

O CICLO DA ÁGUA: A PERSPECTIVA DA COMPLEXIDADE THE WATER CYCLE: THE COMPLEXITY PERSPECTIVE

Giselle Watanabe¹

Maria Regina Dubeux Kawamura²

¹Instituto de Física/ FEP/ Universidade de São Paulo, gizwat@if.usp.br

²Instituto de Física/ FEP/ Universidade de São Paulo, mrkawamura@if.usp.br

Resumo

As representações sobre o ciclo da água, tanto nos livros didáticos como na expressão de jovens e adultos, contêm, quase sempre, os mesmos elementos de esquematização e resultam bastante simplificadas. Na perspectiva de uma educação ambiental crítica, abordar a eventual escassez futura de água requer um tratamento mais apropriado desse tema. Esse trabalho analisa a possibilidade de se introduzir uma abordagem complexa para o ciclo da água, buscando investigar em que consiste tal abordagem e quais sentidos da questão podem vir a ser incorporados. Para isso, são analisadas inicialmente representações de alunos futuros professores sobre o ciclo da água, tomando-as como indicadoras das simplificações a serem superadas. Em contrapartida, é construída uma abordagem mais ampla, onde procura-se identificar os elementos da complexidade envolvidos. Parte-se do pressuposto de que esses elementos podem contribuir para uma discussão sobre os aspectos relacionados ao ensino-aprendizagem em uma abordagem temática.

Palavras-chave: ciclo da água, complexidade, educação ambiental.

Abstract

Water cycle representations in science textbooks as well as in common sense comprehension presents often the same elements and results oversimplified. In the perspective of a critical environmental education these schemes are very limited if one wants to discuss eventual future water shortages, as it would request the inclusion of dynamic perspectives at least. In this context, the purpose of the present work is to investigate the construction of a complex approach to this theme, by identifying the elements and concepts to be introduced in water cycle discussion. At the same time, we also intend to discuss the very idea of complexity in the perspective of school knowledge. As starting reference we analyzed water cycle representative schemes of “future-teacher-students”. In these cases we tried to identify the nature of their simplified views and corresponding deficiencies to be overcome. These same elements were specially considered in our complex cycle representation. We discuss the results and difficulties involved as well as the new meanings that complexity could introduce in science and environment education.

Key-words: water cycle, complexity, environmental education.

INTRODUÇÃO

Os problemas relacionados ao meio ambiente, nos últimos anos, ganharam espaço nas discussões que envolvem grande parte da sociedade. A questão das águas, da existência ou não de riscos para uma eventual escassez, aparece como um dos problemas relacionados a esse assunto. A escassez é tratada como uma das conseqüências da

contaminação de mananciais, da fragilidade do saneamento básico e dos usos e abusos da água potável e da intervenção humana.

Paralelamente, considerando as discussões realizadas com alunos do ensino médio e superior sobre esse tema, o desperdício doméstico de água parece ser a questão que mais os aflige. Isso acarreta uma falsa idéia sobre o problema, já que conseguem analisar a questão apenas de suas perspectivas individuais e locais. Analisando dados da literatura pode ser verificado que o consumo residencial ou doméstico representa apenas 10% da água utilizada anualmente no mundo, enquanto que as atividades agrícolas consomem cerca de 69% da água (Clarke e King, 2005:24). Além disso, o consumo mundial de água cresce a cada ano num ritmo desenfreado.

A visão simplificada da questão parece estar fundamentada no próprio conhecimento aprendido na escola. Analisando a abordagem sobre o ciclo da água em livros didáticos de ensino fundamental é possível verificar que as representações utilizadas são muito simplificadas, acarretando dificuldades para a interpretação dos reais fenômenos envolvendo a água que ocorrem numa situação cotidiana. Na grande maioria dos livros analisados (Watanabe e Kawamura, 2005), o ciclo da água é considerado como inexorável, como se o movimento das águas não pudesse sofrer qualquer influência externa. Nessa simplificação, ao deixar de incluir, ou ao menos explicitar, os seres humanos (e vivos) como parte integrante desse processo, afasta a questão da água da interação humana. Mesmo se fosse possível considerar apenas os aspectos “naturais” do ciclo, esse tipo de representação não considera as interferências espaciais nem os aspectos dinâmicos envolvidos, relacionados ao tempo de residência das águas nos diferentes reservatórios, e nem trata das funções biológicas e geológicas que o ciclo representa.

A partir dessas considerações, tomadas como exemplos, fica claro que, se desejamos contribuir para uma formação de cidadãos críticos e capazes de intervir nas questões sociais, será necessária uma abordagem do problema da água em uma perspectiva mais abrangente. Então, qual o real problema? O que queremos que os nossos alunos entendam dessa discussão? As respostas para essas questões requerem, com certeza, uma abordagem muito mais próxima da realidade.

Uma forma de fazer frente a essa questão consiste em introduzir o problema da água por meio de uma abordagem complexa, em que aspectos de natureza diferentes, mas interdependentes, possam vir a ser contemplados, ainda que conscientes da impossibilidade intrínseca de abarcar sua totalidade. Nesse sentido, alguns autores, como García (1998), têm discutido o potencial de introduzir a compreensão e o reconhecimento das dimensões da complexidade. Para ele, o conhecimento escolar é a complexificação do conhecimento cotidiano. No entanto, em termos genéricos, essa proposta, embora sedutora, tem contornos pouco nítidos. Em que consiste, de fato, *complexificar* uma questão? Como construí-la? Quais aspectos tornam viáveis ou inviáveis tais propostas? Esses são alguns aspectos da questão que procuramos investigar.

Assim, a partir dos aspectos levantados nos parágrafos anteriores pretendemos discutir a introdução de uma perspectiva de complexidade para a questão da água, considerando seus aspectos concretos e, ao mesmo tempo, considerando-a como exemplar

da problemática envolvida. Para isso, analisamos inicialmente, as representações de alunos (futuros professores) e as concepções arraigadas no senso comum para então identificar os elementos a serem complexificados, ou as simplificações a serem superadas. Em seguida, procuramos estabelecer, tomando como referência as idéias de García (1998), os elementos para uma visão complexa.

O CONHECIMENTO ESCOLAR E A ABORDAGEM COMPLEXA

Ao longo da pesquisa foi possível localizar alguns trabalhos com diferentes abordagens temáticas sobre a água. Alguns partem do ciclo da água para estabelecer o vínculo com a disciplina desejada, outros utilizam o tema como agente problematizador das questões ambientais. Encontramos também alguns mapas conceituais que organizam os assuntos relacionados ao tema água, como o apresentado por Quadros (2004: 30), em que são tratados os principais conceitos químicos envolvidos. Em geral, contudo, esses trabalhos não nos remetem a uma visão global e complexa do problema. Além disso, os conteúdos e assuntos a serem estudados em sala de aula aparecem de forma pouco organizada e muito dispersa nas séries do ensino básico, o que nos leva à necessidade de tentar compreender a complexidade do tema água, incluindo as possibilidades de trabalho no ensino médio. Os conteúdos e assuntos escolares foram discutidos no trabalho *Em busca de espaços curriculares para a questão da água*, apresentado no V ENPEC.

Outros autores como Ferrara e Mattos (2002) tratam a seleção e organização dos conteúdos escolares do ponto de vista da pandisciplinaridade e da complexidade. Essa mesma questão da seleção de conhecimentos relevantes também é abordada por Fourez (1994), no contexto das discussões sobre Alfabetização Científica e, ainda, por Santos (2000), analisando os diversos sentidos da educação para a cidadania e os livros didáticos. No entanto, García (1998) aprofunda a questão do ponto de vista da complexidade de forma mais concreta, trazendo algumas possibilidades de trabalho e propondo a utilização de tramas de conteúdos, como forma de indicar possíveis escolhas e seleções de abordagens.

O conhecimento escolar, segundo García (1998), é influenciado pelos conhecimentos científico e cotidiano. O conhecimento científico é aquele produzido pela academia enquanto o cotidiano refere-se ao saberes (muitas vezes complexos) que são produzidos nas relações que se estabelecem na interação com o meio (colegas, familiares, sociedade, etc.). No conhecimento cotidiano, são produzidas explicações sem embasamento científico, mas que são suficientes para justificar determinadas situações. Para o autor, deve haver uma ligação estreita entre esses conhecimentos e o conhecimento escolar, o que significa dizer que escolhas feitas em qualquer um dos três âmbitos implicam em diferentes recortes nos outros.

Para tratar e definir o conhecimento escolar são consideradas algumas hipóteses (da Integração, do Compartilhamento, da Substituição e da Independência – Coexistência) que sugerem a influência de outros tipos de conhecimentos (científico, cotidiano ou ambos) no conhecimento produzido na escola. Segundo a hipótese da Integração, defendida por García (1998), o conhecimento escolar é determinado pela integração transformadora de diversas formas de conhecimentos. Logo, os conhecimentos científico e

cotidiano se comunicam: há interação e evolução conjunta de ambas as formas de conhecimento, podendo existir dentro de um sistema de idéias outros sistemas de idéias com diferentes graus de coerência e generalidades. Afirma que a escola pode transformar, de modo a enriquecer, o conhecimento cotidiano. As hipóteses do Compartilhamento, da Substituição e da Independência – Coexistência são criticadas por García em vários aspectos, mas em especial porque: “(...) *não levam em consideração a possibilidade de uma cultura escolar distinta da cultura científica e diferente do conhecimento cotidiano mais freqüente em nosso meio social; não contempla a existência de alternativas entre um pensamento cotidiano simples e um pensamento especializado complexo, ou seja, as possíveis construções, na escola, de categorias gerais, utilizáveis em diferentes domínios, que permitem uma aproximação mais adequada aos problemas da vida cotidiana*” (García, 1998: 56).

Na proposta de García (1998) os conhecimentos gerais, em especial os conhecimentos metadisciplinares, são de extrema relevância na construção do conhecimento escolar. O conhecimento metadisciplinar é definido como um conhecimento:

“(...) que integra, articula e orienta a formulação e organização do conhecimento escolar e que não deve ser identificado só como um conhecimento conceitual, pois inclui também procedimentos e valores” (García, 1998:89).

Segundo o autor, é a partir dos conceitos metadisciplinares que podemos modificar nossa perspectiva educativa. Sendo assim, os conteúdos compartimentados devem ser substituídos por aqueles capazes de trazer os problemas ambientais à realidade educativa, abrindo-a a exploração do nosso mundo. Para ele, as questões ambientais são suficientemente diversificadas para estruturar o saber escolar enquanto uma ciência social integradora. Entender o mundo sob esses aspectos só é possível se houver a transição de uma forma simples a outra mais complexa: complexificar o conhecimento. Os conceitos metadisciplinares também contribuem para dotar os conteúdos escolares de um enfoque que facilita a troca da perspectiva ideológica dos indivíduos. Desse modo, parece viável integrá-los no currículo escolar quando o objetivo é alterar, trocar ou fortalecer uma visão de mundo pré-estabelecida. Tais conceitos referem-se a noções de interação, sistema, troca ou diversidade e a procedimentos e valores que buscam uma visão relativa, autônoma e solidária do mundo.

Os conceitos metadisciplinares de **interação** são responsáveis em fazer o elo entre os elementos (por exemplo, as células), produzindo influência mútua que modifica a sua própria natureza e provoca o aparecimento de novas propriedades. Na interação os elementos configuram uma rede onde ocorrem, por exemplo, as trocas, interdependências, associações que, por sua vez, organizam o sistema. Os conceitos de **sistema** são como entidades que se caracterizam pela presença de elementos inter-relacionados e por constituírem uma organização global. Os conceitos de **organização** estão relacionados com o autocontrole e auto-organização do sistema. Os seres vivos são capazes de se reproduzirem e organizarem mediante um processo de desorganização - organização.. A configuração desse sistema é dada pelas trocas que ocorrem entre os elementos. Os conceitos de **transformação** referem-se “(...) *às transformações dos objetos dados no espaço e tempo. Em algumas trocas a transformação só supõe deslocamento ou alteração*

de posição, em outras é a própria natureza do objeto que se modifica” (García, 1998: 124). Os conceitos de **diversidade** são aqueles que englobam, estratificam e integram uns sistemas a outros. Quando o sistema evolui sucessivos níveis de organização são gerados, acarretando uma grande variedade de elementos.

Ainda que esses metaconceitos possam ser importantes ao propor uma abordagem temática que leva em conta a complexidade, na medida em que podem ajudar a organizar o planejamento das atividades a serem propostas em sala de aula, a questão da abordagem de um tema é bem mais ampla. Há aspectos que vão desde a definição dos assuntos que comporão a problemática social, ambiental, econômica e política até a seleção dos conteúdos relevantes para trabalhar o tema escolhido, além da identificação dos conhecimentos científicos envolvidos. No presente trabalho, restringiremos nossa atenção apenas à caracterização dos aspectos da complexidade. Assim, visando discutir a complexidade do tema água, nosso ponto de partida será identificar as simplificações dos ciclos hidrológicos presentes no conhecimento cotidiano, considerando-as como elementos a serem superados, passando, então, a propor um ciclo complexificado.

REPRESENTAÇÕES DOS ALUNOS

O nosso objetivo ao levantar as principais idéias que envolvem o tema água é identificar as limitações da visão sobre os ciclos hidrológicos que permeiam o conhecimento de senso comum para, então, procurar elaborar novas propostas que permitam uma maior abrangência para o tema.

Para a coleta dos dados foram elaborados questionários que tratam as principais situações que envolvem a água e também ministradas oficinas para alunos do ensino superior que são professores em exercício. As oficinas contribuíram para a interpretação de respostas pouco esclarecedoras encontradas nos questionários. Também foram úteis para identificar as “falas” subentendidas nas respostas escritas. Quanto aos questionários que serão aqui analisados, participaram da amostra trinta e um alunos do ensino superior. O número reduzido da amostra foi considerado adequado, já que o interesse central diz respeito à identificação das limitações presentes nas representações que esses alunos fazem. Não se trata, portanto, de um levantamento de concepções nem tampouco analisar dificuldades conceituais do grupo pesquisado.

Os questionários foram estruturados em dois blocos: o primeiro trata assuntos relacionados ao ciclo hidrológico, desde a origem até o destino e reuso da água, e o segundo aborda questões referentes aos aspectos sociais, econômicos e políticos como a escassez de água, as atitudes e ações pessoais para preservação. Para esse trabalho, será discutida apenas a primeira questão do bloco 1, onde o aluno era solicitado a representar esquematicamente o ciclo da água (questão 1: *Levando em conta que as águas do planeta obedecem a um certo ciclo, gostaríamos que você representasse, de forma esquemática, como compreende esse ciclo*).

Assim, o sentido de *representações* para o ciclo de que tratamos aqui corresponde ao sentido próprio da palavra. Ou seja, são os desenhos, esquemas, e anotações que acompanham as respostas dos alunos a essa questão que correspondem a suas

representações. Para analisar as representações desenvolvidas pelos alunos foram criadas, a partir da análise, quatro categorias, que devem, no entanto, ser consideradas como categorias de síntese. O procedimento para isso baseia-se na análise de conteúdo, garantindo-se a independência, recorrência e abrangência das categorias (Bardin, 1997). Essas categorias correspondem a representações cada vez mais elaboradas, de forma progressiva, e foram caracterizadas como:

- Ausência de ciclo: nesses esquemas os alunos não representam nenhum ciclo ou não fazem nenhuma correspondência com o ciclo hidrológico real como, por exemplo, estabelece-se o ciclo sem evaporação. Também é possível observar nesse tipo de representação elementos do ciclo desconectados;
- Ciclo simplificado: Nos esquemas com ciclo simplificado, são apresentados pelo menos dois principais elementos: chuva e/ ou evaporação. Em alguns casos, são seqüências de desenhos, ao invés de uma representação esquemática, sugerindo seqüência temporal. Nesse tipo de ciclo há apenas uma possibilidade de escoamento: ou o solo, ou o lençol freático, ou os rios, ou as represas, etc;
- Ciclo *padrão*: no ciclo padrão o aluno reproduz as características das representações dos livros didáticos, ainda que não inclua todos os elementos. O Sol e os oceanos são os elementos frequentemente ignorados neste tipo de esquema. Um exemplo desse ciclo foi reproduzido na introdução acima;
- Ciclo elaborado: no ciclo elaborado o aluno introduz, além do percurso da água, informações sobre os processos físicos envolvidos, com mais detalhes do que simplesmente “evaporação” que também aparece em muitas das representações do ciclo padrão. Mesmo assim, não inclui a presença humana.

A seguir estão apresentados dois exemplos de ciclo encontrados nos questionários.



Figura 1: Representações de ciclos da água: ciclo padrão à esquerda e ciclo elaborado à direita.

Dos questionários analisados obtivemos os seguintes resultados:

Tabela 1: Representações de ciclos hidrológicos

Classificação dos ciclos	Dado2
Ausência de ciclo	23%
Ciclo simplificado	26%

Ciclo padrão	35%
Ciclo elaborado	13%
Não realizou a atividade	3%

Esses resultados mostram que grande parte dos alunos reproduz o ciclo *padrão* tal como aprendido nas séries iniciais. Os resultados também sinalizam para uma definição de ciclo pouco clara, já que em muitos casos a água não retorna ao ponto “inicial” do processo.

Ao mesmo tempo, e para melhor organização dos resultados, as limitações das representações de ciclos foram sistematizadas em alguns conjuntos de aspectos:

- **Locais:** os ciclos têm abrangência local, no sentido de restrito espacialmente, embora sempre correspondendo a um local genérico. Em geral, nessas representações os oceanos estão ausentes (ocorre especialmente nos esquemas simplificados), criando a impressão de algo limitado no espaço. Também parece que a água circula sempre por um caminho pré-determinado, por exemplo, chove sempre nos rios ou lagos;
- **Aparentes:** os ciclos incluem apenas sua face mais visível. Nessas representações, por exemplo, as águas subterrâneas, como as que compõem os lençóis freáticos ou aquíferos, não comparecem, representando o ciclo apenas por águas superficiais, o que faz com que possam ser inferidos tempos e processos mais diretos. Nesse caso, toda a complexidade das águas no solo é desconsiderada;
- **Sociais:** nas questões identificadas nesse conjunto, os usos e percursos da água no âmbito social são ignorados. Esse talvez seja o aspecto mais evidente do distanciamento entre a representação do aluno e seu cotidiano. As representações praticamente não incluem a presença humana, nem a vida social, através das casas, indústrias, etc., como se a água do cotidiano doméstico fosse outra água que não a do ciclo. A superação desse aspecto é de extrema importância para o estabelecimento de um ciclo dinâmico, principalmente quando há interesse em contabilizar a água que consumida nas indústrias, agricultura e residências. Outro aspecto importante, e relacionado a esse, é a ausência de considerações sobre os caminhos das águas utilizadas, seja esgoto ou águas pluviais. As águas consideradas no ciclo são as águas limpas, sem traços da utilização humana.

Além disso, para aqueles alunos que conseguiram representar um ciclo um pouco mais elaborado, na medida em que foram nomeados os fenômenos físicos envolvidos, ainda assim fica evidente a ausência de uma dinâmica dos processos. Isso pode decorrer da própria natureza da representação, sob forma de esquema, em que os aspectos dinâmicos não são normalmente considerados, mas é amplamente reforçada por respostas a outras questões que não estão sendo aqui consideradas. Isso envolveria lembrar que o ciclo acontece em intervalos de tempo menores ou maiores, em cada etapa, sendo esses tempos fundamentais para sua discussão. Por exemplo, os tempos de permanência da água em

diversos dos “reservatórios” do ciclo, como no lençol freático, no rio ou na atmosfera, variam muito, fazendo com que a disponibilidade de água também varie.

Um aspecto curioso desse levantamento é que, naqueles casos em que os alunos em seus esquemas não contemplam o reconhecimento do ciclo, ou seja, nas representações mais simples, é mais freqüente a inserção dos elementos da vida social humana. Neste caso, o foco volta-se às questões problemáticas e próximas a realidade dos alunos em questão, como a falta, distribuição e qualidade das águas, secas, atitudes para economizar, etc. Ou seja, na ausência de um esquema pré-formatado, a presença da água se reincorpora à sua representação do cotidiano.

A PROPOSTA DE CICLO COMPLEXIFICADO

A proposta de complexificar o ciclo hidrológico surgiu da necessidade de construir uma visão mais abrangente dos principais conceitos físicos e sociais que envolvem o tema água na escola média. Como visto, os nossos resultados apontam para um ciclo hidrológico voltado aos processos naturais bastante limitados, desconsiderando a vida social humana no planeta. Também é interessante notar nessa análise que para grande parte dos alunos a principal referência de suas representações é a de um ciclo muito simplificado, além de restrito ou reduzido em suas etapas.

Isso expressa, talvez, o que García (1998) e outros autores apontam como resultado do paradigma da simplificação: a perspectiva da ciência, ao analisar e decompor um todo ou um sistema passa a representá-lo em seus aspectos mais essenciais. Isso corresponderia, nesse caso, a pôr em evidência a presença do ciclo da água como um percurso que se fecha sobre si mesmo, além de explicitar suas principais etapas, tais como evaporação, formação de nuvens, precipitação e percursos em rios ou oceanos. Constrói-se uma redução e simplificação que, se necessária para um determinado nível de entendimento, acaba sendo ela mesma transformada em realidade, para além das evidências e percepções dos alunos. De certa forma, sem perceber, o conhecimento escolar substitui mesmo as percepções “mais diretas e sensoriais” por outras formatadas, contribuindo para que os alunos passem a não considerá-las. E, dessa forma, acaba por distanciar-se do cotidiano, expurgando-o da diversidade de aspectos que o integram. O indicador mais expressivo disso é que a água de cada um, de suas casas e de seus usos, fica ausente das representações ou quando aparecem estão desvinculadas do ciclo.

Assim, a complexificação consiste em re-introduzir a diversidade. Isso envolve também aproximar os aspectos específicos que são mencionados nos textos didáticos escolares (que dizem respeito em geral aos processos físicos), daqueles relacionados a outros aspectos e conhecimentos envolvidos com a questão da água. Isso significa, por exemplo, recuperar os vários e intrincados percursos da água, em suas relações e trajetórias do ponto de vista espacial, como um conjunto de difícil representação em sua complexidade, com inúmeros sistemas que se inter-relacionam através de uma infinidade de caminhos.

Nesse levantamento, é possível identificar, tal como apontado por García (1998), diversos subsistemas e, com certeza, diferentes níveis de organização, que podem indicar

A partir dessa representação mais diversificada e com mais elementos, fica melhor explicitada a dimensão sistêmica (contida no metaconceito *sistema*, tal como apresentado por García, 1998) do ciclo da água, com a conexão de seus reservatórios e a interdependência entre eles. Esse aspecto permite também resgatar a impossibilidade de um tratamento da questão da água apenas ao nível próximo ou local. Isso se deve não só ao fato de que as águas se misturam e perpassam por tantos caminhos, mas, sobretudo, porque a existência do ciclo pressupõe conservação de quantidade total de água do sistema o que apenas tem sentido se considerado o conjunto das diferentes águas do planeta.

Ao mesmo tempo, trata-se de uma água sempre em movimento (aspecto dinâmico, que pode ser traduzido em conceitos relacionados à *transformação*). Isso significa que nunca vemos, usamos ou analisamos a mesma água, embora haja sempre água. Uma situação que, para sua abordagem, requer considerar aspectos dinâmicos, como na compreensão de seus equilíbrios que também serão dinâmicos. Nessa mesma perspectiva dinâmica, as relações temporais passam a ser imprescindíveis, pois o tempo de residência da água em seus vários e múltiplos reservatórios é condição necessária para compreender períodos de secas ou enchentes, disponibilidades maiores ou menores.

Outro aspecto essencial, relacionado ao caráter dinâmico, mas que não se reduz simplesmente a ele, é a função da água em todos esses percursos como elemento de interligação entre sistemas, promovendo a incorporação de substâncias, dispersando substâncias, alterando o relevo, a paisagem e a geologia dos ambientes. Não se trata simplesmente de uma água que passa, mas que transforma o ambiente ao passar. Além disso, há também seu aspecto essencial para a constituição e manutenção da vida, como o fluido indispensável no processo de promover a ordem a partir da desordem. Assim, a mesma água que integra nosso ciclo também entra e sai continuamente das plantas e dos animais, permitindo o funcionamento dos organismos e seu desenvolvimento. Podemos traduzir esses aspectos como os metaconceitos de interação e transformação de García (1998). Além disso, as interações envolvidas trazem, então, as águas em suas relações com a presença social humana para uma outra perspectiva. Desse ponto de vista, a complexidade consiste na complementaridade das relações naturais e sociais, que interagem, entrecruzam-se, transformam-se embora mantenham certas especificidades.

CONSIDERAÇÕES QUANTO À COMPLEXIFICAÇÃO E ABORDAGEM TEMÁTICA

Complexificar um tema, visando incorporar os pressupostos apresentados neste trabalho ao currículo escolar, requer alterações no currículo tradicional, o que remete a mudanças em grande parte dos trabalhos que vêm sendo realizados nas escolas atuais. Essas alterações referem-se tanto às abordagens (forma linear, geralmente seguindo livros didáticos) quanto aos conteúdos abordados (aqueles que seguem uma estrutura rígida onde os conteúdos científicos são tidos como “estáticos e verdadeiros”, permanecendo inalterados ao longo da história). Para que se possa fazer uma proposta temática, a questão, o tema ou o problema são os elementos centrais, em torno dos quais são construídas, pelo professor, as propostas de atividades. No entanto, e respeitando dentro de certos limites a cultura escolar, essas atividades devem ter como pano de fundo a física dos livros didáticos e das seqüências curriculares vigentes.

No percurso aqui realizado, ficou evidente que a perspectiva da complexidade tem um grande potencial, na medida em que permite estabelecer um número significativo de relações, conexões e interações com o conhecimento cotidiano, de tal forma a transformá-lo e enriquecê-lo. No presente caso, tomou-se como referência a identificação das limitações e simplificações do conhecimento dos alunos, fruto provavelmente de intervenções escolares anteriores, sedimentada pelas abordagens dos livros didáticos.

O processo de construção de uma referência complexificada envolveu, no nosso caso, identificar e explicitar a natureza diversificada dos processos e, certamente, nada tem a ver com meramente adicionar complicação. Tratou-se de buscar a articulação entre diferentes subsistemas, explicitando também diferentes níveis hierárquicos para possíveis abordagens. Além disso, incluiu introduzir no ciclo da água elementos dinâmicos e interdependentes, reconhecendo-o como um sistema que interage.

Ao mesmo tempo, foi possível identificar indícios de que a construção de um conhecimento enriquecido pela complexidade não deve ser objeto de princípios ou normas padronizadas. Dessa forma, os metaconceitos propostos por García (1998) não são suficientes nem mantêm uma correlação direta com os aspectos incorporados, servindo, no entanto, de importantes elementos inspiradores. Esses conceitos apontam para as possibilidades de abordagens presentes no ciclo proposto neste trabalho. No entanto, assim como menciona García (1998), os metaconceitos se sobrepõem, interligam e complementam, ou seja, são dinâmicos e fluidos de modo que não é possível identificá-los separadamente. Isso significa que complexificar um tema não é tarefa direta e tampouco simples. Os temas complexificados requerem tanto uma abordagem significativa sobre os assuntos relacionados aos aspectos sociais, econômicos e políticos quanto um conhecimento aprofundado dos conceitos físicos tratados. Desse modo, parece-nos claro a necessidade de organizar duas estruturas, uma temática e outra conceitual, para apoiar as escolhas do professor.

Nossa experiência mostrou que a construção de uma proposta temática consiste na articulação dos dois níveis de abordagens (esses níveis de abordagens foram discutidos no trabalho *Uma abordagem temática para a questão da água*, apresentado no X EPEF). Ou seja, trata-se de buscar delimitar alguns aspectos do tema a serem privilegiados e o subconjunto dos conceitos específicos (no nosso caso, conceitos físicos) a serem trabalhados e articulados. Para a escolha ou delimitação, as intenções do ponto de vista dos objetivos educacionais, ou do ponto de vista do desenvolvimento das competências formativas, tornam-se fundamentais. Não nos parece que possa existir um caminho único, mas diferentes recortes em função de diferentes intenções.

Da mesma forma, nosso percurso permitiu demonstrar as inúmeras possibilidades de trabalho quando um tema é complexificado. Uma estrutura que levanta os assuntos principais de um tema abre diferentes possibilidades de trabalho em sala de aula. No caso do ciclo, essa abertura refere-se a uma discussão voltada tanto os problemas próximos ao indivíduo quanto às questões mais amplas que envolvem, por exemplo, a poluição ou escassez mundial. Mas, ainda que o tema complexificado dê ao professor ampla visão do assunto, a construção de uma boa proposta depende das escolhas dos elementos, referentes ao tema, que sejam significativos para a realidade com a qual se trabalha. Para que o

professor possa fazer essas escolhas, é necessário que tenha presente o universo das possibilidades pautadas por objetivos educacionais mais abrangentes, em que os temas e aspectos sobre a questão da água que deseje privilegiar estão relacionados com os significados que podem assumir para seus alunos, no contexto em que estão inseridos. As estruturas sinalizam as possibilidades, fazendo com que as escolhas possam ser conscientes e passíveis de serem explicitadas, ou até mesmo discutidas com os alunos. Em outras palavras, para cada contexto específico, diferentes seqüências podem ser sugeridas, mais simples ou mais aprofundadas, sem comprometer o sentido global.

Do ponto de vista do ensino, o trabalho do professor pautado na complexificação de temas nos parece adequado. Isso porque as possibilidades de trabalhos em sala de aula ficam voltadas aos interesses da classe e do professor. Tais interesses incluem temas atuais e seu vínculo com as questões conceituais. Além disso, esse tipo de abordagem ainda gera possibilidades de se trabalhar conceitos que integram outras disciplinas. Por outro lado, na perspectiva do aluno, o trabalho temático complexificado implica em uma compreensão maior que vai além do nível dos discursos e das relações causais. Isso demanda uma maior participação dos alunos no processo de ensino-aprendizagem e na construção de seus conhecimentos. Se o ensino for construído nessa perspectiva, o aluno certamente irá incorporando, gradualmente, uma visão de mundo implicitamente complexificada, como parte de seu cotidiano, ainda que sem um discurso explícito sobre o tema. Uma visão de mundo capaz de aproximar o conhecimento escolar de seu conhecimento cotidiano, acrescentando-lhe novas dimensões.

REFERÊNCIAS

- Bardin, L. *Análise de Conteúdo*, Lisboa, Edições 70, 1997.
- Clarke, R. e King, J. *O atlas da água: o mapeamento completo do recurso mais precioso do planeta*. São Paulo: Publifolha, 2005.
- Ferrara, N.; Mattos, C. Seleção de conteúdos escolares: recortes na pandisciplinaridade In: *Encontro de Pesquisa em Ensino de Física*, VIII. Águas de Lindóia, 2002.
- Fourez, G. *Alfabetización científica Y tecnológica*. 1 ed. Buenos Aires: Ediciones Colihue S.R.L., 1994.
- García, J. E. *Hacia una teoría alternativa sobre los contenidos escolares*. 1ed. Espanha: Díada Editora S. L., 1998.
- Quadros, A.L. A água como gerador de conhecimento químico. *Química Nova na Escola*, n.20, p. 26-31. São Paulo: novembro 2004.
- Santos, M. E. V. M. dos. *A cidadania na “voz” dos manuais*. Lisboa: Livros Horizonte, 2001.
- Valle, C. *Vida e ambiente*. São Paulo: Ediouro, 2002.
- Watanabe, G., Kawamura, M.R. Em busca de espaços curriculares para a questão da água. In: *Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, V. Bauru, 2005.
- Watanabe, G., Kawamura, M.R. Uma abordagem temática para a questão da água. In: *Encontro de Pesquisa em Ensino de Física*, X. Londrina, 2006.