

Mariana de Carvalho Capistrano Cunha

***“Eu como porque eu preciso comer”*: Idéias e Analogias de Crianças do
Ensino Fundamental sobre Sistema Digestório e Nutrição**

Belo Horizonte

2008

Mariana de Carvalho Capistrano Cunha

***“Eu como porque eu preciso comer”*: Idéias e Analogias de Crianças do
Ensino Fundamental sobre Sistema Digestório e Nutrição**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação da Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Educação.

Linha de Pesquisa: Educação e Ciências.

Orientadora: Profa. Dra. Rosária da Silva Justi.

Belo Horizonte

Faculdade de Educação da UFMG

2008

Dedico esse trabalho aos meus pais, Horácio e Myrian.

Agradecimentos

Agradeço aos meus pais, sempre em primeiro lugar, por tornarem possível mais uma etapa da minha vida. A minha mãe, em especial, pela dedicação e amor de uma vida e pela compreensão nos momentos difíceis dessa caminhada. E ao meu pai por ser sempre um exemplo a ser seguido, pelo caráter e determinação.

A minha irmã, Carol, por compreenderem o caminho que escolhi percorrer.

A Rosária, minha orientadora, que me acolheu no grupo e aceitou o desafio de explorar o mundo das crianças. Obrigada também por todos os momentos de aprendizagem que me fizeram amadurecer profissionalmente.

A Jô, sempre um exemplo na minha vida, pela disponibilidade de discutir e conversar as minhas idéias e pelas palavras de incentivo e carinho.

Aos colegas do Núcleo de Pesquisa em Ensino de Ciência, Poliana, Vinícius, Paula, Kris, Nilmara e Ariadne, pela colaboração em várias etapas dessa pesquisa. As tardes de sexta-feira não serão mais as mesmas sem os nossos encontros. E à Naira, pelo apoio técnico.

Aos colegas do grupo INOVAR.

A todas minhas amigas e familiares pelos momentos de distração e por compreenderem os momentos em que eu estive ausente.

A todas as crianças que participaram dessa pesquisa com dedicação.

Ao Lucas, João e Geraldinho por me despertarem curiosidade e fascinação pelo mundo das crianças. Sem dúvida, vocês são especiais em minha vida e foram importantes nessa etapa que concluo agora.

À CAPES pelo apoio financeiro.

Resumo

Os objetivos dessa pesquisa são identificar e interpretar modelos elaborados por crianças do ensino fundamental para o aparelho digestório, a digestão e a nutrição. Além disso, procuramos identificar as comparações estabelecidas e os conhecimentos são mobilizados por elas para realização dessa operação.

Optamos por entrevistar vinte e quatro crianças dos 7 aos 11 anos de idade que freqüentavam da segunda à quinta série do ensino fundamental. Elas foram entrevistadas duas vezes. Na primeira entrevista, foi pedido a elas que falassem sobre o caminho que os alimentos percorrem dentro do corpo. A partir dessa pergunta, a entrevista prosseguia com o objetivo de mapear as idéias que os alunos tinham sobre os temas de nosso interesse. Na segunda entrevista, optamos por assistir, juntamente com cada criança, a primeira entrevista realizada e questioná-la sobre suas idéias anteriores. Isto contribuiu para a validade dos dados obtidos e para aumentar a confiabilidade das nossas interpretações daqueles dados. As entrevistas foram gravadas em áudio e vídeo e transcritas. Analisando as transcrições foi possível identificar modelos para aparelho digestivo, digestão e nutrição e os modelos dos alunos foram analisados e agrupados em um segundo nível de comparação através do estabelecimento de categorias. As comparações propostas pelos participantes foram analisadas a partir dos tipos de características eleitas por eles para relacionar os elementos que formavam cada comparação.

Os modelos de aparelho digestório construídos por eles eram bastante simples, e todos incluíam o estômago. Os participantes tiveram mais dificuldade em expressar os modelos de digestão e nutrição, talvez devido aos conhecimentos abstratos envolvidos. Concluímos que as comparações feitas pelos participantes são, na maioria, comparações superficiais de aparência, e que elementos da experiência não-escolar são os mais utilizados como domínios fonte.

Abstract

This researcher aims at identifying and analysing digestive system, digestion and nutrition models hold by elementary school children. We also try to identify the comparisons they made and the kind of knowledge they use to operate them.

Twenty four school children from 7 to 11 years old were interviewed twice. During the first interview, they were asked to talk about the way the food they eat go through their bodies. From the answer to this question, the interview went on to map the participants' ideas about others interest topics. In the second interview, we opted to show the video of the first interview to the child and to questions them about his/her previous ideas. This contributed to validate the data previously gathered and to increase the reliability of our analysis. The interviews were recorded in audio and video and then transcribed. After the analysis of the transcripts we came out with categories to the models of digestive system, digestion and models. The participants' comparisons were analysed by the characteristics chosen to relate the elements that compound each one.

The majority of the models of digestive system presented by the participants were very simple, and the stomach was always present. The models of digestion and nutrition were the most difficult for them to express, perhaps due to the fact that they hold abstract ideas. We concluded that the majority of the students' comparisons were made considering superficial attributes of the elements, and that the non-school knowledge was more frequently used as the source domains.

Sumário

AGRADECIMENTOS	iv
RESUMO.....	v
ABSTRACT	vi
SUMÁRIO	vii
Capítulo 1. Introdução	1
Estrutura da dissertação	5
Capítulo 2. Revisão da Literatura	6
O ensino de ciências a partir das últimas décadas do século XX. O que mudou?.....	6
Um breve panorama sobre as concepções infantis sobre corpo humano.....	10
Modelos e modelos de ensino.....	15
Analogias e raciocínio analógico.....	16
Analogias no ensino de ciências	23
Questões de Pesquisa	28
Capítulo 3. Metodologia	30
Amostra.....	30
Coleta de dados	32
Análise de dados	37
Capítulo 4. Resultados	40

Modelos de aparelho digestório.....	40
Modelos de digestão.....	53
Modelos de nutrição.....	65
Analogias.....	74
Capítulo 5. Conclusões e Implicações.....	100
Questão 1. Que modelos as crianças elaboram para aparelho digestório, digestão e nutrição?	100
Questão 2. Como esses modelos se relacionam?	104
Questão 3. Que analogias as crianças são capazes de elaborar durante a explicitação de seus conhecimentos sobre aparelho digestório, digestão e nutrição?	109
Implicações desta pesquisa	113
Referências Bibliográficas.....	Erro! Indicador não definido.
Anexos	120
Anexo 1. TCLE assinado pelo diretor da escola na qual a pesquisa foi realizada.....	120
Anexo 2. TCLE assinado pelos alunos participantes da pesquisa e por seus responsáveis	123

Capítulo 1. Introdução

O interesse pela pesquisa com analogias em ciências começou há cerca de quatro anos, enquanto cursava o curso de Especialização em Ensino de Ciências oferecido pelo Centro de Estudos em Ciências e Matemática de Minas Gerais/CECIMIG da Faculdade de Educação da UFMG. No fim do curso, como monografia, apresentei um trabalho que tinha como título: “Uso de Analogias em Livros Didáticos de Ciências para as Séries Iniciais do Ensino Fundamental”. Nesse trabalho identifiquei e classifiquei analogias encontradas em duas coleções de livros didáticos de ciências destinadas às primeiras séries do ensino fundamental. A essa análise sucederam-se entrevistas, nas quais solicitamos a interpretação de crianças para dois exemplos de analogias extraídos de livros. Concluímos que os processos de interpretação dos indivíduos sempre vão influenciar a compreensão de uma analogia, ou seja, cada um pode interpretar uma analogia a partir dos seus esquemas e modelos mentais que lhes são particulares e dependentes de fatores diversos, inclusive a experiência e realidade de cada um. Essa interpretação pode constituir um obstáculo à aprendizagem do conteúdo pretendido se for diferente daquela pretendida pelo autor da analogia ou se as analogias forem consideradas cópias fiéis da realidade, em vez de assumirem a função de ligação entre um domínio e outro (Andrade, Zylbersztajn, & Ferrari, 2000).

Os três termos, analogia, metáfora e modelo, podem ser usados na literatura de pesquisa em Ensino de Ciências “de forma imprecisa e até permutável” (Contenças,

1999). Por este motivo, torna-se necessária a definição de cada um desses termos para os objetivos deste trabalho.

As analogias, entendidas como recursos de linguagem, são comparações explícitas entre domínios, análogo e alvo (Duit, 1991). Embora haja muitas definições de analogia na literatura, todas elas têm em comum essa relação entre partes de dois domínios conceituais, o análogo e o alvo. O análogo é o domínio conhecido, que têm as relações entre seus componentes comparadas com as relações entre os componentes do domínio alvo a ser entendido. Sendo assim, uma analogia pode ser compreendida como uma relação entre relações.

A metáfora é uma comparação implícita. A essência da metáfora parece ser que os parâmetros da comparação estão escondidos (Duit, 1991).

A metáfora está muito presente nas ciências, principalmente na Biologia. Um exemplo muito conhecido do uso de metáforas nas teorias da Biologia é encontrado no campo da genética.

... a linguagem deste ramo do conhecimento possui inúmeras expressões metafóricas que se tornaram suficientemente conhecidas. Algumas delas são facilmente identificadas como tal, mas outras, pelo facto de fazerem já parte da linguagem técnica específica desta área da ciência ou por parecerem menos imediata a sua origem, já não são reconhecidas como metáforas. (Contenças, 1999, p.99)

Com a descrição da dupla hélice de ADN por Watson e Crick em 1953, tornou-se necessária a apropriação de termos de outras ciências, em especial da comunicação, para a elaboração das teorias da síntese de proteínas. Como exemplo do uso de metáfora pela genética, podemos citar o termo código. Segundo ainda Contenças, a palavra código, utilizada pelos sistemas de telecomunicações, foi pela primeira vez

apropriada no contexto da genética por Schrödinger, em 1944, no seu livro *O que é Vida?*. No livro, o autor refere-se aos cromossomos como contendo “numa espécie de código o padrão completo do desenvolvimento do futuro do indivíduo e do seu funcionamento na fase adulta.” Além desse exemplo, outros termos em genética são metaforizados pela teoria na Biologia, como tradução, informação, etc.

Modelos explicativos são representações analógicas que permitem materializar uma idéia ou conceito, tornando-os mais assimiláveis. É um elemento facilitador – ajuda o indivíduo a superar obstáculos (Giordan & de Vecchi, 1996). As analogias são um tipo de modelo explicativo.

Entretanto, quando metáforas, modelos explicativos ou analogias não são introduzidos de maneira coerente e também de acordo com o público que se têm, eles podem se transformar em obstáculos à apropriação do conhecimento científico.

A partir dessas reflexões, começamos a pensar em como seria se as próprias crianças tivessem a oportunidade de criar as suas analogias ao invés de serem apresentadas a elas e em seguida interpretarem, ao seu modo, o que propôs o professor ou o autor do livro. A princípio, havíamos elegido a temática astronomia como ponto de partida para as nossas entrevistas, mas o estudo piloto realizado mostrou que a possibilidade dos participantes estabelecerem apenas comparações entre formatos seria maior do que a possibilidade de eles estabelecerem também relações entre funções e comportamentos, por exemplo. Além disso, existe vasta bibliografia a respeito das concepções infantis sobre astronomia. Assim, o foco dessa pesquisa voltou-se para a área de Biologia. Nela tivemos como objetivos identificar (i) as analogias propostas pelos participantes para digestão e nutrição e (ii) as possíveis

influências que os modelos mentais sobre aparelho digestório, digestão e nutrição teriam sobre a elaboração das analogias. A temática digestão e nutrição foi escolhida pelos fatores enumerados a seguir:

- Por fazer parte de um tema abrangente: o corpo humano. O ensino tradicional sobre corpo humano é fragmentado; o aluno aprende cada sistema separadamente e depois tem que integrar os fenômenos que ocorrem em cada um deles. Essa integração é complexa e raramente é atingida ou mesmo trabalhada com alunos do ensino fundamental.
- Por estar no currículo da 1ª à 8ª série do ensino fundamental, mesmo que de maneira variada. Por exemplo, nas primeiras séries é mais comum que o aluno aprenda a conhecer o próprio corpo e as perspectivas possíveis. Já na 5ª série, tradicionalmente, a anatomia e as funções dos sistemas são trabalhadas em sala de aula.
- Por contribuir formação para a formação de sujeitos críticos e conscientes, o que é um dos objetivos propostos para o ensino de ciências atualmente . Cidadãos que devem ser capazes de aplicar os conhecimentos científicos no cotidiano, para melhorar as condições do ambiente em que se encontram e os seus comportamentos. Dentre esses comportamentos, a escolha por uma vida saudável requer conhecimento do funcionamento do seu próprio corpo.
- Por se tratar de um assunto que faz parte do cotidiano de todos, crianças e adultos, mesmo fora do contexto escolar. Por isso, há muitas crenças do senso comum, que não precisam ser eliminadas e, sim, reestruturadas.

Estrutura da dissertação

No capítulo 2, apresentamos uma revisão dos temas ensino de ciências, ensino de digestão e nutrição e, por último, discutimos idéias sobre modelos e analogias a partir de diferentes pontos de vistas de diversos autores. A partir desta revisão, apresentamos as questões de pesquisa que nortearam o desenvolvimento deste trabalho.

No capítulo 3, apresentamos a metodologia utilizada para a coleta e análise de dados necessários para discutir as questões da pesquisa.

No capítulo 4, apresentamos e discutimos os resultados de nossa pesquisa. Iniciamos o capítulo com a discussão sobre os modelos de aparelho digestório apresentados por cada um dos entrevistados e, em seguida, apresentamos suas idéias sobre digestão e nutrição. Por último, apresentamos as comparações estabelecidas pelos participantes durante as entrevistas. Ao discutirmos as comparações, tentamos estabelecer relações entre os modelos apresentados e as comparações criadas.

O último capítulo é dedicado às conclusões e implicações dessa pesquisa na educação em ciências. Tentamos relacionar os modelos entre si e com as comparações criadas. E ainda, tentamos relacionar os modelos às idades dos participantes e às comparações apresentada durante as entrevistas.

Capítulo 2. Revisão da literatura

O ensino de ciências a partir das últimas décadas do século XX. O que mudou?

No cenário de pesquisa em educação em Ciências, é reconhecida a revolução sofrida no ensino após o lançamento do foguete Sputnik pelos soviéticos, em 1959. Em tempos de guerra fria, os governantes dos Estados Unidos da América creditaram essa derrota na corrida espacial à falta de bons cientistas no país. A solução encontrada foi o investimento na formação de uma elite intelectual, a partir do ensino secundário. Para que isso acontecesse, grupos de pesquisadores de universidades em parceria com o governo elaboraram projetos de física, química, biologia e matemática, mundialmente conhecidos pelas suas respectivas siglas: PSSC (Physical Science Study Committee), CBA (Chemical Bond Approach), BSCS (Biological Science Curriculum Study) e SMSG (Science Mathematics Study Group) (Krasilchik, 2000).

Esses projetos influenciaram o ensino de ciências em muitos países, inclusive no Brasil. Entretanto, a excelência dos materiais não impediu que eles fossem duramente criticados. Argumentava-se, principalmente, que os materiais não eram adaptados, ou insuficientemente adaptados, às diferentes realidades do sistema educacional brasileiro (Wykrota, 1998).

Os responsáveis pela a educação no Brasil, e também dos Estados Unidos, acreditavam que a simples utilização dos melhores recursos didáticos garantiria a aprendizagem dos conteúdos científicos (Filocre, Gomes, & Borges, 1996). O que se observou nos anos seguintes à implementação desses e de outros projetos (por

exemplo, Nuffield, da Inglaterra) foi que o conhecimento sobre fenômenos científicos dos estudantes progrediu pouco. Ou seja, os projetos, apesar de terem excelentes recursos, fracassaram na realidade escolar, frustrando seus idealizadores e o governo.

Segundo Krasilchick (2000), após esse episódio, as tendências de ensino acompanharam outras mudanças na ordem mundial:

... o fim da guerra fria e o agravamento dos problemas sociais e econômicos – foi incorporada a competição tecnológica, levando a exigir que os estudantes tivessem preparo para compreender a natureza, o significado e a importância da tecnologia em sua vida como indivíduos e como membros responsáveis da sociedade. Para tanto os cursos deveriam incluir temas relevantes que tornassem os alunos conscientes de suas responsabilidades como cidadãos... (Krasilchik, 2000, p.89)

Em tempos de globalização, a concepção de ciência não é mais a de uma atividade neutra e sim a de uma atividade com implicações sociais. Espera-se que, nesse mundo globalizado, os indivíduos sejam críticos. Para tanto, o papel da escola seria fundamental na formação desses cidadãos.

Mas, qual seria o papel do ensino de ciências na formação de cidadãos? Na realidade em que vivemos, o conhecimento científico torna-se cada vez mais presente no cotidiano de todos, mas nem por isso estamos conscientes da importância deste tipo de conhecimento – que, destacamos, não é superior a nenhum outro tipo, mas tem características próprias.

Questões sobre a utilização de embriões humanos em pesquisas de laboratórios estiveram recentemente em discussão na mídia, no Congresso Nacional e na justiça brasileira, visando a modificação das leis de biossegurança do nosso país. A respeito de temas como esse, nós, cidadãos, temos que ser capazes de opinar e decidir

pelo que acharmos melhor para a nação e não só para alguns setores, religiosos, científicos ou políticos.

Qual seria o papel da escola e do aluno nas discussões sobre o aquecimento global? As alterações climáticas em todo o mundo, creditadas por muitos cientistas, políticos e ativistas à atividade humana, colocaram em evidência o caráter político da ciência, abandonando de vez a neutralidade diante de decisões sociais, políticas e econômicas. Embora decisões a respeito de temas tais como os citados anteriormente sejam difíceis até para especialistas e o conhecimento científico por si só não garanta ou subsidie determinada escolha (Millar, 1996), o modo de pensar e proceder científico pode desenvolver a capacidade crítica e a autonomia das pessoas, características indispensáveis ao controle social da atuação da própria ciência.

Uma pesquisa realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, em 2003, revelou que o número de obesos no Brasil ultrapassou pela primeira vez o número de subnutridos e que o percentual de crianças e adolescentes obesos aumentou de 4% para 18% entre os meninos e de 7,5 para 15,5% entre as meninas nos últimos 30 anos (Brasil, 2003). Esta pesquisa mostrou, ainda, que a dieta dos brasileiros, em geral, é rica em açúcares e pobre em frutas e hortaliças. Esses fatos acrescentam relevância ao estudo do funcionamento do corpo humano, visando a melhoria da saúde, qualidade de vida e bem estar dos indivíduos tanto daqueles que vivem em regiões com grupos de pessoas subnutridas, quanto daqueles que são obesos.

Não esperamos que os estudantes concluam a educação básica como especialistas em genética, biologia molecular ou fisiologia humana. Entretanto,

queremos que eles sejam capazes de explicitar e defender com coerência seus pontos de vista em debates com seus pares a respeito do seu destino e do destino das ciências no seu país. Também não é objetivo do atual ensino das ciências formar futuros cientistas, até porque, como já foi indicado nas pesquisas realizadas nas décadas passadas, a formação em ciências na escola não garante a formação de cientistas (Krasilchik, 2000).

Enfatizamos também a importância de discutir com os alunos sobre a transitoriedade do conhecimento científico. Essa importância se justifica, pois, somente a partir de uma visão autêntica da ciência, os alunos poderão entender o conhecimento científico como um produto da atividade humana e, como tal, sujeito a modificações – e não como uma verdade absoluta que, estando pronta, não pode ser contestada.

A partir da década de 70 do século XX, a comunidade acadêmica da área da educação presenciou o aumento expressivo do número de pesquisas sobre concepções pré-instrucionais dos estudantes (Santos, 1991). As temáticas pesquisadas foram as mais diversas: circuitos elétricos, força, energia, combustão, evolução etc. (Duit, Roth, Komorek, & Wilbers, 2001). Essas pesquisas pretendiam impactar as salas de aula de ciências, pois as idéias dos alunos, em geral, não eram levadas em consideração durante o processo de ensino. Os autores dessas pesquisas defendiam que, a partir das concepções dos alunos, poderiam ser elaboradas estratégias de ensino que favorecessem o desenvolvimento de estruturas de pensamento capazes de operar conceitos científicos de maneira satisfatória. Assim, ocorreria uma modificação significativa em todos os níveis de ensino.

Todavia, em relação ao ensino fundamental, outro aspecto precisa ser considerado. Segundo Akerson (2005), professores dos primeiros ciclos da educação básica são especialistas em alfabetização, não em ciências¹. A maioria desses professores não possui formação específica em ciências. Geralmente, são indivíduos formados no curso normal superior ou pedagogia que, na graduação, recebem apenas noções básicas das ciências. Por isso, o livro didático é uma importante fonte de conhecimentos para eles (Vargas, Mintz, & Meyer, 1988). Além disso, esses professores geralmente utilizam estratégias testadas anteriormente, seja o conteúdo familiar a eles ou não, e desconsiderando as particularidades dos alunos. Isto resulta em aulas tradicionais de ciências com pouca participação do aluno. De modo geral, são profissionais que ainda não estão inseridos na comunidade acadêmica que pesquisa estratégias de ensino e modelos de aprendizagem. Assim, os resultados das pesquisas na área de educação em ciências demandam tempo para serem conhecidos, adaptados e utilizados pelos professores. Por exemplo, alguns profissionais podem não conhecer a importância das concepções dos alunos no seu processo de aprendizagem.

Um breve panorama sobre as concepções infantis sobre corpo humano

O tema corpo humano já foi foco de muitas pesquisas sobre concepções e alunos de várias idades e níveis escolares. Neste trabalho, que se relaciona com concepções de

¹ No Brasil, é comum que um mesmo professor leccione as disciplinas de português, matemática e ciências.

crianças, destacaremos e discutiremos apenas os estudos mais representativos que tiveram crianças como público alvo.

Comparar o corpo humano com uma máquina é um recurso freqüente no ensino desse tópico. Essa visão é denominada de mecanicista e pode ser útil em algumas situações, quando a descrição reducionista é necessária, mas é problemática quando os sujeitos inferem que ela é a explicação completa (Vargas et al., 1988). Ainda segundo as autoras, o corpo humano presente no livro didático é “hierarquizado, mecanizado, bélico, atemporal; de uma simplicidade espantosa” (Vargas et al., 1988, p.17).

As diferentes explicações das crianças para descrever o caminho percorrido pelos alimentos dentro do organismo apresentam erros variados no tocante à localização e sucessão dos órgãos, assim como à sua anatomia e funções. Essa incompreensão pode acompanhar os indivíduos até a idade adulta (Giordan & de Vecchi, 1996). Por exemplo, os primeiros modelos das crianças mostram órgãos sem relação entre si ou um tubo desembocando numa bolsa, sem nenhuma saída.

Segundo Carraher (1987), as crianças apresentam dificuldades em relacionar os alimentos que são ingeridos e os detritos que são eliminados, além de não conseguirem explicar como os nutrientes que ficam “ajudam o corpo a crescer”. Algumas soluções como ‘apodrecimento’ e ‘mistura com algumas substâncias’ são freqüentes nas respostas das crianças ao problema da formação das fezes.

A pesquisa feita por Cakici (2005) sobre o entendimento de digestão por alunos do ensino fundamental revelou que, mesmo após instrução formal, os alunos ainda apresentam explicações não-científicas para alguns processos. Segundo este autor, as

crianças obtêm muita informação sobre alimentação e nutrição em seu cotidiano, seja a partir da mídia ou de seus pais. Isso resulta na formação de concepções prévias sobre a temática, o que torna a investigação das concepções dos alunos importante para a elaboração de estratégias de ensino. Por exemplo, crianças da pré-escola já sabem que existem nutrientes que garantem o crescimento e mantêm o corpo saudável e outros que levam à fraqueza e doença (Carey, 1985).

A partir dos resultados do trabalho realizado por Carvalho, Lima e Coquet (2004) com crianças de oito anos de idade, os autores concluíram que as dificuldades apresentadas pelas crianças na aprendizagem do tópico digestão podem ter origem nas suas experiências fora da escola ou na instrução recebida na escola. As crianças portuguesas que participaram do estudo apresentaram dificuldade em compreender o papel da digestão química de alimentos sólidos e, muitas vezes, seus desenhos mostravam dois tubos após a cavidade bucal, um para alimentos líquidos e outro para alimentos sólidos. Dentre os alunos que participaram da pesquisa, apenas 23% citaram a absorção dos nutrientes.

Teixeira (2000) investigou as idéias sobre digestão de crianças brasileiras entre quatro e dez anos de idade e concluiu, assim como Carraher, que elas não relacionam facilmente o alimento que é ingerido às fezes eliminadas. Segundo a autora, essa dificuldade se deve ao fato de que os processos que ocorrem durante a digestão não são visualizáveis. Isto acrescentado à dificuldade que as crianças têm de entender reações químicas, que são complexas, resulta na baixa frequência de concepções sobre transformações químicas sofridas pelos alimentos durante sua passagem pelo sistema digestório e nas células, após a absorção.

Em comparação com as pesquisas sobre vida e morte, o número de pesquisas sobre a concepção das crianças sobre crescimento, corpo humano, digestão e outros processos biológicos ainda é pequeno (Carey, 1985), mas a maioria delas menciona que há mudanças nos conceitos biológicos entre a idade de quatro e dez anos. O objetivo do trabalho apresentado por Carey é relacionar essas mudanças à aquisição e reorganização do conhecimento biológico.

Carey (1985) acredita que a partir dos nove ou dez anos de idade nota-se um aumento repentino da compreensão de processos biológicos, creditada à aquisição de uma teoria biológica intuitiva, que permite que as crianças dessas idades possam entender os processos biológicos a partir de princípios biológicos. A autora retoma trabalhos realizados nas décadas de 50 e 60 do século passado para argumentar que (i) as crianças não sabem muito sobre o que têm dentro dos seus corpos, (ii) o que elas sabem parece não ser muito evidente para elas e (iii) falta-lhes informações sobre as funções das partes internas do organismo. Tanto as crianças pré-escolares e as alunas da quarta e quinta séries do ensino fundamental diferenciam dietas saudáveis e dietas não saudáveis, sendo que as últimas já associam aumento de peso e diferenças de altura às diferenças de consumo de nutrientes. Em relação aos processos envolvidos na digestão, Carey acredita que crianças abaixo dos onze anos de idade pensam que esses processos são análogos à mastigação, ou seja, o alimento se torna cada vez menor durante o trajeto dentro do corpo humano, e que o processo de digestão só é amplamente entendido aos doze anos de idade.

Ainda no trabalho de Carey (1985), há considerações sobre o transporte de nutrientes e defecação. A minoria das crianças acredita que os nutrientes dos

alimentos sofrem algum tipo de transformação antes de caírem na corrente sanguínea e serem utilizados pelo corpo. Em relação à defecação, até mesmo as crianças mais novas relacionam esse processo ao alimento, mas nenhuma função biológica é relacionada até a idade de nove ou dez anos. Segundo Carey, resultados da pesquisa feita por Gellert (1962) evidenciam que antes dos treze anos as crianças não têm idéia de que alguns materiais dos alimentos não são aproveitáveis, ou mesmo são nocivos ao corpo, devendo, por isso, ser eliminados.

Como o processo de digestão não é diretamente observável, podemos considerá-lo, a princípio, como um conjunto de conceitos abstratos. Uma das maneiras de tentar ‘ensinar’ satisfatoriamente conceitos abstratos é através do estabelecimento de analogias. Nas implicações de seu trabalho, Cakici (2005) afirmou que as crianças pesquisadas propuseram analogias enquanto expunham suas idéias de digestão e sugeriu aos educadores que estimulassem os alunos a usar tal recurso mais vezes para que os mesmos compreendam os conteúdos de ciências.

Devemos considerar também que no ensino de ciências nos primeiros ciclos da educação básica, os tópicos digestão e nutrição requerem atenção especial dos educadores, pois estão relacionados a outros processos vitais, como a respiração e a circulação nos animais (Cunha & Justi, 2007, p.3).

Se o estudante consegue ter uma visão geral e integrada dessas idéias, o seu entendimento sobre o corpo humano é mais ‘eficiente’ e pode contribuir para a aprendizagem nas séries seguintes do ensino fundamental e médio sobre fenômenos intracelulares decorrentes desses fenômenos extracelulares.

Modelos e modelos de ensino

Na investigação científica, os modelos estão sempre presentes. Segundo Gilbert e Boulter (2000), eles podem ser definidos como representações parciais de objetos, eventos, processos ou idéias, que são inicialmente produzidas com propósitos específicos como, por exemplo, facilitar a visualização, fundamentar a elaboração e teste de novas idéias, possibilitar a elaboração de explicações e previsões sobre comportamentos e propriedades do sistema modelado. Podemos chamar de *modelos científicos* aqueles que foram aceitos pela comunidade científica, ou por uma parte considerável dela. Mais de um modelo científico pode explicar um mesmo fenômeno durante algum tempo, até que sejam elaborados argumentos bastante convincentes a favor de um deles. Por exemplo, existem vários modelos para a extinção dos dinossauros ou para a evolução das espécies de seres vivos. No contexto escolar, o que é ensinado aos alunos são simplificações dos modelos científicos que levam em conta o nível cognitivo do aluno. Por isso, tais modelos são chamados de modelos curriculares.

Quando um modelo é elaborado, o processo é, inicialmente, mental. Por isso, o resultado do mesmo é chamado de modelo mental. Os modelos mentais são representações cognitivas usadas para raciocinar sobre um fenômeno, e para descrever, explicar, prever e às vezes controlá-los (Buckley & Boulter, 2000). Os modelos mentais refletem o sistema de crenças dos sujeitos sobre fenômenos adquiridos por observação, instrução ou inferência, e são o que os sujeitos realmente

têm em mente e usam para orientar os usos de objetos² (Norman, 1983) permitindo ao indivíduo desenvolver, antecipar e entender o comportamento dos fenômenos. Eles são influenciados pelas experiências anteriores dos sujeitos com sistemas similares e pelo sistema de processamento de informações humano.

A fim de facilitar o ensino de ciências, são elaborados modelos de ensino, representações criadas com o objetivo específico de ajudar os alunos a entender algum aspecto do que se deseja ensinar (Gilbert et al., 2000). Os modelos podem ser representados de diversas maneiras: por escrito sob a forma de gráficos, figuras e fórmulas; no discurso, como analogias ou metáforas; e, ainda, por gestos e por modelos concretos. No ensino de ciências no nível fundamental, os modelos de ensino mais freqüentemente usados são: modelos concretos (maquetes), desenhos, diagramas simples e analogias.

Analogias e raciocínio analógico

Nesta pesquisa, consideramos como analogia a comparação explícita entre dois domínios diferentes (Duit, 1991). O primeiro domínio seria a situação a ser entendida (alvo) e o segundo seria a situação mais familiar ao aluno (fonte). A nomenclatura para se fazer referência a esses domínios pode variar de acordo com o autor. Por exemplo, Clement (1993) denomina de âncora o conhecimento análogo ao conhecimento alvo. Mas, independente da nomenclatura utilizada, o objetivo do uso de analogia seria traçar paralelos entre alvo e fonte. O pressuposto básico é o de que, uma vez que a

² Como objetos, nos referimos a coisas, processos e fenômenos, assim como Gentner (1989).

fonte é mais familiar do que o alvo, a compreensão da situação alvo, possivelmente, se torne mais fácil. A ciência ocidental, criada pelos gregos e romanos como um novo modo empírico e sistemático de analisar variáveis elegeu o uso de analogias como uma das ferramentas utilizadas na construção do conhecimento (Holyoak, Gentner, & Kokinov, 2001).

As analogias podem tornar os conceitos concretos e, assim, facilitam a troca de idéias, fornecendo uma terminologia e estrutura comuns. O uso de analogias pode ajudar os sujeitos a entender um novo conceito, promovendo a comparação das relações estruturais entre o conhecido e o desconhecido, extraíndo dessa comparação relações causais comuns, apesar das diferenças entre os dois objetos envolvidos.

Para começarmos a discutir sobre analogias, alguns aspectos sobre elas devem ser explicitados. Por exemplo, o que faz uma comparação ser considerada uma analogia? A principal discussão para os objetivos deste trabalho seria: que tipos de elementos comparados constituem uma analogia?

Segundo Duit et al (2001), existem dois tipos de aspectos que podem ser comparados entre o alvo e a base. O primeiro seriam as propriedades simples ou aspectos superficiais, como aparência geométrica ou cor, e o segundo os aspectos profundos ou propriedades estruturais. Ainda sobre esses tipos de aspectos, Gentner (1989) sugere que os processos de similaridades são importantes para o modelo de pensamento humano e que as similaridades de superfície são baseadas em atributos comuns dos objetos, enquanto que os aspectos profundos se baseiam em relações estruturais. Para esta autora, apenas quando a comparação se baseia em similaridades profundas nós podemos considerar que foi estabelecida uma analogia. Em relação a

essas idéias, Ortony (1979) também afirma que os domínios envolvidos em uma analogia partilham estruturas relacionais, mesmo que os objetos que a compõem apresentem diferença.

Como destacado anteriormente, para Gentner (1989), a principal característica de uma analogia é o envolvimento de um alinhamento de relação entre estruturas. Uma das características desse alinhamento é a sistematicidade, ou seja, as analogias tendem a se equiparar a sistemas de relações mais do que a relações entre atributos físicos dos objetos de comparação. O alinhamento onde há sistematicidade permite a geração de inferências espontâneas (Gentner & Markman, 1997). Em uma analogia, há relações similares entre os componentes de cada domínio. Entretanto, similaridades de superfície não estão subentendidas, ou seja, meras similaridades de aspectos partilhados entre os domínios da fonte e do alvo não são levados em consideração para uma analogia. Em boas analogias no contexto científico, os aspectos de superfície dos objetos compreendidos nelas têm pouca importância (Halpern, Hansen, & Riefer, 1990).

Halpern et al. (1990), propõem a existência de domínios distantes e domínios próximos. Segundo eles, as analogias entre objetos de domínios distantes têm maiores possibilidades de facilitar a compreensão e a evocação de informações porque o esforço dos sujeitos envolvidos na interpretação é maior, uma vez que eles procurariam por relações estruturais.

De acordo com Gentner (Gentner & Holyoak, 1997), a compreensão sobre o modo do funcionamento de processos de similaridade nos dá pistas de como o pensamento humano opera. Gentner e Markman (1997), cujas idéias são semelhantes

às de Vosniadou, definem cinco tipos de similaridade: mera aparência, similaridade literal, analogia, anomalia e metáforas. Além disso, eles consideram que esses tipos de similaridades formam um *continuum* e não uma dicotomia. Nos casos de comparações de mera aparência, os objetos comparados não compartilham relações, apenas descritores. Como exemplo, os autores citam a comparação de um planeta e uma esfera, que expressa pouca possibilidade de predição. Essas comparações fazem parte do processo de desenvolvimento cognitivo de crianças mais novas e não devem ser subestimadas.

A similaridade literal difere da analogia, pois, na última, apenas os predicados relacionais são compartilhados, enquanto que na primeira, além dos predicados relacionais, os atributos dos objetos também são considerados³ (Gentner & Gentner, 1983). As comparações de similaridade literais, ainda segundo os autores, são previsíveis e invariáveis. Isso não significa dizer que similaridade literal não tem significância. Ao contrário, a exemplo das similaridades de mera aparência, esse tipo de comparação é mais fácil de ser mapeada, principalmente por crianças.

As comparações anômalas não gozam de aspectos comuns, sejam eles relacionais ou atributos. E por último, metáforas seriam todas as comparações não literais entre objetos e relações entre objetos, mas feitas de forma não explícita.

Como destacado anteriormente, Gentner (1989) afirma que analogias e similaridades literais são um continuum de grau de sobreposição de atributos e relações. Se os domínios alvo e base compartilharem apenas relações, a comparação

³ Como atributos, Gentner e Markman (1997) consideram aspectos descritores dos objetos.

pode ser considerada uma analogia. Entretanto, se qualquer descritor dos objetos for compartilhado, a comparação passa a ser uma similaridade literal. Sendo assim, para Gentner, analogia é definida como presença de similaridades entre relações e ausência de similaridades nos atributos de objetos.

Por outro lado, Vosniadou (1989) nomeia as similaridades como similaridades salientes e similaridades de superfície. Estas últimas são aquelas semelhanças cujos aspectos são facilmente recuperáveis, enquanto as primeiras podem ser de natureza conceitual ou procedimental, de propriedades descritivas ou relacionais. Segundo a autora, as distinções entre similaridades superficiais e profundas são dinâmicas e podem mudar no processo de aquisição de conhecimento, uma vez que as propriedades das representações dos sujeitos podem mudar. Além disso, o fato de uma propriedade ser considerada um atributo do objeto não significa que é uma propriedade facilmente acessada pelo sujeito. São essas propriedades salientes que, aparentemente, são utilizadas pelas crianças como veículos na descoberta de similaridades estruturais entre os dois domínios. Em seu trabalho, Vosniadou lembra que resultados de pesquisas apontam que os sujeitos são mais suscetíveis às similaridades de propriedades descritivas do que a similaridades de aspectos estruturais.

Smith (1989) estabelece cinco tipos de relação de similaridades entre objetos: semelhança, similaridades do todo, identidade, similaridade parcial e identidade parcial. Nos três primeiros tipos, não há ênfase em nenhum atributo ou parte. Já nos últimos dois tipos de relações, partes constituintes do objeto são enfatizados na comparação. Mas essas relações se sobrepõem. Por exemplo, todas as relações de

identidade são também relações parciais de similaridade e similaridades do todo. A distinção entre essas relações requer abstrações e só são possíveis em um estágio mais avançado de desenvolvimento cognitivo. Isto quer dizer que, no início da infância, os indivíduos percebem as formas de maneira sincrética, ou seja, em termos globais. Smith (1989) também defende a idéia de que a percepção de similaridade não é algo estático, mas algo que muda com o desenvolvimento cognitivo dos sujeitos, isto é, o acesso às propriedades salientes respeita as representações subjacentes das pessoas. Vosniadou (1989), assim como Smith, afirma que não é possível identificar similaridades estruturais se essas não fazem parte do sistema representacional dos indivíduos. Isso nos permite dizer que, para afirmar que as crianças não são propensas a mapear aspectos relacionais, primeiro faz-se necessária a confirmação de que esses aspectos são partes dos seus conhecimentos.

Por outro lado, enquanto Gentner e Gentner (1983) ressaltam a importância do paralelismo estrutural, Holyoak e Thagard (1989), autores da *multiconstraint theory*⁴, afirmam que outros fatores como aspectos pragmáticos e semânticos e o grau de similaridade semântica interagem para o estabelecimento das correspondências entre os domínios comparados. Segundo eles, os aspectos pragmáticos podem influenciar tanto na escolha do domínio fonte quanto nos aspectos a serem considerados. Além disso, o grau de similaridade semântica influencia o mapeamento, sendo que, quanto maior a similaridade semântica, maior será o grau de facilidade durante o mapeamento.

⁴ Tal expressão foi apresentada em inglês por não existir uma boa tradução em português que expresse adequadamente o significado de “constraint” nesta expressão.

Independente das diferenças apontadas anteriormente, autores como Gentner e Gentner (1983), Gentner (1989), Holyoak e Thagard (1989), Vosniadou (1989) e Halpern, Hansen e Riefer (1990) destacam o processo de raciocínio analógico como um processo comum no desenvolvimento cognitivo humano. Eles também concordam que o processo de raciocínio analógico envolve transferência de informações entre o domínio base e o domínio que denominamos de alvo. É exatamente nesse processo que está presente a percepção de similaridades entre eles. Segundo Vosniadou e Ortony (1989), o sucesso e a utilização de uma analogia dependem dos tipos de similaridade estabelecidas entre os dois domínios que estão associados ao raciocínio analógico.

O processo de raciocínio analógico envolve cinco etapas distintas: acesso, mapeamento, avaliação, armazenamento de inferências do alvo e extração de atributos comuns, e generalização (Gentner, 1989). Na etapa de acesso, o sujeito procura por características superficiais entre o alvo e a fonte. A existência de similaridades estruturais alavanca o acesso à comparação. Quanto mais similaridades superficiais, maiores as chances dessa etapa acontecer. Isso nos leva a acreditar que as comparações mais freqüentes, principalmente entre crianças, são aquelas chamadas de similaridades literais e similaridades por mera aparência.

Na fase seguinte, o sujeito mapeia as similaridades a partir de modelos mentais e, ao mesmo tempo, faz a transferência de informação de estrutura da fonte para o alvo. Esse mapeamento analógico é uma tentativa de alinhamento entre as duas situações representadas e tem como objetivo captar os elementos essenciais que constituem a analogia e as operações necessárias para processá-la. Quando isto ocorre

entre dois sistemas que pertencem a domínios conceituais diferentes, mas que podem compartilhar características similares para a instrução, esse tipo de raciocínio é chamado de *entre domínios*. Outras vezes, o raciocínio analógico envolve itens que pertencem ao mesmo domínio conceitual, ou pelo menos a um domínio bem próximo, sendo chamado de raciocínio analógico dentro do mesmo domínio.

Segundo Vosniadou (1989), essa distinção não é dicotômica, mas sim um *continuum* que pode ser empregado entre objetos que estejam em qualquer posição entre similaridade literal e similaridade não literal.

Na terceira fase do raciocínio analógico, um novo conceito é construído e o sujeito já é capaz de reconhecer os limites da analogia. É nessa etapa que um entendimento adequado do conceito pode ser verificado.

Na quarta fase, o indivíduo elege aquelas características do conhecimento alvo que serão armazenadas. Finalmente, a generalização, última fase do processo, é uma questão de abstração com foco em um novo conceito a partir do abandono das similaridades superficiais irrelevantes e dos aspectos estruturais não alinhados.

Analogias no ensino de ciências

No contexto das ciências, as funções das analogias podem ser tanto para a instrução quanto para o desenvolvimento de teorias.

Suas funções na instrução foram apresentadas por Else, Ramirez e Clement (2002) e são enumeradas a seguir:

1. O domínio fonte serve para a construção de um modelo preliminar que pode ser modificado com o objetivo de aproximá-lo do modelo científico aceito.

2. O conhecimento pode ser transferido do domínio familiar para o domínio não-familiar, de modo que os estudantes não tenham que elaborar completamente o conhecimento alvo.
3. Ambos os conhecimentos, do alvo e da base, fazem parte de uma classe de conhecimento mais ampla e ajudam os indivíduos a reconhecerem essa classe.
4. Analogias podem auxiliar na imaginação visual.
5. As analogias podem ser memorizadas e, portanto, auxiliarem na memorização do novo conhecimento.
6. As analogias elaboradas por estudantes podem agir como estimulantes na imaginação e criatividade e ainda ajudar os estudantes a elaborar hipóteses plausíveis.
7. As analogias podem dar suporte motivacional e afetivo para a aprendizagem.

Considerando essas funções, muitos trabalhos como, por exemplo, os de Namy & Gentner (2002), Newton (2003) e Blake (2004) analisam o funcionamento do raciocínio analógico, o ensino de conceitos científicos através de analogias e, ainda, a ocorrência de analogias em textos didáticos de ciências. Na maioria das vezes, o aluno é apenas receptor de analogias apresentadas pelos professores e/ou autores de livros didáticos e tenta, a seu modo, atribuir significado à comparação exposta, nem sempre da maneira pretendida pelo educador. Esse fato reflete o cotidiano das escolas, pois, em geral, os alunos não são incentivados a utilizar criatividade e conhecimentos para construir modelos, dentre eles analogias. E, quando o fazem, pode ser que isso ocorra apenas mentalmente, sem oportunidade de expressar e discutir tais modelos com seus

pares. Assim, o indivíduo simplesmente adapta aquele novo conceito científico a alguma idéia prévia que lhe seja familiar e é privado da chance de estabelecer limitações da fonte ou conscientizar-se melhor da comparação realizada. Além disso, o uso de analogias freqüentemente é problemático, pois não há negociação entre alunos e professores sobre a aplicabilidade delas (Aubusson, Harrison, & Ritchie, 2006).

A má interpretação pelos estudantes das analogias feitas pelos educadores, por exemplo, por desconhecerem todos os aspectos estruturais da fonte pode ser evitada explorando analogias sobre fenômenos naturais que são espontaneamente elaboradas por crianças em ambientes naturais (Pauen & Wilkening, 1997). Segundo esses autores, pesquisadores que desejam entender a compreensão das crianças sobre biologia e outros domínios devem estar cientes de que o pensamento por analogia pode estar envolvido no raciocínio das crianças.

Por outro lado, analogias podem contribuir para o desenvolvimento de teorias quando são elaboradas espontaneamente pelos estudantes. Isto porque elas podem ser ferramentas importantes no mapeamento de suas idéias alternativas, por se tratarem de construções que refletem e exprimem parcialmente o modelo mental de cada um (Mendonça & Justi, 2006).

Neste caso, o uso de analogias é especialmente recomendado quando os conceitos pré-instrucionais dos alunos e os científicos são incompatíveis, pelo menos parcialmente, e a mudança conceitual é necessária (Duit et al., 2001). Em seu estudo, Pittman (1999) defende que deve-se dar oportunidade aos estudantes de construir suas próprias analogias e afirma que:

Permitir ao estudante construir relações analógicas a partir da própria perspectiva favorecerá um entendimento profundo da base e do alvo. Essas relações analógicas, entretanto, estão entre o alvo e a base criada pelos estudantes. Os estudantes construirão relações de similaridade baseadas nas suas observações de base e do alvo. Essas descrições são, às vezes, diferentes daquelas dos professores. (Pittman, 1999, p.2)

O conhecimento das idéias prévias dos alunos a partir da interpretação das analogias geradas por eles pode auxiliar o educador no ensino de conceitos abstratos. Ainda segundo Pittman (1999), o raciocínio analógico é um aspecto chave no processo de aprendizagem na perspectiva construtivista pelo qual todos os processos incluem uma procura por similaridades entre o que já é conhecido e o que é novo. Tal visão é coerente também com a teoria piagetiana de desenvolvimento cognitivo, que atesta que um novo esquema surge a partir da continuidade de um já existente ou pela desconstrução daquele que não mais é válido perante as explicações científicas existentes. A partir de uma perspectiva desenvolvimentista da aquisição de conhecimento, a maneira como as analogias são construídas depende de habilidades cognitivas gerais e, portanto, da idade (Wilbers & Duit, 2006), do desenvolvimento e do aprendizado do indivíduo que as elabora.

Quando é delegada aos estudantes a responsabilidade da criação e aplicação de analogias, essas parecem ser mais produtivas por resultarem da interpretação individual do fenômeno modelado (Wong, 1993). Assim, concordamos que as analogias podem ser úteis aos estudantes que estejam engajados em aprender sobre o corpo humano, pois elas podem auxiliá-los a construir imagens mentais que podem ser essenciais na elaboração do conhecimento científico tido como alvo (Else et al., 2002). Neste trabalho, como explicitado anteriormente, focamos a construção de analogias

por estudantes e o relacionamento das mesmas com modelos de aparelho digestório, digestão e nutrição por eles elaborados.

Um contexto semelhante foi encontrado no trabalho de Rule e Furletti (2004) que, apesar de ter como sujeitos alunos do ensino médio, envolvia diferentes tipos de situações com analogias. Na primeira, os alunos eram apresentados à forma e função de uma determinada parte de um sistema orgânico humano e tinham que eleger um análogo entre seis itens possíveis. Em seguida, eles tinham que mapear as similaridades e limites de cada par escolhido: alvo (uma parte do corpo humano) e base (um objeto conhecido). Após esta etapa, a professora pedia aos estudantes que escolhessem um objeto conhecido e, a partir disso, propusessem outros objetos que também poderiam servir como conhecimento base. Por último, os alunos foram convidados a estabelecer suas próprias analogias para uma parte de um sistema do corpo humano. Os autores concluíram que, a partir dessas situações, os conceitos abstratos foram representados de maneira concreta, facilitando o entendimento dos estudantes e, o mais importante:

As atividades que requeriam dos estudantes mapear analogias, elaborar análogos alternativos, ou produzir novas analogias, comprometeram os alunos em atividades de raciocínio de nível superior, como análises de similaridades, avaliação dos limites e síntese de idéias para elaborar novos exemplos. (Rule & Furletti, 2004, p.164)

Vários autores (Clement, 1995; Duit, 1991; Gentner, 1989; Glynn, Britton, Clikeman, & Muth, 1989; Holyoak et al., 2001; Holyoak & Thagard, 1989; Kolodner, 1997) admitem que, durante o processo, formal ou informal, de aprendizagem das crianças, os processos de comparação e raciocínio analógico estão presentes em diversos momentos, inclusive na aquisição de conhecimento e resolução de

problemas. Eles também defendem que crianças, quando estimuladas a fazer comparações, se saem melhor em tarefas mais difíceis e abstratas. Wong (1993) acrescenta que principiantes apresentam dificuldades em elaborar comparações não apenas pela falta de conhecimento do conteúdo, mas também por terem pouca habilidade em manipular e aplicar o conhecimento em situações novas.

De acordo com as teorias modernas de desenvolvimento cognitivo, conhecimento adquirido a partir de atividades motivadoras é mais efetivo e utilizável do que o conhecimento adquirido através de processos de memorização e atividades prescritivas (Kolodner, 1997). Uma dessas atividades pode ser o uso de analogias na aprendizagem de ciências.

Questões de Pesquisa

Por acreditarmos no potencial de solicitar que as crianças elaborem analogias para facilitar o acesso às suas idéias e incrementar sua aprendizagem e considerando (i) a escassez de pesquisas sobre analogias elaboradas por crianças, e (ii) a relevância de que elas aprendam sobre digestão e nutrição, voltamos nosso interesse para os modelos elaborados pelas crianças para esses temas e para as analogias criadas por elas ao expressar suas idéias. Assim, as seguintes questões de pesquisa guiaram a realização deste trabalho:

- Que modelos as crianças elaboram para aparelho digestório, digestão e nutrição?
- Como os modelos de cada criança se relacionam? Há coerência entre eles?

- Que analogias as crianças são capazes de elaborar durante a explicitação de seus conhecimentos sobre aparelho digestório, digestão e nutrição?

Capítulo 3. Metodologia

Amostra

A resolução 196/096 do Conselho Nacional de Saúde (Brasil, 1996) normatiza e guia as pesquisas envolvendo seres humanos. Segundo a resolução, todos os participantes devem entregar previamente um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido no qual é apresentada uma *“explicação completa e pormenorizada sobre a natureza da pesquisa, seus objetivos, métodos, benefícios previstos, potenciais riscos e o incômodo que esta possa acarretar”* (Brasil, 1996, p.2) e garantida pelo pesquisador responsável a preservação do anonimato e da privacidade do participante. E ainda, elucida que o participante pode desistir da participação a qualquer momento se assim desejar sem sofrer qualquer penalidade. O consentimento da direção da escola foi obtido através da assinatura de um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Após este consentimento, e antes do início da pesquisa, os participantes foram esclarecidos sobre seu objetivo e, aqueles que se interessaram em participar receberam um outro Termo de Consentimento Livre e Esclarecido que foi assinado por um dos responsáveis e por elas mesmas. Esse termo explicava os objetivos da pesquisa e solicitava o consentimento para utilização das imagens das crianças e dos materiais produzidos nas entrevistas para os fins da pesquisa. O modelo dos Termos de Consentimento Livre e Esclarecido foram previamente enviados, analisados e aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais e se encontram nos Anexos 1 e 2, respectivamente.

Após o consentimento do diretor da escola, termos de consentimentos foram distribuídos para todas as crianças que freqüentavam da 2ª à 5ª série do ensino fundamental. Dentre aqueles que devolveram o termo assinado por pelo menos um dos responsáveis, foram selecionadas para a pesquisa vinte e quatro crianças entre 7 e 11 anos de idade. Seguindo as normas éticas, nesta Dissertação, as crianças são identificadas por nomes fictícios. O Quadro 1 apresenta o nome fictício das crianças, sua idade quando da realização da primeira entrevista e a série que cursava. Todas as crianças tinham em seu currículo escolar a disciplina de Ciências, obrigatória e separada das outras disciplinas.

Aluno	Idade	Série	Aluno	Idade	Série
Ana	7	2ª	Jaqueline	10	4ª
Andrea	10	5ª	Joana	9	4ª
Bruna	10	5ª	Juliana	10	5ª
Carolina	10	5ª	Lorena	9	5ª
Estela	7	2ª	Marina	10	5ª
Flávia	9	4ª	Murilo	9	4ª
Guilherme	11	5ª	Patrícia	10	5ª
Gisele	10	5ª	Tiago	10	4ª
Isadora	9	4ª	Tobias	9	4ª
Ivana	9	4ª	Tatiana	10	5ª
Joaquim	8	3ª	Vando	9	5ª
Jorge	8	4ª	Vinícius	10	4ª

Quadro 1. Apresentação dos sujeitos da pesquisa.

Coleta de dados

Considerando a natureza das questões de pesquisa que nortearam a realização desse trabalho, optamos por coletar os dados através de entrevistas com os alunos. As entrevistas foram realizadas baseadas no método clínico proposto por Piaget (1947) que consiste em intervenções e contra-sugestões do entrevistador, sempre que julgar necessário na tentativa de obter mais características do raciocínio das crianças. As entrevistas foram individuais e realizadas no ambiente escolar.

Como dito anteriormente, os modelos mentais diferem dos modelos expressos. Em nosso trabalho, incentivamos os sujeitos a usar pelo menos duas maneiras para expressar seus modelos: verbalmente e através de desenhos. Para isso, a entrevistadora forneceu os materiais que as crianças puderam utilizar para expressar suas idéias: lápis de cor, caneta, papel.

No início do trabalho, foram realizadas entrevistas com duas crianças de 7 anos de idade que serviram de piloto para as entrevistas analisadas nessa pesquisa. Essas entrevistas foram importantes para a entrevistadora ter contato com a linguagem infantil, testar os materiais que seriam utilizados e para aperfeiçoar o uso da técnica do método clínico.

Neste trabalho, cada participante foi entrevistado, pela mesma entrevistadora, em duas ocasiões. A entrevista inicial foi realizada nos meses de abril e maio de 2007. Nela, a entrevistadora iniciava perguntando aos alunos qual era o caminho que o alimento fazia dentro deles e, aos poucos, de acordo com as respostas, ela perguntava sobre o que acontecia com os alimentos dentro do corpo. Isto foi feito objetivando

verificar que idéias sobre transformação de alimento eles possuíam, quando as possuíam. Foi perguntado também sobre o motivo pelo qual nós comemos a fim de caracterizar as idéias dos alunos sobre nutrição.

Passados dois/três meses, em agosto de 2007, a entrevistadora voltou à escola e realizou a segunda entrevista. Esta segunda entrevista contribuiu para a validade e confiabilidade dos dados obtidos, uma vez que optamos por assistir, juntamente com cada criança, a primeira entrevista realizada e questioná-la sobre suas idéias anteriores. Damos liberdade a todos os participantes para mudar, ou não, seus modelos e suas opiniões durante a segunda entrevista.

Os alunos que cursavam a quinta série do ensino fundamental receberam instrução formal sobre a temática corpo humano durante o intervalo entre as realizações das duas entrevistas. Assim, outro objetivo da segunda entrevista foi verificar a influência do ensino formal nas concepções das crianças.

Em ambas as entrevistas, optamos por solicitar que a criança fizesse um desenho de como ela imaginava seu sistema digestório. Consideramos essa etapa importante porque crianças, ou mesmo adultos, podem não conseguir verbalizar os seus modelos mentais, muitas vezes por não terem vocabulário suficiente. Assim, o desenho seria mais uma tentativa de elas se fazerem entender. Segundo Luquet (1969):

...o desenho é uma íntima ligação do psíquico com o moral. A intenção de desenhar tal objeto não é senão o prolongamento e a manifestação da sua representação mental; o objeto representado; e o que nesse momento ocupava no espírito do desenhador um lugar exclusivo ou preponderante. (Luquet, 1969, p.23)

O desenho ainda foi utilizado para observar coerência entre o que o entrevistado falou e o que ele desenhou, aumentando a validade dos dados e a confiabilidade de nossas interpretações dos mesmos.

Por outro lado, concordamos com Reiss e Tunnicliffe (2001) quando afirmam que (i) apenas o desenho como fonte de dados para a pesquisa não é suficiente, e (ii) utilizar desenhos como fonte de dados não é uma proposta melhor do que outras. Para eles, o ideal é ter múltiplas fontes, o que tentamos fazer em nossa pesquisa disponibilizando massinhas de modelar que poderiam ser usadas pelos alunos para construir representações concretas de suas idéias e questionando verbalmente todas as representações feitas.

Verificamos que algumas crianças, apesar de afirmarem que não sabiam “desenhar direito”, gostavam da atividade quando começavam a desenhar. Em várias situações, a entrevistadora teve que afirmar que só estávamos interessados em saber como elas imaginam o seu corpo por dentro, e que o desenho não precisava ser “perfeito”, de acordo com as imagens idealizadas pelas mesmas.

Nossa metodologia está de acordo com a metodologia utilizada por Reiss e Tunnicliffe (2001). Ao propor que as crianças desenhassem como achavam ser seu corpo por dentro, elas tendiam a explicitar o que realmente pensavam, e não o que viam. Isto requer um exercício de auto-conhecimento, às vezes difícil para crianças mais novas, que não separam o seu eu do não-eu.

Optamos ainda, ao contrário de Teixeira (2000), por não fornecer nenhum esboço de um corpo humano para que as crianças pudessem desenhar como elas imaginavam ser o interior do corpo. Acreditamos que por ser o desenho uma

ferramenta auxiliar na caracterização do pensamento das crianças, a presença de pormenores, além das formas globais, acompanha a socialização do pensamento da criança (Derdyk, 1990). Assim, inferimos que o desenho livre seria um colaborador na caracterização do pensamento infantil sobre a temática de interesse.

Além disso, como mencionado anteriormente, a criança podia optar também pela utilização de massa de modelar como ferramenta de expressão. Essa opção foi oferecida devido às afirmações de algumas crianças que “não sabiam desenhar” ou “não desenhavam muito bem”, principalmente as mais velhas⁵.

Durante a entrevista, a entrevistadora estimulava o entrevistado a fazer comparações entre os processos e estruturas que elas citavam com algo familiar a elas. Quando o entrevistado fazia alguma comparação, tentávamos explorar a idéia, observando se ele era capaz, entre outras coisas, de estabelecer limites para a comparação. Tal opção se fundamentou nos resultados obtidos por Namy e Gentner (2002), que sugerem que as crianças são mais aptas a comparar e tirar proveito das comparações quando elas são explicitamente convidadas a fazê-lo.

Nas ocasiões das entrevistas que serviram como piloto para essa pesquisa, a entrevistadora notou que algumas crianças não entendiam ao certo o que era comparar ou fazer uma comparação, o que era fundamental para o objetivo da pesquisa: a construção de analogias. Assim, no começo de cada entrevista, a pesquisadora perguntava à criança se ela sabia o que era uma comparação e, em caso positivo, pedia a ela que propusesse um exemplo. Quando a criança conseguia cumprir

⁵ Entretanto, apenas uma criança, do sexo masculino, optou por essa maneira de expressão.

essa tarefa, a entrevistadora ainda dava outro exemplo e sugeria que uma das maneiras de memorizar ou entender algum conteúdo seria relacioná-lo com algo familiar para ela. Essa etapa da entrevista se mostrou muito vantajosa para a metodologia, pois tentava garantir que os entrevistados fossem capazes de elaborar uma analogia. Quando a criança não efetuava de maneira satisfatória essa solicitação, por exemplo, quando comparava um lápis com uma caneta, a entrevistadora provia uma analogia entre domínios bastante diferentes entre si e tentava fazer com que a criança entendesse a diferença entre essas duas comparações.

Ao final da entrevista, que não tinha tempo de duração determinado, perguntamos às crianças se elas estavam satisfeitas com tudo o que tinham falado ou se queriam perguntar alguma coisa. Diversas vezes elas fizeram perguntas sobre o corpo humano, embora apenas uma tenha perguntado sobre o sistema digestório. Elas perguntaram, por exemplo, por que ficamos mais morenos quando tomamos sol, ou por que quando algumas pessoas sofrem acidentes elas se tornam incapazes de andar. A entrevistadora tentava responder as perguntas de maneira que as crianças pudessem entender e, quando possível, fazia analogias, acreditando que isto poderia facilitar a compreensão.

Embora solicitássemos aos alunos que já haviam sido entrevistados que não comentassem com seus colegas sobre o conteúdo da conversa, sabemos que alguns deles conversavam com o colega que seria entrevistado depois. Por exemplo, uma aluna que era muito tímida, contou a uma colega de classe, na ocasião da segunda entrevista, que estava nervosa. Acreditamos que ela imaginava que estava sendo avaliada. A própria presença da entrevistadora e seu aparato – filmadora, suporte para

câmera, caixas de lápis de cor e estojos de massinhas – causava estranheza a eles, pelo menos inicialmente. Várias vezes a entrevistadora foi abordada nas dependências da escola por alunos que queriam saber o que ela estava fazendo ali e várias outras crianças, ao ver seus colegas sendo entrevistados, ficaram curiosas sobre o conteúdo das conversas. Apesar disso, acreditamos que por cada um deles ter um modelo particular sobre o corpo humano e por terem expressado tais modelos de maneira natural e específica, suas respostas foram originais e sinceras.

Todas as entrevistas foram registradas em áudio e vídeo e, em seguida, transcritas de modo livre pela própria entrevistadora. Por ser participante de todas as entrevistas, consideramos que ela fosse a pessoa mais apta para avaliar outros aspectos das entrevistas que poderiam contribuir na interpretação, como gestos e expressões faciais.

Análise de dados

Concluídas as transcrições referentes às entrevistas realizadas, para cada uma delas elegemos os trechos mais significativos para a caracterização de cada modelo a ser analisado: aparelho digestório, digestão e nutrição. Elaboramos uma tabela comparativa para cada entrevistado, de modo que fosse possível contrapor os modelos expressos nas duas ocasiões. Nelas também foram inseridos os trechos em que as crianças estabeleceram alguma analogia. Em cada analogia, identificamos o alvo

e o análogo para a interpretação⁶. As tabelas apresentavam uma cópia dos desenhos feitos nas duas entrevistas.

A partir da interpretação das falas das crianças, de seus desenhos e de uma interpretação global de cada entrevista, propusemos categorias que buscavam identificar os modelos de cada um dos participantes. As categorias foram geradas de maneira que uma fosse hierarquicamente superior à seguinte, para que pudéssemos relacionar os três modelos: aparelho digestório, digestão e nutrição. Por exemplo, a primeira categoria de modelo de aparelho digestório compreende aquelas idéias onde apenas a boca e o estômago estão presentes e não há comunicação entre eles, enquanto que a última categoria do modelo de aparelho digestório compreende concepções dos entrevistados que sabiam da existência de boca, esôfago, estômago, intestino delgado, intestino grosso, pâncreas e fígado. Por último, analisamos os três modelos, de aparelho digestório, digestão e nutrição, em conjunto para verificar possíveis relações entre eles e entre as idades e séries dos participantes, levando em consideração que apenas os alunos da quinta série foram instruídos formalmente sobre o tema.

As comparações foram analisadas separadamente segundo os tipos de similaridades (analogia, mera aparência, similaridade literal, metáfora e anomalia) propostos por Gentner (1989) e comentados no capítulo anterior. Entretanto, não esquecemos que esses tipos de similaridade não são excludentes e sim formam um continuum, de modo que, algumas vezes, ponderamos e analisamos a comparação no

⁶ Tais tabelas não são apresentadas neste trabalho, pois se prestaram apenas a dar suporte à análise realizada.

contexto da entrevista. Isto ocorreu principalmente em casos onde os objetos compartilhavam atributos de relação e também um ou mais atributos de superfície, mas não eram casos de mera aparência. Além disso, durante a análise das comparações, buscamos relacioná-las aos modelos de aparelho digestório, digestão e nutrição apresentados pelos participantes e suas respectivas idades e séries.

Capítulo 4. Resultados

Para maior organização e compreensão dos resultados, optamos por dividi-los em tópicos. O primeiro tópico traz os resultados a respeito dos modelos de aparelho digestório apresentados pelos sujeitos entrevistados, principalmente sobre anatomia e localização dos órgãos. No segundo tópico, são apresentados os modelos de digestão dos entrevistados. A terceira parte da seção de resultados diz respeito aos modelos de nutrição que cada um dos entrevistados apresentou. A apresentação desses modelos se faz necessária para contextualizar as analogias criadas pelas crianças, que são discutidas no último tópico.

Modelos de aparelho digestório

Em relação ao aparelho digestório, seis tipos de modelos foram identificados a partir de critérios definidos a partir da literatura (Driver, Squires, Rushworth, & Robinson, 1994; Núñez & Banet, 1996; Reiss & Tunnicliffe, 2001) e de nossos próprios dados. Nesta definição, levamos em conta os órgãos citados pelos alunos e alguma relação estabelecida entre eles. Os modelos estão numerados e caracterizados a seguir, em ordem crescente de complexidade:

Modelo 1. boca e estômago (sem comunicação).

Modelo 2. boca, estômago (com comunicação).

Modelo 3. boca, estômago e outro órgão (pulmão, fígado ou algum outro órgão que o entrevistado não sabe nomear).

Modelo 4. boca, estômago e intestino.

Modelo 5. boca, esôfago, estômago e intestino.

Modelo 6. boca, esôfago, estômago, intestino, fígado, vesícula e pâncreas .

O Quadro 2 mostra os modelos que cada entrevistado expressou na primeira e na segunda entrevista.

Aluno	1ª entrevista	2ª entrevista	Aluno	1ª entrevista	2ª entrevista
Ana	2	2	Jaqueline	2	2
Andrea	2	5	Joana	3	3
Bruna	2	6	Juliana	3	5
Carolina	2	6	Lorena	2	6
Estela	1	2	Marina	2	2
Flávia	2	2	Murilo	4	4
Guilherme	2	Não fez	Patrícia	3	5
Gisele	3	5	Tiago	2	2
Isadora	2	2	Tobias	2	2
Ivana	2	2	Tatiana	4	5
Joaquim	2	Não fez	Vando	3	Não fez
Jorge	4	5	Vinícius	3	2

Quadro 2. Modelos de aparelho digestório dos entrevistados na primeira e na segunda entrevista.

No Quadro 3 apresentamos o número total de entrevistados que expressaram cada um dos seis tipos de modelos para o aparelho digestório:

Modelo	Número de alunos na 1ª entrevista	Número de alunos na 2ª entrevista
1	1	0
2	14	10
3	6	1
4	3	1
5	0	6
6	0	3
Total	24	21

Quadro 3. Número total de alunos por modelo de aparelho digestório.

Visando favorecer uma melhor visualização das modificações nos modelos expressos pelas crianças nas duas entrevistas, apresentamos o Gráfico 1, construído a partir dos dados do Quadro 3.

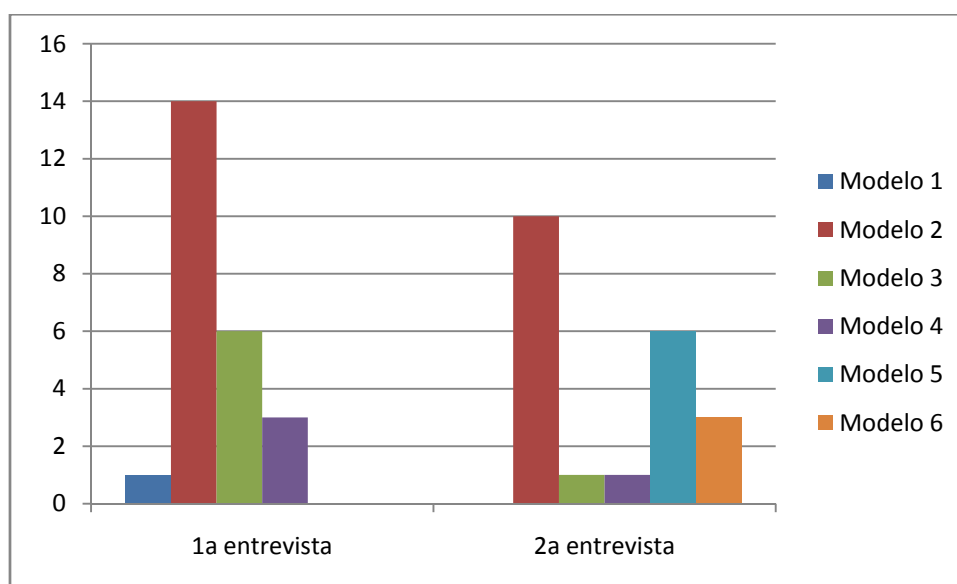


Gráfico 1. Quantidade de alunos que expressou cada modelo de aparelho digestório em cada uma das entrevistas.

Todos os entrevistados citaram a boca quando perguntados sobre ‘o caminho a comida percorre dentro do seu corpo’. Ao responder, as crianças gesticulavam com as

mãos enquanto nomeavam as partes do corpo. A palavra estômago também foi muito utilizada, mas percebemos que algumas vezes ela tinha a conotação de abdômen ou de um saco onde o alimento caía após ser ingerido.

Embora alguns alunos, como Estela e Ana, tenham utilizado uma palavra com conotação científica – estômago – para designar algo que é responsável pelos processos envolvidos na digestão, eles evidenciaram que ainda não dissociavam as partes do todo. Ou seja, para esses alunos, a palavra estômago representa o aparelho digestório todo, sem diferenciar suas partes. Aparelho digestório e estômago, nesses casos, são conceitos superpostos. Reorganizar esse todo seria uma das conseqüências esperadas da instrução.

Apenas Estela (7 anos, 2ª série), apresentou o Modelo 1 – no qual a boca não se comunica com o estômago. Para esta criança, os alimentos apenas caem no estômago, conforme ela representou na Figura 1:



Figura 1. Desenho de Estela, 7 anos, na primeira entrevista.

Neste desenho, as setas indicam o caminho que a comida faz e só foram acrescentadas após solicitação da entrevistadora para que a criança explicasse melhor

suas idéias. Pela fala da criança, percebemos que as setas não representavam, de forma alguma, algum órgão que ligasse a boca ao estômago. Na segunda entrevista, Estela já se referiu a uma ligação entre as duas estruturas, mas ainda não a representou no desenho (Figura 2). Neste segundo desenho, as setas indicam a trajetória do alimento.

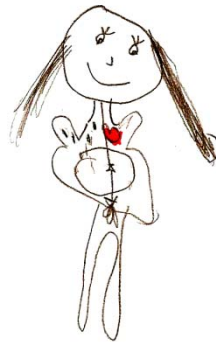


Figura 2. Desenho de Estela, 7 anos, na segunda entrevista.

O modelo mais freqüente apresentado pelos entrevistados durante a primeira entrevista (quatorze sujeitos) foi o Modelo 2 (Figura 3). Neste modelo, os entrevistados relataram a presença de uma estrutura que liga a boca ao estômago. Por vezes, os alunos não sabiam o nome científico dessa estrutura e se referiam a ela como garganta, pescoço, cano ou tubo. Acreditamos que esse modelo seja o mais facilmente apreendido pelas crianças, pois ele apresenta o papel central do estômago na digestão para esses sujeitos: é no estômago que o alimento é dissolvido e as partes ‘boas’ são absorvidas e caem na corrente sangüínea.

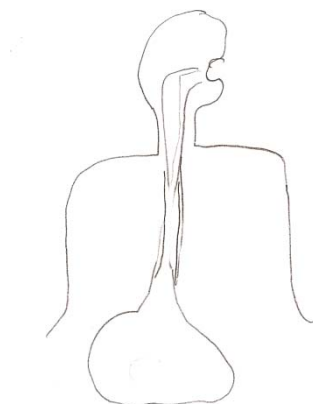


Figura 3. Desenho de Ivana, 9 anos, na primeira entrevista.

Conforme evidenciado no Quadro 2 e no Gráfico 1, das quatorze crianças que tiveram seus modelos de aparelho digestório incluídos no tipo 2 na primeira entrevista, oito permaneceram com esse modelo durante a segunda entrevista⁷. Uma criança passou do Modelo 2 para o 5 e três crianças para o 6. Todas as crianças que passaram do modelo 2 para níveis de maior complexidade estavam cursando a quinta série do ensino fundamental, período em que tradicionalmente é discutida a temática corpo humano na sala de aula no ensino brasileiro.

As crianças que apresentam Modelo 3 citaram, além da presença da boca e do estômago, mais um órgão por onde o alimento passaria após ser ingerido. Entretanto, esse órgão não fazia parte do sistema digestório ou, quando fazia, era um órgão dito anexo, ou seja, o alimento não passa por ele. Como exemplo de órgãos anexos, podemos citar o fígado e o pâncreas que estão relacionados com a digestão, mas nos

⁷ Dos quatorze participantes da primeira entrevista que tiveram seus modelos de aparelho digestório classificados no nível 2, dois não compareceram à segunda entrevista.

quais os alimentos não passam enquanto são digeridos. Esses órgãos produzem substâncias que são lançadas no trato digestivo e auxiliam na digestão. Além do fígado e do pâncreas, outros órgãos que apareceram nas falas das crianças que expressaram esse modelo foram os pulmões (citados por duas crianças), a bexiga e os rins (cada um citado por uma criança).

A seguir apresentamos um trecho da primeira entrevista realizada com a aluna Joana:

“Aí tem o caminho do pescoço aí chega aqui vamos supor que tem qualquer coisa. Aí ele vem passa pelo pescoço, pelo pulmão.” (Joana, 9 anos, primeira entrevista)

A divisão do corpo humano em sistemas é uma classificação artificial da ciência ocidental, mas que não é universalmente aceita. A inclusão do pulmão no modelo de aparelho digestório de Joana pode representar uma associação entre entidades que incorporam algo bom, isto é, o pulmão está ligado à atividade de inspiração de oxigênio e o aparelho digestório à assimilação de nutrientes, ou também, pela localização do órgão, que está em uma região entre a boca e o estômago.

Na Figura 4, apresentamos um desenho que representa o caminho que a comida faz dentro do corpo, segundo Juliana, que teve seu modelo classificado como do tipo 3. O alimento entraria pela boca, seria mastigado e chegaria ao estômago; as partes que não seriam utilizadas pelo corpo seriam então encaminhadas para a bexiga.



Figura 4. Desenho de Juliana, 10 anos, na primeira entrevista.

Ao ser perguntada sobre como o resto de alimentos sairia do corpo e sobre como a parte aproveitada iria para o corpo, a criança apresentou a seguinte solução:

“Ah, para mim deve ter dois tubos. Um que vai para a veia, esses trens assim, e outro que vai para bexiga.” (Juliana, 10 anos, 1ª entrevista)

Como representado no Gráfico 1, durante a primeira entrevista, seis crianças apresentaram modelos de sistema digestório compatíveis com o tipo 3. Dessas, apenas uma continuou com o mesmo modelo e outra criança apresentou um modelo do tipo 2 durante a segunda entrevista. Duas crianças passaram para o Modelo 5, um salto de conhecimento que consideramos muito importante para a compreensão da digestão, que será tratada na próxima seção desse capítulo. Isto porque o conhecimento dos órgãos envolvidos no processo de digestão e sua seqüência correta facilitam ao aluno ter uma visão global e integrada dos diversos processos envolvidos na digestão (Núñez & Banet, 1996). Apenas uma dessas seis crianças não participou da segunda entrevista. As crianças que expressaram o Modelo 4 do aparelho digestório (Figura 5) apresentavam uma visão um pouco mais completa. Elas citavam a presença de

intestino sem, entretanto, diferenciar intestino delgado e intestino grosso e, às vezes, também sem saber representá-lo no desenho. Ao justificarem a ausência da representação do intestino em seus desenhos, as crianças reconheciam não conhecer a sua anatomia e localização, ou afirmavam que ele viria antes, ou sucedendo o estômago.



Figura 5. Desenho de Tatiana, 10 anos, na primeira entrevista.

Os modelos dos tipos 5 e 6 só foram expressados durante a segunda entrevista. Seis crianças apresentaram modelo do tipo 5 e reconheciam o esôfago como órgão de ligação entre a boca e o estômago.

Finalmente, três crianças expressaram modelos do tipo 6, também citavam um ou mais órgãos anexos envolvidos na digestão, principalmente fígado e pâncreas. Todos os sujeitos que apresentaram esse modelo receberam instrução formal sobre digestão e nutrição entre a primeira e a segunda entrevista. Entretanto, outros sujeitos que receberam a mesma instrução não expressaram um modelo tão rico para o trato digestivo, como por exemplo, a aluna Marina, que permaneceu com um modelo simplificado, citando apenas a existência de boca, estômago e alguma estrutura que os conecta.

A Figura 6 representa o modelo de aparelho digestório do tipo 6 que uma criança de 10 anos de idade apresentou ao final da segunda entrevista:



Figura 6. Desenho de Carolina, 10 anos, na segunda entrevista.

No intervalo de tempo entre a primeira e a segunda entrevista, essa criança teve instrução formal sobre digestão, e parece que atingiu um nível satisfatório de conhecimento sobre o tema. Se na primeira entrevista ela citava apenas boca e estômago como estruturas que compunham esse sistema (Modelo 2, Figura 7), ao final da segunda entrevista ela apresentou uma rica descrição de outros órgãos envolvidos na digestão.

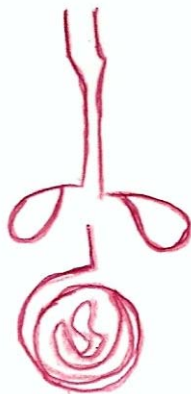


Figura 7. Desenho da Carolina, 10 anos, na primeira entrevista.

Das vinte e quatro crianças entrevistadas, onze cursavam a quinta série do ensino fundamental e receberam instrução formal da temática digestão e nutrição no período entre as entrevistas. Todas eram da mesma turma e, portanto, tinham aulas com a mesma professora. Nesta série escolar, é esperado que os alunos, ao final da instrução, sejam capazes de identificar todos os órgãos envolvidos na digestão. Entretanto, do total de onze alunos da quarta série, apenas três deles apresentaram um modelo de aparelho digestório compatível com o tipo 6 ao final da segunda entrevista. Isso contradiz a premissa apresentada por Carey (1985) de que o aluno não sabe por falta de acesso à informação. No trabalho seu trabalho, Carey relata que antes da instrução as crianças conseguiam denominar um número menor de órgãos do corpo humano do que após instrução. No nosso caso, a maioria dos alunos não atingiu esse patamar e, ainda, um deles apresentou um modelo muito simples para o sistema digestório (tipo 2).

Outros autores, como Núñez & Banet (1996), ressaltam que o número de alunos, mesmo de séries mais avançadas, que desconhece o trajeto da boca até o

estômago é muito grande. Na nossa amostra, apenas oito alunos, todos cursando a quinta série, citaram pelo menos a faringe ou o esôfago como componentes desse trajeto. Notamos que, ainda assim, os nomes desses órgãos só apareceram durante a segunda entrevista. Geralmente, as crianças se referiram a essas partes simplesmente utilizando as palavras tubo ou *cano*. Por outro lado, todas destacaram o papel fundamental do estômago como o local onde ocorrem os processos envolvidos na digestão e também a absorção dos nutrientes.

Em relação à anatomia dos órgãos, o estômago foi geralmente representado por uma figura oval, enquanto os intestinos ora foram representados da forma como os textos didáticos trazem (Figura 8), ora simplesmente como um tubo. Duas crianças apresentaram uma curiosidade: elas expuseram que o alimento entra pela boca, sobe um pouquinho – fazendo uma espécie de morro – e depois desce até o estômago. Interpretamos essa explicitação como uma assimilação das figuras presentes nos livros textos e na mídia.

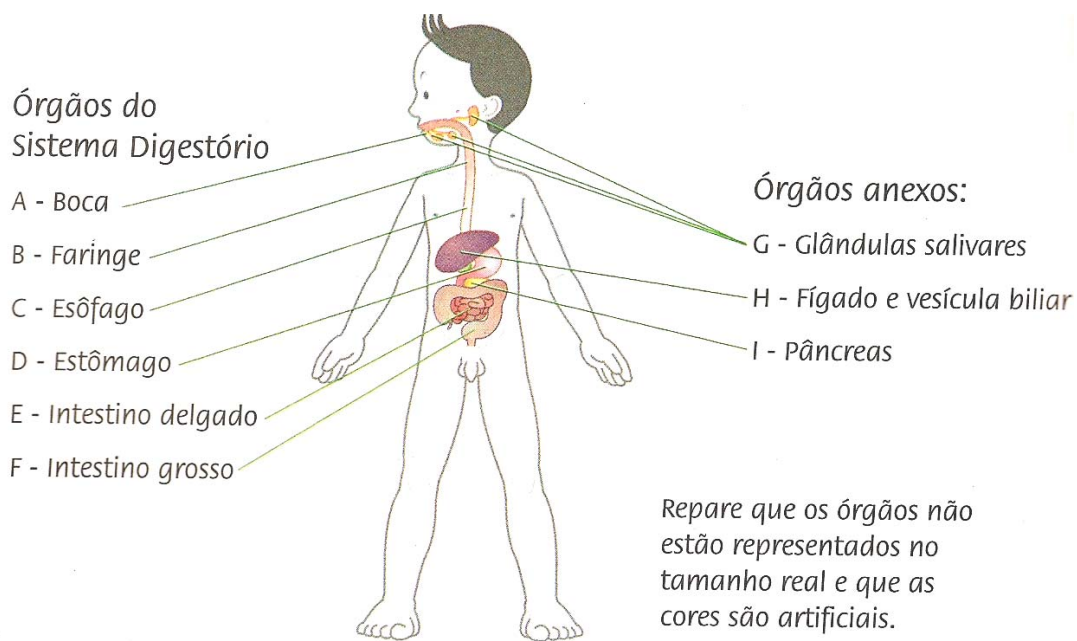


Figura 8. Ilustração do sistema digestório de um livro didático destinado à 5a série do ensino fundamental.

Durante a segunda entrevista, uma criança contou que tinha mudado de idéia em relação ao formato do “tubo” por onde passam os alimentos até chegarem ao estômago. Tal modificação havia sido motivada por um comercial de iogurte que ela havia assistido na televisão, na qual esse tubo era sinuoso e não reto. O novo desenho feito pela criança é apresentado na Figura 9.



Figura 9. Desenho de Tiago, 10 anos, na segunda entrevista.

Nitidamente, esse aluno assimilou as informações transmitidas pelo anúncio à maneira dele. Assim, o formato do intestino foi aplicado ao trajeto entre a boca e o estômago e o que no anúncio representava o intestino não apareceu no desenho do aluno. Assim, ele simplesmente ignorou a existência desse órgão e manteve o modelo que ele já possuía: boca ligada a um estômago.

Modelos de digestão

Antes de discutirmos o tópico dessa seção – digestão – temos que deixar claro o que entendemos por digestão nessa pesquisa. Como digestão, consideramos o processo fundamental para a obtenção de energia e manutenção do metabolismo ou para o desenvolvimento do organismo:

A principal função da digestão é decompor as moléculas grandes e complexas presentes no alimento de modo a torná-las absorvíveis e disponíveis para utilização do corpo. Essa degradação é executada no trato digestivo com o auxílio das enzimas. (Schmidt-Nielsen, 2002, p.138)

Sete modelos diferentes para a compreensão do processo de digestão foram identificados entre os alunos. Na definição desses modelos, levamos em consideração as idéias de transformação e absorção dos alimentos no trato digestivo. Consideramos também a idéia que os entrevistados apresentaram sobre formação das fezes, por estas estarem intimamente ligadas ao processo em discussão.

Os modelos são apresentados a seguir, em ordem crescente de complexidade:

Modelo 1: Alimentos não saem de dentro do organismo (eles apodrecem ou desaparecem).

Modelo 2: Alimentos passam pelo sistema digestório e saem com as fezes.

Modelo 3: Alimentos passam pelo sistema digestório e são dissolvidos (no sentido de amolecidos ou, como os alunos mesmos dizem, “ficam mais líquidos”).

Modelo 4: Alimentos passam pelo sistema digestório e há separação das partes boas e ruins: a parte boa fica no estômago ou na barriga e a parte ruim sai do corpo com as fezes.

Modelo 5: Alimentos passam pelo sistema digestório, a parte boa vai para o corpo e a parte ruim sai com as fezes (sem idéia de transformação).

Modelo 6: Alimentos passam pelo sistema digestório, a parte boa é dissolvida ou absorvida pelo estômago e vai para o sangue (circulação) e a parte ruim é transformada em fezes.

Modelo 7: Alimentos passam pelo sistema digestório, há participação do suco gástrico, as partes que serão utilizadas pelo corpo são absorvidas no estômago ou no intestino e a parte que não será utilizada é transformada em fezes.

O Quadro 4 apresenta os modelos de digestão identificados nas duas entrevistas para cada aluno.

Aluno	1ª entrevista	2ª entrevista	Aluno	1ª entrevista	2ª entrevista
Ana	2	4	Jaqueline	5	5
Andrea	2	3	Joana	4	5
Bruna	4	6	Juliana	4	7
Carolina	1	4	Lorena	7	7
Estela	1	5	Marina	6	5
Flávia	5	5	Murilo	4	4
Guilherme	4	Não fez	Patrícia	4	4
Gisele	1	7	Tiago	2	5
Isadora	4	4	Tobias	2	2
Ivana	5	5	Tatiana	5	6
Joaquim	4	Não fez	Vando	5	Não fez
Jorge	2	7	Vinícius	1	2

Quadro 4. Modelos de digestão dos entrevistados na primeira e na segunda entrevista.

O Quadro 5 apresenta a quantidade de alunos que expressou cada modelo, nas ocasiões da primeira e da segunda entrevista. Como explicado na seção anterior, três alunos não participaram da segunda entrevista porque não quiseram ou porque não eram mais alunos da instituição de ensino onde as entrevistas foram realizadas. Os dados do quadro 5 são também apresentados no Gráfico 2 e comentados a seguir.

Modelo	Número de alunos na 1ª entrevista	Número de alunos na 2ª entrevista
1	4	0
2	5	2
3	1	1
4	7	5
5	4	7
6	2	2
7	1	4
Total	24	21

Quadro 5. Número total de alunos por modelo de digestão.

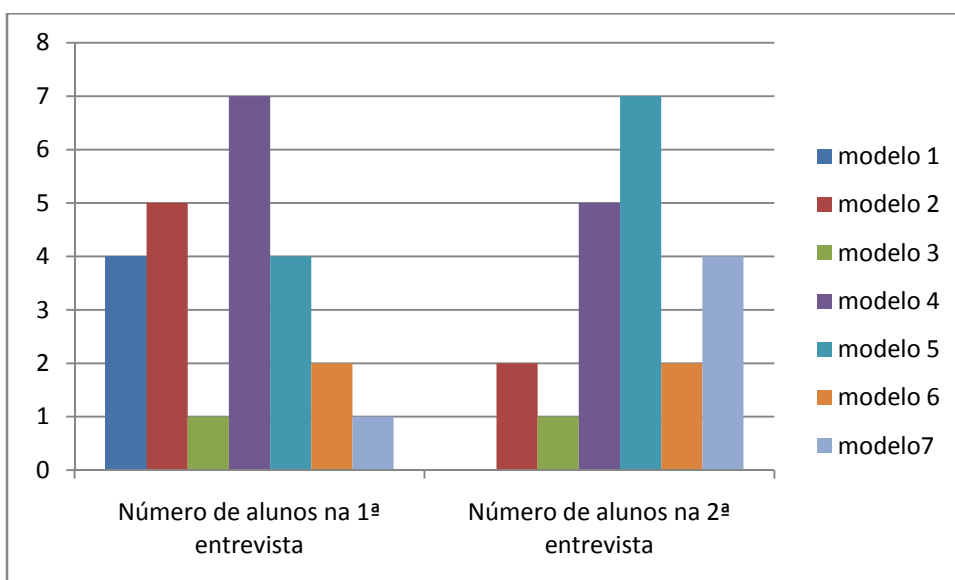


Gráfico 2. Quantidade de alunos que expressou cada modelo de digestão em cada uma das entrevistas.

Percebemos, durante as entrevistas, que as crianças tiveram mais dificuldade para expressar seus modelos nesse tópico do que no anterior, muitas vezes porque lhes faltava vocabulário.

O modelo de digestão do tipo 1 foi expresso, apenas durante a primeira entrevista, por cinco sujeitos. Ele pode ser caracterizado pela idéia de que o alimento

não sofre qualquer transformação após ser ingerido – a não ser a diminuição do tamanho devida à mastigação – e é excretado juntamente com as fezes, isto é, as fezes já estão formadas e o alimento é misturado a elas dentro do corpo.

Após o intervalo entre as duas entrevistas, nenhum deles manteve o Modelo 1. A criança da segunda série apresentou um Modelo do tipo 5 na segunda entrevista, um salto muito grande para uma criança de sua idade, 7 anos. Quando perguntada sobre onde tinha aprendido tudo aquilo que dissera durante a segunda entrevista, afirmou:

“É porque eu fui no médico e ele falou.” (Estela, 7 anos, segunda entrevista)

A criança da quarta série, Vinícius, pouco mudou sua idéia de digestão. Acrescentou, ao seu modelo expresso na primeira entrevista, a saída dos alimentos do corpo juntamente com as fezes, e, assim como Estela, não apresentou a idéia de transformação nem de absorção ou circulação.

Carolina e Gisele também expressaram o Modelo 1 na primeira entrevista. Elas eram alunas da quinta série do ensino fundamental e, durante o intervalo entre a realização das duas entrevistas, receberam instrução formal sobre a anatomia e as funções dos diversos sistemas do corpo humano. Esse fato implicou em um aumento da compreensão dos processos envolvidos na digestão, embora Carolina ainda não conseguisse explicar coerentemente o que acontece, por exemplo, no estômago. Para ela, o suco gástrico apenas deixa o alimento mais pastoso para chegar até o intestino delgado. Gisele, durante a segunda entrevista, expressou o Modelo 7, que seria, na nossa classificação, o modelo mais completo de digestão.

O Modelo 2 de digestão foi apresentado por cinco crianças na primeira entrevista e, apenas por duas na segunda entrevista. Esse modelo é caracterizado pela idéia de que os alimentos apenas passam pelo sistema digestório e saem juntamente com as fezes. Salientamos que não há idéia de transformação do alimento não aproveitado em fezes e nem de absorção de nutrientes. Apenas uma criança permaneceu com esse modelo após o intervalo entre as entrevistas. Entretanto, essa criança não apresentou envolvimento durante a realização da segunda entrevista e apenas assistiu ao vídeo da primeira entrevista sem emitir qualquer comentário ou corrigir qualquer elemento abordado durante a primeira entrevista. A outra criança que apresentou o Modelo 2 na segunda entrevista foi Vinícius, cujas idéias foram comentadas anteriormente.

Tiago, embora afirmasse que parte dos alimentos sai com as fezes, acreditava que durante algum tempo eles permaneçam dentro do estômago e que a defecação ocorre para que o órgão esvazie. Ele também acreditava que o que não é aproveitado pelo organismo sai com a urina, e que a urina e as fezes saem do estômago para o exterior do corpo, mas não se misturam dentro do órgão.

Jorge, 8 anos e cursando a quinta série, demonstrou ser uma criança que é capaz de aprender muita coisa de modo independente e por meio da observação. Já na primeira entrevista, ele relatou que aprendera muita coisa sobre corpo humano com jogos e publicações voltadas para o público infantil e na segunda entrevista apresentou um conhecimento ainda maior sobre digestão. Sem citar nomes científicos, falou que as fezes são formadas no intestino grosso, após a comida ser dissolvida no estômago.

O Modelo 3 de digestão foi expressado apenas por Guilherme, que não explicitou nenhuma idéia de absorção de nutrientes, mas acreditava que, se pararmos de comer, passaremos mal porque o estômago ficará vazio. Guilherme não participou da segunda entrevista, pois quando da sua realização ele não era mais aluno da escola.

Andrea, que na primeira entrevista expressara o Modelo 2, foi a única entrevistada a expressar o Modelo 3 durante a segunda entrevista.

O Modelo 4 de digestão foi desenvolvido por sete entrevistados na primeira entrevista e cinco na segunda entrevista, ou seja, do total de alunos que participaram da primeira entrevista, aproximadamente 37% deles apresentavam esse modelo, um número expressivo. O principal atributo desse modelo é a idéia de que há separação entre as “partes boas” e as “partes ruins” dos alimentos ingeridos. Os alunos propuseram origens diferentes para essa separação.

Uma dessas crianças, Murilo atribuiu a função de separar as “partes boas” das “partes ruins” a microorganismos que habitam o trato digestivo:

“Na barriga é cheio de bichinhos que parecem formiguinha que vão separando a parte boa da parte ruim da comida.” (Murilo, 10 anos, primeira entrevista)

Quando atribuiu aos bichinhos a responsabilidade por processos de transformações, ele deixou transparecer a sua incapacidade de descrever processos orgânicos, semelhante ao modo como Vargas, Mintz e Meyer (1988) descreveram os “homenzinhos” responsáveis que trabalham para que o corpo continue funcionando, apresentados em livros didáticos de ciências.

Outra criança, Ana, acreditava que os líquidos ingeridos saem junto com a urina e os alimentos sólidos saem para o meio exterior com as fezes:

Mariana de Carvalho Capistrano Cunha

“Separando as coisas duras para o cocô e a as coisas moles para o xixi.” (Ana, 7 anos, primeira entrevista)

Bruna, 10 anos, desde a primeira entrevista, já relacionava a urina à bexiga. Entretanto, durante a primeira entrevista, ela acreditava que os alimentos passavam pela bexiga e depois aprendeu que não era bem assim. Ela também estabeleceu relação entre o que não é aproveitado (dentro os alimentos líquidos), a urina e a bexiga e resolveu o problema de como a parte que não será aproveitada chega até a bexiga, “criando” um canal que liga o estômago à bexiga:

Entrevistadora: *“Muito bem. E esse xixi é produzido na bexiga?”*

Bruna: *“Acho que o que é ruim, o estômago manda para a bexiga para ir embora.”*

Entrevistadora: *“Então pensa onde tem que estar a bexiga.”*

Bruna: *“A bexiga tem que estar perto do estômago.”*

Entrevistadora: *“Mas ela tá coladinha no estômago ou tem algum canal que liga ela ao estômago?”*

Bruna: *“Tem um canalzinho que liga.”* (Bruna, 10 anos, primeira entrevista)

Outra aluna de 10 anos, Juliana, também expressava o Modelo 4 e a relação entre bexiga e urina. Entretanto, ela também imaginava que as fezes passavam pela bexiga antes de saírem do corpo:

“Eu acho que aqui que liga na bexiga da pessoa e aí vai coco e xixi para fora do corpo.” (Juliana, 10 anos, primeira entrevista)

Dos sete entrevistados que apresentaram o Modelo 4 durante a primeira entrevista, três permaneceram com o mesmo modelo na segunda entrevista; um não realizou a segunda entrevista; três alunas apresentaram modelos do tipo 5, 6 e 7, sendo que dessas duas eram alunas da quinta série do ensino fundamental.

O modelo do tipo 5 foi exposto por quatro entrevistados durante a primeira entrevista e por sete entrevistados na segunda entrevista. No Modelo 5 existem idéias de transformação das partes que serão aproveitadas pelo corpo em fezes e de circulação das partes que serão aproveitadas. Alguns entrevistados, como Flávia, que participou do diálogo citado a seguir, acrescentam o papel do sangue no transporte dos nutrientes para todas as partes do corpo:

Flávia: *“Aí quando a gente come esse alimento, vai distribuindo para a cabeça porque senão a gente iria ficar com a cabeça pequena, aí vai para o pé e aumenta.”*

Entrevistadora: *“Mas o que distribui esse alimento?”*

Flávia: *“A veia.”*

Entrevistadora: *“E o que tem dentro da veia?”*

Flávia: *“Sangue.”*

Entrevistadora: *“Então quem leva as vitaminas até o coração?”*

Flávia: *“O sangue.”*

Entrevistadora: *“E quem leva as vitaminas até o pulmão?”*

Flávia: *“O sangue.”*

Entrevistadora: *“E quem leva as vitaminas para as pernas e para os braços?”*

Flávia: *“O sangue”*. (Flávia, 9 anos, primeira entrevista)

Uma das crianças deste grupo, Marina, conhecia a participação do suco gástrico na digestão, mas a função desse não foi corretamente apresentada por ela:

“Eu acho que, tipo assim, o suco gástrico separa o que não precisa, o que não é necessário, e pega só o que precisa.” (Marina, 10 anos, segunda entrevista)

O modelo do tipo 6 foi exposto por três crianças durante a primeira e a segunda entrevistas. Essas crianças tinham 10 anos na ocasião e já haviam sido submetidas à instrução formal sobre digestão.

Um trecho da primeira entrevista realizada com Tatiana, que também expressou esse modelo, é apresentado a seguir:

Tatiana: *“Quando a gente mastiga aí vai liberando ácido, aí ele vai fazer o alimento ficar mais líquido aí as proteínas vão pro seu sangue.”*

Entrevistadora: *“E como as proteínas vão para o seu sangue?”*

Tatiana: *“Aí eu não sei.”*

Entrevistadora: *“Tenta imaginar.”*

Tatiana: *“Ah, tem um, tem uma veia que passa.”*

Entrevistadora: *“Que passa e leva as proteínas?”*

Entrevistadora: *“E essa veia fica aonde?”*

Tatiana: *“No estômago, deve ser.”*

(...)

Tatiana: *“Tudo isso aqui vai para o estômago e depois vai transformar em xixi ou coco. Aí guarda na bexiga.”* (Tatiana, 10 anos, primeira entrevista)

Por *“tudo isso”* entendemos o que não foi aproveitado pelo corpo. Tatiana é uma criança segura e clara nas suas explicações. Algumas vezes notamos a sua vontade de que a entrevista acabasse, mas, assim que algo que lhe despertava interesse era perguntado, ela voltava a se concentrar no seu discurso. Apesar do seu modelo de digestão já apresentar participação do suco gástrico, a função deste não era compreendida coerentemente pela criança, como podemos perceber ao partir do trecho transcrito a seguir:

“Ah, não sei direito não. Ah, vai passar o líquido aí eles vai distinguir isso aqui eu não preciso aí as coisas ruins vão transformar em urina e as coisas sólidas... pausa... fezes.” (Tatiana, 10 anos, primeira entrevista)

O Modelo 7 de digestão não foi apresentado por nenhuma criança durante a primeira entrevista, mas foi apresentado por cinco delas na segunda ocasião. Este modelo foi bem caracterizado na segunda entrevista de Lorena:

“Eu acho que o esôfago é por onde a comida desce, aí chega no estômago onde tem o suco gástrico e a comida será dissolvida, aí ela vai passando pelo intestino delgado.”
(Lorena, 10 anos, segunda entrevista)

Nenhuma criança apresentou uma idéia de decomposição de moléculas, como seria esperado que apresentassem após a instrução, se o modelo de enriquecimento do conhecimento fosse adotado por nós. Ou seja, o conhecimento de funções do aparelho digestivo e processos ocorridos durante a digestão não foi suficiente para que muitos alunos expusessem um modelo científico para digestão. Das doze crianças da quinta série, três, apesar da instrução, permaneceram com modelos menos complexos, adaptando o conteúdo às suas idéias prévias, e duas não repetiram a entrevista. Assim, cerca de 33% dos alunos que receberam instrução formal alteraram pouco ou não alteraram seus modelos de digestão. O Gráfico 3 mostra a mudança de modelos de digestão dos alunos da quinta série que participaram das entrevistas. Entendemos que se fosse considerado o modelo de enriquecimento do conhecimento, seria esperado que os alunos da quinta série expressassem Modelos 5 ou 6 de digestão, pois esses dois modelos já apresentam noções de transformação dos alimentos durante os processos químicos e físicos envolvidos na digestão.

Mariana de Carvalho Capistrano Cunha

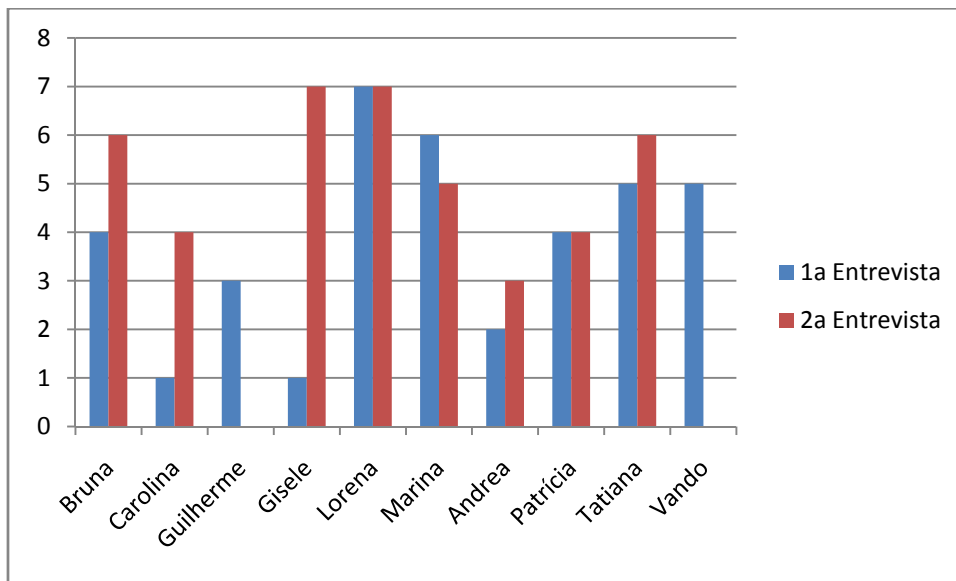


Gráfico 3. Modelos digestão de cada aluno entrevistado da quinta série.

O Gráfico 4 mostra a evolução de todas as crianças para os modelos de digestão.

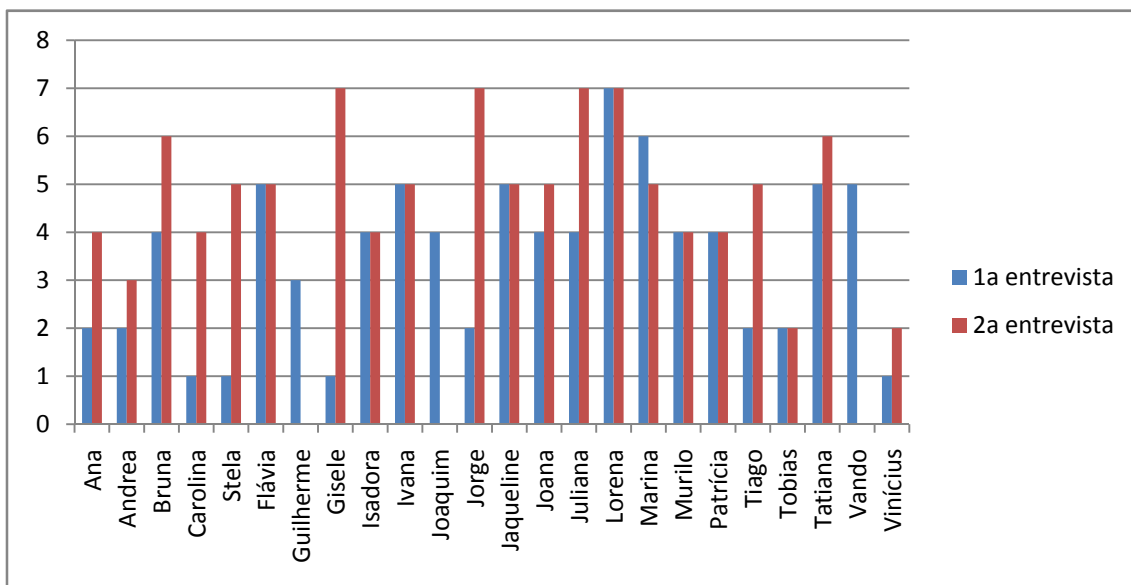


Gráfico 4. Evolução dos modelos de digestão para todas as crianças.

Durante o processo de categorização dos modelos de digestão dos entrevistados, nos deparamos com alguns modelos que poderíamos chamar de

intermediários. Como exemplo, podemos citar o modelo expresso por Ivana que não apresenta idéia de transformação de alimento em fezes como descrito nos modelos do tipo 6 ou 7 mas reconhece que as fezes já estão dentro do corpo e que as partes dos alimentos que não serão aproveitadas saem para o meio externo com elas.

“Eu acho que ela se mistura lá com alguma outra coisa dentro do corpo.” (Ivana, 9 anos, primeira entrevista)

Modelos de nutrição

Em concordância com autores como Driver et al (1994), acreditamos que as crianças devem ser incentivadas a considerar o alimento como qualquer material, ou seja, formado por partículas de substâncias químicas e que, durante a digestão, essas partículas se tornam disponíveis para serem fontes de energia e fontes de matéria para os organismos. Isto porque a idéia de transformação é a idéia central para a compreensão dos processos da digestão, e também uma idéia que exige esforço para ser compreendida por alunos desta faixa etária.

Compreender que o alimento é fundamental para a construção do organismo é relativamente fácil para as crianças. A maioria dos entrevistados afirmou que precisamos nos alimentar para crescer, mesmo que muitos deles não tenham conseguido explicar como ocorre o processo. Entretanto, a maioria dos entrevistados apresentou grande dificuldade de explicar o papel dos alimentos como fonte de energia para os processos do metabolismo do corpo humano.

A partir das idéias expressas pelos alunos, identificamos cinco modelos de nutrição. Tais modelos são apresentados a seguir:

Modelo 1. Comer para ficar forte, crescer, ou não morrer.

Modelo 2. Comer para não ficar doente

Modelo 3. Comer para ficar forte, porque os alimentos têm nutrientes.

Modelo 4. Comer porque os alimentos têm diferentes tipos de nutrientes que podem dar energia (mas sem a idéia de transformação).

Modelo 5. Comer porque os nutrientes presentes nos alimentos são transformados em energia.

É importante destacar que apenas no Modelo 5 há idéia de transformação dos nutrientes; os outros quatro modelos não abordam qualquer noção de modificação dos nutrientes presentes nos alimentos.

O Quadro 6 identifica os modelos de nutrição expressos pelos entrevistados em cada uma das entrevistas.

Aluno	1ª entrevista	2ª entrevista	Aluno	1ª entrevista	2ª entrevista
Ana	1	1	Jaqueline	3	3
Andrea	1	4	Joana	4	4
Bruna	5	5	Juliana	1	1
Carolina	3	3	Lorena	4	4
Estela	1	4	Marina	4	4
Flávia	4	4	Murilo	1	1
Guilherme	1	Não fez	Patrícia	1	3
Gisele	1	1	Tiago	4	5
Isadora	2	3	Tobias	1	1
Ivana	4	1	Tatiana	5	5
Joaquim	1	Não fez	Vando	4	Não fez
Jorge	1	1	Vinícius	2	2

Quadro 6. Modelos de nutrição dos entrevistados na primeira e na segunda entrevista.

O Quadro 7 apresenta o total de alunos que expressou cada modelo.

Modelo	Número de alunos na 1ª entrevista	Número de alunos na 2ª entrevista
1	12	8
2	1	1
3	3	2
4	6	7
5	2	3
Total	24	21

Quadro 7. Número total de alunos por modelo de nutrição.

Como podemos inferir pelos dados dos Quadros 6 e 7, o Modelo 1 foi o mais recorrente entre os alunos em ambas as entrevistas. A maneira como os alunos modificaram seus modelos é apresentada no Gráfico 5 e os principais aspectos dessas modificações são comentados a seguir.

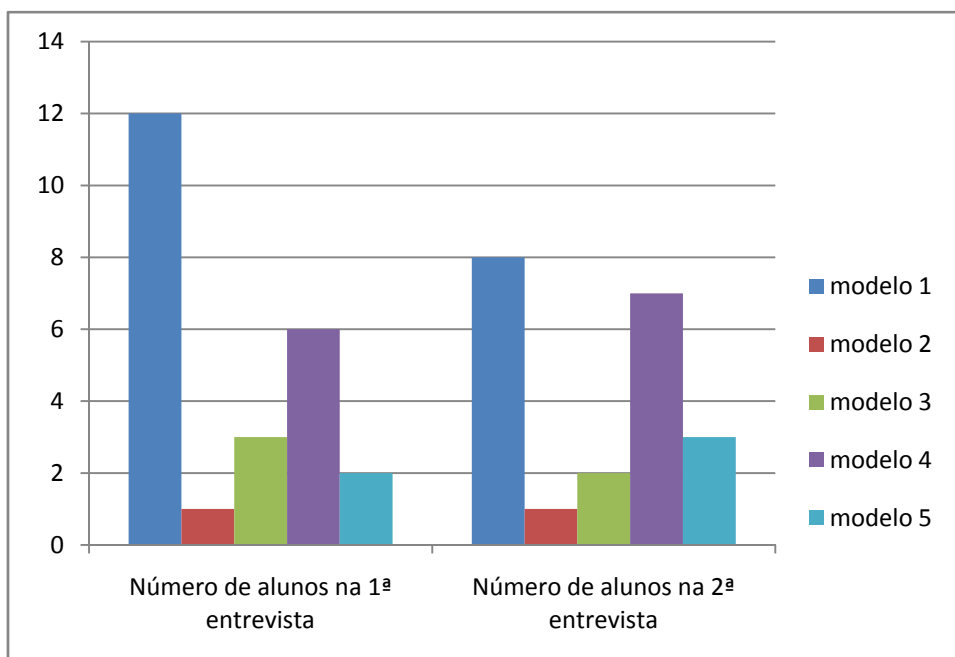


Gráfico 5. Quantidade de alunos que expressou cada modelo de nutrição em cada uma das entrevistas.

O Modelo 1 de nutrição foi expresso por doze entrevistados na primeira entrevista e por oito na segunda. Daqueles que expressaram o Modelo 1 na primeira ocasião, sete repetiram o modelo na segunda ocasião, dois não participaram da segunda entrevista, duas entrevistadas mudaram o seu modelo para o modelo do tipo 4 e uma entrevistada mudou para o tipo 2.

Estela foi uma das crianças que expressou o Modelo 4 na segunda entrevista. Um trecho de sua primeira entrevista que exemplifica o Modelo 1 é apresentado a seguir:

Entrevistadora: *“Por que a gente tem que comer?”*

Estela: *“Não sei.”*

Entrevistadora: *“Nós comemos porque estamos com fome ou porque precisamos comer?”*

Estela: *“Eu como porque eu preciso comer.”*

Entrevistadora: *“Por quê?”*

Estela: *“Para ficar forte e saudável.”*

Entrevistadora: *“Você sabe que nós temos que comer para ficar forte e saudável. E como a comida faz a gente ficar forte e saudável?”*

Estela: *“Não sei.”* (Estela, 7 anos, primeira entrevista)

Lembramos ao leitor que essa criança participou de uma consulta médica no intervalo entre a realização das entrevistas o que, entretanto, parece ter influenciado pouco suas idéias:

Entrevistadora: *“Então hoje você já sabe porque a gente tem que comer. Mas como a comida dá força para a gente?”*

Estela: *“Porque elas têm proteínas e dentro delas faz a gente ficar maior.”*

Entrevistadora: *“Como que a proteína faz a gente ficar maior?”*

Estela: *“Porque à medida que a gente come mais proteína, que faz bem para a gente, aí a gente vai ficando maior e também a gente tem que evitar de comer muito doce, muita bala.”*

Entrevistadora: *“Onde você aprendeu isso tudo, Estela?”*

Mariana de Carvalho Capistrano Cunha

Estela: *"É porque eu fui no médico e ele falou."*

Entrevistadora: *"E por que você foi ao médico?"*

Estela: *"Porque eu tô fazendo regime."*

Entrevistadora: *"E por que você está fazendo regime?"*

Estela: *"Porque eu comia muito doce."*

Entrevistadora: *"Aí ele te contou isso tudo?"*

Estela: *"Foi."*

Entrevistadora: *"E na escola? Você aprendeu alguma coisa assim?"*

Estela: *"Aprendi que tem muita gente passando fome aí a gente não pode jogar comida fora porque se a gente joga fora tem muita gente querendo comer o mesmo que a gente."* (Estela, 7 anos, segunda entrevista)

Embora já tivesse entrado em contato com um modelo mais complexo de nutrição, Estela não expressou nenhuma idéia de transformação dos alimentos. Para ela, os alimentos possuem nutrientes que são as partes boas, que vão para o corpo e dão energia, sem sofrer nenhuma alteração antes de serem utilizados pelo corpo. Considerando o que ela disse no início da citação acima, parece que ela imaginava que dentro das proteínas existe algo que, magicamente, faz com que nós crescamos.

Outra criança de 7 anos, Ana, que era da mesma classe de Estela, expressou o mesmo Modelo 1 nas duas ocasiões:

Entrevistadora: *"Por que a gente tem que comer?"*

Ana: *"Para a gente ficar forte e a gente crescer."*

Entrevistadora: *"Você acha que a sua mãe está crescendo ainda?"*

Ana: *"Está. Só que ela é pequenininha, cresce pouco porque come pouco."*

Entrevistadora: *"E seu pai?"*

Ana: *"Meu pai, ele come muito, então ele cresce mais."*

Entrevistadora: *"Aí a cada dia ele está mais alto?"*

Ana: *"Ele está cada vez mais alto. Eu puxei meu pai, eu vou ficar grande."*

Entrevistadora: *"E se a gente pára de comer?"*

Ana: *"A gente pára de crescer."*

Mariana de Carvalho Capistrano Cunha

Entrevistadora: *“Então a gente come para crescer e para ficar forte?”*

Ana: *“A comida deixa a gente ficar forte porque a comida é uma boa coisa para a gente comer.”* (Ana, 7 anos, primeira entrevista)

Notamos que a concepção de nutrição de Ana estava voltada para a idéia de crescimento em comprimento do corpo. Não há menção da necessidade de alimentos também para a produção de energia para a manutenção do metabolismo.

Na segunda entrevista, Ana abandonou a idéia de que seus pais ainda estão crescendo. Por isso, perguntamos:

Entrevistadora: *“Por que a sua mãe precisa comer se ela já parou de crescer?”*

Ana: *“Porque se ela parar de comer ela vai emagrecer, emagrecer, aí um dia ela vai morrer.”*

Entrevistadora: *“Então, se a gente comer, a gente fica vivo?”*

(A criança concorda.)

Entrevistadora: *“O que a comida tem que faz a gente ficar vivo?”*

Ana: *“Dá sangue.”*

Entrevistadora: *“A comida dá sangue?”*

Ana: *“É.”*

Entrevistadora: *“Como?”*

Ana: *“É porque algumas comidas vão para a barriga e vão fazendo o sangue.”* (Ana, 7 anos, segunda entrevista)

Embora tenha admitido que os alimentos não são somente necessários para o crescimento, Ana continuou com uma concepção muito simples de nutrição, sem idéia de transformação ou decomposição dos alimentos. Ela afirmou, em outro momento da primeira entrevista:

Entrevistadora: *“E as coisas para a gente crescer e ficar forte vão para onde?”*

Ana: *“Vai para o nosso músculo.”*

Entrevistadora: *“E onde nós temos músculos?”*

Ana: *“Aqui no braço.”* (Ana, 7 anos, primeira entrevista)

Mariana de Carvalho Capistrano Cunha

Ana associava claramente a idéia de crescimento a músculos, como podemos notar no trecho citado acima. Tal idéia era compartilhada por Juliana: *“A comida faz a gente crescer porque aumenta a massa muscular.”* (Juliana, 10 anos, primeira entrevista)

Tobias, 9 anos, 4ª série, que também apresentou o Modelo 1 nas duas entrevistas, ao ser perguntado sobre o porquê de nós morrermos ao pararmos de comer, afirmou:

“Se pararmos de comer, o estômago fica vazio e ele puxa o ar, assim paramos de respirar.” (Tobias, 9 anos, primeira entrevista)

O Modelo 2 foi expressado por uma criança em cada uma das duas ocasiões:

Entrevistadora: *“Você continua achando que a gente tem que comer para ficar forte?”*

Vinícius: (Concorda com gesto afirmativo da cabeça).

Entrevistadora: *“E como a comida faz a gente ficar forte?”*

Vinícius: *“Da comida.”*

Entrevistadora: *“Me dá um exemplo.”*

Vinícius: *“Chocolate é bom que dá energia. Biscoito.”*

Entrevistadora: *“O que acontece com o biscoito?”*

Vinícius: *“Não sei o que acontece, mas ele não faz a gente ficar forte não.”* (Vinícius, 10 anos, segunda entrevista)

O Modelo 3 foi apresentado por três entrevistados na primeira entrevista, Carolina, Jaqueline e Isadora e por duas entrevistadas, Carolina e Jaqueline na segunda entrevista. Segundo Carolina, os alimentos têm nutrientes que nos deixam fortes. Entendemos que isto quer dizer que ela pensava que os alimentos são compostos por diferentes tipos de substâncias.

Entrevistadora: *“Para que a gente come?”*

Carolina: *“Para ficar boa, com saúde não ter doenças e não morrer.”*

Entrevistadora: *“Como é que a comida faz a gente ficar boa, com saúde, não ter doenças não deixa a gente morrer?”*

Carolina: *“Por causa das vitaminas.”*

Entrevistadora: *“Então a comida tem vitaminas?”*

Mariana de Carvalho Capistrano Cunha

Carolina: Tem. (Carolina, 10 anos, primeira entrevista)

Na segunda entrevista, Isadora expressou o modelo de nutrição do tipo 4. Este modelo, segundo o qual os alimentos são compostos por nutrientes que, de alguma maneira (que não há transformação) são fontes de energia utilizada para a realização de diversas tarefas do corpo, foi expresso por seis sujeitos durante a primeira entrevista e por sete na segunda entrevista. Como evidenciado no Gráfico 5, quatro deles o mantiveram na segunda entrevista, um aluno, Tiago, expressou o Modelo 5 e um desses alunos não participou da segunda entrevista. Além dos quatro alunos que mantiveram o Modelo 4 na segunda entrevista, Andrea, Estela e Isadora, apresentaram o Modelo 4 de nutrição na segunda entrevista. A seguir, um trecho para exemplificar o Modelo 4:

Entrevistadora: *“E quando a gente come?”*

Tiago: *“Você fica com mais força.”*

Entrevistadora: *“O que tem a ver a comida com a gente ficar com mais força?”*

Tiago: *“Vitaminas e cereais.”*

Entrevistadora: *“Vitaminas e cereais.”*

Tiago: *“Vitamina é tipo uma substância que dá força, que dá energia.”*

(...)

Tiago: *“Laranja eu sei que é vitamina C.”*

Entrevistadora: *“Então tá. Aí chegam a laranja e a banana lá no estômago, cheias de vitaminas. Como essas vitaminas vão passar para o seu corpo?”*

Tiago: *“Ah, sei lá, pode ir espalhando pelas veias ou quando tiver passando já vai distribuindo. Eu sei que ela vai distribuindo.”*

Entrevistadora: *“Então só de você mastigar...”*

Tiago: *“E engolir.”* (interrompendo)

Entrevistadora: ... *“E engolir as vitaminas já vão espalhar para o seu corpo?”*

Tiago: *“É. Ou também pode ficar um tempo ali e depois vai espalhar.”* (Tiago, 10 anos, primeira entrevista)

Tiago, sujeito que expressou as idéias transcritas na apresentação do Modelo 4, já demonstrava conhecimento suficiente para explicar que os diferentes alimentos são compostos por diferentes nutrientes. No entanto, para ele esses diferentes nutrientes não eram degradados durante o processo de digestão e nem transformados antes de serem utilizados pelo corpo.

Finalmente, o Gráfico 5 evidencia que o modelo mais complexo de nutrição – 5 – foi explicitado por duas crianças nas duas entrevistas, Tatiana e Bruna, que, na ocasião, tinham 10 anos de idade e cursavam a quinta série do ensino fundamental e por Tiago na segunda entrevista, também de dez anos de idade, porém cursando a quarta série. O trecho transcrito a seguir exemplifica o Modelo 5 :

Entrevistadora: *“Para que a gente come?”*

Bruna: *“Para ter força, para ter saúde, para ter energia.”*

Entrevistadora: *“Isso tudo está dentro da comida?”*

Bruna: *“Os carboidratos que têm as proteínas e os sais minerais.”*

Entrevistadora: *“E como eles dão força para a gente?”*

Bruna: *“É que cada um tem um complemento que é digerido pelo corpo.”*

Entrevistadora: *“Digerido aqui no estômago?”*

Bruna: *“Digerido pelo estômago.”* (Bruna, 10 anos, segunda entrevista)

Tatiana, que expressou o Modelo 5 durante as duas entrevistas, afirmou que o nutriente deve sofrer algum tipo de transformação antes de ser utilizado pelas células do corpo. Entretanto, ela ainda não relacionava essa transformação com a presença de oxigênio, necessária para a produção de glicose pelas células:

Entrevistadora: *“Você consegue fazer uma relação entre a necessidade de oxigênio e a necessidade de comida?”*

Tatiana: *“Toda. Porque assim, para você bombear o coração você precisa do oxigênio, e da alimentação para o sangue está correndo nas suas veias e passar pelo coração.”*

Mariana de Carvalho Capistrano Cunha

Entrevistadora: *“Por que a gente precisa de oxigênio para bombear o coração.”*

Tatiana: *“Porque se a gente respirar...”*

Entrevistadora: *“O que o oxigênio faz dentro da gente?”*

Tatiana: *“Ajuda a gente a respirar, para o coração bater e o sangue correr dentro das nossas veias.”*

Entrevistadora: *“Muito bem.”* (Tatiana, 10 anos, segunda entrevista)

Tatiana, que apresentava um modelo bem desenvolvido de digestão, apresentava um modelo de nutrição que envolvia transformação de nutrientes em energia utilizável, mas com uma idéia da energia presa dentro uma simples liberação de energia, como evidenciado no trecho a seguir:

Entrevistadora: *“E como as vitaminas e proteínas funcionam dentro da gente?”*

Tatiana: *“Eu acho que... Ah, sei lá.”*

Entrevistadora: *“Imagine como elas agem.”*

Tatiana: *“Eu acho que elas vão para o sangue, aí elas percorrem na veia vai liberando força.”* (Tatiana, 10 anos, segunda entrevista)

Analogias

Nessa seção apresentaremos as analogias criadas pelos alunos durante as entrevistas. Seguindo o proposto por Gentner (1989), optamos por considerar como analogia comparações que apresentem relações estruturais e não apenas similaridades superficiais, como formato, tamanho ou cor.

Visando facilitar a discussão futura dos dados, as analogias são apresentadas considerando a idade das vinte e quatro crianças participantes. Dessas apenas duas, Estela e Patrícia não estabeleceram nenhuma analogia em qualquer uma das entrevistas. Houve casos em que o participante criou analogia nas duas entrevistas e

casos em que a criança criou analogia em apenas uma ocasião, seja na primeira ou na segunda.

Começaremos a discussão a partir das comparações estabelecidas pelas crianças mais novas, Ana e Estela, ambas com sete anos de idade.

Na primeira entrevista, Ana estabeleceu três comparações, das quais apenas uma pode ser considerada analogia:

Ana: *“Já sei! Uma coisa que fica assim (apertando a barriga) quando a gente tem bebê para passar comida para o neném.”*

Entrevistadora: *“Uma coisa... repete. Não entendi.”*

Ana: *“É uma coisa que fica aqui no estômago quando a gente tem neném fica no umbigo do neném para passar comida.”*

Entrevistadora: *“Ah, chama cordão umbilical.”*

Ana: *“A minha mãe guardou o meu.”* (Ana, 7 anos, primeira entrevista)

Nesta analogia, Ana comparou a região correspondente à faringe e ao esôfago (alvo) ao cordão umbilical (fonte), pois todos levam nutrientes: no caso, o esôfago e a faringe até o estômago e o cordão umbilical para o neném durante a gestação.

As outras comparações estabelecidas por Ana foram entre grama e dentes, e garganta e a letra ele. Ambas as comparações foram estabelecidas a partir da sua observação dos seus próprios desenhos (Figuras 10 e 11) baseando em aspectos exclusivamente superficiais.

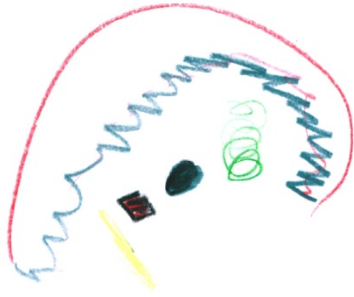


Figura 10. Desenho representando a boca e alimentos ingeridos, feito por Ana, 7 anos, durante a primeira entrevista.



Figura 11. Desenho representado a faringe, o esôfago e o estômago, feito por Ana, 7 anos, durante a primeira entrevista.

A parte apontada pela seta na Figura 11 representa a faringe e o esôfago. Foi esse formato que permitiu à criança fazer a comparação do conjunto dessas estruturas com a letra ele do alfabeto.

Durante a segunda entrevista, Ana apresentou uma analogia entre o estômago e o ato de reciclar o lixo produzido. O objetivo da analogia era explicar a função do estômago. Segundo ela, o estômago separa as coisas boas das coisas ruins, assim como

nós separamos os diferentes tipos de materiais presentes no nosso lixo para que eles possam ser reaproveitados.

Estela, também de sete anos, estabeleceu três comparações sendo todas elas similaridades de mera aparência, sem nenhuma relação estrutural entre os objetos comparados. Por exemplo, ela comparou o formato do estômago com o formato do planeta Terra e com o formato de uma bola.

Joaquim, 8 anos, criou duas analogias durante a única entrevista da qual participou. Ele comparou os dentes (alvo) com um martelo (fonte). Esses dois objetos compartilham poucos atributos, mas compartilham relações. Para o entrevistado, o martelo pode ser utilizado para quebrar tijolos e os dentes são utilizados para “quebrar” a comida. Para Joaquim, a parte que não será aproveitada pelo corpo se mistura com uma “massa” semelhante ao cimento. Essas duas analogias estabelecidas mostram que o entrevistado mobilizou um domínio do cotidiano fora da escola para mapear as similaridades entre os objetos. Chama atenção que os dois objetos utilizados como fonte podem ser agrupados numa mesma classe, material de construção. Flávia, 9 anos, durante a segunda entrevista, comparou o processo de dissolução do alimento com o derretimento de um sorvete exposto à radiação solar.

Flávia: *“Olha só, quando a gente está com o sorvete no sol. Aí o sol vai e derrete o sorvete.”*

Entrevistadora: *“Então você está comparando o sol com o estômago?”*

(Concorda.)

Entrevistadora: *“O sol derrete o sorvete e o estômago derrete a comida?”*

(Concorda.)

Entrevistadora: *“Como o sol derrete o sorvete?”*

Flávia: *“Com o calor.”*

Entrevistadora: *“E o estômago?”*

Flávia: *“Com o suco gástrico.”* (Flávia, 9 anos, segunda entrevista)

O mapeamento, nesse caso, foi entre a suposta ação do estômago sobre o alimento (alvo) e a ação da radiação solar (chamada de calor pela criança) sobre o sorvete. Tanto o estômago quanto a radiação solar foram os responsáveis por tornar algo mais pastoso. A analogia estabelecida por Flávia é coerente com o modelo de digestão apresentado por ela, que diz que o alimento é dissolvido no estômago para que parte seja absorvida e parte seja eliminada. Ainda durante a segunda entrevista, Flávia, comparou, por meio de uma analogia, o papel das enzimas com a função de uma faca: diminuir o tamanho das coisas. Nas duas ocasiões das entrevistas, esta criança explicitou quatro comparações de mera aparência, como veias e tubos, alimento mastigado e pão molhado.

Ivana também de 9 anos, estabeleceu uma analogia entre o estômago (alvo) e um automóvel (fonte). Ela quis dizer que algo chega ao estômago e que o que resta da sua utilização é eliminado sob a forma de fezes e urina, assim como a gasolina ou óleo no carro são utilizados e a fumaça (nas palavras da criança) é liberada como resíduo. Fazendo uso de outra analogia, Ivana também lembrou que nosso corpo tem soldados (fonte) que combatem os germes. Para ela, esses soldados são as vitaminas (alvo). Isto significa dizer que as vitaminas têm comportamento semelhante ao de soldados de um exército no combate a corpos estranhos ao corpo.

Joana, 9 anos, durante a primeira entrevista, comparou o corpo humano (alvo) com um terrário (fonte). Quando perguntada sobre qual era a utilidade da analogia, ela argumentou dizendo que ao comparar o corpo com o terrário estaria enfatizando o

fato de que o corpo humano não é oco, assim como o terrário não é. Complementando a analogia, ela citou a presença de microorganismos dentro do corpo e a presença de bichos no terrário, enfatizando que tanto os microorganismos quanto os bichos do terrário são bem pequenos. Considerando os atributos compartilhados, podemos afirmar que esta foi uma comparação de mera aparência. Por outro lado, na segunda entrevista ela criou uma analogia entre videogame (fonte) e vitaminas e conservantes (alvos). Para ela, as vitaminas funcionam como uma vida extra e os conservantes como algo que prejudica o jogo:

Joana: *“É as vitaminas, você tem o videogame é como se você tivesse vida extra.”*

Entrevistadora: *“É tipo uma vida extra que vai ganhando com aqueles pontinhos?”*

Joana: *“É.”*

Entrevistadora: *“E os conservantes?”*

Joana: *“Esses conservantes... vamos comparar com o que prejudica o jogo.”*

Entrevistadora: *“Como o que?”*

Joana: *“Prejudica o jogo você perder vida, ficar fraco. E tem vezes que a gente bate numas caixas aí aparece uma pizza ou um suco que você tem que tomar. Aí se você não tomar você fica fraco e não agüenta resistir muito.”* (Joana, 9 anos, segunda entrevista)

Esse é outro exemplo no qual o objeto que possui o papel de fonte não pertence ao contexto científico e sim, à experiência fora da escola. Além disso, a analogia feita na segunda entrevista entre jogos de videogame, vitamina e conservantes é coerente com o modelo de nutrição apresentado na mesma ocasião, cuja principal idéia era a de que os nutrientes podem ser fonte de energia (mas sem que a idéia de transformação fosse expressa).

Murilo, 9 anos, elaborou cinco analogias. A primeira delas foi entre a região da faringe e do esôfago (alvo) e um escorregador (fonte). Murilo comparou o fato de algo

desliza tanto pela faringe e esôfago quanto pelo escorregador. O fato de Murilo ter sido o único participante a não comparar o esôfago e a faringe a um cano, o que por nós foi considerada como uma similaridade literal, nos fez levar em consideração essa comparação, que indica que o aluno também acha que esôfago e faringe não são um tubo em termos estruturais, mas possuem uma função definida. Depois, ele comparou os microorganismos que estão presentes nos organismos com formigas. Para ele os microorganismos são responsáveis pela separação das partes da comida, e as formigas também separam o que vão aproveitar. Os pulmões (alvo) ele comparou com uma garrafa (fonte), no que talvez tenha sido influenciado pelo modelo de ensino tradicionalmente utilizado no ensino do sistema respiratório construído a partir de garrafa plástica, balões de aniversários e mangueira para simular o funcionamento dos pulmões e do músculo denominado diafragma. No entanto, no modelo de ensino os pulmões são representados pelos balões de aniversário e não pela garrafa. Murilo ainda comparou o combustível de um carro (fonte) ao alimento ingerido (alvo). Para ele, tanto o primeiro quanto o segundo são utilizados como fonte de energia para o movimento. Para tentar ilustrar o modelo de ensino do sistema respiratório apresentamos, na Figura 12, a ilustração de um livro didático destinado a alunos da 5ª série.



Figura 12. Ilustração de livro didático do modelo de ensino para sistema respiratório humano.

Durante a segunda entrevista, Murilo elaborou uma analogia, que comparava o sangue (alvo) com um ônibus (fonte). A relação comparada nesta analogia é a de que o sangue carrega os nutrientes pelo corpo e o ônibus transporta passageiros. Outra analogia que comparava a barriga a um lixão, onde é levado o que não será utilizado pelo corpo, foi proposta por Murilo durante a segunda entrevista. As analogias criadas por Murilo são coerentes com os modelos que ele apresentou para o aparelho digestório e digestão. No seu modelo de digestão, Modelo 4, Murilo acredita que há separação entre a parte boa que será aproveitada pelo corpo e a parte ruim que será eliminada, para explicar como ocorre essa separação, ele propôs a analogia entre seres que habitariam nosso trato digestivo e formigas e, ainda, que algo – sangue – tem que transportar o que será aproveitado pelo corpo.

Tiago, 10 anos, elaborou quatro analogias durante as duas entrevistas. A primeira delas foi a comparação entre vitaminas (alvo) e máquina (fonte), a partir da consideração do resultado da ação de ambas:

Mariana de Carvalho Capistrano Cunha

“Tipo as máquinas. Pode trazer coisas que vão melhorar, e as vitaminas vão melhorar nosso corpo.” (Tiago, 10 anos, primeira entrevista)

Depois, ele elaborou uma analogia entre uma bola (fonte) e o estômago (alvo).

Ao fazê-lo, Tiago ultrapassou a simples similaridade de aparência, e apresentou semelhanças relacionais:

“O estômago eu posso comparar com uma bola. Porque quando você enche a bola já é ar, aqui (colocando a mão no abdômen) é de comida. Quando você enche, ele fica grande, estufa assim. Se você come muito e vai brincar ou correr você não consegue, vai ficar pesado. Só que a bola, isso seria diferente, enche e, quando esvazia, o estômago você fica sem força, você não consegue brincar porque você está sem a comida. E a bola fica murcha.” (Tiago, 10 anos, primeira entrevista)

Nessa analogia, Tiago fez um mapeamento entre os estados cheio ou vazio do estômago e da bola. Quando a bola está vazia, “murcha”, não é utilizada; quando nosso estômago está vazio, não conseguimos nos exercitar, isto é, brincar, correr etc. Coerentemente com o modelo de nutrição apresentado por este aluno, segundo o qual os nutrientes podem ser fontes de energia, a analogia entre a bola e o estômago deixou clara a relação existente entre alimento, movimento e energia no seu modelo.

Na segunda entrevista, Tiago explicou que a urina e as fezes poderiam ficar por algum tempo no mesmo lugar dentro do corpo. A entrevistadora, então, o indagou se havia mistura entre uma e outra. Para explicar que isso não ocorreria, ele propôs a analogia entre água/óleo (fonte), e fezes/urina (alvo). Essas últimas não se misturariam assim como a água não se mistura ao óleo. Essa analogia merece atenção, pois fezes e urina não se misturam porque estão em lugares diferentes no corpo humano e são produtos de processos diferentes. A quarta analogia estabelecida por ele foi novamente entre corpo (alvo) e máquina (fonte), mas considerando aspectos diferentes daqueles

considerados na primeira entrevista. Para ele, assim como dentro de uma máquina passa energia para fazê-la funcionar, as vitaminas estão em nosso corpo para dar energia para que possamos viver. Novamente, a analogia reflete o seu modelo de nutrição, pois ele sabe que os alimentos têm nutrientes que são fontes de energia para o corpo e que uma máquina, assim como o corpo, precisa de energia para funcionar.

Uma das comparações estabelecidas por Tiago foi entre o esôfago e um labirinto, segundo ele, por suas formas sinuosas. Ao expressar esta comparação, ele fez um desenho (Figura 13) que, a partir do que ele falou, concluímos que foi influenciado por uma propaganda de iogurte vista na televisão, onde um modelo de sistema digestório aparece na tela e há a representação do alimento percorrendo os órgãos. Tiago ainda não sabia da presença de intestinos no caminho do alimento. Assim, ao ver na propaganda a representação desses órgãos, ele adaptou o que viu ao modelo de sistema digestório que ele possuía e interpretou aquele esquema de intestinos como se fossem correspondentes à região do esôfago e da faringe.



Figura 13. Desenho de Tiago, 10 anos, na segunda entrevista.

Tobias, 9 anos, a exemplo de Murilo, comparou o alimento ao combustível necessário para fazer um carro funcionar:

Tobias: *“Se você não comer, você não consegue fazer atividade física.”*

Entrevistadora: *“Então a comida tem alguma coisa a ver com isso?”*

Tobias: *“Ela é o nosso combustível.”*

Entrevistadora: *“Ela é o nosso combustível, igual a o que?”*

Tobias: *“Igual ao carro.”* (Tobias, 9 anos, segunda entrevista)

Essa analogia pode ser vista como um indício de uma visão mecanicista do corpo humano, que o compara a uma máquina. Segundo a literatura (Vargas et al., 1988), os autores de livros didáticos e educadores que apresentam esta visão estão preocupados com o funcionamento do corpo e não com a sua autoconstrução e manutenção, assim influenciam os modelos de digestão e nutrição dos seus alunos. Acreditamos que isto possa indicar uma aprendizagem fragmentada do funcionamento do corpo humano.

Vando que só participou de uma entrevista, estabeleceu analogia entre microorganismos (alvo) e formigas (fonte):

Vando: *“Bichinhos que separam o que é bom e o que é ruim, como se fossem... formiguinhas.”*

Entrevistadora: *“O que as formiguinhas fazem de parecido com esses bichinhos?”*

Vando: *“Elas separam e fazem o formigueiro.”* (Vando, 9 anos, primeira entrevista)

A idéia de separação entre o que será e o que não será aproveitado pelo corpo pelos microorganismos não se opõe ao modelo de digestão apresentado por ele, de que os alimentos passam pelo estômago e o que é *“bom”* é absorvido e o que é *“ruim”* é eliminado. Segundo relatado na literatura, o conhecimento por parte do aluno da existência de microorganismos no corpo não garante o conhecimento do seu

papel no metabolismo (Diaz Gonzales et al., 1996). Esse fato, aliado ao desconhecimento dos processos envolvidos na digestão, faz com que sujeitos atribuam a função de separar as “coisas boas” das “coisas ruins” presentes nos alimentos a esses seres. Isto pode ser visto como uma evidência de que sujeitos podem adaptar à sua revelia as informações recebidas no contexto escolar, na tentativa de construir algum sentido.

A partir desse momento passaremos discutir as analogias criadas pelas crianças que cursavam a quarta ou a quinta série do ensino fundamental nas ocasiões em que foram realizadas as entrevistas.

Um exemplo bastante interessante é o da aluna Tatiana, de 10 anos e aluna da quinta série. Ela propôs três comparações. As comparações da primeira entrevista foram entre a bexiga (alvo) e um balão de aniversário (fonte), não no sentido da forma e sim na propriedade que ambos apresentam de encher e esvaziar. Por essa relação estabelecida por Tatiana, consideramos a comparação uma analogia. Na segunda entrevista, perguntada se ela ainda concordava com essa analogia, Tatiana afirmou:

Entrevistadora: *“Você ainda acha que o balão e a bexiga são parecidos.”*

Tatiana: *“É, só que o balão parece mais o pulmão.”* (Tatiana, 10 anos, segunda entrevista)

A segunda comparação estabelecida na primeira entrevista foi entre o oxigênio que respiramos e o alimento que ingerimos. Depois de uma breve discussão sobre o processo de liberação de oxigênio pelos vegetais, conhecido como fotossíntese, Tatiana afirmou:

Tatiana: *“O pulmão que a gente precisa para respirar e se a gente não respirar ele não funciona.”*

Mariana de Carvalho Capistrano Cunha

Entrevistadora: *“E o que a comida tem a ver com isso tudo aí? Por que a gente precisa tanto de oxigênio quanto de comida?”*

Tatiana: *“É.”*

Entrevistadora: *“Você está comparando oxigênio com comida?”*

Tatiana: *“É!”* (Eufórica, e acreditamos que a euforia foi por se fazer entender)

Entrevistadora: *“Por quê?”*

Tatiana: *“Porque assim, a comida é para nos manter saudável e o oxigênio é para a gente respirar e não morrer.”*

Entrevistadora: *“E o que tem a ver oxigênio com comida?”*

Tatiana: *“Que tudo a gente precisa!”*

Entrevistadora: *“Então a gente precisa dos dois. Qual a diferença entre os dois?”*

Tatiana: *“Uai, um vai por aqui e a comida por aqui. E a gente não vai comer o oxigênio.”*

Entrevistadora: *“A gente respira oxigênio.”* (Tatiana, 10 anos, primeira entrevista)

A última comparação proposta por Tatiana foi entre a liberação de oxigênio pelos vegetais da floresta amazônica (fonte) e a liberação de energia pelas vitaminas (alvo) no corpo humano. Esse foi um exemplo de como um conhecimento aprendido em sala de aula pode ser utilizado na construção de analogias por crianças:

Entrevistadora: *“E como as vitaminas e proteínas funcionam dentro da gente?”*

Tatiana: *“Eu acho que... Ah, sei lá”.*

Entrevistadora: *“Imagina aí como elas agem...”*

Tatiana: *“Eu acho que elas vão para o sangue. Aí elas percorrem na veia e vão liberando força.”*

Entrevistadora: *“Então elas dão força para a gente? Tipo o que? Compara essas vitaminas liberando força com alguma coisa.”*

Tatiana: *“Tipo a floresta Amazônica liberando sempre fotossíntese...”*

Entrevistadora: *...“oxigênio.”*

Tatiana: *“É, oxigênio para a gente viver.”* (Tatiana, 10 anos, segunda entrevista)

Nos dois últimos exemplos de comparações feitas por Tatiana, percebemos que houve um esforço para relacionar os nutrientes dos alimentos e o oxigênio inspirado. Entretanto, na ocasião da segunda entrevista todos os sistemas do corpo humano

tinham sido apresentados aos alunos da quinta série em sala de aula. Naquela ocasião, Tatiana não atribuiu ao oxigênio nenhuma função na liberação de energia a partir das moléculas produzidas após os processos envolvidos na digestão. A nosso ver, isto evidencia que a visão dessa criança sobre o corpo humano era fragmentada, isto é, ela não via as funções de cada sistema como integradas.

Bruna, 10 anos, apresentou nas duas entrevistas a analogia entre o estômago (alvo) e uma bola de futebol (fonte):

Bruna: *“Hum. Acho que uma bola de futebol.”*

Entrevistadora: *“Por quê?”*

Bruna: *“Porque se ela está vazia, ela não tem força para poder jogar aí...”*

Entrevistadora: *“E o que é tipo uma bola de futebol, o corpo?”*

Bruna: *“Não, nosso estômago, que ele vai enchendo, como se fosse o ar.”*

Entrevistadora: *“Então continua.”*

Bruna: *“Se ela está vazia, fica sem força fica murcha. É como se você ficasse sem força.”*

Entrevistadora: *“Então o ar é como se fosse a comida?”*

Bruna: *“É.”*

Entrevistadora: *“Então a bola só vai funcionar se ela estiver cheia de ar?”*

Bruna: *“É.”*

Entrevistadora: *“E o estômago?”*

Bruna: *“Só vai funcionar se tiver comida para ele digerir.”*

Entrevistadora: *“O que aconteceria se a gente parasse de comer?”*

Bruna: *“Se a gente pára de comer, a gente fica sem força, fica fraco e pode até morrer.”* (Bruna, 10 anos, primeira entrevista)

Na segunda entrevista, Bruna confirmou sua analogia, porém sem fazer distinção entre o alvo e a fonte:

Bruna: *“Com uma bola de futebol.”*

Entrevistadora: *“Se o estômago está vazio?”*

Bruna: *“Você não tem força. Não tem jeito de chutar a bola.”*

Mariana de Carvalho Capistrano Cunha

Entrevistadora: *“Então se o seu estômago estiver vazio você não faz nada.”*

Bruna: *“É.”*

Entrevistadora: *“E quando ele está cheio?”*

Bruna: *“Você pode transferir energia, pode separar as coisas ruins. E a bola quando está cheia você pode jogar.”*

Entrevistadora: *“Você continua achando que essa comparação é boa?”*

Bruna: *“Continuo.”* (Bruna, 10 anos, segunda entrevista)

Notamos, no momento em que explicava o alvo, ela fez uma relação inadequada sobre a fonte: *“Você não tem força. Não tem jeito de chutar a bola.”* A relação entre estar cheio e ter força (do alvo) e estar cheia e poder jogar (fonte) foi enunciada como não ter força (alvo) e não chutar a bola (fonte). Entretanto, Bruna tinha modelos de nutrição e digestão bem elaborados, o que nos leva a acreditar que essa confusão foi apenas uma tentativa inadequada de relacionar os dois domínios.

Na primeira entrevista, também foi apresentada por Bruna a analogia entre bexiga e bacia, sem qualquer menção ao formato, e sim à relação entre objetos que podem armazenar líquidos.

Na segunda entrevista, além da analogia entre a bola e o estômago, a criança ainda apresentou a analogia a seguir:

Bruna: *“Você pode comparar com uma atividade que você tem que fazer. Que você tem o seu dia a dia, tem várias etapas e tem que ter tudo no momento certo.”*

Entrevistadora: *“Então de manhã você tem as suas atividades, inglês, balé. Isso seria o que?”*

Bruna: *“A parte que está passando pela faringe e pela laringe.”*

Entrevistadora: *“O comecinho. E à tarde você vem para a aula.”*

Bruna: *“Aí passa pelo estômago. E se você está muito cansado você fica triste aí a sua energia vai toda para fora. Que seria a bexiga, que foi embora.”*

Entrevistadora: *“Então seria a bexiga, a energia que foi embora?”*

Bruna: *“É.”*

Mariana de Carvalho Capistrano Cunha

Entrevistadora: *“Aí essa parte do intestino é à noite e o ânus é quando você vai dormir.”* (Bruna, 10 anos, segunda entrevista)

A princípio, essa comparação poderia ser interpretada como uma anomalia (Gentner, 1989), mas se levarmos em consideração que os processos envolvidos ocorrem em diferentes locais do organismo, de forma seqüenciada e em momentos diferentes, a comparação pode ser considerada uma analogia.

A última analogia criada por Bruna foi entre as enzimas (alvo) e o liquidificador (fonte). Segundo ela, as enzimas, a exemplo do liquidificador diminuem o tamanho dos alimentos.

Carolina, 10 anos, na primeira entrevista, comparou os glóbulos brancos com soldados de um exército que combatem os inimigos, as bactérias:

Entrevistadora: *“O que será que são estes soldadinhos?”*

Carolina: *“Como se fossem um exército para lutar contra as bactérias.”*

Entrevistadora: *“Ótimo. Então esses soldadinhos fazem parte da gente estão lá dentro do corpo inteiro. Você comparou com o quê?”*

Carolina: *“Com soldados.”*

Entrevistadora: *“Com soldados de um exército. Como chamam esses soldadinhos?”*

Carolina: *“Alguma coisa óvulos brancos.”*

Entrevistadora: *“Glóbulos brancos”* (corrige a entrevistadora).

(A criança ri.)

Entrevistadora: *“Então os glóbulos brancos são como se fossem os soldadinhos. E o que mesmo que esses soldadinhos têm a ver com a comida?”*

Carolina: *“Eles pegam essas vitaminas para nutrir o corpo.”*

Entrevistadora: *“Para nutrir o corpo e combater o que mesmo?”*

Carolina: *“Os germes.”* (Carolina, 10 anos, segunda entrevista)

É interessante observar que esta analogia é estruturalmente consistente, isto é, apresenta relações emparelhadas que têm argumentos emparelhados (Gentner & Markman, 1997). No caso, a relações emparelhadas seriam: glóbulos brancos:

soldados; combatem: combatem; bactérias: inimigo; e, por último, vitaminas; alimentos para os soldados.

Na segunda entrevista, Carolina continuou concordando com a analogia entre os glóbulos brancos e soldados:

“Não vai ter a comida para os soldadinhos. Porque se os soldadinhos não comerem, eles vão ficar fracos e não vão poder combater os vermes.” (Carolina, 10 anos, segunda entrevista)

Ao ser perguntada sobre com o que ela poderia comparar o estômago, Carolina afirmou:

Entrevistadora: *“Você acha que o estômago funciona igual a o quê?”*

Carolina: *“O estômago... como um atalho para chegar ao intestino.”*

Entrevistadora: *“Por quê?”*

Carolina: *“Porque ele ajuda... Ajuda a digerir a comida para o intestino.”* (Carolina, 10 anos, segunda entrevista)

Nesta analogia, o atalho seria o domínio fonte e os processos ocorridos no estômago durante a digestão seriam o domínio alvo. Do mesmo modo que um atalho diminui a distância entre a origem e o destino, processos acontecem no estômago para facilitar os processos que ocorrem no intestino em seguida.

Na ocasião da primeira entrevista, Carolina comparou o formato dos rins com o formato de folhas, o que não foi considerado por nós uma analogia por envolver apenas aspectos superficiais. Enquanto assistia à segunda entrevista, a entrevistada corrigiu a sua opinião:

Carolina: *“Os rins não parecem folhas, eles parecem filtros.”*

Entrevistadora: *“Eles funcionam como filtros?”*

Concorda. (Carolina, 10 anos, segunda entrevista)

O trecho transcrito acima exemplifica o quão importante foi a oportunidade que os participantes tiveram de assistir à primeira entrevista durante a realização da segunda.

Ainda na segunda entrevista, Carolina elaborou outra analogia para explicar a função das vitaminas (alvo), quando as comparou com remédios (fonte).

Entrevistadora: *“Você pode comparar as vitaminas com alguma coisa, para explicar como você acha que eles funcionam.”*

Carolina: *“As vitaminas com os remédios.”*

Entrevistadora: *“Com os remédios...”*

Carolina: *“Remédios naturais.”* (Carolina, 10 anos, segunda entrevista)

Retomando a analogia entre soldados e glóbulos brancos, a própria entrevistada nos informou, na ocasião da primeira entrevista, que ela havia sido apresentada pela professora. Não sabemos qual era o objetivo da professora ao apresentá-la, mas podemos afirmar que Carolina soube aproveitar a comparação para compreender uma das funções das proteínas, ao invés de simplesmente afirmar que comemos para não ficar doente, como outros entrevistados. Apesar de nos faltarem dados para afirmar, parece que ela, por entender muito bem a analogia proposta pela professora, foi capaz de descrever os aspectos relevantes comparados entre o alvo e a fonte – um tipo de correspondência que Gentner (1989) chamou de *correspondência um para um*. Essa característica da analogia assegura que um elemento de uma das representações seja correspondente a apenas um elemento na outra representação.

Andrea, 10 anos, durante a primeira entrevista estabeleceu uma comparação de mera aparência entre a região da faringe e esôfago com uma cobra, não apresentando nenhuma relação mais profunda entre os dois domínios. Na segunda entrevista, expressou a analogia entre enzimas (alvo) e liquidificador (fonte):

Mariana de Carvalho Capistrano Cunha

Entrevistadora: *“Se você pudesse comparar o suco gástrico com alguma coisa, você compararia com o que?”*

Andrea: *“Com uma coisa líquida.”*

Entrevistadora: *“E o que ele faz?”*

Andrea: *“Ele ajuda igual um liquidificador.”* (Andrea, 10 anos, segunda entrevista)

É interessante ressaltar que Andrea e Bruna, colegas de turma, utilizaram a mesma fonte (liquidificador) para descrever o mesmo alvo (suco gástrico). Não podemos concluir se a analogia foi proposta pela professora ou por uma delas, que contou à outra sua idéia. Bruna realizou a segunda entrevista depois de Andrea, e afirmou o seguinte:

Entrevistadora: *“Então qual é a função do suco gástrico?”*

Bruna: *“A função do suco gástrico é dissolver a comida.”*

Entrevistadora: *“E você acha que essa função parece com alguma outra coisa?”*

Bruna: *“Liquidificador.”*

Entrevistadora: *“Olha, a Andrea usou a mesma.”*

Bruna: *“É???”*

Entrevistadora: *“Será que isso é coincidência ou ela te falou?”*

Bruna: *“Não, ela não falou nada. Ela só falou que ficou morrendo de medo.”* (Bruna, 10 anos, segunda entrevista)

Andrea é uma criança muito tímida, que achava que estava sendo avaliada, enquanto Bruna é uma criança com grande vivacidade. Não seria surpresa se soubéssemos que Andrea pediu ajuda à Bruna antes da entrevista, por imaginar que na segunda entrevista poderia ser solicitada a estabelecer comparações (como havia sido na primeira).

Guilherme, de 11 anos de idade, participou apenas de uma entrevista e só propôs uma comparação, entre alimentos (alvo) e combustível para automóveis (fonte):

Mariana de Carvalho Capistrano Cunha

Entrevistadora: *“Você acha que as vitaminas funcionam iguais ao que?”*

Guilherme: *“Tipo a gasolina de um carro.”*

Entrevistadora: *“As vitaminas funcionam igual à gasolina de um carro. Então elas dão energia para a gente igual a gasolina dá energia para o carro?”*

Guilherme: *“É.”*

Entrevistadora: *“E o que elas têm de diferença?”*

Guilherme: *“Se a gente não tem vitamina, a gente vai continuar andando, e o carro se tiver gasolina vai parar.”* (Guilherme, 11 anos, primeira entrevista)

Gisele, 10 anos, estabeleceu na primeira entrevista uma comparação por mera aparência entre o estômago e uma laranja. Essa comparação parece ter sido fortemente sugestionada pela entrevistadora, ao comparar o planeta Terra a uma laranja no início da entrevista. Na segunda entrevista, ela apresentou uma comparação por mera aparência e a analogia entre os glóbulos brancos e os soldados:

Gisele: *“A comida tem as vitaminas que vão para o sangue.”*

Entrevistadora: *“Muito bem. E o que as vitaminas fazem?”*

Gisele: *“Elas ajudam, como é que chama? (passando a mão no braço)... a coagulação do sangue.”*

Entrevistadora: *“Os glóbulos brancos?”* (lembrando que uma aluna já havia mencionado que tinham estudado sobre os glóbulos brancos).

Gisele: *“É, os glóbulos brancos. A professora falou que era para comparar como se fosse um forte... aí eles ajudam a gente a andar...”*

Entrevistadora: *“Mas e essa comparação? Me explica melhor o que sua professora falou?”*

Gisele: *“Era tipo assim: os glóbulos brancos ajudam a gente a fazer exercício. É isso.”* (Gisele, 10 anos, segunda entrevista)

Considerando que Gisele e Carolina são alunas da mesma professora, observamos que elas interpretaram de maneiras diferentes a analogia proposta pela professora. Gisele não relacionou a função das vitaminas com a função de defesa que os glóbulos brancos têm no organismo. Para ela, as vitaminas continuam sendo algo que nos permite movimentar. Essa interpretação da analogia é compatível com o

modelo de nutrição apresentado por Gisele, modelo do tipo 1, no qual a criança não explica o motivo pelo qual os alimentos fortalecem os organismo. Assim, se por um lado a analogia proposta auxiliou Carolina a compreender os processos envolvidos, por outro, parece que não foi de grande valia na formação de um modelo mais próximo do modelo científico por Gisele.

Jaqueline, 10 anos de idade, apresentou três analogias na primeira entrevista. A primeira comparava o estômago (alvo) e a boca (fonte). Embora apenas um aspecto esteja relacionado (movimentos de abrir e fechar), essa analogia é importante para entender o modelo de funcionamento do estômago que a criança possuía:

Entrevistadora: *“Como que ele parece uma boca?”*

Jaqueline: *“Porque ele abre e fecha.”* (Jaqueline, 10 anos, primeira entrevista)

Quando solicitada a comparar as proteínas com algo familiar, Jaqueline procurou algo que fosse resistente, assim como as proteínas nos deixam fortes, segundo o seu modelo.

Entrevistadora: *“O que você acha que são proteínas, elas agem tipo o quê?”*

Jaqueline: *“Ferro. (prontamente) Porque tem proteínas.”*

Entrevistadora: *“Ferro?”*

Jaqueline: *“É, mas não tipo ferro assim.”* (como se referisse à substância ferro)

Entrevistadora: *“Então é alguma coisa forte igual ferro?”*

Jaqueline: *“É, que faz você ficar forte.”* (Jaqueline, 10 anos, primeira entrevista)

A analogia entre ferro e proteína foi coerente com o modelo do tipo 2 de nutrição apresentado por ela durante a primeira entrevista:

Entrevistadora: *“E por que a gente tem que comer?”*

Jaqueline: *“Para o nosso estômago nos alimentar, para gente não ficar fraco.”* (Jaqueline, 10 anos, primeira entrevista)

Por último, na primeira entrevista, ela comparou a função dos dentes ao mastigar, com a função de uma pedra ao triturar algo:

Entrevistadora: *“E os dentes, por exemplo?”*

Jaqueline: *“Ah, tipo uma pedra. Porque tipo se você bater com uma pedra vai mastigar as coisas.”* (Jaqueline, 10 anos, primeira entrevista)

Na segunda entrevista, a discussão se voltou para o papel dos nutrientes no nosso organismo. E novamente, o modo de agir das proteínas foi discutido entre a entrevistadora e Jaqueline:

Entrevistadora: *“Eu quero saber como é que essas proteínas funcionam.”*

Jaqueline: *“Tipo a vacina que ela desinfeta. Tipo tira as coisas ruins que estão no seu sangue, ela vai passando e tirando as coisas ruins.”* (Jaqueline, 10 anos, segunda entrevista)

A partir da elaboração desta comparação, ficaram evidentes as idéias que Jaqueline possuía sobre vacina e proteína. Para ela ambas auxiliavam no combate a elementos que fazem mal ao organismo.

Outra criança aluna da quinta série era Juliana, que estabeleceu uma comparação por mera aparência, uma analogia, e uma comparação que pode ser considerada uma similaridade literal. A analogia proposta por ela foi entre o funcionamento do estômago (alvo) e o funcionamento do cérebro (alvo). O modo como o modelo foi apresentado mostra de maneira clara que a criança atribuía ao estômago o papel fundamental no processo de digestão:

Entrevistadora: *“Se você tivesse que comparar isso com alguma coisa, você iria comparar com o quê? Você conhece alguma coisa tipo o estômago, que separa coisa boa de coisa ruim?”*

Juliana: *“Acho que sim.”*

Entrevistadora: *“O quê?”*

Mariana de Carvalho Capistrano Cunha

Juliana: *“O cérebro. As coisas separam. Se eu ver uma pessoa ajudando alguém, eu sei que é bom e quando eu ver alguém maltratando alguém eu sei que é ruim.”* (Juliana, 10 anos, primeira entrevista)

Enquanto assistia à segunda entrevista, Juliana tentou, a princípio, elaborar outra analogia para o processo de separação entre o que será aproveitado e o que não será aproveitado. Nesse processo, ela fez a seguinte pergunta:

Entrevistadora: *“Você comparou o sistema digestório com o cérebro. E hoje? Pensa em alguma coisa que separa.”*

Juliana: *“Tem que ser dentro do corpo?”* (Juliana, 10 anos, segunda entrevista)

Essa indagação da criança pode indicar que, na ocasião da elaboração da analogia durante a primeira entrevista, ela procurou acessar um domínio fonte familiar, que pertencesse à categoria *presente no corpo humano*. Na segunda tentativa, ela tentou procurar outro domínio que lhe servisse de fonte, mas desistiu e continuou afirmando que a analogia entre o estômago e o cérebro era uma boa analogia.

Ainda considerando as entrevistas desta aluna, o trecho a seguir foi interpretado por nós como uma similaridade literal, e não uma analogia. O que ocorreu foi aproximação entre os dois fenômenos a partir de uma idéia alternativa de nutrição vegetal:

Entrevistadora: *“Você também falou de vitaminas. Você acha que as vitaminas funcionam iguais a que? Como as vitaminas funcionam no nosso corpo? Com o que elas se parecem?”*

Juliana: *“Eu acho que elas fazem a gente ficar saudável.”*

Entrevistadora: *“Como?”*

Juliana: *“Igual uma planta, porque quando a gente molha e cuida dela, aí ela ganha vitamina e ela cresce.”* (Juliana, 10 anos, primeira entrevista)

Na segunda entrevista, Juliana descartou essa comparação e afirmou que não pensava mais daquela forma.

Lorena, também de 10 anos de idade e aluna da quinta série, na primeira entrevista criou uma analogia e na segunda entrevista, estabeleceu comparações baseadas em similaridades de mera aparência. A analogia apresentada por Lorena a princípio foi muito bem aceita por ela, mas na segunda entrevista foi descartada. A sua analogia parece ter sido influenciada pelo desenho realizado por ela, apresentado na Figura 14.

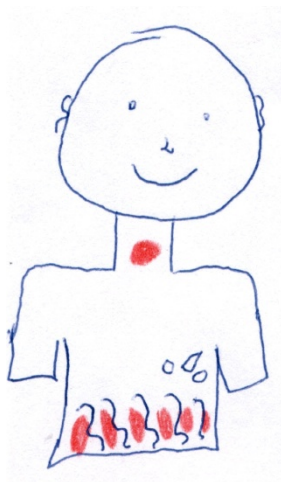


Figura 14. Desenho representando o sistema digestório feito por Lorena, 10 anos, na primeira entrevista.

Para Lorena, o suco gástrico era como a água, os alimentos como as sementes, e o estômago como a terra:

Entrevistadora: *“Tipo isso aqui, o estômago com a comida dissolvida. O suco gástrico parece alguma coisa que você conhece?”*

Lorena: *“Parece. Tipo, o estômago é a terra, as comidas as sementes e o suco gástrico é a água.”*

Entrevistadora: *“O que eles têm de parecido? O estômago com a Terra, a comida com a semente e o suco gástrico com a água?”*

Mariana de Carvalho Capistrano Cunha

Lorena: *“Eu acho é que o suco gástrico molha a comida para digerir.”* (Lorena, 10 anos, primeira entrevista)

A partir dos exemplos de Lorena e Ana, podemos afirmar que em situações como as vivenciadas por nós, a partir da confecção e interpretação dos seus próprios desenhos as crianças podem utilizar de características dos mesmos para elaborar analogias.

Marina foi uma participante que criou sete comparações durante a primeira entrevista, mas apenas uma delas pode ser considerada analogia, pois todas as outras envolveram comparações apenas de atributos físicos do objeto:

Entrevistadora: *“Se você tivesse que comparar o que acontece aqui dentro de estômago com alguma coisa, você iria comparar com o que? Se você tivesse que explicar para alguém mais novo que você?”*

Marina: *“Eu explicaria que o estômago é uma máquina de moer alguma coisa. E ele moeria, moeria, moeria até virar proteína para sair pelo sangue e virar coco e xixi.”*

Entrevistadora: *“E esse suco gástrico?”*

Marina: *“Eu acho que ele é tipo alguma coisa para tirar sujeira do chão. Uma coisa forte.”* (Marina, 10 anos, primeira entrevista)

A primeira comparação do trecho acima (entre estômago e máquina de moer) pode ser considerada uma similaridade de mera aparência, mas a segunda (entre suco gástrico e produto de limpeza), como compara relações dos objetos, pode ser considerada uma analogia. Na segunda entrevista, Marina continuou afirmando que o suco gástrico deveria ser algo muito forte para que pudesse dissolver a comida.

Patrícia, 10 anos e aluna da quinta série, criou duas comparações na primeira entrevista. Os elementos que compõem a primeira comparação, estômago (alvo) e uma bola murcha (fonte), partilham, segundo Patrícia, apenas os atributos físicos. Assim, eles são relacionados por similaridades de mera aparência. A segunda

comparação foi entre o sangue e a água, outra comparação estabelecida apenas por uma característica superficial: ambos são líquidos.

Vinícius, de 10 anos e aluno da quarta série, estabeleceu duas comparações na primeira entrevista, sendo uma delas uma comparação de similaridades de mera aparência e a outra uma analogia. A analogia estabelecida foi entre vitamina (fonte) e o sangue (alvo), mas não levou em consideração o aspecto físico (tanto uma quanto o outro são líquidos), e sim o fato dos dois ajudarem o corpo.

Isadora, 10 anos de idade e aluna da quinta série, estabeleceu uma similaridade por mera aparência em cada uma das duas ocasiões. Na primeira entrevista, ela comparou a barriga com uma bolsa e, na segunda entrevista, já utilizando o termo estômago, comparou-o com um ovo. Essas comparações são simples e coerentes com o modelo de aparelho digestório apresentado por ela, Modelo 2 nas duas entrevistas.

Capítulo 5. Conclusões e Implicações

A seguir apresentaremos nossas conclusões a respeito das interações entre os modelos e as analogias criadas. Para isso retomaremos as questões de pesquisa apresentadas no capítulo 2.

Questão 1. Que modelos as crianças elaboram para aparelho digestório, digestão e nutrição?

Os modelos de aparelho digestório das crianças puderam ser classificados dentro de tipos criados por nós a partir da literatura e, principalmente, considerando os dados obtidos após a interpretação das entrevistas realizadas. A maioria dos entrevistados apresentou um modelo bastante simples de aparelho digestório, composto apenas pela boca, faringe, esôfago e estômago, cujos nomes científicos, principalmente faringe e esôfago, não eram citados pelos participantes, talvez por desconhecimento.

Em relação aos modelos de digestão, apenas quatro dos vinte e quatro participantes apresentaram uma idéia de transformação dos nutrientes ingeridos. A maioria declarou que durante o processo de digestão há apenas separação do que será absorvido e utilizado pelo corpo daquilo que não será absorvido e utilizado. Para essas crianças, a digestão seria um processo físico ao qual os alimentos ingeridos seriam submetidos. Além disso, de acordo com o modelo de aparelho digestório mais freqüente, esse processo ocorreria principalmente, ou exclusivamente, no estômago. O papel central do estômago na digestão é algo que pode ser notado em concepções até mesmo de adultos que já tenham – ou não – recebido instrução formal.

Os modelos de nutrição dos entrevistados também eram bastante simplificados. A maioria deles afirmou que devemos nos alimentar para que possamos crescer e ficar fortes ou ter saúde sem, entretanto, expressar explicações de como isso ocorre.

Se considerarmos as idades dos participantes e a soma dos modelos de aparelho digestório, digestão e nutrição teremos os dados apresentados no Quadro 8.

Criança	Idade	Aparelho	Digestão	Nutrição	Soma
Tobias	9	2	2	1	5
Vinícius	10	2	2	2	6
Ana	7	2	4	1	7
Ivana	9	2	5	1	8
Murilo	9	4	4	1	9
Isadora	9	2	4	4	10
Jaqueline	10	2	5	3	10
Patrícia	10	5	4	1	10
Estela	7	2	5	4	11
Flávia	9	2	5	4	11
Marina	10	2	5	4	11
Joana	9	3	5	4	12
Andrea	10	5	3	4	12
Tiago	10	2	5	5	12
Jorge	8	5	7	1	13
Carolina	10	6	4	3	13
Gisele	10	5	7	1	13
Juliana	10	5	7	1	13
Tatiana	10	5	6	5	16
Lorena	9	6	7	4	17
Bruna	10	6	6	5	17

Quadro 8. Identificação das idades e das somas dos modelos de cada aluno na segunda entrevista.

A média da soma dos modelos dos vinte e um alunos que participaram da segunda entrevista foi 11,33 pontos. Se considerarmos os dez alunos que estão acima dessa média, veremos que apenas três deles têm menos de dez anos idade, enquanto que dentre os onze alunos que estão abaixo da média, quatro tinham dez anos de idade. Isto parece indicar uma tendência de crianças mais velhas terem elaborado modelos mais complexos.

Se considerarmos os alunos mais novos, podemos dizer que seus modelos de aparelho digestório, digestão e nutrição são influenciados pelas experiências pessoais. Os modelos de aparelhos digestório, especialmente, parecem ser influenciados por sensações, isto é, a criança descreve a partir daquilo que consegue sentir. Por exemplo, elas sentem o alimento descendo pela faringe e pelo esôfago. Assim, mesmo sem saber os nomes dos órgãos ou como eles sejam, elas conseguem inferir o que ocorre no interior de seu corpo. Por outro lado, os alunos mais velhos (com dez ou onze anos de idade) já apresentam influência dos conhecimentos adquiridos no ambiente escolar.

Em relação ao aparelho digestório, ainda mais especificamente à função atribuída a ele por alguns entrevistados de separar a parte boa da parte ruim da comida, ressaltamos que essa concepção pode ser produto da cultura e, às vezes, pode ser reforçada pela instrução formal.

Se falarmos de nutrição, acreditamos que frases como *“comer para crescer”* e *“comer para ficar forte”* são bastante freqüentes nas respostas à pergunta *“por que temos que comer?”* e são, também, indicações da influência de adultos sobre os modelos das crianças. A partir da observação dos desenhos feitos pelas crianças,

concluimos, assim como Trivelato (2005), que as crianças muitas vezes não se identificam com o corpo humano do livro didático ou com o corpo humano que elas representam. Como exemplo, citamos o caso de Marina, 10 anos, aluna da 5ª série, que durante as entrevistas representou um corpo humano do sexo masculino, mesmo que em suas falas referisse ao seu corpo (Figura 15).



Figura 15. Desenho de Marina, 9 anos, primeira entrevista.

Como Trivelato (2005) ressaltou em seu trabalho, em alguns textos didáticos há um afastamento entre o ser humano didático e o ser humano que o leitor é. Esse aspecto pode levar a dificuldades na construção integrada do corpo humano e seu posicionamento diante questões individuais, sociais e ambientais.

Ainda em relação aos modelos nutrição, concluimos a partir da interpretação das entrevistas realizadas para essa pesquisa, que eles são bastante influenciados pelos adultos e pela mídia. Em vários momentos, diferentes sujeitos fizeram referências a vitaminas e proteínas como se fossem a mesma coisa e, ainda, como se fossem sinônimos de energia e não nutrientes de origens e funções distintas.

Em relação às idéias de transformação e utilização dos nutrientes presentes nos alimentos durante e após os processos da digestão, acreditamos que a melhor compreensão do sistema circulatório e do papel integrador deste sistema possa facilitar o entendimento, não apenas das crianças, mas de estudantes de todas as idades, das relações entre os diferentes sistemas orgânicos que compõem o corpo humano.

- **Questão 2. Como os modelos de cada criança se relacionam? Há coerência entre eles?**

Visando perceber se existia alguma relação entre os três modelos expressos por cada aluno identificamos, no Quadro 9, cada um desses modelos por seu número de ordem, em cada uma das entrevistas. Além disso, a fim de possibilitar a criação de grupos de alunos de acordo com a complexidade de seus modelos, criamos uma coluna na qual apresentamos a soma dos números dos três modelos em cada entrevista e apresentamos as crianças em ordem crescente de idade.

Aluno	Primeira Entrevista				Segunda Entrevista			
	Aparelho	Digestão	Nutrição	Soma	Aparelho	Digestão	Nutrição	Soma
Ana	2	2	1	5	2	4	1	7
Estela	1	1	1	3	2	5	4	11
Joaquim	2	4	1	7	0	0	0	0
Jorge	4	2	1	7	5	7	1	13
Flávia	2	5	4	11	2	5	4	11
Isadora	2	4	3	9	2	4	4	10
Ivana	2	5	1	8	2	5	1	8
Joana	3	4	4	11	3	5	4	12
Murilo	4	4	1	9	4	4	1	9
Tiago	2	2	4	8	2	5	5	12
Tobias	2	2	1	5	2	2	1	5
Vinícius	3	1	2	4	2	2	2	6
Lorena	2	7	4	13	6	7	4	17
Tatiana	4	5	5	14	5	6	5	16
Bruna	2	4	5	11	6	6	5	17
Carolina	2	1	3	6	6	4	3	13
Andrea	2	2	1	5	5	3	4	12
Gisele	3	1	1	5	5	7	1	13
Jaqueline	2	5	3	10	2	5	3	10
Juliana	3	4	1	8	5	7	1	13
Marina	2	6	4	12	2	5	4	11
Patrícia	3	4	1	8	5	4	1	10
Vando	3	5	4	12	0	0	0	0
Guilherme	2	4	1	7	0	0	0	0
Total	59	84	57	198	75	102	61	236

Quadro 9. Identificação dos três modelos de cada aluno em cada entrevista.

A partir dos números acima podemos discutir alguns aspectos que julgamos ser interessantes.

Inicialmente, a média dos pontos obtidos em cada um dos tópicos aparelho digestório, digestão e nutrição – expressa em valor absoluto e percentual – está representada no Quadro 10. A necessidade de colocar os valores em números relativos ocorreu porque cada um dos tópicos – aparelho digestório, digestão e nutrição – tinha valores máximos diferentes: 6, 7 e 5 respectivamente.

Entrevista	Aparelho digestório	Digestão	Nutrição
Primeira	2,4 (40,8%)	3,5 (50,0%)	2,37 (47,4%)
Segunda	3,57 (59,5%)	4,85 (70,0%)	2,9 (58,0%)

Quadro 10. Média de pontos dos participantes em cada tópico nas duas entrevistas.

O Quadro 10 evidencia que, na primeira entrevista, os participantes tiveram melhor desempenho no tópico digestão, seguido pelo tópico nutrição. e pior desempenho no tópico aparelho digestório. Na segunda entrevista, os tópicos aparelho digestório e digestão tiveram um crescimento de aproximadamente 20 pontos percentuais, enquanto que a média de pontos no tópico nutrição teve um aumento de 10 pontos percentuais. Assim, na segunda entrevista o tópico digestão continuou sendo o tópico com maior média, seguido por aparelho digestório e nutrição.

A partir desses dados podemos supor que o entendimento de transformação dos nutrientes dos alimentos para serem aproveitados pelo corpo é um aspecto a ser especialmente considerado no ensino, pois é justamente ao tentar aprendê-lo que o aluno precisa se esforçar para entender as idéias abstratas e o envolvimento de outros sistemas do corpo humano.

Como somente os alunos da quinta série passaram por uma instrução formal sobre esses temas no período entre as duas entrevistas, separamos os vinte e quatro entrevistados em dois grupos usando o critério da série à qual pertenciam os entrevistados. Assim o grupo um foi formado por alunos da 2ª, 3ª e 4ª séries, e o grupo dois pelos alunos da 5ª série. Os dados obtidos a partir da separação desses dois grupos são apresentados no Quadro 11.

Grupo	Primeira entrevista			Segunda entrevista		
	Aparelho Digestório	Digestão	Nutrição	Aparelho Digestório	Digestão	Nutrição
1	39,7%	45,0%	41,5%	41,0%	58,0%	51,0%
2	42,4%	62,3%	54,5%	83,3%	77,0%	62,0%

Quadro 11. Média em pontos percentuais dos grupos de alunos em cada um dos tópicos nas duas entrevistas.

A partir do Quadro 11, constatamos que os alunos do grupo 1 modificaram seus modelos, principalmente os de digestão e nutrição, na segunda entrevista. Devemos esse fato à oportunidade que eles tiveram de corrigir ou explicar melhor os seus modelos. Podemos creditar essas modificações a discussões com seus pares, professores e responsáveis que possam ter ocorrido após a primeira entrevista, como foi relatado por alguns participantes. Além disso, podemos considerar também o exercício metacognitivo que aconteceu enquanto as crianças se assistiam e discutiam com a entrevistadora as idéias presentes na primeira entrevista. Por outro lado, o modelo de aparelho digestório pouco se alterou, provavelmente por não terem recebido outras informações sobre o tema no período entre as entrevistas.

Os alunos do grupo 2 apresentaram uma melhora expressiva nos modelos de aparelho digestório e digestão e uma melhora menos significativa nos modelos de nutrição. Esses alunos, além da oportunidade que tiveram de assistir à primeira entrevista e corrigir seus modelos, receberam instrução formal sobre os temas em questão no intervalo entre as entrevistas. É interessante observar que o melhor conhecimento dos órgãos que participam da digestão não acarretou em melhora proporcional da compreensão dos outros dois tópicos. Como foi destacado no artigo de Vargas, Mintz e Meyer (1988) a abordagem do ensino do corpo humano é bastante baseada na morfologia dos órgãos componentes. Não temos a informação de qual foi a abordagem utilizada pelos professores dos participantes⁸, mas acreditamos que, por tradição e, em concordância com o livro didático utilizado na escola, tenha sido uma abordagem mecanicista.

Analisando a modificação dos modelos de cada aluno, isto é, considerando os Gráficos 1 a 4 (assim como os comentários apresentados a partir de cada um deles) e comparando as duas colunas ‘soma’ do Quadro 9, percebemos que os entrevistados tenderam a apresentar o mesmo grau de complexidade para os três modelos. Por exemplo, Tatiana, na primeira entrevista, expressou os Modelos 4, 6 e 5 para aparelho digestório, digestão e nutrição, respectivamente. O fato de a criança já ter uma idéia de dissolução dos alimentos parece ter facilitado a compreensão de que é necessária a transformação dos nutrientes para sua utilização. Por outro lado, Ana apresentou os

⁸ Houve uma tentativa de comunicação com as professoras a partir de um questionário no qual elas foram solicitadas a descrever o processo de ensino deste tema. Entretanto, as professoras não devolveram o questionário respondido, mesmo após uma certa insistência nossa. Diante deste fato, decidimos analisar o livro didático utilizado na escola.

Modelos 2, 2, e 1 para os mesmos tópicos. Neste caso, sem a percepção de que os alimentos são formados por nutrientes e de que esses precisam ser absorvidos para serem aproveitados, a criança não conseguiu expressar um modelo mais complexo de nutrição.

A nosso ver, isto evidencia que o ensino dos processos envolvidos na digestão é importante para a compreensão dos processos metabólicos decorrentes deles. O que constatamos foi que os entrevistados tinham dificuldade em explicar como os nutrientes são aproveitados pelo corpo por não atribuir significado aos processos ocorridos durante a digestão. Para a maioria deles, apenas “amolecendo” o alimento, nosso corpo já é capaz de separar o que será aproveitado (“parte boa”) e o que será expelido (“parte ruim”).

Questão 3. Que analogias as crianças são capazes de elaborar durante a explicitação de seus conhecimentos sobre aparelho digestório, digestão e nutrição?

A maior parte das analogias criadas pelos participantes relacionava os aspectos físicos dos órgãos envolvidos na digestão, além de relações estruturais.

Quando lhes foi solicitado que explicitassem as diferenças entre os objetos comparados, os entrevistados enfatizaram principalmente diferenças das dimensões. Isto corrobora as afirmativas de autoras como Gentner (1989) e Vosniadou (1989) de que as crianças são mais sensíveis às características de aspectos descritivos ou salientes dos objetos comparados.

Os participantes dessa pesquisa tinham entre sete e onze anos de idade. As analogias que abordaram aspectos mais profundos foram propostas por alunos mais

velhos. O exemplo de Estela nos mostra que apenas receber instrução não é suficiente para que ocorra a aprendizagem. É necessário que o indivíduo tenha habilidades cognitivas que são desenvolvidas ao longo dos anos de vida. No exemplo citado, Estela tinha ido ao médico e recebido informações sobre digestão e nutrição. No entanto, seus modelos, apesar de terem evoluído bastante, ainda não apresentavam idéia de transformação.

Os participantes mobilizaram como domínios fonte principalmente conhecimentos do cotidiano, não relacionados a assuntos discutidos em sala de aula. Os mais freqüentes foram bola, máquina e bichinhos. A analogia entre corpo humano e máquina, como já foi discutido anteriormente, reduz os aspectos biológicos do corpo a processos mecânicos (Macedo, 1995).

A interpretação dos resultados dessa pesquisa nos leva a concordar com Gentner (1989) quando ela afirma que crianças são mais propensas a mapear similaridades baseadas nas similaridades físicas dos objetos envolvidos. Entretanto, em algumas ocasiões consideramos que, justamente por serem formuladas por crianças, as comparações estabelecidas sob essas condições podem ser consideradas analogias. Isto porque a maioria dos domínios alvo e fonte das comparações estabelecidas partilhavam similaridades físicas, além das similaridades de relação. A nosso ver, a procura por uma fonte para aquilo que os participantes tentavam descrever seria baseada, a princípio, em propriedades salientes que depois poderiam levar, ou não, à descrição de relações mais profundas entre os domínios comparados. Neste segundo caso, consideramos que as crianças estabeleceram analogias. Parece, como também sugerem os resultados do trabalho de Pittman (1999), que situações vividas fora do

contexto escolar refletem na escolha dos análogos. Nos nossos resultados são claras as escolhas de objetos usados em momentos de lazer como videogame e bola, por exemplo.

Todavia, houve casos que os participantes escolheram alguma experiência recente de sala aula, como, por exemplo, a aluna Joana, que comparou o sistema digestório a um terrário construído por ela durante uma aula de ciências; a aluna Jaqueline, que comparou a função das vitaminas à função da vacina no corpo; e a aluna Tatiana, que comparou a importância das vitaminas à importância da floresta amazônica.

Como visto nos exemplos de analogias criadas pelos entrevistados, a seleção de um análogo pode ser difícil, mesmo quando o domínio familiar é conhecido. Assim, a falta de conhecimento e a má interpretação do domínio alvo podem interferir no sucesso do mapeamento, como já previram Kaufman, Patel e Magder (1996). A tendência que as crianças têm de categorizar com base em propriedades perceptuais pode mascarar ou subestimar a habilidades de elas usarem informações conceituais em tarefas de categorização (Namy & Gentner, 2002). Além disso, e ainda concordando com essas autoras, nossos resultados sugerem que o processo de comparação pode ter um papel importante na integração do conhecimento de fatores perceptuais e conceituais. Isto porque similaridades superficiais podem funcionar como facilitadores do entendimento de aspectos estruturais de um determinado tema.

Verificamos que participantes usaram analogias diferentes para o mesmo fenômeno de maneira diferente. Como exemplo, podemos citar Joaquim e Jaqueline

que, para explicar a função dos dentes no processo de mastigação, os compararam a um martelo e a pedras, respectivamente.

A mesma analogia pode levar diferentes sujeitos a compreensões diferentes do mesmo fenômeno, como foi observado no caso de Carolina e Gisele, que adaptaram a analogia entre glóbulos brancos e soldados proposta pela professora de maneiras diferentes; ou no caso da analogia entre estômago e bola que foi sugerida por Tiago e Bruna e também explicada de modo diferente por eles.

Se dividirmos os alunos em dois grupos utilizando o mesmo critério do tópico anterior – alunos da 2ª, 3ª e 4ª série em um grupo e alunos da 5ª série no outro grupo – e somarmos as comparações feitas pelos participantes, teremos os dados expressos no Quadro 12.

	Similaridades por mera aparência	Analogias	Total
Grupo 1	30	27	57
Grupo 2	19	19	38

Quadro 12. Identificação de similaridades por mera aparência e analogias.

O Quadro 12 indica que os alunos do grupo 1 estabeleceram mais comparações dos dois tipos em relação ao grupo 2. Além disso, o número de comparações por similaridade de mera aparência era bastante superior ao número de comparações do mesmo tipo feitas pelos integrantes do grupo 2. Oito alunos do grupo 1 – Ana, Joaquim, Tobias, Ivana, Isadora, Joana, Vinícius e Jaqueline – estabeleceram comparações de mera aparência a partir da observação dos seus desenhos. Como exemplo citamos o caso de Joana, 9 anos, aluna da quarta série, que estabeleceu

quatro comparações de mera aparência durante a primeira entrevista, todas baseadas na observação do desenho, como barriga e bola, ou perna e lápis.

Acreditamos que a atividade que envolve a elaboração de analogias, além do conhecimento dos domínios e do desenvolvimento cognitivo necessários, é influenciada pela criatividade e pela imaginação do sujeito. Os alunos que estabeleceram o maior número de analogias – Jaqueline, Tiago, Bruna e Murilo – foram indivíduos muito participantes das entrevistas e cujas analogias eram formadas por domínios bastante distantes, o que sugere que eles fizeram mapeamentos mais complexos do que aqueles alunos que estabeleceram analogias entre domínios mais próximos, ou com vários aspectos superficiais em comum. Isto porque quanto maior o número de atributos de superfície compartilhados pelos domínios, mais fácil parece ser o mapeamento.

Implicações desta pesquisa

Em vista dos resultados e das conclusões dessa pesquisa, devemos ressaltar a potencialidade do uso de analogias na sala de aula de ciências do ensino fundamental. Os educadores devem ser conscientes de que cada um dos seus alunos faz parte de uma realidade e interpreta o mundo a sua volta de modo diferente do outro e que, por isso, possuem modelos diferentes para os conteúdos ministrados. Além disso, eles devem entender que para promover mudanças de concepções, os professores precisam saber quais são as concepções prévias dos seus alunos. Uma das maneiras de se ter contato com essas concepções seria a partir das analogias elaboradas pelas crianças. As analogias podem ter um papel fundamental na facilitação da mudança

conceitual na medida em que os professores podem estabelecer relações entre as mesmas e as novas idéias que se deseja que as crianças aprendam. A nosso ver, isto pode favorecer que as próprias crianças atribuam mais significado às novas idéias. Além da função na facilitação da compreensão pelos alunos de novos conceitos e idéias, a identificação de analogias construídas pelos estudantes pode auxiliar os professores a escolherem estratégias de ensino para a sala de aula. A interação entre professor, alunos e conhecimento é importante para tentar diminuir o que podemos chamar de tradição da repetição no ensino de ciências, ou seja, o professor repete o que os autores dos textos didáticos dizem e esperam que seus alunos repitam o que ele disse em sala de aula, o que pode implicar numa falsa concepção do que o papel do professor seria apenas transmitir informações. Para a formação de cidadãos, esperamos que a interação deles com o conhecimento seja ativa e que os estudantes não sejam formados na escolas como simples receptores passivos de conhecimento.

As analogias se mostraram boas ferramentas de explicitação e interpretação de fenômenos abstratos, o que seria um dos objetivos principais do uso de modelos no contexto das ciências. Além disso, ao estabelecer analogias o aluno estaria mais próximo de entender não apenas o conceito científico em questão, mas também teria uma oportunidade de entender como teorias científicas podem ser elaboradas no cotidiano dos cientistas. Nesse sentido, defendemos que tais aspectos sejam discutidos com professores do ensino fundamental – em sua formação inicial ou continuada – a fim de que eles possam planejar atividades envolvendo analogias voltadas também para o entendimento desses aspectos, destacados como importantes para uma aprendizagem mais ampla de ciências pelas crianças do século XXI, por

exemplo, pelos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Fundamental (Brasil, 1997).

Mariana de Carvalho Capistrano Cunha

Referências Bibliográficas

- Akerson, V. A. (2005). How elementary teachers compensate for incomplete science content knowledge. *Research in Science Education*, 35, 245-268.
- Andrade, B. L., Zylbersztajn, A., & Ferrari, N. (2000). Analogias e metáforas no Ensino de Ciências à luz de Gaston Bachelard. *Ensaio*, 2(2), 231-245.
- Aubusson, P. J., Harrison, A. G., & Ritchie, S. M. (2006). Metaphor and analogy. In P. J. Aubusson, A. G. Harrison & S. M. Ritchie (Eds.), *Metaphor and analogy in science education* (pp. 1-9). Dordrecht: Springer.
- Blake, A. (2004). Helping young children to see what is relevant and why: supporting cognitive change in earth science using analogy. *International Journal of Science Education*, 26(15), 1855-1873.
- Brasil. (1996). 196/096. Retrieved. from.
- Brasil. (1997). *Parâmetros Curriculares Nacionais para o ensino fundamental* (Vol. 4). Brasília: Ministério da Educação e do Desporto.
- Brasil. (2003). Pesquisa de Orçamentos Familiares. Retrieved junho, 2008
- Buckley, B., & Boulter, C. J. (2000). Investigating the role of representations and expressed models in building models. In J. K. Gilbert & C. J. Boulter (Eds.), *Developing models in science education*. Dordrecht: Kluwer.
- Cakici, Y. (2005). Exploring Turkish upper primary level pupil's understanding of digestion. *International Journal of Science Education*, 27(1), 79-100.
- Carey, S. (1985). Conceptual Change in Childhood. In B. Inhelder, D. De Caprona & Cornu Wells (Eds.), *Piaget Today*. Hove: Lawrence Earlbaum Associate Publishers.
- Carraher, T. N. (1987). Desenvolvimento cognitivo e o ensino de ciências. *Educação em Revista*, 5, 13-19.
- Carvalho, G. S., Lima, N., & Coquet, E. (2004). Portuguese primary school children's conceptions about digestion: identification of learning obstacles. *International Journal of Science Education*, 26(9), 1111-1130.
- Clement, J. (1993). Using bridging and anchoring intuitions to deal with students preconceptions in Physics. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(10), 1241-1257.
- Clement, J. (1995). *Analogy use in experts and in instruction*. Paper presented at the NARST.
- Contenças, P. (1999). *A eficácia da metáfora na produção da ciência - o caso da genética*. Lisboa: Instituto Piaget.
- Cunha, M., & Justi, R. (2007). *Analogias sobre nutrição e digestão elaboradas por crianças do ensino fundamental*. Paper presented at the VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências.
- Derdyk, E. (1990). *O desenho da figura humana*. São Paulo: Editora Scipione.
- Diaz Gonzales, R., Lopez Rodriguez, R., Garcia Losada, A., Abuin Figueiras, G., Nogueira Abuin, E., & Garcia Gondoy, J. A. (1996). Son los alumnos capaces de atribuir a

Mariana de Carvalho Capistrano Cunha

- los microorganismos algunas transformaciones de los alimentos? *Enseñanza de las ciencias*, 14(2), 143-153.
- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., & Robinson, V. W. (1994). *Making sense of secondary science: support materials for teacher*. London: Routledge.
- Duit, R. (1991). On the role of analogies and metaphors in learning science. *Science Education*, 75, 649-672.
- Duit, R., Roth, W.-M., Komorek, M., & Wilbers, J. (2001). Fostering conceptual change by analogies - between Scylla and Charybdis. *Learning and Instruction*, 11, 283-303.
- Else, M. J., Ramirez, M. A., & Clement, J. (2002). *When are analogies the right tool? A look at the strategic use of analogy in teaching cellular respiration to middle school students*. Paper presented at the Association for Education of teachers of Science Conference, Charlotte.
- Filocre, J., Gomes, A. E. Q., & Borges, O. N. (1996). *Modelos de capacitação de professores implementados pelo CECIMIG/UFMG*. Paper presented at the V Encontro de Pesquisadores em Ensino de Física.
- Gentner, D. (1989). The mechanisms of analogical reasoning. In A. Ortony & S. Vosniadou (Eds.), *Similarity and analogical reasoning* (pp. 199-241). Cambridge: Cambridge University Press.
- Gentner, D., & Gentner, D. R. (1983). Flowing waters or teeming crowds: mental models of electricity. In D. Gentner & A. L. Stevens (Eds.), *Mental Models* (pp. 99-129). Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Gentner, D., & Holyoak, K. J. (1997). Reasoning and learning by analogy. *American Psychologist*, 52(1), 32-34.
- Gentner, D., & Markman, A. B. (1997). Structure mapping in analogy and similarity. *American Psychologist*, 52(1), 45-56.
- Gilbert, J. K., Boulter, C. J., & Elmer, R. (2000). Positioning Models in Science Education and in Design and Technology Education. In J. K. Gilbert & C. J. Boulter (Eds.), *Developing Models in Science Education* (pp. 3-17). Dordrecht: Kluwer.
- Giordan, A., & de Vecchi, G. (1996). *As origens do saber – das concepções dos aprendentes aos conceitos científicos* (2ª ed ed.). Porto Alegre: Artes Médicas.
- Glynn, S. M., Britton, B. K., Clikeman, M. S., & Muth, D. (1989). Analogical reasoning and problem solving in science textbook. In J. A. Glover, R. R. Ronning & C. R. Reynolds (Eds.), *Handbook of creativity* (pp. 383-398). New York: Plenum Press.
- Halpern, D., Hansen, C., & Riefer, D. (1990). Analogies as aid to understanding and memory. *Journal of Educational Psychology*, 82(2).
- Holyoak, K. J., Gentner, D., & Kokinov, B. N. (2001). Introduction: the place of analogy in cognition. In D. Gentner, K. J. Holyoak & B. N. Kokinov (Eds.), *The analogical mind: perspectives from cognitive science* (pp. 1-19). Cambridge: MIT Press.
- Holyoak, K. J., & Thagard, P. (1989). Analogical mapping by constraint satisfaction. *Cognitive Science*, 13, 295-355.
- Kaufman, D. R., Patel, V. L., & Magder, S. A. (1996). The explanatory role of spontaneously generated analogies in reasoning about physiological concepts. *International Journal of Science Education*, 18(3), 369-386.

Mariana de Carvalho Capistrano Cunha

- Kolodner, J. L. (1997). Educational implications of analogy. *American Psychologist*, 52(1), 57-66.
- Krasilchik, M. (2000). Reformas e realidade - o caso do ensino das ciências. *São Paulo em Perspectiva*, 14(1), 85-93.
- Luquet, G. H. (1969). *O desenho infantil* (M. T. G. d. Azevedo, Trans.). Porto: Livraria Civilização.
- Macedo, E. (2005). Esse corpo das ciências é o meu? In M. Marandino, S. E. Selles, M. S. Ferreira & A. C. R. d. Amorim (Eds.), *Ensino de biologia: conhecimento e valores em disputa* (pp. 131- 150). Niterói: EdUFF.
- Mendonça, P. C. C., & Justi, R. (2006). Analogias sobre ligações químicas elaboradas por alunos do ensino médio. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 6(1), 35-53.
- Millar, R. (1996). Towards a science curriculum for public understanding. *School Science Review*, 77(280), 7-18.
- Namy, I. L., & Gentner, D. (2002). Making a silk purse out of two sow's ears: young children's use of comparison in category learning. *Journal of Experimental Psychology*, 131(1), 5-15.
- Newton, L. D. (2003). The occurrence of analogies in elementary school science books. *Instructional Science*, 31, 353-375.
- Norman, D. A. (1983). Some observations on mental models. In D. Gentner & A. L. Stevens (Eds.), *Mental models* (pp. 7-14). Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Núñez, F., & Banet, E. (1996). Modelos conceptuales sobre las relaciones entre digestion, respiracion y circulacion. *Enseñanza de las ciencias*, 14(3), 261-278.
- Ortony, A. (1979). The role of similarity in similes and metaphors. In A. Ortony (Ed.), *Metaphor* (pp. 342-356). Cambridge: Cambridge University Press.
- Pauen, S., & Wilkening, F. (1997). Children's analogical reasoning about natural phenomena. *Journal of Experimental Child Psychology*, 67, 90-113.
- Piaget, J. (1947). *A representação do mundo na criança*. Aparecida: Idéias e Letras.
- Pittman, K. M. (1999). Student-generated analogies: another way. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(1), 1-22.
- Reiss, M., & Tunnicliffe, S., Dale. (2001). Students' understandings of human organs and organ systems. *Research in Science Education*, 31, 383-399.
- Rule, A. C., & Furletti, C. (2004). Using forms and function analogy object boxes to teach human body systems. *School Science and Mathematics*, 104(4), 155-169.
- Santos, M. E. N. V. M. (1991). *Mudança conceptual na sala de aula*. Lisboa: Livros Horizontes.
- Schmidt-Nielsen, K. (2002). Alimento e combustível (T. Oppido & C. Finger, Trans.). In K. Schmidt-Nielsen (Ed.), *Fisiologia animal - adaptação e meio ambiente* (5 ed., pp. 129-167). São Paulo: Santos.
- Smith, L. (1989). From global similarities to kinds of similarities: the construction of dimensions in development. In S. Vosniadou & A. Ortony (Eds.), *Similarity and analogical reasoning* (pp. 146-178). Cambridge: Cambridge University Press.

- Teixeira, F. M. (2000). What happens to the food we eat? Children's conceptions of the structure and function of the digestive system. *International Journal of Science Education*, 22(5), 507-520.
- Trivelato, S. L. F. (2005). Que corpo/ser humano habita nossas escolas. In M. Marandino, S. E. Selles, M. S. Ferreira & A. C. R. d. Amorim (Eds.), *Ensino de biologia: conhecimentos e valores em disputa* (pp. 121-130). Niterói: EdUFF.
- Vargas, C. D., Mintz, V., & Meyer, M. A. A. (1988). O corpo humano no livro didático ou de como o corpo didático deixou de ser humano. *Educação em Revista*, 8, 12-18.
- Vosniadou, S. (1989). Analogical reasoning as a mechanism in knowledge acquisition: a developmental perspective. In S. Vosniadou & A. Ortony (Eds.), *Similarity and analogical reasoning* (pp. 413-437). Cambridge: Cambridge University Press.
- Vosniadou, S., & Ortony, A. (1989). Similarity and analogical reasoning: a synthesis. In S. Vosniadou & A. Ortony (Eds.), *Similarity and analogical reasoning* (pp. 1-17). Cambridge: Cambridge University Press.
- Wilbers, J., & Duit, R. (2006). Post-festum and heuristic analogies. . In P. J. Aubusson, A. G. Harrison & S. M. Ritchie (Eds.), *Metaphor and analogy in science education* (pp. 37-49). Dordrecht: Springer.
- Wong, D. E. (1993). Understanding the generative capacity of analogies as a tool for explanation. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(10), 1259-1272.
- Wykrota, J. L. M. (1998). *Análise crítica do ensino de ciências a partir do estudo da elaboração do conceito de vida*. Unpublished dissertação de mestrado em educação Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

Anexos

Anexo 1. TCLE assinado pelo diretor da escola na qual a pesquisa foi realizada

Belo Horizonte, 02 de maio de 2007. Ilmo. sr. XXX,

D.D. Diretor do Colégio Y

Prezado Sr,

Uma das maneiras de contribuirmos para que a Educação possa melhorar, para que os alunos possam aprender mais e melhor, é através da realização de pesquisas que investiguem potenciais inovações no ensino. Na Universidade Federal de Minas Gerais temos realizado algumas pesquisas na área de ensino de Ciências cujos resultados têm sido discutidos com outros professores do ensino médio e contribuído para que eles modifiquem suas práticas docentes e para que o aprendizado de seus alunos melhore.

Uma dessas pesquisas será realizada por minha aluna de Mestrado Mariana de Carvalho Capistrano Cunha, a partir do mês de maio de 2007. Esta pesquisa tem o título de “O Desenvolvimento do Raciocínio Analógico em Crianças Durante o Aprendizado de Ciências” e terá como um de seus objetivos estudar como alunos entendem e criam analogias, isto é, comparações entre duas “coisas”.

Para a realização da pesquisa, serão realizadas entrevistas com alunos de diferentes idades a respeito de um tema do currículo de *ciências* da série que os alunos autorizados pelos responsáveis estiverem cursando. Nelas, o entrevistador não estará interessado em se o(a) aluno(a) sabe ou não o conteúdo, mas em como pensa quando faz comparações de alguns aspectos desse conteúdo com outros de sua vida cotidiana. Tais entrevistas serão realizadas em local e horário acordados entre a pesquisadora responsável, os alunos e seus responsáveis.

Mariana de Carvalho Capistrano Cunha

Como as idéias dos alunos são fundamentais para que possamos realizar o estudo proposto, é essencial que todas elas sejam registradas. Nesse sentido, as entrevistas realizadas com o(a) aluno(a) (provavelmente duas) serão filmadas. Esta filmagem será utilizada unicamente para subsidiar o estudo em questão, não sendo as identidades do(a) aluno(a) e da escola reveladas em nenhuma instância de divulgação dos resultados. Nesse sentido, não há nenhum risco para os alunos, como sujeitos participantes da pesquisa, decorrente dessa participação.

Caso seja concedida a autorização para a realização da pesquisa, os alunos e seus responsáveis receberão o “Termo de Consentimento Livre e Esclarecido”. Nesses documentos, eles serão explicados sobre os objetivos da pesquisa e sobre seus aspectos metodológicos e serão solicitados a assinar uma autorização para a utilização dos dados.

Visando atender aos princípios da ética na pesquisa, solicito que uma das cópias da autorização em anexo seja preenchida e devolvida assinada.

Caso ainda existam dúvidas a respeito desta pesquisa, por favor, entre em contato comigo pelo telefone 3499.5694 ou no endereço: Departamento de Química da UFMG, Av. Antônio Carlos 6627, 31270-901, Belo Horizonte.

Finalmente, informo que esta pesquisa foi analisada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG, que também poderá ser consultado livremente em qualquer eventualidade no endereço Unidade Administrativa II, sala 2005, Campus da UFMG, ou pelo telefone 3499.4592.

Desde já, agradeço sua colaboração para a realização desta pesquisa.

Atenciosamente,

Profa. Dr. Rosária S. Justi

Pesquisadora responsável

Autorização

Após ter sido esclarecido sobre os propósitos e condições de realização da pesquisa “O Desenvolvimento do Raciocínio Analógico em Crianças Durante o Aprendizado de Ciências”, autorizo o desenvolvimento da mesma nesta instituição de ensino.

Diretor do Colégio Y

Anexo 2. TCLE assinado pelos alunos participantes da pesquisa e por seus responsáveis

Belo Horizonte, 05 de maio de 2007.

Prezados pais ou responsáveis pelo(a) aluno(a),

Uma das maneiras de contribuímos para que a Educação possa melhorar, para que os alunos possam aprender mais e melhor, é através da realização de pesquisas que investiguem potenciais inovações no ensino. Na Universidade Federal de Minas Gerais temos realizado algumas pesquisas na área de ensino de Ciências cujos resultados têm sido discutidos com outros professores do ensino médio e contribuído para que eles modifiquem suas práticas docentes e para que o aprendizado de seus alunos melhore.

Uma dessas pesquisas será realizada por minha aluna de Mestrado Mariana de Carvalho Capistrano Cunha, a partir do mês de maio de 2007. Esta pesquisa tem o título de “O Desenvolvimento do Raciocínio Analógico em Crianças Durante o Aprendizado de Ciências” e terá como um de seus objetivos estudar como alunos entendem e criam analogias, isto é, comparações entre duas “coisas”.

Para a realização da pesquisa, serão realizadas entrevistas com alunos de diferentes idades a respeito de um tema do currículo de *ciências* da série que o(a) aluno(a) identificado(a) no final deste documento está cursando. Nelas, o entrevistador não estará interessado em se o(a) aluno(a) sabe ou não o conteúdo, mas em como pensa quando faz comparações de alguns aspectos desse conteúdo com outros de sua vida cotidiana. Tais entrevistas serão realizadas em local e horário acordados entre a pesquisadora responsável, os alunos e seus responsáveis.

Como as idéias dos alunos são fundamentais para que possamos realizar o estudo proposto, é essencial que todas elas sejam registradas. Nesse sentido, as

Mariana de Carvalho Capistrano Cunha

entrevistas realizadas com o(a) aluno(a) (provavelmente duas) serão filmadas. Esta filmagem será utilizada unicamente para subsidiar o estudo em questão, não sendo a identidade do(a) aluno(a) revelada em nenhuma instância de divulgação dos resultados. Nesse sentido, não há nenhum risco para os alunos, como sujeitos participantes da pesquisa, decorrente dessa participação. Entretanto, caso você, por algum motivo, não concorde com a participação do(a) aluno(a) na pesquisa, basta não assinar este documento. Além disso, você pode retirar este consentimento a qualquer momento, sem que o(a) aluno(a) seja prejudicado por isso.

Visando atender aos princípios da ética na pesquisa, solicito que você preencha e devolva uma das cópias deste termo de consentimento assinado por você e pelo aluno.

Caso ainda existam dúvidas a respeito desta pesquisa, por favor, entre em contato comigo pelo telefone 3499.5694 ou no endereço: Departamento de Química da UFMG, Av. Antônio Carlos 6627, 31270-901, Belo Horizonte.

Finalmente, informo que esta pesquisa foi analisada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG, que também poderá ser consultado livremente em qualquer eventualidade no endereço Unidade Administrativa II, sala 2005, Campus da UFMG, ou pelo telefone 3499.4592.

Desde já, agradeço a colaboração de vocês para a realização desta pesquisa.

Atenciosamente,

Profa. Dr. Rosária S. Justi

Pesquisadora responsável

Autorização

Declaro que estou suficientemente esclarecido(a) sobre a pesquisa “O Desenvolvimento do Raciocínio Analógico em Crianças Durante o Aprendizado de Ciências”, seus objetivos e metodologia. Concordo que o(a) menor abaixo identificado(a) – sob o(a) qual sou responsável – seja entrevistado(a) e com a utilização das imagens filmadas nessas entrevistas para os fins da pesquisa.

Nome do(a) aluno(a): _____

Nome do(a) responsável: _____

Assinatura: _____

C.I.: _____

Declaro que estou suficientemente esclarecido(a) sobre a pesquisa “O Desenvolvimento do Raciocínio Analógico em Crianças Durante o Aprendizado de Ciências”, seus objetivos e metodologia e que concordo em ser entrevistado(a) e com a utilização das imagens filmadas nessas entrevistas para os fins da pesquisa.

Nome do(a) aluno(a): _____

Assinatura: _____

C.I.: _____