

Uma didática para o ensino de Nanotecnologia

Andiara Pereira dos Santos
Sandra Valéria Limonta Rosa

Resumo: O presente trabalho objetiva fazer relações entre pedagogia e didática buscando uma melhor compreensão dos processos de ensino dos conteúdos da Física no Ensino Médio, em particular o ensino do conteúdo nanotecnologia. Apresentamos uma abordagem da Didática para o ensino de Física na perspectiva da Pedagogia Crítico-social dos conteúdos. Explicitamos a possibilidade do ensino dos conteúdos dessa disciplina a partir dos fundamentos didáticos propostos pelo autor – síncrese, análise e síntese – e escolhemos a nanotecnologia como conteúdo específico, dadas as potencialidades que este tema apresenta para ser apresentado aos alunos em relação com contexto social em que vivemos, como mercado e consumo, evolução da Ciência, impactos ambientais e humanos.

Palavras-chave: Pedagogia. Didática. Ensino de física. Nanotecnologia.

The didactics to nanotechnology teaching

Abstract: This paper aims to make links between pedagogy and didactics seeking a better understanding of the teaching of the Physics content in secondary education, particularly the teaching of nanotechnology content. We present an approach to physics teaching from the perspective of critical-social pedagogy of content. Made explicit the possibility of teaching the Physics content from the three didactics steps proposed by the author – syncretism, analysis and synthesis – and chose nanotechnology as specific content, given the potential that this issue has to be presented to students in relation to social context we live, how market and consumption, evolution of science, environmental and human impacts.

Keywords: Pedagogy. Didactics. Physics teaching. Nanotechnology.

Introdução

As ideias apresentadas neste trabalho fazem parte de um estudo aprofundado advindo da pesquisa de doutorado, cujo objeto de pesquisa é a Nanotecnologia voltada para um ensino que contemple uma formação para a cidadania e para a transformação social. Nos estudos foram se delineando uma preocupação com a forma com que o ensino dessa temática poderia ser abordado para o Ensino Médio e a necessidade de uma diferenciação entre pedagogia e didática e seus pressupostos epistemológicos para o Ensino de Ciências.

A escola pública brasileira tem se voltado, cada vez mais, para questões éticas e para a integração social e cultural das crianças e jovens da Educação Básica. Sem dúvida, o papel fundamental da escola como instituição de educação, cultura e convivência social cada vez se torna mais necessário, particularmente no que diz respeito às condições de vida e de trabalho das camadas sociais menos favorecidas nos centros urbanos. Entretanto, é necessário que fundamentemos os processos de ensino e aprendizagem escolares numa perspectiva que responda a tais demandas sem que o ensino dos conteúdos curriculares provenientes das ciências e das artes seja deslocado para um segundo plano. Defendemos que a função social primordial da escola é o ensino crítico-social dos conteúdos escolares, cumprindo com seu compromisso científico, cultural e político para com a formação geral das crianças e jovens para o mundo de hoje.

Miranda (2005), Nóvoa (2011) e Libâneo (2012a) alertam para a necessidade de que nunca percamos de vista essa função social primordial da escola, destacando que nos últimos anos tem se acentuado o caráter assistencialista da escola pública. Em um extremo, temos a escola assentada na aprendizagem, no conhecimento científico e nas tecnologias para as camadas médias e altas e em outro extremo, uma escola voltada primordialmente para a assistência e apoio às crianças e suas famílias, ou seja, a escola do acolhimento social, da sociabilidade, da convivência com as diferenças, para os mais pobres.

Trata-se de um dilema que precisa ser compreendido tanto do ponto de vista político quanto pedagógico, pois há que se construir ainda uma dialética do trabalho didático “[...] entre a exigência democrática de formação cultural e científica e as demandas das práticas socioculturais” (LIBÂNEO, 2013, p. 51).

Os programas do Ministério da Educação que têm como objetivo melhorar a qualidade do

ensino e da aprendizagem nas escolas, a exemplo do Programa Mais Educação, Alfabetização na Idade Certa e Ensino Médio Inovador, insistem na necessidade de aproximação entre a escola e as comunidades locais, entre os conteúdos escolares e o universo sociocultural dos alunos. Porém, sem a adequada compreensão de como é possível fazer estas relações e aproximações, estamos incorrendo no erro da secundarização do ensino formal dos conteúdos (note-se bem, temos clareza de que ensino formal dos conteúdos não significa uma volta às ideias e ideais da Pedagogia tradicional), baseando o trabalho didático em pedagogias ativas vazias de conceitos.

Sabemos que o conhecimento é uma forma de poder e é viável para a classe dominante que tais formas de organização do ensino escolar sejam reforçadas. Essa cultura é expressa nos próprios produtos tecnológicos que, na maioria das vezes, não necessitam de conhecimentos científicos da parte de quem manuseia os aparelhos. No caso do ensino das Ciências da Natureza, da Física, da Química e da Biologia, isso leva os professores a um impasse. Professores dessas disciplinas bem conhecem a contradição entre técnica e conhecimento, expressa muitas vezes pelos questionamentos dos alunos em sala de aula: Para que saber tantas fórmulas e teorias que se materializam nos objetos tecnológicos se é tão simples aprender a manusear tais objetos, como um celular ou um computador? Por que é preciso compreender as reações físicas e químicas do funcionamento do micro-ondas se os manuais são fáceis de entender, com explicações passo a passo? Para que aprender ciências se eu não penso em ser um cientista?

Tais questionamentos quase sempre aparecem nas aulas de ciências e neles podemos perceber, ao mesmo tempo, a alienação do conhecimento e o deslumbramento do consumo em relação às tecnologias. Insistimos na possibilidade de um ensino crítico-social de Física a fim de desmistificar a concepção positivista de que a ciência e a tecnologia servem, apenas, para o bem estar da humanidade ou apenas para àqueles que se dedicarão a algum tipo de trabalho nessas áreas.

É com o objetivo de promover um ensino intencional e formal da Física, mas que ao mesmo tempo ajude o aluno a relacionar a ciência com a vida cotidiana, formando uma consciência crítica sobre a ciência e o caráter ideológico dos avanços científicos e da tecnologia, que apresentamos algumas reflexões para um trabalho didático que relaciona conteúdo e práticas sociais. O conteúdo científico-tecnológico que servirá de apoio para nossa discussão didática é o ensino da nanotecnologia, que possibilita uma infinidade de relações com outras ciências e com as práticas culturais e sociais.

No nosso entendimento, qualquer conteúdo da Física pode ser compreendido formalmente e em suas relações com a prática social, servindo assim à emancipação de sujeitos concretos; contudo, acreditamos que a nanotecnologia tem um potencial explicativo maior para a discussão que nos propomos fazer nesse trabalho. A nanotecnologia é um conteúdo específico a partir do qual podemos discutir as contradições sociais e culturais, o consumo, as contradições entre o bem estar científico-tecnológico e os prejuízos para a saúde humana e o meio ambiente, os altos investimentos públicos e privados que têm sido direcionados para a nanotecnologia, entre tantas outras questões.

Buscando alcançar tais objetivos, iniciamos o artigo discutindo as relações entre Pedagogia e didática, defendendo o caráter ao mesmo tempo formal, intencional, social e crítico do ensino. Em seguida, apresentamos uma concepção de didática para o ensino de Física fundamentada na Pedagogia crítico-social dos conteúdos tal como proposta por Libâneo (2011). Finalmente, apresentamos uma proposta didática para o ensino de nanotecnologia fundamentada nessa concepção.

A dialética pedagogia e didática

A didática, termo criado por Comênius no Século XVII, se constituiu como parte da Pedagogia até meados do Século XX, quando passa a ser reconhecida mais como uma disciplina que trata de um conjunto de técnicas de ensino do que uma disciplina que busca compreender os processos de educação. Segundo Libâneo (2012b), a didática e a Pedagogia têm sido tratadas de diferentes formas, sendo por vezes colocadas numa relação hierárquica – a didática é uma especificidade da Pedagogia – ou sendo tratadas como uma e a mesma coisa. Candau (2010) afirma que a didática tem sofrido há várias décadas severas críticas ao seu caráter instrumental e técnico e até mesmo tem sido responsabilizada pelos problemas que afetam o ensino nas escolas por tratar mais das técnicas de ensino do que das múltiplas questões que cercam a educação escolar.

Segundo a autora, com a tradição da Escola Nova, que questionava a transmissão pura e simples dos conteúdos tal como preconizado pela Pedagogia Tradicional, a didática salientou, nas décadas de 1960 e 1970, a dimensão técnica em detrimento da dimensão política. A partir da metade da década de 1970, devido à crítica da neutralidade da concepção escolanovista, a

didática tem se afirmado politicamente e desprezado a dimensão instrumental e técnica do ensino. Ainda de acordo com Candau (2010), desde que foi pensado por Comênius, o conhecimento didático, o como ensinar, ora oscila para uma visão mais generalista e política do ensino ora para uma concepção mais técnica e prática.

Isso significa que há uma intensa relação da didática com a concepção pedagógica de um determinado momento histórico social. Na Pedagogia Tradicional, a didática se situa como um fazer que transmite os conhecimentos de forma neutra e dogmática, concebendo o aluno como aquele aprende de modo receptivo e passivo. A didática é entendida aqui como “*um conjunto de regras e preceitos*” (LIBÂNEO, 2011, p. 138). Já a Pedagogia dentro dos parâmetros de uma sociedade produtivista, baseada na psicologia comportamental, considerava, de acordo com Libâneo (2011), como um enfoque renovado-tecnicista, privilegia mais os meios e reduz o ensino a uma dimensão tecno-prática. Nesse sentido, o enfoque sociopolítico, que privilegia os problemas políticos da educação e faz a crítica do fazer pedagógico, é uma característica da didática a partir do final da década de 1970 e início dos anos 1980.

Dessa forma, Candau (2010) defende que na multidimensionalidade da didática é importante considerar que há uma didática fundamental, cujo objeto de estudo é o processo de ensino e aprendizagem. Essa didática fundamental procura articular as dimensões técnicas, políticas e humanas, contextualizando a prática pedagógica a partir do concreto e seus determinantes com o compromisso da transformação social. Dessa forma, no trabalho didático existe a necessidade preliminar de:

[...] articular a formação cultural e científica com as práticas socioculturais (diferenças, valores, redes de conhecimento, etc.) de modo a promover interfaces pedagógicos didáticas entre o conhecimento teórico e científico e as formas de conhecimento local e cotidiano (LIBÂNEO, 2013, p. 7).

Entendendo que a didática fundamenta-se numa concepção pedagógica e que está relacionada a uma determinada forma de conceber o mundo e a educação, faz-se necessária uma Pedagogia que sustente o trabalho didático como processo de ensino formal e intencional dos conteúdos escolares. Tudo isso com o compromisso de transformação da realidade escolar e da sociedade, levando em conta o sujeito concreto e suas determinações históricas.

Os conteúdos a serem ensinados na escola são os conhecimentos acumulados pela cultura humana, entendendo este acúmulo não como um conhecimento produzido de forma linear,

descontextualizado social e historicamente, mas um conhecimento que deve ser ensinado com a intencionalidade de garantir a toda população a formação cultural e científica. É necessário fornecer a todos os sujeitos as mesmas condições de conhecimento, visando à democratização da cultura e da Ciência.

Segundo Libâneo (2011), a burguesia do século XVIII utilizou a educação escolar como meio de ascensão social contra a sociedade feudal e o conhecimento científico e cultural revelou-se importante instrumento de compreensão do mundo e de luta por transformações na sociedade da época. Da mesma forma, as classes populares da atualidade também podem se servir dos conhecimentos para resistir à sociedade capitalista e se tornar classe revolucionária. No entanto, a apropriação da cultura e da Ciência em si mesmas não são suficientes para transformar efetivamente a sociedade. A população precisa de uma educação voltada para a compreensão das relações entre conhecimento escolar e práticas sociais, valendo-se dos conhecimentos científicos e culturais para compreender a alienação gerada pelo modo de produção atual, apreendendo a realidade e as formas de dominação geradas pelo sistema produtivo.

Desta forma, é necessário refletir sobre qual concepção pedagógica pode servir de base para o trabalho didático assim compreendido. A Pedagogia é considerada como um corpo de conhecimentos científicos que objetivam compreender a educação em suas múltiplas dimensões e abarca um conjunto de conhecimentos oriundos e/ou relacionados à Psicologia, Sociologia, Antropologia, etc., ou seja, todo um conjunto de disciplinas que ajuda a explicar o fenômeno educativo. Em uma concepção crítica de Pedagogia, que compreende o processo educativo como fundamental para a emancipação do sujeito e objetiva instrumentalizá-lo para agir materialmente na transformação da sociedade, a Pedagogia deverá ser:

[...] vista como área de conhecimento que tem por objeto as práticas educativas em suas várias modalidades incidentes na prática social, investigando a natureza do fenômeno educativo, os conteúdos e os métodos da educação, os procedimentos investigativos. Ela se refere não apenas ao “como se faz”, mas principalmente, ao “por que se faz”, de modo a orientar o trabalho educativo para as finalidades sociais e políticas almejadas pelo grupo de educadores (LIBÂNEO, 2012b, p. 39).

Essa concepção de Pedagogia proposta por Libâneo (2011, 2012b), compreende a escola como a instituição que se constituiu historicamente como espaço privilegiado para a vivência cultural e científica, para o ensino e a aprendizagem dos conhecimentos científicos produzidos pela humanidade ao longo da história. A principal contribuição da instituição escolar está na

difusão do conhecimento clássico, científico, para todas as pessoas, a fim de haver uma verdadeira democratização cultural na sociedade. Em tal concepção, o trabalho didático é concebido como processo intencional de ensino de tais conhecimentos, dialeticamente articulado à compreensão e à crítica das contradições históricas da luta entre classes dentro da prática social global.

No interior dessa prática social global está a especificidade do trabalho docente, que se fundamenta no conhecimento de sua disciplina, no conhecimento pedagógico e na reflexão filosófica, sociológica e política, de forma que consiga fazer a relação dialética entre ensino e práticas sociais acima descritas. Para tanto, é necessário que os processos formativos ajudem o professor a compreender que seu trabalho se materializa na medida em que o compreende como reflexão crítica sobre o concreto real e histórico. Entretanto, para Libâneo (2011), existe uma relação dialética e contraditória do trabalho docente na perspectiva pedagógica, pois devido ao modo de produção capitalista em que está inserido, muitas vezes o professor é impedido de realizar sua atividade de forma plena.

Voltamos novamente à didática, buscando completar a reflexão sobre a dialética Pedagogia e didática aqui proposta considerando também a aprendizagem como parte do processo. Se existe quem ensina, pressupõe-se a existência de quem aprende, logo a didática,

[...] realiza objetivos e modos de intervenção pedagógicos em situações específicas de ensino-aprendizagem [...], pelos quais se assegura a mediação docente de objetivos, conteúdos, métodos, formas de gestão de ensino tendo em vista a apropriação das experiências humanas social e historicamente desenvolvidas (LIBÂNEO, 2012b, p. 39).

É por meio da didática, enquanto diretriz do trabalho educativo, que o professor conseguirá promover o encontro do aluno com o conteúdo a ser ensinado. O aluno, concebido como ser que aprende, embora já tenha um conhecimento cultural do mundo, mas de forma não elaborada, dependerá do professor para ir do senso comum ao saber elaborado (síntese), com capacidade crítica e ativa de internalização dos conteúdos apresentados pelo professor. Dessa forma, o professor precisa valer-se da didática, não apenas a didática técnico-instrumental, mas uma didática lógico-metodológica (LIBÂNEO, 2011), em que o ponto de partida e o ponto de chegada dos conteúdos ensinados sejam a prática social. Essas orientações metodológicas podem “[...] ser operacionalizadas em três passos articulados entre si: 1) situação orientadora inicial (síntese); 2) desenvolvimento operacional (análise); 3) integração e generalização (síntese). Do sincrético pelo analítico para o sintético” (LIBÂNEO, 2011, p. 155).

De acordo com Libâneo (2011), todo conteúdo a ser ensinado possui um caráter ideológico dentro de um contexto histórico. Desta forma, o ensino se inicia com o professor colocando questões concretas dentro do contexto de cultura e de conhecimento dos alunos, já que a síntese corresponde a uma visão global confusa e ao mesmo tempo simplificada da realidade. Após esse momento, que deverá de certa forma motivar e instigar os alunos acerca de um problema, o autor propõe uma análise da parte (o problema inicial) retirada de um todo para ser estudado, pormenorizado e refletido com a ajuda da mediação do professor. Por fim, mas que não necessariamente finaliza o processo de ensino e aprendizagem e sim busca fornecer uma compreensão geral do todo para novas relações, é chegado o momento da síntese, em que os alunos junto com o professor, deverão ser capazes de generalizações, integrando a parte estudada no segundo momento metodológico com um todo que se apresentará ainda complexo, mas ao mesmo tempo melhor elaborado e compreendido.

Tendo por base metodológica essa concepção de didática, elegemos o conteúdo específico (a parte do todo) da nanotecnologia para materializar a reflexão realizada até este momento. A nanotecnologia é um conhecimento permeado de ideologia e, apesar de muito presente no contexto social, não é claramente compreendida pelos alunos. Apresentamos a seguir uma proposta didática para o ensino de nanotecnologia, que poderá ser levada para o Ensino Médio a fim de melhor compreender os pressupostos de um ensino fundamentado na concepção apresentada até aqui.

Uma didática crítico-social para a nanotecnologia

A partir da metodologia de ensino proposta por Libâneo (2011), que por sua vez se baseia numa didática fundamentada na Pedagogia crítico-social dos conteúdos, apresentamos a seguir uma proposta de ensino da nanotecnologia que pode ser realizada no Ensino Médio.

Essa proposta nasceu devido ao estudo das potencialidades da nanotecnologia para o Ensino de Física. A nanotecnologia, como será melhor esclarecida mais adiante, apresenta potencialidades para aplicar a metodologia de Libâneo já que está presente no contexto atual, tem caráter multi/interdisciplinar, apresenta contradições no aspecto da saúde humana e ambiental. Entretanto, esse potencial é perdido caso não haja uma pedagogia e uma didática voltada para os objetivos pretendidos. Não basta ensinar por ensinar. A devida intencionalidade e o compromisso

com a formação para a cidadania influenciou nossa escolha para uma didática que leve em conta a prática social e o pensamento crítico.

Nossa escolha metodológica de ensino sobre o tema está baseada nos três momentos de Libâneo (2011): a síntese, a análise e a síntese. Por outro lado, a metodologia deste trabalho é teórica, em que objetivamos relacionar e adequar o conteúdo com a didática crítico-social. Tal trabalho é, portanto, fruto de reflexões sobre a melhor maneira de introduzir o tema da nanotecnologia no Ensino Médio e, para isso, no decorrer da proposta, vamos sugerindo diferentes atividades que podem nortear a atividade do professor e possíveis formas para a avaliação. Dessa forma, a nanotecnologia se constitui nosso objeto de estudo e conjugada com uma pedagogia intencional e uma didática crítica, propomos um ensino de nanotecnologia permeado de questões filosóficas que visa o pensamento crítico.

Primeiro momento do trabalho didático

Como vimos anteriormente, a didática fundamentada na Pedagogia crítico-social dos conteúdos tem como ponto de partida a realidade concreta, ou seja, a prática social. Aqui é o primeiro momento metodológico, a síntese, o que deverá ser apontado como um problema do contexto atual do aluno. No caso da nanotecnologia, sugerimos que a aula seja iniciada com um texto de jornal ou revista sobre o tema. Por exemplo, o professor poderia utilizar um texto sobre nanotecnologia tirado do jornal Folha de S.Paulo, intitulado “Governo lança programa de R\$ 400 milhões para estimular a nanotecnologia” (GARCIA, 2013). Jornais de tal porte se tornam interessantes para ser trabalhado na sala de aula, por se tratarem de um veículo informativo de amplo alcance e que pode ser acessado facilmente pela internet. Ainda que tenhamos muitos problemas de infraestrutura, boa parte dos professores e das escolas públicas em nosso país fazem uso de computadores com acesso à internet.

Então, poderia se fazer, num primeiro momento, uma leitura conjunta do texto (professor e alunos) e, no decorrer da leitura, o professor poderá problematizar o tema com perguntas como: “O que é nanotecnologia? Para que serve? Alguém já ouviu falar nisso? Como, onde? Micro é uma ideia que muitos de vocês talvez conheçam, o que é uma coisa micro? Qual seria a diferença entre micro e nano? Por que o governo está tão interessado em nanotecnologia? Por que investimentos tão altos?, etc.”.

A partir de tal situação orientadora inicial, o professor poderá verificar quais são os conhecimentos e conceitos prévios dos alunos, qual é o nível de entendimento que eles possuem sobre o conteúdo da aula. Esse processo é importante, pois se trata também de avaliação do trabalho realizado pelo professor, os conhecimentos que os alunos já possuem, quais conceitos já foram internalizados e em que momento os alunos estão no conhecimento necessário para o prosseguimento do ensino e do contexto da aprendizagem. Além disso, por meio da problematização feita pelos questionamentos, poderá surgir mais perguntas ou comentários dos alunos, o que avalia o interesse e o livre pensamento, estimulando-os a sentirem necessidade de compreender novos conceitos e preparando-os para o segundo momento metodológico, que é a apresentação formal e científica do conceito da nanotecnologia.

Segundo momento do trabalho didático

Após a problematização inicial, passa-se para o momento da análise, em que é realizada a apresentação e o aprofundamento do conceito científico de nanotecnologia, levando-se em conta a natureza interdisciplinar desse conteúdo. De acordo com Silva, (2003), a nanotecnologia abarca a física, a biologia, a química. Para a Física, a delimitação do mundo nano é muito importante, já que existem implicações e relações com a diminuição do tamanho a nível microscópico. Equivale dizer que efeitos quânticos passam a interferir e diferentes propriedades mudam na escala nanoscópica. Logo se percebe que outros conceitos da Física vão se fazendo necessários para que os alunos possam compreender o conceito de nanotecnologia.

A nanotecnologia, de acordo com a Agência Brasileira de Desenvolvimento industrial (ABDI, 2011), é compreendida como o estudo, manipulação e construção de objetos, como substâncias e dispositivos, que estão na escala de 1nm (um nanômetro) ou 10^{-9} metros. No caso da Física, uma proposta ilustrativa para melhor compreender o mundo nano consiste em analisar um cubo de ferro, dando-lhe todas as características físicas, químicas, ponto de fusão, ebulição, cor, comportamento na presença de um campo magnético, etc., a partir do mundo macroscópico. Chamar a atenção dos alunos para que observem essas características, evidenciando que todas elas não dependem do tamanho do cubo de ferro, exceto no momento que se encontrar na escala nanométrica, em que muitas propriedades são alteradas, é um exemplo de uma forma de apresentação do conteúdo (VALADARES; CHAVES; ALVES, 2005). Efeitos quânticos

começam a interferir nas propriedades de partículas quando a relação superfície/volume atinge a escala nanométrica.

As várias aplicações dos nanomateriais dão um caráter extraordinário à nanotecnologia. Materiais nanoestruturados, como as zeólitas, podem produzir petróleo. Na medicina, os compostos nanogranulados permitem maior eficiência, pois, mesmo no estado sólido, podem ser absorvidos pelos tecidos da pele. Dentro ainda da medicina, nanopartículas são usadas para o tratamento de tumores cancerígenos. Há ainda os nanotubos de carbono, com aproximadamente 5 nm de diâmetro, que são folhas de grafite enroladas de forma cilíndrica (SOUZA FILHO; FAGAN, 2007).

Esses nanotubos possuem múltiplas aplicações, pois, dependendo da forma que são enrolados, tamanho do diâmetro e ângulo, podem ter propriedades metálicas ou semicondutoras. Com os nanotubos temos a possibilidade de obter água doce, podem ser usados como fontes de elétrons para monitores e TVs, filamentos para lâmpada, etc. Logo podemos perceber que o conteúdo formal e científico da nanotecnologia apresenta uma infinidade de curiosidades e aplicações práticas que, articuladas, vão se consolidando enquanto conceitos que podem ser internalizados pelos alunos.

A análise prossegue e pode ser realizada em atividades coletivas orientadas pelo professor. Disponibilizando outros textos, provenientes de outros jornais, revistas científicas, livros didáticos e internet, solicita-se um maior aprofundamento sobre o assunto, em duplas ou pequenos grupos, por exemplo. Pode-se solicitar que os alunos busquem a história do surgimento da nanotecnologia, a biografia dos principais pesquisadores deste campo, quais são as possíveis aplicações da nanotecnologia na medicina, na construção civil, nas telecomunicações, na indústria de cosméticos, etc. Importante aprofundar nos questionamentos: A nanotecnologia é uma tecnologia segura ou existem malefícios decorrentes do seu uso para a saúde humana e para o meio ambiente?

Assim, a partir de todas as pesquisas e conhecimentos adquiridos inicialmente pelos alunos sobre o tema, é importante que haja uma participação geral com a sala de aula e o professor. Não é necessário ser tudo isso em apenas uma aula. O professor pode propor pequenas pesquisas, a partir de subtemas sobre a nanotecnologia, para serem feitas em grupo ou individualmente no decorrer da semana ou o tempo que necessitar. Importante o professor estar à disposição para dúvidas, orientando os alunos no processo de aprendizado.

Já finalizado o tempo necessário/disponível, é importante passar para o próximo momento, o momento da síntese. Da mesma forma que a análise decorre do momento inicial da síntese (problematização), o terceiro momento, a síntese, decorre da análise, ou seja “[...] do sincrético pelo analítico para o sintético” (LIBÂNEO, 2011, p. 155).

Terceiro momento do trabalho didático

No momento da análise, que antes estava concentrada entre grupos com mediação do professor, pode ser realizada uma discussão com toda a turma, com vistas a alcançar o pensamento concreto. A relação do que foi apresentado pelo professor com tudo o que foi encontrado pelos alunos, a exposição e discussão dos fatos históricos, curiosidades, problemas, descobertas e dúvidas de toda a turma, é o momento em que todos podem relacionar os vários fragmentos de conhecimentos e formar, com a ajuda do professor, um conjunto coerente, um todo concreto, um conceito complexo da dimensão das implicações da nanotecnologia.

O objetivo é que os estudantes tenham uma visão mais ampla do conceito e das possíveis aplicações da nanotecnologia nos mais diferentes campos sociais, bem como a crítica em relação aos investimentos públicos, ao custo da tecnologia que resulta destes investimentos, aos danos físicos e ambientais, às transformações culturais, etc. Dessa forma, esse é o momento de fazer relações entre a ciência que está sendo produzida e os altos investimentos públicos e privados na nanotecnologia, além de compreender como essas pesquisas vão servindo ao mercado e ao consumo e quais as possíveis implicações sociais e culturais dos produtos nanotecnológicos.

Em relação à produção de conhecimento científico, os EUA lideram o ranking pelo número de patentes em nanotecnologia (ABDI, 2010), e, na América Latina, Brasil, México e Argentina são os países que têm mais avançado nessa tecnologia (FOLADORI et al, 2012). De acordo com esses autores, as organizações internacionais como Banco Mundial, Organização das Nações Unidas (ONU) e a Organização Mundial do Comércio (OCDE) tratam o conhecimento da nanotecnologia como bem comerciável e utilizam as inovações científicas como estratégia econômica. Além disso, órgãos como o CNPq têm financiado projetos de parceria entre universidades e empresas privadas. O conhecimento científico é uma forma de poder e está estritamente relacionado ao capital. Esse poder precisa estar nas mãos da população em geral, para que possam participar da política que rege os investimentos e saber opinar sobre esta nova

tecnologia que já faz parte dos produtos que utilizamos atualmente. Dessa forma, na perspectiva de uma didática crítico-social, não basta aprender o conceito científico de nanotecnologia, é preciso relacionar este conceito às práticas com vistas a transformação social.

Compreendido de tal forma, o conceito de nanotecnologia se desdobra em várias outras possibilidades de ampliação cada vez maior do conhecimento científico como prática social, por exemplo, em relação aos riscos à saúde humana, a ABDI (2011) informa que pesquisadores da Universidade de Duke chamam atenção para nanopartículas com menos de 30nm pelos perigos para a saúde humana e ambiental que são apontados pelo estudo de suas propriedades. Esses resultados são bastante preocupantes já que no mercado são disponibilizados produtos com propriedades em nanoescala, como creme de pele com penetração profunda da L'Oréal, bolas de tênis da InMat's nanotech, bolas de golf da Nanodynamics, Bionova '*personalized skin care*', adesivo dental da 3M (nanohidroxiapatite) e creme para dores musculares da Flex Power (com lipossomas 90nm)" (OLIVEIRA, 2011, p. 6), além de produtos que ainda estão em desenvolvimento e que são industrializados antes de passarem por estudos mais rigorosos quanto à toxicidade.

Essas reflexões sendo feitas na sala de aula com todos os alunos participando faz um ensino mais crítico e mais produtivo. Além disso, nesse momento, o professor pode avaliar tanto seu fazer pedagógico quanto a produtividade e o conhecimento dos alunos, por meio do discurso. Como objeto de pesquisa, caberia aqui uma análise de discurso na linha francesa, já que considera e analisa tanto o dito quanto o não dito no discurso (ROCHA, DEUSDARÁ; 2005). Outra possibilidade seria, além da discussão final, seria interessante que os grupos formados no segundo momento elaborassem um texto sobre os subtemas discutidos. Essa prática poderá fazer com que os estudantes possam discutir melhor suas ideias no papel, o que possibilita uma autoavaliação. Acreditamos que, com essa proposta, os alunos conseguem chegar à síntese já que o conhecimento adquirido na análise vai para o cotidiano novamente, para um todo complexo.

Conclusão

Como vimos no decorrer desse artigo, todo ensino possui intencionalidade e caráter ideológico, e a função social primordial da escola está em proporcionar a todos os conhecimentos que hoje estão na esfera da classe dominante. Esses conhecimentos precisam ser aprendidos em

relação às práticas culturais e sociais para que ganhem sentido e contribuam efetivamente para a emancipação individual e coletiva, já que concebemos o aluno como síntese de múltiplas determinações.

Para realizar um trabalho docente de tamanha complexidade, é necessária uma pedagogia que possa orientar o pensar e o fazer pedagógicos, de forma que o ensino dos conteúdos científicos não seja dissociado do contexto cultural, social e político. Dessa forma, o ensino da nanotecnologia no Ensino Médio, numa perspectiva didática fundamentada na Pedagogia crítico-social dos conteúdos, apresenta-se como uma forma concreta de trabalho didático que estabelece relações entre a ciência e as práticas sociais, entre a reflexão individual e coletiva do professor com seus alunos, possibilitando a formação de conceitos e a compreensão mais elaborada e crítica da realidade.

Compreendendo a didática como conhecimento que busca fazer a síntese entre ensino e aprendizagem, enfatizamos o ensino e temos clareza da necessidade de trazer para a reflexão didática a dimensão da aprendizagem, dito de outra forma, é necessário constituir uma concepção de aprendizagem que dialogue com a concepção de ensino aqui apresentada. As bases desta concepção de aprendizagem para nós se situam na teoria histórico-cultural e na teoria do ensino desenvolvimental de Davydov (2008). Essas duas teorias trazem concepções de aprendizagem que, no nosso entendimento, se articulam dialética e organicamente à concepção de ensino aqui apresentada.

Referências

- ABDI - Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. **Nanotecnologia: panorama**. Brasília: Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, 2010. Série Cadernos da Indústria ABDI, v. 19
- ABDI - Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. **Nanotecnologias: subsídios para a problemática dos riscos e regulação**. Brasília: Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, 2011.
- CANDAU, Vera Maria. A didática e a formação de educadores - da exaltação à negação: a busca da relevância. In: _____. (Org.). **A didática em questão**. 30. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2010.
- DAVYDOV, Vasily V. **Problems of developmental instruction**. A theoretical and experimental psychology study. New York: Nova Science, 2008.
- FOLADORI, Guillermo, et al. Características distintivas del desarrollo de las nanotecnologias em América Latina. **Sociologias**, Porto Alegre, v. 14, n. 30, p. 330-363, maio/ago. 2012.

GARCIA, Rafael. Governo lança programa de R\$ 400 milhões para estimular a nanotecnologia. **Folha de São Paulo**, 19 ago. 2013. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/ciencia/2013/08/1328666-governo-lanca-programa-de-r-450-milhoes-para-estimular-nanotecnologia.shtml>>. Acesso em: 14 fev. 2014.

LIBÂNEO, José Carlos. Didática e prática histórico-social. In: DEMOCRATIZAÇÃO da escola pública. A pedagogia crítico-social dos conteúdos. 26. ed. São Paulo: Loyola, 2011.

_____. O dualismo perverso da escola pública brasileira: escola do conhecimento para os ricos, escola do acolhimento social para os pobres. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 38, n. 1, p. 13-28, 2012a.

_____. Ensinar e aprender, aprender e ensinar: o lugar da teoria e da prática em Didática. In: LIBÂNEO, José Carlos; ALVES, Nilda (Orgs.). **Temas de pedagogia: diálogos entre didática e currículo**. São Paulo: Cortez, 2012b.

_____. A didática na formação de professores: entre a exigência democrática de formação cultural e científica e as demandas das práticas socioculturais. In: SANTOS, A.; SUANNO, J. H.; SUANNO, M. V. R. (Orgs.). **Didática e formação de professores: complexidade e transdisciplinaridade**. Porto Alegre: Sulina, 2013.

MIRANDA, Marília Gouvea. Sobre tempos e espaços da escola: do princípio do conhecimento ao princípio da socialidade. **Educação & Sociedade**, Campinas, v. 26, n. 91, p. 639-651, maio/ago. 2005. Disponível em: <<http://www.cedes.unicamp.br>>. Acesso em: 8 fev. 2014.

OLIVEIRA, Sara M. Nanobioética. **Jornal de Ciências Cognitivas**, Braga, Portugal, p.1-9 fev. 2011. Disponível em: <www.jcienciascognitivas.home.sapo.pt/11-02-oliveira.pdf>. Acesso em: 12 dez. 2013.

NÓVOA, António, et al. Pesquisa em educação como processo dinâmico, aberto e imaginativo: uma entrevista com António Nóvoa. **Educação & Realidade**, Porto Alegre, v. 36, n. 2, p. 533-543, maio/ago. 2011. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/edu_realidade>. Acesso em: 14 fev. 2014.

ROCHA, Décio; DEUSDARÁ, Bruno. Análise de conteúdo e análise do discurso: aproximações e afastamentos na (re)construção de uma trajetória. **Alea** (online), Rio de Janeiro, v. 7, n. 2, p. 305-322, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-106X2005000200010>. Acesso em: 2 fev. 2014.

SILVA, Marise Borba. Nanotecnologia: novas questões éticas para o Brasil, dimensões legais e sociais numa abordagem interdisciplinar. **Cadernos de Pesquisa Interdisciplinar em Ciências Humanas**, Florianópolis, n. 46, p. 01-17, out. 2003.

SOUZA FILHO, Antônio Gomes de; FAGAN, Solange Binotto. Funcionalização de nanotubos de carbono. **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 7, p. 1695-1703, jan. 2007.

VALADARES, E. C.; CHAVES, A.; ALVES, E. G. **Aplicações da física quântica: do transistor à nanotecnologia**. São Paulo: Livraria da Física, 2005.

Andiará Pereira dos Santos - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Bauru | SP | Brasil. Contato: andiara.fis@gmail.com

Sandra Valéria Limonta Rosa - Universidade Federal de Goiás. Goiânia | GO | Brasil. Contato: sandralimonta@gmail.com

Artigo recebido em: 25 abr. 2014 e
aprovado em: 16 jun. 2014.