CC BY

Submissão: 15|01|2026
Aprovação: 18|05|2026

ENSAIO • Pesquisa em Educação em Ciências | 2026 | v28: e63874
DOI | http://dx.doi.org/10.1590/1983-2117-63874

ARTIGO

Da pluralidade conceitual ao consenso escolar: circulação e estabilização do conceito de "Vida" à luz da epistemologia de Fleck

Marllon Moreti de Souza Rosa [1] [2]
https://orcid.org/0000-0002-1008-8013

Wellington Donizet Ferreira [3]
https://orcid.org/0000-0003-2357-5547

RESUMO:

Este artigo examina a definição de vida como problema plural na biologia e como conteúdo estabilizado no ensino de biologia. À luz da epistemologia de Fleck, entendemos definições como fatos científicos situados em coletivos e em estilos de pensamento, e descrevemos o tráfego entre círculos esotéricos e exotéricos. Reconstruímos cinco estilos que sustentam caracterizações canônicas de vida: evolutivo-histórico, físico-químico, sistêmico-organizacional, termodinâmico da auto-organização e complexidade e metateórico-operacional. Argumentamos que a pluralidade é operacional no esotérico, mas tende a ser apagada na circulação por simplificação, seleção e reordenação, produzindo consenso didático e enunciados apodíticos. Por fim, indicamos implicações para ensino e formação docente: explicitar limites das listas, reintroduzir história e controvérsias controladas e usar casos-limite para ensinar vida como conceito controverso e fértil para questões sociocientíficas. O estudo é teórico-epistemológico, baseado em sistematização de literatura canônica e educacional, sem pretensão de exaustividade empírica neste recorte analítico.

Palavras-chave:
Epistemologia de Fleck;
Controvérsias Científicas;
Conceito de Vida

De la pluralidad conceptual al consenso escolar: circulación y estabilización del concepto de «vida» a la luz de la epistemología de Fleck

RESUMEN:

Este trabajo examina la definición de vida como problema plural en biología y como contenido estabilizado en la enseñanza de la biología. A la luz de la epistemología de Fleck, entendemos las definiciones como hechos científicos situados en colectivos y estilos de pensamiento, y describimos el tráfico entre círculos esotéricos y exotéricos. Reconstruimos cinco estilos que sustentan las caracterizaciones canónicas de la vida: evolutivo-histórico, físico-químico, sistémico-organizacional, termodinámico de la autoorganización y la complejidad, y metateórico-operacional. Argumentamos que la pluralidad es operativa en lo esotérico, pero tiende a desaparecer en la circulación por simplificación, selección y reordenación, produciendo consenso didáctico y enunciados apodícticos. Por último, indicamos implicaciones para la enseñanza y la formación docente: explicitar los límites de las listas, reintroducir la historia y las controversias controladas, y utilizar casos límite para enseñar la vida como un concepto controvertido y fértil para cuestiones sociocientíficas. El estudio es

Palabras-clave:
Epistemología de Fleck;
Controversias científicas;
Concepto de vida

[1] Universidade Estadual de Londrina, Londrina, Paraná, Brasil
[2] Europa-Universität Flensburg, Flensburg, Schleswig-Holstein, Alemanha.
[3] Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, Guanambi, Bahia, Brasil.

teórico-epistemológico, basado en la sistematización de la literatura canónica y educativa, sin pretensión de exhaustividad empírica en este recorte analítico.

From conceptual plurality to school consensus: circulation and stabilization of the concept of “Life” in light of Fleck’s epistemology

ABSTRACT:

This paper examines the definition of life as a plural problem in biology and as stabilized content in biology teaching. In light of Fleck's epistemology, we understand definitions as scientific facts situated in collectives and styles of thinking, and describe the traffic between esoteric and exoteric circles. We reconstruct five styles that underpin canonical characterizations of life: evolutionary-historical, physical-chemical, systemic-organizational, thermodynamic self-organization and complexity, and metatheoretical-operational. We argue that plurality is operational in the esoteric, but tends to be erased in circulation through simplification, selection, and reordering, producing didactic consensus and apodictic statements. Finally, we indicate implications for teaching and teacher training: making the limits of lists explicit, reintroducing history and controlled controversies, and using borderline cases to teach life as a controversial and fertile concept for socio-scientific questions. The study is theoretical-epistemological, based on the systematization of canonical and educational literature, without claiming empirical exhaustiveness in this analytical section.

Key words:
Fleck's epistemology;
Scientific controversies;
Concept of life

INTRODUÇÃO

A definição de vida é um problema perene nas ciências biológicas. Por um lado, parece atravessar diferentes tradições de pesquisa, da biologia evolutiva à biologia molecular, das abordagens sistêmicas às formulações termodinâmicas e aos debates em astrobiologia (Bich & Green, 2018). Por outro lado, quando observamos textos de referência e sínteses canônicas, percebemos que “vida” raramente comparece como um conceito unívoco.

Em vez disso, a literatura especializada mobiliza definições e caracterizações heterogêneas, vinculadas a problemas distintos: vida como história populacional e reprodução diferencial (Kuzawa, 2007); vida como ordem e estabilidade físico-química (Atkins et al., 2023); vida como organização autopoiética (Meincke, 2019); vida como sistema longe do equilíbrio (Gecow, 2025); vida como alvo de uma definição universal para fins de busca e detecção (Benner, 2010). Essa pluralidade expressa compromissos ontológicos, epistemológicos e metodológicos diferentes, próprios de coletivos científicos específicos e de seus estilos de pensamento (Fleck, 2010).

Entretanto, quando pensamos no Ensino de Biologia, o cenário muda. A literatura educacional e a análise de materiais didáticos indicam uma tendência recorrente, em que a vida aparece frequentemente como um conceito relativamente pacificado, apresentado na forma de lista de critérios, definições de manual e explicações estabilizadas, com pouca problematização histórica ou epistemológica, como ressalta Ferraro (2009; 2019). O que, no âmbito especializado, se mantém como questão disputada, no espaço escolar, tende a ser convertido em conteúdo neutro e consensual. O contraste entre esses dois regimes (pluralidade conceitual no círculo esotérico científico e estabilidade didática no exotérico escolar) constitui o ponto de partida deste artigo. O termo “consenso” é utilizado neste trabalho em sentido descritivo, para indicar estabilidade didática resultante da circulação do conhecimento, e não como julgamento epistemológico sobre correção ou completude conceitual.

Sustentamos que esse desvio, entre a porção esotérica do círculo científico e a exotérica escolar, não deve ser compreendido como falha pedagógica, simplificação ingênua ou déficit de formação docente. Propomos, ao contrário, que ela possa ser interpretada como efeito estrutural da circulação do conhecimento. Para desenvolver essa hipótese, mobilizamos a epistemologia de Ludwik Fleck (2010), particularmente os

conceitos de Coletivo de Pensamento, Estilo de Pensamento e Tráfego de Pensamento entre círculos esotéricos e exotéricos.

Para Fleck (2010), definições científicas não são apenas respostas corretas a perguntas; elas são fatos científicos estabilizados em comunidades científicas específicas, cuja coerência se sustenta por problemas, instrumentos, linguagens e critérios de validade compartilhados. Quando esses fatos circulam para outros contextos, como o ensino, a divulgação e os materiais escolares, eles tendem a ser recontextualizados, perdendo parte das controvérsias e tensões que lhes deram origem, ao mesmo tempo em que ganham estabilidade e aparência de neutralidade (Fleck, 2010).

Diante do exposto, este artigo apresenta como objetivo reconstruir, em chave comparativa, um conjunto de definições e caracterizações de vida presentes em obras canônicas da biologia e da filosofia da biologia, entendendo-as como expressões de diferentes estilos de pensamento. Além disso, buscamos interpretar, à luz da epistemologia de Fleck, como e por que essas tensões conceituais tendem a se atenuar quando "vida" circula para o espaço do ensino, em que o conceito frequentemente assume a forma de definição básica e aparentemente consensual.

Embora outras epistemologias, como Kuhn ou Lakatos, possam ser mobilizadas para analisar dinâmicas de controvérsia e mudança científica, como, por exemplo, nas discussões desenvolvidas por Silva e Laburú (2010) e Cunha et al. (2025), a escolha por Fleck se justifica porque seus conceitos de tráfego de pensamento, coletivos de pensamento e estilos de pensamento, permitem analisar não apenas a produção do conhecimento, mas sua reconfiguração no ensino e em gêneros de circulação do círculo exotérico (manuais, livros didáticos e divulgação científica).

A partir disso, nos orientamos pelas seguintes questões de pesquisa: (i) Quais estilos de pensamento sustentam as principais definições canônicas de vida na literatura biológica? (ii) Como Fleck permite explicar a passagem de controvérsia (círculo esotérico) a consenso didático (círculo exotérico) no caso do conceito de vida? (iii) Como a discussão desenvolvida pode contribuir enquanto elemento para a discussão de questões sociocientíficas no Ensino de Biologia?

Embora a epistemologia de Fleck já tenha sido mobilizada em diversas pesquisas em Educação em Ciências (Lorenzetti, Muenchen & Slongo, 2013; Santos, 2017; Fioresi & Silva, 2022) e embora existam estudos que discutem o conceito de vida em materiais didáticos e na formação docente (Ferraro, 2009; 2019), ainda é pouco explorada uma articulação entre a pluralidade de estilos presentes na literatura biológica e a manualização que favorecem estabilizações escolares, e implicações didáticas que operem como casos-limite e decisões públicas, em diálogo com abordagens de questões sócio-científicas.

Nesse sentido, este artigo oferece contribuições ao propor uma tipologia de cinco estilos de pensamento aplicada ao conceito de vida, tratando obras de referência como documentos epistemológicos, ao explicitar um mecanismo fleckiano de estabilização associado à passagem entre gêneros de circulação e ao oferecer uma ponte para questões sociocientíficas por meio de casos-limite e de como diferentes definições implicam critérios de evidência e decisões práticas.

Embora a discussão desenvolvida mobilize literatura especializada em filosofia da biologia e epistemologia da ciência, o objetivo do artigo não é exigir que professores ou formadores dominem todos os debates teóricos envolvidos, mas tornar visível como diferentes critérios de definição de vida implicam decisões conceituais distintas e produzem efeitos na forma como o conhecimento circula e se estabiliza no ensino.

É importante reconhecer que este artigo não é o primeiro a identificar estilos de pensamento associados ao conceito de vida. Bertoni (2012), em sua tese de doutorado, analisou a construção do fato científico "vida" a partir da epistemologia de Fleck e identificou quatro estilos de pensamento biológico: Estilo de Pensamento Biológico Descritivo, Estilo de Pensamento Biológico Mecanicista, Estilo de Pensamento Biológico Evolutivo e Estilo de Pensamento Biológico da Manipulação Genética.

O presente artigo considera esse antecedente, mas avança em três direções: (i) amplia o recorte para incluir estilos mais recentemente consolidados na literatura (termodinâmico da auto-organização e

complexidade e metateórico-operacional); (ii) explicita, para cada estilo, os operadores analíticos fleckianos (problema central, critérios de validade, léxico, autoevidências); (iii) conecta a pluralidade estilística ao fenômeno da estabilização didática, analisando o tráfego entre círculos esotérico e exotérico como mecanismo de produção do consenso escolar. Dessa maneira, o artigo oferece uma contribuição ao articular tipologia, análise fleckiana da circulação e implicações para o ensino de biologia.

Convém delimitar o estatuto do presente estudo. Este é um artigo teórico-epistemológico, baseado em análise e sistematização de literatura, e não um trabalho empírico e exaustivo de levantamento primário em campo ou de avaliação de materiais didáticos. As obras mobilizadas são tratadas como documentos epistemológicos, ou seja, como sínteses de problemas, critérios de validade e compromissos conceituais que caracterizam estilos de pensamento distintos, ao passo que a literatura educacional é acionada para descrever como hipótese interpretativa um padrão de estabilização do conceito de vida já reconhecido em estudos sobre ensino e livros didáticos. Assim, quando nos referimos ao ensino e aos materiais didáticos, operamos por síntese de literatura secundária, e não como diagnóstico exaustivo dos materiais didáticos contemporâneos.

A estrutura do artigo acompanha esse movimento: (i) apresentamos o referencial de Fleck e seus conceitos centrais; (ii) reconstruímos definições canônicas de vida e seus estilos de pensamento; (iii) discutimos a apresentação estabilizada do conceito no ensino de biologia; (iv) desenvolvemos a interpretação fleckiana da circulação e da atenuação de controvérsias na passagem do esotérico ao exotérico; (v) apontamos implicações para o Ensino de Biologia, propondo o conceito de vida como ponto privilegiado para problematizações histórico-epistemológicas e para a discussão de questões sociocientíficas na formação e prática docente.

ESTILOS, COLETIVOS E TRÁFEGO DE PENSAMENTO

Para fins analíticos, adotamos um recorte dos conceitos fleckianos, seguindo a sistematização proposta por Takahashi (2018), limitando-nos aos elementos estritamente necessários ao objetivo deste artigo: estilos de pensamento, coletivos de pensamento e tráfego de pensamento.

De acordo com Fleck (2010), o conhecimento científico é constituído a partir de algumas premissas básicas. A primeira delas é o que o autor chama de estilos de pensamento, designados como modos historicamente situados de perceber, formular problemas, aceitar evidências e produzir explicações dentro de uma área. Um estilo de pensamento envolve um conjunto de problemas considerados relevantes, um conjunto de critérios de validade (métodos, linguagens, instrumentos e modelos) e um conjunto de noções que se tornam autoevidentes para os participantes desse domínio (Fleck, 2010).

Portanto, um mesmo fenômeno pode ser percebido, investigado e explicado de formas diferentes a depender do estilo de pensamento em questão. Por exemplo, o fenômeno da vida pode ser compreendido sob a perspectiva evolutiva, molecular, termodinâmica, etc.; e cada uma dessas perspectivas possui um conjunto de problemas considerados relevantes, critérios de validade e pressupostos autoevidentes.

O coletivo de pensamento é a comunidade que compartilha e sustenta um estilo de pensamento por meio de práticas, formação, textos e instituições. Para Fleck (2010), não há conhecimento puro produzido por um sujeito isolado; o conhecimento se constitui em uma relação triádica entre sujeito, objeto e estado do saber, isto é, um repertório histórico-cultural de conceitos, métodos e valores que torna certas perguntas e respostas possíveis.

Dentro de um coletivo de pensamento, Fleck (2010) distingue a existência de círculos esotéricos (núcleo especializado, onde a produção e a disputa conceitual são mais intensas – pesquisa, debate, controvérsia e refinamento de conceitos são desenvolvidos) e círculos exotéricos (camadas mais amplas de participação, onde o conhecimento circula sob formas mais estabilizadas – manuais, ensino, divulgação, jornalismo, etc.). Essa distinção permite descrever por que a vida pode ser plural e disputada no círculo esotérico, mas, ao mesmo tempo, aparecer como conceito relativamente consensual no círculo exotérico.

As ideias construídas e mobilizadas pelos coletivos são dinâmicas, ou seja, circulam e se transformam ao transitar entre pessoas, textos, níveis de iniciação e coletivos. Fleck (2010) destaca que durante o trajeto de

circulação, o conteúdo tende a ser lapidado, simplificado, reordenado e, muitas vezes, despojado de controvérsias. Do ponto de vista analítico, distinguimos dois movimentos: (i) tráfego intracoletivo, em que ocorre circulação interna que tende a reforçar o próprio estilo (produção de consenso local, consolidação de termos e problemas); (ii) tráfego intercoletivo, em que ocorre circulação entre coletivos que tende a produzir deslocamentos de sentidos, traduções e recontextualizações. É nesse segundo movimento que se torna inteligível a passagem de vida como problema plural para uma definição consensual escolar. Essa leitura ganha sustentação em modelos que articulam Fleck com a noção de circulação e textualização, destacando funções epistemológicas distintas para diferentes tipos de texto no trânsito entre círculos e coletivos (Fioresi & Silva, 2022).

Fleck (2010) também descreve níveis de produção e difusão do conhecimento científico, que podem ser entendidos como gêneros de circulação. Essa leitura de "níveis" como formas textuais com papel epistemológico é explorada em detalhe por Fioresi e Silva (2022), que tratam periódicos, manuais, livros didáticos e textualizações populares como peças constitutivas da circulação do conhecimento. A ciência mais fluida e provisória associada ao núcleo de produção (ciência dos periódicos) tende, ao se consolidar, a ser reexpressa em formas mais apodíticas e estáveis (manuais, livros didáticos e divulgação). Para este artigo, essa passagem é central, pois a escolarização de um conceito não deve ser tomada automaticamente como erro pedagógico, já que muitas vezes, trata-se de um efeito típico da circulação, no qual controvérsias são atenuadas para fins de ensino, síntese e comunicabilidade. Isso, porém, não exclui a possibilidade de erro quando a recontextualização escolar desloca o estatuto epistemológico do conteúdo, por exemplo, ao apresentar como "teoria científica" proposições que não são reconhecidas como tal no círculo esotérico (como ocorre em tentativas de incluir o criacionismo no currículo de Ciências e Biologia ao tratar de "teorias sobre a origem da vida").

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este é um estudo de natureza teórico-epistemológica, de caráter reconstrutivo e comparativo, orientado pela epistemologia de Fleck (2010). Para a constituição do *corpus*, foram selecionadas obras da biologia, da filosofia da biologia e de estudos sobre vida, priorizando textos que possuem relevância histórica e circulação reconhecida no debate sobre o conceito de vida, que explicitam compromissos conceituais e metodológicos e que representam diferentes programas de pesquisa. A Tabela 1 sintetiza o *corpus* e os critérios de inclusão:

Tabela 1 – *Corpus* de obras analisadas e critérios de seleção.

Autor(es)	**Obra (ano)**	**Tradição**
Dobzhansky (1973)	*Nothing in Biology Makes Sense Except in the Light of Evolution*	Evolutivo
Mayr (1982)	*The Growth of Biological Thought*	Evolutivo
Schrödinger (1959)	*What is Life?*	Físico-química
Monod (1970)	*Le hasard et la nécessité*	Molecular
Maturana & Varela (1980)	*Autopoiesis and Cognition*	Sistêmico-organizacional
Capra (1996)	*The Web of Life*	Sistêmico
Prigogine & Stengers (1984)	*Order out of Chaos*	Termodinâmica
Cleland (2020)	*The Quest for a Universal Theory of Life*	Metateórico-operacional

A análise de cada obra seguiu um protocolo baseado na epistemologia de Fleck, identificando:

- Problema central: que pergunta sobre a vida o texto procura responder?
- Critérios de validade: que tipo de evidência, método, linguagem ou modelo é privilegiado?
- Léxico estabilizador: quais termos organizam a inteligibilidade do fenômeno (ex.: seleção, informação, autopoiese, dissipação)?

- Autoevidências: quais pressupostos operam como inquestionáveis dentro do estilo?
- Forma de tornar a vida inteligível: o estilo explica por narrativa, por mecanismo, por organização, por fluxo ou por crítica epistemológica?

Realizamos a leitura aprofundada de cada obra, identificando passagens representativas dos cinco elementos acima. Em seguida, procedemos à comparação entre obras, agrupando aquelas que compartilhavam orientações centrais (problemas e critérios de validade semelhantes) em famílias estilísticas. O agrupamento resultou na proposição de cinco estilos de pensamento, cientes de que as fronteiras não são rígidas e de que uma mesma obra pode dialogar com mais de um estilo. A Tabela 2 (apresentada na síntese comparativa) organiza os contrastes entre os estilos a partir dos operadores analíticos.

Os cinco estilos não esgotam toda a bibliografia disponível sobre o conceito de vida, mas constituem um recorte analítico suficiente para os objetivos do artigo: demonstrar a pluralidade conceitual no círculo esotérico e analisar sua atenuação na circulação para o ensino.

VIDA COMO PROBLEMA CIENTÍFICO: ESTILOS DE PENSAMENTO NA BIOLOGIA

A partir da epistemologia de Fleck (2010), não buscamos "a" definição correta de vida, mas rastreamos como diferentes coletivos de pensamento estabilizam fatos e critérios de inteligibilidade por meio de estilos de pensamento. Por isso, tratamos algumas obras como documentos epistemológicos, não por representarem exaustivamente seus campos, mas por funcionarem como sínteses influentes que articulam problemas, léxicos e critérios de validade, com forte poder de circulação e manualização.

Como mencionamos na introdução, Bertoni (2012) identificou quatro estilos de pensamento sobre a vida em sua análise. Nesse sentido, o presente artigo reinscreve-se nessa perspectiva de pesquisas fleckianas sobre o conceito de vida. Diferentemente de Bertoni (2012), que centrou sua análise na identificação dos estilos presentes em materiais de circulação mais ampla, nosso foco recai sobre o contraste entre a pluralidade estilística na literatura esotérica e o processo de estabilização didática, no círculo exotérico. Além disso, ampliamos o repertório com dois estilos mais recentes (termodinâmico e metateórico-operacional) e explicitamos, para cada estilo, os operadores analíticos fleckianos, conforme o protocolo descrito em *Procedimentos Metodológicos.*

Antes de detalhar cada um dos estilos, convém esclarecer que a reconstrução apresentada não tem caráter classificatório rígido nem pretende oferecer um panorama exaustivo da literatura sobre o conceito de vida. Este é um recorte analítico, orientado pelo problema da circulação do conhecimento, cujo objetivo é evidenciar contrastes entre critérios de inteligibilidade do vivo e não esgotar ou hierarquizar abordagens. A leitura da seção deve, portanto, ser entendida como comparativa e instrumental, e não como uma cartografia definitiva do campo.

Estilo Evolutivo-Histórico

No que chamamos Estilo Evolutivo-Histórico, a inteligibilidade do conceito de vida é construída a partir da ideia de que os fenômenos biológicos só adquirem sentido quando situados em processos de mudança no tempo, portanto, processos históricos/evolutivos.

A evolução opera como princípio integrador, capaz de transformar uma coleção de descrições em um quadro explicativo. Dobzhansky (1973, p. 129) formula isso de modo emblemático ao afirmar que "*seen in the light of Evolution, Biology is [...] intellectually the most satisfying and inspiring science. Without that light it becomes a pile of sundry facts*"[4]. Essa passagem é relevante porque caracteriza um critério de validade típico do estilo: a teoria evolutiva é valorizada por sua potência de integração, de dar unidade explicativa à diversidade dos seres vivos.

[4] "vista à luz da evolução, a Biologia é [...] intelectualmente a ciência mais satisfatória e inspiradora. Sem essa luz, ela se torna um amontoado de fatos variados" (Dobzhansky, 1973, p. 129, tradução nossa).

No plano do objeto, o conceito de vida aparece aqui vinculado à diversidade orgânica e à sua natureza histórica. Dobzhansky (1973) pergunta pela inteligibilidade da variedade de formas e modos de existência e sustenta que a única explicação que faz sentido é que a diversidade orgânica evoluiu em um contexto de ambientes mutáveis ao longo do tempo; descreve ainda a relação entre desafios ecológicos, mudanças genéticas adaptativas e a possibilidade de extinção como destino possível de linhagens ao longo do tempo.

De acordo com Fleck (2010), estamos diante de um estilo que seleciona como problemas centrais a questão da diversidade, variabilidade, adaptação, espécies fósseis, etc., e organiza respostas com um conjunto de vocabulários e esquemas causais próprios, como seleção, mudança genética, extinção, tempo geológico, dentre outros.

Mayr (1982) reforça a mesma orientação ao caracterizar a biologia como um domínio em que leis no sentido clássico têm menor rendimento explicativo do que narrativas históricas. Ele afirma que, em biologia evolutiva, o conceito de lei é bem menos produtivo do que o de narrativas históricas (Mayr, 1982). Esse ponto é decisivo, pois nesse estilo, explicar envolve reconstruir trajetórias, contingências, heranças e não apenas derivar regularidades atemporais.

Uma consequência disso é a centralidade das perguntas de tipo "por quê?" (explicações evolutivas) em contraste com perguntas "como?" (causas proximais). Mayr (1982) observa que, historicamente, a demanda por "*why-questions*" cresce como busca de causas finais, isto é, causas histórico-evolutivas, e argumenta que, sem esse nível, as descrições permanecem incompletas (Mayr, 1982). Ainda que as causas próximas sejam úteis para descrever como processos e mecanismos operam, no Estilo Evolutivo-Histórico elas não desempenham papel organizador; a inteligibilidade decisiva do vivo vem do porquê, das narrativas de linhagens, contingências, restrições e seleções que explicam por que certos funcionamentos se estabilizaram e não outros. Nesse sentido, o fenômeno da vida é compreendido prioritariamente como realidade histórica, não tanto "como a vida funciona?", mas "por que a vida funciona assim?", e esse "porquê" remete ao eixo evolutivo.

Mayr também explicita um traço metodológico/conceitual típico desse estilo. Na biologia, grande parte do progresso vem menos do acúmulo de fatos e mais da introdução de novos conceitos. Ele exemplifica com o ponto de que fenômenos hoje explicados por seleção natural eram conhecidos antes de Darwin, mas não faziam sentido até que se introduzisse o conceito de populações compostas por indivíduos únicos (Mayr, 1982). Aqui aparece um mecanismo de estabilização interno do estilo, onde certos conceitos passam a funcionar como condições de inteligibilidade do que conta como problema e do que conta como explicação.

Dobzhansky (1973) delimita um núcleo relativamente estabilizado, a evolução como processo histórico e uma zona de controvérsia em torno de mecanismos e modelos explicativos. Em termos fleckianos, a discordância não é um ruído externo, mas parte do funcionamento de um estilo de pensamento; ela se concentra na fronteira de pesquisa, enquanto o quadro integrador permanece operante como condição de inteligibilidade.

De modo geral, o que estamos chamando de Estilo Evolutivo-Histórico, considerando Dobzhansky e Mayr como expressões sintéticas desse movimento, sustenta uma forma de tratar a vida como problema científico em que a evolução funciona como quadro integrador que dá sentido à diversidade biológica. A explicação privilegia história/narrativa e causas finais, sem dispensar mecanismos proximais. A inteligibilidade da ideia de vida depende de conceitos que estabilizam o que conta como explicação, e as controvérsias não desaparecem, mas são geridas por dinâmicas comunitárias de produção e avaliação do conhecimento, conforme descreve Fleck (2010).

Em termos fleckianos, o Estilo Evolutivo-Histórico seleciona como problemas centrais a diversidade, a variação, a adaptação e a extinção. Seus critérios de validação incluem narrativas históricas, evidências populacionais e comparação filogenética. O léxico estabilizador é composto por termos como *seleção natural, deriva genética, tempo geológico* e *linhagem*. As autoevidências que operam nesse estilo incluem a premissa de que toda diversidade orgânica tem uma explicação histórica e que explicações em termos de causas finais (evolutivas) não são apenas legítimas, mas necessárias para a inteligibilidade plena do vivo. A vida, nesse estilo, torna-se inteligível como uma realidade histórica, cujo sentido emerge da narrativa de linhagens e contingências.

Estilo Físico-Químico

No que chamamos de Estilo Físico-Químico, "vida" aparece menos como uma categoria histórico-evolutiva e mais como um problema de explicação físico-química da organização. Em *What is Life?,* Schrödinger (1959) formula esse programa já como pergunta-guia: "*How can the events in space and time which take place within the spatial boundary of a living organism be accounted for by physics and chemistry?*[5]*"* (Schrödinger, 1959, p. 3). A resposta de partida é a rejeição a uma conclusão vitalista, mesmo que os fenômenos físicos e químicos que rejeitam a vida não sejam ainda completamente conhecidos. Com isso, o recorte do "vivo" é deslocado para como a matéria está organizada, ou seja, Schrödinger (1959) afirma que o ponto decisivo está em uma diferença fundamental na estrutura entre a matéria viva (os constituintes físico-químicos dos seres vivos) e a matéria inanimada (objetos usualmente tratados por físicos e químicos).

Essa diferença estrutural é exemplificada por uma figura que se tornará canônica na Biologia Molecular: a fibra cromossômica. Schrödinger (1959, p. 5) defende que este é o elemento mais essencial da célula, caracterizando-o como um "cristal aperiódico" ["an aperiodic crystal" (Schrödinger, 1959, p. 5)]. A ênfase recai, portanto, sobre portadores materiais de estabilidade/regularidade (cristais) cuja não-periodicidade abre espaço para pensar complexidade e especificação biológica no interior de leis físico-químicas. O próprio autor explicita o passo ontológico dessa aposta ao dizer que tal cristal seria, em sua opinião, o material da vida (Schrödinger, 1959).

Em Monod, o mesmo estilo reaparece em um vocabulário mais informacional e pautado em um mecanicismo, já plenamente situado na biologia molecular. Ao discutir o impacto da teoria molecular, Monod (1970) delimita o fenômeno da vida a partir de uma dupla ancoragem: uma base física/experimental (a estrutura química do material genético e a informação que ele porta); uma base processual (os mecanismos moleculares pelos quais essa informação é expressa e realizada no organismo). Nessa perspectiva, o dogma central da biologia molecular é apresentado como base geral de uma inteligibilidade do vivo, não por deduzir diretamente todas as estruturas e funções complexas, mas por oferecer uma base explicativa que torna tais complexidades tratáveis em termos de informação, regulação e mecanismos. Em contraste, em Schrödinger, cujo argumento enfatiza sobretudo o problema da estabilidade material e da especificidade estrutural, Monod desloca o foco para a articulação entre estrutura, informação e operação de mecanismos.

Do ponto de vista do "conceito de vida", Monod (1970) combina esse núcleo informacional-molecular com uma propriedade organizacional que ele chama de teleonomia. Ao discutir adaptações funcionais, ele afirma ser indispensável reconhecer como propriedade fundamental dos seres vivos a de serem objetos dotados de um projeto, isto é, objetos que representam um projeto em suas estruturas e o realizam em suas performances. Ao mesmo tempo, ele faz uma ressalva: a teleonomia é uma condição necessária para caracterizar seres vivos, mas não é suficiente como critério discriminatório, porque também pode aparecer em artefatos produzidos segundo um projeto (Monod, 1970). A distinção, portanto, não é abandonada; ela muda de lugar. Em vez de separar o vivo do não-vivo apenas pela presença de finalidade, Monod sugere que o diferencial do vivo está no modo de constituição e manutenção da organização, isto é, em sistemas cuja forma e cujo funcionamento emergem de processos internos (como autoconstrução e reprodução), e não de imposição externa como nos artefatos. A solução ensaiada volta ao registro estrutural: distinguir artefatos de seres vivos como sistemas cuja forma resulta de interações internas, sugerindo a imagem de máquinas que se autoconstroem. Aqui, o "vivo" é novamente descrito por uma gramática de organização material, programa e informação e mecanismos internos.

Esses textos, de Schrödinger e Monod, podem ser lidos como documentos epistemológicos de uma mesma família físico-química, na medida em que recusam explicações vitalistas e buscam ancorar a inteligibilidade do vivo em bases materiais tratadas por física e química. Contudo, eles expressam ênfases distintas dentro dessa família. Em Schrödinger, a especificidade do vivo é formulada sobretudo como um problema estrutural, relacionado à estabilidade e à complexidade biológica, que exigiram um portador material com propriedades físico-químicas singulares, capaz de sustentar regularidade e variação. Em Monod, o foco está em uma leitura informacional e mecanicista, em que o material genético é central não apenas como

[5] "Como os eventos no espaço e no tempo que ocorrem dentro da fronteira espacial de um organismo vivo podem ser explicados pela física e pela química? (Schrödinger, 1959, p. 3, tradução nossa).

estrutura, mas como suporte de informação e como parte de um sistema de mecanismos de expressão e regulação que realizam um programa (a teleonomia). Assim, a convergência entre os autores não está em uma mesma propriedade específica de definição, mas no compromisso comum de localizar o ser vivo em uma base físico-química, ao passo que divergem quanto ao que é tomado como núcleo explicativo: estrutura portadora de estabilidade (Schrödinger) e a informação e mecanismos para a teleonomia (Monod).

Essa divergência interna não exige postular estilos de pensamento distintos. Para Fleck (2010), um estilo de pensamento não é uma doutrina homogênea, mas um conjunto relativamente estável de orientações que define o que conta como problema relevante, quais critérios de validade são aceitos e quais formas de explicação são consideradas inteligíveis dentro de um coletivo. Nesse sentido, ambos os autores permanecem em um mesmo agrupamento porque compartilham um compromisso central: a recusa do vitalismo e a exigência de ancorar a vida em um nível físico-químico, tratando a especificidade do ser vivo como algo que deve ser explicado por propriedades materiais e por mecanismos compatíveis com esse registro. Assim, as divergências podem ser lidas como variações e refinamentos intracoletivos, deslocamentos de ênfase e de vocabulário que emergem à medida que novos problemas, instrumentos e programas de pesquisa de consolidam, sem romper o horizonte comum de inteligibilidade que caracteriza o estilo.

À luz de Fleck (2010), o Estilo Físico-Químico seleciona como problemas centrais a explicação da estabilidade material, da hereditariedade e do funcionamento biológico em bases físico-químicas, recusando qualquer apelo a forças vitais externas. Seus critérios de validade incluem a estrutura molecular, a experimentação controlada, a análise mecanicista e, progressivamente, a noção de informação genética como operador explicativo. O léxico estabilizador é composto por termos como *cristal aperiódico, código genético, dogma central, informação, mecanismo molecular, teleonomia* (esta última, em Monod, operando como ponte entre descrição mecanicista e reconhecimento de finalidade funcional). As autoevidências que operam nesse estilo incluem a premissa de que todo fenômeno biológico é, em princípio, redutível ou explicável por processos físico-químicos e que o vitalismo não constitui uma explicação legítima.

A vida, nesse estilo, é inteligível como um problema de organização material e informacional: o vivo é aquilo cuja ordem e funcionamento podem ser descritos por leis físicas e químicas, mesmo que essas leis ainda não estejam completamente conhecidas. A especificidade do ser vivo não reside em uma substância ou força especial, mas no modo como a matéria comum está arranjada, informada e regulada.

Estilo Sistêmico-Organizacional

No que chamamos de Estilo Sistêmico-Organizacional, "vida" deixa de ser buscada como resultado de um processo histórico-evolutivo ou uma propriedade-estrutura-função e passa a ser tratada como um tipo de organização, um padrão de relações e processos capaz de constituir uma unidade e manter sua identidade. O problema central não é de que matéria é feito o ser vivo, mas que tipo de organização faz com que um sistema seja reconhecido como vivo, independentemente dos materiais que o realizam.

Em *Autopoiesis and Cognition*, Maturana e Varela (1980) deslocam explicitamente o foco explicativo das propriedades dos componentes para as relações e processos. Ao anunciarem o recorte, afirmam que, ao explicar a organização dos sistemas vivos, tratarão das relações que os componentes devem satisfazer para constituir o sistema, e não da identificação desses componentes; e assumem que há uma organização comum a todos os seres vivos, quaisquer que sejam seus componentes.

Esse movimento se torna mais operacional com a distinção entre organização e estrutura. Os autores definem organização como o conjunto de relações que define uma máquina ou sistema como uma unidade e determina sua dinâmica possível; já a estrutura corresponde às relações efetivas entre componentes concretos que realizam aquela organização (Maturana & Varela, 1980). Com isso, a vida é caracterizada menos por uma substância e mais por um padrão relacional que pode ser encarnado em diferentes arranjos materiais.

O ponto principal é a definição de máquina autopoiética. Eles a descrevem como uma máquina organizada como uma rede de processos de produção (transformação e destruição) de componentes que, por suas interações, regeneram continuamente a própria rede de processos que os produz e, ao fazê-lo, produzem a

unidade concreta, isto é, geram e mantêm a própria fronteira e os componentes que a realizam (Maturana & Varela, 1980). Nesse sentido, a vida aparece como autoprodução organizacional, não apenas um sistema que se mantém funcionando, mas uma organização fechada sobre a produção de si, na qual a operação do sistema tem como produto a sua própria constituição.

Essa ênfase ajuda a explicar por que a definição não se aplica automaticamente a máquinas e sistemas computacionais; embora possam exibir autorregulação e continuidade operacional, em geral não produzem seus próprios componentes materiais nem sua fronteira constitutiva, dependendo de fabricação, manutenção e reposição externa, o que os aproxima mais de organizações alopoiéticas (sistemas que não produzem a si mesmos, dependendo de elementos externos para sua criação e operação), do que de autopoiéticas. Assim, esse estilo privilegia evidências do tipo circularidade/fechamento organizacional (rede que se mantém); critérios ligados à constituição de unidade e fronteira (o sistema se delimita como unidade); e explicações em termos de relações entre processos, mais do que em termos de propriedades intrínsecas de partes isoladas.

Em *The Web of Life*, Capra (1996) sistematiza esse vocabulário para uma síntese sistêmica do vivo. Ele afirma seguir Maturana e Varela nas definições de padrão de organização e estrutura, em que o padrão é a configuração de relações entre componentes que determina as características essenciais do sistema; a estrutura é a incorporação física desse padrão (Capra, 1996). Capra (1996) acrescenta um terceiro eixo, processo, para dar conta do caráter dinâmico do vivo: em sistemas vivos, a encarnação do padrão na estrutura não é estática, mas ocorre como um processo contínuo (crescimento, metabolismo, substituição de componentes), de modo que padrão-estrutura-processo formam perspectivas interdependentes para descrever a vida.

Ao retomar a autopoiese, Capra reforça o ponto central do estilo, em que o foco está na organização. Ele cita a formulação de que o problema é a organização viva e que o interesse não é nas propriedades dos componentes, mas em processos e relações entre processos (Capra, 1996). Em seguida, explicita que a autopoiese é uma rede de processos de produção em que cada componente participa da produção e transformação dos outros, de modo que a rede faz a si mesma e reproduz a frase: em um sistema vivo, o produto de sua operação é sua própria organização (Capra, 1996).

No estilo Sistêmico-Organizacional, a vida é tratada como um problema de organização. Os principais problemas são: qual padrão de relações e processos deve estar presente para que um sistema seja uma unidade viva? Como essa unidade se mantém por autopoiese, gerando e regenerando seus próprios componentes e fronteiras? Isso produz uma definição de tipo diverso das apresentadas anteriormente: não uma definição por propriedades listáveis, e sim por organização (rede, fechamento, autonomia, processo).

Assim, à luz da perspectiva fleckiana, o Estilo Sistêmico-Organizacional seleciona como problema central a pergunta pela organização que define um sistema como vivo, deslocando o foco das propriedades dos componentes isolados para as relações e processos que os conectam. Seus critérios de validade incluem a identificação de padrões organizacionais, a análise de redes de processos, o fechamento operacional (autopoiese) e a capacidade do sistema de produzir e regenerar seus próprios componentes e fronteiras.

O léxico estabilizador é composto por termos como *autopoiese, organização vs. estrutura, rede de processos, fechamento, acoplamento estrutural, padrão* e *unidade.* As autoevidências que operam nesse estilo incluem a premissa de que a organização define a identidade do sistema independentemente do substrato material que a realiza e que a vida não é uma propriedade de partes isoladas, mas um fenômeno relacional e emergente. A vida, nesse estilo, é inteligível como uma rede autoprodutora, isto é, um sistema não é vivo porque possui certos componentes, mas porque seus componentes produzem a própria rede que os produz, gerando e mantendo uma fronteira que delimita o sistema como unidade. A pergunta “do que é feito o ser vivo?” cede lugar à pergunta “como o ser vivo se organiza para se produzir a si mesmo?”.

Estilo Termodinâmico da Auto-organização e Complexidade

No que chamamos de Estilo Termodinâmico da Auto-organização e Complexidade, a vida é tratada como um tipo particular de organização física que só se mantém porque o sistema está longe do equilíbrio (Silva et al., 2021). De modo geral, seres vivos são sistemas abertos, que trocam continuamente matéria e energia com

o ambiente; e é justamente esse fluxo contínuo que permite sustentar padrões estáveis de organização (ordem) sem violar a segunda lei da termodinâmica, porque a desordem (entropia) é, por assim dizer, "exportada" para fora do sistema. Nesse estilo, "complexidade" é a emergência de padrões e comportamentos coletivos (coerências macroscópicas) a partir de muitas interações locais, frequentemente com feedbacks e instabilidades. A pergunta central, então, deixa de ser "quais componentes definem o ser vivo?" e passa a ser "como fluxos, instabilidades e processos irreversíveis podem gerar e sustentar organização complexa?"

À primeira vista, esse estilo pode soar próximo ao anterior, já que ambos falam de organização e manutenção de padrões. A diferença é o ponto de ancoragem, em que no estilo sistêmico, a ênfase recai na forma organizacional (fechamento, rede de processos, constituição da unidade) como critério conceitual do ser vivo, relativamente independente do substrato; já no estilo termodinâmico, a ênfase recai nas condições físico-energéticas que tornam possível a emergência e a manutenção dessa organização, isto é, nos fluxos, na dissipação e na irreversibilidade como base explicativa.

Assim, o estilo se organiza em torno de algumas ideias centrais. Primeiro, o compromisso do não-equilíbrio, isto é, a presença contínua de fluxos de energia e matéria, como fonte de ordem, ou seja, como condição de produzir e sustentar padrões ordenados – tornando o fluxo produtivo. Em segundo, o compromisso com estruturas dissipativas e organização por dissipação, em que, em condições longe do equilíbrio, um sistema aberto pode formar ordem local (um padrão estável) justamente porque está dissipando energia e exportando desordem para o ambiente, em vez de caminhar para um estado uniforme de equilíbrio (Prigogine & Stengers, 1984).

O terceiro compromisso é que, longe do equilíbrio, muitos processos passam a ser não lineares, com pequenas variações com efeitos desproporcionais, e o comportamento do sistema deixa de ser uma simples soma de causas e efeitos. Por isso, flutuações deixam de ser apenas ruído e podem ser ampliadas, reorganizando o sistema. Em certos momentos, o sistema chega a pontos críticos (bifurcações) nos quais ele pode seguir caminhos distintos e a previsão determinística perde força (o resultado depende tanto das condições quanto das flutuações que foram amplificadas) (Prigogine & Stengers, 1984). É nesse sentido que os autores falam em "ordem através das flutuações"; a organização emergente não aparece apesar das variações, mas pode surgir precisamente a partir delas.

Nesse estilo, a vida aparece como organização sustentada por coerência macroscópica em não-equilíbrio. O programa enfatiza que, em certos regimes, surge uma nova coerência, um mecanismo de comunicação entre moléculas, e observa que tal comunicação parece ser a regra no mundo da biologia, podendo ser considerada a base da definição de sistemas biológicos (Prigogine & Stengers, 1984).Além disso, a vida aparece como processo histórico-contingente (sensível a condições e seleções). A estrutura que emerge depende criticamente das condições de formação e de mecanismos de seleção, o que desloca o foco de leis universais de equilíbrio para a produção de singularidades longe do equilíbrio (Prigogine & Stengers, 1984).

Por fim, a vida aparece como temporalidade irreversível. A novidade radical do estilo é ligar organização e tempo; a tentativa de unificar dinâmica e termodinâmica leva a uma concepção de matéria ativa, em que processos irreversíveis organizam a matéria e os sistemas biológicos (Prigogine & Stengers, 1984). No estilo termodinâmico, a vida tende a ser estabilizada como regime de auto-organização em sistemas abertos longe do equilíbrio, em que a ordem pode emergir de um não-equilíbrio, a gênese de novas formas envolve instabilidades e bifurcações com componente estocástico, e a própria inteligibilidade do vivo se apoia em coerência e correlação macroscópica (comunicação molecular) com base de definição (Prigogine & Stengers, 1984).

A apresentação desses estilos não visa à reprodução detalhada de debates especializados em contextos escolares, mas à explicitação de que diferentes programas de pesquisa operam com diferentes critérios para tornar o fenômeno da vida inteligível. É justamente essa diversidade de compromissos conceituais que tende a ser atenuada no processo de escolarização, aspecto que será retomado na discussão sobre estabilização do conceito no ensino de biologia.

O Estilo Termodinâmico da Auto-organização e Complexidade seleciona como problema central a explicação de como sistemas abertos, longe do equilíbrio termodinâmico, podem gerar e sustentar ordem, complexidade e coerência macroscópica sem violar a segunda lei da termodinâmica. Seus critérios de validade incluem a análise de fluxos de energia e matéria, a identificação de estruturas dissipativas, o estudo de bifurcações e não-linearidades e a compreensão do papel produtivo da irreversibilidade temporal. O léxico estabilizador é composto por termos como *não-equilíbrio, estrutura dissipativa, flutuação, bifurcação, ordem através de flutuações, coerência macroscópica, irreversibilidade* e *auto-organização.* As autoevidências que operam nesse estilo incluem a premissa de que o equilíbrio termodinâmico é um estado pobre em informação e incompatível com a vida, e que o fluxo contínuo de matéria e energia não é uma perturbação, mas a própria condição de possibilidade da ordem biológica.

A vida, nesse estilo, torna-se inteligível como um regime dinâmico da auto-organização em que a ordem emerge e se mantém precisamente porque o sistema está "fora do equilíbrio", dissipando energia e exportando entropia para o ambiente. A temporalidade irreversível deixa de ser um problema (como na física clássica) e passa a ser um recurso explicativo, ou seja, a vida é um processo que só existe porque o tempo não pode voltar atrás.

Estilo Metateórico-Operacional

Neste quinto estilo, a vida aparece menos como um objeto a ser capturado por uma definição e mais como um problema epistemológico: o que significa tentar definir a vida, com pretensão universal, quando nossa amostra empírica é limitada e quando definições têm um estatuto lógico específico? Em Cleland (2020), isso conduz ao seguinte diagnóstico: a pergunta "o que é vida?" não é bem respondida por definições no sentido clássico e insistir nelas pode até atrapalhar a busca ou o reconhecimento da vida como não a entendemos.

Cleland (2020) começa distinguindo o que é uma definição em sentido lógico/nominal, que especifica o significado de um termo no âmbito da linguagem, de definições em sentido real/empírico, isto é, tentativas de caracterizar um tipo natural no mundo e estabelecer critérios que o distingam de outros fenômenos. Quando um cientista pergunta "o que é vida?", ele quer saber o que distingue sistemas vivos de sistemas físico-químicos em qualquer lugar e tempo. Cleland (2020) argumenta que analisar o conceito contemporâneo de vida dificilmente entrega uma resposta cientificamente satisfatória.

No plano metateórico, isto é, na discussão sobre as limitações de se definir vida e não definir vida diretamente, ela ancora essa dificuldade na distinção entre categorias humanas e tipos naturais. Se a vida for um tipo natural, sua extensão é aberta demais para ser decidida por condições necessárias e suficientes; se não for, o programa de uma biologia universal não se sustenta, e caímos em um pluralismo radical. Em ambos os casos, a conclusão é que a vida não pode ser definida no sentido lógico de definição.

O segundo pilar deste estilo de pensamento é o foco nas limitações epistêmicas da biologia quando tenta generalizar a vida para além da Terra. Cleland (2020) chama de desafio central o "N = 1 problem": nossa amostra empírica é limitada porque todo o conjunto de vida celular conhecida parece compartilhar uma história evolutiva comum, frequentemente resumida pela hipótese de um último ancestral comum universal (LUCA). Isso não implica que toda vida possível, ou mesmo toda vida que tenha existido na Terra, se reduza a LUCA; podem ter existido linhagens celulares pré-LUCA que não deixaram descendentes, e há entidades de estatuto disputado (como os vírus) cuja história pode envolver múltiplos cenários (derivação de células atuais, linhagens celulares extintas, ou trajetórias ainda não bem resolvidas). Ainda assim, o ponto de Cleland (2020) permanece: com uma amostra tão restrita, não é logicamente seguro generalizar as propriedades do que conhecemos como vida para toda a vida possível, especialmente quando se busca uma caracterização universal para astrobiologia e detecção de vida extraterrestre.

O caso dos vírus ilustra bem essa tensão. Dependendo do estilo de pensamento mobilizado, eles podem ser excluídos por não apresentarem metabolismo próprio ou incluídos por critérios informacionais/evolutivos (replicação, herança e dinâmica populacional). Por isso, além de não resolver o N = 1, eles funcionam como caso-limite que evidencia como critérios de vida variam com o programa de investigação, exatamente o tipo de instabilidade conceitual que Cleland (2020) quer evitar que seja fixada por uma definição rígida de vida. A

autora ressalta que não se trata apenas de um cuidado lógico: há razões científicas para suspeitar que nossa amostra pode ser não representativa e que os critérios de vida não são triviais nem mesmo no planeta Terra. Casos como vírus, príons, estados de dormência extrema (sementes, endósporos) e dependências radicais (simbioses obrigatórias, organelas) mostram que propriedades frequentemente listadas como definidoras podem aparecer de modo fragmentado, distribuído ou condicionado. Nesse contexto, a extrapolação para outras condições físico-químicas (como as investigadas em astrobiologia) apenas torna ainda mais evidente o risco de fixar precocemente uma definição rígida. Esses exemplos reforçam a tese de que os critérios variam com o estilo de pensamento mobilizado, tornando prudente evitar definições que convertam uma solução local em regra universal.

Nesse sentido, o deslocamento típico desse estilo é substituir a busca por uma definição estrita por estratégias de construção teórica. Cleland (2020) sustenta que que a pergunta "o que é vida?" seria respondida de modo mais frutífero por uma teoria científica capaz de acomodar e explicar uma gama mais ampla de exemplos, e que, enquanto nossa amostra permanece limitada, é prudente evitar o aprisionamento prematuro a uma ontologia local, isto é, a um conjunto de conceitos básicos moldado por um único recorte empírico, que possa bloquear generalizações e reconhecimentos de novos casos. Nessa linha, parte da heterogeneidade em torno da definição de vida pode refletir menos uma confusão sobre o fenômeno e mais os limites dos nossos enquadramentos conceituais.

Aqui, o ponto não é contornar a pergunta "o que é vida?", mas reformular o que conta como resposta satisfatória. Para Cleland (2020), listas de propriedades e definições rígidas raramente resolvem o problema porque funcionam como regras de classificação baseadas em um recorte empírico estreito e, por isso, são frágeis diante de casos-limite e de possibilidades não amostradas. Em vez disso, a resposta que ela considera propriamente científica é uma teoria da vida, um arcabouço explicativo capaz de integrar diferentes realizações do fenômeno, gerar previsões e indicar o que deveríamos esperar (ou não) em novos contextos. Nesse processo, critérios operacionais e ontologias provisórias não fugiriam do problema; funcionariam como bases de pesquisa, permitindo trabalho coletivo sem fixar prematuramente a categoria. Assim, o estilo não elimina a questão, mas propõe um esforço para explicar e ampliar o domínio do que pode contar como vida.

O Estilo Metateórico-Operacional constitui um estilo de pensamento de "segunda ordem", pois seu objeto não é diretamente o fenômeno da *vida*, mas o próprio ato de definir a vida. Ele seleciona como problema central a pergunta epistemológica: sob quais condições uma definição de vida é válida ou útil, especialmente quando nossa amostra empírica é limitada (o problema N = 1) e quando definições rígidas podem impedir o reconhecimento de formas de vida não previstas? Seus critérios de validade incluem coerência lógica (distinção entre distinções nominais e reais), análise dos limites da amostra empírica disponível (LUCA, vírus, endósporos) e capacidade heurística (a definição deve ajudar a guiar a pesquisa, não bloqueá-la). O léxico estabilizador é composto por termos como *tipo natural, N = 1 problem, LUCA (Last Universal Common Ancestor), definição nominal vs. real, pluralismo, heurística* e *teoria da vida*. As autoevidências que operam nesse estilo incluem a premissa de que definições por condições necessárias e suficientes são inadequadas para categorias científicas abertas como "vida" e que a busca por uma definição universal é epistemologicamente prematura enquanto nossa amostra permanecer restrita a uma única linhagem evolutiva.

A vida, nesse estilo de pensamento, é inteligível não como uma essência a ser capturada, mas como um problema científico em aberto, que exige menos uma definição e mais uma teoria capaz de explicar diferentes manifestações do fenômeno. O estilo desloca, assim, a pergunta "o que é vida?" para "o que conta como uma boa explicação do fenômeno da vida, dadas as nossas limitações epistêmicas?". Essa autorreflexão sobre os limites do próprio conceito é uma característica distintiva desse estilo, que não invalida os demais, mas os contextualiza e relativiza.

Síntese comparativa dos estilos de pensamento sobre o conceito de vida

A fim de tornar explícitos os contrastes analíticos mobilizados na reconstrução dos estilos de pensamento, apresentamos, aqui, uma síntese comparativa dos cinco estilos discutidos (Tabela 2). A síntese tem como objetivo principal oferecer um instrumento de leitura que explicite como diferentes problemas e critérios de validade estruturam distintas concepções de vida.

Tabela 2 – Estilos de Pensamento e critérios de inteligibilidade do conceito de vida.

Estilo de Pensamento	Problema Central	Critério de Validade
evolutivo-histórico	Como explicar a diversidade e a adaptação dos seres vivos ao longo do tempo?	Narrativas históricas, evidências populacionais, comparação evolutiva, seleção natural
físico-químico	Como a matéria pode sustentar estabilidade, herança e funcionamento biológico?	Estrutura molecular, mecanismos físico-químicos, informação genética, experimentação
sistêmico-organizacional	Que tipo de organização distingue sistemas vivos de não vivos?	Padrões organizacionais, redes de processos, fechamento operacional, autopoiese
termodinâmico da auto-organização e complexidade	Como a ordem biológica emerge e se mantém longe do equilíbrio?	Fluxos de energia e matéria, irreversibilidade, estruturas dissipativas, não-linearidade
metateórico-operacional	É possível (ou desejável) definir vida de modo universal?	Coerência lógica, limites da amostra empírica, capacidade explicativa e heurística

Diante da tabela, podemos visualizar, a partir dos estilos reconstruídos, que o conceito de vida não se organiza em torno de um único critério definidor, mas emerge de diferentes programas explicativos, cada qual privilegiando determinados problemas e formas de evidência. Essa pluralidade, funcional no círculo esotérico da ciência, ajuda a explicar por que o conceito tende a ser reordenado e estabilizado quando circula para o ensino, onde a exigência de comunicabilidade e avaliação favorece recortes mais fechados. A comparação entre os estilos, portanto, não visa à escolha de uma definição correta, mas à explicitação das decisões conceituais envolvidas. Nesse sentido, a pluralidade discutida ao longo do artigo é tratada aqui primordialmente como um fenômeno epistemológico, resultante de estilos distintos e de seus critérios de inteligibilidade, e não como evidência de uma indeterminação ontológica intrínseca do fenômeno da vida.

A ESTABILIZAÇÃO DO CONCEITO DE VIDA NO ENSINO DE BIOLOGIA

Esta seção não apresenta levantamento primário de livros didáticos, observação de aulas ou análise empírica exaustiva de materiais. O argumento aqui é explicativo e interpretativo: ele sintetiza resultados já consolidados na literatura de Ensino de Ciências e Biologia sobre como o conceito de "vida" tende a ser apresentado em materiais e práticas escolares, mobilizando esses achados como base para a interpretação fleckiana da estabilização na circulação.

Com base nessa literatura, a vida tende a aparecer de modo recorrente como pelo menos um problema conceitual aberto e mais como conteúdo estabilizado, frequentemente introduzido por listas de propriedades e atributos que distinguiriam seres vivos de seres inanimados, com pouca explicitação da historicidade do debate e das disputas internas às ciências biológicas. Essa tendência não é universal nem absoluta, mas constitui um padrão suficientemente recorrente para ser analisado.

Em Josephino, Santos e Bastos (2023), ao analisarem livros didáticos entre 1930 e 1959, já aparece uma postura que combina reconhecimento da dificuldade de definir vida e substituição do problema por propriedades e características. Um exemplo é o trecho transcrito de Mello-Leitão: "É muito mais fácil definir a ciência da vida do que a vida em si" (Josephino, Santos & Bastos, 2023, p. 13). De acordo com Emmeche e El-Hani (2001), existe uma visão tradicional, associada a Mayr (1982, seção "*Special Characteristics of Living Organisms*"), em que vida como tal não pode ser definida, que definir vida não é questão importante, que o processo da vida pode ser diferenciado por uma lista de propriedades, e essa lista não é um conjunto de condições necessárias (vírus como caso típico); embora físico, o fenômeno excede a redução à física.

Em análises de livros mais recentes, o gesto se repete; o termo vida é frequentemente contornado por definições do tipo "biologia é a ciência que estuda a vida, ou, mais precisamente, as características dos seres vivos" e por enumerações (organização, metabolismo, irritabilidade, reprodução, hereditariedade, evolução, etc.) (Linhares & Gewandsznajder, 1998). Em estudos sobre o ensino e a prática pedagógica em Ciências e Biologia, esse padrão é relacionado a um senso comum pedagógico que privilegia definições e classificações

em detrimento de problemas, modelos e controvérsias (Schmitt, Albiero Jr. & Carvalho, 2023). De acordo com Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2018, p. 25), esse sendo comum é caracterizado por

> […] regrinhas e receituários; classificações taxonômicas; valorização excessiva pela repetição sistemática de definições, funções e atribuições de sistemas vivos ou não vivos; questões pobres para prontas respostas igualmente empobrecidas; uso indiscriminado e acrítico de fórmulas e contas em exercícios reiterados; tabelas e gráficos desarticulados ou pouco contextualizados relativamente aos fenômenos contemplados; experiências cujo único objetivo é a 'verificação' da teoria… Enfim, atividades de ensino que só reforçam o distanciamento do uso dos modelos e teorias para a compreensão dos fenômenos naturais e daqueles oriundos das transformações humanas, além de caracterizar a ciência como um produto acabado e inquestionável: um trabalho didático-pedagógico que favorece a indesejável ciência morta (Delizoicov, Angotti & Pernambuco, 2018, p. 25).

Esse diagnóstico é compatível com a ideia de estabilização em Fleck (2010), em que o conceito circula no formato manual e a pluralidade tende a se transformar em conteúdo aparentemente consensual. Um marcador forte dessa atenuação das controvérsias é a forma como fatos e enunciados científicos são apresentados na escola: fora de seu contexto de produção, sem debate sobre alternativas, escolhas metodológicas, interesses e história. Lemke (1990) descreve isso como parte da ideologia da verdade objetiva, em que fatos da ciência são apresentados como estabelecidos sem discussão de dependência teórica, vieses e contexto histórico. No caso específico da vida, essa dinâmica pode se traduzir na conversão de uma tensão epistemológica em um enunciado escolar do tipo "vida = conjunto de propriedades".

Em um estudo sobre a origem da vida e licenciandos, Nicolini, Falcão e Faria (2010) observam que, na análise realizada por eles, os livros didáticos examinados não apresentavam divergências entre pesquisadores, nem sobre a sequência de eventos, nem sobre detalhes das hipóteses. Esse achado é importante porque ilustra, empiricamente, o mecanismo de estabilização; mesmo em temas com ampla controvérsia científica, o material didático pode tender a apresentar uma narrativa unificada (Fleck, 2010).

Assim, a literatura tem descrito uma persistência histórica que se estende da primeira metade do século XX a livros mais recentes; a vida aparece frequentemente como difícil de definir e, por isso, frequentemente ensinada por listas de características. No ensino, tendem a prevalecer procedimentos didáticos que reforçam ciência como produto acabado, reduzindo espaço para disputa conceitual. Além disso, o discurso escolar tende a apresentar enunciados como fatos incontroversos, com pouca referência a alternativas, história e condições de produção. Há evidências na literatura de ausência de divergências nos livros mesmo em temas controversos (Nehm & Kampurakis, 2013; Calado, Scharfenberg & Bogner, 2016; Karat & Giraldi, 2019).

Diante do exposto, não afirmamos que todo material didático ou toda prática escolar opera dessa maneira, mas sim que há um padrão interpretável à luz da epistemologia de Fleck, o qual permite compreender por que a pluralidade conceitual característica do círculo esotérico frequentemente se converte, no âmbito escolar, em um consenso didático aparente.

CIRCULAÇÃO, ESTABILIZAÇÃO E ATENUAÇÃO

Como sintetizado na Tabela 2, os critérios de inteligibilidade do vivo variam conforme o estilo de pensamento mobilizado, o que ajuda a compreender por que tais tensões tendem a ser atenuadas no processo de escolarização. A pluralidade de definições de vida que são reconstruídas a partir das obras canônicas (evolutivo-histórico, físico-químico/molecular, sistêmico-organizacional, termodinâmico/complexidade) e a crítica à definição universal não aparecem, a partir da perspectiva fleckiana, como "ruído" a ser eliminado, mas como efeito normal do funcionamento do conhecimento em coletivos e estilos de pensamento. O ponto decisivo é que a controvérsia é funcional no círculo esotérico, mas tende a ser apagada quando o conhecimento circula e é reformatado nos gêneros do círculo exotérico (manual, livro didático, divulgação científica).

No espaço de produção especializada, Fleck (2010) descreve a ciência dos periódicos como um tipo de discurso pessoal, fragmentário, inovador e provisório, que trata de recortes de problemas, hipóteses em verificação, resultados ainda não totalmente integrados ao sistema consolidado. Essa ciência é marcada por um

“tom de humildade e de precaução” precisamente porque o reconhecimento é negociado no coletivo de especialistas.

Aplicando isso ao conceito de vida, no círculo esotérico, “vida” é frequentemente um operador de pesquisa que precisa funcionar em um programa (evolução, informação, autopoiese, não-equilíbrio etc.). As tensões entre definições são, em boa medida, o modo pelo qual o coletivo delimita problemas, decide o que conta como evidência e ajusta seus critérios. A controvérsia aqui é um motor de diferenciação e refinamento interno.

O salto fleckiano importante é mostrar que entre a controvérsia dos periódicos e a circulação ampla existe uma instância de estabilização: a ciência dos manuais. Nos manuais, a ciência aparece de forma sistemática, impessoal e assegurada, como um mosaico bem articulado, no qual as incongruências dos periódicos são conjugadas para compor um sistema coerente. É nessa passagem que se consolida o que pode ser descrito como fato científico estabilizado: o manual não apenas compila; ele seleciona e ordena, produzindo uma narrativa conciliatória que tende a apresentar o desenvolvimento do saber omitindo dúvidas e dilemas do processo.

Para Fleck (2010), isso tem um efeito normativo, pois os conceitos “passam a dar o tom” e se tornam impositivos para o especialista, definindo o que não pode ser pensado de outra maneira e orientando onde investigar com acuidade redobrada. No caso de “vida”, isso ajuda a explicar por que certas definições ganham aparência de “centro”: não porque resolvam definitivamente o problema, mas porque se tornam boas sínteses estabilizadoras para um coletivo e para sua formação de iniciantes.

Quando o conhecimento migra do centro para a periferia (do esotérico ao exotérico), Fleck (2010) descreve uma transformação típica: a ciência popular (e, por extensão, grande parte da ciência escolarizada) se caracteriza por ser simplificada, ilustrativa e dogmática, simplificada pela ausência de detalhes e principalmente de polêmicas; dogmática por avaliações categóricas e apresentação apodítica.

Nesse deslocamento, o pensamento tende a ficar dominado pela plasticidade emotiva e a ganhar segurança subjetiva da religiosidade ou do óbvio, dispensando provas e regras coercitivas que são centrais no discurso especializado (Fleck, 2010). Em outras palavras, a atenuação de disputas não precisa ser lida como “erro pedagógico”, mas como mecanismo estrutural de recontextualização. Para circular e funcionar em outros contextos, o conhecimento costuma precisar ser fechado em formas mais rápidas, ensináveis e avaliáveis.

É nesse sentido que “vida” aparece como lista de critérios (reprodução, metabolismo, evolução, etc.), frequentemente sem historicidade nem disputa. A leitura fleckiana permite afirmar que isso não é apenas simplificação; é um modo de estabilização que reconfigura um objeto controverso em um conteúdo escolar com aparência consensual.

Um cuidado importante é que Fleck não descreve a circulação apenas como perda de sentido; ele sugere uma via de mão dupla. O fluxo centro-periferia simplifica, mas o fluxo periferia-centro oferece pano de fundo, esquemas linguísticos e perceptivos e bases de legitimidade social para a própria ciência especializada. Isso é relevante porque torna o ensino parte do circuito; a escola não é só “destino” do conhecimento; ela ajuda a compor as condições de inteligibilidade e legitimidade pública do que a ciência considera estabilizado. A bidirecionalidade e o papel legitimador do domínio exotérico são discutidos em leituras recentes que articulam Fleck a processos de divulgação e textualização, enfatizando efeitos retroativos do “popular” sobre o especializado (Fioresi & Silva, 2022).

Lemke (1990) ajuda a dar materialidade discursiva ao que Fleck descreve sociologicamente. Ele argumenta que a linguagem da sala de aula, do livro didático e das avaliações constrói uma oposição pervasiva e falsa entre um mundo de fato científico objetivo, autoritativo, impessoal e o mundo ordinário de incertezas, valores e interesses. Nessa linha, ele descreve regras não escritas do “falar ciência” na escola: preferência por voz passiva, apagamento de agentes, uso de abstrações nominais, efeitos que fazem “as pessoas desaparecerem da ciência”, reforçando a ideia de que ciência é algo feito por “cientistas” (eles), e não por “nós”.

Nesse sentido, a "pacificação" escolar de vida não é apenas conceitual; ela é, também, genérica e linguística. A forma escolar típica (definição → exemplos → exercícios → avaliação) premia enunciados fechados. Lemke (1990) mostra, inclusive, como disputas podem ser cortadas por apelos à autoridade ("lei" científica) em interações de sala de aula, reforçando a mística do fato. Assim, Fleck (2010) explica por que a controvérsia tende a sumir quando circula, ocorrendo por meio de gêneros e rotinas escolares que convertem controvérsias em respostas oficiais, com forte acento em autoridade e evidência como fechamento.

Diante do exposto, destacamos que no círculo esotérico, a pluralidade de "vida" é operacional, organizando problemas e métodos em estilos distintos. Na circulação, partindo de artigos, manuais, livros didáticos e escola, ocorre uma estabilização estrutural, fazendo com que disputas sejam silenciadas, transformando-se em definições e critérios. Lemke (1990) mostra que a estabilização é também uma tecnologia discursiva, pois a fala científica na escola favorece impessoalidade, autoridade e fechamento do sistema, o que pode explicar por que o conceito de vida, tão plural nos círculos esotéricos, aparece como uma lista de propriedades pacífica e consensual.

A leitura fleckiana da circulação do conhecimento pode ser enriquecida pelo diálogo com a noção de transposição didática (Chevallard, 1991) e de recontextualização. Coutinho, Mortimer e El-Hani (2007) propõem, por exemplo, um "perfil conceitual" para o conceito biológico de vida, identificando diferentes zonas (mecanicista, vitalista, evolucionista, sistêmica) que se aproximam da noção de estilos de pensamento aqui adotada. Esses autores tensionam a ideia de que o ensino deva simplesmente reproduzir a pluralidade científica, argumentando que o perfil conceitual permite ao professor e ao estudante transitar entre diferentes modos de pensar conforme o problema em questão.

Esse diálogo é produtivo porque reforça que a estabilização didática não é necessariamente um "erro", mas pode ser uma etapa de um ensino que, em momentos planejados, reintroduz controvérsias de modo formativo, sem exigir que o aprendiz domine todo o espectro da controvérsia científica.

IMPLICAÇÕES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS E FORMAÇÃO DE PROFESSORES

Tomar "vida" como um conceito plural na biologia especializada e, simultaneamente, como um enunciado estabilizado no ensino não exige concluir que a escola erra ou que docentes simplificam demais. A partir de Fleck (2010), entendemos que a estabilidade didática é um efeito típico da circulação de pensamento e dos gêneros em que o conhecimento é expresso (manualização, escolarização, avaliação). A questão pedagógica, então, não é corrigir a escola e os professores para que eles copiem o esotérico, mas intervir de modo consciente nos pontos em que a estabilização apaga controvérsias que poderiam ser formativas.

As implicações discutidas a seguir não pressupõem que professores da educação básica dominem as controvérsias especializadas sobre o conceito de vida, nem que o ensino de biologia deva reproduzir o círculo esotérico da ciência. O que propomos é reconhecer quando definições estabilizadas cumprem funções didáticas legítimas e quando a reintrodução controlada de controvérsias conceituais pode ser formativa, especialmente para o desenvolvimento de argumentação, justificativa e compreensão da ciência como prática histórica e social.

Listas de características, definições "de manual" e esquemas classificatórios cumprem funções escolares, como a introdução, comunicação rápida, avaliação e organização curricular. A intervenção produtiva que defendemos não é eliminar essas formas, mas explicitar seus limites, considerando-as como ponto de partida para a problematização, alinhando-se a uma perspectiva de trabalhar a vida como uma questão sociocientífica importante na biologia, como recomendam Reis e Galvão (2005), Martínez Pérez et al. (2011) e Ferreira et al. (2020).

Além disso, se a sequência típica nas salas de aula é definição, exemplo, exercícios e avaliação, o conceito tende a virar uma resposta oficial. Pequenas mudanças de rotina, como questões reflexivas, comparação de fontes, debates curtos, tarefas de justificação, permitem reabrir o conceito sem "atrapalhar" o currículo. No que diz respeito ao docente, não pretendemos que os professores dominem todas as controvérsias científicas, mas que sejam capazes de reconhecer estilos de pensamento e mapear o que se perde e se ganha

quando um conceito passa do esotérico ao exotérico. Em outras palavras, recomendamos fortemente que a epistemologia de Fleck esteja mais presente na formação docente, posição já defendida em outros trabalhos, como os de Lorenzetti, Muenchen e Slongo (2013), Costa, Silva-Forsberg e Oda (2015), Parreiras (2018) e Paixão e Paiva (2024). O foco passa a ser didático-epistemológico, focando em quando e por que usar uma definição estabilizada; quando e como reintroduzir tensões.

Por exemplo, em turmas de ensino médio, a apresentação inicial da vida como lista de características pode ser seguida por uma atividade de contraste entre casos-limite, solicitando aos estudantes que justifiquem, à luz de diferentes critérios, se tais entidades devem ou não ser consideradas vivas. Essa estratégia permite trabalhar o conteúdo curricular previsto e, simultaneamente, explicitar que diferentes critérios decorrem de diferentes estilos de pensamento.

É nesse sentido que defendemos que o ensino seja organizado por contrastes entre estilos de pensamento. No que diz respeito à questão da "vida", desenvolvida nesse trabalho, um caminho possível é a elaboração de mapas comparativos com perguntas orientadoras, como:

- Estilo Evolutivo-Histórico: vida faz sentido como história de linhagens? O que muda quando a explicação é narrativa e contingente?;
- Estilo Físico-Químico: vida é problema de ordem, informação e mecanismos? O que conta como evidência aqui?;
- Estilo Sistêmico-Organizacional: vida é padrão de organização/autopoiese? O que muda quando o foco é relação e não substância?;
- Estilo Termodinâmico da Auto-organização e Complexidade: vida como regime longe do equilíbrio? Como entram irreversibilidade, fluxos e auto-organização?
- Estilo Metateórico-operacional: por que definir vida pode falhar? O que fazer sem uma definição rígida?;

Essas questões não são normativas, mas apenas alguns exemplos de como operacionalizar esse movimento. Esse contraste não precisa ser exaustivo, basta operar como um organizador de inteligibilidade em relação ao problema. Outros exemplos podem ser desenvolvidos, como a questão dos vírus, príons, sementes em dormência, colônias, sistemas artificiais, etc., e projetos de busca de vida fora da Terra funcionam como casos-limite que podem fomentar discussões sobre o que cada definição privilegia. O objetivo é mostrar como os critérios mudam com o estilo de pensamento em questão.

Para ilustrar como a proposta pode ser operacionalizada em sala de aula sem exigir domínio filosófico aprofundado, apresentamos um exemplo breve:

Tabela 3 – Exemplo de operacionalização em sala de aula de um caso-limite.

Etapa	Atividade	Duração estimada
1	Apresentação da lista de características típicas dos seres vivos (manual)	10 minutos
2	Introdução do caso vírus: exibição de um esquema da estrutura viral e pergunta "O vírus é um ser vivo? Justifique usando a lista"	10 minutos
3	Debate em pequenos grupos: diferentes grupos recebem "cartões de estilo" (evolutivo: foco em evolução e replicação; físico-químico: foco em estrutura molecular; sistêmico: foco em organização autônoma) e devem responder à pergunta a partir do critério recebido	15 minutos
4	Discussão coletiva: conclusão de que diferentes critérios levam a respostas distintas – a definição de vida depende do estilo de pensamento	15 minutos
5	Fechamento: docente sistematiza que a ciência não tem uma resposta única e a importância da justificativa dos critérios utilizados	10 minutos

Esse exemplo busca mostrar que é possível reintroduzir controvérsia controlada sem sobrecarregar o professor ou os estudantes com toda a densidade teórica da filosofia da ciência. O foco está na justificação e na comparação de critérios, não na exaustividade dos estilos.

Dessa maneira, reforçamos a importância de deslocar o foco de "como o ensino erra ao simplificar o conteúdo" para "como o ensino estabiliza por circulação" e podemos reabrir o conceito de modo planejado. Assim, "vida" deixa de ser apenas um item introdutório e passa a funcionar como ponto privilegiado de problematização histórico-epistemológica e como eixo de discussões socio-científicas, sem exigir que os professores reproduzam o círculo esotérico, mas aprendendo a dialogar com ele.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Buscamos demonstrar neste trabalho que "vida" não aparece como conceito unívoco na literatura canônica porque diferentes coletivos de pensamento operam com problemas, critérios de validade e vocabulários distintos. Em contraste, no ensino e em materiais didáticos, o tema tende a assumir a forma de definição estabilizada, frequentemente como lista de propriedades, porque o conhecimento, ao circular do esotérico ao exotérico, é manualizado, reordenado e desprovido de polêmicas, ganhando comunicabilidade.

Em relação à nossa primeira questão, identificamos cinco eixos estilísticos, a saber: i) evolutivo-histórico, que considera vida como história de linhagens, variabilidade e explicações por causas finais, com centralidade de narrativa e contingência; ii) físico-químico/molecular, que define vida como problema de ordem material, informação e código e mecanismos de expressão, buscando explicação com base na física e na química; iii) sistêmico-organizacional, que trata vida como padrão de organização (autopoiese), rede de processos que produz e mantém a unidade e sua fronteira; iv) termodinâmica/complexidade, que define vida como regime de sistemas abertos longe do equilíbrio, com auto-organização, irreversibilidade e estruturas dissipativas; v) metateórico-operacional, que trata vida como problema epistemológico, privilegiando critérios e estratégias operacionais em vez de essências.

Em relação à segunda pergunta, Fleck permite entender a circulação da controvérsia ao consenso didático como efeito estrutural do tráfego de pensamento. No círculo esotérico, a controvérsia é funcional, organiza agendas, delimita evidências e refina conceitos em programas de pesquisa. Na circulação, ocorre um desvio de significado, em que o conteúdo é selecionado, simplificado e reorganizado; tensões são reduzidas, enunciados se tornam mais impessoais e apodíticos. Em relação à terceira pergunta, a discussão contribui ao oferecer um repertório comparativo para trabalhar "vida" como conceito em tensão, em que diferentes definições implicam diferentes critérios de evidência, fronteiras e decisões públicas. Isso sustenta abordagens de questões socio-científicas ao deslocar o ensino de resposta correta para justificação e argumentação, ao mostrar como escolhas conceituais têm efeitos em detecção, classificação e intervenção, e ao inserir historicidade e disputa como parte do próprio funcionamento da ciência.

Reconhecemos que a densidade teórica mobilizada pode contrastar com práticas escolares cotidianas; contudo, ela se justifica pelo esforço de explicitar pressupostos frequentemente naturalizados na circulação do conhecimento científico. Ao tornar visíveis esses pressupostos, o artigo não pretende complexificar artificialmente o ensino, mas oferecer instrumentos analíticos para decisões didáticas mais conscientes sobre quando estabilizar conceitos e quando reabrir controvérsias de modo pedagogicamente consciente e produtivo.

Entendemos que os estilos identificados respondem ao recorte realizado; no entanto, acreditamos que, para nossos objetivos neste trabalho, eles são suficientes. A principal contribuição é interpretar a pluralidade do conceito não como confusão a ser eliminada, mas como produto normal de estilos de pensamento e de suas condições de validade. Em vez de buscar uma definição final, o artigo explicita o que cada definição torna possível e como a circulação reconfigura o estatuto do conceito. Como estudo teórico-epistemológico, o trabalho não realizou levantamento empírico exaustivo de livros didáticos, aulas ou formações docentes, nem pretendeu mapear toda a bibliografia possível. Desdobramentos do trabalho incluem estudos empíricos de como "vida" é estabilizada em materiais e avaliações, desenho e teste de sequências didáticas com mapas de estilos e casos-limite, investigação de como a formação docente pode incorporar Fleck para planejar quando usar definições estabilizadas e quando reintroduzir controvérsias de modo didaticamente produtivo.

Agradecimentos

Gostaríamos de expressar nossos sinceros agradecimentos aos pareceristas pelo tempo dedicado à leitura e avaliação do nosso manuscrito. Seus comentários e sugestões foram fundamentais e nos ajudaram a aprimorar significativamente a qualidade e a clareza das ideias desenvolvidas neste trabalho.

Referências Bibliográficas

Atkins, P. W., de Paula, J., & Keeler, J. (2023). *Physical chemistry for the life sciences*. Oxford: Oxford University Press.

Benner, S. A. (2010). Defining life. *Astrobiology*, 10(10), 1021–1030. https://doi.org/10.1089/ast.2010.0524

Bertoni, D. (2012). *Gênese e Desenvolvimento do conceito de Vida.* (Tese de Doutorado – Educação). Universidade Federal do Paraná. https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/29744

Bich, L., & Green, S. (2018). Is defining life pointless? Operational definitions at the frontiers of biology. *Synthese*, 195(9), 3919–3946. https://doi.org/10.1007/s11229-017-1562-1

Calado, F. M., Scharfenberg, F. J., & Bogner, F. X. (2016). To what extent does genetic content in textbooks contribute to scientific literacy? Analysis of STSE issues in textbooks. *Revista Portuguesa de Investigação Educacional* (16), 253–287.

Capra, F. (1996). *The web of life: A new scientific understanding of living systems*. New York: Anchor Books.

Chevallard, Y. (1991). *La transposición didáctica: del saber sábio al saber enseñado.* Buenos Aires: Aique.

Cleland, C. E. (2020). *The quest for a universal theory of life: Searching for life as we don't know it*. Cambridge: Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781139046893

Costa, K. M. G., Silva-Forsberg, M. C., & Oda, W. (2015). Formação de professores de Química: Contribuições da epistemologia de Fleck. *Latin American Journal of Science Education*, 2, 1–14.

Coutinho, F. A.; Mortimer, E. F., & El-Hani, C. N. (2007). Construção de um perfil para o conceito biológico de vida. *Investigações em Ensino de Ciências, 12*(1), 115-137.

Cunha, M. A. C., Coqueiro, S. V. dos, Neves, A. C. D., & Neves, M. C. D. (2025). Paradigmas e Revoluções Científicas na cosmologia: Uma análise à luz da epistemologia da ciência de Thomas Kuhn. *Revista de Ensino de Física e Astronomia, 1*(1), 42-61.

Dobzhansky, T. (1973). Nothing in biology makes sense except in the light of evolution. *The American Biology Teacher*, 35(3), 125–129.

Ferraro, J. L. S. (2009). Da história natural à biologia: O conceito de vida nos livros didáticos. *Travessias, 3*(3), 34–62. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=702078554003

Ferraro, J. L. S. (2019). O conceito de vida: Uma discussão à luz da educação. *Educação & Realidade*, 44, e90398. https://doi.org/10.1590/2175-623690398

Ferraro, J. L. S. (2019). O conceito de vida: Uma discussão à luz da educação. *Educação & Realidade, 44*(4), e90398. https://doi.org/10.1590/2175-623690398

Ferreira, A. S., et al. (2020). A evolução dos estudos sobre questões sociocientíficas: Caracterização dos trabalhos apresentados em eventos brasileiros da área de ensino de ciências. *South American Development Society Journal*, 6(18), 257–257.

Fioresi, C. A., & da Silva, H. C. (2022). Ciência popular, divulgação científica e Educação em Ciências: Elementos da circulação e textualização de conhecimentos científicos. *Ciência & Educação, 28*, e22049. https://doi.org/10.1590/1516-731320220049

Gecow, A. (2025). Two coherent definitions of the life process are derived from the half-chaos theory and the (unintentional) purposeful information theory. *BioSystems*, 105533. https://doi.org/10.1016/j.biosystems.2024.105533

Josephino, M. F., Santos, M. C. F. dos, & Bastos, W. G. (2023). Professores, autores e livros didáticos: A definição de vida em compêndios de História Natural e Biologia (1930–1959) para o ensino secundário. *Cadernos de História da Educação*, 22, e212. https://doi.org/10.14393/che-v22-2023-212

Karat, M. T., & Giraldi, P. M. (2019). A origem da vida: Uma análise sobre a natureza da ciência em um vídeo educativo do YouTube. *ACTIO: Docência em Ciências*, 4(3), 58–76.

Kuzawa, C. W. (2007). Developmental origins of life history: Growth, productivity, and reproduction. *American Journal of Human Biology*, 19(5), 654–661. https://doi.org/10.1002/ajhb.20655

Lemke, J. L. (1990). *Talking science: Language, learning, and values*. Norwood: Ablex Publishing Corporation.

Linhares, S., & Gewandsznajder, F. (1998). *Biologia hoje: Citologia, histologia, origem da vida* (11. ed.). São Paulo: Ática.

Lorenzetti, L., Muenchen, C., & Slongo, I. I. P. (2013). A recepção da epistemologia de Fleck pela pesquisa em educação em ciências no Brasil. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, 15(3), 181–197. https://doi.org/10.1590/1983-21172013150311

Martínez Pérez, L. F., Carvalho, W. L. P., Lopes, N. C., Carnio, M. & Vargas, J. J. B. (2011). A abordagem de questões sociocientíficas no ensino de ciências: Contribuições à pesquisa da área. In *Anais do Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências* (Vol. 8).

Maturana, H. R., & Varela, F. J. (1980). *Autopoiesis and cognition: The realization of the living*. Dordrecht: D. Reidel Publishing Company.

Mayr, E. (1982). *The growth of biological thought: Diversity, evolution, and inheritance*. Cambridge: Belknap Press of Harvard University Press.

Meincke, A. S. (2019). Autopoiesis, biological autonomy, and the process view of life. *European Journal for Philosophy of Science*, 9(1), Article 5. https://doi.org/10.1007/s13194-018-0220-8

Monod, J. (1970). *Le hasard et la nécessité: Essai sur la philosophie naturelle de la biologie moderne*. Paris: Éditions du Seuil.

Müller, G. C. K. (2005). Alcances e fragilidades: Os temas de vida e morte nos livros didáticos. *Educação: Revista do Centro de Educação*, 30(1), 165–180.

National Research Council. (1990). *The search for life's origins: Progress and future directions in planetary biology and chemical evolution*. Washington: National Academy Press.

Nehm, R. H., & Kampourakis, K. (2013). History and philosophy of science and the teaching of macroevolution. In *International handbook of research in history, philosophy and science teaching* (pp. 401–421). Dordrecht: Springer Netherlands.

Nicolini, L. B., Falcão, E. B. M., & Faria, F. S. (2010). Origem da vida: Como licenciandos em Ciências Biológicas lidam com este tema? *Ciência & Educação*, 16(2), 355–367. https://doi.org/10.1590/S1516-73132010000200007

Paixão, M. S., Santos, J. D. A. dos, & Paiva, J. A. de. (2024). Identidade e saberes docentes: Uma análise a partir da epistemologia de Ludwik Fleck. *Investigações em Ensino de Ciências*, 29(2), 296–308.

Parreiras, M. M. M. (2018). *Contribuições da epistemologia de Ludwik Fleck para a formação de professores em Educação do Campo: Um estudo dos estilos de pensamento sobre o conceito de natureza* (Tese de doutorado, Universidade Federal de Minas Gerais). Repositório Institucional da UFMG. https://repositorio.ufmg.br/items/c3eb5976-46ba-4d27-bf85-e8865eb076ee

Prigogine, I., & Stengers, I. (1984). *Order out of chaos: Man's new dialogue with nature*. New York: Bantam Books.

Pross, A. (2016). *What is life? How chemistry becomes biology*. Oxford: Oxford University Press.

Reis, P., & Galvão, C. (2005). Controvérsias socio-científicas e prática pedagógica de jovens professores. *Investigações em Ensino de Ciências*, 10(2), 131–160.

Santos, A. F. (2017). A teoria de Fleck na pesquisa em Educação Científica e Tecnológica da UFSC. *Com a Palavra o Professor, 2*(4), 47–62.

Schmitt, L. A., Albiero Junior, A., & Carvalho, I. C. de M. (2023). Trazendo a prática da educação em ciências e em biologia de volta à vida. *Educação & Realidade*, 48, e125347. https://doi.org/10.1590/2175-6236125347vs01

Schrödinger, E. (1959). *What is life? The physical aspect of the living cell & mind, and matter*. Cambridge: Cambridge University Press.

Silva, M. G., Costa, A., Dias, M. A. da S. & Luna, K. P. de O. (2021). A termodinâmica da vida. *Revista Sustinere*, 9(1), 405–421. https://doi.org/10.12957/sustinere.2021.57763

Silva, O. H. M. da, & Laburú, C. E. (2010). Inserção de componentes históricos e filosóficos em disciplinas das ciências naturais no ensino médio: Reflexões a partir das controvérsias historiográficas entre Kuhn e Lakatos. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias, 5*(2), 69-81.

Takahashi, B. T. (2018). *A formação inicial de professores de ciências no estágio supervisionado: Compreendendo a identidade docente a partir da teoria das representações sociais e da epistemologia de Ludwik Fleck* (Tese de doutorado, Universidade Estadual de Maringá). Repositório Institucional da Universidade Estadual de Maringá. http://repositorio.uem.br:8080/jspui/handle/1/4655

Tursi, V. C. C., & Ribeiro, G. A. C. (2024). Astrobiologia: A vida, o universo e tudo o mais. *Caderno Intersaberes*, 13(45), 333–349.

Marllon Moreti de Souza Rosa
Titulação: Mestre em Ensino de Ciências e Educação Matemática
Afiliação Institucional: Universidade Estadual de Londrina, Londrina, Paraná, Brasil | Europa-Universität Flensburg, Flensburg, Schleswig-Holstein, Alemanha
E-mail: marllonmoretti6@gmail.com
Contribuição da autoria: Administração da autoria, análise formal, conceituação, escrita (primeira versão, revisão e edição), investigação e validação.

Wellington Donizet Ferreira
Titulação: Doutor em Entomologia
Afiliação Institucional: Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano – Campus Guanambi, Bahia, Brasil
E-mail: wellington.ferreira@ifbaiano.edu.br
Contribuição da autoria: Administração da autoria, análise formal, conceituação, escrita (primeira versão, revisão e edição), investigação e validação.

Financiamento

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Disponibilidade de dados

Não foram utilizados dados de pesquisa.

Declaração de conflito de interesse

As pessoas autoras declaram não haver conflito de interesse.

Editor Responsável

Vanessa Cappelle

Contato

Centro de Ensino de Ciências e Matemática de Minas Gerais – CECIMIG
Faculdade de Educação – Universidade Federal de Minas Gerais
revistaepec@gmail.com

O CECIMIG agradece ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico) e à FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais) pela verba para a editoração deste artigo.