

A estrutura composicional dos textos de estudantes sobre ciclos de materiais: evidências de uso e apropriação da linguagem científica

Nilma Soares da Silva*¹(PQ), Orlando Gomes de Aguiar Junior²(PQ)

1Faculdade de Educação/UFMG (nilmasoares@yahoo.com.br)

2Faculdade de Educação/UFMG

Palavras-Chave: apropriação, linguagem científica

Resumo: Neste trabalho apresentamos uma análise das respostas de estudantes do 8º ano do ensino fundamental a uma questão de pós-teste aplicado depois de concluída uma sequência de ensino. Analisamos os conteúdos das enunciações dos estudantes de modo a verificar o grau de apropriação do conceito de elemento químico e das ideias que lhe dão suporte. Para isso examinamos a estrutura composicional dos textos dos estudantes e os tipos de sequência textual predominante caracterizado pela presença da narrativa, da descrição, da explicação ou da argumentação. Com o objetivo de identificar o grau de uso e apropriação da linguagem científica pelos estudantes, nos valem, de elementos da gramática funcional de Halliday (1993). Consideramos, de acordo com Vygotsky (2001), que esse processo de apropriação é longo e que o pensamento dos estudantes se apresenta com características do pensamento por complexos, que, apesar de ter traços de coerência e objetividade difere do pensamento conceitual.

Introdução

Este trabalho faz parte de uma tese de doutorado (SILVA, 2009), defendida em 2009, que teve por objeto os modos de uso e o processo de apropriação do conceito de elemento químico por estudantes do 8º ano do ensino fundamental em estudo sobre as transformações dos materiais. O interesse pelo conceito de elemento químico decorre, de um lado, da constatação da dificuldade que os estudantes apresentam em lidar com esse conceito fundamental, bem como das implicações trazidas para o desenvolvimento de idéias posteriores, mais complexas. O conceito de elemento químico e a distinção entre elemento e substância são fundamentais, por exemplo, para o desenvolvimento do modelo de reações químicas e inaugura um modo químico de falar e pensar sobre a constituição dos materiais. O uso indiscriminado do termo elemento químico pelos estudantes do ensino médio tem mostrado que a compreensão deles sobre as substâncias e os materiais não tem se desenvolvido de maneira adequada na educação básica.

A pesquisa foi realizada em uma escola da rede particular de ensino e na sala de aula de um professor que constrói um ambiente de aprendizagem que favorece as discussões e participação dos estudantes em inúmeras atividades.

No recorte aqui apresentado, analisamos as respostas dos estudantes a uma questão de pós-teste, após aplicação da seqüência de ensino.

Metodologia

O pós-teste foi aplicado a 18 estudantes sete meses depois de concluída uma sequência de ensino composta por dois capítulos do texto didático adotado¹: “Os Minerais e a Vida” e “Compreendendo as reações químicas”. Na questão escolhida

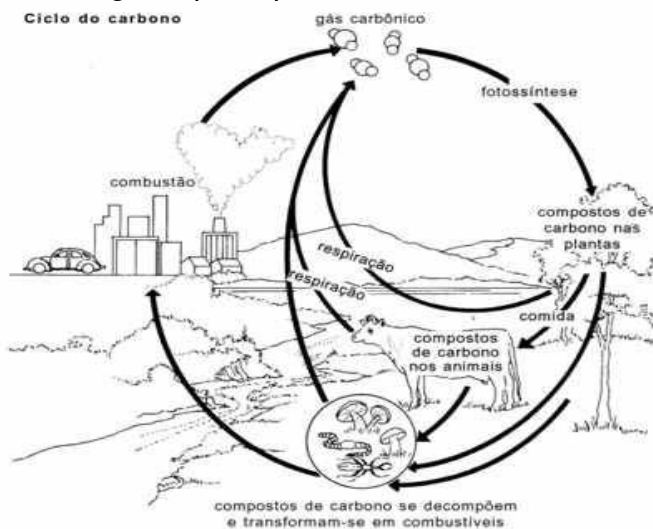
¹ APEC, Construindo Consciências, vol. 3. São Paulo: editora Scipione. Os autores do trabalho são co-autores desta coleção didática.

para análise identificamos relações mais diretas com o contexto e objeto de uma pesquisa mais ampla.

Na questão, que apresentamos a seguir, selecionamos alguns aspectos estruturais do texto de modo a reconhecer a apropriação, por parte dos estudantes, da linguagem social da ciência escolar. Examinamos, além disso, o conteúdo do texto, identificando a quantidade e possível origem dos erros conceituais eventualmente cometidos pelos estudantes.

Quadro 1: Questão 1 do pós - teste

Questão 1 - Observe a figura que representa o ciclo do carbono na natureza.



Redija um pequeno texto para explicar esse ciclo.

A questão pretendia oferecer um contexto significativo que demandava a noção de ciclo de materiais, transformações químicas e a distinção entre elemento químico e substância. No enunciado, a solicitação feita era a de um texto explicativo, referente aos processos indicados no diagrama, relativos ao ciclo do carbono. O diagrama continha vários nomes ou sintagmas nominais. Alguns desses indicam processos (ciclo do carbono, fotossíntese, respiração, combustão, entre outros), enquanto outros indicam classes de referentes, relativos a elementos observáveis (plantas, animais, comida, fábricas, cidades) e não diretamente observáveis (carbono, gás carbônico, compostos de carbono, etc). Vários desses elementos encontram-se nomeados na legenda interna da figura e, por essa razão, a tarefa proposta consistia em compor um texto coordenando os aspectos evocados de modo a explicar o ciclo do carbono.

O diagrama apresenta dificuldades conceituais de várias ordens: indica simultaneamente vários processos interdependentes que ocorrem em diferentes escalas de tempo e espaço; sobrepõe entidades empíricas e outras teóricas cujas relações não são evidentes e contém altíssima densidade léxica. Apesar disso, esperávamos textos um pouco mais articulados e consistentes do que aqueles que foram efetivamente produzidos por boa parte dos estudantes. Cabe ressaltar que na seqüência de ensino desenvolvida nas aulas de ciências os estudantes examinaram diagramas semelhantes, relativos aos ciclos do fósforo e do cálcio, e também realizaram estudos sobre o ciclo do carbono.

Referencial teórico

Para identificar o grau de uso e apropriação da linguagem científica pelos estudantes, examinamos alguns critérios, inspirados em análise semelhante feita por Mortimer, Vieira e Araújo (2009) baseados em elementos da gramática funcional de Halliday (1993). Fizemos uma adequação dos critérios utilizados por esses autores à natureza da tarefa proposta na questão. Ao final, utilizamos os seguintes critérios, comentados a seguir:

- Presença de nominalizações e metáforas gramaticais;
- Uso de verbos de relações;
- Uso dos termos elemento, substância e transformação;
- Uso de referentes empíricos (diretamente observáveis);
- Uso de referentes teóricos (não diretamente observáveis)
- Relação entre referentes empíricos e teóricos.
- Tipo de linguagem (científica ou cotidiana)
- Tipo de sequência textual predominante (narrativa, descritiva, explicativa ou argumentativa)

Uma das principais características do texto científico (e também do texto científico escolar) é a presença de processos nominalizados, o que confere grande densidade léxica ao texto. Segundo Halliday (1993), nesse contexto, a nominalização permite, ainda, estabelecer relações entre processos por meio de verbos ou expressões verbais. Nos textos que iremos examinar, parte desses processos nominalizados estão dados na figura que serve de pretexto ao texto a ser produzido. Assim, não é de admirar que todos os 18 textos produzidos usem nominalizações como: fotossíntese, respiração e combustão. Algumas dessas nominalizações resultam em metáforas gramaticais, mas nem todas elas.

Podemos exemplificar a presença ou ausência de metáforas gramaticais nos exemplos seguintes:

Sentença 1: “Por meio da respiração, os seres vivos liberam gás carbônico para a atmosfera”

Sentença 2: “ A respiração dos seres vivos libera gás carbônico para a atmosfera”

No primeiro caso, o sujeito da ação são os seres vivos, o agente que, por meio de um processo nominalizado (e de alta densidade léxica), libera CO₂ para a atmosfera. No segundo caso, o processo nominalizado (e abstrato) toma o lugar do sujeito da ação. Temos, então, uma metáfora gramatical, ou seja, a substituição de uma classe gramatical por outra.

As metáforas gramaticais ocorrem, ainda, quando os verbos expressam relações e não ações concretas dos sujeitos. Assim, o verbo ‘libera’ na sentença 2 relaciona a respiração, o gás carbônico e a atmosfera. Por essa razão, procuramos identificar, nos textos produzidos pelos estudantes, o tipo de verbo utilizado e a função que cumprem nos enunciados.

No caso do texto produzido no pós-teste, dado o caráter genérico da questão a ser respondida, não nos pareceu significativa a comparação de referentes específicos e classes de referentes, mas sim, entre referentes empíricos e referentes teóricos. Os

textos produzidos variaram em extensão, entre 14 e 87 palavras, com média de 48 palavras por texto.

Para examinarmos os tipos de sequência textual predominante caracterizamos a presença da narrativa, da descrição, da explicação ou da argumentação (BRONCKART, 1999). Para esse autor, as sequências descritivas são identificadas em textos que envolvem enunciados que se referem a um sistema, um objeto ou um fenômeno em termos de seus constituintes, suas propriedades ou dos deslocamentos espaço-temporais desses constituintes (BRONCKART, 1999; MORTIMER & SCOTT, 2003). As sequências narrativas, por sua vez, apresentam ações sucessivas de protagonistas, marcadas temporalmente, e que conduzem a uma tensão e a um clímax. Para Bronckart, as sequências explicativas são utilizadas para tratar de um aspecto que se considera problemático. De acordo com Mortimer & Scott (2003), a explicação recorre a algum tipo de mecanismo ou de modelo teórico para se referir a um sistema, objeto ou fenômeno. Finalmente, as sequências argumentativas apresentam enunciados que tratam de aspectos considerados controversos e pretendem convencer o interlocutor da validade de um ponto de vista em contraposição a outros.

Não encontramos, nas respostas dos estudantes à questão apresentada, sequências narrativas no sentido proposto por Bronckart, mas explicações que se assemelham a narrativas de acontecimentos como em uma 'estória', como sugere Ogborn et al (1996) e as denominamos 'explicações narrativizadas'. Alguns dos protagonistas dessa 'estória' são tomados da experiência cotidiana (plantas, animais, combustíveis, ar), agentes de ações específicas (comem, morrem, são queimados, utilizados, passam de um lugar a outro, etc). Outros protagonistas remetem a termos teóricos (gás carbônico, carbono, fotossíntese, combustão, etc), conectados por verbos de relação (liberam, absorvem, se decompõem, se transformam, etc).

Além de caracterizar o tipo de sequência predominante no texto, procuramos identificar, ainda, o tipo de linguagem, se científica, ou cotidiana. Os critérios que usamos para definir se o texto do estudante se aproxima da linguagem científica foram o uso de entidades abstratas (gás carbônico, carbono, moléculas, etc), a evocação de processos (fotossíntese, respiração, combustão, entre outros), o encadeamento conceitualmente correto entre tais processos, o uso dos verbos para estabelecer relações entre processos ou para descrever atributos das entidades evocadas no discurso. Ao contrário, os textos foram classificados como mais próximos da linguagem cotidiana quando evocam referentes empíricos, não fazem distinções entre referentes empíricos e abstratos, não articulam bem os elementos que deveriam compor a explicação e utilizam verbos para designar ações concretas.

Com esses critérios pretendemos identificar o grau de uso e apropriação da linguagem científica pelos estudantes.

Resultados e análise

A presença dos termos elemento, substância e transformação são representativos da aprendizagem dos estudantes, já que a sequência didática utilizada nesta pesquisa envolve o estudo desses conceitos. Entretanto, como mostra a tabela abaixo, o contexto da pergunta não evocou nos estudantes a necessidade de usar tais conceitos, embora seja possível reconhecer nas respostas o sentido a eles atribuído pelos estudantes.

Tabela 1 – Frequência de uso de termos ou expressões nas respostas à questão 1

Termo ou expressão	Processo nominalizado (PN), referente empírico (RE), referente teórico (RT), verbo de relação (VR)	Aparece no enunciado ou na legenda interna do diagrama? (número de ocorrências)	Frequência de uso (número de textos em que é usado, num total de 18 textos)	Frequência total (número de vezes que é usado em todos os textos)
Ciclo	PN	Sim (3)	6	8
Ciclo do carbono	PN	Sim (2)	1 (incluída em ciclo)	1
Gás carbônico / CO ₂	RT	Sim (1)	13	22 (14+ 8)
Oxigênio / O ₂	RT	Não	3	1/ 2
Fotossíntese	PN	Sim (1)	12	13
Respiração	PN	Sim (2)	8	13
Decomposição / fermentação	PN	Não	0	0/ 0
Transformação	PN	Não	0	0
Combustão	PN	Sim (1)	15	16
Decompõem / se decompõem	VR	Sim (1)	5	10 (5 + 5)
Transformam / transformam-se / são transformados	VR	Sim (1)	5	5 (2 + 2 + 1)
Combustíveis	RE	Sim (1)	6	6
Compostos de carbono	RT	Sim (3)	6	6
Átomos de carbono	RT	Não	1	1
Moléculas de carbono	RT	Não	1	1
Carbono	RT	Não	6 ²	11
Elemento	RT	Não	0	0
Substância	RT	Não	0	0
Plantas	RE	Sim	13	14
Animais	RE	Sim	11	14
Ar / atmosfera	RE	Não	8	14 (6 + 8)
Automóveis / Fábricas / cidades	RE	Não (figura)	2	3 (1+ 1+ 1)

A análise de frequência total de uso dos termos nas respostas dos estudantes (5ª coluna da tabela, em que contamos a presença dos termos no total dos 18 textos)

² Além de ciclo do carbono e compostos de carbono

indica que os referentes empíricos tiveram preferência nos enunciados dos estudantes: os 5 referentes empíricos (RE) foram utilizados 40 vezes (média de 8 por referente), enquanto os 10 referentes teóricos (RT) foram utilizados apenas 24 vezes (média de 2,4 por referente) e os 8 processos nominalizados (PN) estiveram presentes 40 vezes (média de 5 por processo citado). Entre os termos mais evocados nas respostas dos estudantes – combustão (15), gás carbônico (13), plantas (13), fotossíntese (12), animais (11) -, apenas dois deles não são diretamente ligados à percepção e à experiência cotidiana e quase todos são muito citados na abordagem que se faz sobre efeito estufa na mídia e nos textos didáticos.

Ficamos relativamente surpresos com a ausência dos termos “elemento”, “substância” e “transformação” nas respostas dos estudantes, o que revela que esses conceitos não são ainda familiares a ponto de serem evocados espontaneamente pelos estudantes em situações - problema. O que mais aproxima de apropriação da ideia de elemento químico é a frequência relativamente alta do termo “carbono” nas explicações dadas (13 respostas contêm expressões como ‘compostos de carbono’, ‘ciclo de carbono’, ‘carbono dos alimentos’ e outras). Apesar disso, como veremos na análise qualitativa, notamos um alto grau de indiferenciação entre os conceitos de elemento e substância nas respostas dadas.

Se considerarmos os critérios apontados por Bronckart (1999) veremos que a maior parte dos textos dos estudantes compõe sequências explicativas, seguindo o que foi solicitado no enunciado da questão (explicar o ciclo do carbono representado na figura). De fato, os estudantes parecem indicar mecanismos que esclareçam aspectos de um conceito tomado como potencialmente problemático.

Identificamos, entretanto, em alguns desses textos, sequências explicativas narrativizadas. Não se trata de uma narrativa clássica, geralmente apresentada com verbos no passado, descrevendo ações de personagens frente a situações complicadoras e que conduzem a um desfecho. Entretanto, de acordo com Ogbron et al (1996) contêm elementos de narrativa, quais sejam, articulação dos acontecimentos, geralmente em ordem cronológica, apresentando início, meio e fim, relacionados a um tema. A narrativa pode servir a inúmeros propósitos: para explicar, exemplificar ou, simplesmente, narrar algo memorável. No caso dos textos dos estudantes em resposta à questão 1, boa parte deles utiliza elementos de narrativas para explicar um processo (o ciclo do carbono).

Em outros casos, os estudantes utilizam os constituintes da figura apresentada na questão e estabelecem descrições dos acontecimentos baseando-se em pares de referentes (plantas/ animais – compostos de carbono/ indústrias) ou de modo mais completo, considerando todo o ciclo representado na figura. Muitas vezes, como apresentaremos a seguir, os estudantes não conseguem estabelecer relações entre os constituintes e descrevem apenas a figura, sem incorporar em suas respostas, os conceitos demandados para a explicação do ciclo.

Como veremos, todos os textos produzidos pelos estudantes, em resposta a questão 1 do pós-teste, utilizaram o tempo presente. Isso nos parece natural dada à natureza abstrata do problema proposto, que não contém vínculos imediatos com experiências diretas e pessoais dos estudantes.

O quadro a seguir apresenta dados referentes à análise dos aspectos tipo de linguagem nas respostas dos 18 estudantes à questão 1 do pós-teste.

Quadro 2: Tipo de linguagem nas respostas dos estudantes à questão 1 do pós – teste

Tipo de linguagem (nº de estudantes)	Científica: 3	Explicação narrativizada	Descrição	Explicação demonstrativa
			2	0
	Cotidiana: 15	Explicação narrativizada	Descrição	Explicação demonstrativa
		10	5	0

Sobre o tipo de linguagem, a maioria dos estudantes utiliza a explicação narrativizada em suas respostas. Pelo fato da questão apresentar uma figura referente ao ciclo do carbono, alguns estudantes utilizaram a linguagem descritiva valendo-se dos elementos nomeados e representados na figura. O texto explicativo clássico, demonstrativo, está presente em apenas uma resposta.

Os exemplos de respostas e suas análises

A seguir apresentamos seis exemplos de respostas diversas dos estudantes a essa questão. Os três primeiros exemplos são aqueles que apresentaram linguagem que mais se aproximou do padrão do texto científico escolar. Consideramos assim devido à identificação nestas respostas de uma maior articulação entre os eventos, uso adequado de verbos de relação e um uso mais frequente de referentes abstratos de modo adequado à explicação proposta, na forma narrativa ou demonstrativa. Os demais exemplos apresentam graus diversos de respostas com padrões que identificamos como mais próximos à linguagem cotidiana.

Primeiro exemplo: linguagem científica / texto explicativo narrativizado

Com a combustão e a respiração dos seres vivos há liberação de CO₂ na atmosfera. Com a fotossíntese as plantas absorvem o CO₂ e formam a glicose. Quando os animais comem, o carbono passa a fazer parte deles e volta para a atmosfera através da respiração. Quando os seres vivos morrem os compostos de carbono se decompõem e viram combustíveis. Esses combustíveis são usados para fazer combustões e assim liberam CO₂ na atmosfera. Assim, isso acontece tudo de novo, formando um ciclo. (Guilherme)

Consideramos que a ideia de ciclo está presente, como fio condutor do texto, conectando os eventos narrados. Identificamos nessa resposta a presença da narrativa com uma boa articulação dos acontecimentos criando uma ação completa com uso de verbos e relação que compõem início/meio/fim utilizando os constituintes da figura apresentada. O estudante utiliza vários referentes abstratos – tais como CO₂, glicose, carbono, compostos de carbono e ciclo – importantes na construção da história científica que se configura no contexto do ciclo do carbono. Algumas expressões utilizadas pelo estudante já são mencionadas na figura como: combustão, respiração, fotossíntese, compostos de carbono e combustíveis. Consideramos assim que o uso dessas na construção da resposta destaca-se pelo modo adequado nas relações causais que ele estabelece. Nas frases - “Com a combustão e a respiração dos seres

vivos há liberação de CO_2 na atmosfera” e “Com a fotossíntese as plantas absorvem o CO_2 e formam a glicose” – verificamos o uso de nominalizações e de verbos como elementos de ligação entre processos (respiração e liberação de gás carbônico; fotossíntese e formação de glicose), características dos textos científicos. Em seu texto, com 82 palavras, o estudante utiliza a ideia de transformação nos verbos de relação “formam” e “viram”. Esse último verbo, a nosso ver, evoca a ideia de transmutação.

Segundo exemplo: linguagem científica / texto científico demonstrativo

Este ciclo mostra que as moléculas em que há carbono não se criam nem se perdem, modificam-se. Nele o carbono dos alimentos são expirados e liberados da combustão, depois são utilizados pela fotossíntese de plantas...Por isso podemos considerar que até um átomo de carbono que fez parte de um dinossauro possa fazer parte de nós. (Gustavo)

Esse texto, mais curto e sintético do que o anterior (55 palavras), também apresenta-se como evidência de apropriação e uso de linguagem científica. Os termos e ideias são abstratos, com atributos específicos desligados da experiência cotidiana e bem articulados em uma explicação que, ao contrário da anterior, não se limita a narrar uma cadeia linear de acontecimentos. Ao contrário, vemos aqui elementos de uma explicação genuína, que se inicia com a evocação de um princípio abstrato – a conservação do constituinte carbono. Em seguida, o estudante evoca processos como fotossíntese, respiração (não explicita no texto, mas talvez evocada ao falar do carbono sendo ‘expirado’) e combustão para demonstrar e concluir (com uso do conectivo lógico ‘por isso’) que um átomo carbono que fez parte de um dinossauro, poderia hoje constituir nosso próprio corpo. Esta é uma característica marcante dos textos científicos escolares que apresentam generalizações, explicam partes e finalmente concluem apresentando novos contextos. Além do uso de conectivos lógicos, observamos também o emprego de referentes específicos abstratos como molécula e átomo e do referente carbono. O texto apresenta uma incorreção conceitual, ao atribuir a conservação às ‘moléculas em que há carbono’ e não aos átomos de carbono. Esse texto evidencia, portanto, um conceito em formação, ainda incompleto e potencialmente fonte de erros e lacunas, mas com um potencial heurístico que inaugura um olhar diferenciado para o mundo em que vivemos. Indica, ainda, uma capacidade de manejar ideias abstratas por meio de raciocínio lógico-dedutivo, incomum nessa idade e período de escolarização.

Terceiro exemplo: linguagem científica / texto explicativo narrativizado

Do gás carbônico existente no ar, as plantas o utilizam para a fotossíntese. A planta libera O_2 que é usado na respiração humana que volta para o ar. A planta passa para seres humanos o carbono através da alimentação e os animais, como respiram e comem plantas, possuem carbono assim passando para os seres humanos quando é comido. Nas cidades também há liberação do carbono através de duas maneiras: Combustão dos automóveis e respiração humana. Assim o carbono volta para o ar, que é utilizado pelas plantas...(Norma)

Assim como os dois primeiros textos, consideramos, nessa resposta também, a predominância da linguagem científica e, assim como o primeiro, a presença da explicação narrativizada. Identificamos o uso e importância atribuída aos referentes abstratos – gás carbônico, O_2 , carbono, compostos –, articulados com outros referentes mais próximos às experiências cotidianas – plantas, seres humanos, ar e combustíveis. Ocorre ainda o uso dos processos nominalizados – respiração, fotossíntese e combustão – que evidenciam uma aproximação da linguagem científica. Nota-se, entretanto, menor articulação de ideias do que os textos anteriores. O texto apresenta erros conceituais que podem ser interpretados de duas maneiras. A primeira interpretação é de que a origem de tais erros estaria na indiferenciação entre a substância (gás carbônico) e um de seus constituintes (o átomo de carbono). A outra interpretação é a de que a aluna complica-se ao produzir um texto com alta densidade léxica e encadeamento de ideias. Ao passar de um referente a outro, nas relações que vai estabelecendo sequencialmente, ela não utiliza adequadamente os pronomes, resultando em frases que ficam com sujeito indefinido. Por exemplo, na frase “A planta libera O_2 que é usado na respiração humana que volta para o ar” não sabemos o que a aluna diz voltar para o ar: seria o oxigênio, o gás carbônico (mencionado anteriormente) ou o carbono (evocado no título da figura)?

Admitindo a hipótese de erros conceituais, consideramos a possibilidade da ideia de transformação ser dada, para a estudante, como passagem do carbono, como na frase: “A planta passa para seres humanos o carbono através da alimentação e os animais, como respiram e comem plantas, possuem carbono assim passando para os seres humanos quando é comido”. Entretanto, como o texto é lacunar, é possível admitir que o modo de dizer da aluna não explicita as transformações que a transferência de carbono, de uma parte a outra do sistema, deveria evocar.

Para os outros tipos de respostas, apresentamos, como exemplo, o uso da linguagem cotidiana com sequência textual explicativa em que predominam, ora a narrativa, ora a descrição.

Quarto Exemplo – linguagem cotidiana/ texto narrativo

O CO_2 encontrado nas plantas que são alimentos a outros seres que por respiração solta um pouco de CO_2 para o ar e quando morrem viram combustíveis usados pelos seres humanos e pela combustão são jogados no ar. (Rafael)

Identificamos nesse texto, de 38 palavras, o uso predominante da linguagem cotidiana: quase todos os referentes são ligados a experiências cotidianas (plantas, alimentos, seres vivos, combustíveis e seres humanos); os verbos designam ações concretas desses seres ou materiais (são encontrados, morrem, viram, são usados, jogados...); há poucas nominalizações (respiração, combustão) e referentes abstratos (CO_2).

Nota-se, ainda, a fraca relação entre os acontecimentos narrados, o que diminui o potencial explicativo do texto. A ideia de transformação aparece como transmutação e a ideia de ciclo como passagem, sem transformações, o que caracteriza o carbono e o CO_2 como constituintes indiferenciados. Entretanto, assim como o texto anterior, parte desses erros pode ser atribuída às dificuldades do estudante em produzir um texto escrito com tantas e tão complexas relações em um todo coerente. Se decomposmos o texto do estudante, isolamos frases relativamente

consistentes, mas com fraca coesão entre si: 1. O CO₂ é encontrado nas plantas; 2. [as plantas] são alimentos a outros seres [vivos]; 3. [os seres vivos], por respiração, soltam um pouco de CO₂ para o ar; 4. quando morrem, [os seres vivos] viram combustíveis; 5. [os combustíveis] são usados pelos seres humanos; 6. pela combustão, [o CO₂] são jogados no ar. Além dos conectivos, na última frase, não fica claro o que é lançado ao ar pela combustão: se os combustíveis ou o CO₂ evocado no início do texto.

Quinto exemplo – linguagem cotidiana/ texto descritivo

Que primeiro passa pelo processo de combustão e vira gás carbônico, vira fotossíntese, vai para as plantas vira comida, os animais comem e vai para as indústrias. (Pedro)

Consideramos esse exemplo de resposta como o que ocorre o uso da linguagem cotidiana, mas que os elementos que compõem o texto não são narrados, antes descritos a partir da figura, como que apontando para cada um deles. Os recursos linguísticos são ainda mais limitados do que no exemplo anterior e a linguagem aproxima-se mais da linguagem oral do que da linguagem escrita, sem o refinamento desta.

Encontramos o uso de referentes abstratos – gás carbônico e carbono - e referentes empíricos – plantas, comida e indústrias –, mas não há evidências de familiaridade com os primeiros. O estudante não diferencia processos, como fotossíntese, de substâncias ou coisas, como gás carbônico e plantas. A ideia de transformação é associada à ideia de transmutação com o uso do verbo – *vira*. O uso da expressão “*primeiro*” e as relações em pares caracterizam a descrição da figura. A ideia de ciclo aparece apenas como passagem do constituinte gás carbônico de um sistema para o outro e não há diferenciação entre o carbono e o gás carbônico. O texto é lacunar e o uso dos verbos “*va*” e “*vira*” escondem o constituinte da qual a matéria é formada. O uso dos pronomes e conectivos é inadequado e, como resultado, não conseguimos identificar o que “vai para as indústrias” e o que “vira fotossíntese”, ou o que “vira comida”.

Sexto exemplo – linguagem cotidiana/ texto explicativo com mescla de narração e descrição

Da combustão vai para o gás carbônico e vai para a fotossíntese que vai para a árvore que é o composto de carbono nas plantas depois a vaca come e depois ela faz coco e cai na planta e vai pra a respiração. (Samuel)

Na resposta do Samuel, encontramos o uso da linguagem cotidiana com predominância do texto narrativo com forte presença da descrição dos constituintes da figura. O estudante estabelece uma cadeia de relações – *que vai; depois* - com fraca articulação entre os acontecimentos, mas que compõe relações temporais. Ocorre o uso de referentes abstratos – gás carbônico e composto de carbono –, mas predominam os referentes empíricos – árvore, plantas, vaca e coco. Os processos nominalizados – combustão, fotossíntese e respiração – estão presentes, sem compor as metáforas gramaticais e sem uma diferenciação entre processos (fotossíntese) e substâncias (CO₂) ou objetos (árvore). A ideia de transformação está associada à de

transmutação por meio do uso do verbo “ir”. Toda a resposta é acompanhada por erros conceituais, como por exemplo, o uso indiferenciado de carbono e gás carbônico.

Conclusões

Esperávamos que os estudantes, ao explicar o ciclo do carbono na questão 1, utilizando o diagrama como suporte, utilizassem, em seu texto, os conceitos estudados como elemento químico, substância e transformação. Mas deparamo-nos com um grande número de respostas que descrevem a figura utilizando os seus constituintes e alguns processos muito presentes no ensino de ciências que são a fotossíntese, a respiração e a combustão. O conceito de elemento químico, a nosso ver, não foi utilizado explicitamente nas respostas porque ainda não está consolidado no repertório dos estudantes. A maioria deles utilizou o gás carbônico como substância que contém o carbono sem, no entanto, explicitar o carbono como seu constituinte, considerando carbono e gás carbônico como se fosse a mesma entidade.

O quadro a seguir indica a frequência relativa de erros conceituais identificados nesta questão do pós-teste. Nele, podemos identificar a alta frequência da indiferenciação entre o elemento carbono e o gás carbônico, a identificação do ciclo como passagem (sem transformação) e a noção de transformação como transmutação, ou seja, sem referência a grandezas ou entidades que se conservam no processo. Parte desses erros conceituais, como vimos, pode ser atribuída à complexidade da questão e dos elementos que compunham o diagrama apresentado no enunciado, assim como às dificuldades de uso, por parte dos estudantes, de textos explicativos com alta densidade léxica e grande número de relações envolvidas. Em contextos mais simples em outros momentos da sequência de ensino, esses erros conceituais tiveram menor frequência.

Quadro 3: Frequência dos erros conceituais nas respostas à questão 1 do pós-teste

Erros conceituais	Frequência (total = 18 respondentes)
Indiferenciação entre carbono e gás carbônico	12 (67%)
Transformação como transmutação	12 (67%)
Ciclo como passagem (sem transformação)	11 (61%)
Gases da atmosfera são transformados pelas plantas em oxigênio	3 (17%)

Concluimos que, em boa parte dos textos apresentados, os estudantes parecem se valem de complexos e não de conceitos verdadeiros (VYGOTSKY, 2001) ao responderem a questão proposta. Para Vygotsky, a necessidade de uma referencialidade concreta é uma característica associada ao pensamento por complexos. Nos textos apresentados, os estudantes apóiam-se em substâncias conhecidas – gás carbônico, glicose – ou coisas – plantas, indústrias, atmosfera, combustíveis – para compor generalizações. Ao mesmo tempo, utilizam referentes

abstratos – átomo, molécula, elemento – e estabelecem vínculos parciais, por estarem fora do seu contexto prático. Como vimos nos últimos exemplos, o uso desses referentes em si não garante a apropriação dos conceitos. Como alerta Vygotsky, mesmo os três estudantes que, em suas respostas a essa questão, apresentaram sequências textuais próximas da linguagem científica, usam as palavras de modo adequado, mas podem apresentar operações mentais diferentes daquelas que são necessárias no uso do conceito científico.

Apesar disso, pensamos que os conceitos científicos estão se constituindo nesse processo e há progressos nos modos de falar e pensar dos estudantes. Os dados aqui apresentados indicam a complexidade do processo de formação de conceitos e a necessidade de estabelecermos metas de longo prazo, com recursividade no currículo da educação básica, para apropriação dos mesmos pelos estudantes.

Destacamos, ainda, a diversidade do desempenho dos estudantes na tarefa e concluímos que ela pode ser valiosa para permitir o desenvolvimento de formas científicas de falar e pensar sobre o mundo nas salas de aula de ciências.

Em alguns dos textos, aliado à questão do uso e apropriação da linguagem científica, se coloca aos estudantes um desafio mais geral: o domínio da estrutura da língua escrita (uso de pronomes, pontuação e coesão textual entre outros aspectos). Portanto, professores de ciências devem dedicar especial atenção não apenas com o letramento científico, mas com o letramento dos estudantes, em geral, tarefa de todos educadores.

Referências Bibliográficas

BRONCKART, J. P. Atividade e linguagem, textos e discursos: por um interacionismo sócio-discursivo. Tradução Anna Rachel Machado, Péricles Cunha. São Paulo: Educ., 1999.

HALLIDAY, M. A. K.; MARTIN, J. R. Writing science: literacy and discursive power. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press, 1993.

MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. Meaning making in secondary science classrooms. Maidenhead: Open University Press, 2003.

MORTIMER, E. F.; VIEIRA, Ana, C. R.; ARAÚJO, Angélica O. Letramento científico em aulas de química para o ensino médio. [S. l.: s.n.], 2009.

OGBORN, J. et al. Explaining science in the classroom. Buckingham: Open University Press, 1996.

SILVA, N.S. Modos de uso e o processo de apropriação do conceito de elemento químico por estudantes do ensino fundamental. Tese (Doutorado) – Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.