

## “FALHA METABÓLICA”: UM CONCEITO PROBLEMATIZADOR ENTRE A EDUCAÇÃO AMBIENTAL E O ENSINO DE CIÊNCIAS?

Autor: Matheus Fernando Mohr (1);  
(Universidade Federal da Fronteira Sul, [matheus.mohr@uffs.edu.br](mailto:matheus.mohr@uffs.edu.br))

Coautora: Naira Estela Roesler Mohr (2);  
(Universidade Federal da Fronteira Sul, [nairamohr@uffs.edu.br](mailto:nairamohr@uffs.edu.br))

**Resumo:** Este artigo busca apresentar e discutir a temática da educação ambiental à luz do conceito de “falha metabólica” entre ser humano e natureza desenvolvido originalmente por Karl Marx. Em termos de metodologia trata-se de um estudo teórico de natureza bibliográfica a partir de uma perspectiva dialética de interpretação da realidade. Resulta de reflexões na área da Educação Científica e Tecnológica consubstanciada em estudos em torno da economia política. A análise visa apresentar elementos para a ampliação do debate sobre a sustentabilidade ambiental ao discorrer sobre a crescente exploração dos nutrientes do solo no atual modo de produção que, por sua vez, coloca em risco a capacidade de produção e reprodução da existência humana. As reflexões apresentadas reiteram a necessidade de aprofundamento teórico no intuito de que se encontrem proposições para que a educação ambiental institua um diálogo de saberes, especialmente com a área das Ciências da Natureza, permitindo estabelecer processos didático-metodológicos que problematizem mais profundamente as contradições advindas dos processos de alfabetização científica e tecnológica em sua forma hegemônica, de caráter reducionista, centrada no ensino de conceitos. Por fim, reafirma a ideia de que carecemos ampliar a compreensão e os possíveis desdobramentos frente o paradoxo estabelecido no processo sócio-histórico, sob o qual, no mesmo tempo em que necessitamos crescer socialmente, precisamos economizar a natureza. Este trabalho contempla os estudos de doutoramento do autor junto ao Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica (PPGECT) oferecido pela Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, contando com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES.

**Palavras-chave:** Falha Metabólica, Educação Ambiental, Ensino de Ciências.

### Introdução

A temática da Educação Ambiental se apresenta como um processo de educação que tem por objetivo construir conhecimentos que visam recuperar o sentimento e a condição de dependência humana frente à natureza, além de trazer elementos que se traduzam enquanto possibilidades de se analisar as contradições apresentadas de forma mais alargada, numa perspectiva problematizadora daquilo que se apresenta como verdade absoluta.

A partir do processo de industrialização, com seu respectivo aparato tecnológico, observamos o predomínio de uma visão antropocêntrica, onde a ciência é tida como neutra e ausente de valores, em que o conhecimento científico é imune, alheio a reinterpretações.

O trabalho que ora apresentamos tem como intenção recuperar elementos e teorias que nos auxiliem a compreender o atual momento histórico tendo como centralidade o conceito de “falha metabólica” desenvolvido por Karl Marx.

Esperamos, primordialmente, que este possa subsidiar o trabalho docente nas escolas, junto à área das Ciências da Natureza, embora não estejam excluídas outras tantas áreas do conhecimento. Afinal, nosso direcionamento se dá exclusivamente por conta de lembrarmos que o objeto de estudo desta área específica é a própria natureza, da qual fazemos parte.

## **Metodologia**

Para efeito argumentativo procuramos desenvolver uma análise qualitativa utilizando estratégias de pesquisa bibliográfica a partir uma abordagem dialética de interpretação dos dados. Considerando a vasta obra de Karl Marx e Friedrich Engels selecionamos como foco diferentes fragmentos de suas obras onde o conceito de “falha metabólica” é abordado. Uma vez feita esta escolha buscamos realizar conexões com o debate no campo do Ensino das Ciências da Natureza de modo a que esta área, primordialmente, possa ampliar as discussões transversais junto ao tema da educação ambiental.

## **Resultados e Discussão**

Promover o debate teórico referente ao tema da educação ambiental é imprescindível. Este argumento se torna ainda mais vigoroso na medida em que o conjunto das ideias e conhecimentos mobilizados possa originar proposições didático-metodológicas inovadoras direcionadas ao ensino de ciências, influenciar no reconhecimento das contradições existentes, além de fortalecer a materialização de práticas mais progressistas frente o cenário de insustentabilidade ambiental estabelecido na contemporaneidade.

Assim, a educação ambiental surge com o propósito de nos municiarmos com entendimentos mais robustos sobre os processos referentes à mediação dos seres humanos frente à natureza, a partir do trabalho, categoria fundante na produção de nossas existências.

Neste debate tomamos como base as elaborações de Marx por duas razões, ao menos: o conceito de “falha metabólica” foi por ele instituído e pelo fato de que o materialismo histórico dialético enquanto método de análise da realidade se traduz como uma ferramenta potente em vista de caracterizar e criticar numa visão de totalidade o conjunto das relações que acontecem no tecido complexo das múltiplas determinações objetivadas na esfera das relações econômicas, sociais e ambientais entre os seres humanos e natureza, principalmente sob a égide do capitalismo.

Desta forma podemos observar sobre como uma histórica produção de valores de uso se transmutou numa contínua e crescente necessidade essencial ao modo de produção do capital, objetivada na produção de valores de troca, na extensiva fabricação de mercadorias. E, ainda, sobre como esta finalidade intrínseca ao modelo interrompe substancialmente o metabolismo racional entre ser humano e natureza, ocasionando contradições que se traduzem enquanto questão central daquilo que é preocupação e objeto específico da educação ambiental, podendo ser tratada com maior profundidade pelo conjunto das ciências.

Desde os primórdios de nossa civilização nos deparamos com a necessidade constante de interferir na natureza. A realidade histórica e social até antes do advento do capitalismo se apresentou, primordialmente, pelo estabelecimento de uma produção imediatamente voltada para a obtenção valores de uso, ou seja, aqueles diretamente necessários à produção/reprodução da vida humana.

Vivenciamos ao longo da história da humanidade diferentes formas de organização socioeconômica reconhecidas como modos de produção. Cada um destes modos está relacionado à existência de especificidades frente ao desenvolvimento das forças produtivas e das relações sociais de produção, inerentes a cada época histórica.

As forças produtivas são o resultado da combinação entre a força de trabalho humano e os meios de produção - objetos/instrumentos de trabalho. Nesta relação os seres humanos se utilizam de um conjunto de recursos naturais, introduzem e mobilizam determinados conhecimentos técnicos, aparato tecnológico, máquinas e ferramentas, dando concretude a determinadas formas de organização social, em acordo com as condições materiais existentes.

Por sua vez, as relações de produção organizam cada forma social instaurada mediante a divisão de tarefas, onde se apresentam diferentes técnicas e funções estabelecidas por associações, trocas e especializações junto ao trabalho realizado.

Em cada período histórico podemos observar a predominância de determinado modo de produção. Esta hegemonia, no entanto, não caracteriza a inexistência de outros arranjos simultâneos ao estilo dominante. Os modos de produção são coexistentes, embora o capitalista prepondere na contemporaneidade.

Ao longo da história, ao introduzirmos conhecimentos originais possibilitados pela inteligência e demais aspectos cognitivos alargamos as possibilidades de alavancar transformações no plano das forças produtivas. Neste processo se modificam substancialmente as relações de produção de modo a ocasionar diferentes contradições que,

num certo grau do seu desenvolvimento, tendem a inaugurar revoluções sociais que buscam suplantar o modo dominante vigente.

Este é o cenário, segundo o materialismo histórico dialético, onde se dá a relação ser humano-natureza. É próprio da condição humana medirmos processos junto à natureza para produzir/reproduzir nossa existência por meio da capacidade de realizar trabalho.

Sobre a centralidade do trabalho, Marx traz no capítulo V, Processo de Trabalho e Processo de Valorização, em sua obra “O Capital”, que:

Antes de tudo, o trabalho é um processo entre homem e Natureza, um processo em que o homem, por sua própria ação, media, regula e controla seu metabolismo com a Natureza. (...) Ele põe em movimento as forças naturais pertencentes à sua corporalidade, braços e pernas, cabeça e mão, a fim de apropriar-se da matéria natural numa forma útil para sua própria vida. Ao atuar, por meio desse movimento, sobre a Natureza externa a ele e ao modificá-la, ele modifica, ao mesmo tempo, sua própria natureza (1985, p. 149).

Desde o surgimento da espécie humana até o momento em que se institui a agricultura a sociedade vivenciou o modo de produção primitivo, até então, o de maior duração quando comparado aos demais. O descobrimento da agricultura pode ser compreendido como um dos principais acontecimentos da história da humanidade. O desenvolvimento de diferentes técnicas e manejos agrícolas permitiu o estabelecimento gradativo da vida em comunidade. As populações nômades eram compostas por caçadores e coletores que necessitavam buscar seu alimento onde quer que fosse encontrado, sendo esta a principal atividade desenvolvida pelos indivíduos no sentido de prover sua existência.

Conforme a sociedade se complexifica e sofre estratificações, ocorrem rupturas junto à produção quase que estritamente de valores de uso. Com o passar do tempo, a partir da observação e experimentação de novas técnicas, se constituiu um conjunto de aprendizados relacionados ao fazer agrícola; portanto, uma ação humana permanente e crescente no ambiente, em constante transformação. Esta condição permitiu a instalação de povoamentos, a execução de atividades mais direcionadas aos cultivos agrícolas e à criação de animais, inaugurando a condição de sedentarismo e urbanização que suplanta a fase nômade anterior.

Posteriormente ao modo Primitivo diferentes modos de produção se instalaram ao longo do tempo, tais como o Asiático, o Escravista e o Feudal, sendo antecessores do Capitalismo. Ambos são fruto do desenvolvimento das atividades produtivas postas em prática, onde cada vez mais se observa a ocorrência de sobras que introduzem um comércio primordialmente mediado pela troca de produtos regulados pela monetarização.

Este processo modificou contínua e substancialmente a vida das sociedades ao instituir novas formas de regulação política, social e econômica dos territórios, bem como a instalação da propriedade privada das terras, esta última, condição primária na gênese do capitalismo.

Num recorte, nos interessa discutir o desenvolvimento do modo de produção capitalista, pelo fato de que este apresenta um caráter exploratório dos recursos naturais num grau tal que suplanta em muito os modos anteriores, no intuito de demonstrar que a partir da revolução industrial ocorrida entre os séculos XVIII e XIX ocorre a substituição gradual do trabalho artesanal e da manufatura por um conjunto de processos que deturpam o metabolismo humano com a natureza, amplificando a já mencionada “falha metabólica”.

Marx constitui em 1842 o arcabouço teórico relacionado à “falha metabólica” tendo principalmente como base os estudos do cientista químico alemão Justus Von Liebig que elaborou diferentes teorias relacionadas à nutrição de plantas e animais onde desenvolveu compreensões relacionadas ao esgotamento dos minerais, a escassez dos fertilizantes naturais do solo, as trocas energéticas e a interação dos diferentes organismos com o ambiente.

Desta forma Liebig ofereceu concepções e entendimentos ligados exclusivamente ao metabolismo natural. O avanço, podemos assim dizer, de Marx, foi o de incorporar o termo metabolismo à sociedade humana de forma a ocasionar uma nova interpretação sociológica a partir da crescente industrialização que acontece nos processos produtivos, principalmente na agricultura. O mérito foi o de introduzir ao metabolismo natural um caráter social, onde se organizam e desenvolvem sistemas produtivos que hegemonicamente desregulam mais profundamente os sistemas ecológicos.

O capitalismo enquanto modo predominante na atualidade se realiza a partir da exploração dos recursos humanos e dos nutrientes do solo. Particularmente, nos deteremos sob esta última questão, sem desconsiderar, no entanto, a extração da mais-valia a partir do trabalho assalariado, embora não seja o foco desta análise.

Frente ao desenvolvimento do capital temos uma agricultura cada vez mais dependente de insumos externos em vista de produzir rendimentos condizentes com o sistema organizacional do atual modo de produção. Pelo fato de que estes insumos e tecnologias são advindos dos processos industriais, e quase nunca das capacidades naturais de oferta dos solos, se abre um primeiro precedente da ocorrência da “falha metabólica”, observada pela recorrente artificialização dos sistemas agrícolas dependentes de externalidades, em termos de nutrientes.

Outro precedente contraditório se dá pelo fato de que a maior parte da produção é deslocada para fora das unidades produtivas, seja para consumo imediato ou mesmo para compor um novo processo industrial como matéria-prima de transformação. Desta forma não se oferecem condições para a ciclagem e o respectivo retorno e/ou devolução aos solos de grande parte dos nutrientes retirados no processo produtivo.

Neste processo, além de ocorrer uma apropriação dos elementos químicos, físicos e biológicos dos solos, se organiza uma condição de dependência a insumos externos frente à produção agrícola, instaurando-se uma crescente dificuldade no tocante às capacidades naturais de produção de fertilidade relacionadas ao equilíbrio entre os fluxos de matéria e energia, acarretando no decréscimo das capacidades de funcionamento sustentável dos agroecossistemas, lócus da intervenção humana nos ecossistemas naturais.

Sob este último aspecto, no tópico “Grande indústria e agricultura”, constante no Capítulo XIII – Maquinaria e Grande Indústria, Volume II de O Capital, Marx nos traz de maneira elucidativa os efeitos do caráter exploratório realizado tanto na indústria como na agricultura, que se traduz enquanto uma falha metabólica entre o homem e a natureza:

E a cada progresso da agricultura capitalista não é só um progresso na arte de saquear o trabalhador, mas ao mesmo tempo na arte de saquear o solo (...) a produção capitalista só desenvolve a técnica e a combinação do processo de produção social ao minar simultaneamente as fontes de toda a riqueza: a terra e o trabalhador. (1988, p. 99)

É justamente esta exploração dos trabalhadores e especialmente dos solos que inaugura uma condição de insustentabilidade ambiental e social crescente, ou seja, se amplia a “falha metabólica” neste atual modo de produção quando compararmos aos que o antecederam.

Como a produção de nossas existências depende diretamente dos recursos naturais, das trocas energéticas e metabólicas advindas da natureza, torna-se necessário ampliar a compreensão destes distúrbios que ocorrem junto à produção e reprodução da vida.

Em grande medida se observa o predomínio de uma visão que estabelece a permanente recombinação dos fatores e meios de produção, mediados pela ciência e tecnologia, fortemente atreladas ao sociometabolismo do capital. Assim, as contradições frente aos processos de exploração do trabalho humano e dos recursos naturais têm se perpetuado e até mesmo se ampliado no tempo.

Temos como principal intenção explicitar e aprofundar a percepção de que não importa

sob qual modo de produção vivamos, teremos cotidianamente que nos defrontar com os limites naturais que determinam a ocorrência, e atual exacerbação, da falha metabólica entre ser humano e natureza.

Portanto, não há como pensar o ensino de ciências especialmente comprometido e conectado à realidade atual, em meio a uma crise socioambiental de dimensão planetária, que não se debruce sobre as origens, formas e consequências de um modelo de produção de bens e serviços cujo sistema de extração material da terra leve ao aceleração de sua exaustão. Interessa-nos, particularmente, discutir o sistema agrícola atual em confronto com alternativas problematizadoras do conceito de sustentabilidade à luz de limites como o contido na falha metabólica.

Compreender o conjunto destas questões se traduz como importante ferramenta pedagógica no sentido de perceber e propor modificações no sistema social, onde a ciência e a tecnologia possam contribuir para a construção de uma sociedade que apresente relações mais justas e equilibradas. Afinal, o que está em jogo é a constituição de processos que garantam uma maior perenidade da vida em seu sentido mais amplo, sendo que no atual modo de produção estamos todos fragilizados, tanto a sociedade humana como a natureza.

De modo geral, o ensino de ciências, no mesmo tempo em que reconhece os limites para o alcance da sustentabilidade ambiental frente ao atual modelo produtivo apresenta dificuldades de articular o conceito de “falha metabólica” em seus processos educativos.

Nessa perspectiva acreditamos que processos educativos articuladores e problematizadores da realidade podem contribuir com a criação de estratégias que minimizem os efeitos avassaladores postos em curso, tal como o proposto por AULER e DELIZOICOV (2001) onde apresentam, de um lado, a existência de uma concepção orientada pela neutralidade da ciência e da tecnologia que advoga a “superioridade do modelo de decisões tecnocráticas, a perspectiva salvacionista da ciência e da tecnologia e o determinismo tecnológico” e, de outro, a possibilidade de constituir “uma perspectiva ampliada” frente a uma alfabetização científica e tecnológica que “associe o ensino de conceitos à problematização destes mitos”.

Entendemos ser esta uma das grandes tarefas do ensino das ciências da natureza, mas não somente destas. Não se trata de retirar as especificidades de cada uma das áreas do conhecimento ou de suas respectivas disciplinas, mas procurar perceber como se podem

ampliar as possibilidades em termos da formação dos professores e alunos, abarcando uma perspectiva mais totalizante em termos da produção do conhecimento.

Não temos a intenção de encerrar esta discussão propondo um currículo ou tópicos para aprofundamento. No entanto, acreditamos ser de grande valia que nos apropriemos de um maior entendimento relacionado às leis da termodinâmica, em especial naquilo que trata a sua segunda premissa que discute os aspectos da irreversibilidade, produção e aumento da entropia - ambas as questões aqui reconhecidas como fundamentais para elucidarmos os históricos processos econômicos, sociais e ambientais enquanto um sistema complexo, em constante evolução. Acreditamos ser um bom caminho para que as ciências da natureza estabeleçam diálogos e problematizações mais abrangentes com a educação ambiental e processos mais perenes em termos de sustentabilidade, à luz do conceito marxista de “falha metabólica”.

### **Conclusões**

Vivemos atrelados a um paradoxo: no mesmo tempo em que necessitamos crescer socialmente precisamos economizar a natureza. A forma mais razoável de nos libertarmos desta armadilha natural e eterna em vista de alcançar uma condição que nos liberte desta contradição, ainda que de forma relativa, perpassa pelo esforço coletivo em aperfeiçoarmos a compreensão de nossa relação com a natureza.

Para isso é necessário o fortalecimento de processos produtivos ambiental e socialmente mais equilibrados que eliminem gradativamente as formas de discriminação e exploração do ser humano e da natureza, ou seja, ao reconhecermos as práticas insustentáveis mediadas pela existência e amplitude da falha metabólica, poderemos, talvez, atuar de forma a inverter/conter esta condição vivenciada.

### **Referências**

- AULER, Décio; DELIZOICOV, Demétrio. Alfabetização científico-tecnológica para quê? Ensaio – Pesquisa em Educação e Ciências. Volume 3/Número 1 – Jun.2001. CED/UFSC
- MARX, Karl. **O Capital: Crítica da Economia Política**. 2ª ed. São Paulo: Nova Cultural, 1985.
- MARX, Karl. **O Capital: Crítica da Economia Política**. 3ª ed. São Paulo: Nova Cultural, 1988.