

Ensino e aprendizagem do conceito de substância química como material puro por estudantes de ensino médio

Teaching and learning the concept of chemical substance as pure material by high school students

Renata Rosa Dotto Bellas / Universidade do Estado da Bahia

José Luis de Paula Barros Silva / Universidade Federal da Bahia



resumo

Em vista das concepções espontâneas do termo substância apresentadas por estudantes do ensino médio, investigamos como o ensino fundamentado na teoria histórico-cultural contribui para a aprendizagem do conceito de substância química como material puro. Diálogos de aula foram gravados em áudio, transcritos e analisados. Os resultados mostram como os estudantes iniciaram a aprendizagem do critério de pureza química e do significado químico de substância, empregando-os adequadamente.

palavras-chave

Substância química; pureza química; ensino-aprendizagem de conceitos; teoria histórico-cultural; ensino médio.

abstract

In view of spontaneous conceptions of the term substance presented by high school students, we investigate how teaching based on historical-cultural theory contributes to learning of the concept of chemical substance as pure material. Class dialogues were audio recorded, transcribed and analyzed. Results show how students started to learn the criterion of chemical purity and the chemical meaning of the substance, using them properly.

keywords

Chemical substance; chemical purity; teaching-learning of concepts; historical-cultural theory; high school.

Introdução

Considerando que os materiais são compostos por substâncias químicas, a compreensão da composição e da transformação dos materiais –eixos de sistematização do conhecimento químico– passa pelo entendimento do conceito químico de substância (Silva et al., 2007).

Vários dos ingredientes de produtos industrializados utilizados corriqueiramente –medicamentos, cosméticos, alimentos

etc.– são substâncias químicas, o que confere ao seu conceito uma grande relevância social e reforça a importância do seu ensino na educação básica.

Entretanto, livros didáticos de Química introduzem o termo substância química sem lhe dar destaque e os critérios de conceituação variam de livro para livro (Bellas et al., 2019), minimizando sua relevância para o entendimento da Química pelos estudantes.

Por outro lado, foi identificado que professores em formação inicial apresentam dificuldades e insegurança em explicitar o significado químico de substância e o seu sistema conceitual (Bellas, 2018). Tal fato pode influenciar no ensino médio criando um círculo vicioso no ensino e na aprendizagem do conceito de substância química.

Este trabalho tem por objetivo investigar as contribuições do ensino fundamentado na teoria

histórico-cultural para a aprendizagem do conceito de substância química como material puro por estudantes do ensino médio.

Ensino e aprendizagem de conceitos em perspectiva histórico-cultural

Todo ser humano possui uma interioridade e uma exterioridade que se relacionam parcialmente por meio de conceitos, pois a linguagem (exterior) organiza, delimita e realiza o pensamento verbal (interior) (Vigotski, 2009; Benveniste, 1976). Assim, o processo comunicativo entre humanos faz uso de signos (termos conceituais, expressões várias) que têm significados (conceitos) como conteúdos.

Os seres humanos têm a possibilidade de se desenvolver intelectualmente ao longo da vida e cabe à escola um papel relevante nesse processo, contribuindo para que os estudantes aprimorem e/ou transformem seus modos de interagir entre si e com o mundo. Realizando atividades planejadas que considerem as potencialidades dos estudantes, professores os orientam e auxiliam com a intenção de que atinjam o domínio autônomo dos conteúdos de ensino: trata-se do processo de instrução –entendida como articulação de ensino e aprendizagem– o qual também pressupõe a ativa participação de cada estudante nas atividades (Vigotski, 2009; Prestes, 2012).

Durante a instrução de dado conteúdo, professor/a e estudantes interagem na realização das atividades de ensino. Os signos chegam aos estudantes a partir do/a professor/a, dos livros didáticos, dos colegas, por meio dos órgãos dos sentidos. As sensações consideradas mais relevantes são integradas em percepções, as quais são correlacionadas a outras percepções para formar conceitos e pensamentos que são

cotejados com os registros de experiências anteriores na memória. Quando as informações são conhecidas e há coincidência, ocorre seu reconhecimento. Quando as informações são novas, total ou parcialmente desconhecidas, o trabalho de criação das novas conceituações é mais complexo e demorado, exigindo maior colaboração entre as partes envolvidas na instrução (Luria, 1991). Caso os estudantes não consigam interpretar os signos recebidos, estes são percebidos apenas como sensações vazias de conteúdo.

No processo de ensino, as atividades realizadas conjuntamente por professor/a e estudantes podem ser interiorizadas por cada estudante, ou seja: percebidas, sistematizadas em conceitos e pensamentos e memorizadas para uso futuro, possibilitando modificações graduais de comportamento. Desse modo, cada estudante vai aprendendo as diversas operações envolvidas pelas atividades de ensino e se desenvolvendo até chegar ao ponto de realizá-las independentemente de professores e colegas (Vigotski & Luria, 2007).

Conceitos são aprendidos para satisfazer as necessidades dos seres humanos solucionarem problemas nascidos da sua interação com o mundo e de se comunicar com outros. Um conceito, ou significado, constitui o conteúdo de um signo, ao qual se encontra vinculado. O modo mais comum de aprender conceitos é pela vivência cotidiana da atividade comunicativa, durante a qual ocorre a interiorização de situações de uso apropriado de novos termos com seus respectivos conteúdos. Por exemplo: os conceitos de casa, dor e chuva são aprendidos desse modo e, por isso, denominados conceitos espontâneos.

Outro modo de aprender conceitos é por meio da instrução

explícita e justificada do seu emprego. Cabe ao/a professor/a chamar a atenção dos estudantes para as características do conceito em foco, explicar cada uma e concretizá-las em exemplares do conceito. Assim, o/a professor/a vai explicitando o alcance e os limites de seu emprego, auxiliando os estudantes na criação das novas sistematizações e interiorizações. Os conceitos aprendidos desse modo são denominados científicos.

O conceito de substância química

Entendemos *substância química* como «material puro que apresenta composição constante em transições de fase e propriedades físicas com valores característicos sob condições especificadas, cuja representação é feita por sua fórmula química» (Bellás et al., 2019: 20). Trata-se de um conceito científico, de uso restrito, embora o termo *substância*, sem adjetivo justaposto, apresente outros significados mais amplos (Ferreira, 1999; Silva & Amaral, 2016)

Como se pode notar, este conceito faz parte de um sistema conceitual complexo, relacionado a vários outros conceitos, tanto em nível material macroscópico (pureza química, composição química, transições de fase, propriedades físicas mensuráveis), quanto microscópico (elementos químicos, átomos, moléculas). Apesar de abstrato, em razão da generalidade inerente a todo conceito, apresenta exemplares concretos, acessíveis pelos sentidos. Substâncias químicas são produzidas pela purificação de misturas e alguns dos processos empregados para tal podem ser realizados em laboratórios escolares simples e serem observados a olho nu.

Considerando que os estudantes do ensino médio são adolescentes e, por isso, se encontram na transição do pensamento

factual ao pensamento conceitual (Vigotski, 2009), entendemos que a instrução acerca da substância química pode ser mais adequadamente iniciada pela característica da pureza química, ou seja, pelo conceito de substância química como material puro, dada a sua maior proximidade com a experiência concreta.

Admitimos que os estudantes do ensino médio já conhecem as expressões *material*, *substância*, *pureza* e *material puro*, assim como conceitos espontâneos que lhes são relacionados. Cabe à instrução introduzir a expressão *pureza química* e seu correspondente conceito científico, estabelecendo as diferenças de utilização do conceito de substância química em relação ao conceito espontâneo de substância.

Descrição da experiência didática

O ensino do conceito químico de substância ocorreu em uma turma com 29 (vinte e nove) estudantes do 1º ano do ensino médio de uma escola pública da cidade de Salvador, Bahia, Brasil. A professora tinha formação em Licenciatura em Química e ministrava a disciplina há mais de dez anos na instituição. Uma de nós (Bellas) atuou como observadora participante. Os estudantes eram jovens entre 15 e 16 anos de idade, participantes ativos das aulas e concordaram em participar da pesquisa.

A sequência de ensino foi discutida, combinada com a professora e ocorreu dentro do planejamento da escola, em aulas de cinquenta minutos, duas vezes na semana e distribuídas em quatro etapas. Na primeira etapa, foram discutidos conhecimentos dos estudantes prévios ao ensino e os conceitos de pureza química e substância química; em seguida, foram introduzidos critérios de identificação de substância química e mistura, assim como

métodos de separação de misturas empregando experiências de laboratório; na terceira etapa, um texto elaborado por nós com a finalidade de sistematizar os conceitos estudados, foi lido e discutido em aula; por fim, foi proposto um conjunto de problemas para serem resolvidos por grupos de 4-5 estudantes em aula, sendo discutidos posteriormente por todos.

As aulas foram registradas em áudio, os diálogos foram transcritos e analisados buscando identificar relações entre ações realizadas pela professora durante o ensino –dar a perceber, chamar à atenção, exemplificar, incentivar a discussão, empregar conceitos etc.– e a aprendizagem dos novos conceitos pelos estudantes.

Identificação das ideias prévias dos estudantes

De início, identificamos que os estudantes desconheciam o conceito de substância química e empregavam o termo substância com o sentido de material. Material puro era entendido como material limpo; não misturado; que não contém química; que não sofreu mudanças. Coerentemente, pureza material significava limpeza; ausência de mistura; ausência de química; sem alteração. Inversamente, material impuro era entendido como: contaminado, sujo; misturado; composto por substâncias; que contém química. Tais conceitos também foram empregados no caso específico da água potável. Os estudantes desconheciam o tratamento d'água.

Discussão das diferentes concepções de pureza

Tendo por base essas constatações, o passo seguinte consistiu em discutir diferentes concepções de pureza. O argumento desenvolvido pela professora consistiu em

mostrar que a água de fontes naturais, considerada pura (segundo os estudantes: sem química, inalterada), era submetida a uma série de processos químicos e físicos –filtração inicial, adição de coagulante, decantação, segunda filtração, adição de cloro (bactericida), flúor (anticárie) e cal (controle de acidez)– a fim de tornar-se pura no sentido de própria para o consumo humano. Para tanto, foi apresentado e discutido um vídeo acerca do tratamento d'água para a obtenção de água potável (<https://www.youtube.com/watch?v=P2ShcHsEGts>).

Com tal atividade, a professora chamava os estudantes à atenção para a polissemia do termo pureza e para as diferenças entre os critérios que estabelecem dois de seus conceitos: a água natural é pura por não ter sido submetida à ação humana; e a água potável é pura por estar adequada à ingestão por seres humanos, ou seja: isenta de sólidos em suspensão e de bactérias. Também foi importante fazer os estudantes perceberem que, para a água se tornar potável é necessário alterar a água natural (considerada *sem química*) pela adição de produtos químicos com os quais não se encontra normalmente misturada.

O raciocínio envolvido na compreensão dessa argumentação é complexo e requer uma variedade de experiências de uso do conceito de pureza de modo explícito para que os estudantes possam reconhecer suas diferenças e interiorizar a polissemia da expressão pureza material. Por isso, a professora também discutiu a pureza do ar atmosférico e do solo.

A noção do ar atmosférico como mistura de substâncias químicas –oxigênio, nitrogênio, gás carbônico e outros gases– é introduzida no ensino fundamental e essa infor-

mação anterior serviu de base para a discussão do exemplo.

No caso do solo, além dos estudos escolares anteriores, a discussão teve como base a experiência empírica dos estudantes: alguns dos diferentes componentes do solo são visíveis a olho nu e, inclusive, podem ser separados manualmente. Assim, os conceitos de mistura e substância química adquiriam maior concretude. (Embora os materiais que podem ser separados visual ou manualmente em uma amostra de solo não sejam, necessariamente, substâncias químicas, servem como análogos para a compreensão deste conceito.)

Na sequência, foi introduzida uma terceira acepção de pureza, a *pureza química*, como ausência de mistura: um material é quimicamente puro se é constituído por apenas um tipo de material ou apenas uma substância. Em outras palavras: um material é quimicamente puro se não está misturado (reunido) com outros materiais (Bellás et al., 2019). Parte dos estudantes veiculava concepções de pureza similares, facilitando a interiorização do conceito de pureza química.

Substância química definida como material quimicamente puro

Substância química foi, então, definida como material quimicamente puro. Por isso, nem a água natural nem a água potável são substâncias químicas, já que, nos dois casos, a água se encontra reunida a outros materiais. Logo, são misturas.

O diálogo seguinte mostra a maior aprendizagem dos estudantes em relação à situação anterior:
P: Por exemplo, o solo é um tipo de material?

E02: É.

P: É uma substância só?

E07: São várias.

P: O solo é um material puro ou impuro?

E04: *Impuro.*

P: Por quê?

E04: *Porque tem várias substâncias.*

O termo substância, que havia sido empregado pelos estudantes com o sentido genérico de material, ia ganhando especificidade como substância química, material puro.

O comportamento da temperatura de uma substância química durante a ebulição

Uma vez que as sensações não são critérios confiáveis para distinguir substância química e mistura, foi introduzido o comportamento da temperatura de uma amostra líquida durante a ebulição como critério empírico. Foram realizadas experiências de ebulição de água e de solução de água com sal. Durante a vaporização, os estudantes percebiam o que ocorria com a água e, também, a constância da sua temperatura de ebulição:

E3: *Olha a fumaça, é a vaporização.*

E15: *O nível da água está descendo.*

E8: *Porque a temperatura não está mudando mais.*

Observações análogas ocorreram para a vaporização da solução salina e para a variação da sua temperatura de ebulição.

As experiências de laboratório constituíam novidade e prenderam a atenção dos estudantes. As percepções visuais e manipulações deram concretude ao discurso da professora e favoreceram a interiorização dos critérios de identificação de substância química e mistura. Esta afirmativa se apoia no fato de que os estudantes souberam aplicar os critérios adequadamente na resolução de um problema proposto pela professora:

P: *Temos dois béqueres, um com uma substância (material puro) e outro com uma mistura (material impuro). Já que a gente não pode identificar a olho nu, pelo cheiro, pelo paladar, pois a gente sabe que as propriedades organolépticas não são confiáveis na identificação de uma substância e que existem materiais que nem cheiro*



Figura 1. Estudante observando o comportamento da temperatura de ebulição da água.

perceptível têm, então qual é a propriedade que a gente está utilizando para saber se o material é uma substância ou se é uma mistura?

E07: Está fervendo.

Pesquisadora: Certo, mas eu vou ferver os dois materiais. E o que vai nos indicar...

E18: A temperatura.

Pesquisadora: Que temperatura é essa?

E14: De ebulição.

P: Por que é confiável utilizar a temperatura de ebulição para identificar se o material é uma substância ou mistura? Se for uma substância, o que acontece com a temperatura durante a passagem do estado líquido para o gasoso?

E10: Fica constante.

P: E no caso da mistura?

E21: Vai variar.

O fato de vários estudantes terem contribuído para a solução do problema indica a incompletude dos conhecimentos individuais, mas, também, atitude colaborativa e engajamento na discussão.

Separação de misturas para produzir substâncias

O passo seguinte consistiu em apresentar processos de separação de misturas para produzir substâncias. Os estudantes não tinham ideia de como realizá-la e alguns consideravam-na impossível. Foi realizada a vaporização de uma solução de água e sal contida em um béquer até a secura (fig. 2).

Então se promoveu a discussão do experimento observado visando sistematizar o pensamento dos estudantes:

P: E se eu quiser separar a água e o sal de cozinha, como é que eu faço?

E05: Coloca pra [sic] ferver.

P: E se eu colocar para ferver, o que é que vai acontecer?

E06: O sal vai ficar lá embaixo na panela.

P: E a água?

E06: Vai evaporar.

P: Água e sal é um material puro ou impuro?

E17: Impuro.

P: Então se eu fizer a vaporização eu vou purificar a água e purificar o sal?

E17: Vai sim.

P: O que é material puro?

E23: Que tem uma única substância.

P: E o que é material impuro?

E23: Mistura de várias substâncias.

Novamente, notamos a elaboração de um pensamento coletivo, com os colegas se auxiliando mutuamente, do qual, podemos inferir que os estudantes compreenderam a experiência como uma separação da água e do sal da mistura original, tornando-os materiais puros, o que deu força ao conceito químico de substância.

Resolução de problemas

Na sequência, foi lido e discutido um texto elaborado por nós com a finalidade de sistematizar os conceitos estudados e foram propostos problemas a serem resolvidos coletivamente por grupos de 4 ou 5 estudantes, incentivando sua interação e

colaboração na busca de soluções. Um dos problemas apresentava um rótulo fictício de água mineral contendo sua composição química em termos de bicarbonatos de sódio, potássio, cálcio e magnésio, óxido de silício e, adicionalmente, pH e temperatura da fonte. O texto da questão era: *Observe o rótulo abaixo e responda: A água mineral é pura? Por quê?* Todos os grupos concordaram em que a (suposta) água mineral não era pura com base no critério de pureza química:

Equipe 1 - Dependendo do nosso ponto de vista sim. Mais para os químicos ela é considerada impura, pois contém várias composições.

Equipe 5 - Não, pois é misturada com várias outras substâncias.

Equipe 6 - Impura, pois tem várias substâncias nela.

Equipe 7 - Quimicamente não é pura, porque contém sais minerais.

As equipes 1 e 7 destacaram o critério químico, donde se pode inferir que o distinguiam de



Figura 2. Separação do sal durante a ebulição da mistura de água e sal.

outros critérios de pureza. A Equipe 1 foi além, confrontando a pureza química com outro tipo de pureza, embora não o tenha explicitado. Uma inspeção das discussões anteriores nos possibilita inferir que se trata da pureza atribuída às coisas naturais.

Outro problema propunha: *O ouro 18 quilates (18 kt) contém 75% de ouro e 25% de prata, cobre ou bronze. Uma aliança de ouro 18 K apresenta em sua embalagem a frase: Aliança de ouro puro. Esta frase está correta? Explique.*

Nesse caso, todas as equipes também responderam negativamente à pergunta e justificaram suas respostas com base no critério químico de pureza: *Equipe 3 – Não. Porque juntamente com o ouro contém 25% de prata ou bronze, o que torna um material impuro.*

Equipe 5 – Está incorreta, pois o ouro foi misturado com prata e bronze.

Equipe 6 – Não. Porque 25% dele contém algumas misturas.

Equipe 7 – A frase não está correta quimicamente falando pois tem outras substâncias.

Podemos inferir que os estudantes reconheceram as situações propostas pelos problemas como similares ou análogas às situações de instrução. Suas respostas empregaram adequadamente os termos substância e mistura, revelando a interiorização e a aprendizagem.

Conclusões

Em nosso entender, tal aprendizagem é a etapa inicial do processo de compreensão do conceito de substância química:

«Quando uma palavra nova, ligada a um significado, é aprendida pela criança, o seu desenvolvimento está apenas começando; no início ela é uma generalização do tipo mais elementar que, à medida que a criança se desenvolve, é substituída por generalizações de um tipo cada vez mais elevado, culminando

o processo em verdadeiros conceitos» (Vigotski, 2009, p. 246).

Para que cada estudante se desenvolva em relação ao conceito de substância química, faz-se necessário empregá-lo em situações diversas, de modo que, adquira valor na sua interação com o mundo e com os outros seres humanos. O ensino da Química possibilita tais situações pois, conforme lembramos no início deste artigo, o estudo da composição e da transformação dos materiais passa pelo conceito químico de substância.

A fig. 3, abaixo, apresenta um esquema do desenvolvimento conceitual dos estudantes durante a experiência didática.

Ao relacionarem material puro a material limpo, sem alterações e/ou sem química, os estudantes demonstraram, inicialmente, a predominância de concepções espontâneas quanto a ideia de pureza material. Com a instrução, ao discutir a pureza do ponto de vista químico, os estudantes conseguiram classificar os materiais em mistura ou substância a partir deste critério. Água potável, água natural, ar e solo, que antes foram exemplificados como tipos de materiais puros, passaram a ser entendidos como misturas químicas. A diferenciação no uso dos termos e a construção de novos significados demonstram a aprendizagem e, conseqüentemente, o desenvolvimento conceitual dos estudantes durante a experiência didática.

Pelo exposto, notamos que a professora criou condições para a percepção de aspectos do conceito, chamou à atenção dos estudantes para os pontos relevantes, apresentou exemplos, estimulou o emprego dos termos/conceitos e sua memorização, possibilitando o reconhecimento de situações análogas às da instrução pelos estudantes, o emprego do termo substância com significado de material puro, a utilização adequada do critério de

pureza química. Ou seja: podemos concluir que o ensino fundamentado da teoria histórico-cultural contribuiu para a aprendizagem do conceito de substância química como material puro por estudantes do ensino médio.

Os resultados mostram uma aprendizagem inicial de emprego dos termos substância química (ou, simplesmente, substância) e mistura e dos correspondentes conceitos químicos em situações variadas, criando condições para o reconhecimento de materiais como puros ou impuros.

Denominamos tal aprendizagem como inicial porque constitui uma base necessária para os estudantes avançarem no estudo da Química, tanto nos aspectos macroscópicos quanto microscópicos, os quais não podem se desenvolver sem o domínio da linguagem adequada.

Conforme apontamos mais acima, o conceito de substância química é complexo, de modo que seu ensino e aprendizagem não se resumem ao aqui apresentado. Por isso, torna-se importante investigar o ensino e a aprendizagem dos demais aspectos deste importante conceito químico.

Referências

- BELLAS, R. R. D. (2018). *Conceitos de substância atribuídos por licenciandos em química: Uma análise histórico-cultural* (Tese de doutorado). Universidade Federal da Bahia.
- BELLAS, R. R. D.; QUEIROZ, I. R. L.; LIMA, L. R. F. C.; SILVA, J. L. P. B. (2019). O conceito de substância química e seu ensino. *Química Nova na Escola*, vol. 41, num. 1, p. 17-24.
- BENVENISTE, E. (1976). *Problemas de linguística geral*. São Paulo: Nacional/Edusp
- FERREIRA, A. B. H. (1999). *Novo Aurélio século XXI: o dicionário da língua portuguesa* (3ª ed.) Rio de Janeiro: Nova Fronteira.

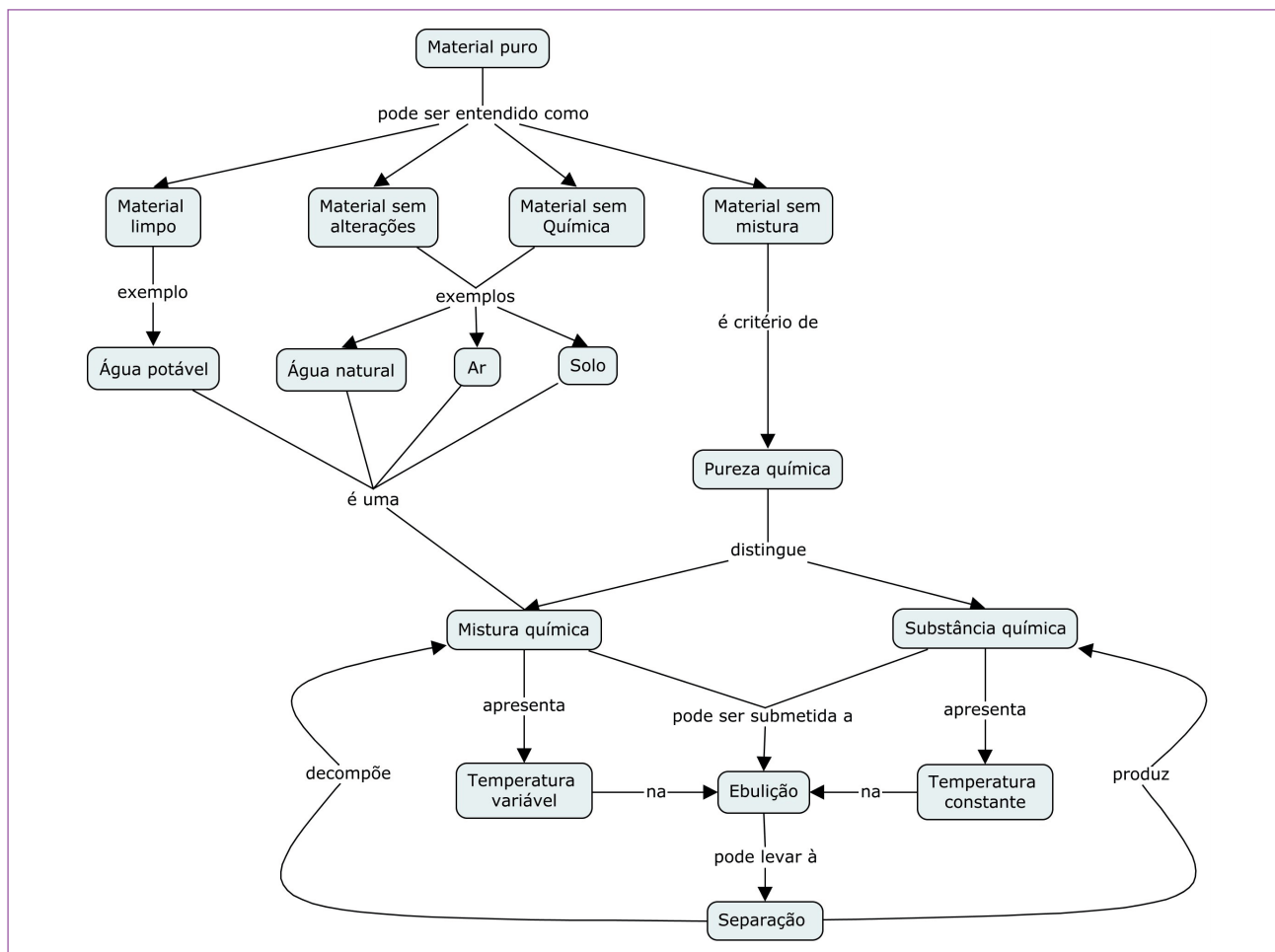


Figura 3. Desenvolvimento conceitual dos estudantes durante a experiência didática.

LURIA, A. R. (1991). *Curso de psicologia geral* (2ª ed.). Rio de Janeiro: Civilização Brasileira.

PRESTES, Z. (2012). *Quando não é quase a mesma coisa: Traduções de Lev Semionovitch Vigotski no Brasil*. Campinas: Autores Associados.

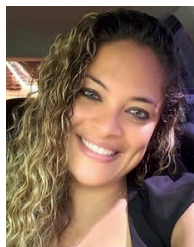
SILVA, J. L. P. B.; MORADILLO, E. F.; CUNHA, M. B. M.; DOTTO, R. R.; DOURADO, P. V. (2007). A composição no ensino de química. In *Atas do VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. Florianópolis, SC: Abrapec. Também disponível online em: <http://abrapecnet.org.br/atas_enpec/vienpec/CR2/p70.pdf> [Consulta: 4 janeiro 2021].

SILVA, J. R. R. T.; AMARAL, E. M. R. (2016). Concepções sobre substância: relações entre contextos de origem e possíveis atribuições de sentidos. *Química Nova na Escola*, vol. 38, num. 1, p. 70-78.

VIGOTSKI, L. S. (2009). *A construção do pensamento e da linguagem* (2ª ed.). São Paulo: WMF Martins Fontes.

VIGOTSKI, L. S.; LURIA, A. R. (2007). *El instrumento y el signo en el desarrollo del niño*. Madrid: Infancia y Aprendizaje.

de ensino de ciências, atua no ensino da química e na investigação do ensino e da aprendizagem de conceitos científicos.
Email: renatarosadotto@hotmail.com



Renata Rosa Dotto Bellas
É licenciada em química e doutora em ensino, filosofia e história das ciências pela Universidade Federal da Bahia (UFBA)/ Universidade Estadual de Feira de Santana. Professora Assistente da Universidade do Estado da Bahia (UNEB). Tem experiência na área



José Luis P. B. Silva
É químico e doutor em química pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). Professor titular de físico-química aposentado da UFBA. Tem como campo principal de investigação o ensino e a aprendizagem de conceitos químicos, com o aporte da história e da filosofia da química.
Email: joseluis@ufba.br