



A Microgênese da Classificação de Minerais: Os casos Anna e Vítor

The Microgenesis of Mineral Classification: Anna and Victor cases.

Juliano de Oliveira Guterres

Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
julianoguterres@yahoo.com.br

Marcelo Leandro Eichler

Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
exlerbr@yahoo.com.br

José Claudio Del Pino

Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
delpinojc@yahoo.com.br

Resumo

Esta pesquisa teve como objetivo a análise microgenética da solução de um problema complexo e extenso. Utilizou-se como suporte teórico as pesquisas em psicologia genética, principalmente aquelas realizadas por M. Saada-Robert. A tarefa constitui na identificação e classificação de uma coleção de nove minerais. Os sujeitos participantes da pesquisa dispunham de instrumentos necessários para a determinação das principais propriedades físicas e químicas das amostras minerais, bem como de informações de referência para a realização dos testes de identificação dos minerais. Também estava à disposição uma tabela contendo uma lista de cinquenta minerais com suas respectivas propriedades. Participaram desta pesquisa, oito sujeitos, entre 11 e 15 anos, estudantes do ensino fundamental. Dois sujeitos foram considerados exemplares e prototípicos quanto à forma de resolução da tarefa: Anna, organizada e

sistemática, e Vítor, pouco organizado e aleatório. A análise desses casos prototípicos visou a identificar os procedimentos e as mudanças nas condutas cognitivas. Entende-se que a análise desses casos forneceu importantes informações sobre as construções individuais de conceitos considerados como fundamentais, como a classificação dos elementos químicos e das espécies minerais. Por fim, foi possível verificar que ao final da tarefa, apesar de suas diferenças, ambos os sujeitos chegaram às proposições de classificação semelhantes àquelas utilizadas na bibliografia especializada.

Palavras chaves: microgênese; mineralogia; resolução de problemas.

Abstract

This research had as objective the microgenetic analysis of a complex and extended problem solving. The theoretical framework used was the genetic psychology, especially research conducted by M. Saada-Robert. The task involved the identification and classification of a collection of nine minerals. The subjects had the research tools needed to determine the main physical and chemical properties of mineral samples as well as reference information for the tests for identifying minerals. Also available was a table containing a list of fifty minerals with their properties. Eight subjects, elementary school students between 11 and 15 years, participated in this research. Regarding the way of solving the task, two subjects were considered prototypical: Anna, organized and systematic, and Victor, poorly organized and random. The analysis of these prototypical cases aimed to identify the procedures and changes in cognitive behavior. It is understood that the analysis of these cases provide important information about the individual constructions of concepts considered fundamental, such as the classification of chemical elements and mineral species. Finally, we found that at the end of the task, despite their differences, both subjects arrived to the proposals of classification similar to those used in the literature.

Key-words: microgenesis; mineralogy; problem solving.

Introdução

A relação entre a epistemologia e psicologia genéticas e a didática das ciências pode ser contada através de diversos momentos de tensão e distensão. Segundo Parrat-Dayan (2003), quando se trata de aplicar a psicologia genética à educação, percebe-se que faltam tanto estudos sobre o sujeito psicológico quanto sobre a construção de conhecimentos escolares específicos. Assim: *“a maneira como os alunos constroem progressivamente tais conteúdos nos é quase desconhecida”*. Além disso: *“é necessário, também, conhecer os procedimentos pelos quais o aluno vai se aproximando desses conteúdos para intervir de maneira eficaz na sua aquisição”*.

Nesse sentido, pode-se reconhecer que a aquisição de todo conhecimento novo passa, inevitavelmente, pelo funcionamento dos conhecimentos anteriores em situações específicas através das quais se transformam, diferenciam-se (incluindo a comparação com os dados da nova situação) e conduzem a novos saberes (SAADA-ROBERT; Brun, 1996).

Os estudos das microgêneses cognitivas, empreendidos por Bärbel Inhelder e sua equipe (INHELDER; CELLÉRIER, 1996), focaram a formação e a atualização de conhecimentos, permitindo uma melhor compreensão dos mecanismos de mudança, que são entendidos como mecanismos de mudança de significação e mudanças de controle (PARRAT-DAYAN, 2003).

Nesse sentido, Siegler e Crowley (1991) compreendem que os estudos que examinam as mudanças quando elas ocorrem sugerem idéias sobre os mecanismos que produzem tais mudanças e, também, fornecem dados contrários, com os quais se pode avaliar a plausibilidade e poder dos mecanismos possíveis. Dessa forma, os estudos microgenéticos indicaram os processos pelos quais a criança faz novas descobertas.

Porém, talvez seja útil a restrição de significado do termo descoberta. Esses autores sugerem reservar o termo para usos em que uma pessoa pode adequadamente explicar a lógica subjacente à nova aquisição. Então, a conceituação mais usual é reconhecer que a descoberta de uma estratégia é frequentemente o primeiro passo em direção a sua posse, com a qual as pessoas usam novos conceitos e estratégias para provar suas consequências, compreendendo inteiramente suas vantagens, desvantagens e condições de aplicabilidade.

Na microgênese, parte-se da hipótese de que o conhecimento inicial ativado pelo sujeito, que se encontra no início da resolução de um problema, ainda não está atualizado ou especificado (SAADA-ROBERT, 1996a). Esse conhecimento é sincrético, ou seja, é uma reunião artificial de idéias de origens disparatadas, uma vez que a visão de conjunto da totalidade ainda se encontra confusa. Pode-se entender essa reunião como a amálgama de duas componentes, “[uma] *de generalidade difusa relativamente à situação atual, e [outra] de particularismos justapostos em relação aos conhecimentos anteriores sobre os quais se apóia*”. Desse entender global e indistinto, surgem os objetos distintamente entendidos, transformando-se progressivamente em um saber ao mesmo tempo preciso e sintético. Portanto, “*a construção microgenética consiste (...) numa dupla passagem do difuso ao preciso, e do esperso ao unitário*” (idem).

Além do mais, essa interpretação inicial da realidade decorre de uma “*epistemologia natural do sujeito*” (Inhelder e Caprona, 1996a) que engendra uma visão de mundo centrada na compreensão da realidade ou de si próprio, enquanto sujeito pensante, e os conhecimentos ativados são, essencialmente, conhecimentos particulares, onde os modos de utilizá-los são fortemente individualizados. Por isso, na microgênese, trata-se de estudar os conhecimentos específicos de um sujeito psicológico individual que intervêm em uma resolução de determinado problema.

De acordo com Saada-Robert (1979), em um estudo sobre os procedimentos em uma situação de resolução de problema, a interpretação dos procedimentos se dá sobre o estudo das relações funcionais entre as abordagens (entendidas como a organização dos procedimentos em execução) e os conhecimentos representados (aqueles que são mobilizados pelo sistema representativo encarregado de unificá-los em relação à situação que os utiliza).

Segundo Saada-Robert e Brun (1996), a microgênese da resolução de um problema pode, então, ser considerada em seu duplo aspecto: i) das *mudanças de significações* em relação aos esquemas utilizados, práticos ou conceituais, no que concerne aos

objetos (reais ou de pensamentos, e ainda em suas relações); e ii) das *transformações de controle* em relação à organização das ações e das significações em função do objetivo. Justamente por isso entendemos que os estudos microgenéticos são de muita utilidade para as pesquisas sobre elaboração conceitual realizadas no âmbito da didática das ciências.

Nesses estudos com o sujeito psicológico individual, o interesse é revelar a dinâmica das condutas do sujeito, suas avaliações, suas intenções e valores, as escolhas que faz dos meios e os controles que utiliza, enfim, as heurísticas próprias ao sujeito que podem levar a um mesmo resultado, através de caminhos diferentes. Isso para que se possa “*separar as características gerais dos procedimentos ou os encadeamentos finalizados e organizados da ação*” (INHELDER; CAPRONA, 1996a).

Assim, no âmbito de uma proposta didática para o ensino de química a partir da abordagem pluridisciplinar com as geociências (SAMRSLA et al., 2007) propõe-se estudar o desenrolar das descobertas da identificação e da classificação dos elementos de uma coleção de minerais, apresentando neste artigo o estudo microgenético de dois casos exemplares.

Materiais e Métodos

As pesquisas sobre microgênese têm sido feitas na forma de estudos de casos, onde se observa as atividades espontâneas dos sujeitos diante de certo material (Chakur, 2005). Nesse sentido, são empregadas gravações em vídeo e análise de tarefa, que ressaltam o tipo de representação que o sujeito elabora e os meios empregados na solução do problema.

Em relação ao método microgenético, Saada-Robert (1979) indica que a *atividade observável* pode ser decomposta em um *conteúdo* da atividade (por exemplo, diferenciar e classificar as amostras de uma coleção) e em seu *desenrolar*. Esse compreende, por um lado, a extensão da atividade (sobre quais objetos ela ocorre, em que ordem, em que espaço, etc.) e, por outro lado, a qualidade do desenrolar (rápido ou lento, com seus bloqueios, paradas, observações, mímicas e verbalizações, por exemplo), ou seja, a maneira como se faz a passagem de uma atividade a outra. A atividade observável corresponde à denominação que o observador atribui, ou pode inferir, da ação do sujeito.

Na abordagem microgenética, o estudo de caso é a metodologia mais própria por, pelo menos, três razões complementares: 1) o funcionamento dos conhecimentos repousam sobre processos qualitativos que somente uma análise aprofundada e detalhada, até à intimidade das condutas em desenrolar, permite reconstruir; 2) o desenrolar da resolução (o projeto, os meios e a solução) forma uma totalidade indivisível sempre que se busca sua coerência interna; 3) o desenrolar da resolução supõe uma análise temporal dos dados, que se baseia tanto em indícios observáveis pertinente a uma certo momento T (análises sincrônicas) quanto ao mesmo indício tomado em diferentes momentos da resolução (análises diacrônicas) (SAADA-ROBERT, 1989).

Em suas pesquisas, Saada-Robert (1996a) relata o desenrolar das ações dos sujeitos da pesquisa, pois entende que o seu “*progresso pode ser considerado o protótipo da microgênese*” da situação estudada. Na pesquisa descrita em Saada-Robert (1996a), ela descreve as diferentes partes constantes do processo de resolução da tarefa proposta através de fragmentos devidos as microgêneses de sujeitos diferentes, considerados cada um deles prototípicos na parte a que servem de exemplo. Em outra pesquisa, Saada-Robert (1996b) faz toda a descrição e discussão dos dados através de um único protocolo, considerado, também, um caso prototípico. Assim, a seguinte definição parece importante:

A análise de um caso prototípico caracteriza-se por um duplo objeto: um ‘objeto típico’ ou ‘objeto exemplar’ de demonstração, pois exprime em detalhes e claramente aquilo que os outros sujeitos também resolvem, mas de maneira mais parcial e mais laboriosa ou, ao contrário, de forma mais rápida e mais fácil, é um ‘objeto para pensar’, fonte de construção teórica. (...) O estudo de caso prototípico, tal como é realizado em um bom número de estudos referentes à representação cognitiva (...), distingue-se do estudo de caso atípico, frequente em psicologia clínica e em neuropsicologia, e cujo interesse reside precisamente na raridade e particularidade das condutas analisadas, (SAADA-ROBERT, 1997b, pp. 129-130, grifos da autora;)

Dessa forma, o que se propõe com a parte experimental deste artigo é estudar o desenrolar das descobertas da identificação e da classificação dos elementos de uma coleção de minerais, apresentando o estudo microgenético de dois casos exemplares. Nesse sentido, optou-se por um desses dois modelos para a descrição e interpretação dos dados, privilegiando as interpretações dos protocolos de dois sujeitos considerados prototípicos nesta pesquisa: Anna, por ter resolvido de forma organizada e focada no problema proposto, e Vítor, que resolveu o problema de maneira mais laboriosa e sem contemplar algumas das questões solicitadas.

A Tarefa

A tarefa consiste em duas atividades: identificar um kit de minerais desconhecidos e, após, propor uma classificação para esses minerais. O kit era formado por nove amostras identificadas por códigos contendo letras e números, conforme Figura 1. As amostras poderiam ser identificadas e classificadas através da determinação de suas características de: cor, brilho, densidade, dureza, traço e reatividade química. Em uma bancada, feita de classes dispostas de forma alinhada, constavam os materiais e um cartaz com a explicação da forma de determinação de cada uma dessas características. Por fim, as características inferidas poderiam ser comparadas com informações tabeladas, apresentadas na forma de um hipertexto, de cerca de 50 minerais.

Para a identificação dos minerais, os sujeitos tinham a sua disposição uma planilha de computador, onde estavam listados cerca de 50 minerais com suas propriedades físicas e químicas. Para a determinação dessas propriedades, a planilha contava com um recurso de hipertexto explicativo do funcionamento dos testes a serem executados.



Figura 1 – o conjunto de minerais desconhecidos.

A determinação da cor e do brilho da amostra se faz através da observação da mesma. Mesmo assim, o texto disponível no computador explicava alguns cuidados necessários, como a recomendação de observar uma superfície recente, não oxidada. Para o brilho, o texto destacava (com fotos ilustrativas) os principais tipos de brilho: metálico, vítreo, resinoso, perláceo, graxo, sedoso e adamantino.

A densidade relativa deveria ser determinada a partir de dois procedimentos: pesar a amostra (havia a disponibilidade de uma balança digital) e medir o volume através do princípio de Arquimedes (mergulhar a amostra em uma proveta com água). A densidade relativa consiste na divisão da massa da amostra determinada na balança (em gramas) pelo volume em mililitros obtidos na proveta.

O conceito de dureza, em mineralogia, é a capacidade de um mineral de resistir ao risco. A determinação da dureza é realizada através da comparação com uma série de minerais de dureza conhecida. Essa escala é conhecida como Escala de Mohs. A partir da comparação entre os minerais de referência e as amostras desconhecidas, o sujeito poderia estimar a dureza da amostra em análise. Mas, também, era possível utilizar parâmetros alternativos para auxiliar na determinação da propriedade dureza, como consta na Tabela 1, procurando riscar os minerais da amostra com diferentes materiais.

Tabela 1 - Parâmetros alternativos para determinação da dureza.

Dureza	Amostra é riscada por:
2,5	Unha
3,0	Moeda de cobre
5,5	Lâmina do canivete
5,5 a 6	Vidro
7	Porcelana

A propriedade “traço” consiste em atritar o mineral contra uma placa de porcelana e identificar a cor deixada pelo procedimento. Muitas vezes a cor do traço é diferente da cor do mineral.

Em relação à reatividade química, utilizou-se ácido clorídrico (1 mol/L) para fazer o teste de reatividade em via úmida. Outros reagentes poderiam ser utilizados, principalmente ácido nítrico, ou soluções mais concentradas de ácido clorídrico. No entanto, entendemos que seria expor os sujeitos a um risco desnecessário, uma vez que a solução de ácido clorídrico diluído é suficiente para diferenciar a reatividade das amostras de carbonatos, tais como malaquita e calcita.

As ações dos sujeitos foram gravadas em vídeo, posteriormente foram transcritas na forma de protocolos, que a seguir são descritos e analisados.

Resultados

O Caso Anna

O primeiro caso que será explorado neste artigo é o da menina Anna, de 14 anos de idade, estudante da rede pública estadual, recém concluinte do ensino fundamental. A proposta de trabalho era de que os minerais corretamente identificados seriam retirados do grupo automaticamente. Concluída a identificação das amostras, Anna deveria propor uma classificação para esses minerais a partir de propriedades que tivesse sido relevantes no seu entendimento.

Reconhecendo a atividade

“Não sei como começar. Estou pensando como é que vou fazer: se vou por uma ordem ou se vou fazer algo aleatório... Eu não consigo...”

Anna

Desde as primeiras ações, quando ela buscava um reconhecimento do funcionamento da atividade, Anna demonstrou estar à procura de uma sistematização para o processo. Do início da sessão até a tentativa de execução do primeiro teste se passaram dezesseis minutos diante do computador em busca de informações. O tempo de permanência em cada texto não ultrapassava dois minutos. Anna abria o mesmo texto diversas vezes, principalmente aquele sobre a explicação da identificação do tipo de brilho. Entre suas leituras, a menina vasculhava a tela inicial da tabela interativa por um espaço curto de tempo, cerca de trinta segundos. Nessa tela os minerais estão listados com suas respectivas propriedades.

Após esse período, Anna se desloca pela primeira vez até a parte da sala onde estão os materiais necessários à determinação das propriedades dos minerais. Sua primeira experiência é a determinação da densidade. Começa pesando uma amostra (A01, cobre) e em seguida mede o volume. Depreende-se, pelas perguntas que fazia, que estava preocupada com os detalhes da execução do teste, tal como a utilização de um ou de todos os pedaços da sua amostra ou se a água poderia ser reutilizada. O teste é executado cuidadosamente. Para medir a massa e o volume são utilizados aproximadamente cinco minutos.

Na sequência da “bancada”, improvisada com carteiras escolares, o próximo teste é a determinação da reatividade em via-úmida. A menina chega a pegar o frasco com o ácido clorídrico, mas desiste momentaneamente, dando a entender que preferiu se preparar melhor para o teste. Após aproximadamente dois minutos no computador, Anna volta à bancada, refaz as determinações de massa e volume e então executa o teste da reatividade com ácido. Durante cerca de três minutos ela observa a amostra com ácido, compara a superfície com e sem ácido, lê o cartaz em sua frente que traz algumas orientações e repete o teste para então fazer registros em sua folha de anotações.

Diante desses primeiros resultados ela retorna ao computador e consulta a tabela por aproximadamente dez minutos. Decorridos quarenta minutos de atividade, Anna passa a manipular o computador com habilidade suficiente para deixar todos os textos que vem utilizando abertos simultaneamente e acessados através da barra de tarefas do sistema operacional. Busca informações a respeito do teste de dureza e do teste de traço para em seguida executá-los. O tempo de execução para a determinação da dureza foi de três minutos. Para a execução do teste do traço foi pouco mais de um minuto. Mais uma vez a menina mostrou muita calma e cuidado durante a experiência. Sempre após a conclusão de uma experiência Anna dedicava algum tempo para registrar as informações obtidas. De posse dessas informações, voltava para o computador, vasculhava a tabela eletrônica e fazia novos registros em sua folha de anotações. Dessa forma ela concluiu os testes com sua primeira amostra (A01, cobre) e após 48 minutos Anna parte para a análise da amostra B01.

A essa altura da atividade interpreta-se que ela parece ter determinado sua forma de trabalho: analisar todas as amostras, uma de cada vez, na sequência em que estão dispostos os códigos (A, B, C etc.), e determinando as propriedades, igualmente, numa ordem em que estão dispostas na bancada das experiências. Para fazer a bateria de testes com a segunda amostra foram necessários aproximadamente 15 minutos. Com a terceira amostra foram pouco mais de 12 minutos. Mesmo tempo com a quarta amostra, última a ser trabalhada no primeiro encontro.

A estratégia permanece no encontro seguinte e dessa forma, 2 horas e 38 minutos de atividade ela conclui a determinação das propriedades de todas as amostras. A atividade passa então para uma nova fase: a fase da discussão dos resultados.

Discutindo os primeiros resultados

“... eu estou confiando primeiro nos números... Só que daí as cores não batem... Se vou pelas cores, os números é que não batem. Então eu penso que meus números estão errados... Então eu não sei mais!”

Anna

Concluindo a execução dos testes, Anna reorganiza suas anotações, faz mais algumas leituras e buscas por minerais na tabela eletrônica e mostra suas conclusões ao pesquisador. Na sua primeira apresentação de resultados, Anna confiou em seus resultados de tal forma que pequenas diferenças entre o dado experimental e o teórico foram suficientes para descartar possibilidades, às vezes corretas. Em seguida veremos um exemplo disso. Três amostras foram identificadas corretamente nesse momento: A01 (cobre), E01 (quartzo) e I01 (cinábrio). Apesar desse aparente bom desempenho, Anna ainda não domina efetivamente a técnica. Principalmente no que diz respeito à interpretação dos resultados experimentais. A determinação do cobre ocorreu muito mais devido às suas experiências prévias com esse tipo de metal, e as características perceptivas da amostra permitiram que esta fosse reconhecida, do que pelos resultados obtidos nas experiências:

(Pesquisador): “A01, o que você descobriu?” (Anna): “Esse eu não descobri ainda. (...) Eu acho que é cobre, mas sei lá...” (Pesquisador): “E por que tu achas que é cobre?” (Anna): “É porque eu conheço! Então eu acho que é! Mas, não obtive nenhum resultado que... [comprovasse]” (Pesquisador): “Os teus resultados para essa amostra foram diferentes do cobre?” (Anna): “Eu acho que sim... só um pouco parecido...”.

Analisando suas anotações percebe-se que seus resultados experimentais estão bastante próximos aos dados teóricos relacionados ao cobre. Mas, nesse momento da pesquisa, o sujeito ainda não é capaz de questionar e diferenciar os resultados, isto é, ainda não é capaz de interpretar as propriedades, suas diferenças e possíveis erros experimentais. Ao discutir as demais amostras, percebe-se que a menina espera encontrar na tabela um mineral que apresente todos os valores das propriedades idênticos aos obtidos em suas experiências. O que não ocorreu em praticamente nenhum caso. Porém, para as amostras analisadas no segundo dia da atividade, Anna admite confiar mais nos seus resultados.

Para o mineral que tem suas propriedades facilmente diferenciadas e aferidas sua estratégia inicial foi suficiente. O cinábrio (I01) foi identificado corretamente, segundo a própria menina, porque os resultados “batem”. Especialmente a cor, que foi determinante para sua identificação – o cinábrio é o único mineral exclusivamente vermelho da tabela de referência e de sua coleção de minerais. No entanto, a cor foi a primeira das propriedades a ser questionada. A primeira tentativa de solucionar o problema se dá através do questionamento do seu esquema familiar: as cores dos minerais.

Integrando e diferenciando

“...aí resolvi não confiar nas cores!”

Anna

A identificação correta da segunda amostra (E01, quartzo) ocorre a partir de uma mudança na estratégia. Os dados obtidos experimentalmente estavam bastante próximos aos dados teóricos referentes ao quartzo, exceto a cor. Ao longo da discussão dos resultados, Anna parece ter mudado seu pensamento nesse sentido. De início ela afirmou pensar que se tratava do quartzo, mas o fato de a cor não estar

como ela havia percebido foi determinante para que houvesse dúvida a respeito da identificação. Ao relatar suas conclusões para outros minerais, a menina afirma em determinado momento: *“resolvi não confiar nas cores”*, principalmente para aqueles minerais multicoloridos, tais como o próprio quartzo. Voltando à discussão da amostra E01, Anna passa a supor que esta realmente seja o quartzo.

A partir de então ela demonstra ter certeza nas suas respostas, diferente do que ocorria até o momento, onde sempre havia a dúvida pelo fato de não haver coincidência total entre dados experimentais e teóricos. Isso pode evidenciar que nesse momento o sujeito apresentou alguma flexibilidade na interpretação dos resultados. Apesar disso, nenhuma amostra foi identificada corretamente nesse momento.

Em determinado momento da discussão, Anna relata sobre o que fora exposto acima:

(Anna): (...) é que eu sempre ia por essa ordem: começava pela dureza, depois eu via o tipo de brilho, depois a via úmida, depois a cor e por último a densidade. (Pesquisador): Então existe uma ordem de confiabilidade? (Anna): É essa a ordem! Confio mais na dureza e por último a densidade. E na maioria a densidade não bateu.

No entanto, o que se viu foi que para algumas amostras isso não se confirmava. Na determinação da pirita (D01, descrita a seguir) o resultado da própria dureza, que ela afirma ser seu teste mais confiável, foi rejeitado e a prioridade foi o resultado do brilho e da densidade.

Após a discussão dos resultados iniciais, seis amostras ainda precisavam ser identificadas. Anna retoma seus trabalhos pensando no que fazer a partir de agora, uma vez que todas as propriedades foram aferidas, mas não foram suficientes para a identificação de todas as amostras do seu kit de minerais.

Repensando a estratégia

“... É que eu modifiquei um pouco minha idéia... Vamos dizer, estou ‘meio flexível’...”

Anna

A retomada do trabalho após a discussão dos primeiros resultados ocorre no terceiro dia de atividades. Fica cerca de três minutos observando a tabela antes de levar a amostra para a bancada de experiências. Em um intervalo de aproximadamente trinta minutos, Anna apenas executa o teste de traço e dureza com as amostras ainda não identificadas e faz pesquisas no computador. Nesse espaço de tempo, a menina aproveita para conferir cuidadosamente a cor e o brilho das amostras enquanto permanece diante da tabela eletrônica.

Pouco mais de 50 minutos após esse recomeço da atividade, com cerca de 3 horas e 50 minutos desde o início da tarefa, Anna apresenta seus resultados pela segunda vez. Evidencia-se que a modificação fica por conta da interpretação dos resultados, uma vez que ela utilizou praticamente os mesmos dados. Essa modificação da estratégia consiste numa interpretação menos restrita do resultado, comparando não somente os valores exatos, mas considerando também valores próximos.

Além dessa modificação de estratégia, Anna utilizou novos dados para as propriedades traço e dureza. Assim, outras três amostras foram corretamente identificadas: B01 (malaquita), C01 (magnesita) e H01 (gipso). A malaquita possui duas características bastante peculiares: sua cor verde e a reatividade ao ácido clorídrico fortemente efervescente. Mesmo assim, durante a entrevista essas características não foram destacadas como fundamentais para a identificação. Anna atribuiu à proximidade entre seus resultados aos valores teóricos de todas as propriedades a escolha da malaquita, destacando a modificação do resultado obtido no teste da dureza do mineral. O mesmo raciocínio fora empregado na identificação da magnesita.

Porém, neste caso há um fato relevante: a indicação por parte do experimentador de que sua resposta anterior (fluorita) estava errada. Com isso, Anna tratou inicialmente de procurar por outro mineral cujas características se aproximassem daquelas do mineral anterior. Além de contar com um resultado diferente para a dureza. Essa indicação também foi determinante para a identificação do gipso, onde Anna não fez quaisquer alterações em seus dados. Na sua primeira sequência de respostas, atribuiu a este mineral a resposta 'halita', e o gipso constava nas suas possibilidades. Como no kit de determinação da dureza através da escala de Mohs há uma amostra de gipso, Anna percebeu a semelhança entre as amostras, porém acabou descartando essa possibilidade apenas porque pensou que seria uma armadilha da tarefa. Durante a entrevista Anna não demonstra ter levado em consideração a informação de que o mineral halita é solúvel em água e o gipso não.

As três amostras não identificadas têm características que chamam a atenção. Duas delas (F01, mica fuchsita e G01, hematita) não cabem na proveta de 100mL e devem ter seu volume medido na proveta de 200mL. O problema é que Anna não percebeu que existe uma modificação de escala de um instrumento para outro. Não percebendo essa diferença, os valores obtidos para a densidade dessas amostras foram completamente diferentes do esperado. Para a amostra G01 (hematita), Anna trabalhou com valores de densidade próximos de 20g/mL, aproximadamente três vezes do valor correto. Com isso chegou a identificar a amostra como sendo platina nativa, o mineral mais denso da tabela eletrônica.

Além disso, a amostra F01 esfarela-se com facilidade o que dificulta a determinação de dureza e traço. Dificuldade também na determinação do brilho dessas amostras. Assim, Anna conclui o terceiro dia de atividades com seis amostras identificadas corretamente. A modificação na sua estratégia possibilitou um melhor aproveitamento dos dados experimentais para a resolução da tarefa. No entanto, não foi suficiente para a conclusão da etapa de identificação das amostras. Anna concluiu que para as três amostras restantes, os dados deveriam ser analisados novamente. Alguns deles estavam comprometendo seu sucesso para a conclusão da atividade.

Corrigindo os dados obtidos

“Eu refiz os testes! Houve mudanças...”

Anna

No quarto dia da atividade, Anna revê suas anotações e decide refazer todas as experiências com as amostras ainda não identificadas. Utiliza 35 minutos para isso. Concluída as experiências, Anna leva suas anotações para frente do computador e

consulta a tabela eletrônica em busca de comparações por aproximadamente treze minutos. Ela reconhece que, nesse dia, sentiu dificuldades para determinar e comparar os resultados, mas ao mesmo tempo acredita que evoluiu na sua tarefa.

As modificações aconteceram principalmente na atribuição de brilho, dureza e densidade. Anna percebeu então uma característica fundamental no processo de identificação de um mineral: o brilho metálico. A amostra D01 (pirita) foi identificada com dados muito parecidos com os anteriores, exceto brilho e cor. A partir do momento em que Anna compreendeu que o que ela estava achando “*esquisito*” era o brilho metálico, e não a cor, ela conseguiu separar as duas propriedades:

(Pesquisador): *E por que tu achas que é a pirita?* (Anna): *A pirita ali [no computador] dizia ‘metálica’. Não sei se posso considerar isso metálico, mas eu botei ‘sub-metálico’. Então aí foi mais ou menos. Ali diz que é ‘amarelo-latão’. Eu botei que era amarelo... Amarelo feio! (...) eu não confio muito na dureza porque eu não consigo enxergar. Eu não consegui enxergar!*

Assim, ela encontrou a resposta, mesmo que o resultado para a dureza, por exemplo, tenha apresentado diferença, assim como o traço. Basicamente, os dados que foram decisivos na identificação dessa amostra foram os resultados da densidade, do brilho e da cor.

As duas amostras restantes (F01 e G01) são justamente as que necessariamente precisam ser aferidas na proveta maior. Por isso, os valores que eram encontrados estavam muito distantes dos valores reais. Foi necessária uma orientação experimental por parte do pesquisador para que o sujeito conseguisse medir o volume das amostras corretamente e assim trabalhar com valores de densidade mais próximos dos números tabelados.

A menina retorna à sua pesquisa e em 11 minutos apresenta seus novos resultados. Nesse tempo ela não refez a experiência, apenas corrigiu matematicamente os valores. Com a modificação no valor da densidade, Anna identificou corretamente a amostra F01 (mica fuchsita). No diálogo Anna revela que o “novo” valor da densidade fez com que aparecessem muitas possibilidades. Dentre as quais, a cor, o brilho, o traço e a dureza estavam de acordo com as propriedades das micas. Para Anna, foi a que coincidia o maior número de propriedades.

Em contrapartida, a amostra G01, mesmo com a modificação da densidade, não foi identificada corretamente. Toda a atenção agora está voltada para essa amostra e o que se viu foi que mesmo assim a resolução da tarefa não foi fácil.

Dificuldades no final

“Essa pedra está encantada!”

Pesquisador

Nesse quarto dia de atividades, Anna tentou concluir a identificação até o final. Foram três tentativas em aproximadamente 30 minutos. Na primeira delas, Anna identifica a amostra D01, pirita. Na segunda identifica a amostra F01, mica fuchsita, mas não identificou G01. Logo após a confirmação de que sua resposta estava incorreta, a menina voltou para o computador – sem suas anotações – afirmando que tinha uma

alternativa imediata. Em três minutos ela volta para mostrar seus resultados: mais uma tentativa frustrada, anglesita. Sua tentativa foi baseada nos valores de densidade e dureza, uma vez que Anna admitiu dificuldades na determinação do brilho, cor e traço. A identificação ficaria assim para o próximo encontro.

No quinto e último dia de atividade, Anna analisa seus resultados diante do computador por cerca de nove minutos e então decide refazer os testes. Começa pela densidade, manuseando a amostra e os instrumentos com muita cautela e atenção. Refaz os testes de reação por via úmida, de dureza e de traço. Todos os testes são concluídos em um intervalo de oito minutos. Em seguida compara seus novos resultados com dados da tabela eletrônica por sete minutos e acena com mais propostas equivocadas: molibdenita e em segunda opção galena. Para encontrar essas possibilidades, Anna procurou minerais de brilho metálico e cor cinza, mas de valores de dureza mais baixos que o valor correto. A própria menina admitiu que os resultados não apontavam para esses minerais, o que sugere que neste momento da atividade Anna apresentava sinais de cansaço. Após o diálogo, pesquisa por cinco minutos diante do computador e arrisca outras duas respostas: martita¹ e magnesita. Propor a magnesita como resposta para esse mineral é mais um fator que comprova o desgaste da menina devido a seu insucesso na conclusão da atividade, uma vez que ela não lembrou que no seu conjunto de minerais já havia sido identificada uma amostra de magnesita (C01) muito diferente da amostra que estava em análise.

Depois de novo diálogo Anna volta para o computador com seus resultados e busca referências por dez minutos. Refaz o teste da dureza em três minutos e volta ao computador. Cinco minutos depois apresenta três minerais como possíveis respostas: hematita, esfarelita e turmalina. Dentre as quais “apostaria” na hematita. Anna conclui assim a identificação do grupo de nove minerais, justificando porque acredita se tratar da hematita:

(Anna): (...) “hematita. Porque é metálica, ali diz que é preto, cinza ou castanho-vermelho e quando eu risco a pedra sai um risco meio castanho, por isso que eu achei. Só a densidade dela que... Minha densidade deu ‘4,5’ e a densidade dela é de ‘5’ a ‘7’. A dureza eu acredito que seja de ‘6’ a ‘7’ mesmo e ali diz que é de ‘5’ a ‘6’, então foi o mais perto que eu achei. A via úmida diz que não, a minha também. E o traço também é parecido.” (Pesquisador): “E quais são as outras?” (Anna): “A esfarelita e a turmalita [sic], sei lá.” (Pesquisador): “E por que você acredita que é a hematita e não a turmalina ou esfarelita?” (Anna): “Esfarelita tem aquele negócio [brilho] da resina e parece com diamante, talvez até seja mais eu não concordo muito. (...) A densidade deu de ‘3’ a ‘4’, densidade deu igual, o traço dela é cinza-castanho e eu concordo. Concordo com esses dois pontos. Mas a via úmida não, porque diz que solta mau cheiro e eu não senti nada. E a turmalita [sic] diz que é parecida com vidro, é preta, densidade de ‘2’ a ‘3’, a dureza de ‘6’ a ‘8’, a via úmida deu igual e traço não tinha, era incolor. Aí que eu não concordo.”

¹ Com o objetivo de aumentar o número de minerais disponíveis para consulta na tabela foram inseridos algumas espécies de minerais, dentre estes o da martita. Porém após a atividade percebeu-se que este mineral é considerado um sinônimo de hematita em algumas fontes bibliográficas. Na tabela eletrônica havia diferenças entre as propriedades densidade e dureza desses dois minerais, mas bastante tênues.

(Pesquisador): *“Como que você achou esses três agora e não tinha achado antes?”* (Anna): *“É que assim, sabe, a gente vai procurando... Antes era só cinza, depois procura por mais outras cores...”*
(Pesquisador): *“Antes você estava procurando pela cor cinza. E agora procurou pelo quê?”* (Anna): *“Agora procurei pela dureza, que agora eu fiz certo. Essas eram de ‘5’ a ‘6’, ou ‘7’, procurei nessa média. Procurei pela dureza combinando com a cor. Não adiantava ter dureza de ‘6’ a ‘7’ mas a cor amarelo-latão.”*

Assim, Anna concluiu a tarefa de identificação de minerais, vencendo o cansaço que transpareceu nos momentos finais. A dificuldade encontrada no final não deve ser interpretada como uma recaída, uma queda no rendimento. A amostra combinou algumas características que determinaram a dificuldade na sua identificação. Ao longo do seu trabalho, vimos que Anna sentiu dificuldades com amostras de brilho metálico e com amostras que devessem ser trabalhadas com a proveta maior. Seu último mineral apresentava essas duas características. Além disso, a cor escura e a dureza elevada também contribuíram para o aumento da dificuldade. Vimos na sua fala acima, que foi necessário repensar diversas vezes sua estratégia de procura por minerais, além de refazer os testes com bastante cuidado.

Conforme combinado, após a identificação de todas as amostras do kit de minerais, estes deveriam ser classificados pela menina através de critérios que ela entendesse que fossem relevantes.

Classificando os minerais

*“... uma classificação sem envolver muito conhecimento, só de olhar
(...) uma coisa mais fácil!”*

Anna

O encerramento da atividade pressupõe uma proposta de classificação dos minerais identificados. Quando eram decorridas 4 horas e 13 minutos de atividade, portanto ao final do terceiro dia, Anna foi perguntada se estava pensando no que iria propor como critério de organização. Nessa oportunidade, respondeu que estava pensando em organizar as amostras através de critérios *“sem envolver muito conhecimento”*. A tarefa de identificação das amostras só é concluída após 6 horas e meia da atividade, no quinto dia. Anna chega a sua proposta de classificação após praticamente 7 horas de trabalho, ao final do quinto dia de atividades. Ainda assim, Anna demonstrou que manteve a idéia inicial de classificação, isto é, buscou uma classificação utilizando como critérios propriedades facilmente determináveis.

Assim, a propriedade que ela utilizou foi o brilho, classificando em metálico e não-metálico. Dentro do grupo dos não-metálicos ela utilizou outra classificação por brilho: vítreo e não vítreo. Anna classificou como *“vítreo”* o gipso e o quartzo, as únicas amostras transparentes do seu kit. Após agrupar os minerais por brilho, Anna os ordenou no sentido crescente da propriedade dureza. Essa opção chama a atenção pela semelhança com o critério utilizado por diversos manuais de identificação de minerais, tais como em Leinz e Campos (1982). Nesses manuais o reconhecimento é feito a partir de classificações. A primeira separação a ser feita, geralmente, é por brilho metálico e não-metálico. Depois os manuais classificam por dureza, densidade,

etc. Chama a atenção que a menina tenha separado as amostras transparentes - tentando organizar por brilho - sendo que a diafanidade² é uma propriedade muito utilizada nesses manuais e não utilizada na organização dessa atividade.

O Caso Vítor

A atividade desenvolvida com outro sujeito em situação de aprendizagem, chamado nesse artigo de “Vítor”, um estudante de escola particular de 11 anos de idade, apresentava algumas diferenças com relação ao trabalho desenvolvido com o sujeito que relatamos anteriormente.

A primeira delas diz respeito ao espaço utilizado. Enquanto Anna dispunha de uma ampla sala de informática, na qual se distribuíam os materiais de apoio para a realização da atividade, Vítor usufruiu de uma pequena sala quadrada onde os materiais ficavam muito próximos entre si. Não havia, portanto, necessidade de grandes deslocamentos entre os testes e o computador. O espaço reduzido trouxe algumas diferenças em relação aos métodos de registro. Diferente do caso anterior onde havia um espaço para o pesquisador manusear a câmera de vídeo e modificar, eventualmente, sua posição em busca de um ângulo melhor, na sala onde Vítor fez seu trabalho, a câmera foi fixada em uma posição no alto, captando os movimentos e os diálogos, o que não prejudicou a coleta dos dados para a análise.

Outra grande diferença está no tempo disponível para o sujeito. No caso Anna, foram realizadas sessões de gravação de uma hora e meia (duração da fita) em cada dia de trabalho. Portanto, foram cinco fitas utilizadas em cinco dias, separados por um final de semana sem trabalhos. Vítor não dispunha desse tempo. Sua atividade foi desenvolvida em um único dia, em sessões de uma hora e meia com alguns intervalos rápidos e uma parada para almoço. Por coincidência ou não, Vítor necessitou do mesmo tempo para concluir a atividade, cinco sessões.

O trabalho desenvolvido por Anna mostrou que em alguns momentos o sujeito opera sob uma estratégia de tentativa e erro. No intuito de amenizar essa estratégia, a proposta de trabalho foi um pouco modificada. O sujeito não receberia imediatamente a confirmação dos acertos e erros, mas a informação da existência ou não de respostas certas no seu conjunto de respostas. Dessa forma o sujeito apenas eliminaria a amostra do grupo no momento em que apresenta certeza na sua resposta. Como veremos a seguir, a medida não impediu que o sujeito trabalhasse com a estratégia de tentativas.

Reconhecendo a atividade

“Já tenho em mente o que vou fazer!”

Vítor

Vítor ouviu uma breve explicação da tarefa por parte do pesquisador e antes de começar o trabalho afirma que sabe o que vai fazer. No entanto, suas ações nos

² Diafanidade é a propriedade dos minerais que utiliza na classificação o quanto a amostra do mineral pode ser atravessada pela luz. O mineral, quanto à diafanidade, pode ser transparente (se o contorno de um objeto visto através dele é perfeitamente visível), translúcido (se a luz chega a atravessá-lo, não podendo, porém, os objetos serem vistos através dele) ou opaco (se a luz não o atravessar).

minutos seguintes demonstram o contrário. O sujeito parece não ter qualquer estratégia inicial. Não buscou as explicações sobre os testes no computador, apenas nos cartazes, onde a informação está bastante resumida. Apesar da sua afirmação inicial, parecia indeciso e distraído. Executou alguns testes de traço (de forma errada, sem aplicar força) determinava a massa de algumas amostras, mas sem sistematização. Parecia sem objetivo. Aos poucos foi se familiarizando com a tabela do computador e comparando seus primeiros resultados. Ao final da primeira sessão o sujeito está fazendo a determinação do traço de maneira diferente, pois aplica muita força ao mineral contra a porcelana. Provavelmente, por notar que seus testes não obtiveram êxito, tenha buscado alguma orientação nos textos e nos cartazes. Ao concluir um teste, voltava-se para o computador. Quando expôs seus primeiros resultados, com aproximadamente uma hora e dez minutos de atividade, ficou claro que o sujeito tentou identificar as amostras sem executar todos os testes.

Durante a exposição de seus primeiros resultados, decorrido apenas 1h10min do início da atividade, Vítor mostrou que seu foco inicial ficou na propriedade brilho. Todos os sete tipos de brilho que constavam na referência utilizada foram atribuídos às amostras, passando a impressão de que a sua estratégia inicial foi pensar em distribuir as possíveis respostas entre as amostras-problema. Para suas primeiras respostas, Vítor também utilizou o teste de reatividade, traço e dureza. Este último só foi utilizado para amostras de dureza baixa, mensurável com a própria unha. Durante o relato dos resultados o sujeito reconheceu que não levou em consideração as propriedades densidade e dureza por não compreender o funcionamento desses testes. Apesar disso, o menino afirmou ter certeza da identificação de algumas de suas amostras como G01 (hematita) e H01 (gipso), por exemplo, que ele apontou como martita³ e halita, respectivamente. Durante a entrevista Vítor afirmou inclusive que a identificação dessas duas amostras foi, utilizando suas palavras, “muito fácil”.

Dos resultados apontados, dois estavam certos: B01 (malaquita) e F01 (mica fuchsite). Porém, sabendo que duas das suas respostas estavam corretas, Vítor não soube nesse momento diferenciar quais eram. Apesar do reconhecimento do sujeito de que faltava dados, o pesquisador ressaltou nas suas colocações a importância da densidade relativa. Isso pode ter indicado a estratégia para a próxima etapa da investigação.

Procurando respostas

“Eu tenho certeza de um!”

Vítor

Recomeçando a sua investigação, Vítor vai diretamente para o setor onde estão os materiais necessários à determinação da densidade e o cartaz explicativo. Após uma breve leitura, executa, sem os cuidados necessários, o teste da densidade. Demonstra insegurança perguntando se o que está fazendo está certo, contrariando suas repetidas afirmações de que a atividade seria fácil. Nesse momento ele trabalha para confirmar as duas respostas corretas. Faz o teste de densidade com aquelas amostras que acreditava ser mais fáceis, um termo bastante utilizado por ele. A partir dos resultados obtidos nos testes de densidade, Vítor confirma a primeira identificação

³ Novamente a questão da similaridade entre hematita e martita, evidenciada e explicada no caso Anna.

após 1h e 40min de atividade: B01, malaquita. Sua justificativa foi que o valor da densidade deu igual à tabela de referência, mantidos os resultados anteriores. Aproximadamente quinze minutos depois, pelo mesmo sistema, Vítor confirmou a segunda identificação: F01, mica fuchsite.

Mantendo sua atenção na determinação da densidade e eventualmente repetindo alguns testes, o sujeito apresenta seus resultados mais uma vez. Das sete respostas, três estão corretas (A01, cobre; H01, gipso e I01, cinábrio). Dentre os quais, conseguiu destacar o gipso como correto em um primeiro momento. Sua explicação foi que a cor e a densidade foram propriedades diferenciais. Continuando a discussão, o sujeito recebe a informação que dos seis minerais restantes, dois estão corretos. Pensando por alguns instantes ele os identifica: A01, cobre, pela semelhança dos aspectos perceptivos da amostra com materiais de cobre previamente conhecidos, e I01, cinábrio, a partir dos valores da densidade. Chama a atenção sua insistência com o mineral 'antimônio nativo'. Na primeira sequência de respostas atribuiu essa resposta à amostra D01 (pirita) e na segunda sequência, à G01 (hematita). Após esse diálogo acontece o intervalo para o almoço.

De volta à pesquisa, Vítor demonstra desorganização ao não lembrar suas respostas. Repete alguns testes, mas permanece sem determinar a dureza das amostras, apesar da possível indicação na fala do pesquisador. Vinte minutos após o reinício, Vítor apresenta mais um grupo de respostas. Todas erradas. Destaque para a insistência na molibdenita para D01 (pirita) e na hematita para G01 (hematita). Neste momento, percebendo a dificuldade do sujeito, o pesquisador sugere que a dureza não seja desprezada como tem sido até então.

Após a discussão, as primeiras ações do sujeito foram direcionadas para executar o teste da dureza. E o faz com duas amostras, ainda que de forma errada: o sujeito não tentava provocar um "arranhão" de uma pedra em outra. Ele provocava pequenos choques entre os minerais. Provavelmente devido à negligência por parte do sujeito para com as informações na tabela, que explicavam a realização dos testes. Aproximou todos os minerais do kit da dureza para próximo do computador e fazia os testes enquanto acompanhava a tabela eletrônica.

Na sua quarta apresentação de resultados, Vítor afirma que prestou mais atenção no brilho e se utilizou desse critério para procurar suas respostas. Os quatro minerais estavam errados. Dois deles têm as mesmas respostas que foram dadas na sua primeira tentativa. Bauxita para C01 (magnetita) e anglesita para E01 (quartzo). Onde se depreende que o sujeito não estava conseguindo organizar seu trabalho e nesse momento estava trabalhando por tentativas.

Da estagnação ao progresso

"Tenho mais sugestões... Estão mais para tiro no escuro!"

Vítor

Nitidamente houve uma estagnação no andamento do trabalho. O sujeito começava a demonstrar sinais de cansaço. Nos últimos resultados apresentados nenhuma identificação estava correta. Apesar do insucesso repetido, a sequência do trabalho reserva um grande progresso no sentido da conclusão da tarefa: a percepção do brilho

metálico. Após vinte minutos de alguns testes e pesquisas, Vítor apresenta seus novos resultados sob um pessimismo inédito até aqui:

(Vítor): *“Tenho mais sugestões... Estão mais para tiro no escuro!”*
(Pesquisador): *“Tiro no escuro não pode! D01, você acha que é a pirita. Por quê?”* (Vítor): *“É que, das que eu vi que eram metálicas, sobraram poucas. Essa [pirita] não dava nada na via úmida. A outra dissolvia, fazia um monte de coisas.”*

Apesar da afirmação do sujeito de que o fato predominante para a determinação da pirita foi a exclusão dos minerais errados, a atribuição do brilho metálico ocorre pela primeira vez e foi o diferencial na identificação dessa amostra. Podemos confirmar isso na sequência de suas respostas:

(Pesquisador): *“Essa aqui [G01] você diz que é a hematita (...)”.*
(Vítor): *“Porque a hematita tem brilho metálico, as suas cores podem ser preto, cinza e castanho avermelhado. Fechou a densidade e também fechou uma coisa que eu achei bem curioso e difícil de fechar que foi o traço que foi cinza-acastanhado. Meio castanho-avermelhado”.*

As palavras destacadas mostram duas evoluções significativas nesse momento: a primeira, já destacada, a identificação do brilho metálico. A outra foi entender que os minerais *podem* apresentar as cores listadas e não *devem* obrigatoriamente ter todas aquelas cores, como estava pensando ao início.

Restando a identificação de apenas duas amostras, C01 (magnesita) e E01 (quartzo), tinha-se a expectativa de que a tarefa fosse concluída em alguns instantes. Até aqui o tempo decorrido foi de aproximadamente 4h e 20min. Vítor também pensava dessa forma. Tanto que afirmou que estava se organizando para a classificação dos minerais, sua próxima tarefa após concluir a identificação dos minerais. Restavam apenas dois minerais.

A Persistência

“Não vou sair daqui hoje!”

Vítor

Faltando duas amostras para ser identificadas, o pesquisador entendeu que seria melhor alterar um pouco o sistema de conferência dos resultados com o objetivo de evitar a estratégia de tentativas: a atividade apenas seria considerada concluída no momento em que o sujeito identificasse corretamente as duas amostras simultaneamente.

Vítor mantém os materiais próximos ao computador e o teste da dureza continua sendo executado de maneira inadequada. Aproximadamente dez minutos de trabalho com as amostras e ele apresenta seus resultados: vermiculita para C01 (magnesita) e magnesita para E01 (quartzo). Segundo ele, por exclusão. O sujeito atribui o nome magnesita para o quartzo sendo que a outra amostra é que se trata desse mineral. Foi necessária muita atenção para não indicar nada nesse momento. Afinal, eram duas respostas erradas. Com alguma coincidência, mas erradas. Vítor demonstrou certa impaciência por enfrentar dificuldades na determinação da cor da sua amostra.

No início da quarta sessão de gravações, o sujeito esfrega os olhos e espreguiça-se com frequência demonstrando cansaço. Pega uma das amostras do kit utilizado na determinação da dureza e a analisa em suas mãos. Coloca contra a luz por alguns instantes e vasculha a tabela eletrônica antes de acenar com novas possibilidades. Na sua nova proposição de respostas atribui ao C01 o mineral dolomita e ao E01 o quartzo. Vítor explicou que comparou a amostra de quartzo rosa presente no kit de determinação da dureza com as informações do quartzo na tabela de referência. Isto é, buscou um apoio concreto para compreensão daquelas propriedades descritas. Assim, analisou a textura, a dureza e o brilho, segundo suas próprias palavras. Sua resposta para E01 está correta, porém, conforme combinado previamente, o sujeito deverá encontrar o mineral correto para as duas amostras simultaneamente. Assim, apenas foi passada a informação de que uma das duas respostas estava correta. Vítor reage com certo desânimo afirmando que não tem certeza de qual delas está certa, contrastando mais uma vez com as falas anteriores, sempre muito confiantes.

Diante da informação de que uma das respostas estava correta, Vítor analisou os resultados de seus testes, observou as amostras e entendeu que a dolomita, atribuída à amostra C01, estava correta e passou a procurar alternativas para E01, que estava efetivamente correta.

A impaciência e o cansaço contribuíram para que o sujeito perdesse parte da concentração. É o que explica sua falta de cuidado ao manusear os frascos com água e os frascos com reagentes e provocar o derramamento de água sobre a mesa, perdendo parte das suas anotações.

Apresenta novos resultados sob forte impaciência:

(Vítor): *“Agora está certo! Tem que estar certo! A dolamita [sic] tem que estar certa, não tem como dar errado. Tudo certo! (...)”*

Estava errada. Atribuiu à amostra E01 o bismuto nativo. Apesar disso o sujeito se mostra motivado a continuar e em seguida mostra seu novo resultado. Eis um trecho interessante onde o pesquisador orienta o sujeito a testar sua hipótese:

(Vítor): *“Calcita?”* (Pesquisador): *“Por quê?”* (Vítor): *“O brilho dela é vítreo, ela é branca e incolor também, e uma das poucas que sobraram. E também porque ela fecha a dureza. Fiz o teste e deu certinho, fiz certo.”* (Pesquisador): *“Qual é a reatividade da calcita?”* (Vítor): *“Reatividade?”* (Pesquisador): *“Via úmida?”* (Vítor): *“É ‘não’!”* (Pesquisador): *“Tem certeza?”* (Vítor): *“Olha só...”* [vai até o computador e lê em voz alta] *“Reage com efervescência”...* (risos). (Pesquisador): *“E fez espuminha quando pingou ali?”* [O sujeito faz o teste de reatividade com a amostra]. (Vítor): *“Bah... nada.”* (Pesquisador): *“Mas você tem uma amostra de calcita para confirmar, não é?”* [O sujeito pega a amostra de calcita do kit de determinação da dureza] *“Essa mesmo!”* (Vítor): *“Parece diferente...”* (Pesquisador): *“Faz o teste com uma destas amostras. Pega uma da mesma cor da tua... só para testar...”* [O sujeito executa o teste de reatividade com a amostra de calcita] (Vítor): *“Bah... é diferente demais! Droga! Não sei, eu estou ficando maluco... Não aguento mais!”*

Mesmo assim, Vítor não desiste. Transcorridas 5h e 10min, aproximadamente, o sujeito pareceu cogitar a hipótese de que está procurando o mineral errado quando pergunta: *“Quando eu falei a primeira vez ‘dolomita’, eu falei ‘dolomita’ e ‘quartzo’, não é?”*

No entanto, continua insistindo na dolomita. Alguns minutos depois e ele volta a apresentar a anglesita como possibilidade, pela terceira vez para o mesmo mineral. Percebendo a execução inadequada da determinação de dureza do sujeito, o pesquisador intervém e o orienta a fazer o teste com mais cuidado.

Por diversas vezes o sujeito deu sinais de que está trabalhando para a conclusão da atividade sem necessariamente se apropriar dos conceitos envolvidos. Por exemplo, durante toda a atividade ele se referiu a ‘solúvel’ como ‘solúível’. Em um dado momento, referiu-se ao mineral ‘feldspato’ como ‘pato’ simplesmente. Em outro, referia-se aos minerais do kit de determinação da dureza simplesmente pelo valor da dureza: *“ganha do ‘3’ e perde pro ‘4’”, etc.*

Vítor começa a duvidar se conseguirá atingir o seu objetivo. Em tom de desânimo comenta *“não vou sair daqui hoje...”*, em seguida expõe seu raciocínio como que convida para pensar junto. Expondo sua idéia ele toma consciência do que ocorrera:

(Vítor): *“Pensa comigo. Se estiver certo a dureza, e a densidade dá 3, aqui [no computador] a que mais tem dureza e menos [sic] densidade é o quartzo... Que dá certinho... Isso é um quartzo! Só pode ser! É o único! Isso tem que ser porque dá na cor, no brilho, na dureza, no traço... não dá nada! Só risca! Não tem e não tem efeito ó... [faz o teste do traço mostrando pro pesquisador]. Então isso é um quartzo.”*
(Pesquisador): *“E o que você tinha dito mais antes?”* (Vítor): *“Bismuto nativo... Que não é... Então só pode ser o quartzo!”* (Pesquisador): *“E o outro?”* (Vítor): *“O outro é... Dolomita.”* (Pesquisador): *“Mas essa foi a resposta que você havia dito naquela hora e eu disse que um deles estava certo.”* (Vítor): *“Então é E01 que estava certo! (...) Então eu estou a tarde toda procurando o cara errado...”* (Pesquisador): *“Eu não disse nada...”*

O sentimento que ele demonstra é de quem fora enganado. Mas isso parece que o motivou ainda mais. Na sequência ele afirma que *“o trabalho não é chato. É cansativo porque tem que pensar... Mas é legal, só que sei lá...”*.

Enquanto Vítor continuava a tarefa, agora para encontrar a resposta para a outra amostra, fala que *“é bom o cara fazer esses trabalhos para decidir o que vai fazer depois. Mas acho que eu ia ficar louco se eu fizesse isso pro resto da vida...”*. Frase interessante sobre a motivação do sujeito em terminar a atividade. Prossegue buscando sua resposta e com praticamente seis horas de atividade parece estar quase desistindo quando esbraveja *“eu não sei o que é isso aqui! Não faço idéia! Acho que nem tem aqui!”*. Mas não desiste.

A pesquisa nesse momento tem seu foco na determinação da dureza. Após a orientação por parte do pesquisador e algumas leituras um pouco mais cuidadosas, o sujeito passa a executar o teste corretamente, isto é, tentando provocar um único arranhão entre as amostras. Pesquisando a tabela eletrônica de referência e eventualmente executando alguns testes de reatividade e traço, Vítor arrisca algumas respostas, novamente tentativas pouco fundamentadas: esfarelita e bauxita,

descartadas pela densidade, e barita, descartada pela dureza. A dificuldade para determinação da cor da amostra também persiste.

Algumas de suas frases chamam a atenção. Enquanto determinava a dureza de uma amostra de dureza elevada o sujeito pergunta se há uma amostra de diamante para a determinação da dureza. Em outro momento, enquanto lia na tabela eletrônica que determinado mineral era solúvel em ácido quente, perguntou se o ácido – que estava desde a manhã até o meio da tarde sobre a mesa ao seu lado – era quente ou frio.

Aproximadamente com 6h e 20min de atividade, Vítor visualiza a magnesita na tabela eletrônica. Na medida em que interpreta as informações da tabela, demonstra certo entusiasmo com a possibilidade que acaba de encontrar:

(Vítor): *“... Magnesita... Tem densidade, tem cor, tem dureza, tem cor, tem brilho... Isso aqui é um roxo... É Magnesita! Porque tem roxo aqui! E também tem densidade... Tem tudo! Porque a densidade que tem aqui foi de ‘2,3’ a ‘3,7’ e minha conta, meu cálculo deu ‘2,9’ e a dureza da minha pedra é ‘3’ e ‘4’, só pode ser esta! E não tem ácido quente, só tem ácido frio... E ela só se dissolve com ácido quente. Magnesita!”* (Pesquisador): *“Esse é um dos últimos sem traço?”* (Vítor): *“Deixa eu ver...”* (Pesquisador): *“Porque pelo que vi, foi isso que tu fizeste agora: organizou por traço e está conferindo as que não tem.”* (Vítor): *“Vou eliminando. Quartzo não é! É muito forte. Tirando as que eu eliminei ficaram, de 15, ficaram três.”* (Pesquisador): *“Então você primeiro destacou todas que não tinham traço. Depois você compara com a dureza?”* (Vítor): *“Dureza e densidade. Ficaram três.”* (Pesquisador): *“Quais são as três?”* (Vítor): *“Barita, Magnesita e Dolomita.”* (Pesquisador): *“E você está dizendo que é a Magnesita por quê?”* (Vítor): *“Porque é a mais próxima que eu tenho aqui.”* (Pesquisador): *“Mais próxima do quê?”* (Vítor): *“Da cor.”* (Pesquisador): *“Que cor que diz?”* (Vítor): *“Roxo, rosa, cinza e branco. Aqui tem partes brancas... Essa aqui está bem roxa... tem uma parte mais clara, mas aqui está bem roxo e também porque o brilho dela lembra bastante o vidro e aqui tem ‘vítreo’... Densidade confere e dureza também. E só com ácido quente a gente pode descobrir se é...”* (Pesquisador): *“E as outras duas, a cor não fechou?”* (Vítor): *“Não. E também a dolomita é solúvel [sic]... é a mesma coisa...”* (Pesquisador): *“Fala em ácido quente?”* (Vítor): *“Não, quando o ácido for concentrado. Mas também diz na dolomita verde, rosa, branco e castanho... Aqui não tem verde! Porem, aqui só não tem uma cor, que é o incolor, não sei se eu não estou enxergando ou... Não possui essa cor...”* (Pesquisador): *“Então você fecha na Magnesita... E o outro você disse que é o?”* (Vítor): *“Quartzo, pela dureza porque é o único que tem ‘7’ na tabela.”* (Pesquisador): *“Sim, aquele é o Quartzo e essa é a Magnesita. Parabéns!”*

Assim, Vítor conclui a tarefa de identificação das nove amostras de minerais. É possível depreender que a interpretação da informação referente à propriedade “cor” voltou a apresentar falhas conceituais: o sujeito volta a procurar todas as cores da tabela em sua amostra. Ainda assim, nesse trecho é possível identificar uma integração por parte do sujeito no sentido de interpretar os resultados concomitantemente. Apesar de não

ser possível perceber grande evolução no que tange o entendimento dos conceitos envolvidos. Principalmente na linguagem.

Classificando os minerais

“Eu separei eles porque são da mesma classe.”

Vítor

Conforme fora previamente combinado, ao final da identificação das amostras, o sujeito deveria propor uma classificação destes minerais. Após a conclusão da identificação foram pouco mais de cinco minutos em que o sujeito ficou diante do computador organizando suas amostras. Ao apresentar sua proposta de classificação ele mostra, ao contrário do que vinha mostrando ao longo da atividade, uma sistematização bem definida utilizando uma classificação por critérios químicos.

Sua classificação ficou organizada da seguinte forma:

- *Grupo 1: B01 (malaquita) e C01 (magnesita) = Classe dos Carbonatos*
- *Grupo 2: A01 (cobre) = Classe dos Metais*
- *Grupo 3: E01 (quartzo) e F01 (mica fuchsita) = Classe dos Silicatos*
- *Grupo 4: G01 (hematita) = Classe dos Óxidos*
- *Grupo 5: D01 (pirita) e I01 (cinábrio) = Classe dos Sulfetos*
- *Grupo 6: H01 (gipso) = Classe dos Sulfatos*

Ressaltando que a informação a respeito da classe a qual o mineral pertence estava na tabela eletrônica. Essa classificação foi possível a partir da identificação das amostras e do fornecimento desse dado na tabela eletrônica. Questionado sobre isso, Vítor comenta que acredita que esses minerais agrupados têm em comum “os traços”, não a propriedade ‘traço’, mas no sentido de características em geral: densidade, dureza, brilho, etc.

Solicitado a fazer uma classificação sem essas informações, Vítor apresenta uma nova separação, desta vez utilizando a cor como critério principal. Sem perceber, Vítor utiliza o critério do brilho metálico. Sua nova proposta de classificação:

- *Cobre, magnesita e cinábrio: vermelhos;*
- *Malaquita e mica fuchsita: verdes;*
- *Pirita e hematita: brilho metálico;*
- *Quartzo e gipso: incolores.*

Refletindo sobre sua escolha, o sujeito promove alterações nos seus grupos por entender que o cobre deve estar no grupo dos minerais de brilho metálico. Assim, sua classificação final tem: o cobre, a pirita e a hematita com brilho metálico e os não metálicos separados por suas cores (magnesita e cinábrio pela cor avermelhada; malaquita e mica fuchsita pela cor esverdeada e quartzo e gipso por serem incolores).

Comparação entre os casos

Foi possível construir um quadro comparativo a partir da integração das informações referentes às tentativas dos dois sujeitos para a identificação dos minerais. Na Tabela 2 são apresentadas as tentativas para cada amostra dos dois sujeitos, com os respectivos tempos.

Tabela 2 – Comparação das tentativas dos dois sujeitos.

As Tentativas de Anna										
Nº Tentativas	A01	B01	C01	D01	E01	F01	G01	H01	I01	Tempo
1	Cobre	Sem Resposta	Fluorita	Zincita	Quartzo	Muscovita	Ferro	Halita	Cinábrio	2h38min
2		Malaquita	Magnesita	Milerita		Cassiterita	Arsênio	Gipso		3h53min
3				Pirita		Piromorfita	Platina			5h00min
4						Mica Fuchs.	Antimônio			5h25min
5							Anglesita			5h32min
6							Molibdenita			6h01min
7							Galena			6h04min
8							Martita			6h12min
9							Hematita			6h29min
As Tentativas de Vítor										
Nº Tentativas	A01	B01	C01	D01	E01	F01	G01	H01	I01	Tempo
1	Zincita	Malaquita	Bauxita	Antimônio	Anglesita	Mica Fuchs.	Martita	Halita	Realgar	1h10min
2	Cobre		Cobaltita	Molibdenita	Calcita		Antimônio	Gipso	Cinábrio	2h53min
3			Quartzo	Molibdenita	Fluorita		Martita			3h17min
4			Bauxita	Ferro	Anglesita		Rutilo			3h42min
5			Cuprita	Pirita	Anidrita		Hematita			4h10min
6			Vermiculita		Magnesita					4h27min
7			Dolomita		Quartzo					4h40min
8			Dolomita		Bismuto					4h59min
9			Dolomita		Calcita					5h03min
10			Dolomita		Anglesita					5h19min
11			Dolomita		Quartzo					5h41min
12			Esfarelita		Quartzo					6h12min
13			Barita		Quartzo					6h20min
14			Magnesita		Quartzo					6h21min

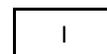
Legenda:



Amostra identificada corretamente



Amostra identificada, mas sem convicção, a resposta foi modificada



Amostra identificada e retirada do grupo

A partir da análise da Tabela 2 é possível depreender algumas evidências. Os dois sujeitos identificaram rapidamente, nas duas primeiras tentativas, as amostras A01 (cobre), B01 (malaquita), H01 (gipso) e I01 (cinábrio). O cobre era o único metal nativo do grupo de minerais. Além da facilidade da determinação de suas propriedades, os dois sujeitos afirmaram ter reconhecido o cobre pelas características perceptivas previamente conhecidas.

A malaquita e o cinábrio têm sua identificação facilitada pela exclusividade de algumas de suas propriedades. A malaquita, por ser um carbonato de dureza baixa, reage com o ácido clorídrico diluído com efervescência. É o único do kit que reage com efervescência. Da tabela eletrônica de referência, é o único mineral verde com essa característica de reatividade. O cinábrio, por sua vez, é o único da tabela eletrônica com o traço de cor vermelha. Pudemos perceber nos dois casos que os sujeitos identificaram esses minerais nas primeiras horas de atividade. O gipso, além de não ser um mineral de difícil determinação de suas propriedades, estava presente no kit utilizado para estimar a dureza através da escala de Mohs. Com isso, os sujeitos tinham a possibilidade de comparar as amostras e assim identificar rapidamente. O quartzo também estava entre os minerais do kit da escala de Mohs. Porém, este mineral pode se apresentar em diferentes aspectos e este era o caso dessas amostras. Enquanto o quartzo “não-identificado” era translúcido e tinha cristais bem definidos, o quartzo “identificado” era de coloração rósea e sem cristais definidos. Por essa razão, não teve influência na facilidade de identificação.

Podemos perceber as diferenças nas estratégias analisando os tempos das tentativas. Enquanto Anna apresenta seus primeiros resultados após mais de duas horas e meia de atividade, Vítor apresentou os seus em pouco mais de uma hora de atividade. Essa diferença evidencia o sistema de trabalho de ambos: enquanto Anna fazia todos os testes sistematicamente, Vítor fazia os testes que fossem necessários para que ele conseguisse uma resposta.

O sistema de trabalho de Anna possibilitou que ela, em duas tentativas num intervalo de menos de três horas de atividade, conseguisse identificar seis das nove amostras. Desempenho parecido com o sistema de Vítor, que identificou cinco das amostras nesse espaço de tempo. Esse tipo de constatação não deixa de ser surpreendente e é bastante interessante, pois abre a possibilidade da utilização de uma atividade dessa natureza em espaços escolares, onde o tempo é limitado.

Outra constatação é a importância e a dificuldade de se identificar o brilho metálico nas amostras de minerais. Nos dois casos estudados, a identificação da pirita e da hematita só acontece após mais de quatro horas de atividade. Acompanhando o desenvolvimento da tarefa, percebe-se que isso ocorre justamente quando os sujeitos começam a utilizar o brilho metálico nas suas falas. Paradoxalmente, no momento de classificar os minerais, os dois acabaram utilizando o critério brilho metálico/brilho não metálico.

A dificuldade enfrentada por Anna para a identificação da hematita não é exatamente surpreendente. Esse mineral tem dureza elevada, portanto difícil de ser estimada. A cor escura e o brilho metálico confundiram a menina durante grande parte da atividade. O tamanho da amostra exigia que fosse utilizada a proveta maior, de 250 mL, menos precisa devido ao tamanho da escala. O cansaço também contribuiu

negativamente para o sucesso da menina. Lembrando que Vítor também não encontrou a resposta facilmente: foram mais de quatro horas.

Por fim, a dificuldade de Vítor com a magnesita deve-se muito aos problemas com a amostra utilizada, que possuía pedaços de quartzo em sua estrutura. Por isso, dependendo de “onde” os testes eram realizados, os resultados podiam ser muito diferentes. Em um determinado momento, Anna chegou a variar a dureza dessa amostra de ‘7’ para ‘3’, o que mostra a influência do quartzo. Além disso, Vítor encontrou muitas dificuldades na determinação da cor desse mineral.

Discussão

No decorrer desta pesquisa, continuamente se observou dois comportamentos distintos. Em um deles, pode-se dizer, o sujeito constrói uma hipótese acerca do problema e, a partir dessa hipótese, utiliza estratégias e procedimentos frente ao problema em questão. No outro, o sujeito interpreta as características apresentadas pelo meio sobre o qual ele tenta resolver o problema e constrói novos sistemas de procedimentos. Diversos estudos também têm evidenciado em diferentes domínios do conhecimento, esses dois tipos de controle do sistema cognitivo, que podem ser denominados, respectivamente: descendente e ascendente (Mosca, Silveira e Burigo, 1993); top-down e bottom-up (BEASLEY; WAUGH, 1997; JACQUES; FAGUNDES, 1999); inferências para frente (da predição à consequência) e inferências para trás (das consequências à predição) (BINDRA; CLARKE; SHULTZ, 1980); ou baseados nas idéias e baseados na evidência (PARK; PAK, 1997).

Nesta secção, discutem-se algumas das condutas cognitivas envolvidas na solução de problemas. Em geral, a apresentação dessas condutas está acompanhada de uma teorização sobre as estratégias voltadas às descobertas, proposta por Inhelder e Caprona (1996a; 1996b).

Em relação à tarefa proposta, normalmente, conforme foram sendo diferenciados os significados que constituem a novidade do problema a ser solucionado, o sujeito fez para si uma “(...) primeira representação do estado final desejado, e suas ações [fixaram] mais o objetivo a ser atingido do que o meio de resolução.” (INHELDER; CAPRONA, 1996b).

Essa representação inicial do sujeito envolveu a ativação de conhecimentos representativos e procedimentais, anteriormente adquiridos (MOSCA; SILVEIRA; BURIGO, 1993). Nesse caso, suas atitudes estiveram relacionadas às idéias prévias que os sujeitos tinham sobre as relações causais entre os fatores em questão na tarefa (PARK; PAK, 1997). Nos casos analisados, Anna se dedicou à leitura dos textos explicativos, executando os testes da maneira mais correta possível e Vítor optou por privilegiar seus conhecimentos prévios partindo diretamente à execução dos testes sem as leituras explicativas.

Além da representação do estado final, também foram sendo diferenciadas progressivamente as características do método analítico. Os procedimentos de análise das amostras de minerais foram, em geral, a forma de confirmação das hipóteses dos sujeitos. Nesse caso, os procedimentos que iam sendo inventados pelo sujeito

dependiam, também, do descobrimento de como executar tais procedimentos. Dessa forma, não é só o conhecimento dos conceitos que se relacionam ao conhecimento dos procedimentos, há também a questão do conhecimento do aparelho, do aparato, das tecnologias. Assim, pode-se dizer que essa tríade de conhecimentos teve um caminho de diferenciação mutuamente relacionado, de forma que o desenvolvimento de um componente possibilitou o progresso do outro. Também, de outra forma, uma diferenciação muito tardia em um dos componentes dessa tríade dificultou sobremaneira a solução do problema proposto. Assim, o sujeito planejava suas ações à medida que diferenciava os conceitos relacionados aos efeitos e às causas do problema proposto, os procedimentos para a solução do problema e as ferramentas e utensílios disponibilizados na sala para as análises dos minerais. Anna apresentou dificuldades na identificação do brilho metálico e na determinação do volume para as amostras maiores que deveriam ser trabalhadas na proveta de maior capacidade e escala. Vítor teve problemas com a execução errada nos testes de dureza e também levou um tempo para compreender o brilho metálico.

No entanto, esses novos observáveis não foram escolhidos aleatoriamente. Eles o foram por se integrar a uma representação que se apóia em outras, anteriores. Isso porque, *“(...) os sujeitos procuram inicialmente explicar os fenômenos através de uma teoria geral implícita, à qual se atêm a ponto de generalizá-la.”* (INHELDER; CAPRONA, 1996b). Então, uma vez que surjam fatos ou informações que sejam imprevistos aos sujeitos, eles podem criar outras representações, diferentes daquelas com as quais vinham trabalhando. Dessa forma, o sucesso ou o fracasso na ação pode levar os sujeitos a reestruturar conceitualmente o problema que estão operando. Porém, *“(...) um fenômeno frequentemente observado é a inadequação do esquema posto a funcionar inicialmente, e que se constitui em obstáculo para a resolução do problema.”* (INHELDER; CAPRONA, 1996b). Nesse caso, a reorientação das condutas em curso passou pela tomada de consciência de tal impedimento.

Em relação às reorientações dos procedimentos, uma interessante particularidade encontrada foi a tomada de consciência da necessidade de aprimorar os procedimentos pela atenção à leitura dos tópicos ofertados na tabela eletrônica ou nos cartazes junto aos materiais experimentais. Nesse sentido, também a seleção do que os sujeitos julgam necessário ler é reveladora. Anna, na sua sistematização do trabalho, leu todas as informações diversas vezes. Vítor leu somente as informações referentes àquelas propriedades nas quais estava encontrando dificuldades, algumas vezes, sob influência das discussões com o pesquisador.

Assim, as hipóteses iniciais sobre onexo causal do problema e sobre os procedimentos a serem desenvolvidos para sua solução, progressivamente foram sendo refinadas, depuradas e postas à prova. Nesse momento, seus êxitos e seus fracassos lhes serviram de sinalizador na sequência dos percursos, pois o êxito prático permitiu aos sujeitos estabelecer recorrências que aparecem quando a repetição das mesmas ações produz os mesmos resultados positivos. O fracasso, por seu lado, provocou uma busca relativa ao procedimento ou às propriedades do objeto. Por isso, entende-se que *“(...) os fracassos, ao provocarem fases de exploração, desembocam em novos focos de observação, sendo, portanto, também condições de progresso, uma vez que suscitam uma busca daquilo que causa o insucesso.”* (INHELDER; CAPRONA, 1996b). Os procedimentos que evidenciaram o êxito, o fracasso, a hipótese e suas reorientações

foram, em geral, as classificações parciais apresentadas ao experimentador. Porém, na medida em que os sujeitos encontram maiores dificuldades com determinadas amostras, eles passam a refinar menos seus procedimentos e operam mais por tentativas e eliminações.

Além disso, há outro mecanismo que intervém na resolução de um problema. Ele consiste para o sujeito em isolar ou em recortar uma unidade privilegiada de trabalho a partir da globalidade sincrética e fluída do problema conforme lhe aparecia ao início da microgênese. Trata-se, então, de uma redução heurística que consiste em construir uma unidade prototípica de resolução, um bom “objeto para pensar”. Essa unidade prototípica corresponde à necessidade de redução heurística, ela envolve a construção de um passo produtivo para a solução. De fato, ela não é a solução por ela mesma, ela é apenas um *tipo de* solução (SAADA-ROBERT, 1989).

Em relação aos conceitos ou, a tomada de consciência em direção à objetividade é gradual, mas oferece resistências, por certo. A escolha das propriedades e a justificativa para tal escolha também puderam evidenciar as orientações das classificações parciais que o sujeito atribuiu ao problema. Além disso, a propriedade escolhida para a análise pôde, algumas vezes, indicar os dois controles cognitivos utilizados pelos sujeitos: se dirigidos por uma hipótese ou se pela elaboração de fatos contingentes. Nos casos estudados, depreendemos que Anna busca o maior número de dados antes de procurar nas referências um mineral que contemplasse os dados obtidos. Vítor partia de alguma das propriedades – primeiramente o brilho, depois o traço – e assim destacava as hipóteses, comparando com outros dados.

No entanto, por fim, apesar de todos os sucessos, graduais ou imediatos, a justificativa sobre a utilização do procedimento, bem como a justificativa dada à identificação e classificação apresentadas, manifestou inconsistências. Um dos motivos evidenciados esteve, provavelmente, relacionado a incorreções de linguagem e de nomeação dos minerais. Tais aspectos semióticos podem, dessa forma, ser colocados em relação à formação dos símbolos, pois a noção de representação comporta dois aspectos complementares e indissociáveis, o sentido e a referência, que possibilitam ao sujeito refletir sobre os fins e os meios que ele se propõe. Então,

[...] esses dois aspectos definem a função essencialmente instrumental da representação [...]: concorrem para a formação de instrumentos cognitivos que se tornam, para o sujeito, ‘objetos que ajudam a pensar’.” (INHELDER; CAPRONA, 1996a, grifo dos autores)

Percebe-se nas falas dos sujeitos analisados que as características de trabalho de Anna possibilitaram uma apropriação mais adequada dos termos e dos conceitos envolvidos na resolução do problema. Anna conclui a tarefa de identificação dos minerais demonstrando desenvoltura na utilização das palavras e conceitos próprios da mineralogia e dos textos de referência. Além disso, demonstrou ter se apropriado das técnicas de determinação das propriedades envolvidas e da interpretação destas. A dificuldade encontrada para a hematita pode ser interpretada de diversas formas. Cansaço, presença de minerais com propriedades muito parecidas, dificuldade de manuseio e aferição das propriedades da amostra (mineral de dureza elevada, cor escura e brilho pouco definido) fazem com que a sua identificação seja uma tarefa complicada até mesmo para pessoas acostumadas com esse tipo de trabalho.

Por outro lado, não foi possível perceber esse tipo de evolução conceitual no caso Vítor. Sua forma de trabalho transparece que seu único objetivo era concluir a identificação dos minerais. Apesar disso, mostrou grande capacidade para identificar as amostras com um volume de dados reduzido e muita motivação para prosseguir com a tarefa até o final devido à sua dificuldade com as amostras de quartzo e magnesita. Essa dificuldade pode ser vista como consequência da presença de contaminantes na amostra de magnesita e da característica do trabalho do sujeito que não possibilitou que ele fizesse a diferenciação adequada das propriedades.

Conclusões

Este trabalho permitiu uma análise microgenética da atividade de identificação e classificação de minerais, acompanhando o desenvolvimento e a progressão dos sujeitos no sentido da resolução do problema. A identificação das amostras consideradas mais difíceis do conjunto de minerais, isto é, cujas propriedades diferenciação das propriedades físicas não são evidentes, apenas foi possível a partir de uma reflexão sobre os conceitos prévios dos sujeitos, como a cor e o brilho. A partir de seus resultados, alguns desses conceitos tiveram de passar por modificações estruturais na tentativa de solucionar o problema.

A tarefa já havia sido realizada em contexto escolar, em trabalho realizado por Samrsl et al. (2007), onde se estudou as construções cooperativas das noções fundamentais à química, em sala de aula, a partir de uma proposição curricular elaborada para utilizar a mineralogia como tema gerador. Assim, de maneira diferente e complementar à pesquisa anterior, os resultados desta pesquisa fornecem dados sobre as construções individuais de conceitos que estamos classificando como fundamentais, como a compreensão da natureza particulada da matéria e a idéia de classificação dos elementos químicos e das espécies minerais.

Importante destacar que essa atividade de identificação e classificação de minerais foi desenvolvida especificamente para a análise proposta, sem as preocupações necessárias para sua utilização em atividades escolares. Porém, vimos que os sujeitos demonstraram alguma regularidade no desenvolvimento de conceitos e de tempo utilizado, mesmo trabalhando de formas diferentes. Assim, entendemos que com algumas alterações no planejamento é possível utilizar a atividade em ambiente escolar.

Nesse sentido, é importante lembrar alguns ensinamentos no âmbito da psicologia da genética. Conforme Parrat-Dayán (2003), o construtivismo, o relativismo e o interacionismo, aplicados ao processo de aquisição de conhecimentos, dão à aprendizagem escolar características importantes, pois essa não pode ser entendida como uma recepção passiva do conhecimento, mas como um processo ativo de elaboração. Ao longo desse processo, podem acontecer assimilações de conteúdo incompletas ou mesmo defeituosas, porém elas são necessárias para que o processo continue com êxito. Nesse sentido, nas situações escolares, como em outras, é o sujeito quem escolhe, verifica, ajusta, elimina, coordena, organiza, classifica, diferencia e integra os dados que ele pode assimilar. O aluno como sujeito é sempre o autor de seu próprio conhecimento. Por isso, é importante o professor estudar e conhecer o processo de resolução de problemas de seus alunos, como se procurou fazer na pesquisa aqui relatada.

Outro ponto de destaque é que ao final da atividade, no momento em que os sujeitos deveriam organizar os minerais pelos critérios que entendessem melhores e mais eficientes, constatamos que os dois sujeitos chegaram às proposições de classificação semelhantes àquelas utilizadas na bibliografia especializada (Leinz e Campos, 1982; Neves e Schenato, 2003).

Por fim, os dados obtidos nesta pesquisa fornecerão subsídios para a modelagem e implementação de uma Exposição Virtual de Mineralogia (Eichler e Del Pino, 2007; Retamal et al., 2009) que terá o recurso virtual de identificação e classificação de minerais, semelhante ao apresentado neste artigo.

Referências

BEASLEY, R.E.; WAUGH, M.L. Predominant initial and review patterns of navigation in a fully constrained hypermedia hierarchy: na empirical study. **Journal of Educational Multimedia and Hypermedia**, vol. 6, n. 2, p. 155-172, 1997.

BINDRA, D.; CLARKE, K.A.; SHULTZ, T.R. Understanding predictive relations of necessity and sufficiency in formally equivalent "causal" and "logical" problems. **Journal of Experimental Psychology: General**, vol. 109, n. 4, p. 422-443, 1980.

BLANCHET, A. Unidades de procedimentos, causais e telenômicas, no estudo dos processos cognitivos. In: INHELDER, B.; CELLÉRIER, G. **O desenrolar das descobertas da criança: um estudo sobre as microgêneses cognitivas**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996, p. 80-106.

CHAKUR, C.R.S.L. Contribuições da pesquisa psicogenética para a educação escolar. **Psicologia: Teoria e Pesquisa**, vol. 21, n. 3, p. 289-296, 2005.

EICHLER, M.L.; DEL PINO, J.C. Museus virtuais de ciências: uma revisão e indicações técnicas para o projeto de exposições virtuais. **RENOTE - Revista Novas Tecnologias na Educação**, vol. 5, p. 1-13, 2007.

INHELDER, B.; ACKERMANN-VALLADÃO, E.; BLANCHET, A.; KARMILOFF-SMITH, A.; KILCHER-HAGEDORN, H.; MONTANGERO, J.; ROBERT, M. Das estruturas cognitivas aos procedimentos de descoberta: esboço de pesquisas atuais. In: L. B. Leite e A. A. Medeiros. **Piaget e a escola de Genebra**. São Paulo: Cortez, 1987, p. 75-91.

INHELDER, B.; CAPRONA, D. Rumo ao construtivismo psicológico: estruturas? procedimentos? os dois "indissociáveis". In: INHELDER, B.; CELLÉRIER, G. **O desenrolar das descobertas da criança: um estudo sobre as microgêneses cognitivas**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996a, p. 7-37.

_____. Um percurso de pesquisa. In: INHELDER, B.; CELLÉRIER, G. **O desenrolar das descobertas da criança: um estudo sobre as microgêneses cognitivas**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996b, p. 38-79.

INHELDER, B.; CELLÉRIER, G. **O desenrolar das descobertas da criança: um estudo sobre as microgêneses cognitivas**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

JACQUES, T. G.; FAGUNDES, L. C. Procedimentos: o desenrolar das ações/operações na construção de apresentações hiperfídia. **Informática na Educação: Teoria & Prática**, vol. 2, n. 2, p. 99-108, 1999.

LEINZ, V.; CAMPOS, J.E.S. **Guia de determinação dos minerais**. São Paulo: Editora Nacional, 1982.

MOSCA, P. R. F.; SILVEIRA, J. F. P.; BURIGO, E. Processos cognitivos na resolução de problemas no campo da matemática: o caso da interação com programas-mente. **Psicologia: Reflexão e Crítica**, vol. 6, n. 1/2, p. 57-83, 1993.

NEVES, P. C. P.; SCHENATO, F. **Introdução à mineralogia prática**. Canoas: Ulbra, 2003

PARK, J.; PAK, S. Student's responses to experimental evidence based on perceptions of causality and availability of evidence. **Journal of Research in Science Teaching**, vol. 34, n. 1, p. 57-67, 1997.

PARRAT-DAYAN, S. Psicologia de Piaget aplicada à educação: como isto funciona? **Escritos sobre Educação**, vol. 2, n. 2, p. 33-42, 2003.

RETAMAL, T.; PERRY, G. T.; EICHLER, M. L.; DEL PINO, J. C. Projeto e desenvolvimento de um museu virtual de ciências. **RENOTE - Revista Novas Tecnologias na Educação**, vol. 7, p. 1-11, 2009.

SAADA-ROBERT, M. Procedures d'actions et significations fonctionnelles chez des enfants de deux a cinq ans. **Archives de Psychologie**, vol. 47, n. 182, p. 177-235, 1979.

_____. La microgênese de la représentation d'un problème. **Psychologie Française**, vol. 34, n. 2/3, p. 193-206, 1989.

_____. Microgenetic analysis of adult-child interactions in school writing. **Infancia y Aprendizaje**, vol. 72, p. 95-113, 1995.

_____. A construção microgenética de um esquema elementar. In: INHELDER, B.; CELLÉRIER, G. **O desenrolar das descobertas da criança: um estudo sobre as microgêneses cognitivas**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996a, p. 107-126.

_____. Didier e as bonecas russas: estudo de caso e conceituação. In: INHELDER, B.; CELLÉRIER, G. **O desenrolar das descobertas da criança: um estudo sobre as microgêneses cognitivas**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996b, p. 127-168.

SAADA-ROBERT, M.; BRUN, J. Las transformaciones de los saberes escolares: aportaciones y prolongaciones de la psicología genética. **Perspectivas**, vol. 26, n. 1, p. 25-38, 1996.

SAMRSLA, V. E. E.; GUTERRES, J. O.; EICHLER, M. L.; DEL PINO, J. C. Da mineralogia à Química: uma proposta curricular para o primeiro ano do Ensino Médio. **Química Nova na Escola**, n. 25, p. 20-26, 2007.

SIEGLER, R.S.; CROWLEY, K. The microgenetic method: a direct means for studying cognitive development. **American Psychologist**, vol. 46, n. 6, p. 606-620, 1991.

WHITE, P.A. Naïve ecology: causal judgments about a simple ecosystem. **British Journal of Psychology**, vol. 88, p. 219-233. 1997.

Submetido em maio de 2012, aceito em outubro de 2013.