

Alfabetização Biológica

Biological Literacy

José Adriano Cavalcante Angelo

Universidade Federal de Sergipe
adriano.angelo@gmail.com

Adjane da Costa Tourinho e Silva

Universidade Federal de Sergipe
adjane@academico.ufs.br

Resumo

Alfabetizado biologicamente é o indivíduo que compreende os princípios e conceitos da Biologia de forma inter-relacionada aos aspectos sociais, históricos, filosóficos, culturais, econômicos e tecnológicos envolvidos, além de ser capaz de transformar a sociedade em que vive e solucionar os problemas da contemporaneidade a partir do conhecimento biológico e do método científico. Este artigo teórico discute a Alfabetização Biológica a partir das perspectivas de níveis de desenvolvimento e da categorização em dimensões e componentes. Tem como objetivo propor um modelo de Alfabetização Biológica que oriente as práticas pedagógicas e pesquisas no Ensino de Biologia.

Palavras-chave: Alfabetização Biológica, Alfabetização Científica, Ensino de Biologia.

Abstract

Biologically literate is the individual who understands the principles and concepts of Biology in an interrelated way to the social, historical, philosophical, cultural, economic and technological aspects involved, in addition to being able to transform the society in which they live and solve contemporary problems based on biological knowledge and the scientific method. This theoretical paper discusses Biological Literacy from the perspectives of levels of development and categorization into dimensions and components. It aims to propose a model of Biological Literacy to guide pedagogical practices and research in Biology Teaching.

Key words: Biological Literacy, Scientific Literacy, Biology Teaching.

Introdução

A Alfabetização Científica pode ser compreendida como um processo de formação científica envolvendo a apropriação de conhecimentos, práticas e valores pelos indivíduos, de maneira que eles sejam capazes de compreender e analisar situações, solucionar problemas, tomar

decisões e exercer plenamente a sua cidadania na sociedade atual, repleta de ciência e tecnologia (SILVA; SASSERON, 2021).

Nesse contexto de formação científica, a Biologia desponta como uma Ciência da Natureza que, mesmo dependente dos fenômenos físicos e químicos, possui características, propriedades e metodologias próprias. Dessa forma, Onel e Durdukoca (2019) argumentam que se torna necessário discutir além da Alfabetização Científica, as especificidades da alfabetização em diferentes campos disciplinares, tratando, assim, da Alfabetização Biológica.

Semilarski (2022) enfatiza que o Ensino de Biologia deve objetivar a Alfabetização Biológica em todos os estudantes. Esse aspecto volta a entrar em evidência com a atual crise ambiental instalada, que ameaça a biodiversidade da Biosfera e a própria existência do ser humano, e também, mais recentemente, com a pandemia da Covid-19, que colocou em pauta temas como saúde coletiva e vacinação, dando visibilidade às fragilidades na Alfabetização Biológica das pessoas em várias partes do mundo.

Assim, temos a Alfabetização Biológica como uma divisão da Alfabetização Científica, que trata especificamente da disciplina Biologia, atenta à sua epistemologia e função social, não sendo tal alfabetização apenas algo que possa ser aprendido pontualmente na escola, mas um contínuo que se desenvolve durante toda a vida.

Indivíduos alfabetizados biologicamente compreendem os princípios e conceitos fundamentais da Biologia, consideram as características dos conhecimentos e métodos desta ciência, a Natureza da Biologia (NdB), bem como os processos sociais, históricos, filosóficos, culturais, econômicos, ambientais e éticos envolvidos. Além disso, espera-se que desenvolvam funções executivas de controle cognitivo, controle de atenção, tomada de decisão, pensamento crítico, criatividade, expertise e metacognição a partir do pensamento da Biologia.

Assim, o processo de Alfabetização Biológica vai além da memorização de termos e definições, se encarregando de suprir a necessidade de ampliar os horizontes da Educação em Biologia (SEMILARSKI, 2022) e possibilitando aos indivíduos a competência em desenvolver estudos autônomos posteriores à escola (BSCS, 1993; UNO; BYBEE, 1994).

Essa capacidade de entendimento acerca da Biologia contempla a observação, classificação, planejamento e condução de investigações científicas, interpretação de dados e inferência, assim como a compreensão de que o conhecimento biológico é público, empírico, replicável e histórico (UNO; BYBEE, 1994).

A Alfabetização Biológica determina a liberdade de analisar opções éticas, socioeconômicas e políticas, que se relacionam com o futuro do meio ambiente e do ser humano e, dessa forma, torna-se fundamental para a formação cidadã, pautada na responsabilidade e solidariedade, devendo partir dos conceitos estruturantes acerca dos sistemas vivos (VERÍSSIMO; RIBEIRO, 2001).

Dessa forma, a importância de pesquisar este tema se dá no fornecimento de parâmetros para que a comunidade docente possa orientar o ensino nessa perspectiva, assim como avaliar suas propostas didáticas e o nível de Alfabetização Biológica dos alunos.

Portanto, este artigo apresenta uma pesquisa teórico-conceitual de Doutorado, em andamento, e tem como objetivos (a) discutir a Alfabetização Biológica a partir de duas perspectivas: a primeira, que a organiza em níveis de desenvolvimento e a segunda, que a categoriza em dimensões e seus componentes; e (b) propor um modelo de Alfabetização Biológica.

Alfabetização biológica: níveis, dimensões e componentes

Neste tópico, discutiremos a Alfabetização Biológica a partir de duas perspectivas. Uma que a considera em seus níveis (BSCS, 1993; KRASILCHIK, 2019; UNO; BYBEE, 1994) e outra, mais atual, que a considera em diferentes dimensões e componentes (BREWER; SMITH, 2011; SEMILARSKI, 2022; SEMILARSKI; LAIUS, 2021).

Em nossa pesquisa, optamos por utilizar o termo *Alfabetização Biológica*, em vez de *Letramento Biológico* ou *Literacia Biológica* (para a tradução do inglês de *Biological Literacy*), pelo alinhamento à perspectiva freiriana de alfabetização que se ancora na ideia de codificação e decodificação de signos, a qual se efetiva com a análise crítica das situações e contextos pelos sujeitos alfabetizados (FREIRE, 2013; KAUANO; MARANDINO, 2022; KRASILCHIK; MARANDINO, 2004; SILVA; SASSERON, 2021). Também distinguiremos a perspectiva conceitual da Alfabetização Biológica (nome próprio com iniciais maiúsculas) da processual, alfabetização biológica (com iniciais minúsculas), tendo como referência a discussão apresentada por Silva e Sasseron (2021).

Níveis da Alfabetização Biológica

Segundo Uno e Bybee (1994), a Alfabetização Biológica não é um fim único a ser alcançado nas aulas de Biologia, mas um contínuo ao longo do qual uma pessoa constrói durante sua vida. A descrição de um modelo de Alfabetização Biológica, com quatro níveis, que os alunos podem alcançar na escola – Nominal, Funcional, Estrutural e Multidimensional – é apresentada pelos autores (BSCS, 1993; UNO; BYBEE, 1994) e, posteriormente, em língua portuguesa, por Krasilchik (KRASILCHIK, 2019). Esses níveis são ascendentes e interdependentes.

Uno e Bybee (1994) defendem ser mais apropriado que os indivíduos ocupem diferentes posições ao longo de um contínuo de alfabetização biológica para diferentes conceitos da Biologia, de forma que o papel do professor seja o de mediar os estudantes para um diferente nível de alfabetização. Nesse aspecto, Krasilchik (2019) indica que ao final do ensino médio, os estudantes devam estar alfabetizados biologicamente, e que, além de um domínio conceitual da Biologia, possam pensar de forma autônoma, adquirir e avaliar informações e utilizar os conhecimentos biológicos na sua vida cotidiana.

No primeiro nível, Alfabetização Biológica Nominal, os indivíduos conseguem apenas identificar alguns termos como pertencentes ao domínio da Biologia, sem que cheguem a compreendê-los de fato, ou seja, são incapazes de utilizá-los em outro contexto, como na análise de situações cotidianas, por exemplo. Assim, são alfabetizados apenas em relação aos termos e conceitos em si mesmos.

Neste nível, os termos, conceitos e princípios da Biologia não apresentam um significado consistente para os sujeitos, que facilmente constroem concepções erradas (UNO; BYBEE, 1994) e, muito comumente, podem se confundir com terminologias que tenham pronúncias similares, ou, muitas vezes, generalizam de forma equivocada os diferentes seres biológicos.

Essa compreensão frágil da Biologia é ampliada na Alfabetização Biológica Funcional, a qual é, de certa forma, ainda limitada. Neste nível, mesmo sendo capazes de ler, memorizar e definir os termos e conceitos biológicos com precisão, os indivíduos não apresentam uma compreensão sistêmica da Biologia.

No nível Funcional da Alfabetização Biológica, além de não terem um entendimento amplo da Biologia, os estudantes não se empolgam com a investigação científica, nem desenvolvem interesse pelos fenômenos biológicos, mesmo sabendo de sua importância (BSCS, 1993). Neste

nível, os indivíduos são capazes de manter uma discussão sobre temáticas biológicas (BSCS, 1993; UNO; BYBEE, 1994), mas sem aprofundamento ou análise das circunstâncias.

Já uma pessoa alfabetizada biologicamente no nível Estrutural é capaz de compreender os esquemas, de explicar determinadas temáticas e relacionar diferentes assuntos da Biologia. Segundo Uno e Bybee, os alunos demonstram estar neste nível

[...] quando compreendem como os fatos, explicações e teorias biológicas foram desenvolvidas, quando são capazes de aplicar informações sobre o assunto a novas situações e quando conhecem e apreciam o significado das informações para a biologia e para si mesmos (UNO; BYBEE, 1994, p. 556, tradução nossa).

A Alfabetização Biológica Estrutural pode ser explicada a partir do processo de crescimento da “árvore metafórica” (UNO; BYBEE, 1994, p. 555, tradução nossa), em que os autores se referem aos métodos e investigações científicas. Nesta metáfora, o tronco da árvore é o conceito central de Evolução. Assim, de forma relacionada ocorre a compreensão dos galhos (que se referem aos diferentes conceitos), das folhas (fatos e fenômenos biológicos) e do tronco, configurando-se a Alfabetização Biológica Estrutural. Ainda mais: o entendimento de todos os processos envolvidos no crescimento dessa árvore, ou seja, dos seu tronco, galhos e folhas, compreende a Natureza da Biologia e a investigação científica (BSCS, 1993; UNO; BYBEE, 1994).

Neste nível de alfabetização biológica é explícita a capacidade de explicar os termos, conceitos e fenômenos biológicos com suas próprias palavras, pois, além de o indivíduo conhecer o assunto, conhece como o conhecimento biológico é produzido e obtido e mantém o interesse na Biologia. Aqui, há o desenvolvimento de recursos cognitivos como a atenção executiva e memórias de trabalho e de longo prazo, assim como o funcionamento executivo na tomada de decisão, pensamento crítico, pensamento criativo, expertise e metacognição.

O último nível, Alfabetização Biológica Multidimensional, “[...] representa uma compreensão ampla, detalhada e interconectada de um assunto em Biologia” (UNO; BYBEE, 1994, p. 556, tradução nossa). Segundo os autores, tal nível leva em conta a influência de questões históricas, sociais, políticas, matemáticas, econômicas, globais e, por vezes, tecnológicas na construção e utilização dos conhecimentos, desenvolvendo-se a capacidade de investigação, coleta de informações e resolução de problemas de ordem biológica.

Com o nível Multidimensional de Alfabetização Biológica, por exemplo, ao tratar sobre os impactos ambientais da produção agropecuária no cerrado brasileiro, um indivíduo compreende aspectos relacionados aos processos ecológicos desse tipo de produção, assim como as relações históricas, políticas e econômicas envolvidas no agronegócio, desde questões relativas ao desmatamento, às espécies de animais e plantas criados/cultivadas (e seus transgênicos), o ciclo do fogo, as relações com o avanço das tecnologias e a produtividade no campo, ultrapassando o âmbito apenas da Biologia.

Nesta perspectiva, Bybee (1997), argumenta que alguns indivíduos são científico e tecnologicamente analfabetos. Esta característica pode se dar pela sua idade, estágio de desenvolvimento ou por algum distúrbio cognitivo. Dessa forma, ao considerar a Alfabetização Biológica, pessoas analfabetas biologicamente não compreendem os conceitos, termos e fenômenos como próprios da Biologia.

Vale ressaltar, entretanto, que esses diferentes níveis se relacionam a conteúdos específicos da Biologia, de forma que os indivíduos podem estar em diferentes níveis de Alfabetização Biológica simultaneamente (UNO; BYBEE, 1994). Por exemplo, estudantes podem possuir um

nível Estrutural em Ecologia de Populações e Funcional em Respiração Celular.

O Quadro 1 apresenta os níveis de Alfabetização Biológica discutidos e suas características:

Quadro 1: Níveis da Alfabetização Biológica

Nível da Alfabetização Biológica	Características
Analfabetismo Biológico	Incapaz de compreender algo como pertencente ao domínio da Biologia.
Alfabetização Biológica Nominal	Reconhece termos e conceitos como do domínio da Biologia; Não consegue explicar corretamente conceitos biológicos.
Alfabetização Biológica Funcional	Usa termos biológicos de forma adequada; Define corretamente conceitos biológicos; Memoriza as definições biológicas; Não há compreensão dos significados dos termos e conceitos da Biologia.
Alfabetização Biológica Estrutural	Entende os esquemas conceituais da Biologia; Possui conhecimento dos processos e habilidades biológicos; É capaz de explicar com suas próprias palavras os conceitos, procedimentos e fenômenos biológicos; Apresenta domínio conceitual da Biologia.
Alfabetização Biológica Multidimensional	Compreende o lugar da Biologia em relação às outras ciências; Conhece os processos históricos relacionados à Biologia; Conhece a Natureza da Biologia; Entende a relação entre a Biologia, Tecnologia e Sociedade; Relaciona a Biologia com outras ciências; Apresenta domínio conceitual, social, epistêmico e material da Biologia; Aplica o conhecimento biológico na resolução de problemas autênticos.

Fonte: Adaptado de BSCS (1993), Bybee (1997), Krasilchik (2019) e Uno e Bybee (1994).

Dimensões da Alfabetização Biológica

Considerando a Alfabetização Biológica em suas dimensões e componentes é possível compreendê-la a partir de diferentes perspectivas, que relacionam as dimensões cognitivas e afetivas, sustentabilidade, interdisciplinaridade, Natureza da Biologia (NdB) e escolha de carreiras (SEMILARSKI, 2022; SEMILARSKI; LAIUS, 2021).

A seguir, essas dimensões serão apresentadas, e por se tratar de uma pesquisa em andamento, apenas a dimensão cognitiva terá os seus componentes discutidos, de forma que, a partir daí, venha a gerar reflexão e aprimoramento.

Dimensão cognitiva

A Dimensão Cognitiva envolve o uso da atividade mental em relação à construção do conhecimento biológico, ao entendimento dos conceitos centrais, à aquisição e ao uso de habilidades cognitivas na Biologia e na investigação biológica. Abaixo, descrevemos os componentes de tal dimensão.

O *Conhecimento biológico* possui características e princípios próprios (POLISELI; OLIVEIRA; CHRISTOFFERSEN, 2013), que são absolutos ou apenas quantitativos: Características conceituais, Propriedades especiais dos organismos vivos e Características metodológicas. As Características Conceituais estão pautadas nos conceitos específicos da

Biologia que não são reduzíveis aos conceitos e teorias das ciências físicas; no antiessencialismo; na teleonomia e adaptabilidade, na importância das narrativas históricas; na importância de esquemas explicativos, na prevalência de indeterminação de eventos; na falta de importância de leis universais; e na qualidade das ações dos organismos. As Propriedades Especiais dos Organismos Vivos estão pautadas na presença da história herdada de um programa genético; na enorme complexidade até mesmo nos organismos mais simples; no alto grau de organização; e em uma não constância de taxas devido a variação evolutiva. Já as Características Metodológicas, estão postas a partir da importância da observação, além da experimentação; dos métodos comparativos; assim como a multiplicidade de soluções para o mesmo problema (MAYR, 1996).

Os *Conceitos centrais* referenciam à construção do conhecimento biológico, a partir de suas características: Propriedades químicas peculiares; mecanismo de regulação próprio; programações genéticas sujeitas à evolução; organização, teleologia e abertura dos sistemas e diferentes delimitações de magnitude; de forma a permitir que os organismos evoluam, se reproduzam, cresçam e se diferenciem, possuam metabolismo e homeostase, respondam à estímulos e se adaptem (VERÍSSIMO; RIBEIRO, 2001).

Essa perspectiva de conceitos fundamentais da Biologia também é contemplada por Semilarski e Laius (2021). Para as autoras, a evolução, estrutura e função dos seres vivos, fluxo, troca e armazenamento de informações, caminhos e transformação da matéria e energia e sistemas, são importantes para a educação em Biologia e indispensável para a alfabetização biológica.

Com esse mesmo entendimento, o relatório *Vision and Change in Undergraduate Biology Education: a call to action*, da *American Association for the Advancement of Science (AAAS)*, aponta cinco conceitos centrais para proporcionar uma melhora no ensino de Biologia, refletindo na elaboração curricular e contribuindo para a alfabetização biológica dos estudantes, a saber: Evolução; Estrutura e Função; Fluxo, Troca e Armazenamento de Informações; Caminhos e Transformações da Matéria e Energia; e Sistemas (BREWER; SMITH, 2011).

As *Habilidades cognitivas na Biologia* são fundamentais para que os estudantes compreendam, produzam e comuniquem o Conhecimento biológico: Habilidade de Aplicar os Procedimentos da Biologia, Habilidade de Usar Raciocínio Quantitativo da Biologia, Habilidade de Usar Modelagem e Simulação, Habilidade de Explorar a Natureza Interdisciplinar, Habilidade de Comunicação com Outras Disciplinas, Habilidade de Compreender a Relação entre a Ciência e Sociedade, Habilidades de tomada de decisão, Resolução de problemas em questões biológicas e ambientais, Pensamento crítico, Pensamento criativo e Criatividade científica (BREWER; SMITH, 2011; SEMILARSKI; LAIUS, 2021).

A *Investigação Biológica*, como componente, é tratada por Lederman (2018) como mais ampla que o método científico. Semilarski e Laius (2021) afirmam que a Biologia usa mais a observação do que as outras ciências, já que em muitas situações o uso da experimentação é inviável e inoperante, e que pessoas alfabetizadas biologicamente podem planejar e realizar investigações em Biologia. Nesse aspecto, Santos et al. (2020) discutem que o processo de investigação em Biologia é essencial para a efetivação do letramento científico, seja na investigação da ação educativa do docente (no Ensino de Ciências e Biologia), seja no desenvolvimento de processos investigativos desenvolvido pelos estudantes.

Dimensão afetiva

A Dimensão afetiva da Alfabetização Biológica é composta, segundo Semilarski (2022), pelos valores, atitudes, crenças e bioética. Dessa forma, pessoas alfabetizadas biologicamente devem ter uma atitude positiva em relação à Biologia (SEMILARSKI; LAIUS, 2021), valorizando-a

(BSCS, 1993; UNO; BYBEE, 1994).

Afetividade é entendida como a disposição que a pessoa tem de ser afetada por sensações que, para ela, são agradáveis ou desagradáveis, a partir de fatores fisiológicos, representacionais e de autocontrole através de emoções, sentimentos e paixões respectivamente (MAHONEY; ALMEIDA, 2007).

Esta dimensão da Alfabetização Biológica está centrada no desenvolvimento de atitudes, habilidades e conhecimentos com maior profundidade, de forma a gerar engajamento, por exemplo, em discursos públicos sobre questões sociocientíficas e políticas (GARDNER *et al.*, 2016). Também compõem a Dimensão afetiva os valores, crenças e a bioética (SEMILARSKI; LAIUS, 2021).

Sustentabilidade

A Alfabetização Biológica deve ter como uma de suas dimensões a sustentabilidade, de forma que pessoas alfabetizadas biologicamente desenvolvam comportamentos e tomem decisões responsáveis em relação à preservação do meio ambiente (SEMILARSKI; LAIUS, 2021), considerando os impactos que o ser humano causa à Natureza. Neste aspecto, a Sustentabilidade como uma dimensão da Alfabetização Biológica, se importa com o desenvolvimento de uma consciência crítica (OLIVEIRA *et al.*, 2019) às questões sociais, culturais e ambientais (SEMILARSKI; LAIUS, 2021). Esta dimensão da Alfabetização Biológica é tratada de uma perspectiva ecológica, no entanto, é indissociável a Educação Ambiental no Ensino de Biologia.

Dimensão Interdisciplinar

Esta dimensão reflete a característica interdisciplinar da Biologia, pois, as situações biológicas são mais amplas que apenas os seus conhecimentos, conceitos, termos, linguagem e metodologia.

Nas disciplinas científicas, a interdisciplinaridade se faz necessária para uma efetiva promoção da Alfabetização Científica, de forma a contribuir com a interação entre as demais, em seus aspectos físicos, biológicos e sociais. (CHASSOT, 2018; FAZENDA, 2011). Assim, há uma diversidade de subcampos das Ciências Biológicas que objetivam o desenvolvimento de processos de Alfabetização Biológica próprios, e todos se relacionam ao Ensino de Biologia (SEMILARSKI, 2022).

Compreendemos, portanto, que uma perspectiva interdisciplinar na Alfabetização Biológica é requisito para uma melhor compreensão conceitual na criação de redes que contemplem tanto os processos psicológicos envolvidos quanto a relação da Biologia com outros contextos.

Natureza da Biologia

A compreensão da Natureza da Biologia passa pela compreensão de Natureza da Ciência, a qual pode ser entendida como “[...] um conjunto de elementos que tratam da construção, estabelecimento e organização do conhecimento científico” (MOURA, 2014, p. 32), considerando suas bases epistemológicas, filosóficas, históricas e culturais (LEDERMAN, 2007; MOURA, 2014).

Sobre a Natureza da Biologia, Wandersee *et al.* (2002, p. 25) afirmam que o conhecimento biológico “[...] consiste em vários tipos de representações mentais - declarativas e processuais, lógicas e emocionais, experienciais e recebidas, privadas e públicas, semânticas e estruturais, básicas e aplicadas”, e que a Biologia estuda as coisas vivas. Uma alusão ao fenômeno da vida.

Mesmo os seres vivos sendo o principal objeto do conhecimento biológico, o entendimento

acerca dos conceitos de vida é influenciado por fatores sociais, culturais, dos ambientes informais e da educação formal (WANDERSEE; FISCHER; MOODY, 2002). Portanto, a Natureza da Biologia considera os conhecimentos biológicos, a partir do fenômeno vida, nas suas diversas dimensões (epistemológica, filosófica, histórica, social e cultural).

Dessa forma, percebemos a necessidade de que a Alfabetização Biológica considere a aprendizagem conceitual a partir da perspectiva de um *corpus* epistemológico, histórico, filosófico, social e cultural próprio da Biologia.

Consciência de Carreiras Relacionadas à Biologia

O Ensino de Biologia no Século XXI deve considerar a relação entre a Alfabetização Biológica com a sensibilização para escolhas profissionais que se relacionem à Biologia, desde o nível celular, até o ambiental. Dessa forma, estudantes alfabetizados biologicamente desenvolvem maior afinidade com os diferentes campos de estudo biológicos.

Portanto, considera-se que o professor de Biologia deve estar familiarizado com as novas profissões e as competências próprias, de forma que seus alunos não percam oportunidades de carreira por falta desse conhecimento (GERARD *et al.*, 2019; SEMILARSKI, 2022; SEMILARSKI; LAIUS, 2021; ŠORGO; ŠPERNJAK, 2020).

No Quadro 2, estão dispostas as Dimensões e os respectivos Componentes da Alfabetização Biológica.

Quadro 2: Dimensões da Alfabetização Biológica

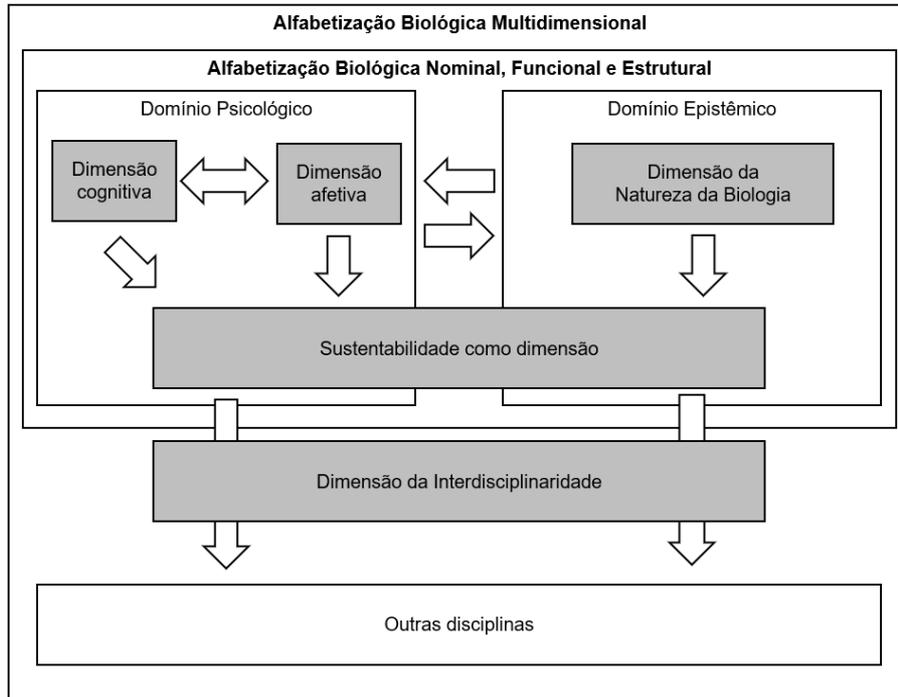
Dimensão da Alfabetização Biológica	Componentes
Cognitiva	Conhecimento biológico, Conceitos centrais, Habilidades cognitivas na Biologia, Investigação biológica.
Afetiva	Valores, Atitudes, Crenças, Bioética.
Sustentabilidade	Relação ser humano-Natureza
Interdisciplinaridade	Ambiente, Ecologia, Saúde, Genética, Biotecnologia, Cultura, Sociedade, Tecnologia, História, outras disciplinas etc.
Natureza da Biologia	Aspectos epistemológicos, filosóficos, históricos, sociais e culturais.
Consciência de Carreiras Relacionadas à Biologia	Escolha de carreiras e competências gerais para isso.

Fonte: Adaptado de Semilariski (2022); Semilariski e Laius (2021).

Modelo de Alfabetização Biológica

Partindo da perspectiva de Alfabetização Biológica como um contínuo em desenvolvimento durante a vida das pessoas, que se organiza em níveis ascendentes de domínio da Biologia (BSCS, 1993; KRASILCHIK, 2019; UNO; BYBEE, 1994), e em sua relação com diferentes dimensões e componentes (SEMILARSKI, 2022; SEMILARSKI; LAIUS, 2019), elaboramos um modelo de Alfabetização Biológica, apresentado na Figura 1:

Figura 1 – Alfabetização Biológica



Fonte: Os autores.

Esse modelo organiza as dimensões cognitiva, afetiva e da sustentabilidade como Domínio Psicológico. Neste, a atividade mental de construção do conhecimento, entendimento de conceitos, aquisição e uso habilidades, se relacionam de forma bidirecional com fatores fisiológicos, representacionais e de autocontrole, no que concerne à Biologia, em um processo de elaboração e reelaboração.

As dimensões da Natureza da Biologia e da sustentabilidade compõem o Domínio Epistêmico, que é entendido como as bases filosóficas em que os membros de comunidades científicas desenvolvem e avaliam o conhecimento (DUSCHL, 2008; SILVA *et al.*, 2022), e “[...] decidem o que sabem e porque estão convencidos de que o sabem” (STROUPE, 2014, p. 492, tradução nossa).

O Domínio Psicológico, aqui organizado, se relaciona com o Domínio Epistêmico, em duas vias com sentidos opostos, de forma que os processos envolvidos influenciam-se e transformam-se epistemológico, histórico, filosófico, social e culturalmente.

A Sustentabilidade como dimensão tem sua construção a partir das dimensões cognitiva e afetiva e da Natureza da Biologia, e figura-se em comportamentos e atitudes que considerem o conhecimento sobre a Biologia e diversas habilidades, na relação dos seres humanos com o ambiente e na preservação da Natureza. Essa dimensão está presente tanto no Domínio Psicológico, quanto no Domínio Epistêmico.

Dessa forma, os Domínios Psicológico Epistêmico são suficientes para a Alfabetização Biológica até o nível Estrutural. Como a Alfabetização Biológica Multidimensional caracteriza-se pela capacidade de compreender a Biologia de forma interconexa e manter o aprendizado ao longo da vida, considerando, inclusive, os processos históricos, epistêmicos, tecnológicos e materiais da produção dos esquemas conceituais e principais conceitos biológicos, é por meio da Dimensão da Interdisciplinaridade que é possível alcançar este último nível.

Conclusão

Neste artigo definimos a Alfabetização Biológica como um ramo da Alfabetização Científica, que trata da disciplina Biologia, e se desenvolve durante a vida dos indivíduos, de forma a compreender os princípios e conceitos biológicos, considerando os conhecimentos e procedimentos, sua natureza e, interdisciplinarmente, os processos sociais, históricos, filosóficos, culturais, econômicos, ambientais, éticos e tecnológicos envolvidos, com o desenvolvimento do funcionamento executivo a partir da Biologia.

As contribuições se dão na medida em que a proposição de um modelo de Alfabetização Biológica, alinhado ao referencial teórico existente, venha subsidiar as atividades docentes de Biologia na escola, bem como o desenvolvimento de pesquisas no campo do Ensino de Biologia.

Podemos apontar como principal limitação a multiplicidade de perspectivas conceituais sobre Alfabetização Biológica, e a necessidade da inclusão da Dimensão de Consciência de Carreiras Relacionadas à Biologia no modelo proposto, a partir de uma interpretação cultural e social da Biologia no interesse e desenvolvimento profissional.

Por fim, sugerimos a realização de estudos futuros, teóricos e empíricos, sobre a promoção da Alfabetização Biológica, em relação às suas dimensões, componentes e no seu desenvolvimento em diferentes níveis, principalmente no contexto contemporâneo de negacionismo científico.

Agradecimentos e apoios

Agradecemos à Biblioteca Central (BICEN) da Universidade Federal de Sergipe (UFS) pelo apoio dado na aquisição de títulos necessários para a redação deste trabalho.

Referências

- BREWER, C. A.; SMITH, D. (org.). **Vision and Change in Undergraduate Biology Education: A Call to Action**. Washington, DC: American Association for the Advancement of Science, 2011.
- BSCS. **Developing Biological Literacy: A Guide to Developing Secondary and Post-Secondary Biology Curricula**. Dubuque: Kendall Hunt Publishing, 1993.
- BYBEE, R. W. **Achieving Scientific Literacy: from purposes to practices**. Portsmouth, NH: Heinemann, 1997.
- CHASSOT, A. **Alfabetização Científica: Questões e Desafios Para a Educação**. 8ª ed. Ijuí: Editora Unijuí, 2018.
- DUSCHL, R. A. Science Education in Three-Part Harmony: Balancing Conceptual, Epistemic, and Social Learning Goals. **Review of Research in Education**, Thousand Oaks, v. 32, n. 1, p. 268-291, 2008. Disponível em: <<https://doi.org/10.3102/0091732X07309371>>. Acesso em: 15 nov. 2022.
- FAZENDA, I. C. A. **Integração e Interdisciplinaridade no Ensino Brasileiro: Efetividade ou ideologia?** São Paulo: Edições Loyola, 2011.
- FREIRE, P. **Educação e Mudança**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2013.

GARDNER, G. E.; BONNER, J.; LANDIN, J.; FERZLI, M.; SHEA, D. Nonmajors' Shifts in Attitudes & Perceptions of Biology & Biologists Following an Active-Learning Course: An Exploratory Study. **The American Biology Teacher**, v. 78, n. 1, p. 43-48, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1525/abt.2016.78.1.43>>. Acesso em: 15 nov. 2022.

GERARD, A.; NOBLIN, S.; HASHMI, S. S.; BEAN, A. J.; BERGSTROM, K.; HURST, C. B.; MATTOX, W.; STEVENS, B. Undergraduate Student Perceptions and Awareness of Genetic Counseling. **Journal of Genetic Counseling**, v. 28, n. 1, p. 27-39, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10897-018-0284-y>>. Acesso em: 15 nov. 2022.

KAUANO, R. V.; MARANDINO, M. Paulo Freire na Educação em Ciências Naturais: Tendências e Articulações com a Alfabetização Científica e o Movimento CTSA. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 22, n. e35064, p. 1-28, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2022u521548>>. Acesso em: 15 nov. 2022.

KRASILCHIK, M. **Prática de Ensino de Biologia**. 4ª ed. São Paulo: Edusp, 2019.

KRASILCHIK, M.; MARANDINO, M. **Ensino de Ciências e Cidadania**. São Paulo: Moderna, 2004.

LEDERMAN, N. G. Nature of Science: Past, Present, and Future. In: ABELL, S. K.; APPLETON, K.; HANUSCIN, D. (org.). **Handbook of Research on Science Education**. Nova Iorque: Routledge, 2007. p. 831-879.

LEDERMAN, N. G. Nature of Scientific Knowledge and Scientific Inquiry in Biology Teaching. In: KAMPOURAKIS, K.; REISS, M. (org.). **Teaching Biology in Schools: Global Research, Issues, and Trends**. Nova Iorque: Routledge, 2018.

MAHONEY, A. A.; ALMEIDA, L. R. de. A dimensão afetiva e o processo ensino-aprendizagem. In: ALMEIDA, L. R. de; MAHONEY, A. A. (org.). **Afetividade e aprendizagem: contribuições de Henri Wallon**. São Paulo: Loyola, 2007. p. 15-24.

MAYR, E. The autonomy of biology: The position of biology among the sciences. **The Quarterly Review of Biology**, v. 71, n. 1, p. 97-106, 1996. Disponível em: <<https://doi.org/10.2307/3037832>>. Acesso em: 15 nov. 2022.

MOURA, B. A. O que é natureza da Ciência e qual sua relação com a História e Filosofia da Ciência? **Revista Brasileira de História da Ciência**, v. 7, n. 1, p. 32-46, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.53727/rbhc.v7i1.237>>. Acesso em: 15 nov. 2022.

OLIVEIRA, J. V. de; FARIA LOPES, S. de; BARBOZA, R. R. D.; TROVÃO, D. M. de M. B.; RAMOS, M. B.; ALVES, R. R. N. Wild vertebrates and their representation by urban/rural students in a region of northeast Brazil. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**, v. 15, n. 1, p. 1-23, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1186/s13002-018-0283-y>>. Acesso em: 15 nov. 2022.

ONEL, A.; DURDUKOCA, S. F. Identifying the Predictive Power of Biological Literacy and Attitudes Toward Biology in Academic Achievement in High School Students. **International Online Journal of Educational Sciences**, v. 11, n. 2, p. 214-228, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.15345/ijoes.2019.02.014>> Acesso em: 15 nov. 2022.

POLISELI, L.; OLIVEIRA, E. F. de; CHRISTOFFERSEN, M. L. O Arcabouço filosófico da biologia proposto por Ernst Mayr. **Revista Brasileira de História da Ciência**, v. 6, n. 1, p.

106–120, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.53727/rbhc.v6i1.246>>. Acesso em: 15 nov. 2022.

SANTOS, L. D. dos; ANGELO, J. A. C.; SILVA, J. Q. Letramento científico na perspectiva biológica: Um estudo sobre práticas docentes e educação cidadã. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, Vigo, v. 19, n. 2, p. 474–496, 2020. Disponível em: <http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen19/REEC_19_2_11_ex1707_341F.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2022.

SEMILARSKI, H. **An Assessment of Biology Learning and an Evaluation of Biology Self-Perceptions by Upper Secondary School Students Related to Biological Literacy**. 2022. Doutorado em Filosofia da Educação - Universidade de Tartu, Tartu, 2022.

SEMILARSKI, H.; LAIUS, A. A Complex Instrument for Measuring the Components of Gymnasium Students' Biological Literacy. *In*: 2019, **Anais [...]**. [S. l.: s. n.] p. 6285-6293. Disponível em: <<https://doi.org/10.21125/edulearn.2019.1504>>. Acesso em: 15 nov. 2022.

SEMILARSKI, H.; LAIUS, A. Exploring Biological Literacy: A Systematic Literature Review of Biological Literacy. **European Journal of Educational Research**, v. 10, n. 3, p. 1181-1197, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.12973/eu-jer.10.3.1181>>. Acesso em: 15 nov. 2022.

SILVA, F. C.; NASCIMENTO, L. A.; VALOIS, R. S.; SASSERON, L. H. Ensino de Ciências como Prática Social: Relações entre as Normas Sociais e os Domínios do Conhecimento. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 27, n. 1, p. 39–51, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2022v27n1p39>>. Acesso em: 15 nov. 2022.

SILVA, M. B. e; SASSERON, L. H. Alfabetização Científica e Domínios do Conhecimento Científico: Proposições para uma Perspectiva Formativa Comprometida com a Transformação Social. **Ens. Pesqui. Educ. Ciênc. (Belo Horizonte)**, v. 23, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1983-21172021230129>>. Acesso em: 15 nov. 2022.

ŠORGO, A.; ŠPERNJAK, A. Biology Content and Classroom Experience as Predictors of Career Aspirations. **Journal of Baltic Science Education**, v. 19, n. 2, p. 317-332, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.33225/jbse/20.19.317>>. Acesso em: 15 nov. 2022.

STROUPE, D. Examining Classroom Science Practice Communities: How Teachers and Students Negotiate Epistemic Agency and Learn Science-as-Practice. **Science Education**, v. 98, n. 3, p. 487-516, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1002/sce.21112>>. Acesso em: 15 nov. 2022.

UNO, G. E.; BYBEE, R. W. Understanding the Dimensions of Biological Literacy. **BioScience**, Oxford, v. 44, n. 8, p. 553-557, 1994. Disponível em: <<https://doi.org/10.2307/1312283>>. Acesso em: 20 ago. 2020.

VERÍSSIMO, A.; RIBEIRO, R. A Biologia no Contexto da Educação em Ciências. *In*: VERÍSSIMO, A.; PEDROSA, A.; RIBEIRO, R. (org.). **Ensino Experimental das Ciências**. Lisboa: Departamento do Ensino Secundário, 2001. p. 155-163.

WANDERSEE, J. H.; FISCHER, K. M.; MOODY, D. E. The Nature of Biology Knowledge. *In*: FISCHER, K. M.; WANDERSEE, J. H.; MOODY, D. E. (org.). **Mapping Biology Knowledge**. Nova Iorque: Kluwer Academic Publishers, 2002. p. 25-37.