

Uma ferramenta sociocultural de análise da apropriação da linguagem social da ciência escolar

A sociocultural analytical tool of the appropriation of school science social language

Claudia Sepulveda¹

Vanessa Pérpetua Garcia Santana Reis²

Mariangela Cerqueira Almeida³

Maria Conceição Lago Carneiro⁴

Ana Lucia Albuquerque Costa Pereira Amarante⁵

Charbel Niño El-Hani⁶

¹Universidade Estadual de Feira de Santana/Departamento de Educação, causepulveda@ig.com.br

²Secretaria Estadual de Educação da Bahia/Instituto de Educação Gastão Guimarães/Universidade Estadual de Feira de Santana/ Departamento de Biologia, vanesreis2@gmail.com

³Universidade Estadual de Feira de Santana/Bacharelado em Ciências Biológicas, almeida.biologia@gmail.com

⁴Secretaria Estadual de Educação da Bahia/Instituto de Educação Gastão Guimarães/Universidade Estadual de Feira de Santana/ Departamento de Biologia, concelago@gmail.com

⁵Secretaria Estadual de Educação da Bahia/Instituto de Educação Gastão Guimarães, analuciaamarante@yahoo.com.br

⁶Universidade Federal da Bahia/Instituto de Biologia, charbel.elhani@pesquisador.cnpq.br

Resumo

Este artigo trata do desenvolvimento de uma ferramenta de análise da apropriação da linguagem social da ciência escolar em textos produzidos por estudantes, num contexto de ensino sobre a teoria darwinista da seleção natural. É proposta a aplicação de critérios de análise fundados na abordagem vygotskyana do desenvolvimento cognitivo e na concepção dialógica da compreensão de Bakhtin, lado a lado com o uso de uma metodologia de análise semântica pautada na noção de padrão temático de Lemke. Como exemplos de aplicação desta ferramenta, são examinadas narrativas redigidas por estudantes para explicar a resistência de organismos a drogas, um exemplo típico de mudança adaptativa em populações naturais que é explicada, em termos darwinistas, pela seleção natural.

Palavras-chave: Linguagem social; Ciência escolar; Análise semântica; Aprendizagem; Compreensão.

Abstract

This paper describes the development of an analytical tool of the appropriation of school science social language in texts written by students, in a context of teaching about the Darwinist theory of natural selection. It is proposed the application of analytical criteria grounded on vygotskyan approach to cognitive development and Bakhtin's dialogic conception of understanding, alongside with the use of a methodology of semantic analysis based on Lemke's notion of thematic pattern. As examples of application of this tool, we examine narratives written by students to explain the resistance of organisms to drugs, a typical example of adaptive change in natural populations that is explained, in Darwinist terms, by natural selection.

Keywords: school science social language; semantic analysis; evolution learning

Introdução

Este artigo trata de uma ferramenta de análise da apropriação da linguagem social da ciência escolar, construída com a intenção de que sirva como instrumento de avaliação da aprendizagem conceitual a partir de uma perspectiva sociocultural. Esta ferramenta foi desenvolvida no contexto de uma pesquisa voltada para a investigação de uma sequência didática sobre a teoria da evolução por seleção natural, construída e testada por um grupo colaborativo que reúne professores e pesquisadores.

A sequência didática foi planejada tendo em vista três eixos orientadores: (1) o desenvolvimento de estratégias que diminuíssem as rejeições *a priori* ao ensino de evolução, decorrentes do fato de este ser visto como uma ameaça à visão de mundo de grupos culturais aos quais pertencem muitos estudantes; (2) a implementação de uma abordagem que tornasse o ensino de evolução significativo do ponto de vista de sua aplicação em situações do cotidiano, ligadas à cidadania; e (3) a promoção da compreensão da teoria da seleção natural através da significação do conceito darwinista de adaptação. As atividades que compõem a sequência foram planejadas tendo em vista não só estes eixos orientadores, como também os estágios de apropriação gradual e progressiva da perspectiva da ciência escolar pelos estudantes, propostos por Mortimer e Scott (2003), com base na abordagem vygotskyana do desenvolvimento cognitivo (Vygotsky, 1981; 2001) e na concepção dialógica da compreensão de Bakhtin (Bakhtin, 1981; Volochinov, 1992)¹.

A sequência foi aplicada a turmas do ensino médio de uma escola da rede pública de ensino do município baiano de Feira de Santana. Para avaliar seus efeitos, nos pautamos na proposta de critérios de validação *a posteriori* ou empírica de seqüências didáticas propostos por Méheut (Méheut, 2005; Nascimento; Guimarães; El-Hani, 2009). De acordo com estes critérios, a validação *a posteriori* pode considerar duas dimensões diferentes, mas complementares: de um lado, uma avaliação externa ou comparativa, a qual envolve uma comparação entre grupos experimentais, nos quais a seqüência seja aplicada, e grupos controle, nos quais ela não seja aplicada. De outro lado, uma validação interna também é necessária, sendo realizada através da análise dos efeitos da seqüência didática em relação aos seus objetivos. Esta avaliação pode ser realizada a partir de análise das interações discursivas ocorridas entre a professora e os estudantes em episódios de ensino selecionados, de modo a comparando-se as vias de aprendizagem que os estudantes efetivamente desenvolveram com vias de aprendizagem esperadas, identificadas com base no planejamento pedagógico. Uma análise desta natureza foi realizada para validação interna da referida seqüência didática sobre

¹ Para descrição mais detalhada da sequência didática, ver Reis, El-Hani e Sepulveda (2010).

evolução. A metodologia e os resultados desta avaliação não serão foco deste artigo, tendo sido relatadas em trabalho anterior (Reis, El-Hani, Sepulveda, 2010; Sepulveda, 2010). Outra estratégia utilizada para validar internamente esta sequência didática consistiu na aplicação de instrumentos de coleta de dados em situações de pré- e pós-testes. O foco deste artigo é a metodologia desenvolvida para analisar os resultados obtidos através da aplicação de pré e pós-testes, aplicados para avaliar mudanças nas formas de pensar e nos modos de falar dos estudantes sobre os conceitos científicos – neste caso específico, sobre o conceito de adaptação – em decorrência de uma intervenção pedagógica.

Estes instrumentos de pesquisa, que funcionaram também como avaliação pedagógica, solicitavam dos estudantes que, após interpretarem um fenômeno de mudança adaptativa, escrevessem uma narrativa que o explicassem, utilizando para tanto alguns termos da ciência escolar, os quais lhes foram indicados. Antes de a sequência didática ser iniciada, os estudantes interpretaram um cenário de combate a pragas com uso de inseticidas, por um agricultor em uma lavoura experimental. Neste cenário, é mostrado o surgimento de uma linhagem resistente após aplicações frequentes do mesmo inseticida. No pré-teste, solicitava-se aos estudantes a construção de uma narrativa que explicasse como a praga agrícola havia se tornado resistente, procurando, para tanto, utilizar os termos “organismo”, “população”, “variação”, “adaptação” e “seleção natural”. O pós-teste, por sua vez, consistiu de um roteiro em que eram descritas as etapas de um experimento que mostra evolução de resistência à estreptomicina em bactérias. Após interpretarem os resultados do experimento, os estudantes deviam redigir uma narrativa descrevendo o que ocorreu e explicando por que se observava o surgimento de resistência bacteriana. Para tanto, foi recomendado o uso dos mesmos termos da ciência escolar indicados no pré-teste.

Neste artigo, é apresentada uma ferramenta de análise desenvolvida para avaliar estas narrativas escritas no que diz respeito à apropriação da linguagem social da ciência e, no caso específico estudado, à compreensão da explicação darwinista da adaptação pelos estudantes. O desafio a ser enfrentado consistiu em propor critérios de análise não arbitrários e operacionais, e que, ao mesmo tempo, estivessem fortemente alicerçados na perspectiva sociocultural da cognição humana, que fundamentou a construção da sequência didática.

Na próxima seção, apresentaremos o diálogo entre as idéias de Vygotsky e Bakhtin que fundamentou esta perspectiva, assim como os desafios que elas colocam para a avaliação da aprendizagem dos estudantes em decorrência de uma intervenção didática. Na terceira seção, são apresentados os critérios e a metodologia de análise semântica que estruturam a ferramenta proposta. O modo como esta ferramenta é aplicada será descrito na seção 4, na qual será também discutida a análise de algumas narrativas escritas pelos estudantes em pré- e pós-testes. Por fim, será discutido brevemente o potencial heurístico da ferramenta e apontadas diretrizes para investigar o seu uso em pesquisas realizadas por professores sobre o efeito de inovações educacionais e no trabalho cotidiano de avaliação pedagógica.

Uma abordagem sociocultural da aprendizagem: Vygotsky e Bakhtin

De acordo com a lei genética de desenvolvimento cultural de Vygotsky, a aprendizagem sempre tem origem em situações sociais, ou seja, as funções mentais superiores, a exemplo da formação de conceitos, aparecem primeiro entre as pessoas, como uma categoria interpsicológica e, através da internalização de experiências dirigidas socialmente, se transformam numa categoria intrapsicológica (Vygotsky, 1981). A relação entre os planos inter- e intrapsicológico se encontra fundada no fato de que, em ambos, são utilizados mediadores construídos social e culturalmente para pensar, a exemplo da linguagem (Wertsch,

1985). Entendemos esta internalização em termos da constituição de potencialidades de emergência de funções mentais similares, sempre produzidas na interação socialmente situada entre um indivíduo e alguma experiência, e não como a produção de estruturas mentais estabilizadas de modo inteiramente interno (Mortimer, Scott; El-Hani, 2009). Dito de outra maneira, o aspecto de permanência em processos mentais como o pensamento conceitual pode ser entendido como uma tendência ou potencialidade de tais processos, quando plenamente desenvolvidos, operarem de maneira similar diante de experiências que classificamos como similares. O pensamento conceitual, como processo emergente em cada experiência, tende a repetir-se em aspectos que nos parecem centrais, e é isso que nos permite usar conceitos repetidamente de modo similar e, assim, pensar através de conceitos e comunicarmo-nos uns com os outros de maneira efetiva por meio dos signos da linguagem.

Desta perspectiva, uma forma de avaliar os efeitos de uma seqüência didática sobre a aprendizagem conceitual de estudantes é investigar em que medida estes empregam os conceitos que estão aprendendo – em nosso caso, conceitos da teoria darwinista da evolução, em sua versão corrente – de modo a se comunicarem de maneira efetiva por meio da linguagem social da ciência escolar.

Assim como Vygotsky, Bakhtin também enfatiza o papel da interação social na formação da consciência individual e o caráter dialógico do processo de compreensão. Na concepção bakhtiniana, qualquer processo de compreensão ou significação é dialógico por natureza e um indício de que houve compreensão do discurso alheio é o fato de o indivíduo conseguir povoar o discurso a ser compreendido com o seu próprio discurso (ou, nos termos de Bakhtin, oferecer-lhe contrapalavras).

Esta abordagem bakhtiniana da compreensão tem implicações muito importantes para a avaliação da aprendizagem de estudantes. Se seguirmos a Bakhtin, a compreensão da perspectiva da ciência escolar se dá quando as palavras usadas na linguagem social da ciência deixam de ser palavras de outrem e se tornam nossas próprias palavras, que usamos para nos comunicar. Contudo, este processo de apropriação das palavras alheias só ocorre quando as povoamos com nossas próprias perspectivas (nos termos de Bakhtin, nossas vozes próprias). De acordo com a teoria da linguagem do ciclo de Bakhtin, podemos dizer, portanto, que a mera repetição mecânica da linguagem e dos conceitos científicos, uma expectativa frequente na avaliação escolar, é uma evidência de que não houve apropriação das idéias científicas, mas apenas a repetição do discurso do outro como discurso citado, sendo preservadas as fronteiras entre o que constitui o discurso próprio do aluno e o discurso da ciência escolar. Mantido como um discurso de um outro, a linguagem social da ciência escolar não é, desse modo, apropriada pelo estudante, sendo pouco provável que venha a utilizá-la para significar experiências de sua vida cotidiana.

Mortimer e Scott buscaram nas idéias de Bakhtin parâmetros para investigar o modo como os estudantes progredem na compreensão da perspectiva da ciência escolar. Estes autores identificaram três estágios na apropriação gradual e progressiva de significados pelos estudantes, a partir da introdução de novas idéias no plano social da sala de aula (Mortimer; Scott, 2003, p. 113-114).

Durante o primeiro estágio, os estudantes ainda consideram as idéias científicas como constituintes de um discurso alheio, estranhas às suas próprias visões e experiências. O estágio seguinte é alcançado quando os estudantes começam a conceber as novas idéias como em parte pertencentes ao outro e em parte pertencentes a eles mesmos. É comum nessa fase que os estudantes comecem a usar as idéias da ciência escolar, mas ainda de modo incerto e hesitante. O estágio final da apropriação progressiva do significado ocorre quando os estudantes se apropriam completamente das novas idéias. Um indício de que este processo

está ocorrendo é o uso de idéias da ciência escolar pelos estudantes para construir seus próprios argumentos, refletindo suas próprias vozes, assim como o emprego com fluência da linguagem social da ciência.

A partir das bases teóricas brevemente discutidas nesta seção, foram pensados critérios de análise da apropriação da linguagem social da ciência escolar, a partir dos quais se estruturou a ferramenta de análise apresentada a seguir.

Uma ferramenta para analisar a apropriação da linguagem social da ciência em textos de estudantes

A estrutura analítica apresentada neste artigo está organizada em torno de seis critérios de análise da produção textual de estudantes, agrupados em três dimensões da aprendizagem conceitual, tal como concebida a partir das idéias de Vygotsky e Bakhtin: (i) domínio da linguagem social da ciência escolar; (ii) uso de termos científicos; (iii) ressignificação do discurso da ciência escolar versus manutenção de seu padrão temático (Quadro 1). Para uma análise criteriosa do terceiro critério, propõe-se uma metodologia de análise semântica pautada na noção de padrão temático, proposta por Lemke (1990). Cada um destes aspectos e seus respectivos parâmetros serão discutidos brevemente nas sub-seções seguintes.

Quadro 1: Dimensões de análise da apropriação da linguagem social da ciência escolar e respectivos parâmetros avaliativos da produção textual de estudantes.

Dimensões	Critérios de análise
Domínio da linguagem social da ciência escolar	1. Fluência no uso da linguagem social da ciência escolar
Uso de termos científicos	2. Frequência com que os termos próprios do discurso da ciência escolar são usados 3. Adequação do significado 4. Uso funcional da palavra
Ressignificação do discurso da ciência escolar vs. manutenção do padrão temático	5. Povoamento do discurso da ciência escolar por “contrapalavras” 6. Adequação das relações semânticas estabelecidas entre termos da ciência escolar

Domínio da linguagem social da ciência escolar

Para tratar deste aspecto, tomamos como base a noção de linguagem social de Bakhtin, a qual consiste no discurso peculiar a um estrato social específico (profissional, etário etc.), inserido num sistema social e num tempo dados. De acordo com esta noção, os indivíduos falantes, ao construírem seus enunciados, invocam sempre uma linguagem social, a qual modela e restringe o que sua voz pode dizer. Desta posição teórica, segue-se em termos metodológicos que deve ser possível encontrarmos padrões de organização na heterogeneidade do uso da linguagem.

Mortimer e Scott (2003) argumentam que, à luz dessa noção, fica claro que, uma vez que a ciência pode ser considerada um modo distinto de pensar e falar sobre o mundo natural, produzido e tornado válido por uma comunidade científica, um requisito para aprender ciências é ser introduzido na linguagem da comunidade científica. Esta linguagem convive, na sala de aula de ciências, com pelo menos dois outros tipos de linguagens sociais, a linguagem social da ciência escolar e a linguagem cotidiana. Uma série de questões e problemas

interessantes pode ser colocada no que tange às relações entre estes três tipos de linguagem social na sala de aula. Alguns estudos têm se dedicado, por exemplo, a identificar características da linguagem social da ciência que a distinguem da linguagem cotidiana (e.g., Lemke, 1990; Mortimer e Scott, 2003).

Lemke (1990, p. 132-133) fez um levantamento de normas estilísticas próprias da linguagem científica, com base em episódios de interações discursivas em sala de aula. As normas por ele identificadas são: (1) construir enunciados na forma de proposições que sejam mais universais e verbalmente explícitas quanto possível; (2) evitar linguagem coloquial; (3) usar termos técnicos em lugar de expressões coloquiais sinônimas ou paráfrases; (4) evitar personificação, atribuição de qualidades essencialmente humanas, ou ações humanas para descrever entidades e processos naturais; (5) evitar linguagem metafórica ou figurativa que envolva expressões cômicas ou palavras carregadas de valor e emoção; (6) evitar sensacionalismos; (7) evitar a referência a personalidades humanas individuais e seus feitos; (8) fazer uso de explicações causais em detrimento de narrativas e abordagens dramáticas que envolvam suspense e mistério, incluindo diálogos.

Estas normas podem ser usadas como referências para avaliarmos o primeiro critério analítico da estrutura proposta neste artigo, ou seja, a fluência com que os estudantes usam a linguagem social da ciência em suas produções textuais. É importante, contudo, considerar também as contribuições de Mortimer e Scott (2003) e, no caso específico deste estudo, a análise sobre o modo darwinista de falar sobre adaptação e o papel das narrativas na aprendizagem de evolução que desenvolvemos em trabalho anterior (Sepulveda, 2010)

Uma contribuição importante de Mortimer e Scott (2003) consiste na distinção entre três tipos de enunciados sobre fenômenos naturais que se mostram frequentes na linguagem científica: descrição, explicação e generalização. A descrição diz respeito a enunciados que se referem a um sistema, objeto ou fenômeno em termos de seus constituintes ou dos deslocamentos espaços-temporais desses constituintes. As explicações têm lugar quando são utilizados modelos teóricos ou mecanismos que permitam dar conta de fenômenos e sistemas específicos. Por sua vez, alcança-se a generalização quando os enunciados que se referem a descrições e explicações se tornam independentes de um contexto específico. Mortimer e Scott propõem ainda uma distinção adicional: descrições, explicações e generalizações podem ser caracterizadas como empíricas ou teóricas. Caso elas se apliquem a referentes diretamente observáveis, podem ser caracterizadas como empíricas; por sua vez, elas são consideradas teóricas quando se aplicam a referentes que não são diretamente observáveis, sendo produzidos por meio do discurso teórico da ciência.²

Um indício de que o estudante se apropriou e usa com fluência a linguagem social da ciência pode ser encontrado em situações nas quais, para falar de um fenômeno natural, além de descrições, ele produz também explicações e generalizações, e, principalmente, quando menciona referentes teóricos com maior frequência do que referentes empíricos. Desse modo, o estudante revela ter se apropriado do caráter abstrato e generalizante do discurso da ciência, que contrasta com a tendência de particularização característica da linguagem cotidiana.

Em relação à oitava norma proposta por Lemke, é preciso fazer uma ressalva. Como analisam Norris e colaboradores (2005), vários autores argumentam que a explicação narrativa tem legitimidade nas ditas ciências históricas, como é o caso da biologia evolutiva. Nestes campos, o interesse se volta para a explicação de eventos não recorrentes, cuja explicação

² Há problemas epistemológicos nesta distinção entre o que é empírico e o que é teórico com base na possibilidade da observação direta (ver, por exemplo, VAN FRAASSEN, 1980; HACKING, 1983). Este não é o espaço, contudo, para estendermos esta discussão.

demanda o detalhamento de uma série de eventos particulares, contingentes e casualmente ligados em uma sequência inteligível de eventos. Portanto, a narrativa pode ser considerada uma formulação própria da linguagem científica, desde que atenda aos requisitos de uma explicação narrativa, tal como caracterizada, por exemplo, por estes autores³, e evite algumas características das narrativas cotidianas citadas por Lemke, como o recurso ao sensacionalismo, ao elemento surpresa, assim como a referência a personagens, intenções e ações humanas.

De modo mais específico, uma narrativa produzida na linguagem cotidiana para explicar adaptações pode ser distinguida da narrativa darwinista da ciência escolar pelas seguintes características: na primeira, os organismos tipicamente são protagonistas de sua própria transformação evolutiva, e é frequente o uso de formulações antropomórficas e teleológicas (no sentido de que a evolução possuiria uma meta), enquanto na segunda os organismos são geralmente objetos de forças evolutivas, não havendo agentes claros, mas uma cadeia de eventos interligados em termos causais, que levam à mudança evolutiva de uma população de organismos (Sepulveda, 2010).

Uso de termos conceituais

É esperado que, à medida que os estudantes se apropriam da perspectiva da ciência escolar, passem a empregar termos científicos para construir seus próprios argumentos. Portanto, no contexto particular do ensino de evolução, por exemplo, é importante investigar a frequência com que os estudantes usam termos fundamentais da explicação darwinista em suas narrativas – o que pode ser estabelecido, por exemplo, pelo número de termos utilizados em relação aos termos solicitados nos instrumentos de pré- e pós-testes (critério 2, quadro 1); pelo modo como os estudantes os empregam – se adequadamente, i.e., com o significado próximo ao que apresenta no discurso científico escolar, ou de modo hesitante e com outros significados (critério 3, quadro 1); e, ainda, pelo uso funcional que é conferido (ou não) a estes termos (critério 4, quadro 1).

O critério 4 é baseado na análise de Vygotsky (2001) acerca do emprego funcional da palavra no desenvolvimento do pensamento conceitual. O estudante pode utilizar um termo científico, por exemplo, com função meramente nominativa ou indicativa, se o emprega para uma finalidade apenas de comunicação, por dar nome a um processo ou uma entidade. Este uso da palavra corresponde a uma operação intelectual que é realizada no pensamento por complexos, a fase genética que precede o pensamento conceitual, segundo a análise de Vygotsky (2001). Quando o pensamento por conceitos se encontra desenvolvido, a palavra passa a assumir uma função significativa ou semântica. Um indício de que o estudante está usando um termo científico com esta função reside em sua aplicação de forma discriminada e consciente para interpretar e resolver problemas. Um estágio intermediário reside no uso do termo pelo estudante como um “instrumento de pensamento” (Lotman, 1998 apud Wertsch, 1991, p.74). Neste caso, o estudante usa um termo, cujo significado ainda não foi totalmente compreendido e não se encontra estabilizado, de modo hesitante e não restritivo, para tentar preencher uma lacuna e resolver um problema. Este último uso tem papel importante no processo de produção de significados que pode conduzir a uma apropriação do termo que se mostre suficiente para um uso significativo ou semântico.

Ressignificação do discurso da ciência escolar vs. manutenção do padrão temático

³ Para uma análise mais detalhada da estrutura das explicações narrativas e do papel destas explicações no ensino de evolução, ver Norris e colaboradores (2005) e Sepulveda (2010).

Tendo em vista a noção de compreensão dialógica de Bakhtin, o discurso dos estudantes mostrará indícios de apropriação das idéias científicas se eles forem capazes de dizer tais idéias em enunciados povoados por sua própria linguagem e perspectiva. Esta perspectiva nos coloca o seguinte desafio, de um lado, não podemos considerar como indício de compreensão, a mera repetição do discurso escolar, de outro, é preciso avaliarmos se nas ressignificações feitas pelos estudantes, os significados das idéias científicas estão preservados em seus aspectos mais centrais. Encontramos na noção de padrão temático de Lemke (1990) uma estratégia metodológica para auxiliarmos nesta difícil tarefa.

Lemke defende uma abordagem da aprendizagem de ciências bastante consistente com a perspectiva sociocultural que estamos adotando. Este autor propõe que aprender ciência consiste em aprender a usar uma linguagem conceitualmente especializada para ler, escrever, resolver problemas e desempenhar atividades práticas (Lemke, 1990, p. 1). Deste ponto de vista, aprender ciências não se restringe apenas em dominar definições de conceitos, mas em aprender como combinar os significados dos diferentes termos de acordo com os modos aceitos de falar da ciência. Este modo de conectar os significados das palavras e outros símbolos em um campo particular da ciência é designado por Lemke de padrão temático. Trata-se de um padrão das relações semânticas entre os conceitos científicos que descreve o conteúdo científico de uma área particular (Lemke, 1990, p. 12).

Concluimos que uma forma “objetiva” de avaliar se os significados das idéias científicas estão preservados nas ressignificações feitas pelos estudantes seria comparar o padrão com que os termos científicos encontram-se ligados semanticamente nas narrativas por eles produzidas com o padrão temático do discurso da ciência escolar. Para tanto, lançamos mão da metodologia de construção de diagramas temáticos, descrita na seção seguinte.

Diagramas temáticos: uma ferramenta para analisar semanticamente os textos dos estudantes

O diagrama temático é proposto por Lemke (1990) como uma forma de representar graficamente o padrão temático produzido nas interações discursivas em sala de aula ou em qualquer outro discurso sobre um tópico da ciência (Figura1). O procedimento para sua construção pode ser sumarizado nos seguintes passos: (1) identificação dos itens temáticos – termos da ciência que estão sendo usados; (2) construção das relações semânticas estabelecida entre cada um dos termos; (3) junção dessas relações semânticas em um padrão temático.

Os termos de um digrama temático são designados itens temáticos para que sejam distinguidos de palavras, uma vez que são mais abstratos e conceituais e podem ser expressos por mais de uma palavra diferente. Por exemplo, o termo adaptação, pode ser expresso como adaptação, adaptar-se, adaptado.

As relações semânticas descrevem como os significados de duas palavras ou dois enunciados (itens temáticos) se encontram relacionados quando ambos são usados para falar sobre um tópico particular, e constituem uma generalização das diferentes formas gramaticais de expressar esta relação. Lemke (1990) apresenta uma lista de relações semânticas mais comuns e o modo como são nomeadas em diferentes teorias semânticas e gramaticais. Como estas relações foram construídas para a língua inglesa foi preciso adaptá-las para a análise de interações discursivas e textos produzidos na língua portuguesa. Com base na lista de Lemke, construímos um glossário contendo 29 relações semânticas, as quais, por uma questão de espaço, não serão apresentadas neste artigo. Na próxima seção, serão apresentados alguns exemplos de relações semânticas e seus contextos de aplicação.

É importante esclarecer, contudo, que as relações semânticas são apresentadas nos digramas na forma de pares que descrevem o papel que cada um dos dois itens desempenha na relação.

Por exemplo, uma relação atributiva é representada pelo par “atributo/coisa”. No enunciado “As variações mais favoráveis naquele ambiente serão selecionadas”, os itens temáticos “variação” e “favorável” mantêm uma relação nominal atributiva, em que “favoráveis” é um atributo de “variações”, que é a coisa. Neste mesmo enunciado, temos uma relação transitiva entre os itens temáticos “variações” e “seleção (natural)”, na qual “variações” é alvo ou paciente sob o qual se realiza o processo da “seleção (natural)”, constituindo-se, assim, o par “processo/alvo”. O conjunto formado pelos itens “variações e favoráveis, por sua vez, mantém uma relação lógica com o item “ambiente”, uma vez que este último é a condição para que as “variações” possuam o atributo de serem “favoráveis”.

Como podemos observar na figura 1, o diagrama temático se encontra organizado do seguinte modo: os itens temáticos são grafados em caixa alta e ligados entre si por linhas que representam as relações semânticas que os unem. Estas relações semânticas são representadas por abreviações que acompanham as linhas. A abreviação antes da barra (/) consiste no papel desempenhado pelo primeiro termo da relação, seguida do papel desempenhado pelo segundo termo.

Aplicação da ferramenta: análise de narrativas explicativas

Nesta seção, apresentaremos uma aplicação da ferramenta proposta neste artigo à análise de duas narrativas de estudantes produzidas como respostas a um pré- e um pós-teste, elaborados para avaliar o efeito de uma sequência didática sobre evolução por seleção natural. Para tanto, inicialmente apresentamos, como parâmetro, uma narrativa explicativa da mudança adaptativa representativa do discurso da ciência escolar, bem como o padrão temático que ela produz.

Discurso da ciência escolar

Para construirmos uma narrativa que fosse representativa do discurso da ciência escolar, utilizamos o seguinte procedimento metodológico: coletamos trechos referentes à explicação para o fenômeno de resistência de organismos a drogas em livros didáticos do ensino médio de biologia, observamos os itens temáticos citados e as relações semânticas estabelecidas de modo mais recorrente, e selecionamos aqueles que estavam em consonância com análises epistemológicas da explicação seletiva e do conceito de seleção natural, a exemplo dos trabalhos de Caponi (2000; 2002) e Sober (1993). Por este procedimento, chegamos à seguinte fórmula geral de uma narrativa darwinista para explicar adaptações:

Em uma população de organismos, existem sempre variações que surgem por meio de mutação. Os organismos que têm variações mais favoráveis para enfrentar os problemas impostos pelo ambiente terão maiores chances de sobreviver e se reproduzir. Já os organismos que não apresentam estas variações terão menor chance de sobrevivência e reprodução bem sucedidas. Desta forma, os organismos que apresentam variações favoráveis naquela condição ambiental particular tenderão a ser selecionados. Caso as variações favoráveis sejam transmitidas aos descendentes, os organismos que as possuem passarão a constituir, com o tempo, a quase totalidade da população. O resultado deste processo é a adaptação da população a uma condição ambiental particular, caso esta se mantenha estável por tempo suficiente.

Nesta formulação, identificamos os seguintes itens temáticos: população, organismos, mutações, variações, favoráveis, sobrevivência e reprodução diferencial, seleção natural, ambiente, adaptação. As seguintes relações semânticas podem ser construídas entre eles:

Organismos – Prt/Td – População⁴
 Variações – Prt/Td – Populações
 Variações – Atr/Co – Organismos
 Mutações- Cs/Pr – (surgir) Variações
 Variações – Co/Atr – Favorável = It/Cnd = Ambiente
 Organismos – Pc/Pr – Sobrevivência e reprodução diferencial
 Organismos – Pc/Pr – Seleção Natural
 Seleção Natural – Sin – Sobrevivência e reprodução diferencial
 Seleção Natural – Pr/Rs – Adaptação
 Adaptação – Atr/Co – População

Os organismos fazem parte de uma população, a qual apresenta também variações. As variações são atributos dos organismos e surgem por mutações. Algumas destas variações têm o atributo de serem favoráveis. Este atributo se encontra condicionado a outro item temático, às condições ambientais, ou de modo mais completo, aos problemas impostos aos organismos por estas condições ambientais. A relação atributiva entre variação e o atributo favorável (ou desfavorável) é equivalente ao conceito darwinista de aptidão (*fitness*) e a relação lógica de item condicionado e condição entre esta relação atributiva e o item ambiente está intimamente relacionada à análise ecológica necessária para que o princípio de seleção natural cumpra seu poder explicativo, como argumentado por Caponi (2000, p. 43). Por fim, no discurso da ciência escolar, a seleção natural significa, em última instância, a sobrevivência e reprodução de organismos de uma população. Os organismos são pacientes destes dois processos que resultam na evolução de adaptações da população. A junção destas relações dá origem a um padrão temático representado no diagrama temático ilustrado na Figura 1.

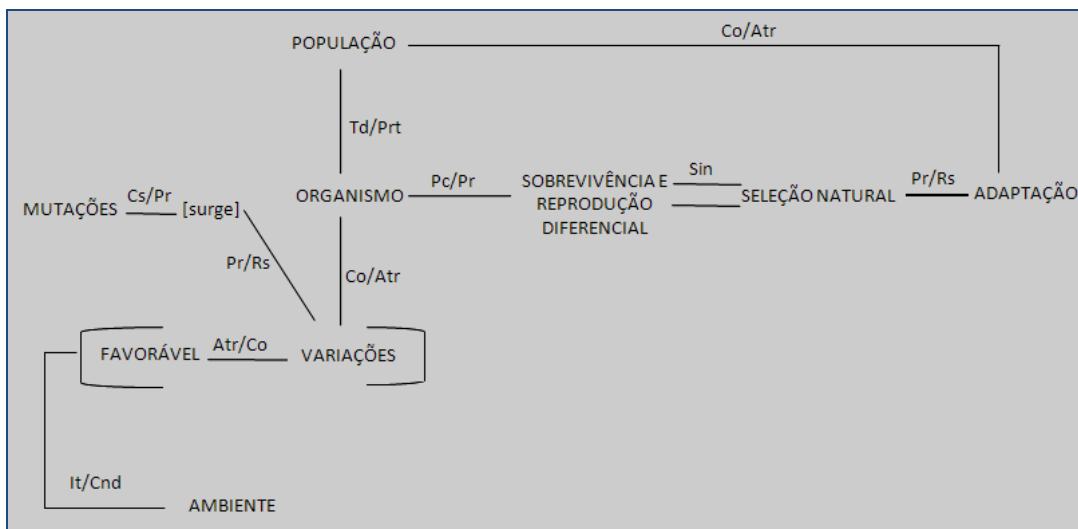


Figura 1: Padrão temático da explicação da ciência escolar para mudança adaptativa de uma população.

Narrativas produzidas pelos estudantes

Apresentaremos a seguir duas narrativas produzidas por estudantes do terceiro ano do ensino médio noturno de uma escola pública do estado da Bahia para explicar a resistência de insetos a inseticidas. Nossa intenção é ilustrar como os critérios analíticos introduzidos acima podem ser utilizados para avaliar níveis de apropriação da linguagem social da ciência escolar.

Os insetos resistiram ao inseticida porque se adequaram ao ambiente por meio da “seleção natural” que é o termo usado por Charles Darwin que estudou o porquê

⁴ Abreviaturas: Td/Prt (todo/parte); Co/At (coisa/atributo); Pr/Pc (processo/paciente); Pr/Rs (processo/resultado); Cs/Pr (causa/processo); Sin (sinônimo); It/Cnd (Item condicionado/Condição)

de seres de mesma espécie se adaptarem ao ambiente para sobrevivência. Charles Darwin fez estudos na ilha Galápagos com diversas espécies diferentes e concluiu que a maior parte sobrevive por meio de uma seleção do ambiente vivente. (E1T4_2010_Pré)⁵

É que os organismos de uma mesma população têm variações diferentes entre eles, algumas mais fracas e outras mais fortes, podendo sofrer uma seleção natural para então se adaptar a um novo ambiente. (E2_2008_Pós).

À primeira vista, a primeira narrativa pode parecer bastante próxima ao discurso da ciência escolar, uma vez que faz menção à seleção natural, a Charles Darwin e à sua célebre passagem pelas ilhas Galápagos, na viagem do Beagle. No entanto, ao empregarmos os critérios analíticos aqui propostos, é possível fazer outra avaliação desta produção textual. Em relação à fluência no uso da linguagem social da ciência, esta narrativa viola algumas das normas estilísticas (normas 3 e 4) identificadas por Lemke (1990). Ao tentar propor uma explicação causal para a origem da resistência a inseticidas, o estudante constrói uma narrativa em que faz referência a uma personalidade humana individual e a seus feitos, e, em lugar de usar termos técnicos (como “adaptação”), emprega expressões coloquiais que toma como sinônimas (“adequação”). Entre os cinco termos científicos propostos pelo instrumento, foram utilizados pelo estudante apenas dois deles, seleção natural e adaptação. O termo “seleção natural” é empregado apenas para nomear o conceito que Darwin utilizou para explicar adaptação. O termo “adaptação” é utilizado conceitualmente, mas com um significado diferente do que apresenta no padrão temático da ciência escolar.

Se empregarmos a metodologia de montagem de diagramas temáticos, poderemos ver com mais clareza que os significados dos conceitos darwinistas não são mantidos em seus aspectos centrais nesta narrativa. Como podemos observar no diagrama temático (Figura 2), os organismos (*seres da mesma espécie*) são agentes (Ag) do processo (Pr) de adaptação (*se adaptarem*), que tem como meta (Mt) a sobrevivência, a qual, por sua vez, é consequência (Cq) da seleção, que tem como alvo (Alv) o ambiente.

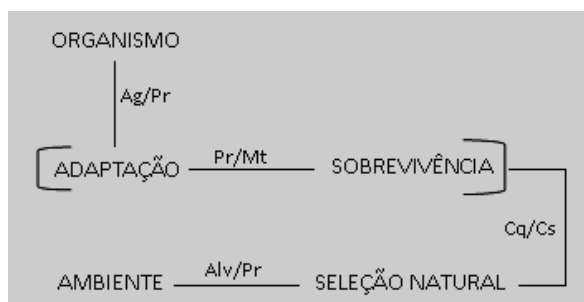


Figura 2: Padrão temático da narrativa explicativa do estudante 1 para mudança adaptativa

A segunda narrativa, por sua vez, respeita as normas estilísticas da linguagem da ciência identificadas por Lemke, especialmente no que diz respeito ao caráter abstrato e generalizante do discurso da ciência. São usados os cinco termos científicos que lhes foram solicitados no pós-teste e seis dos oito itens temáticos que compõem o padrão temático da ciência escolar a respeito da explicação darwinista para adaptação. Como podemos concluir da análise semântica realizada com base na metodologia de construção do diagrama temático (Figura 3), a narrativa do estudante mantém basicamente as mesmas relações semânticas que ligam estes termos no padrão temático da ciência escolar (Figura 1). Contudo, ela também apresenta uma relação semântica que é característica da linguagem cotidiana, aquela que liga o item organismo ao item adaptação através de uma ligação transitiva, na qual os organismos são

⁵ O código indica o estudante participante da pesquisa, a turma e ano em que a sequência didática foi testada e o instrumento a partir do qual o dado foi coletado, se pré ou pós-teste.

agentes do processo de adaptação (*adaptar-se*). Apesar da persistência deste modo de falar, presente mesmo em livros didáticos e em textos de divulgação científica (Bishop; Anderson, 1990), é possível dizer que este estudante se encontra em um nível de apropriação do discurso escolar muito próximo ao terceiro estágio de apropriação progressiva descrita por Mortimer e Scott (2003).

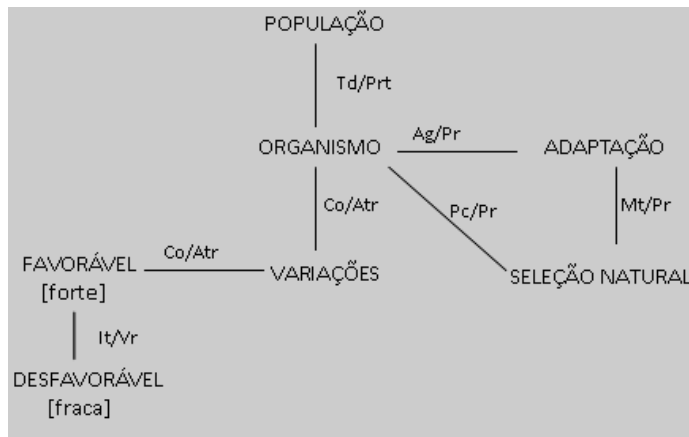


Figura 3: Padrão temático da narrativa explicativa do estudante 1 para mudança adaptativa

Considerações Finais

Apresentamos neste artigo uma ferramenta de análise da apropriação da linguagem social da ciência escolar baseada em critérios de análise fundados na abordagem vygotskyana do desenvolvimento cognitivo e na concepção dialógica da compreensão de Bakhtin, bem como numa metodologia de análise semântica baseada na noção de padrão temático de Lemke. O teste empírico do potencial heurístico desta ferramenta está em andamento e tem sido realizado no âmbito de uma pesquisa colaborativa entre pesquisadores e professores da educação básica (El-Hani, et. al. 2011). Os dados iniciais de sua aplicação à análise de narrativas produzidas por estudantes têm mostrado que ela permite operacionalizar as seguintes questões teórico-metodológicas: Como avaliar a aprendizagem dos estudantes, a partir da análise de produções textuais em respostas a pré e pós-testes, de modo objetivo e consistente com uma perspectiva sociocultural? Como é possível aferirmos se houve apropriação do discurso escolar ou se o aluno apenas o repete, sem compreendê-lo? Em que medida as resignificações do discurso escolar produzidas pelos estudantes preservam as idéias científicas em seus aspectos centrais, de modo a nos permitir dizer que houve compreensão?

O reconhecimento do potencial da ferramenta para responder estas questões levou ao grupo colaborativo a investir em duas novas pesquisas: (1) o desenvolvimento de uma abordagem quantitativa de análise de dados baseada nos mesmos critérios analíticos e identificação de relações semânticas entre os conceitos que estruturam a ferramenta. O intuito é aumentar seu poder heurístico para a realização de análises horizontais da aprendizagem de uma amostra significativa de alunos, que possam dar respostas sobre o efeito de inovações educacionais; (2) e testar a operacionalidade e eficiência da ferramenta como procedimento a ser utilizado pelos professores em seu trabalho cotidiano de avaliação pedagógica.

Referências

BAKHTIN, M.M. Discourse in the novel. In: M. HOLQUIST (ed.). **Dialogical Imagination**. Austin: University of Texas Press, 1981.

- BISHOP, B.A. ; ANDERSON, C.W. Student conception of natural selection and its role in evolution. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 27, n. 5, pp. 415-427, 1990.
- CAPONI, G. La regla de Darwin. **Principia**, vol. 4, n. 1, p.27-77. 2000.
- CAPONI, G. Explicacion seccional Y explicacion funcional: la teleologia en la Biologia contemporanea. **Episteme**, n. 14, p.57-88. 2002.
- EL-HANI, C.N., SEPULVEDA, C., ALMEIDA, M.C., REIS, V.P.G., MUNIZ, C.R.R., CARNEIRO, M.C.L., TELES JUNIOR, J.B. A natureza da pesquisa docente: a experiência de um grupo colaborativo de pesquisa. In:**Atas do VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação Científica**. Campinas: ABRAPEC. 2011.
- HACKING, I. **Representing and intervening**.Cambridge:Cambridge University Press. 1983.
- LENK, J.L. **Talking science: language, learning and values**. Norwood: Ablex, 1990.
- MÉHEUT, M. Teaching-learning sequences tools for learning and/or research. In: K. BOERSMA; M. GOEDHART; O. DE JONG & H. EIJKELHOF (Ed.). **Research and the quality of science education**. Dordrecht: Springer, 2005.
- MORTIMER, E.F.; SCOTT, P.H. **Meaning making in secondary science classrooms**. Maidenhead-UK: Open University Press, 2003.
- MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. H. & EL-HANI, C. N. Bases teóricas e epistemológicas da abordagem dos perfis conceituais. In: **Atas do VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC)**, a22. Belo Horizonte: ABRAPEC, 2009.
- NASCIMENTO, L. M. M.; GUIMARÃES, M. D. M.; EL-HANI, C. N. Construção e avaliação de seqüências didáticas para o ensino de biologia: Uma revisão crítica da literatura. In: **Atas do VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC)**, a1002. Belo Horizonte: ABRAPEC, 2009.
- REIS, V. P. G. S.; EL-HANI, C. N.; SEPULVEDA, C. Aplicacao e teste de uma sequencia didatica sobre evolucao no ensino medio de biologia. In: JOFILI, Z.; ALMEIDA, A. V. (Orgs.). **Ensino de Biologia, Meio Ambiente e Cidadania: Olhares que se Cruzam** (2ª Ed.). Recife-PE: UFRPE. 2010.
- SEPULVEDA, C. **Perfil conceitual de adaptação: uma ferramenta para a análise de discurso de salas de aula de biologia em contextos de ensino de evolução**. 2010. 447f. Tese (Doutorado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) - Instituto de Física, Universidade Federal da Bahia; Universidade Estadual de Feira de Santana, Salvador.
- SOBER, E. **The Nature of selection: evolutionary theory in philosophical focus**. Chicago: The University of Chicago Press. 1993. 383p.
- VAN FRAASSEN, B. **A Imagem Científica**. São Paulo: UNESP.1980.
- VOLOCHINOV, V. N. **Marxismo e filosofia da linguagem**. São Paulo: Hucitec, 1992.
- VYGOTSKY, L. S. The genesis of higher mental functions. In: J.V. Wertsch (ed.) **The Concept of Activity in Soviet psychology**. Armonk-NY: Shape, 1981.
- VYGOTSKY, L. S. **A construção do pensamento e da Linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 2001.
- WERTSCH, J. V. **Vygotsky and the Social Formation of Mind**. Cambridge: Harvard University Press, 1985.