (2025).

Essa integração pode ser exemplificada por um projeto escolar onde os alunos investigam o impacto ambiental em sua comunidade e desenvolvem soluções sustentáveis em equipe e, ainda, refletem sobre o conhecimento adquirido e seu processo de aprendizagem em equipes (Figura 2). Tal abordagem não apenas educa, mas também prepara os alunos para serem cidadãos conscientes e ativos na construção de um futuro sustentável.

Figura 2. Integração dos conceitos.

Fonte: Giaquinto (2025).

Materiais e Métodos

À luz de perspectivas sistêmicas sobre crise e transformação civilizatória (Capra, 1996), compreende-se que a ênfase excessiva em padronização de conhecimentos e mensuração quantitativa de resultados frequentemente marginaliza oportunidades de formação cidadã crítica e ambientalmente transformadora no EMIF CN. Investigar como a TBL pode se integrar à epistemologia dos conceitos em itinerários formativos que articulam formação técnica/científica com educação geral oferece contribuição significativa para a EAS no Brasil, ao demonstrar que aprendizagem crítica coexiste com desenvolvimento robusto de competências. A escassez de estudos empíricos sobre a implementação articulada dessas três dimensões, TBL, EAS e epistemologia dos conceitos, em contextos específicos de EMIF CN justifica esta investigação para orientar políticas e práticas educacionais baseadas em evidências (Bacich; Holanda, 2020; Molano; Almeida, 2022).

A pesquisa utilizou abordagem mista (quantitativa e qualitativa) com delineamento exploratório, buscando documentar compreensivamente a implementação da TBL em EAS fundamentada na epistemologia dos conceitos ao longo do ano letivo de 2024. A intervenção consistiu na implementação de sete sequências didáticas (SD) sobre EAS, estruturadas segundo princípios pedagógicos da TBL e fundamentadas na epistemologia dos conceitos. As SD foram: (1) Sustentabilidade e Desenvolvimento Sustentável; (2) Biodiversidade e Conservação; (3) Gestão de Resíduos Sólidos; (4) Mudanças Climáticas Globais; (5) Alimentação Saudável e Sustentável, e Agroecologia; (6) Energia Renovável; (7) Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e Transformação Social.

Cada sequência didática foi implementada seguindo estrutura pedagógica da TBL: estudantes realizavam leitura prévia (preparação prévia individual); respondiam individualmente a prova objetiva (avaliação individual); realizavam a mesma prova em equipes (dois a seis estudantes), negociando as respostas (avaliação em equipe); recebiam *feedback* imediato sobre respostas e fundamentações epistemológicas (*feedback*); e aplicavam conhecimentos na resolução de problema prático, real e significativo relacionado ao tema por meio de um projeto realizado pelas equipes (aplicação). Projetos práticos foram selecionados para refletir desafios ambientais reais relevantes ao contexto comunitário, incluindo diagnóstico de resíduos na escola, análise de pegada ecológica pessoal e familiar, proposição de políticas de energia renovável, e análise crítica de sustentabilidade dos alimentos.

Múltiplos instrumentos foram utilizados para coleta compreensiva de dados quantitativos e qualitativos. Os instrumentos quantitativos incluíram questionários fechados de múltipla escolha (40 questões por sequência didática) aplicados em diferentes momentos: avaliação dos conhecimentos prévios na 1ª série (durante as explicações iniciais das aulas), avaliação contínua na 2ª série (para verificar a aprendizagem durante as aulas) e avaliação na 3ª série (para estudantes que tiveram este aprendizado na 2ª série). Além disso, foi realizado o cálculo de pegada ecológica individual no início e no fim da pesquisa através da ferramenta *Footprint Calculator* (Footprint Calculator, 2024), que permite mensuração quantitativa de impacto ambiental pessoal.

Os instrumentos qualitativos compreenderam observação participante sistemática realizada pelas três professoras pesquisadoras durante todas as aulas, registrada em notas de campo estruturadas, focalizando dinâmicas colaborativas, qualidade de argumentação, e engajamento estudantil. Cada professora pesquisadora manteve um diário reflexivo ao final de cada aula, registrando observações sobre momentos críticos, dificuldades, sucessos e interpretações emergentes. Complementarmente, foram analisados produtos de aprendizagem (relatórios escritos, respostas às questões abertas, apresentações, propostas de ação ambiental), avaliados segundo critérios de qualidade de argumentação, integração de conceitos e viabilidade de soluções.

Os dados dos questionários fechados sobre Vitaminas, Sais Minerais, Carboidratos,

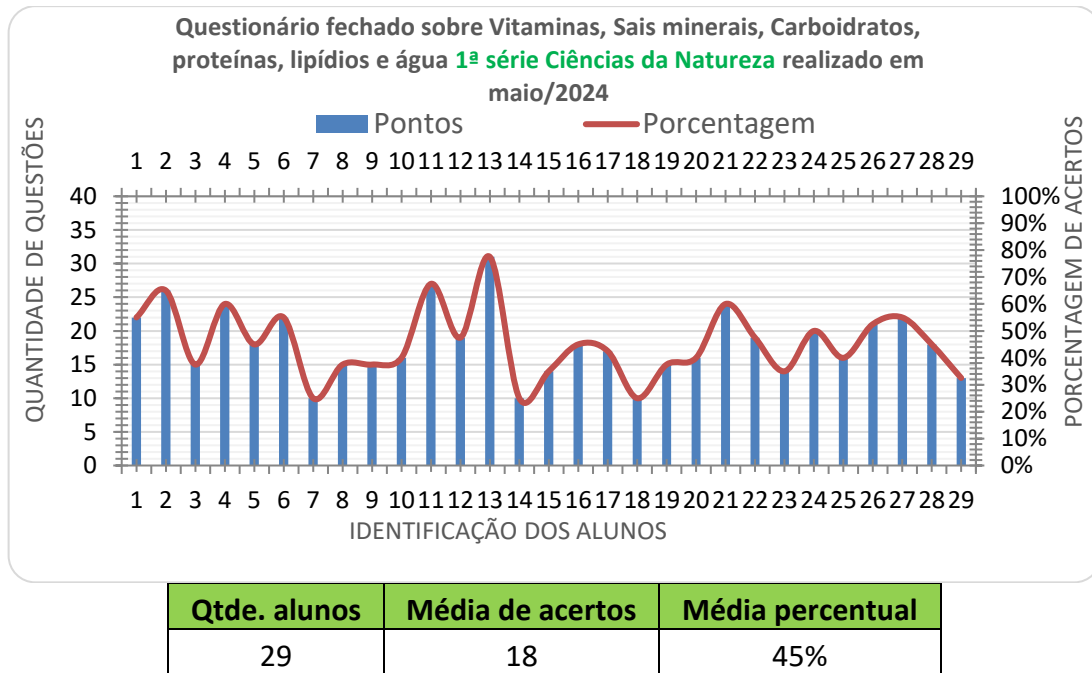
Proteínas, Lipídios e Água (SD número 5) foram tabulados em planilha eletrônica (Microsoft Excel 365, 2024) e analisados através de estatística descritiva. As respostas aos questionários fechados foram compiladas e as frequências percentuais de acertos foram calculadas para cada série. Foram calculadas as médias de acertos dos alunos em relação ao número máximo de questões propostas nesta atividade. Comparações de desempenho entre as três séries foram realizadas mediante análise descritiva dos escores obtidos. Os resultados foram representados através de gráficos para visualização e identificação de padrões de aprendizagem entre as séries.

Os dados qualitativos foram analisados através de análise temática sistemática. A codificação foi realizada através de abordagem indutiva, onde temas emergiram do texto sem categorias pré definidas. Os temas foram sistematicamente organizados focalizando: (1) qualidade de engajamento colaborativo, incluindo distribuição equitativa de participação e negociação de consenso; (2) desenvolvimento de compreensão conceitual, caracterizado por construção progressiva de conceitos e integração de múltiplas perspectivas; (3) disposição para ação ambiental, refletida em tomada de consciência sobre impactos pessoais e intenção de ação transformadora; (4) desafios e barreiras, incluindo pressões avaliativas externas e dinâmicas motivacionais.

Resultados e Discussão

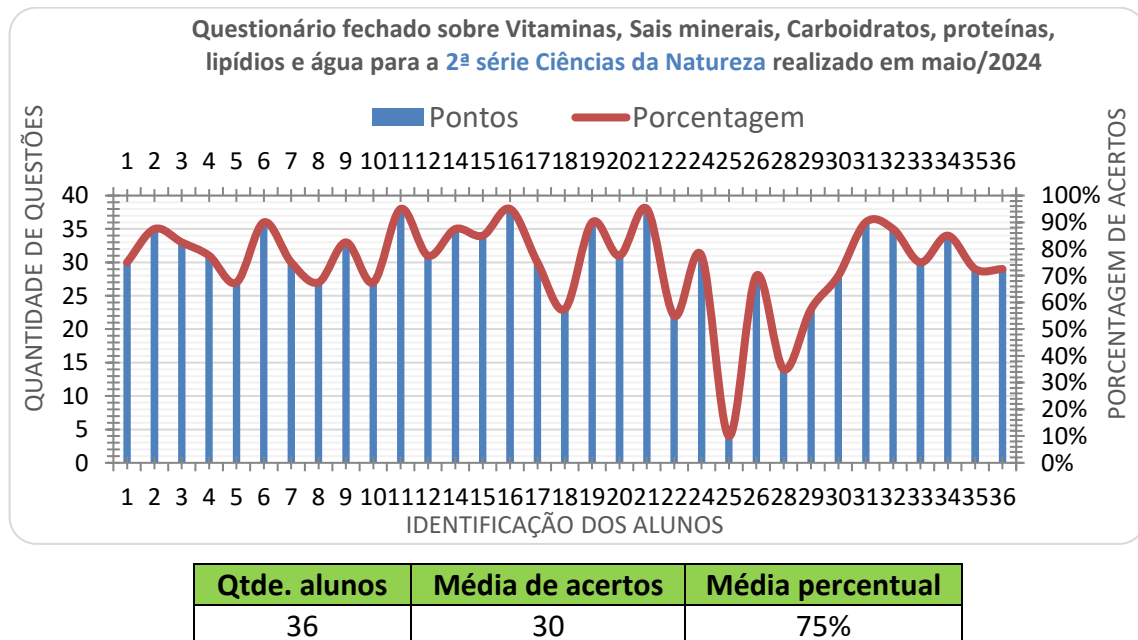
A análise descritiva dos escores de compreensão conceitual sobre EAS revelou desempenho diferenciado entre as três séries avaliadas. Na 1ª série (n=29), a frequência de acertos foi de 45% (média de 18 acertos) (Figura 3), na 2ª série (n=36), a frequência de acertos foi 75% (média de 30 acertos) (Figura IV), e na 3ª série (n=31), a frequência de acertos foi 56% (média de 22 acertos) (Figura 4).

Figura 3: Gráfico e média dos resultados do questionário fechado aplicado a 31 alunos da 1ª série para avaliar seus pré-conhecimentos a respeito de conceitos explicados durante as aulas iniciais.



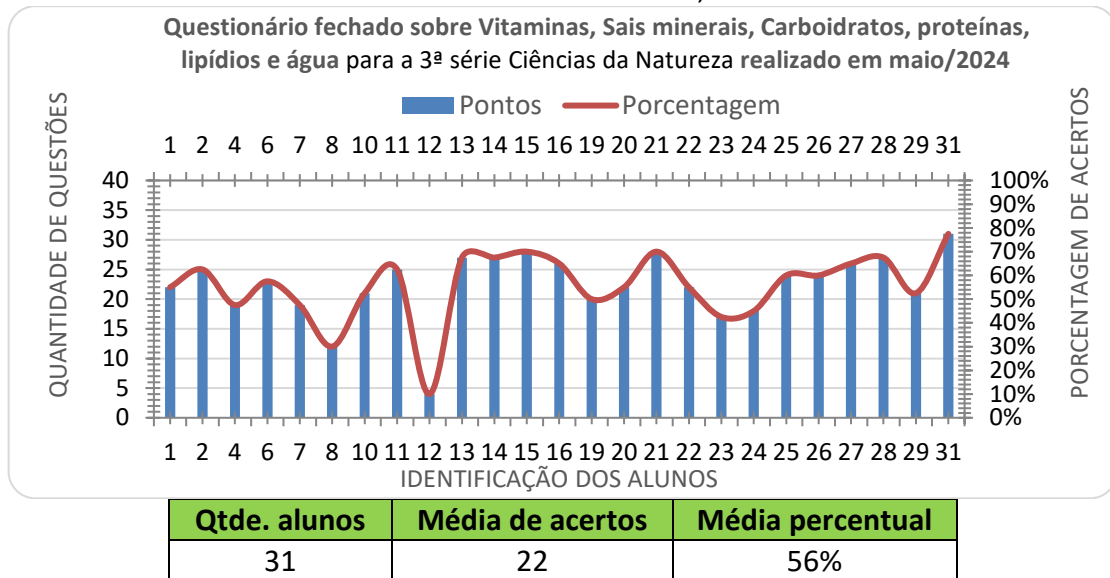
Fonte: Giaquinto (2025).

Figura 4: Gráfico e média dos resultados do questionário fechado aplicado a 36 alunos da 2ª série para avaliar seus conhecimentos a respeito destes conceitos explicados durante as aulas.



Fonte: Giaquinto (2025).

Figura 5: Gráfico e média dos resultados do questionário fechado aplicado a 31 alunos da 3ª série para avaliar seus conhecimentos a respeito destes conceitos após as explicações realizadas em aulas da 2ª série, em 2023



Fonte: Giaquinto (2025).

A comparação entre as três séries indicou que a 2ª série apresentou o desempenho mais elevado (75%), seguida pela 3ª série (56%) e 1ª série (45%). A diferença entre a série com melhor desempenho (2ª série) e a com pior desempenho (1ª série) foi de 30 pontos percentuais, enquanto a 3ª série apresentou desempenho intermediário, 11 pontos percentuais acima da 1ª série e 19 pontos percentuais abaixo da 2ª série.

Essa variação pronunciada na compreensão conceitual é pedagogicamente significativa e sugere que fatores relacionados à maturidade cognitiva, disposição colaborativa e contexto institucional influenciaram os resultados. Thompson *et al.* (2007) apontam que a responsabilidade individual prévia aos trabalhos em equipe aumenta a qualidade da colaboração posterior, o que pode explicar por que os alunos da 2ª série alcançaram desempenho superior. Nesse sentido, a estrutura da TBL, que combina avaliação individual com trabalho colaborativo, mostrou-se efetiva nessa série.

O desempenho intermediário dos alunos da 3ª série, embora 11 pontos percentuais superior ao dos alunos da 1ª série, ficou 19 pontos percentuais abaixo dos alunos da 2ª série, indicando que pressões avaliativas externas (ENEM, vestibulares) podem ter afetado o engajamento com a aprendizagem em EAS. Blumberg (2016) aponta que a eficácia de metodologias ativas como TBL depende não apenas de suas características pedagógicas

intrínsecas, mas também do contexto institucional e das condições motivacionais dos estudantes. Nesse sentido, os estudantes da 2ª série, potencialmente menos submetidos a pressões competidoras, puderam maximizar o potencial da TBL, enquanto os alunos da 3ª série enfrentaram desafios contextuais que limitaram seus ganhos relativos, conforme observado por Michaelsen; Sweet (2008).

Os alunos da 1ª série apresentaram desempenho mais baixo (45%), refletindo dificuldades iniciais em dinâmicas colaborativas autênticas. Conforme Vasconcelos; Queiroz Neto (2020), a TBL requer período de familiarização com processos colaborativos, porém com apoio pedagógico adequado e sem pressões externas, estudantes desenvolvem compreensão progressivamente mais robusta. Bacich; Holanda (2020) destacam que a TBL integra disciplinas e saberes de forma sinérgica, contribuindo para a formação de indivíduos críticos e criativos capazes de lidar com a complexidade do mundo real, particularmente quando as condições institucionais favorecem aprendizagem profunda.

O cálculo de pegada ecológica individual realizado no baseline e ao final da intervenção revelou mudanças importantes (Figura 6). Os resultados demonstram que a maioria dos alunos em todas as séries reduziu sua pegada ecológica ao final da intervenção, conforme apresentado na Tabela 1.

Figura 6. Resultados da quantidade de “planetas” utilizada por alguns alunos (A e B– 1ª Série; C e D – 2ª Série; E e F – 3ª Série).



Fonte: Giaquinto (2025).

Tabela 1: Redução da pegada ecológica individual na maioria dos alunos por série.

Série	Total de alunos (n)	Alunos com redução (n)	Frequência	Redução média
1ª	29	19	65,5%	10,9%
2ª	36	26	72,2%	22,0%
3ª	31	17	54,8%	6,6%

Fonte: Os autores com base em dados da pesquisa (2025).

A análise temática sistemática dos diários reflexivos, observações participantes e questionários abertos revelou como a TBL facilitou desenvolvimento de competências colaborativas autênticas, compreensão conceitual epistemologicamente fundamentada e disposição genuína para ação ambiental transformadora (Vasconcelos; Queiroz Neto, 2020).

Inicialmente, as equipes apresentavam assimetrias pronunciadas em participação. Conforme os estudantes se familiarizaram com a sequência estruturada da TBL (avaliação individual, em equipe e *feedback* imediato), as dinâmicas se tornaram progressivamente equilibradas e respeitadas (Michaelsen; Sweet, 2008; Parmelee *et al.*, 2012). A professora X observou que a responsabilidade individual obrigatória foi crucial: *"Quando cada aluno responde individualmente primeiro, eles não podem se esconder no grupo. Depois, todos têm algo a oferecer porque todos pensaram sozinhos antes"*. Este achado se alinha com evidências de Thompson *et al.* (2007) sobre o papel da avaliação individual em garantir participação autêntica e evitar que alguns alunos se beneficiem do esforço alheio.

A análise comparativa de respostas individuais *versus* em equipe revelou padrão importante: respostas individuais eram superficiais e memorizadas, enquanto respostas em equipe eram sofisticadas e epistemologicamente fundamentadas (Bachelard, 1996; Mortimer, 2000; Vergnaud, 1982; Vygotsky, 1998). Definições de "sustentabilidade" evoluíram de conceitos simplistas para compreensões que integravam dimensões econômicas, políticas e de justiça social. Durante as discussões, estudantes desafiavam interpretações superficiais, negociando significados. O estudante Y comentou: *"No começo a gente só queria a resposta certa rápido. Mas depois entendeu que o problema ambiental é complexo demais para ter uma só resposta, a gente precisa pensar junto"*.

A análise de produtos de aprendizagem revelou evolução significativa ao longo das

SD, com propostas iniciais simplistas evoluindo para análises que integravam perspectivas multidimensionais dos problemas ambientais (Fatmi *et al.*, 2013; Blumberg, 2016). Estudantes reconheceram que soluções genuínas exigem integração entre práticas sustentáveis e reflexão crítica sobre estruturas que limitam transformação, alinhando-se aos princípios da EAS fundamentada criticamente (Sauvé; Berryman; Brunelle, 2007; Freire, 2005).

O resultado mais relevante foi o desenvolvimento de uma agência ambiental genuína. Estudantes compreenderam que a transformação ambiental requer mudanças políticas e sociais além de comportamentos individuais (Freire, 2005). A estudante Z expressou: *"Eu sempre soube que a gente deveria reciclar e tal. Mas agora eu entendo o porquê: porque o planeta não aguenta mais. E eu entendo que reciclagem sozinha não resolve, a gente precisa de mudanças maiores, de políticas, de sistema mesmo"*.

A variabilidade entre séries refletiu o contexto institucional, não inadequação pedagógica da TBL (Blumberg, 2016). Alunos da 1ª série enfrentaram desafios iniciais de confiança e organização, mas desenvolveram engajamento progressivo. Alunos da 2ª série, com maturidade cognitiva maior e menor pressão avaliativa externa, apresentaram ganhos máximos (Bacich; Holanda, 2020; Vasconcelos; Queiroz Neto, 2020), enquanto alunos da 3ª série, embora cognitivamente sofisticados, foram impactados por pressões do ENEM e vestibulares.

A TBL integrada à EAS e fundamentada em epistemologia dos conceitos gerou impacto mensurável: 1ª série 45%, 2ª série 75% e 3ª série 56% de acertos (Molano; Almeida, 2022). A análise qualitativa indicou desenvolvimento de engajamento colaborativo autêntico, com transição de dinâmicas inicialmente assimétricas para colaboração caracterizada por respeito e negociação de significados (Michaelsen; Sweet, 2008). Registros também documentaram manifestações de agência transformadora, com estudantes compreendendo que mudança ambiental real transcende ações individuais (Thompson *et al.*, 2007; Freire, 2005).

Esses achados ressaltam que a eficácia de metodologias inovadoras depende não apenas de características intrínsecas, mas também do contexto institucional em que são implementadas (Blumberg, 2016).

Conclusão

O estudo investigou a implementação da TBL na EAS, fundamentada na epistemologia dos conceitos, visando fomentar cidadãos ambientalmente conscientes e criticamente engajados na transformação sustentável. Os resultados evidenciam que a abordagem integrada contribuiu significativamente para o alcance dos objetivos propostos.

A integração entre TBL, EAS e epistemologia dos conceitos se revelou uma abordagem pedagógica potente para o ensino em escolas que oferecem EMIF em Ciências da Natureza. Os estudantes desenvolveram compreensão epistemologicamente estruturada de conceitos ambientais, aplicando conhecimento teórico a desafios reais e transitando de dinâmicas colaborativas assimétricas para colaboração genuína. Particularmente, demonstraram agência ambiental transformadora ao compreender que mudança transcende os comportamentos individuais, exigindo engajamento com dimensões políticas e sociais. Contudo, a variabilidade de desempenho entre séries (1ª: 45%, 2ª: 75%, 3ª: 56%) evidenciou desalinhamento estrutural entre objetivos da aprendizagem transformadora e pressões avaliativas externas (ENEM, vestibulares).

Conclui-se que o sucesso dessa abordagem depende do alinhamento institucional que reconheça EAS como eixo formativo central. Recomenda-se: implementar continuamente TBL em EAS; posicionar sustentabilidade e justiça ambiental como eixos centrais; investigar dinâmicas entre inovações pedagógicas e estruturas avaliativas externas; e ampliar pesquisas sobre metodologias ativas em educação média integrada.

Referências

- ARTAXO, Paulo. As três emergências que nossa sociedade enfrenta: saúde, biodiversidade e mudanças climáticas. **Estudos Avançados**, v. 34, n. 100, p. 53–66, set. 2020.
- BACHELARD, Gaston. **A formação do espírito científico**. Tradução: Estela dos Santos Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.
- BACICH, Lilian; HOLANDA, Leandro (org.). **STEAM em sala de aula: a aprendizagem baseada em projetos integrando conhecimentos na educação básica**. Porto Alegre: Penso, 2020.
- BLUMBERG, Phyllis. Team-based learning. **Journal of Excellence in College Teaching**, v. 27, n. 3, p. 23-45, 2016.

BOGDAN, Robert Charles; BIKLEN, Sari Knopp. **Qualitative research for education: an introduction to theories and methods**. 5. ed. Boston: Pearson, 2007.

CAPRA, Fritjof. **A teia da vida: uma nova compreensão científica dos sistemas vivos**. Tradução: Newton Roberval Eicheberg. São Paulo: Cultrix, 1996.

CORCORAN, Peter Blaze; WEAKLAND, Joseph P. **Environmental education policy: action research and teacher development**. New York: Routledge, 2012.

FATMI, Mim K.; HARTLING, Lisa; HILLIER, Tracey; CAMPBELL, Sandra; OSWALD, Anna E. The effectiveness of team-based learning on learning outcomes in health professions education: A BEME systematic review. **Medical Teacher**, v. 35, n. 12, p. e1608-e1624, 2013. DOI: <https://doi.org/10.3109/0142159X.2013.849802>.

FOOTPRINT CALCULATOR. **Calculadora de Pegada Ecológica**. Disponível em: <https://www.footprintcalculator.org/home/pt>. Acesso em: 11 nov. 2024.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do oprimido**. 50. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2005.

GUTIÉRREZ, Francisco. **Educación como praxis política**. 2. ed. México: Siglo XXI, 1995.

MARTÍNEZ-ALIER, Joan. **The environmentalism of the poor: a study of ecological conflicts and valuation**. London: Zed Books, 2002.

MICHAELSEN, Larry K.; SWEET, Michael. The essential elements of team-based learning. **New Directions for Teaching and Learning**, n. 116, p. 7-27, 2008.

MICROSOFT. Excel 365. Software de planilha eletrônica. Disponível em: <https://www.microsoft.com/pt-br/microsoft-365/excel>. Acesso em: 21 nov. 2024.

MOLANO, Javier Giovanni Sánchez; ALMEIDA, Rosiléia Oliveira de. Tecituras ambientais: inspirações epistemológicas e axiológicas para educações insurgentes. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências** (Belo Horizonte), v. 24, p. e38389, 2022.

MORTIMER, Eduardo Fleury. **Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciências**. Belo Horizonte: Autêntica, 2000.

PARMELEE, Dean X.; MICHAELSEN, Larry K.; COOK, Sandy; HUDES, Patricia. D.. Team-based learning: a practical guide: AMEE Guide No. 65. **Medical Teacher**, 34(5), e275–e287. <https://doi.org/10.3109/0142159X.2012.651179>.

SAUVÉ, Lucie; BERRYMAN, Tom; BRUNELLE, Renée. Three decades of research on environmental education: a bibliometric analysis. **Environmental Education Research**, v. 13, n. 4, p. 427-457, 2007.

SIEMENS, George; TITTENBERGER, Peter. **Handbook of emerging technologies for learning**. Winnipeg: University of Manitoba, 2009.

THOMPSON, Britta M.; SCHNEIDER, Virginia F.; HAIDET, Paul; LEVINE, Ruth E., MCMAHON, Kathryn K., PERKOWSKI, Linda C.; RICHARDS, Boyd F. Team-based learning at ten medical schools: results of a survey. **Medical Teacher**, v. 29, n. 2-3, p. 253-259, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2929.2006.02684.x>.

VASCONCELOS, Juliana Sales; QUEIROZ NETO, José Pinheiro. **Manual para aplicação da metodologia aprendizagem baseada em projetos de maneira interdisciplinar**. 2020. 50 f. Produto educacional (Mestrado Profissional em Educação Profissional e Tecnológica) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, Campus Manaus Centro, Manaus, 2020.

VERGNAUD, Gérard. A classification of cognitive tasks and operations of thought involved in addition and subtraction problems. In: CARPENTER, Thomas P.; MOSER, James M.; ROMBERG, Thomas A. (ed.). **Addition and subtraction: a cognitive perspective**. Hillsdale: Lawrence Erlbaum, 1982. p. 60-69.

VYGOTSKY, Lev Semyonovitch. **A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores**. 6. ed. Tradução: José Cipolla Neto, *et al.* São Paulo: Martins Fontes, 1998.

Submetido em: 09-01-2025

Publicado em: 10-04-2026