

Ambientalização Curricular nos cursos de Física: história e reflexos no contexto brasileiro

Greening Curriculum in Physics Courses: History Development and Reflections in the Brazilian context

Letícia Estevão Moraes ^a, Maria José Fontana Gebara ^b

^a Instituto Federal de São Paulo, São Roque, Brasil; ^b Departamento de Física, Química e Matemática, Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, Brasil.

Resumo. Neste artigo, realizou-se uma investigação sobre a Ambientalização Curricular nos cursos de Física, explorando inicialmente suas origens no cenário internacional e, posteriormente, suas perspectivas no contexto nacional. A temática ambiental ganhou relevância na década de 1970, impulsionada por conferências internacionais como a de Estocolmo (1972), e por iniciativas como o Projeto ICE, nos Estados Unidos. Nesse período, houve também a inserção de disciplinas voltadas para questões ambientais nos currículos de cursos de graduação, reforçando a importância do tema. No contexto brasileiro, a Lei 9.795/99 e a abordagem dos temas geradores de Paulo Freire oferecem bases para integrar questões ambientais ao ensino de Física. O objetivo deste trabalho é analisar, a partir de uma revisão da literatura científica, as principais contribuições, desafios e tendências relacionadas ao processo de Ambientalização Curricular nos cursos de licenciatura em Física, com ênfase na inserção da Educação Ambiental e das questões socioambientais na formação inicial docente. Acreditamos que a integração de temas interdisciplinares busca superar a disciplinarização do currículo tradicional do ensino de Física, promover a formação de estudantes críticos e conscientes e fomentar soluções sustentáveis para os desafios ambientais contemporâneos. Deste modo, contribuimos para a fundamentação teórica da relação estabelecida entre o ensino de Física e o campo da Educação Ambiental defendendo o caminho para uma educação transformadora e socialmente engajada.

Palavras-chave:

Educação Ambiental, Ensino de Física, Ambientalização Curricular, Física Ambiental, Paulo Freire.

Submetido em

22/01/2025

Aceito em

12/08/2025

Publicado em

29/08/2025

Abstract. In this article, an investigation was conducted into Curriculum Greening in Physics degree programs, initially exploring its origins in the international context and subsequently its perspectives within the national framework. The environmental theme gained prominence in the 1970s, driven by international conferences such as the Stockholm Conference (1972) and initiatives like the ICE Project in the United States. During this period, environmental issues began to be incorporated into undergraduate curricula, reinforcing the importance of the topic. In the Brazilian context, Law 9.795/99 and Paulo Freire's approach to generative themes provide a foundation for integrating environmental issues into Physics education. The objective of this study is to analyze, through a review of the scientific literature, the main contributions, challenges, and trends related to the process of Curriculum Greening in Physics teacher education programs, with an emphasis on the inclusion of Environmental Education and socio-environmental issues in initial teacher training. We argue that the integration of interdisciplinary themes aims to overcome the compartmentalization typical of the traditional Physics curriculum, foster the development of critical and socially conscious students, and encourage sustainable solutions to contemporary environmental challenges. In this way, we contribute to the theoretical foundation of the relationship between Physics education and the field of Environmental Education, advocating for a path toward transformative and socially engaged education.

Keywords:

Environmental Education, Physics Education, Greening Curriculum, Environmental Physics, Paulo Freire.

Introdução

A problemática ambiental mundial tem suas origens na Revolução Industrial, período que trouxe consigo estruturas capazes de sustentar padrões de consumo e o bem-estar social promovidos pelo capitalismo. Conforme Reigota (2009), a trajetória da Educação Ambiental (EA) está estreitamente vinculada a conferências e movimentos sociais em todo o mundo. No entanto, o autor ressalta que, antes mesmo desses eventos, já existiam indivíduos e grupos interessados em realizar ações educativas e pedagógicas que se aproximavam do que se convencionou chamar como Educação Ambiental.

Um marco fundamental para essas discussões sobre o meio ambiente foi a publicação, em 1962, do livro *Primavera Silenciosa*, da bióloga marinha Rachel Carson. A obra expôs os efeitos da utilização de pesticidas no sistema reprodutivo de diversos animais marinhos e aves, chamando a atenção para os riscos da intervenção humana na natureza. Anos mais tarde, o senador Gaylord Nelson, reconhecido por sua atuação como ativista ambiental, reforçou esse debate ao defender a Primeira Lei de Educação Ambiental, de 1969, no congresso estadunidense. Em seu discurso, ele alertou que “há uma necessidade extrema de melhorar a compreensão dos americanos sobre a deterioração do meio ambiente e da ameaça crescente de uma catástrofe ecológica irreversível” (Warpinski, 1974, p. 4). Nelson ainda fez referência à obra de Carson, destacando-a como um alerta científico urgente, uma verdadeira “referência à vida”, na medida em que revelava um problema concreto e inadiável.

As discussões políticas acerca desta problemática ganharam destaque a partir de conferências internacionais realizadas em 1968 (Clube de Roma); em 1972 (“Primeira Conferência Mundial de Meio Ambiente Humano”, em Estocolmo); e em 1992 (“Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento”, no Rio de Janeiro), sendo esta última marco para várias outras conferências e agendas ambientais. Analisando a evolução desses debates, percebemos que as discussões sobre as questões ambientais, inicialmente pautadas pela relação do ser humano com a natureza, gradualmente incorporaram a dimensão econômica, culminando no conceito de desenvolvimento sustentável (Reigota, 2009).

Com pautas relacionadas às questões ambientais e às conferências internacionais, a década de 1970 foi marcada pelo crescente interesse em integrar as questões ambientais ao currículo universitário. Esse período assistiu à criação de disciplinas especializadas e, posteriormente, de cursos universitários inteiramente dedicados às ciências ambientais, num processo que, segundo Rink (2014), ficou conhecido como Ambientalização Curricular.

A fundamentação para a inserção de questões ambientais nos cursos superiores partia da premissa que seus egressos poderiam ocupar posições de maior relevância social e, assim, pensar/desenvolver políticas públicas para o meio ambiente mais eficazes. Essa visão revelase particularmente pertinente ao analisarmos o cenário atual, pois no que refere ao meio ambiente vemos um reflexo de ações e decisões tomadas no passado, seja de ordem social, econômica e educacional.

Para fundamentar esta discussão, é necessário analisar os principais marcos históricos que conduziram à inserção da temática ambiental nos currículos de cursos superiores, mediante políticas públicas e decisões de âmbito mundial no campo ambiental. Esta pesquisa integra o

trabalho de doutorado da primeira autora, que realizou uma extensa pesquisa histórica de resgate, memória e divulgação sobre o movimento conhecido como Ambientalização Curricular nos cursos de graduação.

Nossa análise tem como ponto de partida o movimento ambientalista moderno, que se consolidou entre as décadas de 1960 e 1990, período marcado por uma série de acordos, convenções e leis que conduziram – tanto em nível nacional quanto internacional –, à criação de um arcabouço legal com a finalidade de relacionar as questões socioambientais e a educação. A compreensão das transformações, avanços e desafios encontrados na incorporação da dimensão ambiental no ensino de Física nos permitiu o desenvolvimento de uma proposta pedagógica que é fruto da investigação profunda sobre a Educação Ambiental e as temáticas relacionadas às questões socioambientais contemporâneas.

Apesar dos avanços históricos e políticos no campo da Educação Ambiental, persistem lacunas significativas na efetiva incorporação dessa temática nos currículos das licenciaturas, especialmente na área de Ciências da Natureza, com destaque para o curso de Física. A atualidade dessa discussão ganha relevância diante das urgências socioambientais contemporâneas – como as mudanças climáticas e o colapso da biodiversidade até os conflitos socioeconômicos agravados pelo uso insustentável dos recursos naturais. Tais desafios demandam uma formação docente crítica, comprometida com a transformação social e a sustentabilidade.

Nesse contexto, a presente investigação orienta-se pelo seguinte questionamento: De que forma o movimento da Ambientalização Curricular tem se manifestado na formação de professores de Física, especialmente no que diz respeito à inserção de questões socioambientais nos currículos das licenciaturas?

Diante desse questionamento, o objetivo deste estudo é analisar, a partir de uma revisão sistemática da literatura, as principais contribuições teóricas e práticas, os desafios estruturais e pedagógicos e as tendências emergentes na articulação entre Educação Ambiental e questões socioambientais na formação inicial docente.

Neste estudo, recorte de uma revisão histórico-bibliográfica que analisou 150 dissertações e teses brasileiras sobre a integração de questões socioambientais no ensino de Física, concentrou-se em estudos publicados entre 1970 e 2000, consultados em três bases: Catálogos de Teses e Dissertações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), o acervo do Centro de Documentação em Ensino de Ciências (CEDOC), e os registros do Projeto Estado da Arte da Pesquisa em Educação Ambiental (EARTE).

Neste recorte, concentra-se no caráter histórico da Ambientalização Curricular no ensino de Física, a partir da análise de produções acadêmicas nacionais e internacionais. Para isso, realizamos buscas nas bases *SciELO*, *ERIC* e *Web of Science*, adotando os seguintes critérios de seleção: 1) artigos históricos publicados na década de 1970 que apresentavam um panorama da situação educacional; discutiam a relação entre currículos de Física e a Educação Ambiental; abordavam a formação de professores; e cuja temática era pertinente à Ambientalização Curricular; 2) priorização de estudos qualitativos que permitissem uma compreensão contextualizada do fenômeno.

Como resultado, foram identificados e analisados 36 estudos que compuseram o referencial teórico-histórico desta pesquisa, permitindo reconstituir as primeiras discussões sobre a integração de questões ambientais ao ensino de Física no período estudado. Esse recorte nos permite compreender como a temática ambiental vem sendo incorporada na formação dos licenciandos em Física, bem como mapear as estratégias, políticas e desafios que cercam esse processo. Os resultados dessa investigação podem contribuir para fortalecer práticas curriculares mais integradas, contextualizadas e comprometidas com a construção de uma Educação em Ciências voltada para a justiça ambiental e social.

A próxima seção apresenta o marco teórico que fundamenta esta pesquisa, iniciando-se com as bases conceituais da Educação Ambiental, formuladas na década de 1970, incorporando as contribuições, dentre outros, de Layrargues e Lima (2014), Tozoni-Reis (2008; 2016), Costa e Loureiro (2017; 2024).

Educação Ambiental: Fundamentos Históricos e Debates Contemporâneos

Nos últimos anos, as questões ambientais vêm ocupando espaço crescente nos mais diversos meios de comunicação, sobretudo em razão das transformações resultantes da ação humana sobre o meio ambiente. Simultaneamente, observa-se um crescente interesse por parte da comunidade acadêmica em pesquisar a incorporação da Educação Ambiental a formação docente. Isso se deve, por um lado, à necessidade de compreender as situações emergentes desse processo (Tristão, 2004), à análise da transversalidade da EA nos Parâmetros Curriculares Nacionais e o papel de seus agentes formadores (Medina, 2001), à discussão das dimensões associadas à temática ambiental na formação de educadores (Carvalho, 2001), e à adoção de temas ambientais como temas geradores para a EA (Tozoni-Reis, 2006).

As discussões iniciais sobre questões socioambientais emergiram no final da década de 1970, com o advento da Ecologia Política. Esta corrente procurava incorporar contribuições das ciências humanas e sociais ao debate ecológico, até então marcado por uma abordagem predominantemente biológica e despolitizada, ignorando os aspectos políticos e sociais dos problemas ambientais (Layrargues & Lima, 2014).

No contexto brasileiro, a Lei nº 9.795/1999, que institui a Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA), define a EA como um componente essencial e permanente da educação nacional, devendo estar presente em todos os níveis e modalidades do ensino. Em relação à formação docente, a legislação determina que os currículos dos cursos de licenciatura incorporem a dimensão ambiental de forma transversal em todas as disciplinas, além de prever a oferta de formação continuada, para professores em exercício.

Integrar a EA às diferentes áreas do conhecimento continua sendo um dos maiores desafios no ambiente escolar. De acordo com Rink (2014), os temas ambientais são desafiadores, e muitos professores demonstram compreensão limitada sobre o campo, frequentemente restringindo sua abordagem à perspectiva conservacionista da Educação Ambiental.

Layrargues e Lima (2014) defendem que a EA deve ser compreendida como um campo social - espaço de disputas entre diferentes agentes sociais que, fundamentados em posicionamentos conceituais e políticos, buscam definir as regras, os valores e os sentidos atribuídos ao campo. Os autores propõem a adoção do termo “Educações Ambientais” (no plural), reconhecendo a multiplicidade de abordagens possíveis nos processos educativos conduzidos por distintos agentes formadores.

Esses processos podem ocorrer tanto no contexto escolar quanto em outros espaços formativos, como em cursos de formação docente, refletindo as visões de mundo dos agentes que os conduzem. De acordo com os autores, as práticas em EA podem ser agrupadas em três grandes macrotendências principais: conservacionista, pragmática e crítica.

A macrotendência conservacionista, fundamentada na alfabetização ecológica e em atividades de imersão na natureza, valoriza a dimensão afetiva da relação ser humano-meio ambiente e suscita mudanças comportamentais. Apesar de ser alvo de críticas, é historicamente a abordagem mais consolidada e dominante no campo, centrada na chamada “pauta verde” (Layrargues & Lima, 2014).

Já a tendência pragmática emerge como desdobramento da perspectiva conservacionista, marcada pelo ambientalismo de resultados e pelo ecologismo de mercado – correntes que ganharam força no Brasil nos anos 1990, especialmente durante o governo Collor. Essa abordagem busca adaptar o sistema produtivo por meio da crítica à obsolescência programada, refletindo preocupações com o consumo e a sustentabilidade.

A macrotendência crítica articula diferentes correntes – Educação Ambiental popular, emancipatória e transformadora –, enfatizando a revisão crítica dos fundamentos sociais, políticos e econômicos que sustentam as relações de dominação e a desigualdade social. Sua proposta reside na promoção de transformações estruturais e enfrentamento da injustiça socioambiental (Layrargues & Lima, 2014).

No que concerne à formação de professores, a EA demanda tratamento conceitual próprio e inserção transversal no currículo. Contudo, observa-se a dificuldade de os docentes estabelecerem essas conexões, sobretudo pela ausência de componentes curriculares obrigatórios sobre a temática nas licenciaturas. Frequentemente, essa formação ocorre apenas em disciplinas eletivas ou fica relegada à formação continuada, muitas vezes em nível de pós-graduação *stricto sensu*. Medina (2001) já chamava a atenção para essa lacuna, cuja superação permanece desafiadora no cenário educacional.

Tozoni-Reis (2008), por sua vez, propõe uma abordagem crítico-transformadora para a EA, entendendo-a como um processo político-pedagógico de apropriação crítica e reflexiva de conhecimentos, valores e atitudes. Em sua perspectiva, as pesquisas sobre formação de educadores devem adotar o modelo da pesquisa-ação, que busca compreender a realidade educacional de maneira abrangente, considerando sua diversidade e complexidade.

A autora também destaca o predomínio de abordagens descritivas e quantitativas na área, que frequentemente tratam os professores como objetos de estudo. Em contrapartida, a pesquisa-ação privilegia a construção de conhecimento a partir da articulação entre teoria e prática, reposicionando os professores como sujeitos ativos da investigação científica

(Tozoni-Reis, 2008). Estudo de revisão bibliográfica sobre dissertações e teses que propunham atividades de formação de professores, realizado por Moraes e Gebara (2024), revelou que as propostas visam, principalmente, o preenchimento de lacunas da formação inicial dos professores, uma vez que as questões socioambientais não costumam estar presentes nesse estágio formativo.

Assim, a formação em EA precisa romper com modelos tradicionais, fazendo avançar a construção coletiva de conhecimentos e valores fundamentados em uma visão crítica da realidade. O professor, nesse contexto, vai além do papel de transmissor de conhecimentos, assumindo-se como alguém que se forma e se transforma por meio de sua prática pedagógica, articulando valores ambientais, sociais, éticos e históricos com os temas geradores abordados em sala de aula.

Esta visão de EA que procura romper com os modelos tradicionais aproxima-se da posição política em favor dos oprimidos apresentadas por Paulo Freire. Neste sentido, a EA crítica se estabelece através da dialogicidade e reflete sobre o “ser no mundo”, sobre a realidade social opressora, de pensamento ingênuo e antidialético (Freire, 2020, p.102). Sendo assim, a EA crítica que visa a liberdade é incompatível com a concepção bancária da educação, sem pensamento crítico e reflexão sobre a razão de ser dos fatos. Este ser no mundo se constitui como um ser histórico-social, um ser que pensa e age segundo sua constituição de mundo, no qual acontece através da tomada de consciência e da dialogicidade.

Diante da discussão sobre o conteúdo programático da educação, Freire (2020, p. 120) relata sobre a necessidade de uma resposta não apenas a nível intelectual, no qual o papel do formador não pode ficar sobre “falar ao povo sobre nossa visão de mundo”, mas junto com o sujeito dialogar sobre a “sua e a nossa” visão de mundo. Essa busca ao diálogo inaugura a educação como prática libertadora. Essa discussão aproxima-se do que Paulo Freire chama de “temas geradores” ou ainda “universo temático do povo”. Pensar a EA crítica sobre a perspectiva Freireana parte da problematização da prática escolar com o olhar democrático dos envolvidos e ouvidos nesta ação (agentes), são sujeitos pensantes que através de sua posição no mundo estabelecem temas sociais vividos pela comunidade com base em sua visão local e/ou global.

O percurso desenvolvido nesta pesquisa, ao investigar a presença da Educação Ambiental na formação de professores de Física através da análise curricular, dialoga diretamente com os fundamentos político-pedagógicos discutidos por Costa e Loureiro (2017), sobretudo no que diz respeito à importância da interdisciplinaridade na construção de uma Educação Ambiental crítica. A constatação da ausência de uma abordagem sistemática e obrigatória sobre temas ambientais nos currículos dos cursos de licenciatura em Física revela um distanciamento entre as práticas formativas e os pressupostos de uma educação comprometida com a transformação socioambiental — justamente o que Paulo Freire propõe como central em sua pedagogia.

Costa e Loureiro (2017) afirmam que a EA Crítica requer uma abordagem que ultrapasse a fragmentação disciplinar, promovendo uma compreensão holística e dialética da realidade. Nesse contexto, o pensamento de Freire oferece fundamentos epistemológicos e

metodológicos para compreender a necessidade de uma formação docente que parta da realidade concreta dos sujeitos, favorecendo processos de conscientização e práxis.

Ao mesmo tempo, os achados desta investigação evidenciam uma lacuna formativa que compromete o potencial transformador da Educação Ambiental, especialmente no campo das Ciências da Natureza. O artigo de Costa e Loureiro (2017) contribui para essa discussão ao reafirmar que a interdisciplinaridade, conforme elaborada por Freire, não é um recurso técnico, mas uma estratégia política e pedagógica de superação das opressões estruturais. Assim, ao retomarmos o referencial freireano, podemos reforçar a necessidade de uma formação inicial que não apenas inclua a EA em seus currículos, mas que a trate de forma crítica, situada e engajada com as lutas socioambientais contemporâneas.

Desse modo, ao analisarmos as finalidades das pesquisas acadêmicas voltadas à formação de professores de Física com ênfase em Educação Ambiental, encontramos um campo ainda em construção, carecendo de maior enraizamento nos princípios da EA Crítica. Nesse ponto, o texto de Costa e Loureiro (2017) oferece não apenas uma leitura aprofundada da interdisciplinaridade freireana, mas também uma convocação à adoção de práticas pedagógicas libertadoras e coerentes com a complexidade dos desafios ambientais e sociais da atualidade — elementos que esta pesquisa busca destacar e tensionar no contexto da formação docente.

Contribuindo com essa discussão, a proposta metodológica apresentada por Tozoni-Reis (2006) parte da pedagogia freireana para discutir os temas ambientais como temas geradores, concebendo-os como ponto de partida para a construção de uma Educação Ambiental crítica, transformadora e emancipatória. Para a autora, os temas ambientais devem emergir da realidade vivida pelos educandos e ser carregados de significados sociais e políticos concretos. Nessa perspectiva, a educação ambiental se estrutura como um processo de conscientização, no qual o conhecimento é construído coletivamente por meio do diálogo, da problematização e da articulação entre saberes populares e científicos.

Tozoni-Reis enfatiza que, ao serem tratados como temas geradores, os temas ambientais ganham um papel pedagógico fundamental, pois favorecem a superação de abordagens fragmentadas e tecnicistas, ampliando a compreensão crítica da realidade socioambiental. Tal proposta exige metodologias participativas, interdisciplinares e historicamente situadas, que considerem os condicionantes culturais, políticos e econômicos que atravessam os conflitos ambientais locais. Trata-se, assim, de uma abordagem que desloca a Educação Ambiental de um lugar normativo e comportamentalista, recolocando-a no campo da disputa por projetos de sociedade.

Mais recentemente, Costa e Loureiro (2024) aprofundam esse debate ao analisar os conflitos ambientais na América Latina como elementos estruturantes da Educação Ambiental Crítica. Embora não tratem diretamente da metodologia dos temas geradores, os autores compartilham com Tozoni-Reis a compreensão da EA como um campo de disputa político-pedagógica que exige práticas formativas comprometidas com a transformação social e a justiça ambiental. Em diálogo com o pensamento freireano, sua análise reforça a ideia de que a abordagem crítica da EA deve se constituir como um instrumento de leitura e intervenção

sobre os conflitos socioambientais, superando perspectivas meramente técnico-operacionais ou despolitizadas.

Nesse sentido, observa-se uma clara convergência entre os dois trabalhos quanto à necessidade de uma educação ambiental enraizada na realidade concreta dos sujeitos, orientada pela problematização e pelo engajamento. Enquanto Tozoni-Reis propõe os temas geradores como dispositivo metodológico para a conscientização ambiental, Costa e Loureiro evidenciam que os conflitos ambientais vividos por populações historicamente oprimidas podem e devem ser tomados como eixos articuladores de práticas pedagógicas críticas, contribuindo para a formação de sujeitos capazes de resistir e propor alternativas ao modelo hegemônico de desenvolvimento.

Na próxima seção apresentamos os procedimentos adotados para a construção e análise do corpus documental.

Caminho metodológico da pesquisa

Esta pesquisa, recorte da tese de doutorado da primeira autora, consiste em uma análise histórica e documental de artigos científicos sobre a inserção das questões ambientais no ensino de Física, seguindo uma abordagem qualitativa. Nesse estudo, realizou-se uma revisão bibliográfica da produção acadêmica brasileira abrangendo 150 dissertações e teses, defendidas entre 1979 e 2017. Durante levantamento do *corpus* documental, identificou-se a necessidade de uma fundamentação teórica mais ampla sobre a inserção das questões ambientais no ensino de Física.

Considerando que o movimento ambientalista moderno ganhou força na década de 1970 e que, na época, não havia estudos consolidados no Brasil sobre o tema, a pesquisa expandiu-se para a literatura internacional. Sendo assim, direcionamos a busca para artigos em língua estrangeira utilizando as bases de dados *Education Resources Information Center* (ERIC) e *Web of Science*. Para o processo de busca as palavras-chave utilizadas foram: *Physics Environmental*, *Greening Curriculum and Physics*, e *Physics and Environmental Education*.

O processo de busca durou aproximadamente um mês, seguindo as seguintes etapas: 1) análise de títulos e resumos; 2) seleção criteriosa a partir da identificação de artigos que traziam informações históricas relevantes para a construção do referencial teórico. Ao final, foram recuperados 32 artigos, sendo o mais antigo de 1970 e o mais recente de 2015. A absoluta maioria dos documentos utilizados foi acessada gratuitamente por meio de periódicos e bancos de dados acadêmicos, com exceção de um artigo restrito a assinatura paga, obtido com o apoio da Biblioteca da Faculdade de Educação da Unicamp.

Posteriormente, uma nova busca foi realizada nas mesmas bases, levando à inclusão de quatro novos artigos que podem contribuir para ampliar as discussões sobre as questões ambientais atuais.

Todos os artigos foram lidos na íntegra, e sua análise aprofundada permitiu a construção de um referencial teórico histórico sobre o processo da inserção da Educação Ambiental no

ensino de Física, aqui denominado “Física Ambiental”. Ressalta-se a originalidade desta pesquisa, dado que não foram encontrados trabalhos anteriores (nacionais e internacionais) que tenham realizado um mapeamento histórico semelhante.

Nas próximas seções, apresentaremos a constituição desse referencial teórico, histórico da Física Ambiental, examinando seu desenvolvimento histórico a partir da década de 1970.

Origens e contexto da inserção de questões socioambientais nos cursos de Física nos anos 1970

Segundo Rink (2014), o movimento ambientalista moderno, que se consolidou a partir da década de 1970, impulsionou a discussão sobre a inserção da Educação Ambiental no Ensino Superior. Nessa mesma perspectiva, Guerra e Figueiredo (2014) conceituam o termo Ambientalização Curricular como “a inserção de conhecimentos, de critérios e de valores sociais, éticos, estéticos e ambientais nos estudos e currículos universitários, no sentido de educar para a sustentabilidade socioambiental”.

Ao analisar a trajetória da inserção da temática ambiental nos currículos, observa-se que os valores sociais, culturais e ambientais ao longo dos anos evidenciam as dificuldades/os desafios da incorporação dessa abordagem no ensino. Inicialmente, havia o predomínio de uma visão conteudista e naturalista da questão ambiental. Na década de 1990, embora os documentos oficiais não tivessem sido alterados, começaram a ser estabelecidas metas e planos de ação para a EA nas universidades.

Já nos anos 2000, os estudos apontam as dificuldades em alcançar as metas estipuladas, e mais que isso, a necessidade de uma transformação conceitual sobre as questões ambientais. Essa mudança exigia uma visão socioambiental mais crítica e a efetiva incorporação de princípios de sustentabilidade, termos que ganham espaço nas declarações internacionais (Rink, 2014).

Conforme evidenciado pelas conferências internacionais sobre o meio ambiente, o processo de Ambientalização Curricular ganhou impulso na década de 1970. Inhaber (1975) aponta que o termo “Física Ambiental” sofreu um “efeito manada” nesse período, pois muitos programas e cursos universitários criaram disciplinas com essa denominação em seus currículos, seguindo uma tendência da época. Tal constatação é corroborada por Monteith (1973), ao indicar que 70% dos novos cursos registrados no Catálogo de Registro de Novos Cursos Universitários dos anos 1970 incorporavam o termo “ambiental” em suas nomenclaturas. No entanto isso acabou gerando confusão, na medida em que havia uma grande disparidade conceitual e que cada instituição aplicava o termo conforme sua interpretação.

Inhaber (1975) relata dois fatores que ajudam a explicar a ambiguidade do “Física Ambiental” no período. Segundo o autor, na época os problemas ambientais caracterizavam-se por sua natureza “em aberto”, no sentido de que não havia um fim em um único conteúdo/disciplina/área. Para ele, os problemas ambientais possuem uma dimensão infinita e interminável, pois mesmo quando são solucionados, novos surgem continuamente,

impulsionados pelos avanços da tecnologia, crescimento da população e outros fatores de mudança socioambiental.

Ao examinar o artigo em seu contexto histórico, é possível perceber que Inhaber (1975) estabelece comparações entre os problemas ambientais e o lançamento do Sputnik I. Para o autor, ambos apresentavam potencial para gerar polêmicas, além de interessar de forma desigual às diferentes classes sociais. Como uma possível solução, propõe que os cientistas ambientais focassem nos recursos naturais e na energia para garantir o futuro humano. Percebemos que, naquela época, predominavam preocupações com as questões ambientais sobre as questões sociais, levando o autor a ressaltar a importância dos recursos naturais como bem de interesse coletivo.

O segundo fator que ajuda entender esse período histórico, refere-se aos grandes investimentos públicos, em diferentes países, para a criação de departamentos específicos voltados para questão ambiental. Inhaber (1975) relata que o Departamento Ambiental do Canadá¹ era o maior empregador e fonte de recursos financeiros para os cientistas no país, contudo apenas uma pequena parcela de seus funcionários era formada por físicos.

O evidente afastamento dos cursos de Física das questões ambientais levou à reformulação dos currículos, e para isso, era necessário definir Física Ambiental. Inhaber (1975, p. 3) diz que a melhor definição seria uma "aplicação da Física para os problemas ambientais que são enfrentados pela humanidade" (grifo nosso).

A inserção de problemas ambientais no currículo escolar foi defendida por Cowan (1972) tendo por base artigos acadêmicos, livros, manuais de engenharia e relatórios governamentais, que apontavam a importância de temas como a poluição do ar, energia (usos, recursos e conversão), radiação, barulho (poluição sonora), transporte e poluição da água. Para o autor, uma mudança no currículo passaria por muitas dificuldades, mas iniciar o processo era imprescindível, pois era necessário e urgente que os alunos vislumbrassem que os problemas ambientais deveriam ser entendidos a partir de várias áreas, dentre as quais a Física.

Vislumbrando a necessidade de criação de novos cursos, Inhaber (1975) aponta que o debate central residia em *como fazer*, qual a metodologia adequada para integrar Física e meio ambiente. De um lado, defensores de uma abordagem centrada no ambiente, de outro havia os defensores de uma abordagem centrada na Física. Percebemos que as diferenças estão, principalmente, no foco principal do tema de estudo, que depende muito das intenções educativas do professor. Sendo assim vemos que, 1) quando se envolve a Física em torno do ambiente o foco principal é a questão ambiental, e a Física busca estudar/explicar este fenômeno através de sua ótica; 2) já quando temos a intenção de envolver o ambiente em torno da Física, o foco principal passa ser a Física, e o ambiente é usado como aplicação e/ou exemplificação dos fenômenos físicos. Diante disso, acreditamos que a primeira visão se revela mais favorável às discussões de questões ambientais e sua complexidade de ramificações, ligadas aos estudos das ciências da natureza, bem como às relações sociais, econômicas e histórico-culturais.

Dois trabalhos relevantes para consolidação da Física Ambiental são apresentados por Marston (1970) e Hodges (1974). Marston, reconhecido como pioneiro na integração entre Física e Ambiente nos Estados Unidos, lecionava no *Queens College* na Universidade de Nova Iorque um curso chamado de “Física dos problemas urbanos e ambientais”, o qual mais tarde foi apelidado pelos alunos de “Física para os cientistas sociais”. A estrutura do curso foi organizada nas seguintes áreas: transporte; uso e produção de energia e recursos, com abordagem de questões relativas ao transporte coletivo; combustíveis fósseis; produção de energia elétrica; poluição do ar; poluição térmica; radiação nuclear; e destruição de paisagens naturais como efeito da construção de usinas hidrelétricas.

Marston (1970) relata que participaram deste curso 72 estudantes oriundos de várias áreas liberais, e que em cada tema ambiental estudado eram abordadas questões sociais, políticas, legais e econômicas do problema, assim como a Física envolvida e exercícios quantitativos. O autor revela que pensou em tornar o curso descritivo e não-quantitativo, mas reconheceu que esta opção representaria um “desserviço” com os alunos e com o conteúdo, pois muitos sabiam e/ou tiveram acesso à matemática, só não sabiam aplicá-la a problemas concretos. Segundo Inhaber (1975), o modelo proposto por Marston foi bem-visto pelos físicos, pois, anteriormente, os cursos destinados a estudantes de humanidades eram ironicamente chamados de “Física para poetas”, justamente por evitarem formalismo matemático e ensinavam uma física exclusivamente conceitual.

Sobre o desenvolvimento do curso, Marston (1970) descreve que a partir de tema como o “Uso da Energia” era possível, por exemplo, seguir uma estrutura lógica para ensinar as leis da termodinâmica de forma natural, sem ser preciso aplicar a Física de forma *ad hoc* para articular com problemas ambientais. Os alunos, por sua vez, perceberam que os problemas não se findavam na Física. A abordagem adotada favorecia, de uma forma natural, uma perspectiva multidisciplinar, capaz de incluir os estudantes de Economia, Ciências Humanas, Ecologia e de Direito presentes na sala de aula.

Dentre os discursos apontados pelos alunos, houve grande surpresa e envolvimento no modo como a Física se aproximava das questões sociais e econômicas através de um problema. No entanto, Marston (1970) demonstra certa reticência em relação a esse tipo de discussão quando afirma que

[...] os alunos iniciavam as aulas com observações relevantes para a continuação do curso. No entanto, eles começavam a discutir sobre como eles estavam incrédulos no início do curso e como hoje eles podem contribuir para o curso de Física, mas essas discussões tiveram que ser interrompidas ou elas levariam a hora inteira. (MARSTON, 1970, p.1270)

Por ser pioneiro no país, Marston (1970) relata que enfrentou dificuldades em encontrar materiais, artigos acadêmicos e/ou livros que tratassem problemas ambientais usando exemplos quantitativos. E ainda, que os problemas urbanos e ambientais não foram utilizados como “adoçantes” para a Física, pois isto seria rapidamente percebido pelos alunos e o curso teria falhado.

Da mesma forma que Marston, Hodges (1974) também aponta dificuldades em encontrar material apropriado para ensinar Física Ambiental. O autor analisou os dez livros acadêmicos mais utilizados pelas universidades americanas na época e constatou que apenas quatro deles

abordavam escalas decibéis com relação a ruído (poluição sonora); apenas um dos livros continha um tópico sobre ruído sônico; e apenas um deles discutia sobre aquecimento global, sendo que em todos os casos os temas eram tratados brevemente e/ou com pouco aprofundamento.

Hodges (1974) dirige críticas à postura negligente de docentes e escritores de livros didáticos – a maioria, professores universitários – com relação à importância e visibilidade atribuída aos problemas ambientais nos cursos de Física. O autor, diante desse cenário, desenvolve maneiras de incluir conceitos de Física Ambiental nos cursos de Física, desafiando a crença da época, segundo a qual o domínio de conceitos físicos básicos seria suficiente para aplicá-los em qualquer contexto, incluindo as questões ambientais. Infelizmente, essa visão persiste no pensamento de muitos professores atualmente. Dentre os conteúdos abordados na disciplina criada por Hodges (1974) estavam presentes: desperdício de calor das usinas de energia; aquecimento e resfriamento espacial; distribuição de temperatura atmosférica; radiação da Terra; som e ruído; e fontes de energia para os motores de veículos.

As iniciativas pontuais destacadas no momento histórico citado contribuíram para a concepção de um projeto abrangendo um maior número de estudantes e universidades dos Estados Unidos. Para isso, em 1974 foi lançado o *Project Instruction-Curriculum-Environment*, popularmente conhecido como *Project ICE*, na Universidade de Wisconsin (Green Bay), em parceria com mais de 200 professores de várias universidades americanas (Warpinski, 1974). Na Figura 1 apresentamos o logotipo do projeto ICE.

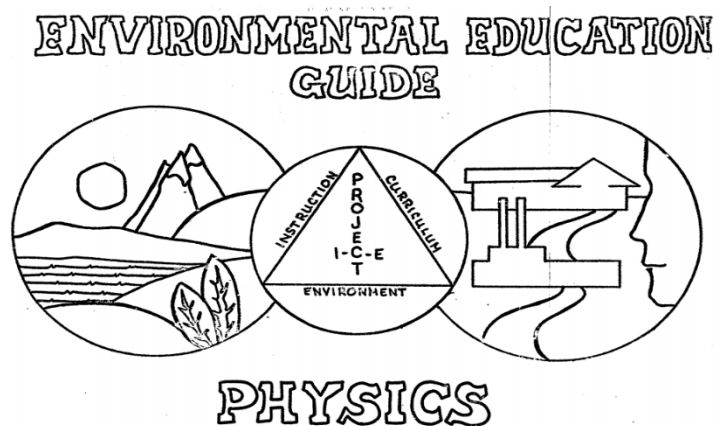


Figura 1. Logotipo do *Project Instruction-Curriculum-Environment*, criado pela Universidade de Winsconsin em parceria com outras universidades americanas

Fonte: Warpinski (1974).

Este projeto teve apoio do então Senador Gaylord Nelson, conhecido por sua atuação como político e ativista ambiental. No prefácio ao projeto ICE, escrito por Nelson, são apresentadas referências à Primeira Lei de Educação Ambiental, de 1969, reiterando um discurso que havia proferido no congresso americano alertando que “há uma necessidade extrema de melhorar a compreensão dos americanos sobre a deterioração do meio ambiente e da ameaça crescente de uma catástrofe ecológica irreversível” (Warpinski, 1974, p. 4).

Nos três anos que precederam o Projeto ICE muito foi feito para que a Física Ambiental fosse incorporada ao currículo de ciências nos EUA. Nesse contexto, o Projeto ICE nasceu como uma proposta educacional que visava contribuir com a preservação das espécies através da educação em seus variados níveis.

Sobre a estrutura do Projeto ICE, este era composto por uma série de atividades (mini lições e/ou planos de aulas) sobre diferentes temas, nas quais eram apresentadas as subáreas multidisciplinares. Embora se possa questionar a tentativa de disseminar um currículo pronto, os idealizadores ressaltavam que o projeto deveria ser interpretado como um material suplementar para cada escola, permitindo que seus conteúdos, objetivos e atividades fossem modificados segundo os interesses do professor.

Quanto ao legado do Projeto ICE, o relatório final de desenvolvimento e acompanhamento apontou alguns resultados interessantes. Entre julho e novembro de 1974, foram publicados 28.900 guias de diversas áreas, - tais como, física, química, matemática, economia doméstica, arte industrial, história americana e mundial, entre outras - para universidades e escolas públicas e privadas de todo o estado de Wisconsin. As ações de implementação do projeto concentraram-se na formação de professores e na realização de atividades com alguns estudantes, a fim de medir/aferir o grau de aceitação que o novo currículo teria com os jovens da educação básica (Warpinski, 1976).

O relatório mostra, também, que no primeiro ano de funcionamento do projeto, formaram-se comissões de professores para o desenvolvimento do currículo ambiental. Em entrevistas realizadas com docentes sobre a necessidade da educação ambiental, a pergunta principal foi “O que você precisa para ensinar ambientalmente?”, e a resposta esmagadora foi “Dê-nos alguns materiais!” (Warpinski, 1976).

Deste modo, Warpinski (1976) afirma que o projeto ofereceu uma resposta rápida e prática para o problema averiguado previamente. Entre as ações desenvolvidas com os professores, destacam-se a oferta de cursos para a implementação de um guia local, mudanças no currículo e a aproximação dos docentes com outros guias em construção em outras cidades do estado. Dados do relatório indicam que participaram dessas atividades mais de 1.000 professores de todas as áreas, sendo que 50% afirmaram ter sentido algum impacto positivo em fazer parte destas ações.

Em relação à formação dos estudantes pouco é apresentado no relatório. Há apenas indícios de que foi realizada uma pesquisa experimental, com grupo focal, na qual foi aplicado um pré-teste em novembro de 1974 e um pós-teste em abril de 1975 sobre conceitos ambientais. Embora haja menção ao envolvimento dos estudantes em atividades de Física Ambiental, os resultados não permitem afirmar que uma ação realizada em cinco meses seja suficiente para provocar mudanças substancial.

O relatório indica que o projeto superou as expectativas, uma vez que os materiais atenderam às demandas locais, estaduais, nacionais e internacionais; despertaram o interesse de outras áreas em participar da criação de um currículo voltado para a Educação Ambiental; e contribuíram para a publicação e distribuição de mais de 40.000 livretos que foram produzidos pelos professores durante os cursos.

Os resultados indicaram que dos 7.500 participantes de todas as áreas, um terço fez uso direto do projeto, seus materiais e serviços propostos; outro um terço utilizou parcialmente as atividades do projeto; e o terço restante não utilizou nada do projeto. Warpinski (1976) finaliza o relatório apontando que foram reembolsados U\$1.516,75 do restante dos serviços do projeto, e que as ações beneficiaram mais de 70.000 pessoas, direta e indiretamente. No entanto, não houve financiamento para sua continuação, ocasionando a dispersão dos professores envolvidos nas atividades.

Embora não haja indicação dos valores investidos no Projeto ICE, é possível supor, devido às proporções e números apresentados, que os recursos foram significativos. Mesmo que o relatório indique vários pontos positivos, considera-se que muitas falhas não foram mencionadas. Como o próprio relatório aponta, um terço dos professores não utilizou nenhum material do projeto. A respeito disso, Inhaber (1975) apresenta indícios das dificuldades de implementação da Física Ambiental com professores da disciplina. Segundo ele, o grande problema era que esses docentes desejavam ser considerados físicos e não ambientalistas, tratava-se de uma questão de preferência e não de adequação ao conteúdo.

No Quadro 1, apresentamos um resumo dos temas estudados/contidos nos principais cursos de Física Ambiental propostos na década de 1970. Nota-se um aumento dos conteúdos de física desde seu início, com o trabalho de Marston (1970), culminando no Projeto ICE, de Warpinski (1974). Esse aumento pode ser justificado pelo grande investimento e união de professores no desenvolvimento de um currículo em que se apresenta o enfoque temático da Física Ambiental.

Quadro 1. Relação entre os autores e conteúdo/temas dos cursos de Física Ambiental na década de 1970.

Autor	Temas de Física Ambiental
Marston (1970)	Transporte, Uso e produção de energia e Recursos.
Cowan (1972)	Poluição do ar, Energia (uso, recurso e conversão), Radiação, Barulho, Transporte e Poluição da água.
Hare (1973)	Movimento de partículas, Radioatividade, Atmosfera, Oceanos, Som, Energia solar, Energia nuclear e Água
Hodges (1974)	Desperdício calor de usinas de energia, Aquecimento e resfriamento espacial, Distribuição de temperatura atmosférica, Radiação da Terra, Som e ruído, e Fontes de energia para os motores de veículos
Project ICE (1974)	Energia radiante, Mecânica, Energia nuclear (fontes de energia e eliminação de resíduos), Eletrostática (poluição do ar), Eletricidade (uso de energia), Ionização-ar (poluição do ar), Eletricidade (poder), Energia nuclear (uso do solo e efeitos da radiação), Impulso (uso do solo), Cientistas (carreiras), Som (poluição sonora), Forças mecânicas (tecnologia), Luz (poluição do ar e poluição da água).

Fonte: elaborado pelas autoras com base nos artigos analisados (2025).

Embora nossa revisão tenha identificado ampla utilização do termo 'Física Ambiental' na literatura da década de 1970, constatamos uma notável escassez de referências explícitas a esta denominação nos anos subsequentes. Essa descontinuidade terminológica pode refletir tanto mudanças paradigmáticas no campo quanto variações nas prioridades de pesquisa ambiental durante os anos 1980. O estudo sistemático das causas desta lacuna constitui promissora linha de investigação para estudos historiográficos futuros.

Após as promissoras discussões iniciais, uma pequena menção é feita por Ehrlich (1999) no artigo intitulado “O que podemos aprender com as recentes mudanças nos cursos de bacharelado em física?”. Nele, o autor relata que a Universidade Estadual de Portland, em vias de encerrar as atividades do curso de Física na década de 1990, devido ao baixo índice de ingressantes, propôs mudanças no programa que incluíssem Física Ambiental. O autor apresenta que o programa se tornou tão bem-sucedido que havia duas vezes mais alunos matriculados em Física Ambiental do que em Física e Engenharia Física. Deste modo, vemos que a partir de 1990 a Física Ambiental se insere como uma carreira acadêmica que permite uma ampla gama de atuação.

Apesar desse avanço pontual, a temática permaneceu por um tempo restrita a algumas iniciativas isoladas e não chegou a se consolidar amplamente nos currículos. Somente cerca de 25 anos depois, em um contexto marcado pelo agravamento das mudanças climáticas, pelas crescentes desigualdades socioambientais, e pela demanda por práticas pedagógicas mais interdisciplinares e comprometidas com a justiça social, a Física Ambiental ressurgiu como uma questão relevante e urgente para o campo do ensino de Física – tema que será abordado na próxima seção.

Com a criação dessa nova área acadêmica na década de 1990, iniciaram-se, nesse período, publicações voltadas inteiramente para ela, como o livro *Fundamentals of the physical environment* (Smithson; Addison; Atkinson, 2002), *Introduction to Environmental Physics* (Mason; Hughes, 2001) e *Foundations of environmental physics: understanding energy use and human impacts* (Forinash, 2010).

Em síntese, observamos que a Física Ambiental emergiu nos cursos universitários dos Estados Unidos, durante a década de 1970, impulsionada pela Primeira Lei de Política Educação Ambiental (NEPA) de 1969. Segundo Pott e Estrela (2017), esse marco legal foi importante para incluir a participação pública nos processos políticos e na tomada de decisões a planos, programas e projetos ambientais.

Nota-se que muitos autores, como já apontado anteriormente, buscavam implementar a Física Ambiental segundo suas concepções de mundo. Em alguns casos, os conteúdos de Física ocupavam o centro das discussões ambientais; em outros, as questões ambientais serviam como ponto de partida para explorar diversas áreas do conhecimento, incluindo a Física. Essa dualidade revela uma dificuldade significativa em definir os objetivos centrais do processo de Ambientalização Curricular no ensino de Física, frequentemente denominado Física Ambiental. Muitas vezes, a abordagem reduzia-se à aplicação de conceitos físicos para o estudo de questões ambientais, sem um olhar crítico sobre a temática.

Outro obstáculo identificado foi a escassez de materiais didáticos apropriados para a utilização nos cursos de Física e outras áreas. Essa limitação, somada às divergências de concepções de professores e estudantes pode comprometer a implementação de projetos e cursos que teriam potencial para exercer uma influência positiva na formação acadêmica e cidadã.

No próximo subcapítulo, demonstraremos que, após um longo hiato nas publicações sobre Física Ambiental nas principais revistas e bases de dados científicas, o tema retorna no início do século XXI. Cabe destacar que observamos mudanças muito efetivas na sua implementação em países europeus e na América do Norte, com aplicações renovadas para a sala de aula e livros voltados especificamente para cursos de Física Ambiental.

Retomada da Física Ambiental como componente curricular no século XXI

Após o debate sobre a incorporação de questões ambientais no ensino de Física na década de 1970, houve uma interrupção nos anos seguintes, a tal ponto que artigos discutindo a temática desapareceram dos periódicos internacionais. Esse fenômeno pode ser atribuído à ausência de investimentos, devido às expectativas governamentais com relação à implementação de um currículo voltado para as questões ambientais e os resultados efetivamente alcançados na prática docente. Aqui é possível refletir sobre a necessidade de fundamentar mudanças curriculares em estudos prévios sobre a eficácia dessas inovações pedagógicas. Esse caso evidencia que, com frequência, tais reformas se originaram mais de insatisfações com os modelos educacionais vigentes do que de avaliações sistemáticas sobre o potencial de novas abordagens.

No entanto, em setembro de 2003 o periódico *European Journal of Physics* lançou uma edição especial, composta por cinco artigos, dedicada à utilização da Física Ambiental em cursos de graduação de diferentes universidades europeias. A coletânea teve como editor Nigel Mason (2003), que destacou serem os problemas ambientais vivenciados naquele período tão variados e abrangentes que uma abordagem na perspectiva da Física Ambiental se mostrava adequada. O editor defendia que o ensino dessa disciplina deveria ter a intenção de descrever com clareza os problemas ambientais em questão e demonstrar como a Física Ambiental poderia ser empregada para investigar e quantificar tais fenômenos.

No mesmo volume, Boecker, Grondelle e Blankert (2003) descrevem sua experiência com o ensino de Física Ambiental para graduandos na Universidade de Amsterdã. Os autores relatam que os livros de Física Ambiental apresentam conceitos físicos, equações matemáticas, derivações e fórmulas que são aplicadas em casos concretos para compreender fenômenos de meteorologia, radiação, transporte, entre outros. Essa abordagem prática os levou a afirmar que “independentemente de como se define, a Física Ambiental é muito Física” (p.3), reafirmando que mesmo em estreito diálogo com questões ambientais, o caráter da disciplina é essencialmente físico.

Boecker, Grondelle e Blankert (2003) ilustram, em um esquema gráfico, as relações que podem ser constituídas com a Física Ambiental (Figura 2). Vale notar que não há uma

hierarquia entre os processos, eles podem acontecer a qualquer momento, sendo que a linha representada na figura tem a função de estabelecer o vínculo entre as ações.

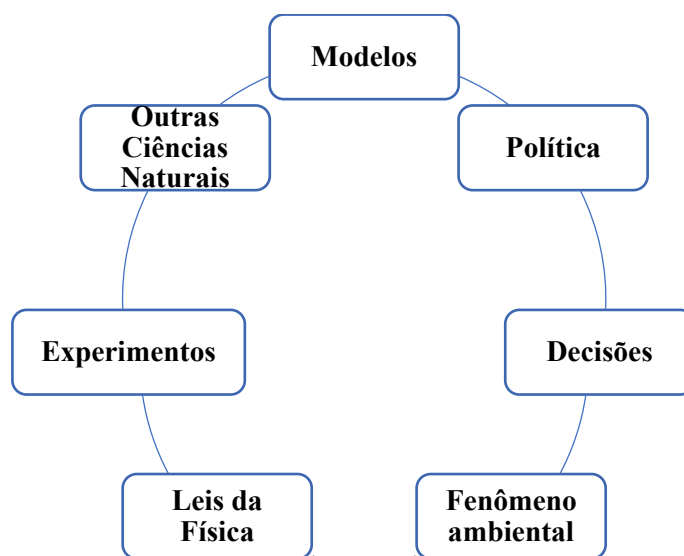


Figura 2. Campo de relações da Física Ambiental.

Fonte: Retirado de Boecker, Grondelle e Blanckert (2003)

Podemos perceber que a Física Ambiental pode partir de um fenômeno ambiental que o cientista deseja investigar, buscar modelos que o descrevam e tentar quantificá-lo por meio das leis da Física e de experimentos. Porém, a Física, sozinha, não consegue suprir todas as necessidades do estudo de fenômenos tão complexos quanto os ambientais. Por isso, muitas vezes será necessária a participação de outras Ciências Naturais.

Por outro lado, o fenômeno e/ou modelo estudado, não está isento de relações sociais, pois afeta diretamente alguma parcela da sociedade. Isso justifica as discussões políticas tão presentes na Física Ambiental e, conseqüentemente, a influência sobre a tomada de decisões dos governantes e, em regimes verdadeiramente democráticos, da população. Sendo assim, adotamos como definição de Física Ambiental o conceito apresentado pelos autores Boeker, Grondelle e Blankert (2003).

Boeker, Grondelle e Blankert (2003) apresentam algumas motivações para ensinar Física Ambiental, como a possibilidade de os alunos compreenderem melhor o que estão calculando, além de utilizarem conceitos que podem ter aprendido em outras áreas. De acordo com os autores, a disciplina é uma “caixa de ferramentas completa” para os graduandos em Física, devido ao seu caráter interdisciplinar.

Devido à sua estrutura diferenciada, o curso apresenta discussões em sala de aula, simulações em computador, e uso de laboratório para o estudo de temas atuais, contribuindo para a alfabetização científica das pessoas (Boecker, Grondelle e Blankert, 2003). Hobson (2003) defende o mesmo ideal ao afirmar que a alfabetização científica, a partir de temas como Energia e Meio Ambiente, pode aproximar a população estadunidense da Ciência, sugerindo mudanças no ensino de Física tanto para físicos quanto para os não cientistas. Podemos notar que os pontos apresentados por Hobson (2003) se assemelham muito aos problemas

levantados por Marston, em 1970, ao reformular o currículo de Física para os estudantes de Ciências Humanas.

Na mesma edição especial do *European Journal of Physics*, Blankert e Mulder (2003) apresentam sua proposta de atividades para as aulas de laboratório de Física Ambiental. Segundo eles, o método utilizado vai além dos procedimentos padrão - como entender o problema, escolher o material, executar o experimento, analisar os resultados e tirar conclusões. Nessas aulas, os roteiros são abertos, todos os procedimentos são desenvolvidos pelos próprios estudantes, e cada atividade é seguida por uma discussão exploratória sobre o tema; pelo debate do plano de trabalho; e pela análise dos resultados no relatório final. Percebemos que, nestas atividades, os estudantes são acompanhados durante todo o processo, sendo que o foco principal não é a execução da atividade em si, mas a compreensão de como se constrói todo o caminho e o pensamento científico.

Boman *et al.* (2003) relatam sua experiência em realizar atividades de campo sob a perspectiva da Física Ambiental na Universidade de Tecnologia de Gotemburgo, na Suécia, afirmando que, mesmo lecionando essa disciplina há 15 anos, ainda têm muito a aprender sobre ela. Os autores afirmam que as experiências vividas nestas aulas vão além da Física Ambiental, abrangendo o planejamento experimental, a implementação e a avaliação de todos os processos. Durante a realização das atividades, os estudantes formulam perguntas que devem ser respondidas por meio dos experimentos, coletas, análises e avaliação dos dados, culminando com a elaboração do relatório final.

Sobre a importância dessa atividade, Boman *et al.* (2003) afirmam que os estudantes percebem que a Física Ambiental apresenta um caráter interdisciplinar, que estimula a criatividade na busca por soluções para os problemas identificados. Segundo os autores, esse aspecto gera “grande sentimento de satisfação aos professores” envolvidos na disciplina.

Um trabalho que contribui substancialmente para os cursos de Física Ambiental, proposto por Pratte (2006), apresenta modelos de atividades que podem ser utilizados em sala de aula. Esses modelos combinam atividades práticas, de campo e simuladores disponíveis na *internet* que permitem que os alunos investiguem o impacto de suas ações no meio ambiente - ou seja, quais alterações ambientais decorrem da atividade humana - e reflitam sobre mudanças de comportamento que podem fazer no seu estilo de vida. O projeto está disponível na *internet*, e seus modelos foram criados como parte do projeto Atividades de Ciência Ambiental para o Século 21.

As atividades sobre questões ambientais na Física foram desenvolvidas para não-cientistas, que muitas vezes não tem acesso a exercícios de laboratório, voltando-se assim à educação geral. Dessa forma, alunos de diferentes níveis de ensino podem realizá-las. Cada plano apresenta um texto condutor sobre o assunto chave, acompanhado de gráficos, imagens ilustrativas e sugestões de leitura complementar. A proposta tem um caráter conceitual, sem fazer uso de equações ou fórmulas.

Quanto ao impacto das atividades na aprendizagem, Pratte (2006) conduziu uma pesquisa experimental com aplicação de pré-teste e pós-teste separados pelo intervalo de dois semestres, que contou com a participação de estudantes da *Universidade Estadual de*

Kennesaw, estado da Geórgia, EUA. Os resultados indicaram que as atividades apresentam grande potencial de envolvimento dos alunos e favorecem sua autonomia, tornando-os mais aptos a explorar temas relacionados à Ciência. O autor relata que atividades deste tipo podem aumentar o interesse o aluno tanto pelo aprendizado em Física quanto por seu desenvolvimento cívico.

Segundo os estudantes, o interesse em participar das aulas aconteceu devido ao fato de os módulos abordarem problemas do mundo real, ajudando-os na aprendizagem em sala de aula. Pratte (2006) não informa quantos alunos participaram da pesquisa, mas relata que um terço expressou o desejo de cursar outra disciplina sobre Ciências e um quarto demonstrou interesse em ensinar Ciências.

Por outro lado, Holubová (2008) relata que a Física Ambiental pode ser integrada a outros métodos, como o ensino baseado em projetos. Segundo a autora, há uma necessidade urgente de repensar o currículo para que se adeque às demandas dos estudantes do século XXI, dado que existe um declínio no número de alunos nos cursos de Física e o fato de que, nas escolas, a Física não é popular, devido à lacuna entre a forma como os alunos vivem e como aprendem.

Neste sentido, Holubová (2008) discute sobre a possibilidade de abordar problemas ambientais por meio de projetos. Entre os mais bem-sucedidos, destaca-se “*Você conhece o Sol?*”, que relaciona o estudo, a produção e o uso de energias renováveis. Sobre este projeto, realizado em uma escola básica da República Tcheca, a autora relata que as principais vantagens se relacionam à possibilidade de se trabalhar de modo interdisciplinar, fora do ambiente escolar e em equipe, promovendo o envolvimento de toda a escola. Em contrapartida, ela aponta que os professores enfrentam dificuldades com utilização de projetos, devido à limitação de tempo e à necessidade de adequação ao programa educacional da instituição.

Em relação à mudança curricular no *high school* (equivalente ao ensino médio brasileiro), Busch (2010) relata que a inserção da Física Ambiental nas escolas estadunidenses aconteceu de modo diferente do modelo tradicional. Na proposta inicial, foi utilizada a metodologia do *peer instruction*, o que permitiu dedicar mais tempo aos problemas ambientais, permitindo que o aluno tivesse um período maior para assimilação de um conceito novo. Na perspectiva do trabalho de Busch (2010), os conteúdos de Física Ambiental foram inseridos ao currículo sob a denominação de *Novo Curso de Física*.

Bush (2010) relata que conceitos de Física e de Geografia foram trabalhados de forma conjunta em temas como, por exemplo, “população”, que estabelece relações entre o crescimento populacional e o crescimento de pessoas que aderem à “pegada ecológica”, analisando como isso pode afetar o sistema em níveis local e global; os estudos climáticos, que abordam a emissão de gases de efeito estufa e o potencial dos seres humanos de reduzir as emissões de CO₂ por meio da conscientização; e o tema da eletricidade, problematizando o consumo energético atual e discute os impactos da utilização de painéis solares, entre outros.

Ao final das atividades, foi realizada uma pesquisa de satisfação entre os estudantes sobre a mudança no currículo para o contexto da Física Ambiental. Os resultados apresentados pelo autor indicam 76% de aprovação. Além disso, 10% dos alunos afirmaram ter interesse em ingressar em cursos de graduação em Física (Busch, 2010).

Observa-se que a preocupação com a remodelação curricular também se manifesta em outros níveis de ensino. Martinuk *et al.* (2010) relatam o processo de modificação e aceitação, por parte dos estudantes, de um curso introdutório de Física tradicional para um curso com foco ambiental, na *Universidade da Colúmbia Britânica*, em Vancouver, Canadá. Os autores relatam que os cursos de Física introdutória são padronizados em todo o país, mas nos últimos anos os professores reconheceram a necessidade de implementar mudanças no curso *Física 100*, um curso introdutório baseado em álgebra voltado para estudantes que não são da área de Física.

Martinuk *et al.* (2010) descrevem que o tema ambiental foi incorporado ao curso de Física 100 por meio de conexões com a crise ecológica, tornando a disciplina mais relevante e, conseqüentemente, motivando os estudantes a se interessarem tanto pelo seu estudo quanto para o estudo de Ciências afins. O objetivo principal do trabalho era avaliar o impacto de mudanças nas habilidades e atitudes dos estudantes através da resolução de problemas do cotidiano.

Em relação às principais características, Martinuk *et al.* (2010) descrevem o curso como introdutório, sem o uso de cálculo, ministrado por meio de palestras e voltado para alunos das áreas de artes, ciências humanas e biológicas. O número de matriculados na disciplina é de, em média, 700 estudantes por semestre, sendo as palestras divididas em três seções, cada uma com um instrutor diferente. Segundo os autores, os estudantes são avaliados por meio da participação nos laboratórios e nas palestras, de um exame intermediário, de um exame final e da entrega de um projeto final.

Também, Martinuk *et al.* (2010) apontam que os estudantes foram avaliados através de uma pesquisa experimental, com o recurso didático *CLASS survey*, no qual responderam a 42 questões em escala Likert. O pré-teste foi realizado em 2006, e o pós-teste em 2007. Embora houvesse intenção de promover mudanças no ensino, as respostas não foram satisfatórias. Como consequência, entrevistas realizadas em 2007 revelaram vários fatores que contribuíram para o fracasso das inovações do curso, voltadas para melhorar as atitudes dos estudantes frente à disciplina introdutória de Física.

Segundo os estudantes, os exemplos apresentados em sala de aula não condiziam com a realidade. Por exemplo, ao tratar do uso e consumo de energia, muitos indicaram nunca ter pago uma conta de luz; ao discutir mudanças nos meios de transporte e o uso de recursos não renováveis, afirmaram utilizar ônibus para se locomover, sendo que poucos possuíam veículos em casa (Martinuk *et al.*, 2010).

Percebe-se que mesmo havendo iniciativas de inovação no ensino, elas não se traduzem em sucesso imediato. Como aponta Holubová (2013, 2015), o ensino de Física demanda mudanças em todas as esferas, desde a formação de professores até a educação básica. Segundo a autora, precisamos entender o modo de pensar dos nossos estudantes, tendo em

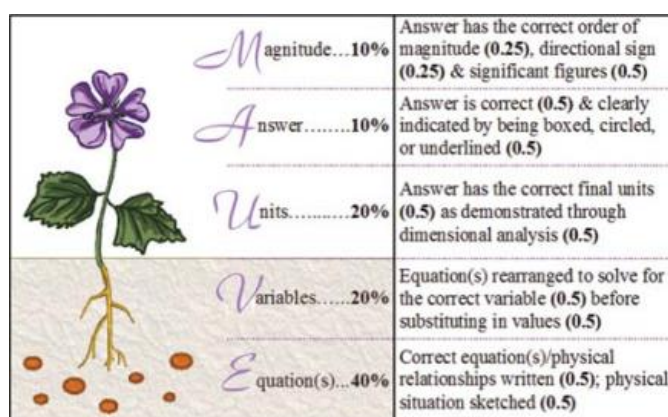
vista que geração Z (nascidos entre 2000 e 2010), foco de seus trabalhos, indica necessidades formativas totalmente diferentes das gerações passadas, como por exemplo os *baby boomers* (nascidos na década de 1970).

Nesse contexto, é necessário que o ensino de Física seja significativo para os estudantes, com a discussão de temas reais vivenciados pela sociedade, uso de tecnologias e modernização na formação de professores (Holubová, 2013). As entrevistas realizadas por Martinuk *et al.* (2010) indicaram uma expectativa de mudanças e adequações no curso para o ano de 2008, destacando que os estudantes apontaram que o projeto final foi o fator mais importante para o seu desenvolvimento e para o entendimento da Física em seu cotidiano.

Essas entrevistas poderiam ter aberto caminho para novas pesquisas e melhorias nos cursos introdutórios de Física. No entanto, após dois anos, Martinuk e Ives (2012) apresentam um novo trabalho voltado ao desenvolvimento de atividades e à resolução de exercícios nas aulas de Física Ambiental. Os autores não indicam o porquê da mudança no rumo da pesquisa anterior, mas observa-se que os alguns dos autores do estudo original não assinam a segunda publicação.

Martinuk e Ives (2012) procuraram identificar quais são os caminhos trilhados pelos alunos na resolução de exercícios. Em sua percepção, muitos autores defendem o uso de estratégias de resolução de problemas rigidamente prescritas nos cursos introdutórios de Física, pois acreditam que isso contribui para o desenvolvimento de habilidades dos estudantes.

Em concordância com este fato, Hill (2016) apresenta uma estratégia desenvolvida para auxiliar os estudantes na resolução de exercícios na disciplina de Física Ambiental ministrada na Universidade de Cornell, em Nova Iorque. Segundo a autora, o anagrama MAUVE (*Magnitude, Answer, Units, Variables e Equations*) auxilia tanto alunos quanto professores a conduzirem a resolução de problemas de forma clara e avaliarem as soluções em cursos introdutórios de Física. Hill apresenta a estrutura MAUVE por meio da representação de uma flor, como apresentado na Figura 3.



Magnitude...10%	Answer has the correct order of magnitude (0.25), directional sign (0.25) & significant figures (0.5)
Answer.....10%	Answer is correct (0.5) & clearly indicated by being boxed, circled, or underlined (0.5)
Units.....20%	Answer has the correct final units (0.5) as demonstrated through dimensional analysis (0.5)
Variables.....20%	Equation(s) rearranged to solve for the correct variable (0.5) before substituting in values (0.5)
Equation(s)...40%	Correct equation(s)/physical relationships written (0.5); physical situation sketched (0.5)

Figura 3. Comparação do anagrama MAUVE com a representação de uma flor

Fonte: Retirado de HILL (2016).

Hill (2016) relata que, ao trabalhar com um problema, os estudantes tendem a partir de baixo para cima, ou seja, iniciam os exercícios procurando encontrar a equação que se encaixe no problema proposto. Deste modo, ela defende que os estudantes devem partir das pétalas da

flor em sentido para baixo, ou seja, devem procurar as magnitudes apresentadas no problema, levantar hipóteses para uma possível resposta coerente, identificar as variáveis representadas no problema e, por último, aplicá-las em uma equação.

Após a reestruturação do curso Física 100, ocorrido em 2007, Martinuk (2012) relata que a estratégia de resolução de exercícios começou a ser usada, seguindo seis passos: 1) interpretar o problema, 2) identificar o conteúdo de Física; 3) identificar e presumir um modelo; 4) construir um diagrama a partir do modelo; 5) resolver o problema; 6) checar as respostas utilizando um software. Ao final da pesquisa, o autor conclui que poucos alunos se envolveram na resolução de exercícios, mas sugeriu que isso não se devia ao conteúdo em si, que era rico em contextos reais vivenciados pelos estudantes, mas sim à estratégia adotada para a solução dos problemas.

Desse modo, Martinuk e Ives (2012) relatam que as estratégias prescritas de resolução de problemas são ineficazes para promover mudanças no desempenho dos estudantes. Esse mesmo fato foi confirmado por Heckler (2010 como citado em Martinuk; Ives, 2012), ao verificar uma queda no desempenho dos alunos ao reproduzirem um diagrama fechado para a resolução de exercícios dinâmicos, como são os relacionados a temas ambientais. Assim, o modelo proposto por Hill (2016) pode não apresentar respostas positivas no desenvolvimento dos estudantes o que pode justificar, em parte, a ausência de dados sobre a utilização dessa estratégia com os alunos neste estudo e em publicações mais recentes.

A partir dos trabalhos analisados, percebe-se que os melhores resultados na incorporação da disciplina de Física Ambiental ocorreram quando ela foi inserida em cursos introdutórios, não matematizados, voltados para discussões sociais e com a utilização de projetos cujo tema é desenvolvido segundo o interesse dos estudantes.

Hill (2014) relata que, entre 2013 e 2014, nas 205 melhores universidades dos Estados Unidos, foram identificadas 99 disciplinas de Física Ambiental com perfil introdutório, voltadas para alunos não-físicos. Segundo a autora, é desejável que as universidades repensem os modelos utilizados nestas disciplinas, pois a Física Ambiental apresenta grande potencial para aproximar os estudantes das Ciências, especialmente quando favorece discussões reais e significativas vividas pelos estudantes.

Estudos sobre implementação da temática ambiental no currículo escolar têm apontado desafios em diferentes partes do mundo, seja a partir de uma disciplina autônoma, seja por sua inserção de forma interdisciplinar com outras matérias. De qualquer forma, a inserção da Educação Ambiental depende, em grande medida, do esforço individual dos professores, o que exige uma estrutura formalizada ou coordenada.

No que diz respeito às motivações e aos desafios da inclusão de tópicos ambientais nos cursos de formação de professores de Física no contexto brasileiro, Leite e Silva (2021) realizaram uma pesquisa com base em documentos curriculares e em entrevistas com professores e coordenadores de cursos do ensino superior. Os autores identificaram uma crescente valorização das questões ambientais, impulsionada pela urgência da crise ecológica e pela necessidade de formar professores capazes de lidar com essas temáticas em sala de aula.

No entanto, o estudo também evidencia obstáculos importantes, como a rigidez dos currículos, a ausência de formação específica dos docentes para tratar de conteúdos ambientais e a carência de materiais didáticos adequados. Diante disso, os autores recomendam uma reestruturação dos currículos, a promoção de ações de formação continuada e o desenvolvimento de recursos que favoreçam uma abordagem interdisciplinar, de modo a fortalecer a presença da Educação Ambiental na formação dos futuros professores de Física (Leite & Silva, 2021).

Quanto à inserção de temas ligados à Educação Ambiental nos currículos de Física para a educação básica no Brasil, Moraes e Gebara (2016) uma análise de documentos orientadores das práticas escolares, como os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCN+), os livros didáticos aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) e a proposta preliminar da Base Nacional Comum Curricular (BNCC).

As autoras revelaram que os temas ambientais aparecem, principalmente, nas unidades de Termodinâmica e Radiação, e que há diferentes formas de abordagem nos materiais analisados. Os PCN+ apresentam uma orientação voltada à Educação Ambiental crítica, enquanto a maioria dos livros didáticos expõe tendências conservacionistas ou pragmáticas, com foco em aspectos técnicos e no consumo de energia, sem explorar a complexidade social e política dos problemas ambientais. A proposta da BNCC, por sua vez, ainda apresentava uma inserção pontual e tímida de temas ambientais, embora valorizasse a contextualização do conhecimento científico (Moraes; Gebara, 2016).

De um modo geral, a pesquisa conclui que, embora existam iniciativas pontuais, a inserção da Educação Ambiental no ensino de Física ainda é limitada e depende, sobretudo, da formação crítica dos professores. Propostas mais transformadoras exigem uma abordagem interdisciplinar que ultrapasse a simples instrumentalização da Física, promovendo a formação de cidadãos capazes de refletir e atuar frente aos desafios socioambientais contemporâneos.

Piscová, Lehotayová e Hresko (2023) apresentaram uma pesquisa sobre a implementação da Educação Ambiental nos sistemas escolares de alguns países europeus. O estudo foi conduzido por meio de um questionário *online* aplicado em 1.874 escolas da Eslováquia, República Tcheca, Polônia, Portugal e Espanha, com retorno de 340 instituições (aproximadamente 18% da amostra). A análise incluiu uma avaliação SWOT (forças, fraquezas, oportunidades e ameaças), com o objetivo de identificar as condições para efetiva inserção da EA nas escolas. Os resultados indicaram que 92% das escolas participantes integram a EA de forma transversal nas disciplinas existentes, 37% realizam projetos ou seminários específicos e apenas 11% oferecem a EA como uma disciplina opcional.

A principal questão que envolve a Ambientalização Curricular na Educação diz respeito à forma de implementação, ao *como fazer*. A falta de sistematização e coordenação entre as disciplinas tem levado à defesa de uma disciplina obrigatória no currículo escolar (Piscová et al., 2023). Soma-se a isso, a falta de uma formação de professores - inicial e continuada - voltada para essa abordagem socioambiental, o que gera uma dependência do engajamento individual dos professores para que as ações ocorram efetivamente no ambiente escolar

(Moraes; Gebara, 2024). Além disso, os materiais didáticos são escassos ou apresentam uma visão superficial, reducionista e conservadora sobre as questões ambientais (Caliman, 2019).

Essa análise ressalta a importância de uma abordagem estruturada para a Educação Ambiental, capaz de promover maior engajamento dos alunos e fomentar a conscientização sobre as questões ambientais.

O estudo desenvolvido por Jones (2024) aproxima-se desta discussão ao propor uma ressignificação do ensino de Física a partir de uma perspectiva voltada para a justiça social e ambiental. A autora analisa como a Física escolar pode ultrapassar a lógica tradicional de equidade como simples acesso ao conhecimento, ao se tornar uma prática libertadora. Nessa pesquisa, a autora desenvolve um projeto de Ciência Participativa Juvenil com estudantes do ensino médio em uma escola pública urbana dos Estados Unidos. Nesse projeto, os alunos participaram do planejamento de sistemas de energia solar voltados para uma comunidade afro-americana, historicamente afetada pelo racismo ambiental.

Com base em uma análise crítica dos documentos curriculares e das interações entre os saberes da Física e os conhecimentos comunitários, o artigo destaca que o ensino de Física pode tanto reforçar quanto transformar relações de poder. Jones (2023) conclui que promover o ensino de Física comprometido com a justiça social exige decisões pedagógicas intencionais, sensíveis às realidades sociais e ambientais dos estudantes.

Uma proposta atual para a Física Ambiental no contexto educacional

No Brasil, a temática ambiental, no âmbito escolar, começou a ser discutida na década de 1970, marcadas pela publicação da inclusão do *Guia Curricular de Ciências Para o Ensino de 1º Grau do Estado de São Paulo*. Este guia buscava incorporar diretrizes pertinentes à chamada Educação Ambiental nas séries iniciais (Amaral, 2001). A proposta apresentava o termo *meio ambiente* em mais da metade das séries. Um fato importante a ressaltar é que o programa pretendia alcançar um tratamento interdisciplinar dos conteúdos, integrando conhecimentos científicos de todas as áreas das Ciências da Natureza.

No entanto, passadas algumas décadas e transformações nos documentos legais, ainda nos deparamos com uma proposta curricular carregada de conteúdos e disciplinarizada, com pouco favorecimento para aulas dinâmicas e/ou temas interdisciplinares (Moraes, 2021). Sobre a presença das questões socioambientais na Base Nacional Curricular Comum (BNCC), Xavier *et al.* (2024) evidenciam um “silenciamento” da Educação Ambiental neste documento normativo, o que reflete a maneira como as propostas voltadas para esta discussão poderão ser realizadas na educação básica.

No contexto do ensino de Física, a implementação de temas relacionados às questões ambientais ainda é bastante modesta; com poucas possibilidades para relações entre ciência, ser humano, natureza. Os livros didáticos disponíveis são carentes de informações e orientações que auxiliem os professores no desenvolvimento de práticas voltadas para a discussão de problemas ambientais (Caliman, 2019).

Na perspectiva escolar é possível verificar que a Física Ambiental pode representar um caminho para a integração entre várias áreas/disciplinas, indo além da visão reducionista do estudo do meio ambiente entendido como a natureza e seus recursos naturais. Além disso, os estudos relacionados à Física Ambiental permitem a compreensão de conceitos a partir de experiências básicas, relacionadas a problemas socioambientais, podendo contribuir para o exercício da cidadania dos jovens estudantes.

Neste sentido, o tratamento de tópicos de Física Ambiental, como os estudos sobre energia (especialmente em abordagem da Termodinâmica); poluição sonora (Acústica); poluição do ar (Espectroscopia); transporte de poluentes (Hidrodinâmica); efeito estufa (Física da Atmosfera, Óptica); e poluição eletromagnética (Eletromagnetismo), permite uma abordagem contextualizada com a vivência do estudante, estreitando as relações com o campo da Educação Ambiental.

Essa aproximação contribui para o desenvolvimento de projetos interdisciplinares, nos quais o estudante pode realizar atividades dentro e fora do ambiente escolar, favorecendo o desenvolvimento de atitudes responsáveis e solidárias, bem como a tomada de consciência com relação aos problemas socioambientais. Neste contexto, defendemos a Física Ambiental como uma abordagem temática, cuja perspectiva curricular é organizada e estruturada com base em temas selecionados a partir dos conteúdos previstos nas disciplinas (Delizoicov et al., 2002).

A abordagem temática Física Ambiental não amplia conteúdos de Física, mas os organiza a partir de uma perspectiva ambiental.

A organização por temas tem como fundamentação a perspectiva do tema gerador de Paulo Freire, patrono da educação brasileira. Para Freire (2020), os temas geradores são resultado de um processo chamado de investigação/redução temática, que se desenvolve em cinco etapas: 1) levantamento preliminar, 2) análise das situações e escolhas das codificações, 3) diálogos descodificadores, 4) redução temática e 5) trabalho em sala de aula.

Aplicado à nossa situação de estudo, o levantamento preliminar corresponde à fase de compreensão da realidade local/global das questões socioambientais, ou seja, é a percepção do indivíduo sobre seu lugar de vivência. Isso permite avançar para a análise das situações e a escolha das codificações que consistem nas decisões tomadas diante das contradições vividas. A partir dessas escolhas, realiza-se a redução temática, fazendo emergir os temas geradores. Sendo as questões socioambientais de cunho altamente complexo, a Física precisa relacioná-las com outras áreas do conhecimento, permitindo uma abordagem interdisciplinar. Uma vez estabelecido o tema de estudo, este pode ser inserido no contexto de sala de aula através de uma proposta didática.

Delizoicov (1991) discute a abordagem temática de Paulo Freire e Snyders, argumentando que o aprendizado através de temas contribui para a formação de uma perspectiva mais crítica de atuação do indivíduo na sociedade contemporânea. Ao refletir sobre as questões socioambientais, o sujeito passa a questionar seu lugar de mundo e a forma como vive nele, ou seja, cria-se um espaço para questionamento e tomada de decisões sobre como agir frente a essa realidade. Essa discussão se aproxima do movimento curricular conhecido como

Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), que propõe o tratamento de questões controversas no contexto escolar, apresenta discussões sociais e está diretamente ligado à Ciência e à Tecnologia (Vilches, 2023).

A utilização de metodologias de ensino, ferramentas e/ou recursos educativos - como simuladores, experimentos, leitura e interpretação de gráficos, seminários e gincanas entre os alunos - pode auxiliar no processo de ensino desta abordagem temática. Desse modo, a temática da Física Ambiental não serve apenas como complemento das aulas de Física, mas se torna o objeto de estudo principal, a partir do qual pode surgir o interesse por conhecimentos mais específicos.

Este seria cenário ideal para a inserção da Educação Ambiental nas escolas em seus diversos níveis, pois, segundo o parágrafo 1º do Art. 10 da Lei 9.795/99, “a Educação Ambiental não deve ser implantada como disciplina específica no currículo de ensino” e suas ações de estudo devem estar voltadas para “o desenvolvimento de instrumentos e metodologias, visando à incorporação da dimensão ambiental, de forma interdisciplinar, nos diferentes níveis e modalidade de ensino” (Brasil, 1999).

Defendemos a inserção da abordagem temática Física Ambiental no ensino brasileiro como uma proposta de aproximar as questões socioambientais dos conceitos Físicos.

Na Figura 4, apresentamos uma proposta nacional para a abordagem temática Física Ambiental. Nesta perspectiva a discussão parte do fenômeno ambiental, ou seja, de uma situação vivida pela sociedade atual e que possui relevância para ser discutida e trabalhada no contexto escolar. Os outros aspectos apresentados na figura não seguem uma hierarquia, eles ocorrem em tempos distintos e em perspectivas diversas, conforme as propostas elaboradas – discussão que traremos a seguir.

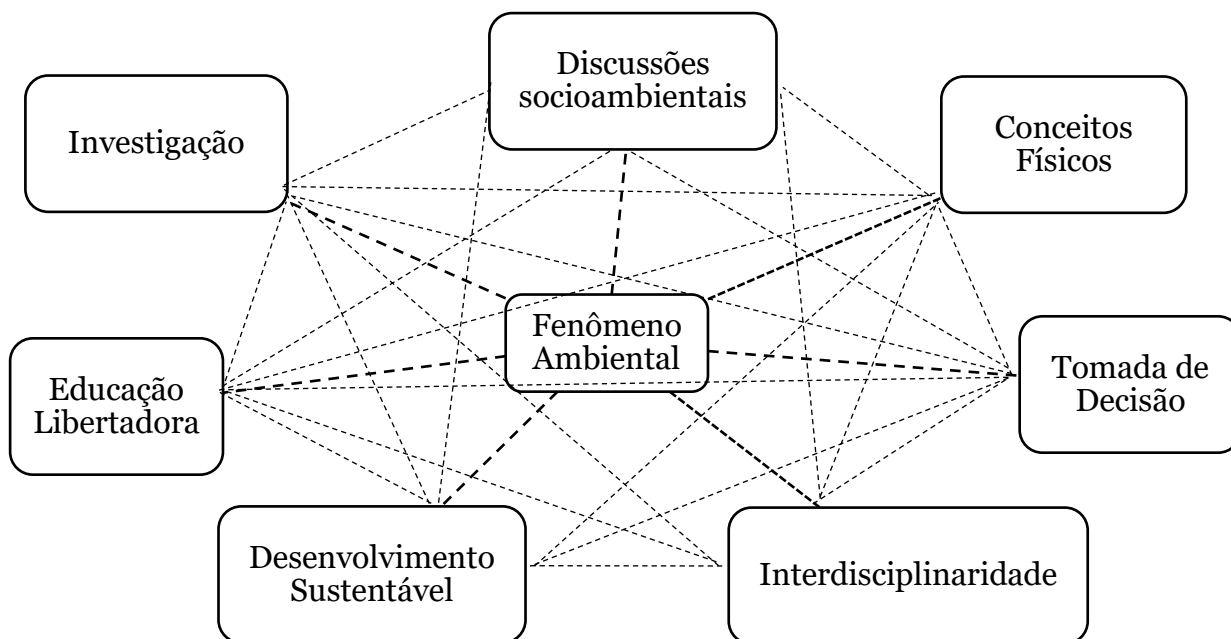


Figura 4. Relações da abordagem temática Física Ambiental segundo os pressupostos sobre o Ensino de Física e as discussões sobre as questões socioambientais.

Os **fenômenos ambientais** contemporâneos, como as queimadas – que foram um dos principais temas de discussão nas grandes mídias, tanto nacionais quanto internacionais no ano de 2024 -, evidenciam a necessidade de integrar conceitos científicos e **discussões interdisciplinares** para compreender a interação entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente (CTSA).

A partir de **conceitos físicos**, como combustão, transferência de calor e propagação térmica, é possível explorar as relações entre os processos naturais e as ações humanas, conectando áreas como física, química, biologia e sociologia. Essa abordagem promove a **tomada de decisões** conscientes, fundamentada na **Pedagogia Libertadora** de Paulo Freire, que incentiva a autonomia e o protagonismo juvenil por meio de análises críticas e reflexivas - como investigar os impactos das queimadas na biodiversidade, na qualidade do ar e nas mudanças climáticas -, além de propor soluções de prevenção e manejo sustentável.

Projetos que alinham o ensino de ciências aos **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável** (ODS) - como o estudo de técnicas de controle de queimadas e reflorestamento ou a análise de políticas públicas de conservação ambiental - conciliam crescimento econômico, preservação ambiental e justiça social, além de incentivar a investigação científica para **aplicar teoria à prática**. Assim, ao integrar fenômenos ambientais, interdisciplinaridade, tomada de decisão e educação transformadora, o ensino de ciências torna-se uma ferramenta essencial para formar cidadãos críticos, engajados e capazes de atuar na construção de um futuro mais justo e sustentável.

Conclusão

A análise histórica e bibliográfica realizada neste estudo permitiu compreender como o processo de Ambientalização Curricular tem se manifestado na formação de professores de Física, destacando as contribuições, os desafios e as lacunas ainda existentes na inserção das questões socioambientais nos cursos de licenciatura. Verificou-se que, apesar dos esforços iniciais nas décadas de 1970 e 1980 e do ressurgimento do tema no século XXI, a presença da Educação Ambiental crítica permanece limitada e, muitas vezes, tratada de forma secundária ou descontextualizada nos currículos de Física.

Deste modo, os resultados apresentados revelam e sistematizam um conhecimento já existente, ao reconstruir de forma original a trajetória histórica da Física Ambiental, oferecendo um referencial teórico inédito que pode subsidiar novas propostas curriculares e práticas pedagógicas. Espera-se que esse estudo contribua para o fortalecimento de uma formação docente comprometida com a justiça ambiental e social, incentivando abordagens interdisciplinares e politicamente engajadas no Ensino de Física. A incorporação crítica da temática ambiental nos cursos de Licenciatura em Física é, portanto, urgente e necessária diante das atuais crises socioambientais.

Neste sentido, a abordagem temática Física Ambiental apresentada não se propõe a acrescentar novos temas e conteúdos aos já abordados na disciplina de Física, pois esses já fazem parte do repertório de cientistas, pesquisadores e professores. A mudança está no olhar

da Física sobre as questões ambientais. Compreender que o ambiente não é apenas e tão somente laboratório para a realização de estudos e observação de fenômenos é o primeiro passo para entender que sociedade e ciência estão indissociavelmente ligadas ao ambiente. É evidente que decisões humanas – individuais e/ou coletivas – impactam o ambiente e criam, modificam, favorecem ou agravam as questões ambientais. Assim, não perceber esta ligação é compactuar com a negação da problemática ambiental vivenciada por nossa sociedade.

Referências

- Amaral, I. A. do. (2006). *Modalidades de Educação Ambiental e o Currículo Escolar*. Paraná, Secretaria Estadual da Educação, mimeo, 2006.
- Blankert, P., & Mulder, J. (2003). A student laboratory in environmental physics. *European Journal of Physics*, 24(5), S69. <https://doi.org/10.1088/0143-0807/24/5/302>
- Boeker, E. Van Grondelle, R., & Blankert, P. (2003). Environmental physics as teaching concept. *European Journal of Physics*, 24(5), S59. <https://doi.org/10.1088/0143-0807/24/5/301>
- Boman, J., Dynefors, B., & Kühlmann-Berezon, S. (2003). Teaching environmental physics with a field measurement campaign. *European Journal of Physics*, 24(5). <https://doi.org/10.1088/0143-0807/24/5/303>
- Brasil. (1999). *Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências*. Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999. Brasília: MEC. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19795.htm.
- Busch, H. C. (2010). Using environmental science as a motivational tool to teach physics to nonscience majors. *The Physics Teacher*, 48(9), 578-581.
- Caliman, A. P. (2019). *Física Ambiental no ensino médio: Uma análise dos livros didáticos do PNLD 2018*. [Dissertação de Mestrado]. Universidade Estadual de Campinas. <https://doi.org/10.47749/T/UNICAMP.2019.1095378>.
- Costa, C.A., & Loureiro, C.F. (2017). A interdisciplinaridade em Paulo Freire: aproximações político-pedagógicas para a educação ambiental crítica. *Revista Katál*, 20(1), 111-121. <https://doi.org/10.1590/1414-49802017.00100013>
- Costa, C.A., & Loureiro, C.F. (2024). Educação Ambiental crítica e conflitos ambientais: reflexões à luz da América Latina. *Revista de Programa de Pós-graduação em Educação: Currículo*, 22(1), 1-24. I <http://dx.doi.org/10.23925/1809-3876.2024v22e59508>
- Cowan, D. J. (1972). Environmental topics in an undergraduate physics curriculum. *American Journal of Physics*, 40(1), 1748-1756. <https://doi.org/10.1119/1.1987058>
- Delizoicov, D; Angotti, J.A.; Pernambuco, M.M.C.A. (2002). *Ensino de Ciências: fundamentos e métodos*. Cortez, 2002.
- Delizoicov, D. (1991). *Conhecimento, Tensões e Transições*. [Tese doutorado, Faculdade de Educação] Universidade de São Paulo.
- Ehrlich, R. (1999). What can we learn from recent changes in physics bachelor's degree output? *The Physics Teacher*, 37(3), 142-146. <https://pubs.aip.org/aapt/pte/article-abstract/37/3/142/272586/What-can-we-learn-from-recent-changes-in-physics?redirectedFrom=PDF>.
- Forinash, K. (2010). *Foundations of environmental physics: understanding energy use and human impacts*. 1. Ed. ISLAND PRESS: Washington.
- Freire, P. (2020). *Pedagogia do Oprimido*. 72. ed. Rio de Janeiro/São Paulo: Paz e Terra, 2020.
- Hare, M. G. (1973). Environmental Physics – a course. *American Journal of Physics*, 41 (1), 956-960. <https://pubs.aip.org/aapt/ajp/article-abstract/41/8/956/1049513/Environmental-Physics-A-Course?redirectedFrom=PDF>.
- Hill, N. B. (2016). MAUVE: A new strategy for solving and grading physics problems. *The Physics Teacher*, 54(5), 291-294.

- <https://www.researchgate.net/publication/301578879> MAUVE A New Strategy for Solving and Grading Physics Problems.
- Hodges, L. (1974). Environmental topics for introductory physics courses. *The Physics Teacher*, 12(1), 205-212. <https://eric.ed.gov/?id=EJo96888>.
- Holubová, R. (2008). Effective teaching methods – project-based learning in physics. *US-China Education Review*, 5(12), 27-36. <https://www.researchgate.net/publication/234638346> Effective Teaching Methods--Project-based Learning in Physics.
- Holubová, R. (2013). Physics and everyday life – new modules to motivate students. *US-China Education Review*, 3(2), 114-118. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED540488.pdf>.
- Holubová, R. (2015). How to motivate our students to study physics? *Universal Journal of Educational Research*, 3(10), 727-734. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1077623.pdf>.
- Inhaber, H. (1975). Environmental physics revisited. *American Journal of Physics*, 43(8), 721-724. <https://pubs.aip.org/aapt/ajp/article-abstract/43/8/721/1050116/Environmental-physics-revisited?redirectedFrom=fulltext>.
- Jones, J. (2024). Contesting the boundaries of physics teaching: What it takes to transform physics education toward justice-centered ends. *Science Education*, 108(4), 1015-1033. <https://doi.org/10.1002/sce.21862>
- Leite, D.A.R., & Silva, L.F. (2021). Motivations and challenges on the inclusion of environmental topics in Brazilian physics teacher education courses. *Physics Education*, 56 (3). 10.1088/1361-6552/abe2fo
- Marston, E. H. (1970). A course on the physics of urban and environmental problems. *American Journal of Physics*, 38(10), 1244-1247. <https://pubs.aip.org/aapt/ajp/article-abstract/38/10/1244/1041172/A-Course-on-the-Physics-of-Urban-and-Environmental?redirectedFrom=fulltext>.
- Martinuk, M. S., & Ives, J. (2012). Do Prescribed prompts priem sense making during group problem solving? In *Atas do Physics Education Research Conference*. Philadelphia, USA. In: AIP Conference Proceedings 1413, p. 267-270. 2012. <https://www.researchgate.net/publication/51957655> Do Prescribed Prompts Prime Sensemaking During Group Problem Solving.
- Martinuk, M. S.; Moll, R. F., & Kotlicki, A. (2010). Teaching introductory physics with an environmental focus. *The Physics Teacher*, 48(6), 413-415. <https://pubs.aip.org/aapt/pte/article-abstract/48/6/413/277102/Teaching-Introductory-Physics-with-an?redirectedFrom=fulltext>.
- Mason, N. (2003). Introduction to the special section on environmental physics. *European Journal of Physics*. 24(5). <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0143-0807/24/5/001/pdf>.
- Moraes, L. E.; Costa, P. M. y Gebara, M. J. F. (2016) A Educação Ambiental e o Ensino de Física: uma análise de documentos legais. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, extra (1). <https://revistas.upn.edu.co/index.php/TED/article/view/4718>
- Moraes, L.E. y Gebara, M. J. F. (2024). A Educação Ambiental na Formação de Professores de Física: Um estudo sobre dissertações e teses brasileiras. *Ambiente & Educação*, 29(1). <https://periodicos.furg.br/ambeduc/article/view/1-25/11609>
- Moraes, L.E. (2021). *Pesquisa em ensino de física ambiental e educação: um estudo a partir da produção acadêmica brasileira entre 1979 e 2017*. [Tese de Doutorado, Instituto de Física Gleb Wataghin, Universidade Estadual de Campinas]. <https://repositorio.unicamp.br/acervo/detalhe/1168391>.
- Piscová, V., Lehotayová, J., y Hresko, J. (2023). Environmental education in the school system at elementary schools in Slovakia. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 11(4), 650-671. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1409016.pdf>
- Pratte, J. M. (2006). Engaging physics students using environmental lab modules. *The Physics Teacher*, 44(5), 301-303. <https://digitalcommons.kennesaw.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=3511&context=facpubs>
- Reigota, M. (2009). *O que é Educação Ambiental?* Coleção Primeiros passos. (2a. ed.). Brasiliense.

- Rink, J. (2014). *Ambientalização curricular na Educação Superior: tendências reveladas pela pesquisa acadêmica brasileira (1987-2009)*. [Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas].
<https://doi.org/10.47749/T/UNICAMP.2014.937435>
- Tozoni-Reis, M.F.C. (2006). Temas ambientais como “temas geradores” contribuições para uma metodologia educativa ambiental crítica, transformadora e emancipatória. *Revista Educar*, 27(1), 93-110. <https://doi.org/10.1590/S0104-40602006000100007>
- Vilches, A. (2023). CTSA y Sostenibilidad. *Indagatio Didactica*, 15(1), 173-195.
<https://doi.org/10.34624/id.v15i1.32207>
- Warpinski, R. (1974). *Physics, Environmental Education Guide*. Bureau of Elementary and Secondary Education, Washington, D.C; Wisconsin State Dept. of Public Instruction, Madison. 1974.
<https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED100698.pdf>
- Warpinski, R. (1976). *Project ICE (Instruction-Curriculum-Environment)*, Green Bay, Wisconsin. End of Project Period Report. Wisconsin State Dept. of Public Instruction, Madison. Center for Research and Program Development. Bureau of Elementary and Secondary Education, Washington, D.C.
<https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED137112.pdf>
- Xavier, A. R., Lemos, A. B. da S., Batista, C. da S., Amorim, A. V., Martins, E. S., Muniz, K. R. de A., Lemos, P. B. S., & Vasconcelos, J. G. (2024). Educação ambiental e BNCC: a abordagem da temática no documento normativo. *Revista de Gestão e Secretariado*, 15(1), 586–603.
<https://doi.org/10.7769/gesec.v15i1.3366>