

Mediação pedagógica e a formação de conceitos científicos sobre hereditariedade

Vanessa Daiana Pedrancini, Maria Júlia Corazza e Maria Terezinha Bellanda Galuch

Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Paraná, Brasil. E-mails: vapedrancini@yahoo.com.br; mjcnunes@uem.br; galuch@brturbo.com; alormoreira@uem.br.

Resumo: Estudos têm revelado que os principais motivos que dificultam a aprendizagem de conceitos e processos biológicos residem em um ensino pautado na memorização e fragmentação de conteúdos dissociados do cotidiano dos estudantes. Destas constatações originou-se a presente pesquisa cujo objetivo foi analisar a formação de conceitos sobre o mecanismo da hereditariedade antes, durante e após a mediação pedagógica, pautada nas interações discursivas. Por meio de estudos, principalmente, da Teoria Histórico-Cultural, formulada por Vigotski, Leontiev, Galperin e colaboradores, as aulas foram organizadas e desenvolvidas em uma turma do 2º ano do Ensino Médio de um colégio público da região Noroeste do Paraná/Brasil. As elaborações conceituais dos estudantes constituíram a fonte de dados para a análise dessa investigação e foram obtidas nos seus pronunciamentos gravados durante as interações discursivas e nos textos elaborados. Na análise dessas elaborações, procuramos identificar os estágios de desenvolvimento dos conceitos estabelecidos por Vigotski e colaboradores. Uma apropriação gradativa do significado das palavras que expressam os conceitos referentes à herança genética foi observada, de modo geral, quando comparamos as concepções prévias dos estudantes àquelas descritas nos últimos episódios de ensino sobre este tema.

Palavras-chave: organização do ensino, interações verbais, formação de conceitos, hereditariedade.

Title: Teacher's mediation and the scientific concept formations about heredity

Abstract: Research has revealed that the main motifs that make learning of biological processes and concepts difficult are due to learning foregrounded in memorization and content fragmentation unlinked to the students' daily life. Current research, the result of such statements, analyses the concept formations about the mechanism of heredity before, during and after the teacher's mediation, based on discursive interactions. Based on studies, especially in Historical and Cultural theory, constructed by Vygotsky, Leontiev, Galperin and colleagues, classes were organized and developed to a group of adolescents of the second year of a high school of a government school in a municipality in the northwestern part of the state of Paraná, Brazil. Concept elaboration by students was the source of data for the investigation's analysis and was obtained by statements recorded of texts and during discursive interactions. In the context of these

elaborations, stages of development of the concepts established by Vygotsky and colleagues were identified. A certain development was detected when previous concepts of the students and the latter concepts described in the last meeting were compared.

Keywords: teaching organization, verbal interactions, concept formations, heredity.

Introdução

Perante a dualidade existente entre a excepcional produção de conhecimento científico-tecnológico, contemplada no mundo contemporâneo, e o fracasso escolar revelado pelos baixos índices atingidos pelos estudantes da educação básica, na área de Ciências, no Programa Internacional de Avaliação de Alunos (PISA) realizado em 2006, no qual o Brasil ocupou a quinquagésima segunda posição entre 57 países participantes (Favaro, 2008), reflexões, realizadas principalmente na academia, voltam-se para o resgate da escola como referencial impar na apropriação de conhecimentos científicos de modo a possibilitar a compreensão e a transformação da sociedade.

Nesse contexto educacional, muitos pesquisadores e educadores, interessados em resgatar o papel do professor e do ensino de conteúdos para a compreensão da realidade, voltaram sua atenção para as teorias sociointeracionistas, entre os quais se destacou a Teoria Histórico-Cultural, sistematizada por psicólogos russos no início do século XX e divulgada no Brasil a partir da década de 1980.

As obras dos autores dessa matriz teórica trouxeram grandes contribuições para a compreensão do papel da escola e do professor em relação aos conteúdos e aos alunos, encontrando-se nelas ideias sugestivas sobre o desenvolvimento e a aprendizagem humanas e a relação entre pensamento e linguagem. Assim, são pilares dessa teoria os conceitos de: mediação pedagógica, zona de desenvolvimento proximal, conceitos espontâneos e científicos.

Dentre os estudos da psicologia do desenvolvimento humano, os trabalhos de Vigotski se destacaram ao propor a influência do meio cultural neste processo, indo além dos limites do plano puramente biológico, ao explicar que a relação do homem com o meio que o cerca não é direta, mas sim mediada por instrumentos e signos, constituindo um ato complexo que vai além dos dualismos organismo-meio, sujeito-objeto ou, ainda, estímulo-resposta (Vigotski, 2007). Para Elkonin, esta relação é, na verdade, “niño-objeto social”, uma vez que no objeto não estão escritos sua origem, os procedimentos de ação com ele e os procedimentos de sua reprodução (Elkonin, 1987, p. 113).

Nessa perspectiva, a apropriação do conhecimento não se dá, simplesmente, ao sujeito ou ao objeto de conhecimento, nem mesmo pela relação que o sujeito estabelece com este objeto, mas pela mediação social, do outro ou de um signo, que se assenta entre ambos: sujeito e objeto. Vigotski (2007) explica que é no decorrer dessas interações estabelecidas entre os sujeitos que as atividades mentais, práticas, culturais e simbólicas, observadas no meio social, são apropriadas, tornando-se próprias dos

indivíduos: “todas as funções no desenvolvimento da criança aparecem duas vezes: primeiro, no nível social, e, depois, no nível individual; primeiro, *entre pessoas (interpsicológica)*, e, depois, *no interior da criança (intrapsicológica)*” (Vigotski, 2007, p. 57-58).

Isto significa que o processo de apropriação do conhecimento, embora inerente a cada indivíduo, é desencadeado, impulsionado e ampliado por meio da riqueza do meio social no qual o indivíduo está inserido, bem como das relações estabelecidas com seus semelhantes. Nestas interações, a linguagem se apresenta como o principal sistema simbólico utilizado pelos grupos humanos, e é por meio dela que os conhecimentos produzidos pela humanidade são veiculados.

Na escola, a interação discursiva, envolvendo os conceitos sistematizados, gradativamente constrói “[...] um contexto argumentativo, que dialeticamente propicia a elaboração de novas aproximações ao significado” (Candela, 1998, p.162). Portanto, quando o aluno participa de um ambiente em que há diversidade de opiniões e argumentos, o pensamento e o discurso individuais serão mais ricos, desde que o professor apresente aos alunos situações-problema que os façam pensar, falar e agir.

O ensino só tem sentido, porém, se for organizado de forma a promover a aprendizagem nos alunos e, conseqüentemente, o desenvolvimento das capacidades psíquicas: memória, atenção, percepção e raciocínio, isto é, “o “bom aprendizado” é somente aquele que se adianta ao desenvolvimento” (Vigotski, 2007, p. 102).

Ao explicar sobre os níveis do desenvolvimento cognitivo, Vigotski (2007) ressalta a importância da intervenção do outro no desenvolvimento da zona proximal que, para o autor, corresponde “[...] aquelas funções que ainda não amadureceram, mas que estão em processo de maturação, funções que amadurecerão, mas que estão presentemente em estado embrionário” (Vigotski, 2007, p. 98).

Na prática pedagógica, a implicação dessa concepção é imediata, pois o professor que tem conhecimento sobre os conceitos já apreendidos pelo aluno e aqueles que ainda estão em processo de desenvolvimento, apresenta melhores condições de dirigir o ensino para etapas intelectuais mais avançadas (Oliveira, 2001).

Todavia, é necessário considerar que no processo de ensino-aprendizagem “[...] os conceitos científicos não são assimilados nem decorados pela criança [...] mas surgem e se constituem por meio de uma imensa tensão de toda atividade de seu próprio pensamento” (Vigotski, 2001a, p. 260).

Tendo a Teoria Histórico-Cultural como referencial teórico, iniciamos em 2003 estudos sobre a formação de conceitos entre estudantes que estavam finalizando a educação básica e constatamos dificuldades em explicar o mecanismo da hereditariedade, bem como limitações em utilizar tais conhecimentos para explicar os atuais avanços biotecnológicos (Pedrancini et al., 2007). Estas investigações e análises de episódios de ensino nos revelaram que os principais motivos que dificultam a aprendizagem de conceitos e processos biológicos residem em um ensino que desconhece as concepções prévias dos alunos, restringindo sua ação à reprodução de

conteúdos fragmentados e dissociados de sua vida cotidiana (Corazza-Nunes et al., 2006).

Destas constatações, originou-se a presente pesquisa cujo objetivo foi analisar a formação de conceitos sobre o mecanismo da hereditariedade antes, durante e após a mediação pedagógica, pautada nas interações discursivas entre professor-aluno e aluno-aluno.

Fundamentação teórica: O processo de formação de conceitos na perspectiva da Teoria Histórico-Cultural

De acordo com Natadze (1991, p.27), “a maior dificuldade para uma criança reside na descoberta dos aspectos essenciais de um conceito e na compreensão da sua importância”, principalmente quando “as imagens visuais correspondentes não coincidem com o conteúdo do conceito, mas estão em contradição com ele”.

Com o intuito de elucidar esse fenômeno da ontogênese dos conceitos, inerente à espécie humana, muitos estudos foram conduzidos no início do século passado por psicólogos alemães como Ach, Rimat e Uznadze. Entretanto, embora extensamente estudada, a natureza psicológica da formação de conceitos somente pôde ser melhor compreendida por meio dos experimentos realizados por Vigotski, Luria e colaboradores.

Em seu estudo, Vigotski (2001a) analisou como se processa a formação de conceitos em crianças, adolescentes e adultos, comparando o desenvolvimento de conceitos espontâneos e científicos. Nessas obras, denomina de científico todo conhecimento sistematizado construído socialmente e apropriado em situações de ensino e aprendizagem na escola, resultando no desenvolvimento das capacidades superiores, tais como atenção, memorização, abstração, generalização, imaginação, entre outras. Contrariamente, conceitos espontâneos, para o autor, referem-se àqueles elaborados em situações e ambientes informais, no decorrer das experiências práticas e cotidianas dos indivíduos, por meio de suas percepções sensoriais.

Para investigar o processo de formação de conceitos, Vigotski se baseou no método denominado de *dupla estimulação, formação de conceitos artificiais* ou método de *Sákharov*, uma vez que foi desenvolvido por L. S. Sákharov, um de seus colaboradores.

Esse método é composto por várias figuras geométricas de cores, formas, alturas e tamanhos diferentes, identificadas, na parte inferior, pelas palavras artificiais CEV, MUR, BIK ou LAK, as quais significam, respectivamente, objetos estreitos e pequenos; largos e pequenos; estreitos e grandes; largos e grandes, porém, sem sentido para os sujeitos experimentais.

Esse método compreende as seguintes etapas:

- Algumas figuras geométricas, identificadas em sua parte inferior por uma das palavras artificiais – LAK, BIK, MUR ou CEV–, relacionadas com suas características externas, são disponibilizadas aos sujeitos da pesquisa, os quais desconhecem os significados dessas palavras.

- Outras figuras geométricas são apresentadas e é proposto ao sujeito que escolha as que, em sua opinião, devem ser denominadas com as palavras LAK, BIK, MUR ou CEV.

- A cada tentativa do sujeito, o experimentador verifica a coerência ou não do agrupamento realizado e, em caso de erro, mostra uma nova figura que possui o mesmo nome da figura utilizada como amostra.

Por meio desses estudos experimentais, aplicados em aproximadamente trezentas pessoas, entre elas crianças, adolescentes e adultos, Vigotski e seus colaboradores chegaram à conclusão de que a formação de conceitos na mente humana está diretamente relacionada às etapas de seu desenvolvimento e seguem uma lei genérica, segundo a qual...

[...] o desenvolvimento dos processos que finalmente culminam na formação dos conceitos começa na fase mais precoce da infância, mas as funções intelectuais que, numa combinação específica, constituem a base psicológica do processo de formação de conceitos amadurecem, configuram-se e se desenvolvem somente na puberdade (Vigotski, 2001a, p. 167).

Levando-se em conta as diferentes formas de generalização e abstração, o processo de formação de conceitos espontâneos e sua evolução em conceitos científicos, iniciado na infância e concluído na fase adulta dos sujeitos, é constituído por três estágios, os quais Vigotski (2001a) denomina de *sincrético* ou *amontoado de objetos, complexo e conceito*.

Para o autor, a formação dos conceitos espontâneos na criança ocorre, principalmente, nos dois primeiros estágios, ao contrário do conhecimento científico, o qual é elaborado apenas no final do terceiro e último estágio, quando o indivíduo se encontra na adolescência.

O primeiro estágio de formação do conceito, que geralmente se manifesta entre crianças de tenra idade, caracteriza-se pela elaboração de idéias, concepções ou formas elementares de pensamento, que apresentam uma organização difusa e não direcionada do significado da palavra. Nesta fase, é particularmente difícil para a criança assimilar as características essenciais de um objeto, uma vez que ela só consegue estabelecer nexos vagos, baseados em relações subjetivas e emocionais originadas de suas próprias impressões, as quais são confundidas com as características dos objetos.

O desenvolvimento dos conceitos por complexo, o segundo grande estágio desse processo, apresenta, pela sua posição intermediária, características que se aproximam tanto da etapa que lhe antecede como da que lhe sucede.

Nesse estágio de formação de conceitos, assim como no último, estão presentes o estabelecimento de relações, a unificação, a generalização, a ordenação e a sistematização. Entretanto, as funções intelectuais empregadas em cada nível de desenvolvimento apresentam consideráveis diferenças. Nas palavras de Vigotski (2001a, p. 180), "como um conceito, o complexo é a generalização ou a unificação de objetos heterogêneos concretos. Mas o vínculo através do qual se constrói essa generalização pode ser do tipo mais variado".

Assim como no sincretismo, esse estágio conduz à formação de vínculos entre os elementos, porém esses vínculos são estabelecidos com base em fatos objetivos, que realmente existem entre tais elementos, e não em conexões puramente subjetivas, constituídas nas impressões dos sujeitos (Vigotski, 2001a).

Assim, esta etapa da ontogênese dos conceitos se caracteriza pela construção de complexos, de grupos de objetos, com base na semelhança física ou funcional entre eles ou, ainda, em qualquer outro vínculo factual entre tais objetos, os quais, muitas vezes, não apresentam nada de comum entre si.

Em relação a esse estágio, as investigações de Vigotski permitiram observar cinco fases constituintes da formação conceitual por complexo, considerando as variações no grau de generalização empregado pela criança.

A primeira fase de complexo, denominada *tipo associativo*, refere-se ao período em que a criança se baseia em qualquer vínculo factual para agrupar as figuras geométricas. O pensamento ainda se apresenta desordenado, pois “[...] a criança pode construir todo um complexo, acrescentar ao objeto nuclear um outro que tenha a mesma cor, um outro que se assemelhe ao núcleo pela forma, ao tamanho ou a qualquer outro atributo que eventualmente lhe chame a atenção” (Vigotski, 2001a, p. 182).

Posteriormente a essa fase de associação por complexo, o processo de formação de conceitos evolui, caracterizando-se pela capacidade das crianças em combinar ou associar diferentes objetos que se complementam em grupos especiais, com base em algum traço concreto, constituindo um agrupamento que é totalmente heterogêneo, no qual, porém, os vários objetos se intercompletam. Essa propriedade se assemelha à das coleções, motivo pelo qual esta fase é denominada por Vigotski (2001a) de *complexo-coleção*.

Segundo Vigotski (2001a), a diferença essencial entre o *complexo associativo* e o *complexo-coleção* é que o agrupamento realizado neste último não é constituído de exemplares repetidos dos objetos que apresentam o mesmo indício.

Sobre este aspecto o autor complementa:

[...] se o complexo associativo se baseia na semelhança recorrente e obsessiva entre os traços de determinados objetos, então a coleção se baseia em vínculos e relações de objetos que são estabelecidos na experiência prática e efetiva e direta da criança. Poderíamos afirmar que o complexo-coleção é uma generalização dos objetos com base na sua co-participação em uma operação prática indivisa, com base na sua cooperação funcional (Vigotski, 2001a, p. 184).

Essa fase é longa e persiste durante boa parte do desenvolvimento da criança, pois está muito presente na sua experiência diária, como, por exemplo, “[...] um conjunto para o almoço formado por um garfo, uma colher, uma faca e um prato” (Vigotski, 2001a, p. 184). Todavia, não só as

crianças que utilizam este tipo de complexo, ele também é, freqüentemente, encontrado no discurso dos adultos (Vigotski, 2001a).

A próxima fase do desenvolvimento do pensamento por complexo, denominada por Vigotski (2001a) de *complexo em cadeia* e, também, de *conjunto seriado* por Luria (1994), apresenta-se como um importante momento para a ascensão ao processo de formação de conceitos.

Quando as funções intelectuais da criança se encontram na fase de *complexo em cadeia* os objetos são associados seguindo um determinado sentido e constituindo uma cadeia conceitual; porém, quando se analisam as figuras geométricas que constituem essa cadeia, não é possível observar uma relação significativa entre todos os objetos, uma vez que os traços considerados para o agrupamento são alterados ao longo da formação do complexo.

Como exemplifica Luria (1994, p. 46), no *complexo por cadeia*, “[...] para uma pequena pirâmide verde escolhe-se uma grande pirâmide azul (pelo traço de forma), para esta, um grande cilindro azul (pelo traço de cor), escolhendo-se para o cilindro azul um pequeno cilindro amarelo (pelo traço da forma), etc”.

A quarta fase do pensamento por complexo ou *complexo difuso* se caracteriza pelo emprego de um traço difuso, indefinido, confuso, para agrupar os objetos. Nesta fase, a criança, diante de uma amostra de objetos com várias formas geométricas, constitui um agrupamento considerando não só os triângulos, por exemplo, mas, também, os trapézios, os quais lembram os primeiros, e em seguida inclui os quadrados aos trapézios, os hexágonos aos quadrados, e assim sucessivamente (Vigotski, 2001a).

Para finalizar o segundo estágio por complexo do desenvolvimento dos conceitos, há, ainda, a fase chamada de *pseudoconceito*. Este período é uma ponte transitória entre o pensamento por complexo e pensamento por conceito, apresentando características de ambos os estágios. As generalizações formadas pelas crianças nessa etapa, apesar de se assemelharem ao conceito empregado por outros em níveis mais altos de elaboração, são diferentes do conceito propriamente dito e se apóiam em operações intelectuais bem diferentes. “Em termos externos, temos diante de nós um conceito, em termos internos, um complexo. Por isso, o denominamos *pseudoconceito*” (Vigotski, 2001a, p. 190).

Nessa fase, portanto, como observa Vigotski (2001a) em seus experimentos, a criança agrupa todos os triângulos em uma mesma amostra, porém, não com base no pensamento abstrato do significado do conceito de triângulo, mas sim, com a utilização de vínculos diretos factuais e concretos. Em outras palavras, a criança realiza associações características do estágio final da formação de conceitos, mas o caminho para se chegar a esse resultado é inteiramente distinto deste.

Sobre essa fase, Vigotski acrescenta:

Encontrar o limite que separa o pseudoconceito do verdadeiro conceito é sumamente difícil, quase inacessível à análise fenotípica puramente formal. A julgar pela aparência, o pseudoconceito tem tanta

semelhança com o verdadeiro conceito quanto a baleia com um peixe. Mas se recorrermos à 'origem das espécies' das formas intelectuais e animais, o pseudoconceito deve ser tão indiscutivelmente relacionado ao pensamento por complexos quanto à baleia aos mamíferos (Vigotski, 2001a, p. 195).

Essa fase, ainda presente no plano dos conceitos espontâneos, constitui a forma de pensamento mais disseminada entre crianças e adolescentes, e, além de representar um momento muito importante para a formação de conceitos, permite a compreensão mútua e a comunicação verbal entre os adultos – que pensam por conceitos – e crianças e adolescentes, que pensam por complexos, os quais se entendem no diálogo, embora, as palavras não tenham os mesmos significados para ambos. Um exemplo dessa fase pode ser observado no emprego da palavra "cão" pela criança, adolescente e adulto, os quais, em um diálogo, se entendem e relacionam a palavra a um mesmo referencial, mesmo que um utilize o pensamento por complexo concreto de cão e o outro o significado abstrato desse termo (Vigotski, 2001a).

O terceiro estágio de formação de conceitos, denominado de pensamento por *conceito*, o qual só é estabelecido na adolescência, ocorre quando se forma o conceito propriamente dito, isto é, quando o conceito se torna instrumento do pensamento do sujeito, permitindo a combinação, a generalização, a discriminação, a abstração, o isolamento, a decomposição, a análise e a síntese, funções fundamentais para a apropriação dos conceitos científicos e o desenvolvimento das capacidades psíquicas superiores.

Somente os sujeitos que se encontram nessa fase de desenvolvimento conseguem finalizar o jogo com sucesso, descobrindo e compreendendo o significado das palavras artificiais (LAK, BIK, MUR, CEV).

Sobre o movimento de formação de conceitos dos sujeitos, Vigotski (2001a) ressalta:

[...] com o avanço da adolescência, as formas primitivas de pensamento – sincréticas e por complexos – vão sendo gradualmente relegadas a segundo plano, o emprego dos conceitos potenciais vai sendo cada vez mais raro e se torna cada vez mais freqüente o uso dos verdadeiros conceitos, que no início apareciam esporadicamente (Vigotski, 2001a, p. 228).

Além de estabelecer esses estágios constituintes do processo de formação de conceitos, Vigotski (2001a), por meio dos seus experimentos, pôde também demonstrar que é através do dinamismo da linguagem que ocorre o direcionamento e o desenvolvimento das generalizações da criança, respeitando-se, no entanto, a maturação natural de suas funções intelectuais. Portanto, as crianças não criam uma linguagem, mas sim, assimilam as palavras prontas que são veiculadas pelos adultos. Nas palavras de Vigotski,

As vias de disseminação dos significados das palavras são dadas pelas pessoas que a rodeiam no processo de comunicação verbal com ela. Mas a criança não pode assimilar de imediato o modo de pensamento dos adultos, e recebe um produto que é semelhante ao produto dos

adultos porém obtido por intermédio de operações intelectuais inteiramente diversas e elaborado por um método de pensamento também muito diferente (Vigotski, 2001a, p. 193).

Portanto, apesar de o processo de formação dos conceitos poder ser concluído no final da adolescência, nem sempre os adultos conseguem chegar a este nível de generalização, uma vez que o desenvolvimento do pensamento conceitual está diretamente relacionado ao ambiente social e cultural em que o indivíduo está inserido. Sobre esta questão, Vigotski complementa que "os próprios conceitos do adolescente e do adulto, uma vez que sua aplicação se restringe ao campo da experiência puramente cotidiana, freqüentemente não se colocam acima do nível de pseudoconceitos" (Vigotski, 2001a, p. 229).

Ao contrário, crianças de idade escolar podem chegar ao mais alto nível de abstração e generalização dos conceitos antes mesmo da adolescência, dependendo das atividades desenvolvidas na escola, como verificado por Leontiev e Galperin, colaborados de Vigotski (Nuñez e Pacheco, 1997; 1998).

Os estudos realizados por Leontiev e colaboradores, sumarizados na Teoria da Atividade, permitiram observar que a internalização de conceitos, indiscutivelmente, deve estar intimamente relacionada a uma atividade, ou seja, as ações realizadas externamente são transformadas em atividades da psique interna (Nuñez e Pacheco, 1998; Vigotski, Luria e Leontiev, 2006).

Cada tipo de atividade é um sistema de ações unidas por um motivo que, em conjunto, assegura o alcance do objetivo da atividade que se assimila. O processo de assimilação do conceito é também o processo de sua aplicação em forma de atividade. A qualidade dos conhecimentos é determinada pelo tipo de atividade que se utiliza para sua assimilação (Nuñez e Pacheco, 1998, p. 97).

Portanto, como ressaltam Leontiev e Galperin, o ato de interiorização de conhecimentos e conceitos – ou seja, as abstrações e generalizações – requer uma organização ativa das ações mentais da criança, no decorrer da qual ocorre a transformação da atividade externa material em atividade psíquica interna e vice-versa, formando conceitos móveis e ativos (*apud* Nuñez e Pacheco, 1997; 1998).

Diante disso fica claro que o ensino voltado para o desenvolvimento da abstração, generalização e formação de conhecimentos científicos não deve ser apenas direcionado para a definição de conceitos e palavras, mas também para a ação, para a atividade ou aplicação, procedimentos que exigem dos alunos que trabalhem com o significado dos conceitos e com as características essenciais dos fenômenos.

As definições metodológicas

Os primeiros passos: escolha da instituição de ensino e participantes da pesquisa

A presente pesquisa foi desenvolvida em uma turma do 2º ano do Ensino Médio noturno de um colégio público de um município da região Noroeste do Paraná/Brasil.

A seleção da instituição de ensino e docente participante baseou-se em critérios de receptividade e convergência de interesses. Esta seleção foi efetuada após visitas, nas quais apresentamos o projeto e discutimos sua viabilidade junto à direção, à equipe pedagógica e aos docentes de Biologia.

Para a escolha da série, levamos em consideração a organização do projeto pedagógico da escola, que estabelece o conteúdo de herança genética para o 2º ano do Ensino Médio.

Escolhidas a instituição, docente de Biologia e série, faltava-nos decidir pela turma. Nesse momento a professora nos propôs um desafio: trabalhar com estudantes do período noturno, uma vez que a única turma do 2º ano do Ensino Médio de Educação Geral, sob sua direção no ano letivo de 2007, pertencia a esse turno. A nossa preocupação inicial assentava-se no fato, apontado por Da Cruz (2006), de a grande maioria desses estudantes dedicar-se a outras atividades durante o períodos matutino e vespertino e, com certa frequência, apresentar pouca disponibilidade de tempo para as atividades escolares e tarefas extra-classe. Além destes fatores, a duração das aulas no período noturno é menor que a dos outros períodos, e como o turno inicia às 19h, muitos dos alunos trabalhadores frequentemente chegam atrasados à escola.

Participantes da pesquisa: professora e estudantes.

A professora participante da pesquisa é graduada em licenciatura plena em Ciências Biológicas. Atua como professora de Biologia na rede pública há 28 anos e, atualmente, também trabalha como supervisora de uma escola particular, totalizando uma carga horária semanal de 60 horas.

A turma selecionada era composta por 38 alunos, com faixa etária variando de 15 a 28 anos. Dentre os estudantes, a grande maioria trabalhava para auxiliar no orçamento da família, sendo este o motivo principal por terem optado pelo ensino noturno.

Instrumentos utilizados para a coleta e análise de dados

O estudo, aqui analisado, é parte de uma dissertação de mestrado, realizada em 2007, sobre a organização do ensino do conteúdo curricular de herança genética, nos seus aspectos clássicos e moleculares. Os episódios de ensino aqui descritos e analisados referem-se à mediação do conceito de hereditariedade.

Tendo como base a questão problemática norteadora da nossa investigação, que consistiu em verificar como o ensino pode ser organizado de forma a promover a aprendizagem e o desenvolvimento do pensamento conceitual dos estudantes, escolhemos como procedimento de coleta de dados organizar e acompanhar os processos de ensino e aprendizagem em todos os seus aspectos: fundamentação teórica, planejamento, execução, avaliação e replanejamento.

Para a efetivação dessa investigação, o caminho escolhido por nós foi o de organizar e desenvolver as ações docentes e discentes em conjunto com a professora da classe selecionada e acompanhar o movimento da elaboração dos conhecimentos científicos pelos estudantes à medida que

estes foram sendo trabalhados em sala de aula. Destarte, a pesquisadora não só se preocupou em observar o comportamento dos alunos participantes e das situações de ensino desencadeadas, mas desempenhou um papel ativo em todas as etapas consideradas importantes para a coleta e análise dos dados, tais como: investigação e análise das elaborações iniciais dos conceitos apresentadas pelos alunos; estudos, reflexões, organização e desenvolvimento dos procedimentos de ensino; intervenções durante a ação docente em sala de aula; investigação e análise contínua das reelaborações dos conceitos pelos alunos; reflexão, replanejamento e desenvolvimento de novas ações docentes e discentes e avaliação final.

As atividades desenvolvidas e os procedimentos utilizados incluíram discussões a partir de situações-problema, elaboradas com base nos seguintes aspectos: a prática social inicial; a leitura, interpretação, reprodução e produção de textos de forma individual ou em grupo; estudo dirigido; atividades lúdicas por meio de jogos e dramatizações; e a dimensão histórica, científica, cultural e social do tema abordado; porém, sempre se utilizou como instrumento principal a mediação interativa e discursiva (Fontana, 2005; Lorencini Jr., 1995; Mortimer e Aguiar, 2005; Mortimer e Scott, 2002).

As elaborações dos conceitos pelos estudantes, conceitos que constituíram a fonte de dados para a análise da nossa investigação, foram obtidas nos pronunciamentos dos alunos gravadas durante as interações discursivas, nos textos elaborados por eles, e com a observação de seu desempenho nas atividades propostas, como jogos e dramatizações.

Na análise dessas elaborações, procuramos identificar as modalidades de generalização do conceito, estabelecendo categorias, baseadas nos estudos de Vigotski (2001a), Luria (1994) e Natadze (1991), em relação à formação dos conceitos nas crianças e adultos, que implica nas variações no uso da palavra e na forma de raciocinar.

Os episódios de ensino foram registrados por meio de filmagens, gravações, anotações e fotos. Todas as aulas foram transcritas, e posteriormente se procedeu à análise qualiquantitativa dos dados. No entanto, nem todos os diálogos efetuados e transcritos foram considerados por nós na análise e discussão dos dados, tendo sido utilizados aqueles que demonstraram a evolução do pensamento conceitual dos estudantes.

Para representar as falas da pesquisadora e da professora nos diálogos, utilizamos, respectivamente, as siglas Ps e P. Já os alunos são representados pela letra A seguida do número que constava no livro de chamada para cada estudante, particularmente.

A formação de conceitos

Com a premissa segundo a qual “o ensino direto de conceitos sempre se mostra impossível e pedagogicamente estéril” (Vigotski, 2001a, p. 247), iniciamos a pesquisa em sala de aula investigando a prática social inicial dos estudantes sobre diversidade e herança genética.

A aula começou com a apresentação de figuras de grupos de indivíduos representando diferentes raças de algumas espécies animais como seres humanos, coelhos, cães, gatos e galinhas. Por meio das imagens,

questionamentos foram realizados pela professora participante com o intuito de promover a reflexão dos estudantes acerca da grande diversidade das formas vivas e, ao mesmo tempo, ressaltar a manutenção das características peculiares de cada espécie. Nessa interação discursiva os conceitos de espécie, característica hereditária, hereditariedade e genética foram investigados e discutidos.

A riqueza desta atividade interativa pode ser observada no episódio de ensino descrito abaixo, mediado por meio de algumas questões e situações-problema norteadoras, seguidas de respostas constituídas de ideias sincréticas, formadas a partir das percepções sensoriais dos estudantes.

P: Gente, nós temos o quê nesta primeira figura?

Alunos em coro: Gatos.

P: E o que estes gatos têm em comum?

A22: Olhos.

A22: Pelo.

A25: Todos têm bigode.

A37: Orelha.

A5: Rabo.

Percebendo que os estudantes não iriam além das impressões sensoriais, a professora interveio com questões que exigiram conhecimentos mais complexos do que os empregados anteriormente, possibilitando a elaboração do conceito de *característica* e, logo em seguida, de *espécie*:

P: O que é esse negócio: olho, orelha, rabo, pelo, bigode?

A1: Características.

P: O que é uma característica?

A8: São diferenças.

A5: São diferenças entre os seres vivos.

A22: São traços genéticos.

P: Então, características são diferenças, traços genéticos que distinguem um ser vivo de outro.

Como podemos observar nos diálogos acima descritos, as questões formuladas pela professora desencadearam o estabelecimento de uma situação motivadora para o envolvimento cognitivo dos alunos, possibilitando-lhes avançar do sincretismo para níveis mais elevados de elaboração do conceito de característica. Classificamos esse nível de formação do conceito na categoria dos pseudoconceitos, uma vez que, na ausência da investigação do significado de traços genéticos para o aluno, não temos elementos suficientes para concluir se o conceito foi internalizado, de modo que possa ser aplicado a outras situações concretas.

Aproveitando o momento interativo, a professora prosseguiu com os questionamentos e intervenções para mediar o conceito de espécie:

P: Mas todos estes gatos são iguais?

Alunos em coro: Não.

P: O que estes gatos têm de diferença?

A5: A cor.

A12: Raça.

A22: Tamanho.

A12: A genética.

P: E vocês viram aqui que todos os gatos são chamados de *Felis catus*, mesmo com tanta coisa diferente... Por que será esses doze gatos são da mesma espécie?

A23: Antepassados.

A37: Algumas características são iguais.

A22: Raça.

A5: Grupo de seres vivos com mesmo modo de vida.

A23: Alimentação.

P: O que é possível para uma espécie se perpetuar?

A12: Reprodução.

P: Além da reprodução, tem outra coisa importante. Imaginem se vocês, esta geração não pudesse ter filhos, o que aconteceria?

(silêncio)

P: A espécie iria acabar. Então, como vocês disseram espécie corresponde a um grupo de seres vivos com características semelhantes, capacidade de reprodução e, também, que deixam descendentes férteis.

Constatamos que as questões norteadoras deste episódio de ensino criaram uma situação-problema desafiadora, que estimulou os alunos a formular respostas e hipóteses para tentar explicar o porquê de certos seres vivos, apesar de apresentarem diferenças entre si, serem considerados indivíduos da mesma espécie. Nas enunciações dos estudantes para explicar as diferenças entre os gatos da figura e o porquê de estarem agrupados na mesma espécie podemos identificar conhecimentos de senso comum, constituídos pelas percepções sensoriais imediatas, como também pseudoconceitos, restritos nas palavras raça e genética.

De acordo com Vigotski (2001a), quando o sujeito se encontra na fase de pseudoconceito, os termos por ele empregados coincidem com os utilizados por indivíduos em níveis de desenvolvimento mais elevados no que se refere ao aspecto concreto, porém os sujeitos não compartilham o mesmo significado: alguns possuem o conhecimento concreto do conceito, e outros, o conceito abstrato. Não obstante, isso não impede que ambos os grupos se comuniquem e se compreendam.

Nos diálogos descritos acima percebemos que alguns alunos, como A12 e A22, revelaram não possuir o conhecimento abstrato dos conceitos de raça e genética, pois não conseguiram explicar tais conceitos; todavia esse fato

não os impediu de empregar esses termos e participar do diálogo, uma vez que possuíam um conhecimento concreto.

Nas palavras de Vigotski (2001a, p. 197):

[...] a criança, que pensa por complexos, e o adulto, que pensa por conceitos, estabelecem uma compreensão mútua e uma comunicação verbal, uma vez que o seu pensamento se encontra de fato nos complexos-conceitos que coincidem.

Ao perceber que as reflexões dos estudantes em relação ao conceito de espécie se limitavam ao compartilhamento de certas características morfológicas e comportamentais, a professora interveio direcionando a reflexão para os processos biológicos que garantem a perpetuação de cada espécie, introduzindo os conceitos de *reprodução* e *descendentes férteis*. Observamos que a interação da professora mediante pistas e anúncios intencionais possibilitou o desencadeamento de zonas de desenvolvimento proximais (ZDPs). Nesse contexto, vale ressaltar aqui as palavras de Vigotski (2007, p. 98): “[...] aquilo que é a zona de desenvolvimento proximal hoje, será o nível de desenvolvimento real amanhã – ou seja, aquilo que uma criança pode fazer com assistência hoje, ela será capaz de fazer sozinha amanhã”.

Em seguida, após a mediação do conceito de espécie, a professora resgatou o termo *genética*, citado por um dos alunos (A12), para explicar a diferença existente entre os diferentes indivíduos da mesma espécie, realizando novas intervenções com o objetivo de investigar o que os estudantes entendiam sobre este conceito:

P: Alguns de vocês citaram o termo genética. O que é a genética, gente?

(silêncio)

Diante do silêncio dos alunos, a professora conduziu o diálogo utilizando um tipo de interação denominado *sugerir respostas* (De Longui, 2000) ou *fornecimento de pistas* (Monteiro e Teixeira, 2004), dirigindo e estimulando o raciocínio do aluno A10, mas prejudicando a participação dos demais estudantes.

P: É uma ciência? Ou não?

A21: É.

P: A genética é uma ciência que estuda o que?

A10: As características.

P: Exatamente. Genética é uma ciência que estuda como as características hereditárias passam...

A10: De geração em geração.

Ao perceber o movimento do pensamento de A10, a professora resgatou o conceito, compartilhando seu significado com os demais alunos.

P: Essas características que eu posso ver lá nos grupos dos coelhos, humanos, cães... são herdáveis, passam de pais para filhos. A genética trata de estudar tudo isto.

Na continuidade do diálogo, a professora acrescentou novas informações por meio de mais uma questão problematizadora e anúncios, estimulando os estudantes para que refletissem sobre os significados e correlações dos conceitos *características hereditárias e adquiridas*.

P: Mas, será que todas as características são herdadas?

Alunos em coro: Não.

P: Em relação à cor da pele que eu posso ver, posso analisar, a cor da pele continua igualzinha de quando a gente nasceu?

Alunos em coro: Não.

P: Se a gente ficar mais no sol nós vamos ter a pele mais escura. Então, as características podem ser modificadas, alteradas daquilo que a gente recebe dos pais.

Na tentativa de investigar o que os alunos sabiam sobre o *mecanismo da hereditariedade*, a professora utilizou a figura que representava a obra *Operários* de Tarsila do Amaral para elaborar a seguinte situação-problema:

Ps: Mas, o que nós recebemos para sermos da espécie humana? O que a gente recebe pra aparecer estas características aqui?

A37: O DNA.

P: O que é o DNA?

A8: É o conjunto de cromossomos.

A34: Professora, genótipo.

P: É o genótipo que ela falou? Gente, o DNA contém o que será?

A10: Células.

Neste trecho evidenciamos que, embora os alunos utilizassem em suas respostas as palavras DNA, cromossomos, genótipo e célula, apreendidas durante os anos de escolaridade, correlacionando-as à ideia de transmissão das características hereditárias, os conceitos científicos que elas expressaram ainda não haviam sido apropriados de modo a possibilitar a generalização. As respostas dos alunos neste diálogo são características do estágio por complexo de formação do conceito de DNA, uma vez que eles conseguiram correlacionar este conceito aos de cromossomo, genótipo e célula, mas não demonstraram um entendimento abstrato de cada termo empregado.

Podemos concluir que esses alunos não haviam se apropriado desses conceitos, mas sim, da palavra, o que lhes permitia somente repetir os termos retidos em sua memória, caracterizando um verbalismo vazio de significado.

Essa constatação nos leva a refletir que os conceitos não podem ser formados por meio da apreensão de esquemas verbais sem sentido para os alunos, pois "[...] um conceito é mais do que a soma de certos vínculos associativos formados pela memória [...] é um ato real e complexo de pensamento que não pode ser aprendido por meio de simples memorização [...]" (Vigotski, 2001a, p. 246).

Percebendo as dificuldades dos estudantes, a docente realizou a intervenção relacionando o mecanismo da hereditariedade com os acontecimentos cotidianos, com a finalidade de possibilitar aproximações significativas ao conceito.

P: Lembram do Ratinho? O que era o DNA? Quando a pessoa fazia aquele escândalo lá no programa do Ratinho, a pessoa ia fazer o quê?

Alunos em coro: DNA.

P: Se o filho era do pai ou não. O que será que eles comparam?

A28: O sangue.

P: O que analisa pra saber qual é o pai da criança?

A25: Se o tipo sanguíneo é compatível com...

P: O tipo sanguíneo é uma coisa, mas no teste específico de DNA, não é o DNA que eles, em específico, comparam? O DNA da mãe, o DNA do pai e o DNA da filiação.

Como nos ensina Vigotski (2001b), a aprendizagem de conceitos científicos se apoia, inicialmente, nos conhecimentos espontâneos, porém o bom ensino é aquele que vai além das impressões imediatas. Com esse intuito, a professora deu continuidade às intervenções por meio do estabelecimento de vínculos conceituais, necessários à apreensão do processo de transmissão das características hereditárias, tais como DNA, cromossomo e célula.

P: DNA, a gente encontra onde?

A8: Nos cromossomos.

P: Os cromossomos a gente encontra onde?

A37, A36, A8: Nas células.

P: Em quais células? Que tipo de células?

A37: Nas células do fio de cabelo.

A12: Células da pele.

A25: Na saliva.

A37: Na orelha.

A12: Na unha.

A8: No sangue.

Apesar de, normalmente, os alunos apresentarem um ideia difusa sobre célula, cromossomo e DNA, confundindo, muitas vezes, estes conceitos, o direcionamento da docente possibilitou sua redefinição pelos estudantes.

Quanto à questão relativa aos tipos de célula em que o DNA se encontra, os estudantes citaram exemplos das que estão sendo utilizadas nos atuais testes de paternidade, medicina forense e diagnóstico precoce, baseados na análise de DNA extraído do sangue, fio de cabelo, saliva e unhas; mas nenhum dos alunos citou exemplos de células que constituem os principais tecidos dos animais superiores, tais como as células ósseas, neurônios, células musculares, entre outras que fazem parte dos conteúdos escolares.

Ao versar sobre a via de desenvolvimento dos conceitos científicos em relação aos espontâneos, Vigotski (2001b, p. 528) afirma que “a fraqueza de um conceito se descobre justamente onde o outro já está relativamente maduro”.

Após mediar a constatação de que o DNA constitui os cromossomos e que esses se encontram nas células, a docente direcionou o conflito cognitivo para a importância dos gametas, a única ligação física entre as gerações:

P: Vocês falaram para mim das células do corpo, mas é só nas células do corpo que tem cromossomos? Onde tem algo que nos interessa aqui nesse momento? Como é possível vocês estarem presentes aqui nesse momento?

A38: Através do esperma do pai.

P: É somente pelo esperma do pai?

Alunos em coro: Não.

A12: No óvulo também.

P: DNA contem informações contidas onde?

A37: Nos cromossomos.

P: Os genes estão contidos onde?

A37: Nos cromossomos.

P: Que são passados...

A37: De pais para filhos.

A8: De geração em geração.

P: Onde?

A37: Na reprodução.

P: Quem transporta os cromossomos?

A37: Espermatozóides.

P: E óvulo, que são os gametas (escrevendo no quadro de giz: gametas: óvulo nas mulheres ♀ e espermatozóide nos homens ♂ - e não esperma-, transportam os cromossomos). Pela fecundação é constituído a célula ovo ou zigoto que dará origem ao novo ser.

Embora conduzidos pela professora nesse episódio, percebemos que os estudantes se encontravam em estágios mais elevados do processo de formação de conceitos em relação aos gametas e sua função na perpetuação dos seres vivos, apresentando um pensamento por complexo do tipo pseudoconceito.

A pesquisadora continuou interrogando e articulando os conceitos mencionados pelos alunos acerca do mecanismo de transmissão das características hereditárias.

Ps: Como se chama o processo, esse mecanismo de transmissão de características hereditárias de pais, progenitores, ascendentes para filhos?

A5: Fertilização.

A8: Hereditariedade.

Ps: Todo mundo concorda com A8?

(silêncio)

Ps: Olha o que o A8 disse. Ele disse que esse processo de transmissão de características de pais para filhos é chamado de hereditariedade. O que vocês acham?

A35: Não entendi!

Diante da dificuldade dos estudantes, a pesquisadora solicitou que os estudantes abrissem o livro didático e que o aluno A8 lesse a definição do conceito de genética.

Ps: Então, vamos abrir o livro na página 2. A8 leia a primeira frase do 1º parágrafo da p. 2.

A8: "Genética é a área da biologia que estuda a herança biológica, ou hereditariedade, que é a transmissão de características de pais para filhos, ao longo das gerações" (Amabis e Martho, 2004, p.2).

Ps: Pessoal, o que vocês entenderam disso que o A8 leu? O que hereditariedade ou herança biológica?

A25: É a transmissão de características de pais para filhos.

Ps: É o processo de transmissão das informações genéticas de pais para filhos.

Apesar de A8 reconhecer e redefinir o seu entendimento sobre *hereditariedade*, bem como a relação deste termo com o mecanismo da transmissão das características genéticas, os colegas da turma não conseguiram, a priori, acompanhá-lo, demonstrando estarem em níveis mais elementares da formação de conceitos. O silêncio da turma e o pronunciamento de A35 revelaram que ainda apresentavam algumas dificuldades para compreender esse processo. Ao identificá-las a professora interferiu no diálogo, não expondo diretamente o significado do termo, mas solicitando aos estudantes para que lessem a informação presente no livro didático e, em seguida, promoveu a discussão.

Na aula seguinte, com o objetivo de avaliar como o conceito de hereditariedade estava sendo elaborado, a professora propôs aos estudantes que, em grupos, discutissem e respondessem a seguinte questão: "Como vocês explicam o mecanismo da hereditariedade, ou seja, como as instruções para a expressão das características hereditárias são transmitidas de pais para filhos"?

Nesta etapa, apesar de voltarmos para a definição acerca do mecanismo da hereditariedade, como no episódio anterior, a atividade possibilitou a utilização de outras capacidades dos estudantes, como o registro escrito, o qual "[...] em sua especificidade, exige um processo de elaboração, uma atividade mental distinta daquela propiciada pela interação oral" (Fontana, 2005, p. 81).

Além disso, as definições são importantes para assimilação dos conceitos, pois

[...] contêm os caracteres essenciais dos objetos e fenômenos que abarcam um conceito dado e mostra suas relações com outros mais gerais. Fixa o principal e o mais importante para determinar um conceito (Menchinskaia, 1960, p. 249).

Ao analisar os registros dos estudantes, verificamos que, dos oito grupos, quatro (grupo 1 - G1, grupo 3 - G3; grupo 4 - G4 e grupo 5 - G5) buscaram os elementos e conceitos estabelecidos nas interações discursivas promovidas em episódios anteriores, de forma que "os textos produzidos são explicitamente uma resposta dirigida à professora. Tanto assim que sua voz ecoa em todos eles..." (Fontana, 2005, p. 84).

G. 1: Através do DNA (informações) contidas nos cromossomos que são passadas de pai para filhos na reprodução. Quem transporta esses cromossomos são o óvulo e o espermatozóide.

Nesta descrição observamos um nível gradual de generalização e abstração, indicando que as interações discursivas haviam proporcionado condições para as primeiras elaborações sobre o mecanismo da hereditariedade, bem como para conexões entre os conceitos de DNA, cromossomos, espermatozóides e óvulos, próprias das fases finais do pensamento por complexo.

Ao descrever as características das fases finais do estágio por complexo, Luria (1994) acrescenta:

[...] o sujeito, comparando um número sempre crescente de "palavras" condicionais que representam diferentes figuras, já constrói as hipóteses do significado dessas palavras e discrimina os grupos adequados de objetos (Luria, 1994, p. 47).

Por outro lado, os outros quatro grupos apresentaram dificuldades em responder a questão. Dois deles, grupos 2 e 6 (G2 e G6), não responderam, enquanto que os grupos 7 e 8 (G 7 e G 8) revelaram possuir ideias alternativas em relação ao mecanismo da hereditariedade.

G. 7: As características são transmitidas de pai para filho com o passar do tempo de convivência, é o mesmo que assumir a empresa após a morte dele.

G. 8: Hereditariedade e a característica passada de pai para filho geralmente ou de um dos familiares como os avós, bisavós tanto materno quanto paterno, são transmitidas de pai para filho através do sangue.

Por meio destas descrições, podemos constatar que muitos dos conceitos espontâneos, de senso-comum, são resistentes a mudanças, sendo difícil eles ascenderem a conceitos científicos. Mesmo após terem passado por vários níveis de escolaridade e terem participado das interações verbais realizadas anteriormente, alguns alunos continuaram acreditando que fatores como *tempo de convivência* e o *sangue* são os veículos de transmissão das características hereditárias.

Esta concepção de que o DNA é sinônimo de sangue já havia sido observada por nós em pesquisas anteriores, nas quais analisamos a compreensão de estudantes que estavam finalizando o ensino médio em relação aos conceitos básicos de biologia molecular e de genética (Pedrancini et al., 2007). Nesses estudos, encontramos alunos que acreditavam que o DNA é o “tipo de sangue” e encontra-se “no plasma do sangue” ou “no sangue” (Pedrancini et al., 2007, p. 304).

A concepção de que a hereditariedade é transmitida pelo sangue foi construída desde a antiguidade e amplamente aceita durante muitos séculos, sendo manifestada até nos dias atuais nas expressões *consanguinidade*, *puro sangue*, *sangue do meu sangue*. Por outro lado, essas ideias dos alunos podem ter-se originado das divulgações da mídia ou dos comentários dos professores e livros didáticos sobre a extração de DNA do sangue para a realização dos atuais testes de paternidade, de exames criminalísticos e de diagnóstico precoce de doenças hereditárias.

Diante dessas concepções apresentadas por alguns estudantes sobre o papel do sangue na transmissão das informações genéticas, replanejamos as aulas seguintes, partindo do estudo do histórico da hereditariedade, analisando as hipóteses formuladas desde a antiguidade para explicar os mecanismos da herança genética.

Para o desenvolvimento destas aulas, utilizamos diversos procedimentos didático-pedagógicos destacando-se: técnicas de leitura, reprodução e produção, individuais e coletivas, de textos; estudo dirigido e discussões em grupos; interações dialógicas, acompanhadas de intervenções e demonstrações; atividades lúdicas como montagem de dominó de conceitos, elaboração de mapas conceituais e jogos simulando o mecanismo da hereditariedade. No decorrer dos encontros, as atividades propostas sempre foram norteadas pela seguinte questão: Como a transmissão das características hereditárias de geração em geração foi explicada nas diferentes épocas da existência humana? Partindo da hipótese da Pangênese e das Teorias da Pré-formação e Epigênese, os estudos se dirigiram para os mecanismos clássicos de herança mendeliana, intercalados pela herança cromossômica e molecular.

Durante as práticas pedagógicas, buscamos proporcionar momentos propícios para os estudantes estabelecerem relações conceituais e refletirem acerca de seus próprios conhecimentos, aproximando-os dos conhecimentos científicos relacionados ao mecanismo da hereditariedade, pois...

Um novo conceito se assimila só através do contato com os objetos cujo conceito se forma, por ele, na direção do processo de formação de conceitos organizados às ações que os alunos realizarão com os objetos orientados aos atributos essenciais, oferecendo ao aluno os pontos de referência, mediante os quais formará a imagem dos objetos (Nuñez e Pacheco, 1997, p.32).

Ao final das atividades, solicitamos que os alunos elaborassem um texto respondendo novamente à questão: “Como vocês explicam o mecanismo da hereditariedade, ou seja, como as instruções para a expressão das características hereditárias são transmitidas de pais para filhos?”.

A análise das descrições demonstrou que os alunos, apesar de terem participado, com certa frequência, das aulas, e de terem recebido as mesmas oportunidades, encontravam-se em diferentes estágios no processo de formação dos conceitos estudados.

Características do pensamento por complexo em cadeia foram identificadas em alguns registros, como podemos observar na representação descrita abaixo.

A3: Toda transmissão genética passadas de pai para filhos, começam no DNA e assim vão passando pelas características pelos genes e cromossomos do pai e da mãe (23P e 23M). E assim por diante.

Um indivíduo, quando se encontra no estágio de complexo em cadeia, constitui uma cadeia conceitual por meio da combinação entre conceitos; porém, ao ser analisada como um todo, essa cadeia não apresenta uma relação significativa entre todos os termos, uma vez que os elos considerados para o agrupamento são alterados ao longo da formação do complexo (Vigotski, 2001a).

Nesta descrição, verificamos que os conceitos de DNA, cromossomos e genes não foram totalmente compreendidos, uma vez que o limite do estudante é a palavra. Além disto, muitos conceitos, envolvidos neste processo biológico não foram citados ou relacionados, demonstrando que não foram internalizados, provavelmente devido à sua complexidade.

Não obstante, outros estudantes revelaram ter percorrido estágios mais avançados de elaboração conceitual, demonstrando possuir uma compreensão do processo de hereditariedade como um todo, apesar de muitos conceitos e conhecimentos subordinados serem esquecidos ou não serem relacionados nas suas descrições. É o que pode ser observado na resposta de A29:

A29: É transmitido através da fecundação entre os gametas masculino e feminino, isto é o óvulo e o espermatozóide que são constituídos por moléculas que formam o DNA que é onde está guardado o nosso material genético que é passado de pais para filho.

Em outros casos, o conhecimento adquirido possibilitou passar do geral ao particular e do particular para o geral, ou seja, houve a internalização e generalização de todo o mecanismo biológico. Isto pode ser verificado no registro do A37:

A37: Primeiro de tudo vem a meiose, primeiramente os cromossomos se duplicam e então a célula se separa em duas, logo após os cromossomos se organizam e se separam novamente, formando 4 células filhas com metade do número de cromossomos da célula mãe, essa células filhas são chamadas de gametas. Os gametas masculinos fecundam o feminino, dando origem a uma célula com o número completo de cromossomos, o zigoto. Através do zigoto é formado o novo ser. No núcleo da célula ficam os cromossomos e nos cromossomos fica o DNA, o desoxirribonucleic acid, ou ácido desoxirribonucléico. Nesse DNA fica as informações genéticas responsáveis pelas características do novo ser e é passado para o zigoto na fecundação.

Isto consigna que a aprendizagem é atingida quando o estudante consegue falar sobre o conceito, pensar com o conceito, abstrair o conceito e, principalmente, generalizá-lo em várias situações que extrapolam o ambiente escolar. Em outras palavras: “[...] o aprendizado adequadamente organizado resulta em desenvolvimento mental e põe em movimento vários processos de desenvolvimento que, de outra forma, seriam impossíveis de acontecer” (Vigotski, 2007, p. 103).

Considerações finais

Esta pesquisa verifica como o processo de formação de conceitos é longo e complexo, porquanto, ao final das atividades organizadas e desenvolvidas, observamos que muitos alunos ainda não haviam atingido as fases finais de elaboração dos conceitos científicos referentes à *hereditariedade*.

Alguns estudantes revelaram estar ainda em níveis elementares da formação de conceitos, apresentando um pensamento por complexo do tipo associativo, de cadeia, complexo-difuso e de coleção, fases que são caracterizadas pelo estabelecimento de relações entre os conceitos, mas com a utilização de apenas vínculos concretos e funcionais.

Outro grupo de estudantes demonstrou compartilhar um pensamento mais elaborado sobre o assunto estudado, mais especificamente, do tipo pseudoconceito. Como já ressaltado por nós, o sujeito, quando se encontra nessa fase do processo de formação de conceitos, apresenta uma generalização conceitual fenotipicamente semelhante ao conceito propriamente dito, porém destituída das características essenciais de tais conceitos. “Estamos diante de uma sombra do conceito, do seu contorno” (Vigotski, 2001a, p. 195).

Por outro lado, parte dos alunos revelou já ter alcançado as últimas fases do desenvolvimento conceitual, isto é, esses alunos formaram o conceito no sentido estrito da palavra. Nas palavras de Menchinskaia (1960), internalizar um conceito não se resume em conhecer os objetos e fenômenos relacionados...

[...] a assimilação de um conceito inclui não só um caminho de baixo para cima, ou seja, desde os casos particulares [...] a generalização, sim também o caminho oposto, de cima para baixo, do geral ao particular [...] (Menchinskaia, 1960, p. 250).

De acordo com Vigotski, o fato de nem todos os alunos terem alcançado o mesmo nível na formação dos conceitos é, pedagógica e psicologicamente, compreensível e normal, uma vez que a formação de conceitos é um processo individual:

[...] os conceitos não surgem mecanicamente como uma fotografia coletiva de objetos concretos; nesse caso, o cérebro não atua à semelhança de uma máquina fotográfica que faz tomadas coletivas, e o pensamento não é uma simples combinação dessas tomadas; ao contrário, os processos de pensamento, concreto e eficaz, surgem antes da formação dos conceitos e estes são produto de um processo longo e complexo de evolução do pensamento [...] (Vigotski, 2001a, p. 236).

Apesar das diferenças encontradas entre os estudantes em relação aos estágios de formação de conceito, uma evolução foi observada, de modo geral, quando comparamos as suas concepções prévias iniciais àquelas descritas no último encontro. Este fato revela a importância de o ensino ser organizado por meio de várias atividades didático-pedagógicas que contribuam para o entendimento do significado dos conceitos, termos e palavras que descrevem os fenômenos e processos biológicos, bem como da utilização de interações verbais como o principal instrumento pedagógico.

Referências bibliográficas

Amabis. J.M. e G.R. Martho (2004). *Biologia das Populações*. 2ª edição. v. 3. São Paulo: Moderna.

Candela, A. (1998). A construção discursiva de contextos argumentativos no ensino de ciências. Em C. Coll (Ed.), *Ensino, Aprendizagem e discurso em sala de aula* (pp. 143-169). Porto Alegre: ArtMed.

Corazza-Nunes, M.J.; Pedrancini, V.D.; Galuch, M.T.B.; Moreira, A.L.O.R. e A.C. Ribeiro (2006). Implicações da mediação docente nos processos de ensino e aprendizagem de biologia no ensino médio. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 5, 3: 522-533.

Em: <http://www.saum.uvigo.es/reec/>.

Da Cruz, J.E. (2006). *A educação noturna como desafio para a formação profissional*. Em: <http://www.reescrevendoeducacao.com.br./2006/modules/artigosenviados.php?a=visualizar&artigoid=68>.

De Longui, A.L. (2000) El discurso del profesor y del alumno: análisis didáctico en clases de ciencias. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 18, 2, 201-216.

Elkonin, D. (1987). Sobre el problema de la periodización del desarrollo psíquico en la infancia. Em Biblioteca de psicología soviética, *Antología: La Psicología Evolutiva y Pedagogía en la URSS* (pp. 104-124). Moscú: Editorial Progreso.

Favaro, T. (2008). A melhor escola do mundo. *Revista Veja*, 2048 ed., 20 de fevereiro de 2008. Em: http://veja.abril.com.br/200208/p_066.shtml.

Fontana, R.A.C. (2005). *Mediação pedagógica na sala de aula*. 4ª edição. Campinas, SP: Autores Associados.

Menchinskaia, M.A. (1960). El pensamiento. Em A.A. Smirnov et al. (Eds.), *Psicología* (pp. 232-275). México: Editorial Grijalbo.

Lorencini Jr., A. (1995). O ensino de ciências e a formulação de perguntas e respostas em sala de aula. Em S.L.F. Trivelato (Ed.), *Coletânea Escola de Verão para professores de prática de ensino de física, química e biologia* (pp. 105-114). Serra Negra, São Paulo.

Luria, A.R. (1994). *Linguagem e Pensamento*. 2ª ed. Curso de Psicologia Geral, vol. IV. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira.

Monteiro, M.A.A. e O.P.B. Teixeira (2004). Uma análise das interações dialógicas em aulas de ciências nas séries iniciais do ensino fundamental.

Investigações em Ensino de Ciências, 9, 3, 243-263. Em: <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>.

Mortimer, E.F. e O.G. Aguiar JR. (2005). Tomada de consciência de conflitos: análise da atividade discursiva em uma aula de ciências. *Investigações em Ensino de Ciências*, 10, 2, 179-207. Em: <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>.

Mortimer, E.F. e P. Scott (2002). Atividade discursiva nas salas de aula de Ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. *Investigação em Ensino de Ciências*, 7, 3, 283-306. Em: <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>.

Natadze, R.G. (1991). Aprendizagens dos conceitos científicos na escola. Em A. R. Luria et al. (Eds.), *Psicologia e Pedagogia II: investigações experimentais sobre problemas didáticos específicos* (pp. 27-34). 2ª. ed. Lisboa: Editora Estampa.

Nuñez, I.B. e O.G. Pacheco (1997). *La formación de conceptos científicos: una perspectiva desde la teoría de la actividad*. Natal, RN: EDUFRN – Editora da UFRN.

Nuñez, I.B. e O.G. Pacheco (1998). Formação de conceitos segundo a Teoria de assimilação de Galperin. *Caderno Pesquisa*, n.º 105, 92-109.

Oliveira, M. K. de. (2001). *Vygotsky: aprendizado e desenvolvimento: um processo sócio-histórico*. 4ª edição, São Paulo: Scipione.

Pedrancini, V.D.; Corazza-Nunes, M.J.; Galuch, M.T.B.; Moreira, A.L.O.R. e A.C. Ribeiro (2007). Ensino e aprendizagem de Biologia no ensino médio e a apropriação do saber científico e biotecnológico. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6, 2: 299-309.

Em: <http://www.saum.uvigo.es/reec/>.

Vygotski, L.S. (2001). *A construção do pensamento e da linguagem*. São Paulo: Martins fontes.

Vygotski, L.S. (2001). *Psicologia Pedagógica*. São Paulo: Martins Fontes.

Vygotski, L.S. (2007). *A Formação social da mente: O desenvolvimento dos processos psíquicos superiores*. 7ª edição. São Paulo: Martins Fontes.

Vygotski, L.S.; Luria, A.R. e A.V. Leontiev (2006). *Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem*. São Paulo: Ícone.