

**EDITORIAL****Desafios para a interdisciplinaridade no ensino das ciências da natureza***Challenges for interdisciplinarity in the teaching of the natural sciences***RESUMO**

Embora haja uma extensa e antiga literatura em torno dessa temática, há uma certa dificuldade em caracterizá-la do ponto de vista operacional. No que concerne às atividades de pesquisa, o conceito de propriedades emergentes é proeminente, mas ao meu conhecimento ainda não há um consenso quando se trata de definir interdisciplinaridade no ensino. O conceito genérico de ensino interdisciplinar é aquele caracterizado por uma abordagem que integra duas ou mais áreas do conhecimento em uma associação significativa para aumentar e enriquecer a aprendizagem em cada área. Para alguns estudiosos isso se efetiva por meio de conceitos transversais, os quais devem servir de ponte entre as ciências da natureza, a matemática e as engenharias. Embora sejam muitos os desafios para o cumprimento desses pressupostos, pretendo mostrar neste trabalho que há espaço para atuação pedagógica comprometida com o domínio de conhecimento disciplinar numa perspectiva interdisciplinar.

Palavras-chave: *Interdisciplinaridade; ciências da natureza; biologia; física; química.*

**ABSTRACT**

Although there is an extensive literature on this subject, there is a certain difficulty in characterizing it from an operational point of view. As far as research activities are concerned, the concept of emerging properties is prominent, but to my knowledge there is still no consensus when it comes to defining interdisciplinarity in teaching. The generic concept of interdisciplinarity is that characterized by an approach that integrates two or more areas of knowledge into a meaningful association to increase and enrich learning in each area. For some scholars this is effected through transversal concepts, which should serve as a bridge between the natural sciences, mathematics and engineering. Although there are many challenges to the fulfillment of these assumptions, I intend to show in this work that there is space for pedagogical work committed to the domain of disciplinary knowledge in an interdisciplinarity perspective.

Keywords: *interdisciplinarity, nature sciences, biology, physics, chemistry.*

## 1. INTRODUÇÃO

Creio não haver objeção à afirmação de que o caráter essencial da natureza é interdisciplinar. Eram pensadores interdisciplinares os primeiros a perscrutarem os mistérios da natureza. O reducionismo que levou ao surgimento da biologia, física e química vem da incapacidade humana em investigar os fenômenos naturais no contexto de seu caráter holístico. Embora não tenhamos como saber se avanços de recursos tecnológicos e ferramentas matemáticas nos levarão de volta a um estado de quase completa interdisciplinaridade como se via nas antigas civilizações, é notável como abordagens interdisciplinares avançam pontualmente na pesquisa científica. Por exemplo, dos dez trabalhos sobre biologia mais citados na *Web of Science*, entre 2007 e 2017, 8 utilizam conceitos e técnicas de física, informática e matemática (Quadro 1). Ou seja, para ser protagonista na pesquisa de ponta em biologia nos tempos atuais, o biólogo não pode mais ser aquele profissional que detesta física e matemática.

**Quadro 1** – Palavras-chaves encontradas em oito dos dez mais citados artigos sobre biologia, cadastrados na Web of Science no período 2007-2017. Disponível em < [www.periodicos.capes.gov.br/](http://www.periodicos.capes.gov.br/)>. Busca realizada em 4/4/2018.

Referência	Palavra-Chave	Comentário
Molecular Biology and Evolution, v.28, n.10, pp. 2731-2739, 2011.	Neighbor-joining method.	Os métodos de Agrupamento de vizinhos fazem parte da filogenética computacional e aplicam técnicas gerais de agrupamentos de dados para análise de sequências utilizando a distância genética como métrica.
Nature Methos, v.9, n.7, pp.676-682, 2012.	Image-processing algorithms.	Algoritmos matemáticos para o processamento de imagens.
Molecular Biology and Evolution, v.29, n.8, pp. 1969-1973, 2011.	Bayesian Evolutionary Analysis	Algoritmos computacionais para a construção de árvores filogenéticas.
Science, v.318, n.5849, pp. 426-430, 2007.	Dip-coating	Processo de revestimento com filmes finos muito usado em produtos biomédicos.
Molecular Systems Biology, v.7, número do artigo: 539, 2011.	Hidden Markov Model	Modelo estatístico tipo rede bayesiana.
Physics Reports – Review Section of Physics Letters, v.486, n.3, pp. 75-174, 2010.	Statistical physics.	A física estatística está cada vez mais em uso em pesquisas biológicas.
Nature Protocols, v.4, n.3, pp. 363-371, 2009.	Computational tools	Grande parte da pesquisa científica em biologia moderna utiliza ferramentas computacionais.
Bioinformatics, v.25, n.9, pp. 1189-1191, 2009.	Java applet	Linguagem computacional.

Embora haja uma extensa e antiga literatura em torno dessa temática, há uma certa dificuldade em caracterizá-la do ponto de vista operacional. No que concerne às atividades de pesquisa, o conceito de propriedades emergentes é proeminente (CASTRO; EL-HANI, 2003; O'CONNOR, 1994; PESSOA JR., 2013), mas ao meu conhecimento ainda não há um consenso quando se trata de definir interdisciplinaridade no ensino. E as concepções recentes, mesmo que longe da unanimidade, ainda

são pouco difundidas na literatura brasileira. Parece-me evidente que essa crescente abordagem interdisciplinar no nível da pesquisa científica deve ser, de algum modo, transposta para a sala de aula. Mas, para isso há que se enfrentar os desafios deparados pela comunidade docente, alguns dos quais serão aqui apresentados.

Neste sentido, talvez seja instrutivo usar aqui o recente artigo de Hye Sun You (YOU, 2017) como referência para o estabelecimento do cenário a respeito do ensino interdisciplinar nas ciências da natureza. Muito do que foi escrito até o final desta introdução foi inspirado ou simplesmente extraído dessa referência, bem como de argumentos que venho apresentando há alguns anos em palestras (DOS SANTOS, 2015a) e em trabalhos publicados (DOS SANTOS, 2011; DOS SANTOS; VALEIRAS, 2014).

O conceito genérico de ensino interdisciplinar é aquele caracterizado por uma abordagem que integra duas ou mais áreas do conhecimento em uma associação significativa para aumentar e enriquecer a aprendizagem em cada área. O NRC (*National Research Council*, EUA) sugere que o formato do ensino interdisciplinar nas ciências da natureza deve contemplar práticas, conceitos transversais e ideias centrais (NRC, 2012). É uma sugestão de aceitação quase unânime. A dificuldade é definir os conceitos transversais, ou CCS (*crosscutting concepts*), para os diferentes cenários didáticos. Existem muitas possibilidades, dependendo do viés epistemológico e do interesse específico em determinada área do conhecimento. De qualquer modo, é interessante que haja esse referencial pedagógico, segundo o qual o conceito transversal deve servir de ponte entre as ciências da natureza, a matemática e as engenharias. Supõe-se que assim instruídos, os alunos serão capazes de construir esquemas organizacionais relacionando várias ciências em uma perspectiva interdisciplinar (YOU, 2017).

No limite, este cenário coloca de um lado a visão disciplinar pura, aquela em que biologia, física e química evoluem em seus espaços próprios e no lado oposto tem-se a visão holística ideal, pela qual inexitem as fronteiras interdisciplinares. Pelo exposto até aqui, depreende-se que neste espaço epistemológico imaginário as fronteiras interdisciplinares movem-se com o tempo, dependendo da capacidade cognitiva e instrumental disponível. Para ficar apenas em um exemplo, noções de termodinâmica, tão importantes para o estudo de sistemas biológicos, só passaram a ser operacionalmente consideradas depois dos anos 1940, sobretudo por influência do livro seminal de Schrödinger, "O que é vida?" (SCHRODINGER, 1997).

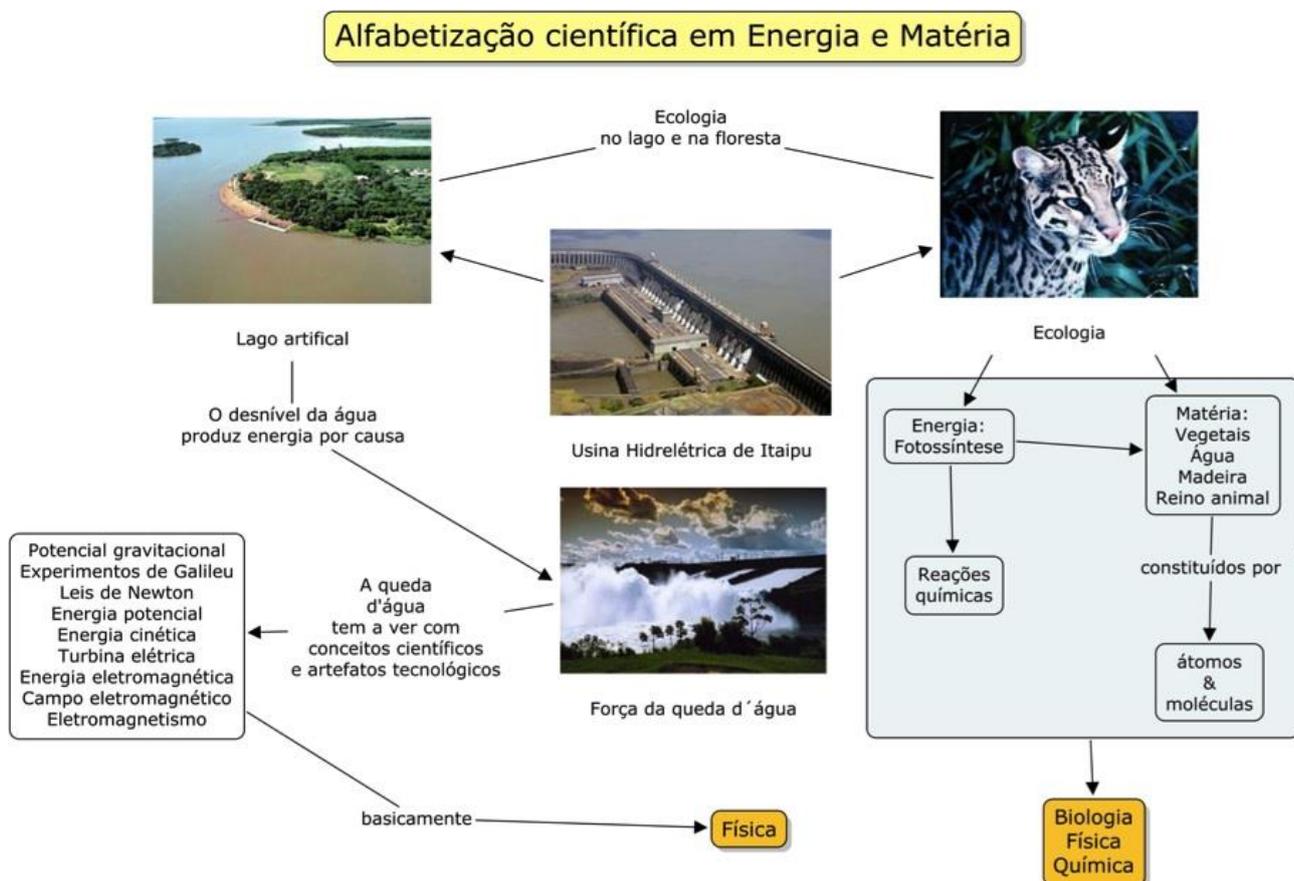
Mais importante do que especular sobre a possibilidade de um utópico cenário holístico ideal, é identificar os caminhos das possibilidades interdisciplinares e trilhar os mais exequíveis. Iniciativas inspiradoras relatadas na literatura (BOOHAN; STYLIANIDOU; OGBORN, 2000; REDISH; COOKE, 2013), indicam que entre um profissional limitado à sua estrita área de conhecimento e um pensador holístico, há espaço para atuação pedagógica comprometida com o domínio de conhecimento disciplinar numa perspectiva interdisciplinar. É o que tentarei mostrar na sequência.

## 2. LICENCIATURA INTERDISCIPLINAR: UTOPIA EM BUSCA DE POSSIBILIDADE

Alguns anos antes da publicação desse relatório do NRC, coordenei um grupo de trabalho que elaborou um projeto pedagógico para uma licenciatura interdisciplinar em ciências da natureza (DOS SANTOS, 2011; DOS SANTOS; VALEIRAS, 2014), baseado em energia e matéria como conceitos

transversais. Que esses conceitos têm o caráter transversal nas ciências da natureza parece não haver dúvida, mas de qualquer modo é instrutivo mostrar como eles podem ser explorados a partir de diferentes contextos. Na Figura 1 ilustramos como isso é possível a partir do cenário de uma usina hidroelétrica. Observe que boa parte dos conteúdos básicos de biologia, física e química podem ser abordados de modo contextualizado a partir deste cenário.

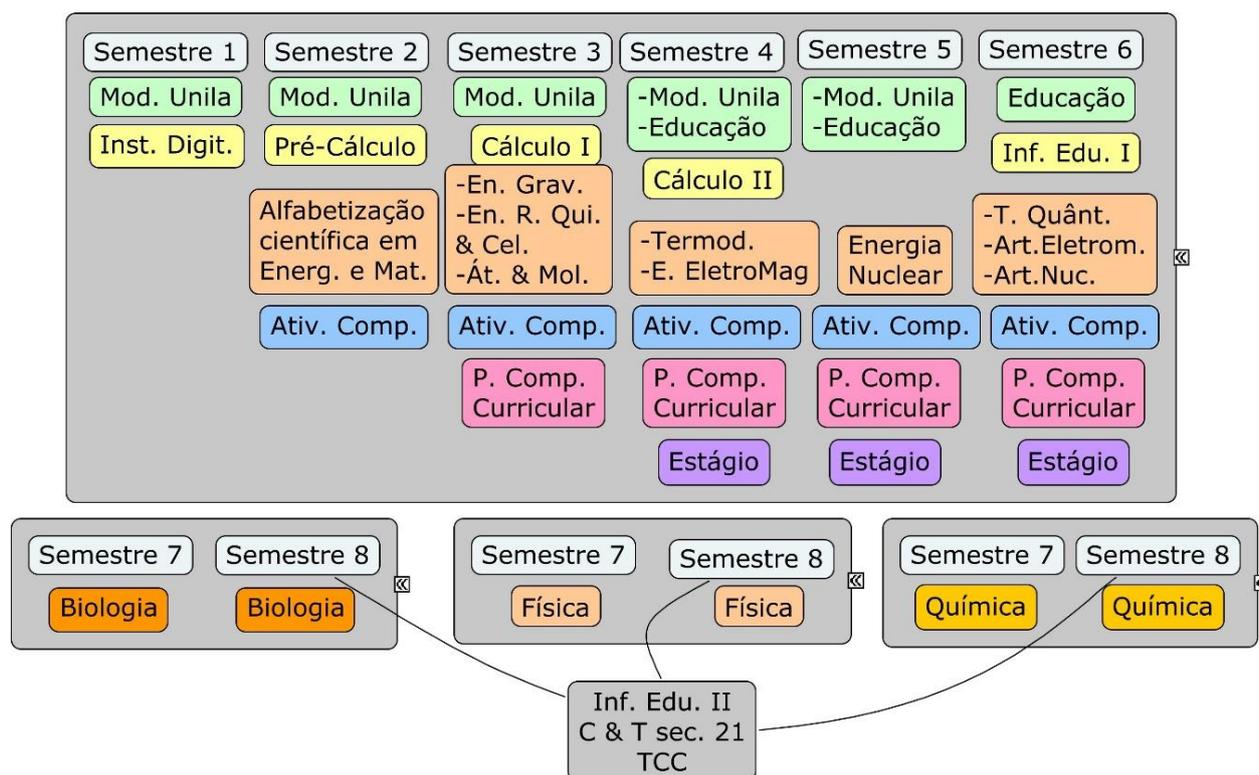
**Figura 1** – Energia e matéria no cenário de uma hidroelétrica permite a abordagem de vários temas das ciências da natureza.



Mas, à parte o contexto específico, é necessário definir como a transversalidade dos conceitos de energia e matéria pode conduzir a evolução curricular de modo a propiciar a formação interdisciplinar de docentes sem comprometer o conhecimento disciplinar básico de biologia, física e química. Uma possibilidade é a formação completamente interdisciplinar de professor de ciências para o ensino fundamental, e uma formação disciplinar para o ensino médio. Não recomendamos e não achamos que seja possível a formação de um "professor de ciências da natureza", para o ensino médio, no estágio atual de nosso domínio científico.

Mas, como formar um profissional que seja, ao mesmo tempo professor interdisciplinar para o ensino fundamental e professor disciplinar para o ensino médio? A representação gráfica da estrutura curricular exibida na Figura 2 ilustra uma possibilidade. Essa estrutura foi implantada na Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA), em 2010, mas sofreu forte oposição dos docentes que ingressaram na universidade em 2012, e progressivamente foi perdendo o caráter interdisciplinar.

**Figura 2** – Representação gráfica da estrutura curricular para um curso de licenciatura interdisciplinar em ciências da natureza. Os termos relevantes são explicados no corpo do artigo.



Como sugere esta representação, o currículo é dividido em duas partes. A primeira, desenvolvida em seis semestres, consiste na formação interdisciplinar do professor de ciências para o ensino fundamental. A segunda parte, desenvolvida em dois semestres, consiste na formação de professor disciplinar para o ensino médio. Ou seja, ao final do sexto semestre, o aluno escolhe a disciplina para obter a licenciatura para o ensino médio. Assim, é possível que ao final de seis anos, o aluno seja diplomado em professor de ciências para o ensino fundamental, e professor de biologia, física e química para o ensino médio. Para isso é necessário que o conteúdo interdisciplinar abordado nos três primeiros anos forneça a base necessária para a apropriação conceitual disciplinar do último ano. Vejamos por quê achamos que a estrutura exibida na Figura 2 atende a essa exigência.

Os retângulos denominados “Mod. Unila” referem-se a disciplinas das ciências humanas sobre a América Latina, especificamente planejadas para o contexto de uma universidade de integração regional, de modo que não cabe discuti-la no contexto do presente trabalho. Dos componentes curriculares usuais nos cursos de licenciatura disciplinares (biologia, física e química) os únicos que são integralmente preservados são aqueles referentes à informática (Instrumentação Digital e Informática na Educação I e II) e à matemática (Pré-Cálculo, Cálculo I e Cálculo II). Todas as outras disciplinas tiveram seus conteúdos alterados para contemplar o caráter interdisciplinar a partir dos conceitos de energia e matéria. Na raiz da matéria encontra-se a estrutura atômica, de modo que o componente curricular “Átomos e Moléculas” servirá de base conceitual para a compreensão do papel da matéria no universo. Atenção especial deverá ser dada ao tratamento da tabela periódica, como vista por um biólogo (INFANTE-MALACHIAS, 2015), por um físico (DOS SANTOS, 2015b) e por um químico (BIANCO, 2015).

Excetuando Teoria Quântica, todos os outros conteúdos básicos das ciências da natureza indispensáveis a um professor de ciências e necessários como pré-requisito para o estudo de tópicos

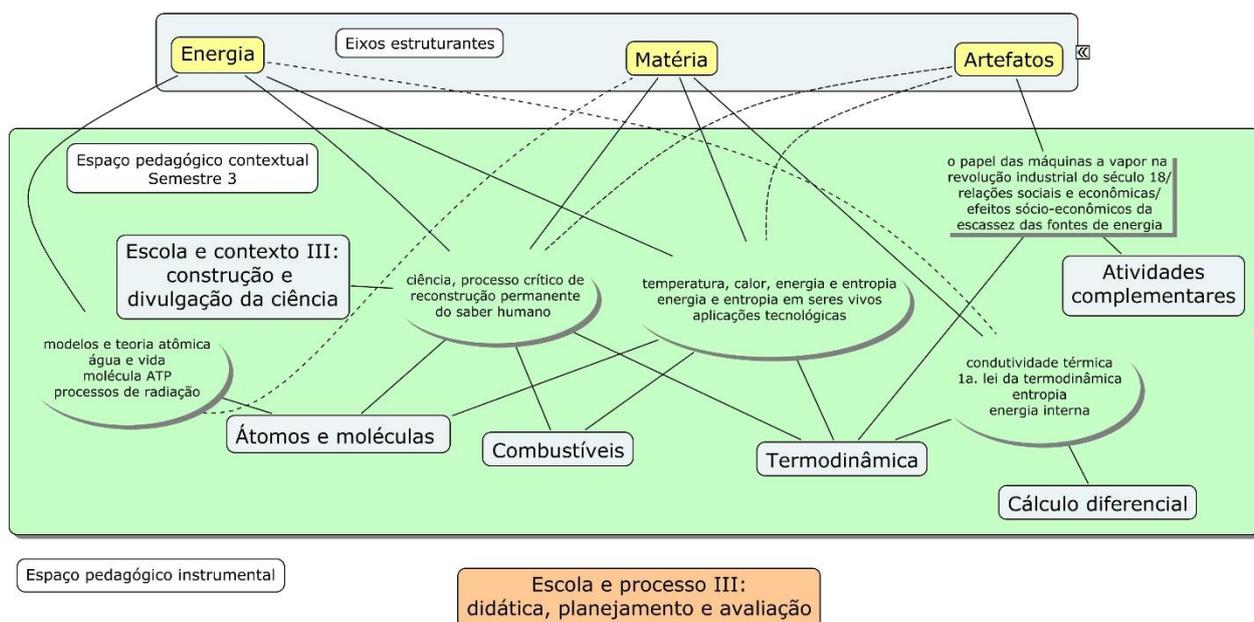
mais avançados foram reorganizados para terem nos conceitos de energia e matéria seus eixos temáticos interdisciplinares. Os componentes curriculares básicos para essa parte inicial do currículo são, além de Teoria Quântica: Energia Gravitacional; Energia das reações químicas; Energia Eletromagnética; Energia Nuclear; Termodinâmica. Para se ter ideia do caráter interdisciplinar desses componentes vejamos a súmula da disciplina Energia Eletromagnética:

Abordagem qualitativa de alguns contextos: luz de uma vela; luz solar; efeitos biológicos das radiações; energia elétrica distribuída a partir de uma central hidroelétrica. Processos de eletrificação em diferentes materiais. Campo elétrico. Campo magnético. Força entre cargas estáticas e em movimento. Energia. Propriedades elétricas e magnéticas dos materiais. O espectro eletromagnético e os seres vivos. Interação das radiações ionizantes com a matéria. Sistemas de orientação e migrações. Fototropismo. Fototactismo. Biomagnetismo.

A parte qualitativa de abertura da disciplina permite uma abordagem interdisciplinar do eletromagnetismo. Depois abordam-se os conceitos básicos usuais para concluir com a discussão do assunto no contexto das ciências biológicas.

O currículo tem também características CTS, na medida em que discute resultados tecnológicos resultantes dos avanços científicos (nas disciplinas Artefatos Eletromagnéticos e Artefatos Nucleares) e possibilita a contextualização histórica dos assuntos científicos tratados, como ilustra a Figura 3. Seminários programados como Atividades Complementares podem discutir o papel das máquinas a vapor na revolução industrial do século 18. Pode-se discutir como essa revolução modificou as relações sociais, e de como nos dias atuais a escassez das fontes de energia afeta nossa vida cotidiana.

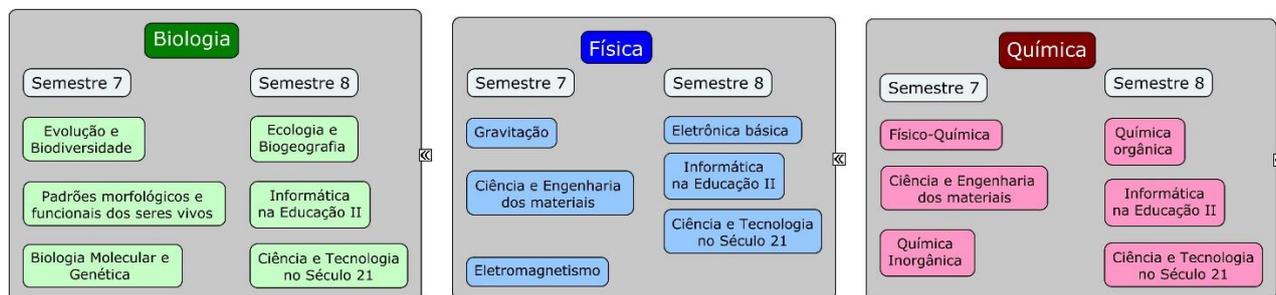
**Figura 3** – Interconexões temáticas no semestre 4.



Os dois últimos semestres completam a formação disciplinar. Como pode-se ver na Figura 4, o currículo específico de cada disciplina, ou currículo disciplinar, juntamente com a parte interdisciplinar cobre todo o conteúdo básico atualmente abordado nas licenciaturas convencionais de biologia, física

e química, com a vantagem de permitir aos licenciados uma visão interdisciplinar das ciências da natureza.

**Figura 4** – Componentes curriculares dos últimos semestres das licenciaturas em biologia, física química.



### 3. TEXTOS INTERDISCIPLINARES

Um dos grandes desafios para a implementação de um currículo como este descrito na seção anterior, é a inexistência de material didático conveniente para cobrir todo o conteúdo dos seis primeiros semestres. Essa dificuldade não existe em relação aos dois últimos semestres porque se trata de componentes curriculares usuais, que podem ser abordados com a literatura existente.

Não há diferença essencial entre os conteúdos propostos na parte interdisciplinar e aqueles usualmente tratados nas licenciaturas atuais. Trata-se apenas de uma reorganização dos conteúdos distribuídos em diferentes livros didáticos. Por exemplo, a interação das radiações ionizantes com a matéria que geralmente é abordada em livros de biofísica, aqui ele é tratado no contexto do espectro eletromagnético, da disciplina sobre energia eletromagnética. Da mesma forma, o efeito da gravidade na estrutura e comportamento dos seres vivos que geralmente encontra-se em livros de fisiologia ou bioquímica, é aqui tratado no contexto mais amplo da energia gravitacional.

Entre 2007 e 2016 produzi uma certa quantidade de material paradidático interdisciplinar, publicado na coluna "Do laboratório para a fábrica", da Ciência Hoje Online<sup>1</sup>. Embora tenha sido escrito em linguagem de divulgação científica, o conteúdo pode facilmente ser transposto para a sala de aula. Tanto é, que algumas editoras têm pedido permissão para usar alguns desses textos em livros didáticos do ensino fundamental e do ensino médio.

Curiosamente, há um antigo livro para cursos universitários, que embora tenha sido elaborado como livro de química, poderia ser utilizado como um livro interdisciplinar depois de passar por algumas adaptações. Refiro-me ao livro de Bruce Mahan "Química: um curso universitário"(MAHAN, 1986). Esse fato é um bom indicativo do caráter interdisciplinar das ciências da natureza, e da possibilidade de se fazer uma abordagem pedagógica integrada.

Carlos Alberto dos Santos <sup>2</sup>

<sup>1</sup> [http://www.cienciahoje.org.br/coluna/p/id/10/n/do\\_laboratorio\\_para\\_a\\_fabrica](http://www.cienciahoje.org.br/coluna/p/id/10/n/do_laboratorio_para_a_fabrica).

<sup>2</sup> Professor Visitante, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte. Natal/RN – Brasil.

## REFERÊNCIAS

BIANCO, A. A. G. Olhando a tabela periódica como um químico orgânico. In: DOS SANTOS, C. A. (Ed.). **Energia e Matéria: da fundamentação conceitual às aplicações tecnológicas**. São Paulo: Livraria da Física, 2015. p. 139–154.

BOOHAN, R.; STYLIANIDOU, F.; OGBORN, J. Training teachers for innovation: energy transfer and the direction of change. **STTIS UK National Report WP5 (part 1), University of Sussex, UK**, [s. l.], 2000.

CASTRO, T. A.; EL-HANI, C. N. **O uso do conceito de propriedades emergentes e de conceitos relacionados em livros didáticos de biologia do ensino superior** (M. A. Moreira, Ed.) IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. **Anais...**Bauru: ABRAPEC, 2003 Disponível em: <<http://fep.if.usp.br/~profis/arquivos/ivenpec/Arquivos/Orais/ORAL129.pdf>>

DOS SANTOS, C. A. Energia e Matéria: conceitos-chave para a interdisciplinaridade no ensino de ciências da natureza. In: DOS SANTOS, C. A.; QUADROS, A. F. (Eds.). **Utopia em busca de possibilidade: Abordagens interdisciplinares no ensino das ciências da natureza**. Foz do Iguaçu: UNILA, 2011. p. 79–92.

DOS SANTOS, C. A. **Integração de biologia, física e química no ensino médio**. Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/casifufgrs/integracao-de-biologia-fisica-e-quimica-no-ensino-medio>>. Acesso em: 4 abr. 2018a.

DOS SANTOS, C. A. A tabela periódica e a estrutura eletrônica dos elementos químicos. In: DOS SANTOS, C. A. (Ed.). **Energia e Matéria: da fundamentação conceitual às aplicações tecnológicas**. São Paulo: Livraria da Física, 2015b. p. 109–124.

DOS SANTOS, C. A.; VALEIRAS, N. Currículo interdisciplinar para licenciatura em ciências da natureza. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [s. l.], v. 36, n. 2, p. 2504–1, 2504–12, 2014.

INFANTE-MALACHIAS, M. H. Os elementos químicos na organização e na estrutura da vida na Terra. In: DOS SANTOS, C. A. (Ed.). **Energia e Matéria: da fundamentação conceitual às aplicações tecnológicas**. São Paulo: Livraria da Física, 2015. p. 125–138.

MAHAN, B. H. **Química: um curso universitário**. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1986.

NRC. **A Framework for K-12 Science Education. Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas**. Washington, DC: [s.n.]. Disponível em: <<https://www.nap.edu/catalog/13165/a-framework-for-k-12-science-education-practices-crosscutting-concepts>>.

O'CONNOR, T. Emergent properties. **American Philosophical Quarterly**, [s. l.], v. 31, p. 91–104, 1994.

PESSOA JR., O. Emergência e redução: uma introdução história e filosófica. **Ciência e Cultura**, [s. l.], v. 65, n. 4, p. 22–26, 2013.

REDISH, E. F.; COOKE, T. J. Learning each other's ropes: negotiating interdisciplinary authenticity. **CBE-Life Sciences Education**, [s. l.], v. 12, n. 2, p. 175–186, 2013.

SCHRODINGER, E. **O que É vida?: O aspecto físico da célula viva**. [s.l.] Unesp, 1997.

YOU, H. S. Why Teach Science with an Interdisciplinary Approach: History, Trends, and Conceptual Frameworks. **Journal of Education and Learning**, [s. l.], v. 6, n. 4, p. 66–77, 2017.