

## Complexificando o Conhecimento Cotidiano: incluindo a física na problematização da alimentação

FERNANDA CAVALIERE RIBEIRO SODRÉ<sup>1</sup> e CRISTIANO RODRIGUES DE MATTOS<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo; Colégio Rio Branco, São Paulo, Brasil. Email: [fernanda@if.usp.br](mailto:fernanda@if.usp.br)

<sup>2</sup>Instituto de Física, Universidade de São Paulo, Brasil. Emails: [mattos@if.usp.br](mailto:mattos@if.usp.br) (Autor para correspondência)

**Resumo.** Neste trabalho, procuramos abordar o tema da alimentação de forma abrangente, para isso, partimos de um perspectiva sócio-histórico-cultural explorando aspectos da seleção dos alimentos pelos indivíduos por meio de três critérios: epistemológico, ontológico e axiológico. Com isso, baseados na hipótese do enriquecimento do conhecimento cotidiano, articulamos conteúdos científicos à problemas relacionados aos alimentos com o objetivo de apontar para um conjunto de conhecimentos que permitam dar outros sentidos ao processo da alimentação. Desta forma, exemplificamos como a relação entre diferentes saberes contribui para enriquecer o conhecimento cotidiano sobre o tema. Nessa perspectiva pretendemos subsidiar a formação de professores de ciências com alguns instrumentos que permitam fundamentar de maneira mais clara as diferentes tomadas de decisão relativas à alimentação na vida cotidiana.

**Abstract.** In this work, we address the issue of feeding, starting from a socio-historical-cultural perspective exploring aspects of food selection by individuals through three criteria: epistemological, ontological and axiological. Thus, based on the hypothesis of the enrichment of quotidian knowledge, we articulate scientific contents to food related problems in order to point out a knowledge that gives other meanings to the process of feeding. Therefore, we exemplify how the relationship between distinct knowledge enriches quotidian knowledge about the theme. In this perspective we intend to support science teachers training with some tools to support more clearly different decisions-making relating to food choice in everyday life.

**Palavras-chave:** Interdisciplinaridade, Alimentação, Física, Nutrição, Ensino de Ciências

**Keywords:** Interdisciplinarity, Feeding, Physics, Nutrition, Science Teaching

### Introdução

Nas últimas décadas do século XX, diversos fatores contribuíram para que ocorressem mudanças nos padrões alimentares e nutricionais no Brasil e em outros países. Por exemplo, a intensificação do processo de urbanização aliada à crescente participação da mulher no mercado de trabalho levaram as pessoas a consumir alimentos fora do domicílio, produtos semi-preparados ou “prontos para o consumo”. Houve um crescimento no setor de “serviços e alimentação” junto ao advento de um vocabulário próprio em torno dos alimentos industrializados, como o “fast food”. Sobre estes produtos, um arsenal publicitário foi acionado, influenciando as preferências alimentares de todas as faixas etárias (SILVA, 2000).

Na população brasileira, as mudanças de hábito de consumo foram identificadas pela Pesquisa de Orçamento Familiar de 1995-1996 (POF) (IBGE, 1997). Entre outros resultados, o documento

informa que a partir de 1960 foram adotadas dietas caracterizadas pela OMS/1990 pelo excesso de alimentos com alta densidade de energia, gordura e açúcar refinado.

Hoje, na maior parte das regiões brasileiras, a questão ainda é preocupante devido à manutenção do excesso de peso na população adulta e de seu crescimento em adolescentes (IBGE, 2004). É importante ressaltar que este último grupo costuma apresentar maior tendência na incorporação destas novas práticas e hábitos alimentares. Angelis (2001), por exemplo, afirma que os jovens procuram alimentos com grande quantidade de energia e baixa de ferro, cálcio, vitamina A e fibras. Nesse contexto, Rego et al. (1990) aponta para a obesidade como um dos fatores de risco das doenças crônicas não transmissíveis. Mais recentemente, a obesidade infantil foi considerada pelo ministério da saúde como epidemia (SP, 2005, FISBERG, 2004). Segundo pesquisa realizada junto a este órgão, crianças e adolescentes estão trocando consumo de água e leite por bebidas açucaradas, como sucos industrializados ou em pó e refrigerantes, o que tem aumentado consideravelmente os casos de obesidade infantil, além dos riscos para o desenvolvimento de doenças como hipertensão e diabetes tipo 2.

Em outros países como na Espanha, de acordo com Bizzio *et al* (2009) boa parcela da amostra de jovens de uma escola estadual em nível médio de ensino na cidade de San Juan, consideram que suas refeições são adequadas às próprias necessidades energéticas. Contudo, a análise destas dietas indicou que estes estudantes desconhecem hábitos alimentares mais apropriados à manutenção da saúde e necessidades de energia adequadas à sua faixa etária, em concordância com as atividades físicas que praticam.

Diante deste quadro, consideramos a escola como um importante espaço para que jovens discutam a temática da alimentação, oferecendo oportunidade maior para uma reflexão crítica em relação às suas escolhas alimentares. Para nós, a educação em ciências pode responder ao presente contexto social e ajudar a preparar os alunos para a sociedade em que vivem (SANTOS & MARTINS, 2009).

### **Motivação oriunda de investigação anterior**

Aparentemente, alguns livros didáticos tratam os seres-vivos como máquinas térmicas que se alimentam de energia, apresentando a fundamental importância da lei da conservação de energia. Dada a influência destes manuais na formação dos indivíduos (MATTOS & GASPAR, 2001), aliada a grande vulgarização do conceito de energia e de caloria no senso-comum, em trabalho anterior

(SODRÉ, 2008), acreditávamos ser bastante provável que professores de física, biologia ou química concebiam a alimentação apenas como um processo de ingestão de calorias, e até mesmo poderiam ensinar aos estudantes esta concepção. Deste modo, tínhamos a hipótese de que alunos, professores e autores de livros didáticos descreveriam (ou optariam por descrever), a alimentação, especialmente do ponto de vista da física, como um processo puramente energético, priorizando aspectos quantitativos da energia.

Para testarmos as hipóteses, foram realizados dois levantamentos: um primeiro sobre as concepções de professores em pré-serviço acerca da alimentação do ponto de vista da ciência, e um segundo, relacionado ao anterior, para verificar como são feitas as abordagens sobre o tema nos livros didáticos, em várias áreas e níveis de ensino.

Decidimos realizar o levantamento junto a estudantes de graduação pelo fato destes estarem em pleno processo de formação, além de constituir um grupo de futuros educadores de ensino fundamental, médio ou superior.

Para revelar as concepções destes estudantes acerca da alimentação do ponto de vista da física, elaboramos um questionário semi-aberto que foi aplicado em 3 amostras, totalizando 108 participantes: 47 alunos do curso de licenciatura em física IFUSP/SP<sup>1</sup>, 61 alunos dos cursos de licenciatura e bacharelado da biologia, IBUSP/SP<sup>2</sup> e 50 alunos dos cursos de licenciatura e bacharelado de Química, IQUSP/SP<sup>3</sup>.

Como resultados, tivemos nossa hipótese confirmada, tanto em relação à concepção de professores em pré-serviço quanto às abordagens dos livros didáticos. Na amostra de Física, cerca de 66% dos estudantes consideram a alimentação apenas como um processo energético, já as amostras de Biologia e Química apresentaram este mesmo resultado para cerca de 39% e 26% de seus estudantes, respectivamente. Em relação aos manuais didáticos, foi notável, na grande parte dos livros uma tendência de utilizar o conceito de energia e seu caráter quantitativo para expressar a razão pela qual estamos vivos, ou realizando trabalho, indicando o uso da analogia entre ser vivo e máquina térmica. E assim, privilegia-se a ótica da energia ou da primeira lei da Termodinâmica para a compreensão deste tema complexo.

---

<sup>1</sup> Instituto de Física da Universidade de São Paulo – Campus da capital.

<sup>2</sup> Instituto de Biologia da Universidade de São Paulo – Campus da capital.

<sup>3</sup> Instituto de Química da Universidade de São Paulo – Campus da capital.

Obviamente, concordamos com a constante obtida nos levantamentos de que a energia proveniente dos alimentos tem um papel fundamental no funcionamento do corpo e na manutenção da vida. No entanto, verificamos que, não há, na maioria das concepções ou textos didáticos, expressões da intenção de tratar o tema da alimentação de maneira mais complexa, de modo que os estudantes acabam por adotar visões demasiadamente simplificadas e distantes da realidade.

A descrição detalhada desta pesquisa pode ser encontrada em Sodré (2008).

### **Quadro teórico**

De acordo com Garcia (2009), a escola tem a fun o social de possibilitar aos jovens a aquisi o de uma série de conhecimentos considerados imprescindíveis para seu desenvolvimento pessoal, se encarregando da produ o, reprodu o e distribui o da cultura em que vive.

Contudo, nesta empreitada, tais tarefas costumam ser realizadas com a inten o de legitimar a ordem social vigente, o que para Garcia (1998) se configura numa contradi o: ainda que objetivos educativos gerais, descritos nos planos políticos pedagógicos visem a forma o de cidadãos aut nomos, críticos e solidários, na prática, a tendência em sala de aula   propiciar a reprodu o da ordem social estabelecida, em que prevalecem os valores sintonizados com a heteronomia, a submissão e a competitividade.

Desta forma, o autor propõe que, ao invés de pensarmos uma escola para reproduzir e legitimar os interesses de um grupo social dominante, muito mais significativo seria tornarmos a escola um espaço para a reflexão crítica do mundo, ou seja, um lugar de conflitos no qual visões geradas na família, no sistema produtivo, comunidades e m dias fossem questionadas. A escola, então, deveria promover discussões, debates e reflexões sobre temas atuais de modo a preparar o sujeito não para solidificar um comportamento de rotina e obediência, mas para compreender, questionar, julgar e intervir na sua comunidade de maneira justa, responsável, solidária e democrática.

Para tanto,   fundamental que dois aspectos sejam contemplados: a sele o de temas atuais (como o da alimenta o) para trabalhar com os estudantes, uma vez que assuntos pertencentes ao cotidiano, em geral, por sua complexidade, requerem a participa o de outras formas de conhecimento e também a existência de espaços para o diálogo entre diferentes saberes, tanto os relativos ao cotidiano, quanto ao saber científico, para que ocorra o que Garcia (1998) designou de complexifica o do conhecimento cotidiano.

O conhecimento cotidiano é visto como sendo as ideias, experiências vividas pelos alunos no seu entorno, na família e nas noções transmitidas pelos meios de comunicação. Tal conhecimento deve ser um ponto de partida, não para que seja substituído pelo conhecimento científico e nem para que seja esquecido, mas para enriquecê-lo, torná-lo mais complexo com a participação de aspectos provenientes de outros saberes. Assim, o contato entre elementos procedentes de diferentes conhecimentos, tem um efeito de transformação do conhecimento cotidiano. O autor então denomina de princípio da complementaridade a evolução conjunta dos conhecimentos cotidiano e científico, para dar origem ao conhecimento cotidiano complexificado. Esta complexificação dará suporte ao conhecimento escolar, aqui entendido como resultado da integração transformadora das contribuições de diversas formas de conhecimento, para que este se apresente como um instrumento de compreensão e questionamento sobre determinados assuntos (GARCIA, 1998).

Nesta visão, o papel fundamental da escola deve ser o de propiciar a articulação de formas de pensamento cotidiano simples junto a outras complexas, transformando a maneira dos sujeitos de interpretar e de atuar no mundo.

No entanto, é necessário apontar que um dos obstáculos para a implementação de enfoques integradores ou interdisciplinares em sala de aula é a resistência imposta pelos próprios professores à inclusão de novos temas. Por exemplo, de acordo com Silva (1999), os educadores, em geral, preferem se distanciar de assuntos que pouco ou de fato não estudaram, declarando ter afinidade ou desinteresse às diversas áreas do conhecimento. Este comportamento, no entanto, fortalece ainda mais o caráter fragmentário dos conteúdos escolares, os tornando mais estanques e desconectados entre si e entre outras disciplinas (FIEDLER-FERRARA, MATTOS, 2002).

Assim, concordamos com Baird et al (1991), que modificações no comportamento dos educandos tem maior oportunidade de ocorrência se observarmos primeiro uma mudança de postura nos educadores. Nesta perspectiva, a formação inicial de professores ou as licenciaturas tornaram-se nosso alvo de interesse. Trata-se de um momento estratégico para a alteração dos valores e atitudes dos docentes em relação ao conhecimento e de uma etapa favorável à abordagem, estudo e incorporação de temas interdisciplinares. Deste modo, os futuros educadores podem refletir com mais intensidade sobre os interesses sócio-históricos dos estudantes e da sociedade, construindo uma percepção mais integrada da ciência.

Nesta perspectiva, realizamos no XVII Simpósio Nacional de Ensino de Física, em São Luís, 2007, uma oficina sobre alimentação e ciência, junto a professores em formação inicial de ciências da natureza. Nesta ocasião, foi feita uma exposição seguida de debate acerca de dois tópicos iniciais: o envolvimento das ciências da natureza com o tema da alimentação ao longo do tempo e a forte influência dos múltiplos aspectos que permeiam o tema, como crenças, valores e fins dados aos comestíveis. Assim, nosso intuito foi mostrar que além da energia, há outros conceitos científicos também fundamentais para a compreensão do papel da alimentação nos organismos vivos. Em seguida, exploramos o fato de que escolhas alimentares não são somente decorrentes da preferência e dos hábitos dos sujeitos, mas reflexos de variados fatores sociais, políticos, econômicos e culturais.

Num segundo momento, compartilhamos e trocamos com a turma diversos materiais, estratégias de ensino, experimentos e formas de avaliação envolvendo o tema da alimentação em aulas de ciências em geral. Os educadores, incluindo os propositores da oficina, puderam conhecer e refletir com mais intensidade sobre práticas de ensino novas e sobre as suas próprias, discutindo pontos positivos e negativos de cada uma delas, questionando valores e finalidades pretendidas, o que proporcionou uma troca de vivências muito intensa e rica para todos.

Apresentaremos ao final deste artigo alguns aspectos explorados e discutidos nesta oficina, em particular, as questões propostas para debate.

### **Objetivo**

A alimentação é um processo amplo que contempla a seleção dos alimentos, seu preparo e ingestão, envolve o “onde”, o “como”, o “que” e o “com quem” comemos (CARDÚS & VEGA, 2006). Esta definição pode nos remeter às preferências alimentares dos sujeitos, além de refletir fatores políticos, econômicos, sociais, culturais e científicos que influenciam a tomada de decisão acerca da seleção dos alimentos.

Desta forma, vamos explorar a abrangência do tema utilizando como ponto principal as preferências dos indivíduos por determinados alimentos, justificando suas escolhas por meio de critérios baseados nas dimensões do perfil conceitual de Rodrigues e Mattos (2006): critérios axiológico, ontológico e epistemológico. Aspectos do cotidiano serão representados pelos critérios ontológico e axiológico e o critério epistemológico por aspectos físicos e nutricionais. Assim, ainda que a alimentação seja um assunto trabalhado principalmente em ciências biológicas, elaboramos

uma abordagem que fomenta elementos de saberes diversos junto aos quais conceitos físicos também participam. Consideramos que a discussão promovida pelos três critérios contribuirá para a complexificação do conhecimento cotidiano, trazendo à tona questões sobre nossas atitudes e escolhas relacionadas à alimentação.

É importante ressaltar que uma correlação entre conceitos, crenças e valores será feita, não com intuito de disputa entre discursos e ideias, ou de hierarquizar a importância de conhecimentos distintos, mas de apresentá-los como partes coordenadas e igualmente relevantes que se integram para compor a complexa questão da alimentação. E assim, explicitaremos diferentes sentidos atribuídos aos alimentos, seja pela família, pela mídia ou pela ciência, revelando a responsabilidade de cada sujeito assumir com consciência seus atos referentes à alimentação.

#### *Critério ontológico*

Designamos este critério para se referir à natureza das coisas, em nosso caso, a natureza do que é alimento. Grande parte desse acordo sobre a natureza dos objetos, e em particular do que é alimento, é estabelecido em diferentes níveis genéticos (VIGOTSKI, 2003). Por exemplo, Fischler (1993) identificou, em determinados povoados, que não se consome tudo o que é biologicamente ingerível e acessível, mas tudo que é culturalmente comestível.

Tal fato, observado por Fischler, torna claro que é no âmbito da cultura que se atribui a um objeto a categoria ontológica de “comestível”. Afinal, “os gostos são construídos de acordo com o que a cultura estabelece como aceitável” (BLEIL, 1998, p.3). Aqui tomamos cultura como um conjunto de mecanismos de controle, planos, receitas, regras, instruções e sistemas simbólicos que correspondem ao comportamento humano, sendo transmitida entre gerações (GEERTZ, 1978), uma combinação do plano genético histórico-cultural, do ontogenético e microgenético (WERTSCH, 1998). Por exemplo, de geração em geração as pessoas aprendem como devem consumir um determinado alimento - cru, apodrecido, assado, etc. e armazená-lo para a preservação – salgando-o, defumando-o, congelando-o. Tomam ciência dos momentos “adequados” para se alimentar ao longo do dia, do tipo de refeição destinada para cada um deles, etc. (MACIEL, 2001).

De acordo com Fischler (1993), a variedade de sistemas culturais existentes no mundo propicia uma multiplicidade de escolhas alimentares humanas. Por consequência, o que é considerado comida para um determinado povo, pode não ser para outro. Por exemplo, americanos não consideram o

cachorro como um alimento, tão pouco os brasileiros. Para nós, isso nada tem a ver com aspectos nutricionais, mas à ontologia dada a determinados animais.

Desta forma, é bastante grande a influência sócio-histórico-cultural na representação do que é considerado “comestível” ou “não comestível”. Por exemplo: em algumas regiões da China, arroz e escorpião pertencem à mesma categoria ontológica – à de alimento. Este povo está acostumado com a aparência do escorpião no prato, sua forma, textura, dureza, cor, temperatura, odor e até os sons que emitem ao serem mastigados. Entretanto, para nós, brasileiros, enquanto arroz é alimento, escorpião é apenas um animal, isto é, sua ontologia é outra, não é alimento. Imaginarmos sua ingestão ou ver uma pessoa o comendo, pode nos causar até aversão. Os ruídos provindos de sua mastigação tão pouco nos soariam agradáveis. De fato, para nós, arroz e escorpião são ontologicamente diferentes.

Contudo, poderíamos considerar o escorpião comestível em caso de fome extrema, em que, por exemplo, tivéssemos que escolher entre pedras e aracnídeos. Mesmo atribuindo-lhes categorias ontológicas distintas, se utilizássemos a dimensão epistemológica, que revela seu valor nutritivo, é possível que optássemos por tal criatura.

Desta forma, a ontologia dos objetos como “comestíveis ou não” contribui para justificar as preferências alimentares dos sujeitos, sendo este um critério ensinado e aprendido sócio-culturalmente. Além disso, tal critério não é uma escolha individual - o sujeito está embebido nesse caldo cultural desde a infância ou, talvez, poderíamos considerar desde seu nascimento, quando lhe é oferecido leite materno.

### *Critério axiológico*

Abordamos a ontologia atribuída a diferentes objetos em culturas distintas, tornando-os “comestíveis” ou não. Vamos agora nos ater aos fins e valores dados àqueles objetos considerados alimentos. Mostraremos que muitas vezes seus significados estão relacionados ao reforço da identidade de um determinado grupo cultural (FISCHLER, 1993).

Por exemplo, no Brasil, nas relações de amizade, é costume oferecermos café aos visitantes para melhor acolhê-los, ou para demonstrar coleguismo. Com o mesmo fim, nas vizinhanças de um meio rural, ao ser abatido um porco, um pedaço é enviado aos vizinhos amigos. O caráter simbólico dos alimentos é também observado junto a práticas religiosas. Na Roma antiga, incluía-se o leite de vaca nas oferendas aos deuses e nos sacrifícios fúnebres. Ainda hoje, rituais como a umbanda estão ligados a oferta de alimentos aos santos (DANIEL & CRAVO, 2005). Tais peculiaridades dos

diferentes povos, grupos, pretendem “fixar suas identidades em contraponto às identidades de outros grupos religiosos” (ROMANELLI, 2006, p. 335).

Além dos motivos religiosos e os ligados aos relacionamentos interpessoais, a forte presença dos componentes cultural e social na alimentação favorece uma profusão de tipos de associações entre alimentos e fins. Afinal, todos os “comestíveis”, por estarem imersos em uma cultura, não podem estar livres das associações e adjetivações que a sociedade lhes atribui. Assim, há a comida de natal, de festa, de domingo, de viagem, de casamento, de criança, de mulheres, etc. Vamos dar alguns exemplos breves destas classificações.

Além dos fins, podemos perceber diferentes valores e finalidades atribuídos pelas diferentes sociedades e pessoas aos alimentos. E assim, dentre aqueles considerados ontologicamente “comestíveis”, uns são mais valorizados que outros, também parte da dimensão sócio-histórico-cultural. Por exemplo, um japonês pode atribuir maior valor ao fugu em relação ao salmão. O fugu é um peculiar prato japonês, considerado como iguaria. Trata-se de um peixe venenoso, cuja toxicidade é fatal para os humanos, sendo preparado por especialistas que possuem uma técnica específica para extração do veneno. O cliente correrá risco de morte se, por acaso, o cozinheiro cometer alguma falha no momento de preparação do peixe. Assim, embora seja iguaria para um japonês, uma criança americana pode atribuir valor muito maior a um cachorro quente do que ao fugu, assim como um vegetariano, provavelmente, valorizaria muito mais uma salada de legumes e folhas.

Desta forma, vamos considerar as escolhas dos sujeitos relacionadas aos seus diferentes valores e fins como atribuições do critério axiológico para a seleção dos alimentos.

### *Critério epistemológico*

Da mesma maneira que os critérios ontológicos e axiológicos são importantes e estão imbricados na seleção de alimentos, os critérios epistemológicos vão ao encontro de questões relevantes que exigem modos bastante peculiares de tratamento. Trata-se de uma dimensão que está ligada ao “como” conhecemos as coisas.

Sabemos que existem várias formas de se conhecer um objeto, havendo diferentes possibilidades de escolhas epistemológicas. Por isso, é importante esclarecermos que fazemos aqui um recorte particular e decidimos escolher a ciência (representada por elementos de física e nutrição) para realizar tal tarefa.

Reconhecemos que ao estabelecer uma classe de objetos “conhecíveis”, ou seja, que são considerados pelos cientistas como pertencentes a um conjunto de objetos de estudo, já acabamos por determinar uma classe ontológica. Ainda assim, mesmo que os critérios ontológico, axiológico e epistemológico se mostrem bastante interligados (não sendo esperado que sujeitos os tomem independentemente quando selecionam alimentos), sua separação para nós, neste trabalho, é relevante por fins didáticos e porque, nos baseando em Garcia (1998), pretendemos “complexificar” o assunto em questão (alimentação), colocando em contato elementos do conhecimento científico (aqui representado pelo critério epistemológico) junto a elementos do conhecimento cotidiano (representado pelos critérios ontológico e axiológico).

Como exemplo da importância da ciência como forma de conhecer e interpretar o mundo, e em especial, a alimentação, podemos nos remeter a doenças como escorbuto e beribéri, que devastaram populações no passado, constituindo grandes desafios à compreensão de suas causas. Foi por meio de conhecimentos e métodos científicos que estas moléstias puderam ser relacionadas à deficiência de determinados elementos na dieta humana (HOLMES, 1963). Já em tempos mais recentes, como nas últimas décadas do século XX, por conta de mudanças ocorridas no padrão alimentar do Brasil e do mundo, novas questões surgiram no âmbito da alimentação: pesquisas sobre as chamadas doenças crônicas não transmissíveis (DCNT) apontaram para o alimento como um de seus fatores desencadeantes (BARBOSA et al, 2006, KRAUSE, 1995).

Neste ínterim, a ciência pode demonstrar que a adoção de dietas saudáveis é imprescindível para a prevenção de enfermidades e para a manutenção da saúde. Nesta perspectiva, vamos abordar aspectos físicos e nutricionais a fim de delinear o critério epistemológico para a compreensão do que é a boa alimentação. Este critério nos servirá como uma ferramenta para conhecermos os alimentos, sua composição, função no organismo e, em especial, sua íntima relação com a saúde humana. E assim, para que sejam feitas escolhas alimentares com base nesta dimensão, o sujeito deve se embrenhar no mundo da ciência, cujo contato formal é feito via escola.

### **Um modelo de sistema para o corpo humano**

Antes de expor as relações que estabelecemos entre aspectos físicos e nutricionais, é importante situarmos a questão da alimentação, em particular, no contexto da termodinâmica. Esse contexto exige simplificações que permitam que o objeto complexo “ser humano-meio ambiente” seja tratado de forma a respeitar os limites das teorias físicas. É claro que escolhas dessa natureza exigem recortes

e delimitação na representação da complexidade do objeto, o que por outro lado torna possível a identificação de dimensões do sistema que contribuem para compreender sua relação com os outros níveis hierárquicos aqui dispensados na análise.

O corpo humano possui cerca de cem trilhões de células que, organizadas em estruturas funcionais distintas, possibilitam em conjunto sua sobrevivência (GUYTON, 1999). Para tanto, faz-se necessário que o organismo humano seja continuamente abastecido de energia, tarefa proporcionada pelos alimentos, nossa principal fonte energética.

Contudo, a transferência de energia dos nutrientes para as células não ocorre de maneira súbita. Em vez disso, é extraída das ligações químicas dos carboidratos, proteínas e gorduras de modo gradual e em pequenas quantidades, durante complexas reações químicas que integram o metabolismo. Por isso, é importante levar em conta que, para sua sobrevivência, o organismo está, o tempo todo, utilizando, armazenando e dissipando energia para o ambiente ao seu redor. Está, portanto, constantemente transformando energia. Assim, associaremos ao corpo humano a imagem de um sistema termodinâmico aberto, fora do equilíbrio.

Neste momento, vamos impor algumas características fundamentais para este sistema a fim de tornar possível a exposição de nossas ideias. Para que seja mantida nossa atenção nas trocas de energia entre sistema e vizinhança e não nos inúmeros e complexos processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem a todo instante no organismo, vamos conceber um modelo termodinâmico de sistema que apenas recebe e transforma um determinado fluxo de matéria e energia, devolvendo outro ao ambiente.

Isto é, não pretendemos nos ater às várias dimensões e níveis de ordem apresentados pelos organismos. Em vez disso, queremos observar este sistema apenas do ponto de vista das trocas energéticas com o ambiente externo. É importante perceber que esta condição também nos leva a não considerar trocas energéticas referentes a um intervalo de tempo específico, ocorrido durante uma determinada reação química ou função isolada, mas uma escala de tempo que contemple o organismo como um todo, abarcando um processo de recebimento de energia, utilização e eliminação para o entorno.

Aqui usamos algumas ideias sobre a alimentação presentes na obra “O que é vida?” de Schrödinger (1989) e, para tanto, precisaremos levar em conta que há partes, porções consideráveis do sistema onde valem a termodinâmica de equilíbrio. Será destacado também o conceito de entropia

para a descrição deste modelo. Trata-se de um conceito bastante relevante em sistemas termodinâmicos abertos, possuindo implicações fundamentais para o estabelecimento da ordem interna.

### **O conceito de entropia**

O conceito de entropia nasceu no século XIX no contexto da Termodinâmica, e pode ser analisado de diferentes maneiras: pode ser considerado uma variável de estado, calculada em processos reversíveis em Termodinâmica; pode estar ligado a um conjunto de estados de um sistema termodinâmico e à probabilidade de seus estados específicos; pode servir para identificar o sentido das transformações de um sistema termodinâmico, estando relacionado à desordem; pode sinalizar seu valor constante em sistemas isolados e jamais diminuir, mostrando-se crescente no universo; e pode também ser uma medida de quanta energia está disponível à realização de trabalho. Esta última característica se refere à segunda lei da termodinâmica e ao limite da possibilidade da transformação de calor em trabalho.

Para o nosso modelo de sistema (o corpo humano), vamos utilizar basicamente dois de seus aspectos. Em relação ao primeiro aspecto, embora a energia seja uma grandeza que se conserva quantitativamente no universo (aqui representado pelo corpo humano e ambiente), há degradação de parte dela. Assim, de forma espontânea, a energia se transforma em formas menos utilizáveis, ainda que mantenha sua quantidade fixa. Deste modo, podemos dizer que, quanto menor a entropia de um sistema, maior é a quantidade de energia útil que dispõe para a realização de trabalho. Nesta perspectiva, posto que o sistema atribuído ao organismo humano é dotado de elevada ordem interna e que necessita dispor de boa parcela de energia útil (acessível às diversas reações metabólicas do organismo), a ideia de considerá-lo como um sistema de “baixa entropia” nos parece razoável, garantindo assim a energia necessária para realização das diversas reações e processos químicos do metabolismo.

Desta maneira, o homem importa do ambiente uma forma de energia específica, enquanto certa quantidade de energia transformada pelo sistema é repostada ao entorno. Logo, a entropia no ambiente aumenta enquanto o sistema conserva organizada sua estrutura, no sentido de que ainda há a energia necessária à disposição do organismo para a realização de trabalho. Assim, podemos dizer que cresce a entropia do universo e a segunda lei da termodinâmica não é violada.

O segundo aspecto que vamos utilizar do conceito de entropia baseia-se nas ideias de Schrödinger (1989) e de Prigogine e Kondepudi (1999). Para tanto, vamos considerar a manutenção da estrutura interna do sistema ao longo do tempo. Como a quantidade de energia em um indivíduo adulto pode ser considerada como constante (SCHRÖDINGER, 1989), é conveniente tomarmos também, mesmo como hipótese, a constância dos fluxos de matéria e energia que perpassam pelo sistema. Assim, a velocidade de transferência de matéria e energia do ambiente para o sistema é compensada pela velocidade de transferência das mesmas para o meio externo. Esta condição é designada de estado estacionário (VOLKENSHTEIN, 1985). Desta forma, neste modelo, estamos considerando a hipótese de que o fluxo de matéria de entrada é igual ao de saída do sistema.

Segundo Prigogine e Kondepudi (1999), grande parte dos sistemas fora do equilíbrio (como é o caso do corpo humano) estão, pelo menos localmente, próximos ao equilíbrio (*hipótese do equilíbrio local* – PRIGOGINE e STENGER, 1984,1997) ou em estado de equilíbrio dinâmico. Para tratar destes sistemas, é conveniente introduzirmos a função de “balanço de entropia” ( $dS = d_eS + d_iS$ ) que descreve a evolução de todo o sistema termodinâmico. O termo  $d_eS$  está relacionado aos fluxos de entropia entre sistema e vizinhança. O segundo termo ( $d_iS$ ) refere-se à produção de entropia devido aos fenômenos irreversíveis. Este termo possui sinal positivo, podendo se anular quando em equilíbrio termodinâmico. Também é necessário introduzir a função produção de entropia ( $P = dS/dt$ ) que representa a produção de entropia no tempo (PRIGOGINE e STENGER, 1984).

Retomaremos então, para este modelo de sistema “corpo humano”, a variação da entropia ( $dS$ ) pela soma dos termos da variação da entropia no seu interior ( $d_iS$ ) e proveniente do meio externo ( $d_eS$ ). A produção de entropia interna ( $d_iS/dt$ ) ocorre por conta das reações químicas metabólicas, enquanto que o fluxo de entropia devido a permanente interação com o sistema ( $d_eS/dt$ ) se deve às trocas de matéria e energia associadas à respiração, alimentação, trocas térmicas, etc.

Para atrelar esta descrição à nossa leitura de Schrödinger (1989), vamos considerar como hipótese, o equilíbrio entrópico do sistema, ou seja, a variação total da entropia é nula ( $dS = 0$ ). Isto implica que a variação de entropia devido aos processos irreversíveis do corpo ( $d_iS > 0$ ) é compensada pelo fluxo de calor ou de matéria proveniente da vizinhança ( $d_iS = -d_eS$ ). Lembrando que parte significativa deste fluxo é constituída pela alimentação, podemos incluir nesta descrição a máxima de Schrödinger: “Um organismo se alimenta, na verdade, de entropia negativa” (SCHRÖDINGER, 1989. p. 83).

O equilíbrio na produção de entropia do sistema ( $dS/dt = 0$ ) é então justificado pela existência de uma compensação entre toda entropia que o sistema não pode deixar de produzir por estar vivo ( $d_i S/dt > 0$ ) e o fluxo de entropia negativa que é introduzido no sistema ( $d_e S/dt$ ), o que revela o papel fundamental dos alimentos para a manutenção da ordem do sistema e assim, da vida. Como disse Schrödinger (1989), um átomo pertencente a um alimento é equivalente a outro de mesmo número atômico, assim como uma caloria também é idêntica a qualquer outra. Dessa forma, a necessidade de nos alimentarmos diariamente acaba por ter um significado mais amplo – o da manutenção de uma determinada ordem ou estrutura organizada. A grande especificidade deste fluxo de energia e matéria que o modelo de sistema “corpo humano” deve receber para se manter vivo nos permitirá estabelecer relações entre a física e a nutrição a seguir.

### **Nutrição e seus objetivos**

De acordo com Cardús e Vega (2006), Williams (2002) e Verdú e Marin (1995), do ponto de vista da nutrição, nos alimentamos basicamente por três motivos: obtenção de energia, formação e manutenção das estruturas e regulação dos processos metabólicos.

Em relação ao primeiro objetivo, atividades básicas do ser vivo como mover-se, crescer e reproduzir-se, demandam energia. Mesmo em repouso, há gasto energético por parte dos organismos para a manutenção dos processos vitais (HARPER, 1982).

Outro objetivo fundamental da alimentação é a formação e manutenção de estruturas. Ora, para um recém-nascido crescer e desenvolver-se, é imprescindível que lhe seja fornecido energia e nutrientes. Em geral, os bebês passam “de 3,5 quilos a 11 quilos em apenas doze meses” (CARDÚS e VEGA, 2006, p. 16). No caso do organismo adulto, mesmo que a fase de crescimento tenha cessado, o suprimento de nutrientes é necessário para reparar milhares de células destruídas diariamente pelo organismo, de modo espontâneo.

E por fim, como importante propósito da alimentação tem-se a regulação dos processos metabólicos, que ocorre devido à ação de elementos essenciais para o organismo, e que não fornecem energia ao corpo. É o caso das vitaminas e minerais, que interferem regulando múltiplas reações químicas essenciais para a vida celular.

De um ponto de vista um pouco mais técnico, estas três funções da alimentação podem ser reportadas ao metabolismo, que pode ser caracterizado como o conjunto das reações químicas responsáveis pelos processos de síntese e degradação dos nutrientes na célula (LEHNINGER et al.,

2006, MARZZOCO, 1999). Costuma-se dividir o metabolismo em duas fases principais: catabolismo e anabolismo. O primeiro representa a etapa em que são degradados compostos relativamente grandes como carboidratos, proteínas e gorduras, sendo produzidas moléculas menores e mais simples (como gás carbônico, amônia, uréia, ácido láctico, etc.). Durante esta fase a energia química é liberada e conservada em forma de ATP (trifosfato de adenosina), molécula responsável pela transferência de energia (LEHNINGER et al., 2006).

O anabolismo, por outro lado, é considerado como fase “edificadora” ou “biossintética”: trata-se da síntese de moléculas complexas (como ácidos nucleicos, proteínas, etc.) a partir de seus precursores, ou seja, moléculas mais simples (como aminoácidos, hexoses, ácidos graxos, etc). Esta fase do metabolismo requer energia, que é fornecida pela molécula de ATP, gerada durante o catabolismo (LEHNINGER et al., 2006).

O anabolismo e o catabolismo ocorrem de modo simultâneo nas células, constituindo um conjunto bastante complexo de reações químicas, reguladas entre si. Desta forma, podemos relacionar as três funções da alimentação ao metabolismo. Obtêm-se energia através da degradação dos macronutrientes (catabolismo); a formação e manutenção das estruturas são possíveis, principalmente, devido à biossíntese de moléculas (anabolismo); e toda esta rede complexa de reações catabólicas e anabólicas mostra-se altamente regulada, ocorrendo de modo simultâneo nas células.

### **Alimentação humana**

Para que a alimentação humana ocorra, do ponto de vista da nutrição, faz-se necessário a realização das três finalidades citadas anteriormente no organismo humano. Desta maneira, o aporte de energia, tão importante para os organismos vivos, não pode provir de qualquer alimento. Segundo Cardús & Vega (2006) e Verdú & Marin (1995), para os seres humanos uma boa alimentação exige que os carboidratos forneçam cerca de 50% a 60% das calorias ingeridas, 30% a 35% sejam derivadas de gorduras e 12% a 15% provenientes de proteínas. É por isso que as pirâmides alimentares possuem carboidratos em suas bases, suas partes mais largas.

Há também exigências no que diz respeito ao suprimento de nutrientes. Expressando de uma maneira bastante simplificada, alimentar-se implica em “moderação e variedade”. A recomendação sobre moderação refere-se ao fato de que sejam evitados os exageros no consumo de alimentos.

Alguns especialistas indicam que a hipertensão, a obesidade e os elevados níveis de colesterol são transtornos associados a excessos alimentares (REGO et al., 1990). Já a variedade está relacionada às necessidades do organismo por nutrientes diversos. Deve-se incluir na dieta alimentos que, juntos comportem uma grande variedade de substâncias, como carboidratos, proteínas, gorduras, fibras, água, diferentes tipos de vitaminas e minerais (REMÉSY, 1996).

Assim, de modo a relacionar aspectos físicos e nutricionais, consideramos que o corpo humano pode ser associado a um modelo de sistema termodinâmico aberto, longe do equilíbrio, e que recebe e elimina fluxos constantes de energia e matéria.

No entanto, este fluxo que perpassa constantemente pelo sistema e é responsável pela manutenção de sua ordem interna, não pode ser um qualquer. Ora, apenas com a física da energia, da primeira lei da termodinâmica, não conseguimos contemplar este fato que está no cerne da questão. Afinal, ainda que uma caloria seja sempre igual a outra e um átomo seja também idêntico a qualquer outro do mesmo número atômico, não é qualquer quilocaloria ou molécula de proteína que é capaz de nos fazer sobreviver. A necessidade de nos alimentarmos de uma determinada dieta específica também possui um significado físico – a da manutenção de uma determinada ordem ou estrutura organizada (SCHRÖDINGER, 1989). Assim, há certa especificidade nos fluxos, capaz de tornar possível a ocorrência de transformações de energia no sistema. Estabelecendo um paralelo entre os aspectos físicos e nutricionais descritos anteriormente, podemos designar de “dieta do sistema” a especificidade destes fluxos. E assim, a energia e matéria adequadas ao organismo são aquelas que quando transformadas, compensam de modo eficiente a entropia que o sistema produz por estar “funcionando” ou, por estar “vivo”. Neste sentido, uma alimentação considerada não saudável, como a hipercalórica, por exemplo, dificulta o influxo de entropia negativa.

Desta forma, do ponto de vista da nutrição, um objeto pode ser considerado alimento se, pertence a uma determinada dieta, elaborada para um determinado organismo (COZZOLINO, 2005). Sobre a ótica da física, reconhece-se um objeto como alimento pela sua capacidade de sofrer transformações no sistema, fazendo com que sua entropia diminua (SCHRÖDINGER, 1989).

### **Exemplos de questões para debate**

Como mote para uma discussão mais ampla, propomos a seguir algumas questões, de modo a utilizarmos os três critérios expostos acima. Assim, apresentaremos um exemplo de como esta

abordagem pode servir de instrumento para fomento, compreensão e reflexão sobre a temática da alimentação junto às diversas escolhas alimentares.

1. Alimento e nutriente são sinônimos?

2. Você comeria carne de cavalo? E ovo podre, você considera como alimento?

3. Se uma caloria de carboidrato é exatamente igual a uma caloria de proteína, porque você acha que nutricionistas recomendam que a maior parte das calorias ingeridas, cerca de 50% a 60%, deve ser proveniente de carboidratos? E por que não utilizar as calorias da proteína ou até da gasolina, por exemplo?

4. Se qualquer átomo de ferro é tão bom quanto qualquer outro do seu tipo, porque o ferro contido num espinafre é melhor do que o existente em uma porção de terra, altamente rica neste mineral?

5. Para você, o que é uma alimentação saudável?

Em relação à pergunta (1), seu conteúdo remete ao contexto científico para que seja respondida. De acordo com as ciências nutricionais, alimentos e nutrientes não são sinônimos. O alimento é formado de nutrientes, porém, não é apenas um empilhado deles: trata-se de um objeto que compõe um cardápio compartilhado em sociedade, historicamente e culturalmente (DANIEL; CRAVO, 2005). Já os nutrientes são reconhecidos principalmente na esfera do conhecimento científico (aqui representado pelo critério epistemológico). Do ponto de vista histórico, foi partir do século XIX que se apurou a composição química dos alimentos. Hoje entendemos como nutrientes as substâncias contidas nos alimentos e que o organismo aproveita. Assim, comestíveis carregam nutrientes em qualidades e quantidades diversas. (VERDÚ E MARIN, 1995).

É interessante destacar que, além de não serem empilhados de nutrientes, alimentos também não são empilhados de energia. Por exemplo, podemos pensar que um amontoado de 1000 kcal de gasolina não é alimento humano, mesmo contendo calorias! Há também uma relevante diferença qualitativa entre calorias, uma vez que 1000 kcal provenientes de refrigerantes ou de suco de fruta

natural, por exemplo, proporcionam diferentes efeitos quando ingeridos num organismo. Trataremos deste assunto na terceira questão.

Por fim, outro aspectos que consideramos importantes num debate “alimentos x nutrientes”, de acordo com Villagelim *et al* (2012), hoje em dia, nos rótulos dos alimentos e nas propagandas de produtos alimentícios há uma tendência à associação entre a ideia de alimentação saudável e a visão nutricional pautada em recomendações científicas referentes à ingestão de nutrientes necessários às atividades fisiológicas, bioquímicas do corpo biológico humano. Esta associação pode ter o efeito de reduzir a comida – aqui entendida como “alimento simbolizado” e mediador de relações sociais, aos seus componentes químicos (VILLAGELIM *et al*, 2012). Em consequência, segundo os autores, alimentos podem ser vistos como medicamentos, o que transforma a composição química contida nos seus rótulos em bulas (como as de remédios) – efeito que pode dar suporte ao consumo dito “não consciente” de produtos industrializados, realizado pela simples imposição de frases intencionalmente construídas pelo marketing das empresas, diariamente bombardeadas pelas mídias.

Também podemos argumentar que, ainda que se queira educar as pessoas com informações sobre benefícios ou malefícios proporcionados pela ingestão de determinadas substâncias, alimentos ou dietas, tentativas de mudar hábitos dietéticos não dependem exclusivamente de educação em nutrição (ROMANELLI, 2006). Segundo Bleil (1998), diversos programas institucionais alimentares fracassam por não contemplar as diferentes categorias culinárias, preceitos e crenças religiosas locais. É por isso que, alguns documentos oficiais (BRASIL, 2005) informam que mesmo que comprovadas cientificamente, a maneira com que cada indivíduo decide sobre sua alimentação se espelha em sua cultura, em crenças e valores compartilhados em sociedade. Afinal, pode-se discutir que, se não fosse assim, não existiriam nutricionistas e médicos obesos, fumantes, etc.

Sobre a pergunta (2), seu contexto faz menção ao cotidiano, a alimentação diária, entrando em voga principalmente o que designamos como ontologia e axiologia atribuídas aos comestíveis. Assim, ovo podre ou carne de cavalo podem ser considerados alimentos pelo crivo epistemológico (por conter nutrientes), porém, pelos critérios ontológico e axiológico ambos causam polêmica justamente por tratar-se de uma discussão que transcende a dimensão científica. Ora, em relação ao cavalo, por exemplo, alguém poderia argumentar que, sendo sua carne saborosa, não haveria problema consumi-la. Este é um exemplo de opinião que, de certa forma privilegia o critério epistemológico, sendo a ontologia atribuída ao cavalo é a de comida. Em relação ao critério axiológico, pode-se também supor que tal opinião revela uma crença na legitimidade em abater

cavalos para fins alimentícios. E assim, uma discussão como esta, realizada em grupo, tornaria explícito o fato de que conceitos científicos estão acompanhados de um sentido, relativo a um determinado contexto.

Outras pessoas poderiam alegar em prol dos animais, uma vez que a carne de cavalo nunca foi indispensável para sobrevivência humana. Neste caso, mesmo sabendo que o animal contém nutrientes alimentares, a ontologia e axiologia atribuídas ao cavalo são diferentes: pode-se argumentar que cavalos não devem ser confinados e abatidos para alimentar humanos, mas devem ser livres. Afinal, carne humana também contém nutrientes!

Sobre a questão do “ovo podre”, uma discussão semelhante a esta pode ser feita. Há um prato na culinária chinesa - “ovo centenário”, em que ovos são conservados por meses numa mistura de argila, sal, cal, etc., de forma a serem ingeridos muito fora do prazo de validade.

Em relação à pergunta (3), seu conteúdo leva à necessidade de um aporte científico. Aqui, de primeiro, nos chama atenção a relação entre nutriente e sistema que vai recebê-lo, pois a mesma quantidade de energia proveniente de duas moléculas distintas proporciona efeitos diferentes quando dentro de um determinado sistema. Sabemos que a molécula de glicose, nossa principal fonte de energia, é formada por 6 átomos de carbono, 12 átomos de hidrogênio e 6 átomos de oxigênio. É encontrada principalmente em vegetais, sendo fabricada por eles através do processo de fotossíntese (MCARDLE et al., 1998). Por outro lado, a gasolina, derivada do petróleo, é constituída de centenas de diferentes hidrocarbonetos, sendo a maior parte deles compostos saturados, com 4 a 12 átomos de carbono na molécula. No entanto, quando expostos à gasolina sofremos alguns efeitos toxicológicos atribuídos à presença de componentes específicos da mistura, como o benzeno e o tolueno (RUIZ et al, 1993). Sabe-se que a presença do benzeno no organismo humano provoca efeitos como irritação da pele e mucosas e, a presença prolongada, pode proporcionar a depressão do sistema nervoso central e lesões graves como a progressiva degeneração da medula óssea e aplasia medular. A exposição a elevadas concentrações também pode desencadear episódios de leucemia Já a ação tóxica do tolueno, também presente na gasolina, ocorre ao nível do sistema nervoso central (OGA, 2003).

Desta forma, assim como os carboidratos, gorduras e proteínas, compostos como o benzeno e o tolueno, quando presentes no organismo, sofrerão transformações, ou seja, serão, em parte, “metabolizados” pelo organismo. Contudo, diferentemente da metabolização dos nutrientes alimentares, transformações decorrentes da ingestão de tais hidrocarbonetos presentes na gasolina

provocam danos ao organismo, ao invés de contribuir para a manutenção da saúde. Assim, a energia envolvida na “biotransformação” do benzeno e do tolueno no corpo humano é disponibilizada para um fim que não privilegia a saúde, mas a doença.

Neste caso, pensamos que a estrutura dos compostos derivados da gasolina e as calorias por eles fornecidas (quando metabolizados pelo organismo) são transformadas em um tipo de energia indisponível ao organismo, no sentido de não auxiliar as funções da alimentação imbricadas na garantia de saúde: fornecimento de energia transformável, formação e manutenção das estruturas e regulação dos processos metabólicos. Posto que uma das interpretações do conceito de entropia está associada à capacidade de transformação de energia e manutenção da ordem interna, a parcela que não pode ser aproveitada para tais transformações benéficas à saúde não é favorável à redução ou compensação da entropia produzida pelo corpo por estar vivo.

Em relação à comparação entre as calorias da proteína e do carboidrato, atribuí-se maior importância para as calorias dos hidratos de carbono por conta de peculiaridades do próprio sistema, cuja capacidade de transformação determina maior facilidade de aproveitamento de sua energia. Isto pode ser justificado pelo fato de que, antes das proteínas disponibilizarem sua energia para as células, os aminoácidos devem ser transformados em uma forma capaz de penetrar nas “vias para liberação de energia”, ou seja, no ciclo de Krebs (MCARDLE et al, 1998). Já a glicose, conhecida por “açúcar do sangue”, “está pronta” para essa finalidade, que constitui sua função primordial.

Já em relação à pergunta (4), que novamente se refere ao contexto científico, pesquisadores em nutrição podem nos responder prontamente. De acordo com Rémésy (1996), a finalidade dos alimentos não é nos fornecer uma determinada quantidade de um nutriente, mas uma variedade deles. Daí a importância do termo dieta no que diz respeito à responsabilidade de relacionar os conhecimentos alimentares e nutricionais às necessidades dos diferentes indivíduos. Desta forma, somente o teor de micronutrientes, fibras, ou seu valor energético, isoladamente, não é capaz de tornar uma porção de terra alimento, menos ainda de ser benéfica à saúde.

A necessidade nutricional humana é tão diversificada e complexa que, nenhum tipo de elemento, por si só, pode satisfazer as necessidades do corpo humano (RÉMÉSY, 1996). E assim, há a preferência em se obter ferro do espinafre ao invés da terra, pois o primeiro contém outros nutrientes, como cálcio, fósforo, vitamina A e complexo B (MINDELL, 1986). Rémésy (1996) utiliza o termo “calorias vazias” para justificar o fato de que os alimentos somente podem trazer benefícios ao organismo quando suas calorias estão acompanhadas de outros elementos. Tamanha é a importância

do conjunto de compostos contidos no alimento que, segundo Mindell (1986) “as vitaminas não funcionam e não são assimiladas sem ajuda dos minerais” (MINDELL, 1986, p. 29).

Em relação à última pergunta (5), temos como hipótese que a maioria das pessoas a responderia com atenção apenas para o âmbito científico. Mas aqui queremos mostrar a forte ligação do conceito de “alimentação saudável” com os sentidos e os valores dados ao mesmo.

De um ponto de vista das ciências nutricionais, o objetivo da alimentação está imbricado ao funcionamento do metabolismo, que é, em parte, contemplado por uma dieta específica.

Eis que a intenção de manter o bom funcionamento metabólico do organismo vincula-se ao conceito de saúde, no qual hábitos saudáveis como a boa alimentação influenciam comprovadamente a integridade da estrutura corpórea. Entretanto, a ideia de saúde física é ampla, o que dificulta ou torna inviável sua interpretação somente por meio de prescrições médicas, científicas.

Para nós, assim como os alimentos não devem ser considerados como pilhas de átomos e energia (nem mesmo dentro da Física), a alimentação saudável não diz respeito somente à dimensão biológica.

Em relação à saúde, utilizaremos a definição adotada pela Organização Mundial da Saúde (OMS), na qual este conceito não se apresenta como uma realidade, mas uma meta a ser sempre buscada: “saúde é o estado de completo bem estar físico, mental e social, não apenas a ausência de doença”.

Largamente utilizada e criticada por conta de seu caráter ideal, inatingível, esta definição pode ser muito útil numa discussão como esta, uma vez que sua abrangência permite-nos estabelecer relações com a complexidade do tema da alimentação. Da maneira como foi colocada pela OMS, saúde não é um estado passível de ser alcançado e que permanece no tempo, e nem é possível considerar um indivíduo em estado completo de saúde. O termo saúde como foi descrito, carrega grande subjetividade e determinação histórica, pois as pessoas consideram ter mais ou menos saúde dependendo de suas referências e valores em um determinado momento (MEC, 2012).

Enfim, quando falamos em alimentação saudável, dada sua abrangência, aparecem diversos questionamentos. Para manter-se saudável, o sujeito deve otimizar suas funções metabólicas, o que remete ao cumprimento, por exemplo, de diversas recomendações nutricionais. O indivíduo deve ter uma alimentação balanceada, com frutas, legumes, verduras, peixes, carnes, etc. Evitar gordura trans,

sal, praticar exercícios físicos no mínimo três vezes por semana, beber dois litros de água diariamente, dormir oito horas por noite, entre outras orientações (ANGELIS, 2001).

Todavia, uma obediência séria a tais recomendações não garante que o indivíduo esteja livre das enfermidades vinculadas à alimentação. Também é possível que, se tais regras estiverem em desacordo com a subjetividade de quem o segue, há chances de que “efeitos colaterais” como mal-estar, tédio e depressão se manifestem no sujeito, por exemplo. E assim, este indivíduo, ainda que seguidor *ipsis litteris* de todas as orientações científicas, pode apresentar algum tipo de problema, como depressão e não ser considerado saudável. Já em relação ao bem estar presente na definição de saúde da OMS, um leque ainda maior de possibilidades é aberto. O sujeito pode sentir bem estar quando se alimenta de uma refeição repleta de gordura, quando fuma um charuto que considera bom, entre inumeráveis outras situações.

E assim, frente a um panorama de opções de “bem estar” é importante que a ciência e a educação nutricional não sejam entendidas como uma ferramenta mágica que leva a pessoa a obedecer à dieta, mas possibilita que esta assuma, com consciência, a responsabilidade pelos seus atos relacionados à nutrição (BOOG, 1997). Este conhecimento deve visar à autonomia do sujeito, sendo conscientizador e libertador, de modo que regras, recomendações e condutas que nos são dadas ou impostas pelos costumes ou pela mídia possam ser sempre repensadas, questionadas.

### **Considerações finais**

Este artigo teve como objetivo promover uma reflexão sobre o tema da alimentação, com ênfase no fato de que nossas atitudes e tomadas de decisão, frente à alimentação, têm origem em questões de ordem cultural, social e científica. Para isso, elaboramos uma abordagem partindo de um quadro teórico sócio-histórico-cultural, favorável à tarefa de abarcar um pouco mais da complexidade do assunto. Consideramos haver três critérios que parametrizam as escolhas dos sujeitos na tomada de decisão sobre a seleção dos alimentos: o critério ontológico, axiológico e epistemológico. Tais critérios estão bastante interligados entre si, de modo que, no momento da escolha dos alimentos é difícil tomá-los independentemente.

De acordo com o critério ontológico consideramos como alimentos os objetos que são culturalmente reconhecidos como “comestíveis”. Por exemplo, na América Latina, em relação às carnes, possuem valor de alimento o boi, o porco, a vaca. Com o critério axiológico, dentre os objetos ontologicamente considerados como alimento, alguns são mais valorizados do que outros. Ambos os

critérios são acessíveis ao sujeito a partir de seu nascimento, e se intensificam a medida com que este se relaciona com mundo. No entanto, valores, fins e percepções que as pessoas atribuem aos alimentos não são imutáveis, mas podem ser questionados e alterados, principalmente quando o indivíduo, de alguma forma, tiver ampliada sua visão de mundo sobre o assunto, para assim ser capaz de visualizar alternativas, o que nos remete ao processo educativo.

O critério epistemológico aqui representou o conhecimento científico, capaz de propiciar que o sujeito conheça os alimentos de uma maneira bastante peculiar. Segundo este critério, do ponto de vista da nutrição, um objeto pode ser considerado alimento se pertence a uma determinada dieta, elaborada para um determinado organismo. Sobre ótica da física, reconhece-se um objeto como alimento pela sua capacidade de sofrer transformações no sistema, fazendo com que, de uma visão ampla, exposta anteriormente, sua entropia diminua.

Desta forma, escolhas alimentares, que nos é comum no cotidiano, podem ser entendidas a luz dos três critérios expostos, de forma a propiciar reflexão, conflitos, e por fim, a transformação de formas pensamento cotidiano simples em outras complexas, o que é visto por Garcia (1998) como o enriquecimento do conhecimento cotidiano. Assim, a participação de elementos de diferentes conhecimentos transforma o conhecimento cotidiano, que aqui identificamos como associados aos aspectos sócio-histórico-culturais da alimentação. E, então, a modificação na maneira dos sujeitos interpretarem o mundo se traduz num enriquecimento do conhecimento por meio de sua complexificação.

Como Garcia (1998), acreditamos que estas discussões são fundamentais para o surgimento de descobertas, novas possibilidades e ideias, o que vai ao encontro da formação de estudantes como posturas mais críticas e éticas. A alimentação é, de fato, um assunto extremamente importante e, pensamos que a Física também pode se envolver com este tema. Desta maneira, este artigo oferece oportunidade para a interconexão de ideias entre áreas diversas, num clima de diálogo. Não pretendemos dar soluções para a questão da alimentação, mas fomentar a discussão e questionamento de um tema tão presente em nossas vidas.

### **Agradecimentos**

Os autores agradecem o apoio financeiro do CNPq e CAPES.

## Referências

- ANGELIS, R.C. *A importância de alimentos vegetais na proteção da saúde*. Rio de Janeiro: Editora Atheneu. 2001.
- BAIRD, J. R. FENSHAM, P. J. WHITE, R. T. The importance of reflexion in improving science teaching and learning. *Journal of Research in Science Teaching*. v. 2, n. 28, p. 163-182, fev 1991.
- BARBOSA, R. M. S.; SALLES-COSTA, R.; SOARES, E. A. Guias Alimentares para Crianças: aspectos históricos e evolução. *Revista de Nutrição (São Paulo)*, v.19, n.2, p.255-263. mar-abr 2006.
- BIZZIO, M. A.; VÁZQUEZ, S.; PEREIRA R.; NÚÑEZ, G. Una indagación sobre la vinculación que realizan los alumnos entre su alimentación y el consumo energético. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v.8, n.3, p.1037-1053. 2009. Disponível em: <[http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen8/ART15\\_Vol8\\_N3.pdf](http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen8/ART15_Vol8_N3.pdf)> Último acesso em: 05 jun, 2013.
- BLEIL, S. I. O padrão alimentar ocidental: considerações sobre as mudanças de hábitos no Brasil. *Cadernos de Debate*, n.6, p.1-25. 1998. Disponível em: <<http://www.uftm.edu.br/upload/ensino/AVIdiscednu090804095840.pdf>> Último acesso em: 05 jun, 2013.
- BOOG, M.C.F. Educação Nutricional: passado, presente, futuro. *Revista Nutrição*. Puc Campinas. 10(1): 5-19, 1997. Disponível em: <[http://faculdadeguararapes.edu.br/site/hotsites/biblioteca/educacaonutricional\\_passado-presente-futuro59500.pdf](http://faculdadeguararapes.edu.br/site/hotsites/biblioteca/educacaonutricional_passado-presente-futuro59500.pdf)> Último acesso em: 05 jun, 2013.
- CARDÚS, E.; VEGA, R. *Nutrição, alimentação equilibrada e organismo saudável*. São Paulo: Alaúde Editorial Ltda, 2006.
- COZZOLINO, S.M.F. *Biodisponibilidade de Nutrientes*. Barueri: Manole, 2005.
- DANIEL, J. M. P.; CRAVO, V. Z. (2005). Valor social e cultural da alimentação. In: CANESQUI A. M.; GARCIA D., WANDA R. (Orgs.). *Antropologia e nutrição: um diálogo possível*. Rio de Janeiro: Fiocruz. 2005. p. 57-68.
- FIEDLER-FERRARA, N.; MATTOS, C.R. Seleção e organização de conteúdos escolares: recortes na pandisciplinaridade. In: VIII ENCONTRO DE PESQUISADORES EM ENSINO DE FÍSICA, *Atas do VIII Encontro de Pesquisadores em Ensino de Física*, São Paulo: SBF, 2002. p. 119.
- FISBERG, M. *Atualização em Obesidade na infância e adolescência*. São Paulo: Atheneu. 2004.
- FISCHLER, C. L. *Homnivore, le goût, la cuisine et le corps*. Paris: Odile Jacob, 1993.
- GARCIA, E. *Hacia una teoria sobre los contenidos escolares*, Barcelona: Díada, 1998.
- GEERTZ. C. *A interpretação das culturas*. Rio de Janeiro: Zahar, 1978.

- GUYTON, A. C. *Tratado de fisiologia médica*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1999.
- HARPER, H.; RODWELL W. *Manual de Química Fisiológica*. São Paulo: Ed. Atheneu, 1982.
- HOLMES, F. L. Elementary analysis and the origins of physiological chemistry. *Isis*, 54(1), 175, 50-81. 1963. Disponível em:  
<<http://www.jstor.org/discover/10.2307/228728?uid=3737664&uid=2&uid=4&sid=21102368732937>>  
> Último acesso em: 05 jun, 2013.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA IBGE, *Pesquisas de Orçamentos Familiares – POF*, 1995-1996, Rio de Janeiro. 1997. Disponível em:  
<[http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1339&Itemid=68](http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=1339&Itemid=68)>  
> Último acesso em: 08 jan, 2012.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA IBGE, *Pesquisas de Orçamentos Familiares – POF*, 2002-2003, Rio de Janeiro. 2004. Disponível em: <[http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1339&Itemid=68](http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=1339&Itemid=68)>  
Último acesso em: 08 jan, 2012.
- KRAUSE, M. V. *Alimentos, Nutrição e Dietoterapia*. São Paulo: Roca Ltda, 1995.
- LEHNINGER, A. L.; NELSON, D. L.; COX, M. M. *Princípios de Bioquímica*. São Paulo: Ed. Sarvier, 2006.
- MACIEL, M. E. Cultura a alimentação ou o que têm a ver os macaquinhos de koshima com Brillat-Savarin? Porto Alegre: *Horizontes Antropológicos*, v.7, n.16, Dez. 2001, p.145-156.
- MACIEL, M. E. Identidade Cultural e Alimentação. In: A.M. Canesqui; R.W.D. Garcia (Orgs.) In: *Antropologia e nutrição: um diálogo possível*. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz. 2005. p. 49-55.
- MARZZOCO, A.; TORRES, B.B. *Bioquímica Básica*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1999.
- MEC, SAÚDE, livro 092. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/livro092.dpf>>. Último acesso em: 09 jul 2012.
- MCARDLE, W.D.; KATCH, F.I.; KATCH, V.I. *Fisiologia do Exercício: Energia, Nutrição e Desempenho Humano*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1998.
- MINDELL E. *Guia de vitaminas*. São Paulo: Editora Abril, 1986.
- OGA, S. *Fundamentos de Toxicologia*. São Paulo: Atheneu Editora, 2003.
- PRIGOGINE, I.; STENGER, I. *A Nova Aliança*. Brasília: UNB, 1984.
- PRIGOGINE, I.; STENGER, I. *Sistema*. Enciclopédia Einaudi. 26. Lisboa: Casa da Moeda, 1997.

PRIGOGINE, I.; KONDEPUDI, D. *Termodinâmica: Dos Motores Térmicos às Estruturas Dissipativas*. Lisboa: Instituto Piaget, 1999.

REGO, R. A.; BERARDO, F.A.N.; RODRIGUES, S.S.R.; OLIVEIRA, Z.M.A.; OLIVEIRA, M.B.; VASCONCELOS, C.; AVENTURATO, L.V.O.; MONCAU, J.E.C.; RAMOS, L.R. Fatores de risco para doenças crônicas não transmissíveis: inquérito domiciliar no município de São Paulo, SP (Brasil). Metodologia e resultados preliminares. *Revista de Saúde Pública* (SP, Brasil), v.24, n.4, p.277-285. 1990. Disponível em: <<http://www.scielosp.org/pdf/rsp/v24n4/05.pdf>> Último acesso em: 05 jun, 2013.

RÉMÉSY, C. *As boas calorias*. Lisboa: Instituto Piaget, 1996.

RODRIGUES, A. M. MATTOS, C. R. A noção de contexto no ensino de ciências. In: XXII ENCUESTOS DE DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES, 2006, Zaragoza. *Actas del XXII Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Zaragoza : Universidad de Zaragoza, p. 1-8, 2006.

ROMANELLI, G. O significado da alimentação na família: uma visão antropológica. *Revista de Medicina* (SP, Brasil), 39, 3, 333-339. 2006. Disponível em: <[http://www.fmrp.usp.br/revista/2006/vol39n3/3\\_o\\_significado\\_alimentacao\\_na\\_familia.pdf](http://www.fmrp.usp.br/revista/2006/vol39n3/3_o_significado_alimentacao_na_familia.pdf)> Último acesso em: 30 jun 2012.

RUIZ, M. A.; VASSALO, J.; SOUZA, C. A. Alterações hematológica em pacientes expostos cronicamente ao benzeno. *Revista de Saúde Pública* (SP, Brasil), v.27, n.2, p.145-51. 1993. Disponível em: <<http://www.scielosp.org/pdf/rsp/v27n2/11.pdf>>. Último acesso em: 05 jun, 2013.

SANTOS, E.; MARTINS, I. P. Ensinar sobre alimentos geneticamente modificados. Contribuições para uma cidadania responsável. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v.8, n.3, p.834-858. 2009. Disponível em: <[http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen8/ART5\\_Vol8\\_N3.pdf](http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen8/ART5_Vol8_N3.pdf)> Último acesso em: 05 jun, 2013.

SCHRÖDINGER, E. *O que é vida?* Lisboa: Fragmentos, 1989.

SECRETARIA DE ATENÇÃO À SAÚDE, Ministério da Educação, Brasil. *Guia Alimentar para a População Brasileira – Promovendo uma alimentação saudável*. Brasília: Ed. Especial. 2005.

SILVA M.V. Consumo de alimentos, programas de suplementação e estado nutricional de escolares. In: SILVA, M.V. (Org.). *Curso de atualização em alimentação e nutrição para professores da rede pública de ensino*. Piracicaba: ESALQ, Depto. Agroindústria, Alimentos e Nutrição/Fapesp; 2000. p. 1-45.

SILVA, E. O. Restrição e extensão do conhecimento nas disciplinas científicas do Ensino Médio: Nuances de uma “epistemologia de fronteiras”. *Investigações em Ensino de Ciências*. Porto Alegre, v.4, n.1, mar. 1999.

SP, Epidemiologia e Serviços de Saúde, Revista do Sistema Único de Saúde do Brasil, vol.14, n.1 jan/mar 2005. Disponível em <<http://www.saude.gov.br/svs/pub/pub00html>>. Último acesso em: 10 jan, 2013.

VERDÚ, J.M.; MARÍN, E.C. *Nutrición para educadores*. Madrid: Diaz de Santos, 1995.

VILLAGELIM, B. S. A. PRADO, S. A., FREITAS, R. S. CARVALHO, M. C. V. S. CRUZ, C. O. KLOTZ, J. FREIRE, G. B. A vida não pode ser feita só de sonhos: reflexões sobre publicidade e alimentação saudável. *Ciência & Saúde Coletiva*, v.3,n.17, p.681-686, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.org/pdf/csc/v17n3/v17n3a14.pdf>>. Último acesso em: 05 jun, 2013.

VIGOTSKI, L. S. *A formação social da mente*. São Paulo, SP: Martins Fontes, 2003.

VOLKENSHTEIN, M. V. *Biofísica*, Moscou: Mir, 1985.

WERTSCH, J. *Mind as action*. New York: Oxford University Press, 1998.

WILLIAMS, M. H. *Nutrição para a saúde, condicionamento físico e desempenho esportivo*. Barueri: Ed. Manole, 2002.

**FERNANDA CAVALIERE RIBEIRO SODRÉ** Doutoranda na área Ensino de Física pelo Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo. Possui graduação em Licenciatura em Física pelo Instituto de Física, IFUSP (2004) e Mestrado em Ensino de Ciências, modalidade Física, pela mesma universidade (2008). Tem experiência na área de Ensino de Ciências e interdisciplinaridade. Leciona Física para nível médio de ensino desde 2004. Integra o grupo de pesquisa ECCo (Grupo de pesquisa em educação em ciências e complexidade) e atualmente é professora de Física do Colégio Rio Branco.

**CRISTIANO RODRIGUES DE MATTOS** Licenciado em Física pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (1987), mestre em Ensino de Física pela Universidade de São Paulo (1991) e doutor em Física pela mesma universidade (1997). Atualmente é professor doutor da Universidade de São Paulo. É editor da Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, bolsista de Produtividade do CNPq, coordenador do Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências da Universidade de São Paulo, realiza pesquisa na área de ensino de ciências tendo como base a Teoria da Atividade Sócio-Histórico-Cultural, abordando principalmente temas relacionados com a cognição situada e incorporada, aprendizagem de conceitos, modelos de interação dialógica, interdisciplinaridade e complexidade. É coordenador do Grupo de Pesquisa em Educação em Ciências e Complexidade (ECCo).

Recebido: 07 de setembro de 2012

Revisado: 29 de abril de 2013

Aceito: 25 de maio de 2013