

FÍSICA E NUTRIÇÃO: UM RECORTE INTERDISCIPLINAR

PHYSICS AND NUTRITION: AN INTERDISCIPLINARY CUT

Fernanda Cavaliere Ribeiro Sodré¹
Cristiano Rodrigues de Mattos²

IFUSP/Pós-Graduação em Ensino de Ciências - Modalidade Física, fernanda@if.usp.br
IFUSP/Departamento de Física Experimental, mattos@if.usp.br

Resumo

A ausência de compreensão dos processos de degradação de energia na alimentação e suas conseqüências para o ser vivo implicam numa dificuldade em definir-se uma boa alimentação. Esta preocupação fez surgir projetos ligados a educação para uma alimentação saudável, no sentido de dar subsídio a formação de professores seja na forma de proposições de curso ou como oferecimento de material didático interdisciplinar. Nesta perspectiva, fizemos um estudo histórico das relações entre física, biologia e nutrição e um levantamento preliminar, por meio de questionários abertos, das concepções de estudantes de licenciatura nas áreas de Física e Biologia acerca dos conceitos físicos ligados à alimentação. Neste trabalho estamos usando a noção de interdisciplinaridade como um recorte no conhecimento, um sistema complexo.

Palavras-chave: Interdisciplinaridade, alimentação, negentropia, nutrição, ensino de física.

ABSTRACT

The misunderstanding of feeding degradation of energy and their consequences for live beings implicates in a difficulty in defining a good feeding. This concern allows appearing education projects for a healthy feeding as course proposals, or as interdisciplinary didactic material offer, as subsidy to teachers' formation. In this perspective, we made a historical study about the relationship between physics, biology and nutrition and a preliminary survey of Physics and Biology students' conceptions concerning the physical concepts of feeding. We are using the conception of interdisciplinarity as a cut in knowledge, a complex system.

Keywords: Interdisciplinarity, feeding, negentropy, nutrition, physics teaching.

INTRODUÇÃO: UMA EDUCAÇÃO INTERDISCIPLINAR

Um dos grandes desafios do ensino de física é a introdução de conteúdos interdisciplinares nos diversos níveis de ensino. Em relação à interface entre a física e as outras ciências, como a biologia e a química, pode-se observar um crescimento interdisciplinar no último século. Mapeamentos genéticos, diagnósticos médicos, produção de novos materiais, são exemplos de resultados dessas interfaces.

As ciências da vida atraem profissionais de outras áreas não só do ponto de vista tecnológico, mas do ponto de vista científico, à medida que se tornam cada vez mais quantitativas em seus aspectos experimentais e teóricos. Desta maneira, especialmente nas últimas décadas, a pesquisa científica tem se caracterizado pela colaboração de pesquisadores, tanto de uma mesma área como também de áreas distintas.

A introdução dessa forma de atuar da ciência na escola torna necessária a formação de professores dentro de uma perspectiva interdisciplinar, para que eles próprios possam agir, seja em sala de aula ou na escola, como focos de organização do conhecimento interdisciplinar (FIEDLER-FERRARA; MATTOS, 2002), sejam como indivíduos, sejam como grupos.

Para que as alterações nos enfoques curriculares obtenham êxitos e persistam, é preciso que se exija o estabelecimento de metas comuns entre algumas disciplinas, o que implica no fornecimento de subsídios à formação de professores de ciências, incluindo a produção de um material que trate os conteúdos de forma interdisciplinar.

Essa abordagem interdisciplinar implica em compreender as relações interdisciplinares dos conceitos ligados ao assunto que será trabalhado. O tema escolhido é o da nutrição e suas relações com a física. Nesta perspectiva, fizemos um levantamento da concepção de estudantes de física e biologia sobre o conceito de alimentação do ponto de vista físico, além de uma pesquisa histórica sobre a noção de ser vivo, com intuito de subsidiar a construção dos instrumentos de avaliação utilizada.

Aspectos históricos das relações entre Física, Biologia e Nutrição

A imagem do universo e dos seres vivos é discutida há muito tempo, de modo que diversos conceitos, teorias, correntes filosóficas foram desenvolvidas para tentar compreender a característica evolutiva destes entes.

No século XVII, o grande alcance e sucesso obtido pela mecânica newtoniana a tornavam um importante fator de motivação para o desenvolvimento da ciência, como por exemplo, a hipótese de que um novo planeta deveria perturbar a órbita de Urano, resultando na descoberta de Netuno, a previsão do retorno em 1758 do cometa Halley (KUHN, 1982). Desta forma, cria-se uma enorme confiança na física de Newton de tal modo que os cientistas passam a construir, ao longo dos séculos XVIII e XIX, modelos mecânicos para compreender novos fenômenos. Podemos citar a

elaboração dos modelos para o estudo dos gases, de modo a deduzir grandezas macroscópicas como temperatura e pressão; A formulação da lei de Coulomb, fortemente apoiada em uma analogia com a lei da gravitação newtoniana (KUHN, 1982).

Tal convicção, entretanto, fez surgir entre os cientistas uma nova concepção filosófica do mundo denominada mecanicismo, que procurava explicar todos os fenômenos naturais a partir da Mecânica. Um “mecanicismo generalizado” poderia ser caracterizado por dois princípios básicos: a crença em que toda a ciência podia ser derivada da Mecânica e que os seres vivos podiam ser tratados como máquinas (HULL, 1975).

O primeiro princípio, a crença na onipotência da Mecânica, foi abandonado a partir do momento em que muitos fenômenos não podiam ser explicados apenas em termos de matéria em movimento. Contudo a analogia do ser vivo como máquina exerceu grande influência na Ciência.

... Astros e pedras obedecem às leis da mecânica expressa pelo Cálculo. Desde logo, para destinar um lugar aos seres vivos e para explicar o seu funcionamento, existe apenas uma alternativa. Ou os seres são máquinas nas quais há unicamente a que se considerar números, grandezas e movimentos, ou escapam à Mecânica e neste caso é necessário renunciar a toda a unidade, à toda a coerência no mundo. Face a esta escolha, nem os filósofos, nem os físicos, nem mesmo os médicos, saberiam hesitar: toda natureza é máquina, como toda a máquina é natureza. (JACOB, 1971, 52)

Havia também outras correntes filosóficas importantes, como o vitalismo e o organicismo. A primeira propunha que todas as coisas são feitas das mesmas substâncias, com o diferencial de que as coisas viventes possuíam uma substância extra: o fluido vital, transmitido na reprodução, e que se extinguiu com a morte. Já o organicismo ou holismo, afirmava que os fenômenos da natureza não poderiam ser reduzidos a leis físico-químicas, uma vez que não são capazes de explicar a totalidade do sistema vital. Por outro lado, reconhecia a existência de sistemas hierarquicamente organizados com propriedades que não podiam ser entendidas por meio do estudo de partes isoladas (HULL, 1975). A unificação das partes daria-se por um novo agente: a força vital, uma qualidade particular da matéria, capaz de se alojar em cada órgão, cada músculo, cada nervo, diferindo do conceito de fluido vital, constituído por um poder central, instalado no coração do organismo para reger suas atividades (JACOB, 1971).

Em meados do século XIX, foram desenvolvidas duas teorias científicas importantes sobre a evolução temporal de sistemas naturais: a Termodinâmica e a Teoria da Evolução Natural de Darwin. De acordo com a Termodinâmica, mais precisamente com sua segunda lei, o universo, se considerado um sistema fechado, estaria degenerando em direção ao equilíbrio térmico, tendo sua entropia maximizada. “Morte térmica do universo” foi o nome como ficou conhecida esta previsão. Esta visão da evolução de sistemas naturais contrasta com o paradigma, associado ao trabalho de Darwin, o qual interpreta a evolução natural na direção de uma crescente complexidade, especialização e organização de sistemas biológicos através do tempo (SCHENEIDER, 1988, MATTOS, 1991).

Tal amadurecimento da atividade científica, junto a contribuições de diversas áreas de conhecimento, implementaram a explosão de conseqüências ocorridas no século XX. Surgem a Bioquímica e a Genética, deslocando a noção de organização para uma na qual os seres vivos não mais se organizam através da articulação dos órgãos e das funções, mas ao nível celular, onde o núcleo da célula e os cromossomos definem as formas e funções (CANGUILHEM, 1977).

Simultaneamente nascem a Mecânica Quântica e a teoria da Relatividade, acompanhadas pelo desenvolvimento da Mecânica Estatística dos fenômenos fora do equilíbrio (PRIGOGINE; STENGER, 1984). De um lado a Mecânica Estatística permitia interpretar o comportamento médio de inúmeras moléculas. De outro, a análise genética mostrava que os caracteres dos seres vivos não resultam de fenômenos estatísticos e não traduzem uma agitação casual, mas se baseiam na qualidade de algumas substâncias contidas nos cromossomos (OLBY, 1985). A ordem dos seres vivos passa a ser vista como não extraída da desordem, em oposição aos seres inanimados (JACOB, 1971).

Erwin Schrödinger (1944), em seu livro “O Que é Vida?”, procura aproximar os processos fundamentais da biologia às ciências da física e da química. Recorrendo à Termodinâmica do não-equilíbrio, Schrödinger concluiu que um organismo mantém-se vivo no seu estado altamente organizado, retirando “negentropia” (entropia negativa) do meio externo para diminuir a entropia produzida pelo metabolismo desses organismos (MATTOS, 1991).

Aspectos modernos da alimentação

A questão da boa alimentação se tornou um foco de interesse não só científico como político (FAO, 2002). No Brasil, o recém implementado programa de diminuição da fome no país – *Fome Zero* – (FAO, 2003; BRASIL, 2004), permite mostrar o retrato da fome não como ausência de alimento, mas como desnutrição. Francisco Menezes, Presidente do CONSEA¹, afirmou, baseado em resultados do IBGE, que “a desnutrição calórico-protéica do brasileiro reduz-se ao mesmo tempo em que se acentua o crescimento da obesidade em todas as categorias de renda” (MENEZES, 2005, p.1)

Diversos movimentos vêm ocorrendo centrados no interesse de uma educação para uma boa alimentação (TELEFOOD PROJECT, 2005; FDA/NSTA, 2005; FEEDING MINDS, 2005). Do ponto de vista científico, o surgimento de uma nova área de pesquisa – a *Nutrigenômica* – corrobora com a reflexão feita por Schrödinger, tendo como maior preocupação as relações entre qualidade de alimentos e os gatilhos genéticos por eles disparados na interação metabólica (MILNER, 2003; ANDERLE *et al.*, 2004; ARAB, 2004).

Manutenção de concepções por meio do ensino formal

“Um organismo vivo, pode manter-se afastado da morte, isto é, permanecer vivo, extraindo incessantemente, do respectivo meio ambiente, entropia negativa ... Um organismo alimenta-se de entropia negativa”.
(Schrödinger, 1944, 74)

¹ Conselho Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional.

Aparentemente a analogia entre os seres vivos e a máquina não cessaram. Alguns livros didáticos de ensino superior corroboram com esta analogia de maneira explícita, ignorando a história dos conceitos sobre seres vivos. Cameron, Skofronick e Grant (1992), por exemplo, descrevem o corpo humano da seguinte forma: “O corpo é, de muitas formas, uma máquina notável. Ele deve ter uma fonte de energia, um método para converter energia nas formas elétrica e mecânica e um caminho para eliminar os subprodutos. A máquina humana consiste, realmente, de bilhões de “máquinas” muito pequenas – as células vivas do corpo”². (CAMERON; SKOFRONICK; GRANT, 1992, 119). Dada a influência dos livros didáticos na formação dos indivíduos (MATTOS & GASPARELLO, 2001, 2005), formulamos a hipótese de que as concepções dos professores de Física e de Ciências, sobre seres vivos, reproduzirão a analogia com a máquina mecânica, desconhecendo a relevância do conceito de entropia no que diz respeito à nutrição.

De acordo com orientações sugeridas nos Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 1999), abordagens que contemplem a transversalidade no tratamento dos conteúdos de ciências são necessárias para que novas tendências científicas possam ser acompanhadas pelos educadores e concretizada em sala de aula. Este trabalho está inserido em projeto mais amplo, no qual pretendemos realizar levantamento em livros didáticos dos vários níveis de ensino (fundamental, médio e superior), com o objetivo de verificar como o tema nutrição está sendo abordado do ponto de vista da física. Também será realizada uma pesquisa histórica acerca das origens dos conceitos de energia e entropia e de suas relações com o campo de conhecimento da nutrição.

REFERENCIAL TEÓRICO

O tema deste trabalho, por si só, demanda um referencial teórico para a interdisciplinaridade. Usaremos como referência o trabalho de Fiedler-Ferrara e Mattos (2002, 2005), em que o conceito de interdisciplinaridade é entendido como um recorte em uma disciplinaridade mais complexa: a pandisciplinaridade. A idéia de um currículo pandisciplinar como um sistema complexo³ contribui para compreender a necessidade de critérios de seleção e organização de conteúdos escolares, no sentido de que cada currículo, seja interdisciplinar, multidisciplinar, intradisciplinar ou ainda transdisciplinar, é construído a partir de um recorte no sistema hierarquicamente superior (currículo pandisciplinar) baseados em critérios epistemológicos, ontológicos e axiológicos. Também usamos o referencial de Garcia (1998) quando se refere à necessidade da escola complexificar os conteúdos para se aproximar dos problemas da vida cotidiana dos seus participantes. É nesse sentido que pretendemos trabalhar as relações entre Nutrição e Física.

METODOLOGIA DE PESQUISA

Para o levantamento de concepções prévias relativas aos conceitos físicos relacionados à alimentação, foram selecionadas duas amostras. A primeira formada por 47 integrantes entre os

² “The body is in many ways a very remarkable machine. It must have a source of energy, a method of converting the energy into electrical and mechanical forms, and a way of disposing of the by-products ... The human machine really consists of billions of a very small “engines” – the living cells of the body”, (CAMERON, SKOFRONICK, GRANT, 1992, p. 119).

³ Aqui entendemos sistema complexo como um sistema composto de muitos elementos altamente conectados entre si por processos de retro-alimentação, os quais permitem surgimento de diferentes níveis de organização e complexidade.

alunos do curso de licenciatura em física, sendo 23 inscritos na disciplina *Elementos e Estratégia para o Ensino de Física* e 24 inscritos em *Propostas e Projetos para o Ensino de Física*, ambas oferecidas pelo IFUSP/SP⁴. A segunda amostra continha 61 alunos dos cursos de licenciatura e bacharelado da biologia, inscritos na disciplina *Física para a Biologia*, oferecida pelo IFUSP/SP aos estudantes do IBUSP/SP⁵.

Com o intuito inicial de revelar as concepções destes estudantes de graduação acerca da alimentação do ponto de vista da Física, elaboramos um questionário semi-aberto, com seis questões dissertativas e um teste:

1. Do ponto de vista físico, de que o homem se alimenta?
2. Que características deve ter um objeto para que seja considerado um alimento?
3. Existe algum alimento que é totalmente aproveitado pelo organismo humano? Em caso de resposta afirmativa exemplifique-a, caso contrário explique porque.
4. Por que alguns alimentos são mais saudáveis que outros?
5. Podemos considerar 100 kcal de leite como alimento? E 100 kcal de gasolina? Justifique sua resposta.
6. Marque entre os conceitos físicos apresentados abaixo, os quais você acha que estão envolvidos no processo de alimentação. (Força – Entropia – Eletricidade – Energia – Potência – Entalpia – Velocidade – Peso)
7. Por que envelhecemos mesmo se nos alimentamos bem?

A finalidade deste instrumento de pesquisa não está em obter respostas satisfatórias, mas em levar o sujeito, conhecedor da relação ou importância do conceito de negentropia/entropia na alimentação, a usá-la ou citá-la em pelo menos uma de suas respostas. Desta forma, a não citação, (de nenhuma das formas indicadas nas categorias descritas posteriormente neste trabalho) indica a falta deste conhecimento, o que evidencia a ausência de discussão do assunto em sala de aula.

Na tabela 1 estão as cinco categorias teóricas elaboradas para análise das respostas:

Tabela 1: Categorias teóricas para análise dos questionários.

Categoria 1	A importância do conceito de negentropia/entropia na alimentação foi encontrada e justificada de maneira explícita
Categoria 2	A importância do conceito de negentropia/entropia na alimentação foi encontrada de maneira explícita, mas não justificada. O estudante percebe que existe uma

⁴ Instituto de Física da Universidade de São Paulo – Campus da capital.

⁵ Instituto de Biologia da Universidade de São Paulo – Campus da capital.

	relação entre negentropia/entropia e a alimentação, mas não sabe explicá-la
Categoria 3	O conceito de negentropia/entropia está relacionado de maneira tácita/ indireta/ implícita. O indivíduo fala em qualidade de energia, mas não utiliza o conceito de negentropia/entropia em sua argumentação
Categoria 4	O indivíduo aborda a existência de uma relação corpo-alimento, sem relacionar, (nem mesmo de maneira tácita/ indireta/ implícita) o conceito de negentropia/entropia
Categoria 5	Não há nenhuma relação entre o conceito de negentropia/entropia e a alimentação

De acordo com a nossa hipótese inicial, as concepções dos professores de Física e de Ciências sobre seres vivos e sua alimentação reproduzirão a analogia com a máquina mecânica, utilizando mais o conceito de energia e desconhecendo a relevância do conceito de entropia para a compreensão dos fenômenos da digestão ligados à nutrição. Assim, prevemos obter um maior número de questionários concentrados nas categorias 4 e 5, e, basicamente, nenhum na categoria 1. Na tabela 2 apresentamos alguns exemplos de respostas obtidas nas diversas questões, de distintos questionários. A categoria e a resposta do estudante foram indicadas, identificadas pelo número e pela turma – física (F) ou biologia (B). Apresentamos também a qual pergunta do questionário se refere a resposta.

Tabela 2: Exemplos de categorização em questionários diversos.

Categoria 1	não há respostas nesta categoria
Categoria 2	O homem se alimenta de “entropia negativa” (B9, questão 1)
Categoria 3	“100 kcal de leite é alimento pois o organismo humano tem a capacidade de transformar esse leite em energia útil. 100 kcal de gasolina só pode ser usado num processo de combustão, que o corpo não consegue fazer. São formas de energia diferentes” (F11, questão 5)
Categoria 4	“Saudável é uma característica relativa do alimento com o organismo que se alimenta. Um alimento saudável, assim o seria por apresentar conseqüências que, quando ingerido, (incorporação de nutrientes...) que perpetuassem fisicamente a integridade do organismo” (B3, questão 4)
Categoria 5	“Algo que ao ingerirmos libera energia para nossa sustentação” (F10, questão 2)

ANÁLISE DOS RESULTADOS

A análise dos dados foi feita de maneira qualitativa. Não fizemos uma análise estatística mais profunda, que permitisse identificar correlações entre as frequências obtidas. Assim, apresentamos os dados na forma de tabelas de frequência por categoria. A análise qualitativa das respostas indica claramente a tendência de associar aos processos de alimentação (digestão) o conceito de energia. Este conceito, principalmente o seu caráter quantitativo, tem sido, de modo geral, usado para expressar a razão pela qual estamos vivos, ou realizamos trabalho, indicando o uso de uma analogia, para ao ser vivo, da termodinâmica de sistemas fechados, o que não inclui análises das alterações das qualidades de energia (entropia), muito menos, análises dos fluxos de entropia.

Na tabela 3 apresentamos os resultados para os alunos do curso de licenciatura em Física, inscritos nas disciplinas *Elementos e Estratégia para o Ensino de Física* e em *Propostas e Projetos para o Ensino de Física*:

Tabela 3: Porcentagem referente à quantidade de questionários obtidos em cada uma das cinco categorias teóricas propostas (Física).

Categoria	Porcentagem de questionários
1	0%
2	11%
3	8%
4	15%
5	66%

Na tabela 4 apresentamos os resultados para os alunos do curso de Biologia, inscritos na disciplina *Física para Ciências Biológicas*:

Tabela 4: Porcentagem referente à quantidade de questionários obtidos em cada uma das cinco categorias teóricas propostas (Biologia)

Categoria	Porcentagem de questionários
1	0%
2	2%
3	3%
4	56%
5	39%

Pelos resultados obtidos nas duas turmas, constatamos que nenhum questionário foi considerado pertencente à categoria 1. A categoria 2 obteve baixa porcentagem, sendo maior para turma dos físicos. Os alunos classificados citaram ao longo das sete questões, pelo menos um dos termos: entropia, negentropia, ou segunda lei da termodinâmica. Contudo, não foram capazes de justificar, em nenhuma de suas respostas, o motivo pelo qual afirmaram a existência de uma relação entre o conceito citado e a alimentação. Este resultado mostra-se razoável no que se refere apenas à citação dos termos, já que a Termodinâmica está presente na graduação destes alunos. Todavia, a ausência de justificativas para a resposta, revela uma incapacidade de generalizar o modelo termodinâmico fora do contexto da física, indicando que na formação dos estudantes, pouco se exercita a discussão sobre a interdisciplinaridade.

A terceira categoria, criada para classificar questionários que apresentam uma compreensão com relação à qualidade de energia, continha 8% dos questionários da Biologia, e 3% dos estudantes de Física. Desta forma, um maior número de alunos de ciências biológicas mostraram-se capazes de discernir sobre os aspectos quantitativos da energia - seu valor rotulado no alimento, expresso em

unidades de quilocalorias, e sobre os aspectos qualitativos envolvidos na alimentação. Em parte, essa diferença pode ser explicada pelo fato dos estudantes de biologia terem cursado a disciplina de Bioquímica, onde foram discutidas algumas das reações químicas ligadas à digestão e à produção de ATP (adenosina tri-fosfato), embora as relações com o conceito de entropia não tenham sido o foco dos seus estudos. Apesar disso, quando consideramos a quarta categoria percebemos que mesmo tendo acesso a um tipo de informação mais relacionada à termodinâmica de sistemas abertos, houve uma concentração maior do número de questionários nesta categoria, para estudantes de Biologia (56%). Para o grupo da Física, a concentração foi maior para a categoria 5 (66%), que circunscreve os estudantes que não identificam qualquer tipo de relação entre entropia/negentropia e alimentação (digestão).

CONCLUSÕES

Tendo em vista que a ausência de compreensão da degradação de energia na alimentação e suas conseqüências para o ser vivo implicam numa dificuldade em definir-se uma boa alimentação (ou uma “alimentação para uma saúde sustentável”), e que tal preocupação tem feito surgir alguns projetos ligados a uma educação para uma alimentação saudável como o *Science and Our Food Supply: investigating food safety from farm to table*, desenvolvido nos Estados Unidos pela FDA/NSTA6 (2005), torna-se necessária e fundamental a implementação de uma “Educação para uma alimentação saudável”, que reforce programas governamentais pela adesão consciente dos agentes educacionais. Tal empreendimento passa pelo oferecimento de material didático ou de cursos fundamentados em pesquisa científica capaz de fornecer subsídios aos professores para a implementação de uma mudança efetiva de atitude dos estudantes de ciências (DIAS *et al.* 2004).

Os resultados obtidos foram considerados satisfatórios. A hipótese inicial - de que nenhum questionário seria classificado na categoria 1 e que as categorias com maior incidência seriam a 4 e 5 - foi confirmada. Pudemos, também, verificar uma melhor compreensão da turma de biologia em discriminar alguns aspectos da energia envolvida na alimentação.

Vemos este trabalho como uma parte de um processo mais amplo, iniciado há algum tempo em trabalhos anteriores (MATTOS & GASPAR, 2001; MATTOS & GASPAR, 2002; FIEDLER-FERRARA & MATTOS, 2002; MATTOS *et al.* 2002; MATTOS & DRUMOND, 2004, DIAS *et al.* 2003, 2005), com qual pretendemos dar subsídios à formação de professores, no sentido de dar noção da complexidade estrutural do conhecimento sem, no entanto, retirar-lhes a chance de serem também, autores das soluções educacionais que comportem essa complexidade (FIEDLER-FERRARA & MATTOS, 2002; GARCIA 1998).

A continuidade desse projeto se dará por meio do levantamento histórico da relação entre os conceitos termodinâmicos de energia, entropia e nutrição, um levantamento de livros didáticos que abordem a questão da nutrição, verificando indícios de como essas relações são feitas em sala de aula. Recorreremos aos questionários abertos e entrevistas (video-gravadas) para realizar a coleta de dados que serão tratados dentro do contexto da análise do discurso, para refinar os dados obtidos com o questionário apresentado neste trabalho. Pretendemos com isso dar conta do papel da

⁶ Food and Drug Administration (FDA) e National Science Teacher Assossiation (NTSA)

linguagem e de outros fatores sociais na construção do conhecimento (WERTSCH, 1985; NEWMAN *et al.* 1989; LEMKE, 1990; BAKHTIN 1986, 1997; VYGOTSKY, 1984, 2001; COLL & EDWARDS, 1998; MORTIMER, 2000).

BIBLIOGRAFIA

- ANDERLE, P.; FARMER, P., BERGER, A. & ROBERTS, M.A. Nutrigenomic Approach to Understanding the Mechanisms by Which Dietary Long-Chain Fatty Acids Induce Gene Signals and Control Mechanisms Involved in Carcinogenesis. *Nutrition* 20, 103–108, 2004.
- ARAB, L. Individualized nutritional recommendations: do we have the measurements needed to assess risk and make dietary recommendations? *Proceedings of the Nutrition Society*. 63, 167–172. 2004.
- BAKHTIN, M. (VOLOCHINOV, V.N.). *Estética da criação verbal*. 2ª ed., São Paulo: Ed. Martins Fontes, 1997. p. 421.
- BAKHTIN, M. *Marxismo e Filosofia da Linguagem*. 3ª ed. São Paulo: Ed. Hucitec, (1929 / 1981) 1986. p. 196.
- BRASIL – MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros Curriculares Nacionais - Ensino Médio*. Brasília: SEMTEC/MEC, 1999.
- BRASIL – *Fome Zero*. Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome. 2004. Disponível em <http://www.fomezero.gov.br/download/Cartilha_Fome_Zero_2004-final.pdf>, acesso 02/03/2005.
- CAMERON, J. R., SKOFRONICK, J. G. & GRANT, R. M. *The Physics of the Body*, Wisconsin: Medical Physics Publishing. 1992. p.250.
- CANGUILHEM, G. *Ideologia e Racionalidade nas Ciências da Vida*. Lisboa: Edições 70. 1977. p.126.
- COLL, C. & EDWARDS, D. *Ensino, aprendizagem e discurso em sala de aula*. Porto Alegre: ArtMed, 1998. p.194.
- FAO – BRAZIL - *Projeto Fome Zero Report of the joint FAO/IDB/WB/Transition team working group*. FAO document repository. 2003. Disponível em <<http://www.fao.org/documents/>>, acesso 02/03/2005.
- FAO – *Draft Declaration of the World Food Summit: five years later* (2002). Disponível em <<http://www.fao.org/docrep/meeting/004/y6948e.htm>>, acesso 02/06/2004.
- FÁVERO, L.L. *Coesão e coerência textuais*. São Paulo: Ática, 1991. p.104.
- FÁVERO, L.L. e KOCH, I.G.V. *Linguística textual*. São Paulo: Cortez, 1983.
- FDA/NSTA – Food and Drug Administration / National Science Teacher Association. *Science and Our Food Supply: investigating food safety from farm to table*. Disponível em: <<http://www.nsta.org/fdacurriculum>> Acesso em 01 mar. 2005
- FEEDING MINDS. Fighting Hunger. Disponível em: <<http://www.feedingminds.org>>. Acesso em 01 mar. 2005.
- GARCÍA, J.E. *Hacia una teoría alternativa sobre los contenidos escolares*. Sevilla: Díada. 1998.
- HULL, D. (1975) *Filosofia das Ciências Biológicas*, Rio de Janeiro: Zahar. 1975. p.194.
- JACOB, F. (1971) *Lógica da vida*, Lisboa: GRAAL. 1983. p.328.
- KUHN, T A (1962) *A estrutura das revoluções científicas*. São Paulo: Perspectiva. 1982. p.264.
- LEMKE, J.L. *Talking Science*. Language, learning and values. New Jersey: Ablex Publishing Corporation. 1990. p.259.
- MATTOS, C.R. *Entrando na era do ensino de entropia*, Dissertação de mestrado apresentada ao IFUSP, 1991.

- MATTOS, C.R., DRUMOND, A.V., Sensação Térmica: Uma Abordagem Interdisciplinar. *Cad. Bras. Ens. de Fís.* v. 21, n.1, 2004. p.9-36.
- MATTOS, C.R., GASPAR, A. El concepto de la impenetrabilidad: de la ciencia producida a la ciencia transmitida. *Enseñaza de las ciencias*. N. extra, pp.189-190, 2001.
- MATTOS, C.R.; GASPAR, A. A origem das propriedades gerais da matéria e a crença dos professores na validade e importância desse conteúdo: uma reflexão do papel do livro didático no ensino de ciências. In: *VIII Encontro de Pesquisadores em Ensino de Física*, 2002, Águas de Lindóia. Atas do VIII Encontro de Pesquisadores em Ensino de Física. São Paulo: SBF, 2002.
- MATTOS, C.R; DIAS, R.A.; BALESTIERI, J.A.P. Energy education: breaking up the rational energy use barriers. *Energy Policy*, Inglaterra, v. 32, n. 11, p. 1339-1348, 2003.
- MATTOS, C.R; DIAS, R.A.; BALESTIERI, J.A.P. O uso racional de energia: ensino e cidadania. São Paulo: EDUNESP, 2005.
- MATTOS, C.R; FIEDLER-FERRARA, N. Seleção e organização de conteúdos escolares: recortes na pandisciplinaridade. In: *VIII Encontro de Pesquisadores em Ensino de Física*, 2002, Águas de Lindóia. Atas do VIII Encontro de Pesquisadores em Ensino de Física. São Paulo: SBF, 2002. p. 119.
- MATTOS, MATTOS, C.R; DIAS, R.A.; BALESTIERI, J.A.P.; GARCIA, M.M.T.; FIEDLER-FERRARA, N.; IZQUIERDO, A.M.. Un estudio sobre la evaluación de libros didácticos. *Revista Brasileira de Educação em Ciências*, v. 2, n. 2, p. 36-50, 2002.
- MENEZES, F. Fome nos dados do IBGE, *Jornal do Brasil*, 31/1/2005.
- MILNER, J.A. Incorporating Basic Nutrition Science into Health Interventions for Cancer Prevention. *Journal of Nutrition*. 133 (11, Suppl 1).3820S-3826S. 2003.
- MORTIMER, E.F. *Linguagem e Formação de Conceitos no Ensino de Ciências*. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2000. p.383;
- NEWMAN, D.; GRIFFIN, P. & COLE, M. *The construction zone: working for cognitive change in school*. Cambridge: Cambridge University Press. 1989.
- OLBY, R. *The Path to the Double Helix*. Londres: Macmillan. 1974. p.526
- PRIGONGINE, I. & STENGER, I. A Nova Aliança. Brasília: UNB. 1984. p.247
- SCHRÖDINGER, E. (1944) *O que é vida?* Lisboa: Fragmentos. 1989. p.192.
- TELEFOOD PROJECT. FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponível em <<http://www.fao.org/Food/english/index.html>> Acesso em 01 abr. 2005.
- WERTSCH, J.V. & STONE, C.A. The concept of internalization in Vygotsky's account of the genesis of higher mental functions. In: WERTSCH, J.V. (Ed.) *Culture, communication and cognition: vygotkian perspectives*. Cambridge: Cambridge University Press. 1989. p.248.