



Proposta de um Perfil Conceitual para Substância

Proposal of a Conceptual Profile for Substance

João Roberto Ratis Tenório da Silva

Unidade Acadêmica de Serra Talhada
Universidade Federal Rural de Pernambuco
joaotenorio@uast.ufrpe.br

Edenia Maria Ribeiro do Amaral

Departamento de Química
Universidade Federal Rural de Pernambuco
edsamaral@uol.com.br

Resumo

Neste artigo, tivemos como objetivo propor um perfil conceitual para o conceito de substância. O perfil foi proposto a partir de um levantamento de dados em diversas fontes como: textos de História da Química, artigos na literatura em Ensino de Ciências, questionários e entrevistas semiestruturadas, aplicados a estudantes do ensino médio e superior. Essas fontes possibilitaram a constituição de um conjunto de dados representativos de três domínios genéticos: ontogenético, sociocultural e microgenético. Dados obtidos na pesquisa bibliográfica articulados àqueles da pesquisa empírica foram agrupados em categorias, que posteriormente constituíram zonas para o perfil conceitual de substância. Cada zona do perfil foi caracterizada por compromissos epistemológicos e ontológicos distintos e as seguintes zonas foram propostas: generalista, essencialista, substancialista, racionalista e relacional.

Palavras-chave: Conceito; Perfil conceitual; Substância; Epistemologia.

Abstract

In this paper we aimed to propose a conceptual profile to the concept of substance. The profile was proposed considering data collected from sources such as: History of Chemistry, literature in Science Education, questionnaires and interviews applied to

pupils in High School and students in Higher Education. From these sources we collected data representative of three genetic domains: ontogenetic, sociocultural and microgenetic. Data from bibliographic research were articulated to empirical data and they together constituted categories from which zones of the conceptual profile were proposed. Each zone was characterized considering different epistemological and ontological commitments, then, the followed zones were proposed: generalist, essentialist, substancialist, rationalist and relational.

Keywords: Concept; Conceptual profile; Substance; Epistemology.

Referencial Teórico

Este artigo é resultado de uma pesquisa de mestrado, com dissertação defendida em março de 2011, no programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), cujo objetivo foi propor um perfil conceitual (MORTIMER, 1995) para o conceito de substância. Para isso, partimos da premissa de que este conceito é polissêmico, ou seja, pode apresentar diversos significados, usados em contextos específicos e, dessa forma, é elegível para a proposição de um perfil conceitual. Mortimer (1995) propõe a noção do perfil conceitual partindo do pressuposto que um único indivíduo pode apresentar diferentes modos de pensar um conceito, que são associados a contextos específicos.

A escolha do conceito de substância remete à sua relevância nas aulas de Química, pois o seu entendimento é de extrema importância para a aprendizagem de outros conceitos químicos. Além disso, consideramos que a estruturação dos vários significados atribuídos a ele, em termos de um perfil conceitual, pode contribuir para o avanço nos estudos sobre perfis conceituais, considerando esta como uma teoria que poderá suportar o processo de ensino-aprendizagem além de possibilitar a análise da evolução conceitual em sala de aula. Acrescentamos a isso, a possibilidade de situar as concepções informais dos estudantes sobre substância em determinados contextos, possibilitando uma compreensão sobre a resistência que elas apresentam a mudanças e o desgaste de alguns modelos de ensino que tentaram promover uma substituição dessas concepções por novas ideias (científicas) no processo de ensino-aprendizagem.

Desde a década de 80, muitos trabalhos investigam sobre concepções informais de estudantes, buscando identificar formas de inseri-las no processo de ensino-aprendizagem. Nesse sentido, várias metodologias de ensino foram propostas, entre elas, o modelo de mudança conceitual (POSNER et al., 1982), no qual se partia do pressuposto de que o estudante abandonaria suas concepções informais, ao perceber as limitações e incompatibilidades das mesmas com relação ao conceito científico, substituindo-as por um novo conhecimento construído (CARVALHO et al., 2004). Porém, resultados de estudos sobre mudança conceitual mostraram que estudantes não abandonam facilmente suas concepções informais, mas elas persistem mesmo após os anos de escolaridade (MORTIMER, 1996; POZO; CRESPO, 1998). Pesquisadores relacionaram essa resistência a diferentes fatores e, em geral, consideraram que as concepções dos estudantes apresentam funcionalidade em situações cotidianas, por isso elas dificilmente são abandonadas, afinal, são suficientes para resolverem

determinados problemas e explicarem fenômenos (MORTIMER, 1996). Outro aspecto apontado é o fato de que os estudantes muitas vezes não percebem a aplicabilidade dos conceitos científicos estudados na escola em situações do seu dia a dia. Após um período de aplicação de estratégias didáticas que adotavam o modelo de mudança conceitual como principal suporte para a organização do ensino, houve um desgaste natural desse modelo, pois os resultados da aprendizagem não correspondiam às expectativas colocadas nas pesquisas.

Consideramos que o modelo do perfil conceitual, além de uma ferramenta metodológica para analisar a evolução conceitual em sala de aula (MORTIMER; SCOTT; EL-HANI, 2009), pode explicar a resistência das ideias informais dos estudantes. A partir desse modelo, podemos estruturar a diversidade de modos de pensar¹ um conceito e situar aquelas concepções informais que encontram sentido em contextos específicos. Com isso, de acordo com a perspectiva do perfil conceitual, no processo de ensino-aprendizagem, a construção de significados para conceitos científicos pode ser vista como uma incorporação de novos modos de pensar a um perfil conceitual do aluno que já existia. Nessa perspectiva, a aprendizagem pode estar relacionada com a ampliação na compreensão do conceito (incorporação de novas zonas do perfil) e com a tomada de consciência pelo estudante de que o uso de determinadas concepções pode ser limitado em alguns contextos. O estudante pode apresentar uma forma de pensar não científica em seu dia a dia, sabendo que, em um contexto científico, aquela concepção é insuficiente. Além disso, ele poderá adquirir consciência de que determinadas situações cotidianas podem ser explicadas de forma diferente pela Ciência. Desse modo, a aprendizagem de ciências em sala de aula pode “ser descrita como uma mudança de perfil conceitual do estudante, cujo novo perfil inclui também, mas não exclusivamente, as novas ideias científicas” (MORTIMER, 2000, p. 27).

Um passo seguinte na discussão proposta para este trabalho é a reflexão sobre a ideia de que as concepções vinculadas às zonas do perfil emergem em determinados contextos que estão relacionados com domínios genéticos específicos (WERTSCH, 1985). Segundo Werstch (1985), os domínios genéticos foram propostos a partir de estudos longitudinais que abordam o desenvolvimento do pensamento humano levando em consideração fatores sociais, culturais e históricos. Para a proposição do perfil conceitual, as concepções levantadas a partir da pesquisa em diversas fontes são situadas, nos termos propostos por Vigostki, em determinados domínios, tais como: sociocultural, ontogenético e microgenético.

A partir das concepções levantadas em tais domínios, encontramos uma grande diversidade de concepções. Essa pluralidade de significados atribuídos a um único conceito não é uma ideia nova, sendo discutida anteriormente por diversos autores, como Bachelard (1984/1996) e Schutz (1967). O levantamento de ideias nos diversos domínios genéticos mostra a pluralidade de concepções associadas ao conceito de substância, no caso específico deste trabalho, e a pluralidade filosófica associada ao perfil conceitual proposto foi inspirada nas ideias de Bachelard (1984), quando propôs o perfil epistemológico.

¹ Os modos de pensar sobre um conceito são organizados em zonas, que representam determinados compromissos epistemológicos e ontológicos. Ver também Bachelard (1984), Chi (1992) e Mortimer (2000).

A ideia de pluralidade de um conceito nos remete à existência de uma variedade maior ou menor de modos de pensar e, na proposição de um perfil conceitual, podemos identificar concepções que não apresentam significações relacionadas a algum contexto de aplicação. Consideramos que algumas dessas ideias não influenciam de forma direta o processo de ensino-aprendizagem de um determinado conceito em foco e, dessa forma, para compor as zonas de um perfil conceitual, escolhemos concepções com um sentido pragmático para o ensino-aprendizagem de ciências, tomando por base ideias propostas por William James. Segundo James (1974), as ideias só têm sentido se apresentam alguma utilidade, e o autor sustenta que os significados das ideias só se encontram no plano das consequências. Em outras palavras, se não há efeitos, é porque as ideias não ganham sentido (JAMES, 1974).

Em síntese, neste trabalho, tivemos como objetivo geral propor um perfil conceitual para substância, estruturando diferentes modos de pensar o conceito de substância em zonas que representem diferentes compromissos epistemológicos e ontológicos. Para isso, buscamos: levantar concepções sobre substância que surgiram no desenvolvimento histórico deste conceito, na literatura em Ensino de Ciências e em sala de aula; identificar concepções sobre substância com valor pragmático para o ensino deste conceito, de forma que possam constituir zonas distintas; e propor as zonas do perfil conceitual a partir dos compromissos epistemológicos e ontológicos diferentes. Dessa forma, pretendemos contribuir para o fortalecimento da pesquisa sobre perfis conceituais, tendo o perfil conceitual de substância relação estreita com outros perfis propostos na área de Química, tais como: átomo e estados físicos da matéria (MORTIMER, 1995; 2000), molécula (MORTIMER, 1997) e calor (AMARAL; MORTIMER, 2001).

Para a caracterização epistemológica e ontológica das zonas do perfil, consideramos importante fazer uma discussão sobre alguns perfis conceituais que envolvem conceitos químicos, propostos na literatura. O primeiro perfil conceitual proposto na literatura foi para o conceito de átomo (MORTIMER, 1995; 2000). Para o perfil do conceito de átomo, o autor propôs quatro zonas. Na primeira zona, temos uma visão sensorialista da matéria, em que o indivíduo apresenta concepções ingênuas, baseadas em fatores sensoriais. Uma das ideias dessa zona, por exemplo, é de que a matéria é contínua. A segunda zona substancialista, refere-se a ideias em que o indivíduo substancializa a concepção de átomo, atribuindo às partículas propriedades de substâncias e materiais, tais como a capacidade de dilatar-se e/ou mudar de estado físico. Na terceira zona do perfil, encontramos concepções clássicas da matéria – são ideias que possuem um caráter mais racional, baseadas numa visão microscópica da matéria. O átomo é visto como uma partícula material, governada pelas leis da mecânica clássica. Na última zona do perfil, encontramos concepções com um nível maior de racionalidade e o conceito de átomo é explicado com base nas leis da mecânica quântica. Assim, tem-se uma visão quântica moderna acerca do átomo.

Mortimer (1997) propôs um perfil para o conceito de molécula, no qual encontramos quatro zonas. A primeira zona diz respeito aos “princípios”, constituída por concepções da Filosofia Clássica que revelavam um forte compromisso realista, quando consideravam que a base de toda natureza eram os princípios. Ou seja, todas as coisas eram formadas por determinados materiais (elementos ou substâncias) que

combinados davam forma ao mundo material. De forma semelhante ao que foi apontado no perfil de átomo, a segunda zona é constituída por concepções substancialistas, para as quais a molécula contém todas as propriedades da substância que ela compõe. Segundo o autor, esse tipo de concepção pode ser encontrado, inclusive, em *Handbooks* de Química. Na terceira zona, estão reunidas concepções de molécula com certo nível de racionalidade, nos termos considerados pela Química Clássica, na qual a molécula é a menor parte da substância, guardando todas as suas características sem que haja mudança em sua natureza. Na quarta e última zona, encontramos concepções presentes na Química Moderna, para a qual a molécula não apresenta uma geometria fixa, bem definida, como na zona anterior, e são defendidas ideias de que a sua estrutura está sempre mudando no espaço. Dessa forma, podem ser consideradas estruturas que não são concebíveis na Química Clássica, como por exemplo, os clusters da nanociência. Podemos considerar que os dois perfis apresentados – para o átomo e para a molécula, principalmente o último - guardam uma relação estreita com as concepções encontradas para o conceito de substância e foram importantes para a constituição das zonas do perfil proposto neste trabalho. A ideia da substância química em termos científicos pressupõe uma compreensão sobre a constituição da matéria a partir de átomos e moléculas.

Outro perfil conceitual considerado para este trabalho foi proposto Amaral e Mortimer (2001) para o conceito de calor. Nesse perfil, os autores propuseram as zonas: realista, empírica, substancialista, animista e racionalista. Na zona realista, são consideradas as ideias relativas às primeiras noções de calor vinculadas à sensação térmica de quente, e que podem ser facilmente encontradas em situações do cotidiano. Na zona animista, como o nome sugere, o calor é apresentado como uma substância viva e com a capacidade de dar vida. Na história da química, essa zona está respaldada na ideia de que o calor teria o poder de dar vida a objetos. Amaral e Mortimer (2001) justificaram a proposição de uma zona substancialista do calor, na qual ele é tratado com uma substância inerte, a partir de concepções filosóficas vindas desde o período de Aristóteles e Platão até aquelas que imprimiam ao fogo o estatuto de substância. Além disso, apresentaram resultados de pesquisas sobre concepções de estudantes, realizadas por Erickson (1985) e Silva (1995), mostrando que alguns consideram o calor como algum tipo de fluido. Para os autores, a ideia substancialista do calor ainda sobrevive na linguagem e práticas da Química e da tecnologia (AMARAL; MORTIMER, 2001). As zonas animista e substancialista do perfil de calor trazem implicadas algumas concepções de substância, que posteriormente serão apresentadas neste trabalho. Para a proposição da zona empírica, os autores consideraram a concepção de calor relacionada com as medidas de temperatura. Do ponto de vista histórico, isso se origina nos períodos em que ocorreu o desenvolvimento do termômetro, cujo uso atualmente resulta em concepções de estudantes nas quais a temperatura é vista como a medida de calor de um corpo (SILVA, 1995). E, finalmente, quando é apresentada uma concepção de calor como proporcional à diferença de temperatura, a partir de uma relação matemática, é definida a zona racionalista do perfil. Para os autores, nessa zona “o calor poderá ser visto como uma forma de energia que se manifesta a partir do contato entre dois corpos a temperaturas diferentes” (AMARAL; MORTIMER, 2001, p. 09).

Para propor o perfil conceitual de substância, buscamos tomar por base aspectos epistemológicos e ontológicos presentes nos perfis conceituais colocados acima, considerando que algumas zonas têm implicada a ideia de substância, e foi feito um amplo levantamento de ideias sobre substância. Para isso, levamos em conta a discussão dos aspectos metodológicos para a proposição de perfis conceituais que são apresentadas nesses e em outros trabalhos que versam sobre este tema.

Metodologia

Para propor o perfil conceitual de substância, adotamos uma metodologia que vem sendo discutida em vários trabalhos sobre proposição de perfis conceituais (MORTIMER, 2000; AMARAL; MORTIMER, 2001; AMARAL; MORTIMER, 2004; COUTINHO, 2005; SEPULVEDA, MORTIMER; EL-HANI, 2007, entre outros). Para este trabalho, adaptamos algumas etapas e instrumentos de pesquisa propostos por Coutinho (2005), Amaral (2004) e Viggiano e Mattos (2007). Os dados foram coletados a partir de fontes que podem trazer concepções relacionadas com determinados domínios genéticos (WERTSCH, 1985), como propõe Amaral (2004). O levantamento de concepções compreendeu uma pesquisa bibliográfica e empírica buscando considerar os domínios ontogenético, sociocultural e microgenético.

A pesquisa bibliográfica contemplou o levantamento de ideias presentes em fontes secundárias sobre História da Química e na literatura em Ensino de Ciências. Já na pesquisa empírica, buscamos identificar concepções com a aplicação de um questionário de nove questões, adaptado da proposta de Viggiano e Mattos (2007). O questionário foi aplicado a 72 estudantes do ensino médio: 22 estudantes do 2º ano de uma escola da rede estadual de ensino; e 50 estudantes do Colégio de Aplicação/UFPE, sendo 25 estudantes do 2º ano e 25 estudantes do 3º ano do ensino médio. Além disso, aplicamos o mesmo questionário a 17 licenciandos em Química, que cursavam o 8º período do curso, na UFRPE. Os dados foram complementados a partir de uma entrevista realizada com 10 estudantes do Colégio de Aplicação/UFPE, selecionados pela professora da turma por serem considerados mais participativos nas aulas de Química. A entrevista possibilitou a ratificação de algumas concepções já apresentadas bem como a emergência de outras concepções.

O questionário foi estruturado da seguinte forma: 1) Para você, o que é uma substância química?; 2) Cite ao menos 5 exemplos de elementos químicos, substâncias e materiais. Justifique sua classificação; 3) A partir de um texto, os estudantes deveriam dizer se concordavam com visão filosófica acerca dos elementos e substâncias e discutir se é semelhante à visão química de substância que temos hoje; 4) Um conjunto de afirmações foram fornecidas aos estudantes para que os mesmos avaliassem se concordavam ou não; 5) Como você compreende o sentido da palavra “substância” nesta frase, extraída do documentário da BBC “A História de Deus”: “Segundo a teoria científica, a partícula de Higgs tem que estar lá em algum lugar na alma subatômica do átomo. Sem ela, o átomo não teria substância, o Universo não teria substância e sequer existiria”. Você pode citar outros exemplos do emprego da palavra “substância” com o mesmo sentido?; 6) Elementos formam substâncias ou substâncias formam elementos? Justifique; 7) Existem características que são próprias das substâncias químicas. Podemos considerar que uma substância apresenta essas

características ou propriedades em qualquer condição de temperatura e pressão? Em qualquer sistema, ela sempre vai apresentar sempre as mesmas propriedades? Justifique; 8) Qual a importância de sabermos as propriedades das substâncias?. Já a entrevista semiestruturada, foi composta pela apresentação de cinco situações aos entrevistados: minerais dissolvidos na água mineral; água destilada X substância pura; propriedades das substâncias bem definidas; relação entre matéria e energia; termos “substância” e “elemento” usados no contexto da filosofia.

A análise dos dados consistiu da estruturação das diferentes concepções levantadas acerca do conceito de substância em diferentes categorias, que depois foram agrupadas em zonas do perfil conceitual. Para isso, consideramos aquelas concepções que de alguma forma guardam relação com o processo de ensino aprendizagem (JAMES, 1974), considerando os diferentes significados que podem ser atribuídos a um conceito por um mesmo indivíduo, sendo cada um pragmaticamente mais poderoso para lidar com determinados tipos de problemas (MORTIMER; SCOTT; EL-HANI, 2009). Uma vez selecionadas as concepções com forte valor pragmático, estruturamos as zonas a partir de compromissos epistemológicos e ontológicos que essas concepções apresentavam. Para a identificação de compromissos epistemológicos e ontológicos nas concepções analisadas, consideramos algumas correntes filosóficas propostas por Bachelard (1984), a discussão essencialista de Lakoff (1987) e a ontologia proposta por Chi (1992), que serão apresentadas na discussão dos dados.

Resultados e discussão

A partir da metodologia empregada, propomos as seguintes zonas para o perfil conceitual de substância: zona essencialista; zona generalista; zona substancialista; zona racionalista e zona relacional. Para constituição dessas zonas, primeiramente fizemos a análise das respostas dadas ao questionário. Agrupando respostas semelhantes e dividimos as respostas dos estudantes em diferentes modos de falar² sobre substância. Do ponto de vista quantitativo, analisamos um total de 801 respostas (relativas aos 89 sujeitos de pesquisa cada um respondendo 09 questões) e identificamos 24 modos de pensar. As respostas às questões foram consideradas em conjunto levando em conta que concepções semelhantes emergiam em respostas a diferentes questões. A segunda etapa da análise foi agrupar esses modos de pensar em categorias que expressassem visões mais amplas sobre o conceito de substância. Para o estabelecimento dessas categorias também foram levadas em conta as concepções levantadas na literatura em Ensino de Química e na História da Química, para quais também buscamos identificar compromissos epistemológicos e ontológicos. Com isso, a partir dos 24 modos de falar identificados, chegamos a 06 categorias. Finalmente, a partir das 06 categorias, constituímos as 05 zonas do perfil conceitual, citadas anteriormente. Na Tabela 1, apresentamos os 24 modos de pensar categorizados, ilustrando-os com a transcrição de algumas respostas (modos de falar) que podem justificar a classificação feita. Além disso, apresentamos as categorias em que cada um dos modos de pensar foi classificado com relação à visão sobre substância.

² Os modos de falar se referem às expressões escritas ou faladas pelos estudantes que, neste trabalho, consideramos estar relacionados com os modos de pensar dos mesmos.

Tabela 1. Respostas dos estudantes ao questionário, representativas de modos de pensar.

| Modos de pensar | Respostas dos estudantes - Modos de falar |
|---|---|
| Apresenta as substâncias como sendo formadas por elementos químicos VISÃO MICROSCÓPICA DA SUBSTÂNCIA | “Substância é um agregado de elementos químicos” (aluno do 3º ano – CAP - UFPE) |
| Define substância a partir da diferenciação entre substância, elemento químico e mistura. VISÃO MICROSCÓPICA DA SUBSTÂNCIA | “Substância pode ser entendida como um composto formado por um único elemento ou por mais de um elemento (...)” (2º ano – CAP - UFPE UFPE) |
| Define substância pura a partir da definição formal da química VISÃO MACROSCÓPICA DA SUBSTÂNCIA | “Substância pura é aquela que possui características físicas e químicas bem definidas” (Licenciando) |
| Tem consciência de que os elementos aristotélicos não são os mesmos elementos estudados na química VISÃO MICROSCÓPICA DA SUBSTÂNCIA | “A visão de elemento da filosofia não é semelhante com a visão que temos hoje. Mas, consideramos que a Terra possui os mais diversos elementos químicos, em conjunto com a água e o ar (...)” (2º ano – CAP - UFPE) |
| Define substância a partir das propriedades físicas, químicas ou organolépticas. VISÃO MACROSCÓPICA DA SUBSTÂNCIA | “Substância pura é aquela que tem todas as propriedades distribuídas igualmente. Um modo de se comprovar se a substância é pura é aquecendo-a. Se os pontos de fusão e ebulição permanecerem constantes, a substância é pura” (2º ano – CAP - UFPE) |
| Define substância a partir das suas classificações (simples, composta, orgânica, inorgânica). VISÃO MACROSCÓPICA DA SUBSTÂNCIA | “Substância é qualquer composto orgânico ou inorgânico” (2º ano – CAP - UFPE) |
| Define substância como sinônimo de coisa ou objeto VISÃO GENERALISTA DA SUBSTÂNCIA | “Remédios, produtos de higiene, alimentos e etc são todas substâncias químicas, pois a partir de ‘elementos primitivos’ eles são quimicamente alterados para melhor nos servir” (3º ano – CAP - UFPE) |
| Relaciona substâncias com tudo que nos rodeia VISÃO GENERALISTA DA SUBSTÂNCIA | “Substância é tudo aquilo que está em nossa volta. Quase tudo o que vemos no mundo é uma substância química” (2º ano da escola da RP - PE) |
| Confunde substância pura com a definição de substância simples VISÃO GENERALISTA DA SUBSTÂNCIA | “Substância pura é aquela formada por um mesmo elemento químico” (CLQ - UFRPE) |
| Apresenta uma visão compatível com aquela de que os quatro “elementos” aristotélicos são primordiais VISÃO ESSENCIALISTA DA SUBSTÂNCIA | “...o calor do Sol é fundamental à vida junto com água e ar, tanto que são consideradas condições primitivas para a existência da vida (...)” (3º ano – CAP - UFPE) |
| Apresenta uma visão de que a Natureza é formada por elementos VISÃO GENERALISTA DA SUBSTÂNCIA | “Não concordo com a visão filosófica pois hoje em dia existem vários outros elementos na natureza” (2º ano da escola da RP - PE) |

| Modos de pensar | Respostas dos estudantes - Modos de falar |
|--|---|
| Apresenta uma visão de que os elementos aristotélicos são formados por diversos átomos VISÃO MICROSCÓPICA DA SUBSTÂNCIA | “Hoje em dia sabemos que a água, terra, ar e fogo não são os elementos primordiais, eles já são exemplos da interação entre átomos” (2º ano – CAP - UFPE) |
| Apresenta uma visão de que a Natureza é formada por diversas substâncias VISÃO GENERALISTA DA SUBSTÂNCIA | “Na Natureza existem muitas outras substâncias além dessas (...)” (Licenciando) |
| Usa a ideia de substância no sentido de “essência” VISÃO ESSENCIALISTA DA SUBSTÂNCIA | “Substância pode significar existência” (2º ano – CAP - UFPE) |
| Relaciona substância com aquilo que é natural ou pode ser sintetizado VISÃO MACROSCÓPICA DA SUBSTÂNCIA | “Substância é a forma na qual existe na Natureza ou pode ser sintetizada a partir de uma determinada matéria (espécie) química” (CLQ - UFRPE) |
| Relaciona as propriedades com os benefícios/malefícios aos seres humanos ou importância dela na vida VISÃO ESSENCIALISTA DA SUBSTÂNCIA | “As propriedades são importantes para sabermos o que ela (substância) tem e que produtos podemos usar. Se é perigoso ou não” (2º ano da escola da RP - PE) |
| Considera as propriedades como características essenciais para se conhecer a substância VISÃO MACROSCÓPICA DA SUBSTÂNCIA | “Se não conhecermos as propriedades, não podemos identificá-la (a substância)” (2º ano da escola da RP - PE) |
| Define substância a partir da sua capacidade de reagir com outras VISÃO MACROSCÓPICA DA SUBSTÂNCIA | “Substância química é toda substância que gera uma reação química” (2º ano da escola da RP - PE) |
| Associa substância à industrialização VISÃO MACROSCÓPICA DA SUBSTÂNCIA | “Substância é uma coisa que pode ser industrializada” (2º ano da escola da RP - PE) |
| Concorda com a visão de que as substâncias são essenciais à vida VISÃO ESSENCIALISTA DA SUBSTÂNCIA | “A química tem suas substâncias, pois sem as substâncias a química não teria vida” (2º ano da escola da RP - PE) |
| Considera como substância processos que ocorrem com os materiais VISÃO SUBSTANCIALISTA DA SUBSTÂNCIA | “O calor é uma substância, pois os corpos absorvem ou liberam calor” (CLQ - UFRPE) |
| Não distingue aspectos macroscópicos de microscópicos na caracterização da substância VISÃO SUBSTANCIALISTA DA SUBSTÂNCIA | “Sim, o ponto de ebulição de uma molécula de água é 100°C” (CLQ - UFRPE) |
| Usa o termo “substância” para expressar algo material VISÃO GENERALISTA DA SUBSTÂNCIA | “Substância está no sentido de matéria ou conteúdo (...)” (3º ano – CAP - UFPE) |

| Modos de pensar | Respostas dos estudantes - Modos de falar |
|--|---|
| Demonstra visão relacional das propriedades das substâncias, tendo consciência de que elas variam com o meio VISÃO RELACIONAL DA SUBSTÂNCIA | “As propriedades das substâncias podem variar por influência externa, como condições do ambiente ou de elementos da mistura” (3º ano – CAP - UFPE) |

A partir do agrupamento de modos de pensar semelhantes, a análise nos levou à constituição das categorias apontadas em maiúscula acima. Cada zona do perfil conceitual foi constituída considerando aspectos epistemológicos e ontológicos implicados nas categorias propostas. As categorias e respectivas zonas do perfil conceitual são mostradas na Tabela 2.

Tabela 2. Categorias propostas a partir dos modos de falar e zonas do perfil conceitual

| CATEGORIAS | ZONAS DO PERFIL CONCEITUAL |
|--|-----------------------------------|
| Visão essencialista da substância | Zona essencialista |
| Visão generalizada da substância | Zona generalista |
| Visão substancialista da substância | Zona substancialista |
| Visão microscópica da substância | |
| Visão macroscópica da substância | Zona racionalista |
| Visão relacional da substância | Zona relacional |

Zonas do Perfil Conceitual de Substância

As duas primeiras zonas mostradas na Tabela 2 acima correspondem às concepções não científicas e representam formas ingênuas e intuitivas de pensar o conceito de substância. Na zona essencialista foram agrupadas concepções com significados metafísicos e filosóficos, nas quais são levadas em conta aplicações e importância das substâncias na nossa vida, sem que haja suporte científico para essas considerações. Já a zona generalista, foi constituída por concepções em que as substâncias são vistas como algo material e palpável, porém sem que seja apresentado algum esforço de sistematização ou diferenciação entre substâncias, materiais e elementos. A diferença entre essas duas zonas pode ser colocada considerando aspectos ontológicos, visto que a zona generalista é proposta a partir de concepções que representam as substâncias de forma material e real, e a zona essencialista se constitui a partir de ideias abstratas e metafísicas sobre as substâncias, que podem ou não ser representadas materialmente.

A zona substancialista representa uma transição entre as zonas não científicas e científicas. As concepções de substância nesta zona se aproximam do conceito químico e estão associadas às suas diversas propriedades, que são materializadas e ganham o *status* de uma característica intrínseca dos materiais. O que difere as concepções desta zona das duas anteriores é a expressão consciente sobre a existência de diversas substâncias e que estas apresentam propriedades específicas. Nesta zona temos uma ontologia material (CHI, 1992), sendo as substâncias consideradas corpos materiais.

Nas duas últimas zonas – racionalista e relacional - temos formas científicas de pensar o conceito de substância. Na zona racionalista foram agrupadas concepções que representam níveis macro e microscópico para conceitualização de substância. Em nível macroscópico, temos a caracterização das diversas substâncias pelas propriedades, consideradas como fatores determinantes na identificação de diferentes substâncias, de forma que são consideradas inalteráveis e únicas para cada uma delas. Além disso, temos as classificações formais propostas na Química, tais como: substâncias simples, composta, orgânica, inorgânica e etc. Em nível microscópico, verificamos a consciência de que os materiais são formados por diversas substâncias e estas por elementos químicos. A diferenciação entre esses conceitos é feita de forma consciente. No pensamento racionalista, podemos identificar uma hierarquia na composição da matéria, considerando que os elementos formam as substâncias e estas compõem as misturas. Desse modo, temos a substância como algo tangível e que pode ser isolado.

Na zona relacional, temos um nível de compreensão mais complexo, no qual as relações das substâncias entre si, com o meio e a energia são determinantes para a conceitualização das mesmas. As propriedades são vistas como um jogo relacional e não como parâmetros completamente definidos, como na zona racionalista. Na zona relacional, substância e energia são consideradas conjuntamente, e a relação entre as duas não implica na visão de que substâncias são formas moleculares e geométricas bem definidas, mas sim como algo que em mudança constante. A ideia de substância se desloca de um nível concreto para um nível de maior de abstração, visto que a substância considerada sob essa ótica não é algo que se materialize no mundo real. Dessa forma, as concepções implicadas nessa zona atribuem um caráter abstrato à ideia de substância e este aspecto marca uma diferença ontológica entre zona racionalista e relacional.

Para melhor compreensão das diferenças entre as zonas do perfil proposto, a seguir, apresentaremos uma discussão sobre as características epistemológicas e ontológicas de cada zona individualmente.

Zona Essencialista

Para fundamentar a constituição desta zona, usamos algumas das ideias propostas por Lakoff (1987), como base da sua discussão sobre metafísica objetiva essencialista. A ideia essencialista vem associada à dependência de certas propriedades para a conceitualização, o que na categorização de Lakoff (1987) sobre a visão padrão das definições, ele denomina de modelo clássico. Este modelo se inclui em uma metafísica objetiva e a concepção subjacente a este modelo de categorização é o essencialismo.

Nesta zona, as propriedades e as substâncias são a essência e o motivo principal da existência ou funcionamento das coisas, como podemos verificar em ideias propostas por Aristóteles acerca da substância. Essas ideias são abstratas, o que nos leva a enquadrá-las na categoria ontológica de abstração, proposta por Chi (1992).

Identificamos ideias essencialistas sobre substância nos escritos de Aristóteles. O filósofo grego se refere tanto à substância material (física) como imaterial (metafísica) quando se refere a um princípio de base para todas as coisas da natureza. Diante disso, a alma seria a substância do ser humano e a terra uma das substâncias primordiais que

compõe o mundo físico (ARISTÓTELES, 2006). Além disso, a substância guarda a essência dos objetos que ela compõe. Essa essência é uma entidade primária, que se conserva, mesmo após todas as mudanças e transformações. Associadas a essa ideia, encontramos as concepções filosóficas acerca da substância ou elemento primordial, como o “apeiron”³ de Anaximandro e as ideias de Tales de Mileto sobre a “água” (PARTINGTON, 1989).

Na Idade Média, no período da Alquimia, também encontramos ideias essencialistas. Naquela época, era dada importância às substâncias metálicas pelos alquimistas, por exemplo, atribuindo às mesmas a capacidade de gerar e manter a vida (LEICESTER, 1967; PARTINGTON, 1989). Segundo os autores, os alquimistas buscavam, a partir da essência dos materiais, gerar substâncias que poderiam alongar a vida do ser humano, que poderiam atuar como um elixir da longa vida. Além disso, nesse período, era muito aceita a ideia de Paracelsus sobre os três princípios (*tria prima*) - sal, enxofre e mercúrio – que representavam o corpo, a alma e o espírito.

Nos dias atuais, encontramos na literatura concepções sobre substância, levantadas por pesquisadores, que também classificamos como essencialistas. No trabalho de Araújo, Silva e Tunes (1994), por exemplo, os autores verificaram que os estudantes investigados expressavam concepções de que a substância está presente e é a essência de cada uma das coisas que existe. Além desse tipo de concepção, os autores verificaram que alguns estudantes associavam as substâncias com os impactos diretos que elas causam em nossas vidas e na Natureza, como por exemplo, a poluição dos rios. Concepções semelhantes foram encontradas por Salloum e BouJaoude (2007), Johnson (2000) e Stavridou e Solomonidou (1998).

Zona generalista

Nesta zona, consideramos aquelas concepções em que o indivíduo generaliza o conceito, admitindo que qualquer tipo de material seja uma substância. Não há uma reflexão sobre a diversidade de substâncias que pode compor um mesmo material. As substâncias são vistas de forma ingênua e sob um ponto de vista unicamente macroscópico e concreto. Com essas características, podemos considerar que as concepções que fazem parte desta zona possuem um forte compromisso realista (BACHELARD, 1940/1984). As ideias generalistas se assemelham às aquelas apresentadas na zona essencialista, visto que não há uma definição formal sobre substância. O que difere essas duas zonas é o aspecto ontológico (CHI, 1992), como foi colocado anteriormente.

Na Grécia Antiga, podemos encontrar a ideia dos quatro elementos, proposta por Empédocles e difundida por Aristóteles. O elemento aqui tratado é o elemento filosófico, que segundo Aristóteles, é aquilo que compõe todas as coisas e não pode ser decomposto. É uma definição semelhante à de elemento químico, porém, nas ideias filosóficas temos substâncias e materiais físicos sendo classificados como “elemento”. Essa é a diferença ontológica entre essa e a zona anterior. Nesse sentido, essas ideias trazem uma visão generalista sobre substância. Na História da Química, ideias generalistas foram bem aceitas até os séculos XVII e XVIII, quando os trabalhos

³ Do grego “infinito” ou “ilimitado”. Matéria que teria dado origem ao mundo material e gerou os opostos (quente-frio, seco-úmido e etc).

Fonte: <http://www.intercom.org.br/papers/sipec/ix/trab26.htm> Acessado em 14/12/2013

de Boyle, Stahl, Black, Cavendish, Lavoisier, entre outros, mostraram que a matéria, na verdade, é constituída por diversas substâncias, que por sua vez são formadas por entidades mais simples: os elementos (LEICESTER, 1967; PARTINGTON, 1989).

Na literatura, encontramos diversas concepções de estudantes que classificamos como generalistas. Vogelesang (1987), por exemplo, identificou entre os estudantes uma visão de que “coisa” e “substância” possuíam o mesmo significado. Além disso, o autor observou que alguns estudantes não conseguiam conceituar “substância pura”. Araújo, Silva e Tunes (1994) também identificaram esse tipo de concepção. Nos sistemas conceituais levantados entre os estudantes, os autores afirmam que alguns deles usam a palavra “substância” como sinônimo de “coisa”, “material” ou “elemento”. Silva, Barbosa e Amaral (2000) também verificaram que os estudantes usavam o termo “substância” como sinônimo de coisa, material e elemento. Esses resultados são semelhantes aos encontrados por Papageorgio e Sakka (2000), Vogelesang (1987), Johnson (2000), Silveira (2003), Solomonidou e Stavrididou, (2000), Barbosa (2000), Salloum e BouJaoude (2007), Soares e Aguiar (2008) e Håland (2008).

Zona substancialista

Na zona substancialista, agrupamos concepções nas quais é demonstrada certa consciência de que a matéria é composta por substâncias e estas formadas por unidades menores. Para a constituição desta zona, consideramos a discussão de Bachelard com relação ao substancialismo, nas suas diferentes representações. De acordo com a discussão de Bachelard (1938/1996) e Oliveira (1995), em um dos tipos de substancialismo, a substância se mantém em todas as suas propriedades e na definição predicativa da substância - isso quer dizer que a substância não apresenta propriedades, mas ela é a própria propriedade dos materiais.

Diante disso, podemos encontrar concepções substancialistas sobre a substância em alguns períodos históricos, quando algumas ideias ganharam força, sendo defendidas por muitos químicos, mas que depois foram desacreditadas. Por exemplo, a ideia do flogisto, proposta por Stahl, em 1703, em que um processo (combustão) era substancializado. Partington (1989) afirma que o flogisto às vezes era considerado como um material; às vezes como matéria de fogo; ou substância terrosa (fuligem); princípio gorduroso (no enxofre, óleo, sebo e resinas). A ideia do flogisto foi abandonada, principalmente depois dos trabalhos de Lavoisier. Porém, a concepção substancialista continuou presente na ideia do calórico, defendida por Lavoisier (PARTINGTON, 1989).

Na literatura, encontramos em três trabalhos ideias substancialistas sobre o conceito de substância. Johnson (2000), por exemplo, percebeu que alguns estudantes substancializavam algumas propriedades organolépticas das substâncias, como cor, cheiro e doçura. Loverude (2002), ao investigar a relação que alguns estudantes fazem entre matéria e energia, percebeu que alguns estudantes materializavam a energia, imaginando que ela é uma substância material. Håland (2008) também encontrou ideias substancialistas, quando licenciandos consideravam que a cera da vela, quando queimada, era convertida em calor.

Zona racionalista

Para esta zona, consideramos concepções que se enquadram em um nível de pensamento que Bachelard (1938/1996) denomina de racionalista. Neste nível de entendimento, estão ideias que circulam no contexto do ensino de Química e apresentam um nível mais elevado de reflexão em relação às zonas anteriores, seja em nível macroscópico ou microscópico. Nessa zona encontramos concepções em que o indivíduo apresenta uma conceituação quimicamente aceita de substância pura (tendo consciência dos limites dessa ideia e do seu modelo implícito), diferencia substância elementar (elementos), composto (substância) e material (misturas), representa ou define as substâncias em nível microscópico e/ou pode explicá-las a partir de suas propriedades físicas e químicas.

Na História da Química, encontramos concepções racionalistas nos primeiros estudos sobre elementos e substâncias químicas, a partir de Boyle no século XVII. Naquele período, parece ser percebida a formação de um limite entre os conceitos de substância, elemento e mistura dentro do contexto da Química. Isso faz com que tenhamos uma hierarquia no modo de pensar o conceito, partindo do mais abstrato (elemento) para o mais concreto (misturas), visto que elementos e substâncias não existem no mundo real, apenas as misturas.

Os trabalhos de Boyle, Cavendish, Lavoisier, Cannizzaro entre outros, contribuíram para o fortalecimento do conceito de substância química com a identificação de diversas substâncias que compõem os materiais. Por exemplo, o ar atmosférico, que até o século XVII era considerado uma substância única, foi classificado como uma mistura composta por diversos gases (LEICESTER, 1967; PARTINGTON, 1989).

Na zona racionalista, as propriedades são vistas como o ponto mais importante na identificação e diferenciação das substâncias, sendo essas propriedades consideradas como inalteráveis. Mesmo sendo um tipo de concepção que permeia o pensamento químico, é limitado do ponto de vista da identificação e caracterização das substâncias. Considerando as propriedades bem definidas, os estudantes atribuem um comportamento padrão às substâncias sem atentar para as variações que este pode ter quando condições do meio são modificadas – como no caso da mudança do ponto de ebulição da água em altitudes elevadas. Ou podem considerar que as propriedades são características intrínsecas às substâncias, pertencendo a elas mesmas. Um exemplo desse pensamento é a propriedade ácida que é atribuída ao cloreto de hidrogênio quando, na verdade, essa acidez só pode ser verificada a partir do momento que essa substância interage com a água.

Na literatura, encontramos o trabalho de Vogelezang (1987) que identificou concepções de substância em nível macroscópico. O autor percebeu que alguns estudantes classificaram um material como substância quando ele apresentava “propriedades bem definidas”. Resultado semelhante foi encontrado por Papageorgio e Sakka (2000), quando alguns professores classificaram uma substância como aquilo que é encontrado na natureza com propriedades bem definidas. Esses resultados são semelhantes aos encontrados por Araújo, Silva e Tunes (1994), Salloun e BouJaoude (2007) e Håland (2008).

Zona relacional

Nesta zona, consideramos concepções sobre substância que tomam por base um jogo dialético das ideias presentes na zona racionalista, que são levadas a um nível mais complexo de compreensão do conceito. A categoria epistemológica chamada “ultrarracionalismo” (BACHELARD, 1940/1984) foi usada como suporte para a constituição desta zona. As concepções que fazem parte desta zona possuem uma natureza problematizadora com relação às outras, de forma que elas podem ser consideradas como absurdas para as demais zonas do Perfil (BACHELARD, 1940/1984). Para um químico do século XVIII, por exemplo, a concepção de que uma substância com propriedades ácidas, em determinadas condições, pode se comportar como uma base seria considerada totalmente errada.

Na zona relacional, as relações entre matéria e energia são usadas para explicar uma série de fenômenos, como as reações químicas e a síntese de substâncias. Além disso, a substância química não é considerada como algo estático, que não se modifica na sua constituição e propriedades com o meio ou na relação com outras substâncias. A água, por exemplo, deixa de ser a molécula estática que vemos sempre representada e passa a ser vista como um sistema em equilíbrio, em que nem todas as moléculas estão na forma H₂O (Figura 1).

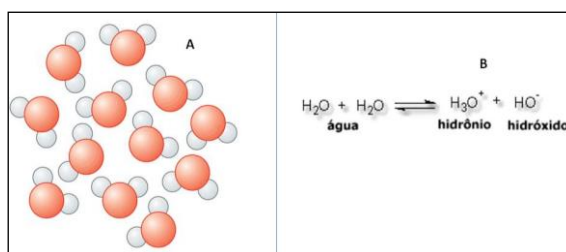


Figura 1. (A) moléculas de água representadas dentro de um sistema. (B) auto-ionização da água. Duas visões distintas da substância água, zona racionalista e relacional respectivamente.⁴

Outro exemplo da visão relacional para a substância são as diversas conformações que uma molécula de uma substância pode apresentar. Em uma análise conformacional, percebemos que a molécula se altera de acordo com a variação de energia (Figura 2).

A zona relacional também é expressa a partir do modo em que as propriedades das substâncias são entendidas. Nessa zona, é questionado que seja sempre possível identificar e isolar uma substância individual, com 100% de pureza, que apresente propriedades bem definidas. Sabemos que existem substâncias mais estáveis, isoladas com alto grau de pureza, no entanto, o nosso argumento é que isso não pode ser generalizado em um conceito, pois isso pode não ocorrer para outras substâncias. No pensamento dialético, a substância pode ser vista como algo que sempre está interagindo com o meio, o que torna difícil isolá-la. Além disso, não se pode considerar que as propriedades são absolutas para as substâncias, em quaisquer condições: um ácido pode apresentar acidez se não estiver dissolvido em água?; a valência de um

⁴ Imagem disponível em: (A) <http://fmcblog.files.wordpress.com/2009/05/agua.jpg>; (B) http://1.bp.blogspot.com/_hvGST7HW1Tw/R1vL_SbW3YI/AAAAAAAAADQ/m0UIVjq4tCc/s320/acido_6.gif. Data de acesso: 03/12/2013

elemento é determinada se ele estiver interagindo com outro; o ponto de ebulição da água não é o mesmo em todo lugar do globo terrestre; e tantos outros exemplos. Nesse sentido, podemos considerar que algumas propriedades das substâncias dependem das condições em que elas se encontram, ou seja, são relacionais. A ideia não é nova. Mortimer (1997), ao discutir as categorias para um perfil conceitual de molécula, mostrou que certas propriedades químicas, como acidez e basicidade, comportamento redox, efeitos de solventes em reações e outros dependem da interação entre moléculas e não unicamente da estrutura de uma espécie isolada.

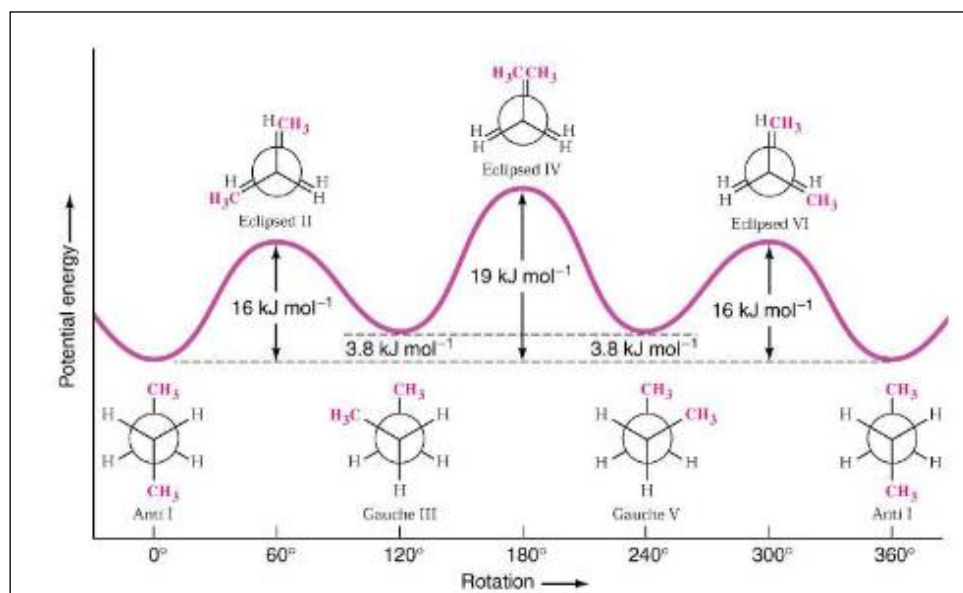


Figura 2. Variações de energia que surgem das rotações em torno da ligação C2 – C3 do butano. As variações energéticas determinam as conformações das moléculas da substância.⁵

Na História da Ciência, as concepções dialéticas do conceito de substância surgem entre os séculos XIX e XX. Avanços na compreensão das substâncias podem ter advindo de estudos sobre o fenômeno da radioatividade, por exemplo. O conhecimento crescente sobre a estrutura do núcleo atômico nos mostra que uma substância pode se converter em outra, pela emissão de radiação. Os estudos sobre o núcleo atômico também possibilitaram a compreensão das relações entre energia e matéria. Quando dois núcleos se fundem há uma enorme liberação de energia. Dessa forma, Becquerel forneceu as primeiras pistas para a origem da imensa energia do Sol (BRODY; BRODY, 2006). Anos mais tarde, Einstein sintetizou a relação matéria-energia de forma matemática, em sua famosa equação $E = mc^2$.

Diante do exposto, podemos considerar que há energia associada à matéria e consequentemente às substâncias que a compõem. Essa energia, que é intrínseca à matéria, não tem origem somente no núcleo. Podemos pensar essa energia em termos de energia provenientes de movimentos rotacionais, translacionais e vibracionais de uma molécula (GOBBI et al., 1998). Atkins e De Paula (2006, p. 28) apontam para a influência dessa energia nas substâncias: “muitas propriedades físicas e químicas dependem da energia associada com cada um desses movimentos”. A ideia de energia

⁵ Disponível em: <http://www.scribd.com/doc/2974434/Quimica-Conformacao-Alcanos>. Data de acesso: 03/12/2013

associada à substância nos faz refletir sobre as concepções de substância estática e com propriedades bem definidas. As moléculas estão em movimento no espaço. Alguns desses movimentos são relacionados com a energia potencial de cada molécula, o que faz com que ela tenha diversas conformações, como coloca Solomons e Fryhle (2005), explicando este fenômeno através do conceito de hiperconjugação, surgido recentemente, no século XXI (POPHRISTIC; GOODMAN, 2001). Mas não é somente a forma da substância que muda. Como afirmamos antes, pelas palavras de Atkins e De Paula (2006), as suas propriedades também mudam de acordo com a energia, e isso faz com que tenhamos uma visão relacional sobre delas.

Na literatura, apenas um trabalho que tinha por objetivo estudar as concepções de estudantes sobre a relação matéria-energia identificou esse tipo de concepção em estudantes: Loverude (2002) verificou que alguns estudantes relacionavam de forma coerente matéria-energia usando a relação de Einstein ($E = m.c^2$).

Considerações finais

Neste trabalho, a discussão dos dados coletados nos diversos contextos e a análise das concepções levantadas resultou na proposição de um perfil conceitual para o conceito de substância. A análise de concepções encontradas no desenvolvimento histórico do conceito e concepções informais apontadas na literatura em Ensino de Ciências orientou a investigação dos modos de falar que poderiam emergir na pesquisa em sala de aula. Com a triangulação dos dados oriundos das diversas fontes pesquisadas, propusemos e caracterizamos zonas para o perfil, considerando compromissos epistemológicos e/ou ontológicos implicados nas ideias analisadas. Cada zona do perfil conceitual de substância aqui proposto representa modos de pensar que podem estar associados a determinados contextos. Temos modos de pensar mais ingênuos, como aqueles encontrados na zona essencialista ou generalista, que são comumente usados no dia a dia e podemos considerar que fazem parte do senso comum e modos de pensar mais sofisticados, como aqueles que constituem a zona racionalista e relacional, que em geral estão presentes no contexto acadêmico e/ou escolar, em situações de ensino-aprendizagem de Química.

Consideramos que o conhecimento da existência de um perfil de concepções no aluno pode ajudar o professor no planejamento de ensino do conceito de substância. Dessa forma, ele terá conhecimento de que possíveis concepções podem emergir durante a aula e saber situá-las em contextos adequados. Assim, acreditamos que este trabalho poderá contribuir para a melhoria no ensino deste conceito, que é um dos mais importantes na Química, fazendo com que o aluno tenha consciência da variedade de modos de pensar que este e outros conceitos podem apresentar.

Agradecimentos

À CAPES pelo financiamento.

Referências

- AMARAL, E. M. R. **Perfil conceitual para a segunda lei da termodinâmica aplicada às transformações físicas e químicas e dinâmica discursiva em uma sala de aula de química do ensino médio**. 2004. Tese (Doutorado) - Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2004.
- AMARAL, E. M. R.; MORTIMER, E. F. Un perfil conceptual para entropía y espontaneidad: una caracterización de las formas de pensar y hablar en el aula de Química. **Educación Química**, v. 15, n. 03, p. 01-75, 2004.
- _____. Uma proposta de perfil conceitual para o conceito de calor. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**. Belo Horizonte. v.1 n.3 p. 1-16. 2001.
- ARAÚJO, D. X; SILVA, R. R.; TUNES E. O conceito de substância química apreendido por alunos do ensino médio. **Química Nova**, v.01, n18. 80-90. 1994.
- ARISTÓTELES. **Metafísica**. São Paulo: Edipro Editora, 363p. 2006.
- ATKINS, P.; DE PAULA, J. **Atkins Físico-Química**. 8ª ed. Rio de Janeiro: LTC. 589 p. 2006.
- BACHELARD, G. **A formação do Espírito Científico**. Rio de Janeiro Contraponto editora. 314p.1996.
- _____. **A Filosofia do Não**. In: Os pensadores. São Paulo: Abril Cultural, p.01-87. 1984.
- BRODY, D.E.; BRODY, A. R. **As sete maiores descobertas científicas da História**. 7ª Ed. São Paulo: Cia. Das Letras, 436p. 2006.
- CHI, M.T.H. Conceptual change within and across ontological categories: Examples from learning and discovery in science.1992 In: R. Giere (Ed.). **Cognitive models of Science: Minnesota Studies in the philosophy of Science**. Minnesota: University of Minnesota Press.
- COUTINHO, F. **Construção de um perfil conceitual de vida**. 2005. 209p. Tese de Doutorado – Faculdade Educação da UFMG. Belo Horizonte, 2005.
- ERICKSON, G. L. Heat and temperature. Part A: An overview of pupils' ideas. In R. DRIVER; E. GUESNE; A. TIBERGHIE (Orgs.), **Children's ideas in science** Milton Keynes, UK: Open University Press 1985, 55-66.
- HÅLAND, B. Teacher-training students' conception of matter and substances, some results from 31 interviews. In: 9th Nordic Research Symposium on Science Education. **The Proceedings of...** Disponível em: http://mennta.hi.is/malthing_radstefnur/symposium9/synopsis/nfsun9_submission_14.doc.2008. Acesso em 24/05/2010.
- JAMES, W. **Pragmatismo** – Textos Seleccionados. SP: Abril Cultural, 1974. Col Os Pensadores, vol 40. 1974.
- JOHNSON, P. Children's understanding of substances, part 1: recognizing chemical change. **International Journal of Science Education**, v. 22, n. 7, 719 — 737. 2000.
- LAKOFF, G. **Women, Fire, and Dangerous Things**. Chicago: The University of Chicago Press, 632p. 1987.
- LEICESTER, H. M. **Panorama Historico de la Quimica**. Madrid, Alhambra, 313p. 1967.

- LOVERUDE, M. Do students conceptualize energy as a material substance? In: Physics Education Research Conference 2002. Part of the PER Conference series Biose, **Atas...**, Idaho, 2002.
- MORTIMER, E. F. Conceptual Change or Conceptual Profile Change? **Science & Education**. Netherlands: Kluwer Academic Publishers. p. 268-283. 1995.
- _____. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? **Investigações em Ensino de Ciências**. v. 1, p.20-39, 1996
- _____. Para além das fronteiras da química: relações entre filosofia, psicologia e ensino de química. **Química Nova**, v. 20, n. 2, 200-207, 1997.
- _____. **Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciências**. Belo Horizonte: UFMG, 382p. 2000.
- MORTIMER, E. F.; SCOTT, P.; EL-HANI, C. N. Bases teóricas e epistemológicas da abordagem dos perfis conceituais. In: VII Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências. Florianópolis. **Atas...** Belo Horizonte: ABRAPEC, 2009.
- OLIVEIRA, R. J. O Mito da Substância. **Química Nova na Escola**. São Paulo v.1 n.1, p.8-11. 1995.
- PAPAGEORGIOU, G.; SAKKA, D. Primary school teachers' views on fundamental chemical concepts. **Chemistry education: research and practice in Europe**. v. 1, n. 2, p.237-247. 2000.
- PARTINGTON, J. R.; **A Short History of Chemistry**, 3rd ed., New York: Dover Publications, 415p. 1989.
- POPHRISTIC, V.; L. GOODMAN. Hyperconjugation not steric repulsion leads to the staggered structure of ethane. *Nature*. 2001. In: ATKINS, P.; DE PAULA, J. **Atkins Físico-Química**. 8ª ed. Rio de Janeiro: LTC. 589p. 2006.
- POSNER, G.J.; STRIKE, K.A.; HEWSON, P.W.; GERTZOG, W.A Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. **Science Education**. n.66, v.2 p.211-227. 1982.
- POZO, J.I.; CRESPO, M.A.G. Aprender y enseñar ciencia. Madrid: Ediciones Morata, 1998.
- SALLOUM, S. L.; BOUJAOUDE, S. 'Careful! It is H₂O? Teachers' Conceptions of Chemicals'. **International Journal of Science Education**, v. 30, n. 1, p.33-64, 2007.
- SCHUTZ, A. The phenomenology of the social world. New York: Northwestern University Press, 1967 In: MORTIMER, E.F. **Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciências**. Belo Horizonte: UFMG, 2000.
- SEPULVEDA, C; MORTIMER, E. F.; EL-HANI, C. Construção de um perfil para o conceito de adaptação evolutiva. In: VI ENPEC – Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências. Florianópolis . **Atas...** Belo Horizonte: ABRAPEC. 2007.
- SILVA, D. **Estudo das trajetórias cognitivas de alunos no ensino da diferenciação dos conceitos de calor e temperatura**. 1995. 316 p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

SOARES, A. G; MATOS, S. A.; COUTINHO, F. Â.; MORTIMER, E. F. Estudos preliminares sobre o perfil conceitual de espécie. In: VI ENPEC – Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências. Florianópolis . **Atas...** Belo Horizonte: ABRAPEC. 2007.

SOLOMONIDOU, C.; STAVRITOU, H. From Inert Object to Chemical Substance: Students' Initial Conceptions and Conceptual Development during an Introductory Experimental Chemistry Sequence. **Science Education**, n. 84, p.382-400, 2000.

SOLOMONS, T. W.,G.; FRYHLE, C.,B. **Química Orgânica**. Vol. 1, 8ª Ed. São Paulo: LTC, 766p. 2005.

STAVRIDOU, H.; SOLOMONIDOU, C. Physical phenomena - chemical phenomena: do pupils make the distinction? *International Journal of Science Education*, 11(1), p.83-92. 1998. In: JOHNSON, P. Children's understanding of substances, part 1: recognizing chemical change. **International Journal of Science Education**, v.22, n.7, p.719-737. 2000.

VIGGIANO, E.; MATTOS, C. R. É possível definir contextos de uso de zonas de perfil conceitual com um questionário? In: VI ENPEC – Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências. Florianópolis . **Atas...** Belo Horizonte: ABRAPEC. 2007.

VOGELEZANG, M. J. Development of the concept 'chemical substance' - some thoughts and arguments. **International Journal of Science Education**, v. 9 n. 5, p. 519-528. 1987.

WERTSCH, J.V. **Vigotski and the social formation of mind**. Cambridge, Mass: Harvard University Press, 262p. 1985.

Submetido em março de 2012, aceito em novembro de 2013.