

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE
CIÊNCIAS E MATEMÁTICA



JEAN KARLO SILVA DE MIRANDA

PRODUÇÃO E ANÁLISE DE UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO E APRENDIZAGEM
SOBRE SOLUÇÕES NA PERSPECTIVA DA ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA

Maceió/AL

2018

JEAN KARLO SILVA DE MIRANDA

PRODUÇÃO E ANÁLISE DE UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO E APRENDIZAGEM
SOBRE SOLUÇÕES NA PERSPECTIVA DA ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal de Alagoas como requisito parcial para realização do exame de defesa de mestrado.

Orientador: Prof. Dr. Wilmo Ernesto Francisco Junior.

Maceió/AL

2018

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central

Bibliotecária Responsável: Janis Christine Angelina Cavalcante – CRB: 1664

M672p Miranda, Jean Karlo Silva de.

Produção e análise de uma sequência de ensino e aprendizagem sobre soluções na perspectiva da alfabetização científica / Jean Karlo Silva de Miranda. – Maceió, AL, 2018.

116 f.: il. color.

Orientador: Wilmo Ernesto Francisco Júnior.

Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) –

Universidade Federal de Alagoas. Centro de Educação. Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática. Maceió, 2018.

Bibliografia: f. 94-98.

Apêndices: f. 99-116.

1. Ensino de matemática. 2. Sequência de ensino e aprendizagem.
2. Soluções químicas. 3. Alfabetização científica. 4. Modelo atômico molecular. I. Título.

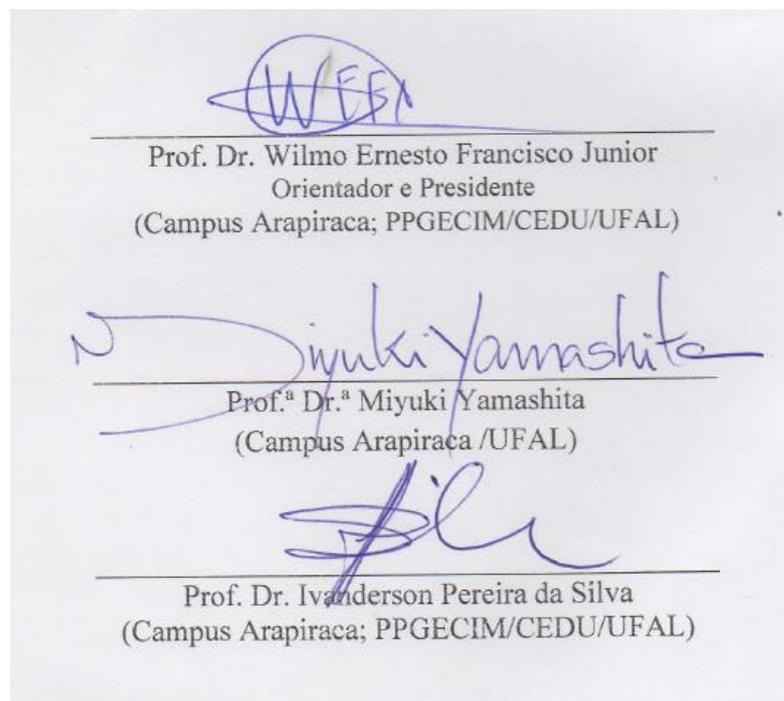
CDU: 37:54

JEAN KARLO SILVA DE MIRANDA

**PRODUÇÃO E ANÁLISE DE UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO E APRENDIZAGEM
SOBRE SOLUÇÕES NA PERSPECTIVA DA ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA**

Dissertação apresentada à banca examinadora como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática – Subárea de Concentração “Ensino de Química”, pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática do Centro de Educação da Universidade Federal de Alagoas, aprovada em 04 de maio de 2018.

BANCA EXAMINADORA



Ao Senhor, meu Deus, toda a honra, toda a glória e todo louvor. Aos meus pais pelo exemplo de luta e zelo por minha educação e à minha amada esposa pelo amor, orações e compreensão.

AGRADECIMENTOS

Ao Deus Todo Poderoso que tem me guiado e que me fortalece em todos os momentos com sua forte destra.

Ao professor Dr. Wilmo Ernesto Francisco Júnior pelas valiosas orientações e compreensão.

A todos os que fazem o Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática (PPGECIM).

À minha família pelas orações, pelo carinho, compreensão e encorajamento. Em especial à minha esposa Michelle de Souza Miranda pelo seu amor.

Ao meu pastor Luiz Xavier e sua esposa Cleide Ramos, por suas orações, conselhos e amizade valorosa.

Aos meus irmãos na fé que também oraram e torceram por mim.

À minha irmã Vitória Miranda que me incentivou na leitura e sempre orou e torceu por mim.

A Erivaldo Vieira, colega na graduação e no mestrado, pelo encorajamento e pela amizade.

À professora/gestora Ivaneide Manguiera e aos meus colegas professores da Escola de Referência em Ensino Médio de Arcoverde (EREMA) pelo apoio e compreensão sem os quais não teria conseguido cursar o PPGECIM.

Aos meus queridos alunos que participaram desta pesquisa e a suas famílias pela confiança e encorajamento.

“Grandes coisas fez o Senhor por nós, e, por
isso, estamos alegres.”

Salmos 126.3

RESUMO

No presente trabalho, foi proposto o desenvolvimento e a aplicação de uma sequência de ensino-aprendizagem (SEA) sobre os conceitos introdutórios do conteúdo soluções que considera a perspectiva da alfabetização científica, AC, objetivando discutir a trajetória de aprendizagem por ela gerada. Suas atividades foram distribuídas em 8 etapas, num total de 14 aulas, sendo baseada em eixos estruturantes de AC, os quais contemplavam a compreensão de conceitos científicos relacionados ao conteúdo soluções químicas, reflexões acerca da natureza das ciências e das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio-ambiente, CTSA. As referidas etapas se constituíram de aulas expositivas, experimentos em laboratório, uso de simuladores virtuais, leitura e escrita de textos, bem como a aplicação de questionários (um deles contendo questões diagnósticas e outro contendo uma avaliação final). A pesquisa se configurou num estudo de caso, no qual os dados foram categorizados de modo a permitir uma busca de indícios de que o processo de AC foi fomentado pela SEA, o que se deu por meio de indicadores como seriação e classificação de dados, explicação, justificativa e outros. Os participantes da pesquisa foram estudantes da segunda série do Ensino Médio de uma escola de ensino integral do Sertão de Pernambuco, na qual um dos pesquisadores é professor de Química. Os dados demonstraram que muitos deles já utilizavam o modelo atômico-molecular para representar a água (solvente utilizado nos experimentos da SEA) em suas fases líquida e gasosa, mas sem aprofundar suas explicações com base em conceitos científicos. A análise dos dados do questionário avaliativo final indicou que a compreensão da interação entre as partículas do soluto e do solvente (fator crucial para o entendimento das soluções químicas) ainda precisa ser aprofundada, pois muitas respostas demonstraram uma aprendizagem superficial do tema e a persistência de concepções alternativas. Quanto ao processo de AC, ao longo da sequência os estudantes tiveram uma maior aproximação com uma cultura científica ao proporem e testarem hipóteses na etapa experimental, ao discutirem e compararem resultados obtidos em laboratório e ao buscarem dados em fontes como livros e sites especializados para fundamentarem argumentos nos textos por eles produzidos, o que demonstra que a SEA contribuiu para o fomento do referido processo.

Palavras-chave: Soluções químicas; sequência de ensino e aprendizagem (SEA); alfabetização científica (AC); modelo atômico-molecular.

ABSTRACT

On this paper we propose the development and implementation of a teaching-learning sequence (TLS) over the introductory concepts of content solutions that consider the scientific literacy perspective, SL, focusing on elaborating the learning curve created. The activities were spread in 8 phases with a total of 14 classes, being referenced on SL, which contemplated the understanding of scientific concepts related to chemical solutions, reflections about the nature of science and the relationship between science, technology, society and environment, STSE. These steps consisted on demonstration classes, lab experiments, virtual simulators, reading and writing as well as questionnaires (one with diagnostic questions and a second final test). The research was setup as a case study in which data was categorized in a way to allow searching for signs that the SL process was fomented by SEA, which was through indicators such as data grading and classification, explanation, justification and others. The participants of the study were full period students of a middle/high school from "Sertao de Pernambuco" from which one of the researchers is a chemistry teacher. The data collected proved that many of the students already used the atomic-molecular model to represent water (solvent used on SEA experiments), both in its liquid and gaseous phases, but without deepening their understanding on scientific concepts. The final evaluation test data analysis indicated that the understand of solute and solvent particle interaction (a crucial factor to understand chemical solutions) still needs to be deepened, because many of the responses demonstrated superficial learning of the subject and alternate concepts. As for the SL process, throughout the sequence students had a greater involvement with scientific culture by proposing hypotheses during the experiment phase, by discussing and comparing results obtained in the lab and by searching for data in other sources such as books and specialized websites to substantiate the arguments produced by them, showing that TLS contributed to their learning process.

Key-words: Chemical solutions; teaching-learning sequence (TLS); scientific literacy (SL); atomic-molecular model.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Representação comum em livros-texto sobre a formação do cloreto de sódio.....	28
Figura 2: Equipamento para condutividade elétrica utilizado nos experimentos.....	50
Figura 3: Incidência de respostas para as categorias elencadas para os dados acerca da interação das moléculas de água na fase líquida e na fase gasosa.....	53
Figura 4: Essencialmente fenomenológico.....	54
Figura 5: Sai do essencialmente fenomenológico para uma tentativa de emprego do atômico molecular, porém sem texto explicativo.....	56
Figura 6: Relaciona fenômeno com propriedades atômico-moleculares, mas não usa modelo adequadamente em sua explicação.....	57
Figura 7: Aproximação ao modelo científico para a dissolução (questionário avaliativo final).....	81
Figura 8: Essencialmente fenomenológico (questionário avaliativo final).....	82
Figura 9: Apresenta visão atômico-molecular, mas não considera a interação soluto-solvente (questionário avaliativo final).....	84
Figura 10: Apresenta visão atômico-molecular e considera a interação soluto-solvente, mas não explica o mecanismo (questionário avaliativo final).....	86
Figura 11: Apresenta visão atômico-molecular e considera a interação soluto-solvente, porém com explicação inadequada (questionário avaliativo final).....	88
Figura 12: Apresenta visão atômico molecular e considera a interação soluto-solvente com explicação adequada (questionário avaliativo final).....	89
Figura 13: Equipamento para condutividade elétrica utilizado nos experimentos.....	101

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Comparação entre os diferentes tipos de dispersão.....	25
Quadro 2: Etapas da SEA “O que tem na água”	44
Quadro 3: Presença dos eixos estruturantes de AC nas produções textuais dos sujeitos da pesquisa.....	74

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 O CONCEITO DE SOLUÇÕES QUÍMICAS: DIFICULDADES DE APRENDIZAGEM E SUGESTÕES DE TRABALHO.....	18
2.1 Fatores que se Configuram em Dificuldades para o Estudo da Química.....	18
2.2 Especificidades do Tema Soluções e suas Dificuldades.....	23
3 ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA	29
3.1 Breve Histórico, Pressupostos Teóricos e Orientações Gerais	300
3.2 Classificações da AC e Eixos Estruturantes.....	34
3.3 Indicadores de Alfabetização Científica	39
4 SEQUÊNCIA DE ENSINO E APRENDIZAGEM.....	40
5 METODOLOGIA.....	433
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	52
6.1 Etapa 1: Questionário Diagnóstico.....	52
6.2 Etapa 2: Leitura do Texto "Um Problema de Todos" e Exibição do Vídeo com Reportagem sobre o Acidente Ocorrido em Mariana, MG, Seguida de Discussão acerca da Temática Abordada.....	59
6.3 Etapa 3: Exibição de Vídeo da TV Química Nova na Escola, QNEsc, acerca das Propriedades da Água, Seguido de Debate e Explanação sobre Forças Intermoleculares e Polaridade.....	62
6.4 Etapa 4: Atividade Experimental - Condutividade Elétrica em Diferentes Amostras de Água.....	64
6.5 Etapa 5: Discussão Conceitual acerca dos Resultados Obtidos no Experimento Utilizando Simulação do Phet.....	68
6.6 Etapa 6: Análise de Rótulo de Água Mineral e Suco, Seguida de Estudo dos Tipos de Dispersão - Suspensão, Coloide e Solução Verdadeira.....	71
6.7 Etapa 7: Discussão acerca das Respostas dadas às Questões Propostas e Orientações sobre a Escrita do Texto com a Continuação da Estória.....	73
6.8 Etapa 8: Análise das Respostas dadas ao Questionário Avaliativo Final.....	80
7 CONCLUSÃO.....	90
REFERÊNCIAS.....	93
APÊNDICE I: PRODUTO EDUCACIONAL.....	98
APÊNDICE II: SITUAÇÃO PROBLEMATIZADORA.....	108

APÊNDICE III: QUESTIONÁRIO DIAGNÓSTICO.....112
APÊNDICE IV: QUESTIONÁRIO AVALIATIVO FINAL.....115

1 INTRODUÇÃO

Pode-se afirmar que a sociedade contemporânea não vive sem os produtos da ciência e da tecnologia. Desde smartphones a medicamentos sintéticos, passando por tecidos, veículos, combustíveis, até o tratamento da água que consumimos, entre outros. Todavia, a ciência e a tecnologia evoluem rapidamente e com significativa influência em nosso cotidiano, não basta apenas consumir tais produtos é necessário refletir acerca das implicações contidas no seu uso sejam elas ambientais, econômicas, políticas, etc.

Nesse contexto, o Ensino de Ciências da Natureza ganha um grande destaque sendo considerado como pré-requisito para a formação de cidadãos conscientes de sua responsabilidade com o meio ambiente, com outros cidadãos e com conhecimentos necessários para pensarem acerca de questões atuais, tomando decisões fundamentadas ante a diversos problemas (CACHAPUZ et. al, 2011). As orientações curriculares para o Ensino Médio (OCEM) corroboram essa visão afirmando que: “O mundo atual exige que o estudante se posicione, julgue e tome decisões, e seja responsabilizado por isso” (BRASIL, 2008, p. 106).

No entanto, os resultados para o ano de 2015 do Programa Internacional de Avaliação de Estudos (PISA), de responsabilidade da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) que o elabora a cada três anos, revelaram que 56,6% dos estudantes brasileiros estão abaixo do nível dois em Ciências Naturais – os conhecimentos do nível dois representam o mínimo para que um indivíduo exerça sua cidadania (TOKARNIA, 2016).

Na minha atuação como professor de Química tenho ouvido com frequência uma parcela considerável dos educandos referir-se a tal disciplina como uma matéria difícil de aprender, que só serve para passar numa prova de vestibular ou no ENEM. Tais comentários demonstram uma aversão a essa importante ciência por parte de muitos discentes, os quais a vêem como “algo desinteressante e sem sentido, que apenas exige esforço de memória” (MORTIMER et al., 2000, p. 275).

Por outro lado, muitos educandos se interessam por práticas experimentais. Observei nas minhas aulas que a maioria deles parecia motivada quando a aula envolvia um experimento. Nessas ocasiões, relatavam que todas as aulas deveriam ter uma prática de laboratório. Todavia, os experimentos, por si só, não eram capazes de promover a aprendizagem. Um dos problemas detectados estava na forma com a qual as práticas eram conduzidas, visto que eu as pautava ora no ensino por descoberta, no qual se espera que o

aluno descubra, dedutivamente, os conteúdos por trás da experiência, ora numa mera demonstração dos conceitos vistos na aula teórica, com o único intuito de demonstrar uma lei científica, sem nenhuma problematização ou aplicação social do conteúdo estudado.

Buscando soluções para melhor compreender tal problemática e minimizá-la procurei um programa de mestrado. Na época, um colega da graduação em Química me indicou o Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática (PPGECIM), da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), em Maceió, Alagoas (AL), o qual ele havia cursado. No curso, entrei em contato com autores que responderam muitas das minhas inquietações como professor. Entendi que não há fórmula pronta para o ensino, seja lá de qual matéria for, mas sim uma necessidade de pesquisa e aplicação.

Percebi, por meio das aulas e das leituras no mestrado que a ideia de que o estudo das Ciências Naturais é imprescindível para a sociedade, devido aos avanços proporcionados por ela e pela tecnologia, surgiu há muitas décadas. No entanto, pesquisas relatam que o ensino de ciências como a Química, por exemplo, tem sido ministrado, na maioria dos casos, de forma descontextualizada e conteudista, com o objetivo de preparar os estudantes para prestarem exames classificatórios ou para uma possível carreira científica, sem considerar a formação cidadã na qual a ciência tem um importante papel (BRASIL, 2008; MORTIMER et al., 2000; KRASILCHIK, 1992). Era essa, infelizmente, a realidade das minhas aulas, mesmo as de laboratório. Um ensino a-histórico, memorístico e passivo, bem diferente do que propõem as OCEM e que, infelizmente, também faz parte do imaginário dos estudantes.

Dessa forma, ao longo do mestrado, minhas pesquisas foram me direcionando para uma busca por um ensino que aproximasse a Química do cotidiano dos estudantes, os fazendo pensar a sua realidade, o que me fez notar o quão se faz necessária uma alfabetização científica no ensino de Química. Autores como Chassot (2003), Sasseron e Carvalho (2011) Auler e Delizoicov (2001) definem a alfabetização científica (AC) em linhas gerais como uma forma de trabalhar os conteúdos visando à formação de um cidadão crítico que compreenda que a Ciência não é algo neutro, mas sim sujeita a fatores éticos e políticos, buscando entender suas relações com a tecnologia, a sociedade e o ambiente e que tenha um conhecimento básico de conceitos fundamentais para a ciência. Para Chassot (2011) a AC tem como propósito principal permitir ao educando saber usar conhecimentos científicos para interpretar o mundo a sua volta e, a partir disso, ter condições de fazer escolhas fundamentadas, buscar soluções para diversos problemas e inserir-se num debate científico. Para Bybee (1997) apud Cachapuz et al. (2011) a AC pode ser alcançada por meio da imersão dos estudantes numa cultura científica. Não se trata, no entanto, do já citado ensino por

descoberta, ou da tentativa de formar jovens cientistas, mas sim de uma abordagem mais investigativa, que permita aos estudantes entenderem a ciência como uma criação sócio-cultural, passível de erros, de mudanças, até mesmo rupturas e com muitas implicações. Rui (2013) corrobora essa visão, denunciando que o ensino muitas vezes apresenta uma abordagem que visa à formação de mão de obra para as fábricas, ou de meros consumidores, leitores de publicidade e propaganda, enquanto que deveria formar leitores críticos que busquem usar seus conhecimentos para pensarem sobre a realidade a sua volta.

Ainda há muito o que ser discutido quanto a que saberes um indivíduo deve ter para ser considerado cientificamente alfabetizado, porém Sasseron e Carvalho (2008) propõem indicadores para auxiliar o professor a por a AC em processo de construção em suas aulas, sendo eles: a seriação de informações, a organização de informações, a classificação de informações, o raciocínio lógico, o raciocínio proporcional, o levantamento de hipótese, o teste de hipótese, a justificativa, a explicação e a previsão.

Tais indicadores são, portanto, destrezas necessárias para o fomento da AC entre os estudantes e podem, ainda, tornar o Ensino de Química algo mais prazeroso e plausível para os mesmos, por aproximar-los do fazer científico.

Todavia, aproximar os estudantes de um prática científica, mais especificamente química, também significa ajudá-los no entendimento dos modelos haja vista que Química, como exposto acima, é uma ciência muito abstrata e que sem o conhecimento da estrutura da matéria, outros conhecimentos importantes não só desta mas também de outras ciências não serão aprendidos. Assim, embora muitos conceitos químicos possam ser aprendidos no cotidiano, sua compreensão real exige um entendimento da natureza da matéria, em nível sub-microscópico (ECHEVERRIA, 1996; SIRHAN, 2007).

Vi nesse fato, por exemplo, a razão das muitas dificuldades que os meus estudantes encontravam no estudo das soluções, percebendo que eu enfocava mais aspectos quantitativos, os quais, por si só, não garantiam o aprendizado de fatos como a diluição de soluções, ou o porquê do aumento da concentração de uma solução aquosa acarretado pela evaporação do solvente. Soluções, no entanto, é um conteúdo de extrema importância para a Química, visto que as reações químicas ocorrem em soluções, tal conteúdo serve de suporte para o aprendizado de conceitos tais como cinética química, equilíbrios químicos, eletroquímica, entre outros, além de demandar uma revisão de temas como polaridade, dissociação e ionização, modelos atômico-moleculares e ligações químicas, por exemplo.

Por tudo isso se configurou, pois, o problema de pesquisa: Quais indicadores de alfabetização científica podem ser desenvolvidos a partir de uma sequência sobre soluções químicas?

Como já explicitado o conteúdo soluções foi escolhido pelo fato de necessitar, para seu estudo, do entendimento das representações das partículas microscópicas dos solutos dispersas num solvente, além das suas possíveis aplicações sociais – os possíveis contaminantes existentes na água que bebemos, por exemplo – muito importantes para o processo de AC.

Deu-se o desenvolvimento e a aplicação de uma sequência de ensino e aprendizagem (SEA) sobre os conceitos introdutórios do conteúdo soluções que considerou a perspectiva da AC com o objetivo de analisar aspectos de aprendizagem por ela proporcionada. Tal sequência foi estruturada com base em modelo publicado por Sánchez e Valcárcel (1993).

Os estudantes que participaram da pesquisa foram os alunos da segunda série do Ensino Médio de uma escola de ensino em tempo integral da Rede Estadual de Pernambuco, sendo alunos de Química do pesquisador. Uma alfabetização científica também implica na apropriação de novas palavras usadas na ciência a qual se observa no emprego correto das mesmas por parte dos educandos. Assim, ao longo da SEA foram desenvolvidas atividades que abarcaram a leitura e a escrita de textos, como a primeira etapa, por exemplo, que enfocou a estória intitulada "Um Problema de Todos", a qual aborda uma conversa de três estudantes acerca do acidente ocorrido no distrito de Mariana, Minas Gerais, MG, em novembro de 2015, quando uma das barragens de responsabilidade da Mineradora Samarco rompeu causando o pior desastre ambiental do Brasil. Ao longo de toda sequência de ensino, os estudantes acompanharam as pesquisas feitas pelos personagens da narrativa, reproduzindo-as nas aulas. Ao final, deveriam concluir a estória apresentada relatando como se deu a pesquisa feita pelas personagens do texto e a quais conclusões eles chegaram.

Os principais descritores utilizados, levando-se em conta os objetivos da SEA e as OCEM (BRASIL, 2008) e as Orientações Teórico-Methodológicas para o Ensino Médio de Pernambuco na área de Química (PERNAMBUCO, 2011), foram:

- a) O aluno utiliza o modelo da solvatação para explicar a dissolução dos compostos iônicos em água?
- b) O aluno compreende o processo de dissolução do açúcar com base nas interações moleculares, na polaridade das moléculas?
- c) Compreende o conteúdo de textos e comunicações referentes ao conhecimento científico e tecnológico, em Química, veiculados em diferentes mídias?

- d) Reconhece aspectos relevantes do conhecimento químico e suas tecnologias na interação individual e coletiva do ser humano com o ambiente?
- e) Desenvolve atitudes e valores compromissados com o ideal de cidadania planetária?

Foram elaborados materiais de apoio, um deles com os conteúdos que seriam contemplados nas aulas e outra contendo o roteiro experimental apresentada na SEA. Cada educando também recebeu o questionário diagnóstico na primeira etapa da SEA (Apêndice I) e o questionário avaliativo ao final da SEA (Apêndice III), bem como o texto “Um problema de Todos” (Apêndice II). Os demais recursos utilizados na SEA encontram-se elencados no produto educacional.

Foram estabelecidos, então, os seguintes objetivos específicos:

- a) Analisar como a sequência de ensino proposta influenciou no processo de AC dos educandos pesquisados na dimensão conceitual (incluindo sua influência no que tange ao fomento da visão atômico molecular);
- b) Discutir como se deu o processo de AC no âmbito da aplicação dos conhecimentos adquiridos na tomada fundamentada de decisões frente a problemas sócio-ambientais (uso social do conhecimento), e na leitura e escrita de textos que utilizaram termos ligados ao tema.

A importância deste estudo é a de buscar formas para melhorar a aprendizagem sobre soluções tendo em vista a visão atômico-molecular e o uso social do conhecimento, com o intuito de contribuir com outros professores e pesquisadores no conhecimento sobre sequência de ensino e alfabetização científica.

Firme et al. (2008, p. 1), defendem a importância das pesquisas em sequências de ensino (ou didáticas), afirmando que:

A proposição, aplicação e análise de sequências didáticas que considerem orientações representativas de uma nova fase para o ensino de ciências, poderão se constituir em uma perspectiva de pesquisa que busca contribuir para revelar estratégias didáticas que promovam mudanças significativas nas salas de aula de ciências.

As autoras destacam, ainda, que a participação dos alunos em SEA pode favorecer a aprendizagem em comparação ao ensino transmissivo (Firme et al., 2008).

Quanto à AC, Ferreira e Leite (2016) ponderam que a quantidade de pesquisas publicadas no Brasil sobre tal temática ainda é baixa. Em pesquisa realizada nos anais dos ENEQ entre os anos de 2000 e 2014 sobre trabalhos que traziam em seus títulos ou nas palavras-chave o termo alfabetização científica ou letramento científico (LC) tais autores

constataram um porcentagem de 0,47%. Neste mesmo intervalo de tempo, os autores encontraram apenas 13 trabalhos com essa temática nos anais da Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química. Chegaram, ainda, à constatação que a maioria dos trabalhos sobre alfabetização científica/letramento científico era de instituições de ensino superior (IES) localizadas nas regiões Sudeste e Sul do país.

Realizamos uma rápida pesquisa nos anais do Encontro Nacional de Ensino de Química (ENEQ) 2016 por meio das palavras-chave. Objetivávamos detectar quantas publicações traziam as expressões alfabetização científica, letramento científico, alfabetização tecnológica (AT) ou enculturação científica (EC). Num total de 1669 publicações, foram encontradas 27 ocorrências (AC – 20; LC – 2; AT – 1; EC – 2) perfazendo um total de 1,5%. Constata-se um aumento no número de publicações, mas ainda é um número ínfimo dedicado a uma tão importante linha de pesquisa da área da Didática das Ciências.

Por tudo isso, percebe-se que ainda há muito que ser trilhado em termos de pesquisa sobre AC.

Partimos do pressuposto que discussões em torno de temas cotidianos permitem um maior envolvimento, por parte do aluno, no estudo da Química, com o objetivo de melhorar o aprendizado do tema soluções no que tange ao processo de AC e no desenvolvimento de um pensamento mais abstrato, modelizado, por parte dos mesmos.

2 O CONCEITO DE SOLUÇÕES QUÍMICAS: DIFICULDADES DE APRENDIZAGEM E SUGESTÕES DE TRABALHO

Solução química é um conteúdo para o qual diversas pesquisas revelam haver grandes dificuldades de aprendizagem por parte dos estudantes (SANA et al., 2016; MARTORANO; CARMO, 2013; ORTOLANI et al., 2012; CARMO; MARCONDES, 2008; FERNANDEZ; MARCONDES, 2006; ECHEVERRÍA, 1996) por ser um tema que necessita do uso do modelo corpuscular da matéria e, portanto, de um nível alto de abstração, para ser compreendido. O entendimento do mesmo, no entanto, é crucial para que o educando tenha um bom desempenho no estudo de muitos outros conteúdos, como eletroquímica, por exemplo.

Essa demanda por um pensamento abstrato tem se configurado num entrave para muitos discentes não só no conteúdo soluções, mas em muitos outros conceitos químicos.

Na seção a seguir tem-se um breve panorama acerca do que tratam as citadas pesquisas quanto ao aprendizado da Química para que possamos discutir mais especificamente a temática soluções químicas.

2.1 Fatores que se Configuram em Dificuldades para o Estudo da Química

Como já exposto, há uma demanda da sociedade por tecnologias e pelo conhecimento científico. Isso, porém, implica em desafios como a escassez de recursos naturais e a degradação ambiental, proteção à saúde humana e de outras espécies ante ao uso de substâncias nocivas, só para citar alguns. Nesse contexto, a Química ocupa lugar de destaque, conforme Mortimer et al. (2000): “A Química, ciência central na concepção de novos materiais, pode oferecer respostas a essa diversidade de demandas, através do conhecimento sobre a constituição, propriedades e transformações das substâncias.” (p. 274).

No entanto, tal ciência tem sido ensinada de forma desvinculada da realidade, enfatizando aspectos conceituais em detrimento a aspectos históricos e tecnológicos, o que tem contribuído para a rejeição por parte de muitos alunos (MORTIMER et al., 2000). Junte-se a tudo isso as dificuldades advindas das características da própria disciplina (vocabulário, forte caráter abstrato, cálculos, entre outras) e temos algumas das razões didáticas do insucesso de muitos estudantes nesta importante ciência.

Entre os conteúdos no currículo da Química, o entendimento das soluções químicas é crucial para a compreensão de muitos outros tais como propriedades coligativas,

eletroquímica, equilíbrios químicos e reações orgânicas, além disso, possibilita a retomada de conceitos como modelo particular da matéria, forças intermoleculares, ligações químicas, para citar alguns exemplos, configurando o ensino em espiral (BRASIL, 2008), ou seja, o estudo de conceitos em diferentes etapas da educação básica em um crescente de dificuldade.

Autores como Carmo e Marcondes (2008) e Echeverría (1996) nos explicam que as dificuldades para o aprendizado do conteúdo soluções, por parte dos estudantes, se dão, entre outros fatores, devido à ênfase dada durante o processo de ensino aos aspectos macroscópicos e quantitativos do tema (são exemplos, as concentrações das soluções e o coeficiente de solubilidade) em detrimento às características submicroscópicas da estrutura da matéria (interações eletrostáticas; dispersão das partículas do soluto no solvente; solvatação; e outras).

Percebe-se, assim, o favorecimento apenas de aspectos fenomenológicos no estudo do conceito soluções, configurando-se em um aprendizado de fórmulas e equações, mas sem uma correta compreensão de como elas se formam e do que são constituídas. No entanto, para se ter uma compreensão adequada dos fenômenos químicos exige-se um entendimento da natureza da matéria, nível microscópico (SIRHAN, 2007; ECHEVERRÍA, 1996).

Ortolani et al. (2012) sugerem, além da necessidade de se trabalhar com os alunos os aspectos microscópicos, uma abordagem contextualizada e que faça sentido para os estudantes, mostrando como os modelos podem explicar fatos do nosso cotidiano, corroborando com a visão de Mortimer et al (2000). Assim, para o estudo da dissolução do açúcar no cafezinho, por exemplo, seria usada na aula a teoria cinético-molecular favorecendo a construção do conhecimento em detrimento a uma aprendizagem memorística que só contribui para a abordagem extrínseca e/ou amotivacional (SIRHAN, 2007), e para a formação de concepções alternativas. Algumas possíveis contextualizações seriam: o fato de alguns medicamentos precisarem ser agitados antes de os ingerirmos enquanto outros não; a poluição nos nossos mananciais; análise de rótulos de bebidas; e outras. Todas elas embasadas pelo modelo atômico-molecular. Segundo Ortolani et al. (2012, p. 21):

No espaço curricular da Química nem sempre é feita uma introdução adequada dos modelos científicos, estes geralmente são apresentados sem conexão suficiente com os fenômenos que explicam sem dar oportunidade para os estudantes de os utilizarem em situações diferentes, o que os ajuda a desenvolver modelos explicativos pessoais que não são os mais adequados do ponto de vista da ciência escolar (Tradução: o autor¹).

¹En el espacio curricular química no siempre se realiza una correcta introducción de los modelos científicos, suelen presentarse sin las suficientes conexiones con los fenómenos que explican y sin dar oportunidad a los estudiantes de utilizarlos en diferentes situaciones, lo que contribuye a que éstos elaboren modelos explicativos personales que no resultanlos más adecuados desde el punto de vista de la ciencia escolar.

De tal maneira, para a compreensão dos conceitos químicos se faz necessário um estudo que alie os chamados três níveis da Química: macroscópico (ou fenomenológico), submicroscópico (ou teórico) e o simbólico (ou representacional).

No nível macroscópico estão tanto os fenômenos que podemos perceber sensorialmente quanto aqueles que necessitam de um determinado aparelho para serem notados, como a fita que nos mostra o valor do pH de uma dada solução ou o contador Geiger-Müller que possibilita a detecção da radioatividade, por exemplo, além daqueles inseridos em atividades sociais como uma ida ao supermercado ou ao posto de gasolina (MORTIMER et al., 2000). No nível submicroscópico estão aspectos relacionados ao uso do modelo atômico-molecular e que, portanto, utilizam-se de entidades abstratas como átomos, íons, moléculas, elétrons, entre outras. O nível simbólico, por sua vez, é a dimensão representacional, ou da linguagem, fazendo uso de símbolos, fórmulas, equações e gráficos para comunicar o conhecimento, unindo os outros dois níveis.

Segundo Sirhan (2007), para que haja uma compreensão dos conteúdos químicos se faz necessário que a ligação entre esses três níveis seja explicitada durante as aulas de Química, bem como suas interações e suas diferenças. O autor também pontua que se o estudante tiver dificuldade em um dos três níveis isso comprometerá o aprendizado nos outros dois, sendo, portanto, necessária uma averiguação da mesma, bem como uma busca por sua superação, sem a qual eles não conseguirão avançar nos estudos.

Sem uma articulação que integre fenômeno, teoria e nível simbólico dificilmente os estudantes conseguirão ir além de uma percepção fenomenológica, pois a integração dos três níveis dota o estudante da capacidade de se expressar utilizando a linguagem da Química (ORTALANI et al., 2012).

Os estudantes não estão familiarizados com muitos dos termos da Química - tais como átomos, íons, mol, equilíbrio químico, entre outros, os quais, por vezes são abstratos e, como tais, compreendidos por meio de modelos teóricos. Sirhan (2007) e Oliveira et al. (2009) afirmam, ainda, que muitas palavras usadas no nosso cotidiano ganham outro significado quando inseridas no contexto da Química. É o caso do termo puro que no nosso dia a dia significa algo bom, saudável, como ar puro, água pura, entre outros, mas na Química significa isolado de outras substâncias. O termo temperatura nos remete no dia a dia a calor e frio, e não à medida de movimentação das partículas de um sistema. Assim os novos significados entram em conflito com os saberes prévios dos estudantes. “A linguagem influencia os

processos de pensamento necessários para enfrentar qualquer tarefa” (SIRHAN, 2007, p. 7. Tradução: o autor)².

Chassot (2011) compara a Química com algo esotérico para a maioria das pessoas, ou seja, algo oculto e hermético para “não iniciados”. Segundo esse autor, uma das principais razões para esse esoterismo está na perseguição que a Igreja Católica empreendeu contra os ancestrais dos químicos, os alquimistas, proibindo suas experiências “por meio de uma Bula Papal de João XXII, em 1317” (CHASSOT, 2011, p.126). Os alquimistas, então, tiveram que utilizar uma linguagem que só eles compreendiam, por uma questão de segurança pessoal, visto que os tribunais da inquisição vigiavam as publicações da época e só podiam compartilhar essa linguagem entre eles.

Logo, percebe-se o quanto a Química foi e, ainda é, associada com as chamadas ciências ocultas. Para Chassot (2011, p.127): “isso não se traduz apenas pelo conjunto de seus simbolismos, mas também, e especialmente, pelo objeto de seus estudos.”

Para Oliveira et al. (2009) a formação de um cidadão ativo pressupõe a compreensão, por parte do mesmo, da linguagem da Ciência, a qual, por sua vez, implica não somente a apropriação de palavras da Ciência, mas também no entendimento do seu processo de pensamento, sendo, portanto, crucial para o processo de alfabetização científica dos sujeitos.

O aluno deve incorporar novas palavras de modo a usá-las corretamente. Logo, o professor precisa compreender a necessidade de se fazer um trabalho com estas palavras, esclarecendo seus significados na ciência, e saber que a ausência do mesmo pode sobrecarregar a memória. Uma sugestão é permitir que o aluno verbalize suas ideias e discuta o que está proposto, isso torna as confusões quanto ao conteúdo mais aparentes, ajustando as ideias dos estudantes à sua memória de longa duração e esclarecendo os equívocos (SIRHAN, 2007).

Os educandos não são folhas em branco nas quais o professor escreverá novos ensinamentos. Eles trazem da sua experiência pessoal diversos conhecimentos prévios. Logo, “ensinar não é transferir conhecimentos, mas criar as possibilidades para a sua produção ou a sua construção” (FREIRE, 2011, p. 24).

Sirhan (2007) explica que os novos conceitos devem ser ligados a tais saberes prévios, modificando-os e sendo modificados por estes. Logo, podemos perceber que o aprendizado de um conceito: “requer não apenas a compreensão de conceitos-chave, mas também o

² Language influences the thinking processes necessary to tackle any task.

estabelecimento de vínculos significativos para trazer os conceitos a um todo coerente” (SIRHAN, 2007, p. 8. Tradução: o autor)³.

Acontece que se essas experiências anteriores forem ignoradas pelo professor podem configurar-se em verdadeiros obstáculos para o aprendizado de novos conceitos, pois na interação com os mesmos podem surgir concepções alternativas, explicações dadas pelos estudantes aos fenômenos que diferem da ciência escolar. Muitas dessas concepções alternativas podem se originar dos próprios conteúdos estudados, conforme afirma Sirrhan (2007, p. 8):

As concepções dos alunos são restringidas tanto pelo perceptor (aprendiz) quanto pelo percebido (fenômenos químicos) (...). Assim, a aprendizagem envolve o conhecimento que precisa ser reestruturado, adaptado, rejeitado e até descartado (Tradução: o autor)⁴.

Ainda sobre concepções alternativas, Sirhan (2007, p. 9) conclui que equívocos sempre irão acontecer nas classes de Química e o professor deve estar atento para essa realidade.

(...) na prática, se os conceitos são desenvolvidos com cuidado, construindo sobre a linguagem e as formas de pensamento já presentes, permitindo que os conceitos sejam abordados a partir de várias direções, o aluno será capacitado a desenvolver ideias de forma mais significativa (Tradução: o autor)⁵.

Duit et al. (2012) corroboram a ideia de que as concepções prévias podem ser aliadas no processo de aprendizagem considerando-as como “pontos de partida e instrumentos mentais para trabalhar com a aprendizagem posterior” (p. 20; trad. o autor)⁶.

Tais concepções não necessariamente precisam ser descartadas. O já referido caso do termo puro é um exemplo. O que se faz necessário é que o aluno saiba em que ocasiões os diferentes significados do adjetivo puro se adéquam e isso se configura naquilo que as Carmo e Marcondes (2008, p. 37) consideram como uma evolução na forma de pensar.

³ (...) requires not only the grasp of key concepts but also the establishment of meaningful links to bring the concepts into a coherent whole.

⁴ Students’ conceptions are constrained both by the perceiver (learner) and the perceived (chemical phenomena). Thus, learning involves knowledge that needs to be restructured, adapted, rejected, and even discarded.

⁵ (...) in practice, if concepts are developed with care, building on the language and thought forms already present, while allowing concepts to be approached from several directions, the learner will be enabled to develop ideas more meaningfully.

⁶ “(...) points to start from and mental instruments to work with in further learning.”

Evoluir na forma de pensar não implica, nesse estudo, o abandono de velhas concepções, mas a eliminação de certas qualidades da concepção inicial e a incorporação a esta de outras qualidades, o que permite ao aluno discriminar qual conceito ou representação são adequados para cada situação.

Todavia, o grande volume de trabalho facultado ao professor, que muitas vezes tem uma dupla jornada de trabalho e leciona em turmas com grande quantitativo de discentes, dificulta que o mesmo faça uma abordagem mais personalizada com cada aluno, buscando identificar possíveis concepções alternativas, bem como os saberes prévios que as originaram, e intervenha de modo a tentar modificá-las. Logo, a citada realidade é outro fator que contribui para os problemas de aprendizagem da química.

Felizmente, há na literatura exemplos de bons trabalhos que apresentam concepções alternativas acerca dos mais variados conteúdos de Química, incluindo o conteúdo soluções e o modelo corpuscular da matéria, tão importante para o entendimento do primeiro (SANA et al., 2016; MARTORANO; CARMO, 2013; ORTOLANI et al., 2012; CARMO; MARCONDES, 2008; FERNANDEZ; MARCONDES, 2006; ECHEVERRÍA, 1996) que podem servir de base para o planejamento docente.

2.2 Especificidades do Tema Soluções e suas Dificuldades

Ortolani et al. (2012), baseados no trabalho de Sánchez et al. (1997), propõem trabalhar as soluções em duas vertentes: tanto como sistema material (solução como mistura homogênea) quanto como processo físico-químico de dissolução. Na primeira perspectiva são abordadas as características macroscópicas das soluções: o conceito de soluto e de solvente, as concentrações, a classificação quanto ao estado de agregação e outras. Na segunda, os aspectos microscópicos da dispersão de partículas e o da solvatação de íons por meio do modelo atômico-molecular e da teoria cinético-molecular.

Analizamos a seguir os conceitos envolvidos em cada uma das citadas vertentes, bem como algumas das dificuldades destacadas na literatura para ambas, nos três níveis de estudo da Química: simbólico, macroscópico e submicroscópico.

Como já discutido, a linguagem da Química pode se configurar num obstáculo a ser vencido para a sua aprendizagem, pelo seu caráter hermético e esotérico (CHASSOT, 2011). A necessidade de aumentar o léxico também leva os cientistas a usarem palavras derivadas do grego ou do latim ou ainda selecionar palavras, “por analogia, do vocabulário vulgar dando-

lhe um significado novo e preciso” (OLIVEIRA et al., 2009, p.23). Assim, o fato de muitos termos apresentarem sentidos distintos em diferentes contextos sociais originam problemas de compreensão e concepções alternativas.

Ortolani et al. (2012) detectaram, mesmo após aplicação de propostas para o estudo do tema soluções, que os estudantes por eles pesquisados apresentavam a visão de que todos os materiais são misturas. Ou seja, não conseguiam explicar corretamente a diferença entre uma mistura (fosse ela homogênea ou não) e uma substância pura.

De fato, as formas de matéria presentes na natureza ou produzidas pelo homem (ar, água mineral, ouro dezoito quilates, poliéster, borracha, náilon, gasolina, entre outras) raramente são substâncias puras, sendo formados por misturas. É importante, pois, deixar claro para o aluno os conceitos e palavras utilizadas nas aulas.

Uma substância pura ou apenas substância é definida como “uma forma simples e pura da matéria” (ATKINS; JONES, 2006, p. 31). Trata-se de uma única substância com composição característica e fixa, não variando de uma amostra para outra, e com um conjunto definido de propriedades (RUSSEL, 1994; BROWN et al, 2005).

Os átomos se ligam formando as substâncias, que podem ter um caráter molecular, iônico ou metálico. O tipo de interação entre as partículas e sua energia determinam, por sua vez, a solubilidade e outras propriedades.

Carmo e Marcondes (2008) apontam as seguintes concepções alternativas por parte dos estudantes por eles pesquisados:

a) Não diferenciavam solução e mistura heterogênea:

Para alguns alunos o soluto simplesmente se acumula no fundo do recipiente que contém a solução, para outros a solução é explicada por meio de modificações na estrutura das partículas do soluto – elas simplesmente desaparecem, são quebradas ou se combinam com as partículas do solvente; há ainda os que afirmam que na dissolução ocorre o processo de fusão do soluto. Em todos os casos, os educandos não conseguem explicar o que faz da solução uma mistura homogênea.

b) Não diferenciavam solução e substância.

O processo de formação das soluções se dá pela dissolução, o que depende das forças atrativas entre as partículas que compõe o material a ser dissolvido (soluto), assim como entre as partículas do soluto e do solvente (no caso deste trabalho, a água).

Na interação entre diferentes substâncias temos as chamadas dispersões: sistemas onde pequenas partículas de uma substância se espalham uniformemente por toda extensão de outra

substância. O componente que se distribui é chamado disperso enquanto que a substância que o contém é chamado de dispersante ou dispersgente.

As dispersões, por sua vez, podem ser classificadas quanto ao tamanho das partículas do disperso e quanto às suas propriedades em: suspensões, dispersões coloidais e soluções.

O quadro 1, comparação entre suspensões, colóides e soluções verdadeiras traz alguns dados para diferenciarmos os três tipos de dispersões.

Quadro 1: Comparação entre os diferentes tipos de dispersão

Características e propriedades	Suspensões	Coloides	Soluções
Tamanho médio das partículas do disperso.	Acima de 1000 nm.	Entre 1 a 1000 nm.	Abaixo de 1 nm.
Natureza das partículas dispersas.	Aglomerado de moléculas ou íons.	Moléculas ou íons grandes, ou aglomerados de moléculas ou íons.	Átomos, pequenas moléculas ou pequenos íons.
Propriedades ante a luz.	Mostram-se opacas.	Espalham a luz incidente (efeito Tyndall).	São transparentes.
Visibilidade das partículas do disperso.	São visíveis ao microscópio comum.	Visíveis por meio de ultramicroscópios.	Não são visíveis.
Possibilidade de sedimentação das partículas do disperso.	Sedimentam-se pela ação da gravidade ou de centrífugas comuns.	Sedimentam-se pela ação de ultracentrífugas.	Não se sedimentam.
Possibilidade de separação dos componentes do sistema.	Separadas por meio de filtros comuns.	Separadas por meio de ultrafiltros.	Suas partículas não podem ser retidas nem mesmo por um ultrafiltro.

Fonte: Elaborado pelo autor a partir da consulta de: PERUZZO, F. M.; CANTO, E. L. **Química**: na abordagem do cotidiano. 4. ed. São Paulo: Moderna, 2006. 2 v.

Nas soluções, o fenômeno das partículas do disperso se espalharem uniformemente pelo dispersante é chamado de dissolução. Quando o solvente é a água dizemos que a solução é aquosa. As soluções aquosas têm uma grande importância por estarem presentes em ambientes tais como os rios, lagos, oceanos e seres vivos, além de serem os meios onde as reações bioquímicas ocorrem.

Carmo e Marcondes (2008) apontam que os estudantes explicam as soluções apoiando-se em aspectos macroscópicos, não utilizando o modelo atômico-molecular, apresentando uma visão contínua da matéria (dimensão fenomenológica).

Pesquisas nos mostram que a nossa primeira percepção dos fenômenos é sensorial e contínua e que a passagem desta para uma visão abstrata, firmada no uso de modelos e descontínua não é uma tarefa das mais simples (SANA et al., 2016; MARTORANO; CARMO, 2013; SIRHAN, 2007; FERNANDEZ; MARCONDES, 2006), mas é fundamental para o entendimento da Química conforme afirmam Fernandez e Marcondes (2006, p. 23):

Deve-se considerar que o abandono da ideia de continuidade é particularmente difícil, pois supõe renunciar em grande parte às ideias advindas dos sentidos, em direção a um pensamento mais abstrato, modelizado e coerente. Para alguns alunos o mundo microscópico tem as mesmas características que o macroscópico, só que apresenta tamanho reduzido.

Sana et al. (2016) pontuam que a negação da existência do vazio entre as partículas constituintes da matéria configura-se no principal empecilho para a mudança da visão contínua para a descontínua por parte dos estudantes.

Como sugestão para a construção de uma visão descontínua no tema soluções, Carmo e Marcondes (2008) consideram que se deve enfatizar a homogeneidade das mesmas como fator mediano, pois compreender tal característica pode levar o estudante a refletir sobre as interações entre as partículas do soluto e as do solvente que conferem essa característica fundamental às soluções. As autoras afirmam ainda que:

(...) a homogeneidade da solução foi considerada uma característica importante na interface da passagem da visão macroscópica para a microscópica, e sua compreensão poderia desencadear reflexões nos alunos sobre possíveis interações que ocorrem entre o soluto e o solvente no processo de dissolução, mediando a construção do conceito de solução e do processo de dissolução (CARMO e MARCONDES, 2008, p. 38).

Percebemos, pois, que uma visão descontínua aliada a essa compreensão da interação entre as partículas do soluto e as do solvente é de fundamental importância para o

entendimento das soluções como sistemas materiais bem como do processo de dissolução. Conforme afirmam Niezer et al. (2016, p. 37):

Hoje, considera-se que nas soluções ocorram interações entre as partículas (moléculas ou íons) do soluto (componente em menor quantidade ou substância dissolvida) com as do solvente (componente mais abundante ou agente da dissolução). Dessa forma, as forças eletrostáticas (interatômicas e intermoleculares), que permitem interações entre as partículas de soluto e entre as de solvente, devem dar lugar a novas interações soluto/ solvente quando da formação de uma solução.

No caso das soluções eletrolíticas as partículas do soluto são constituídas por íons definidos por Jafe (1976) apud Niezer et al. (2016, p. 37):

Estranhas partículas, infinitésimas da matéria e dotadas de cargas elétricas que permitem a passagem da corrente elétrica através da solução quando estas tocavam os eletrodos, abandonando suas cargas elétricas e retomando mais uma vez para o estado atômico.

Entre as concepções alternativas dos estudantes, Echeverría (1996) destaca algumas relacionadas à falta de entendimento do processo microscópico da dissolução e da estrutura da matéria em seus diferentes estados, bem como da dificuldade em entender o papel da água como solvente. São elas:

- a) Conceito de espaço vazio relacionado ao estado de agregação da matéria como explicação para o processo de dissolução;

A autora observou que muitos alunos explicavam a dissolução de uma substância em outra como sendo devido a espaços vazios existentes entre as moléculas do solvente, mas consideravam tais espaços como sendo oriundos não da estrutura da matéria, mas sim do estado de agregação. Desta forma, o estado sólido, por exemplo, não deveria ter espaços vazios.

- b) Dissolução como sendo uma reação química.

Muitos sujeitos pesquisados pela autora acreditavam que ocorriam modificações nas propriedades das substâncias quando da formação de uma solução.

As concepções alternativas relatadas por Carmo e Marcondes (2008) foram:

- a) Associação da dissolução à densidade dos materiais;

Alguns estudantes creditaram a dissolução à densidade dos materiais apoiados fortemente no caráter fenomenológico. Assim, o óleo não se dissolveria na água por ser menos denso enquanto que o açúcar e o sal, mais densos se dissolveriam. Para esses estudantes, a dissolução consistia no soluto se depositar no fundo do recipiente.

b) Explicam as soluções apoiando-se nos aspectos macroscópicos.

As autoras perceberam que os estudantes não utilizavam o modelo atômico molecular para explicar a formação das soluções, apresentando uma visão contínua da matéria e explicações fenomenológicas.

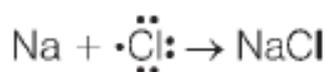
Ortolani et al. (2012) afirmam que a principal dificuldade dos estudantes foi não saber usar corretamente o modelo corpuscular da matéria para explicar os distintos processos por meio dos quais se obtém soluções. Tal modelo em conjunto com a teoria cinético-molecular dota os educandos com uma nova visão dos fenômenos que ocorrem a sua volta, pois facilitam a compreensão do processo de dissolução e da solução como sistema material.

Logo, percebemos que basicamente as dificuldades dos estudantes estão na não compreensão do modelo atômico-molecular e da visão submicroscópica, o que engloba desde o conhecimento do que são átomos, íons e moléculas, por exemplo, até a diferenciação entre ligação covalente e iônica, entre as ligações intra e intermoleculares, só para citar alguns exemplos, além da teoria cinético-molecular.

Para compreender a dissolução do sal de cozinha, cloreto de sódio, por exemplo, se faz necessário um conhecimento acerca das diferenças entre compostos covalentes e compostos iônicos, além da compreensão da estrutura básica do retículo cristalino e do caráter polar da água.

No entanto, de acordo com Fernandez e Marcondes (2006), os alunos tratam as ligações iônicas como se fossem iguais às ligações covalentes. Dessa forma, os compostos iônicos existiriam como “moléculas discretas assim como os compostos covalentes e, portanto, as ligações iônicas são entendidas como unidirecionais e sujeitas às mesmas regras de comportamento que as ligações covalentes” (p. 21). Os estudantes concebem, então, que o átomo de sódio ao perder um elétron para o átomo de cloro liga-se exatamente àquele átomo para o qual cedeu o elétron, não compreendendo, que um cátion sódio se liga a vários ânions cloretos e vice-versa, formando o retículo cristalino, pois a quantidade de ligações feitas seria oriunda da configuração eletrônica (regra do octeto), o sódio faz uma única ligação da mesma forma que o cloro. As autoras prosseguem mostrando como imagens de livros-texto podem ajudar a manter essa visão:

Figura 1: Representação comum em livros-texto sobre a formação do cloreto de sódio:



Fonte: Fernandez e Marcondes (2006, p. 22)

Vê-se na equação um único átomo de sódio e um único átomo de cloro se ligando para formar uma íon-fórmula de cloreto de sódio o que pode induzir os estudantes a pensarem que de fato a ligação é unidirecional e a não considerarem o retículo cristalino.

Com relação aos compostos moleculares, as principais concepções alternativas encontradas pelas autoras supracitadas e que se relacionam com as soluções foram:

- a) ligações covalentes são fracas;
- b) confusão entre ligação covalente e forças inter e intramoleculares.

Em ambas as concepções os estudantes acreditam que as ligações covalentes são facilmente rompidas, inclusive nas mudanças de estado de agregação.

Sobre a dissolução dos compostos moleculares, uma grande parte ao se dissolver na água tem suas moléculas dispersas individualmente, mas sem formar eletrólitos. É o caso da sacarose ($C_{12}H_{22}O_{11}$). Sua solubilidade em água explica-se primeiramente pelo fato da sacarose apresentar regiões hidrofílicas em sua estrutura constituídas por hidroxilas (OH) e átomos de oxigênio, e segundo por ser capaz de estabelecer ligação de hidrogênio com a água.

Existem, todavia, compostos moleculares capazes de produzir soluções aquosas eletrolíticas. Tais compostos quando em água sofrem um processo chamado de ionização. É caso das soluções de ácido clorídrico (HCl) e ácido sulfúrico (H_2SO_4).

(Re)significar os conteúdos com vistas a negociar as concepções prévias dos estudantes para incorporar à estrutura cognitiva do aluno outras qualidades mais condizentes com o modelo aceito pela comunidade científica necessita de um trabalho que contemple os conteúdos no nível submicroscópico de modo a dotar os alunos de um novo ponto de vista acerca dos fenômenos do dia a dia, fomentando, assim, a capacidade de resolução de problemas e tomada de decisões fundamentadas. Esse é o foco da alfabetização científica, AC, uma linha de pesquisa que, de forma geral, busca formas de planejar o ensino de ciências para a “construção de benefícios práticos para as pessoas, a sociedade e o meio ambiente” (SASSERON; CARVALHO, 2011, p. 60). Algumas das características da AC serão discutidas na seção a seguir.

3 ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA

Como já exposto, todos somos de algum modo afetados pela Química, por seus produtos e tecnologias, para o bem ou para o mal – não só da Química, mas da Ciência em geral. No entanto, como alertam Cachapuz et al. (2011, p. 20): “A investigação em didática

das ciências mostrou reiteradamente o elevado insucesso escolar, assim como a falta de interesse e, inclusive, repulsa que as matérias científicas geram”.

Sendo assim, faz-se necessária uma alfabetização científica das generalidades (CACHAPUZ et al., 2011, p. 20). Mas o que se entende por alfabetização científica? Quais são as suas características? O que uma pessoa tem que saber para ser considerada cientificamente alfabetizada? Como se pode avaliar o nível de alfabetização científica de alguém?

3.1 Breve Histórico, Pressupostos Teóricos e Orientações Gerais

Segundo Milaré e Richetti (2008), a alfabetização científica é uma importante “linha de pesquisa sobre o Ensino de Ciência escolar decorrente de investigações emergentes no campo da Didática das Ciências” (p. 2).

O termo alfabetização científica é apontado como tradução para o Português da expressão inglesa *scientific literacy* (SL) (SANTOS, 2007; SASSERON e CARVALHO, 2011; TEIXEIRA, 2013). Laugksch (2000) afirma que tal expressão foi usada pela primeira vez em 1958 por Paul Hurd no artigo intitulado “*Science Literacy: It’s Meaning for American Schools*”, o qual foi publicado pela Fundação Rockefeller (TEIXEIRA, 2013). A sociedade estadunidense se perguntava se o ensino de ciências ministrado aos jovens os prepararia para um mundo cada vez mais científica e tecnologicamente sofisticado, além disso, era preciso fomentar o progresso da ciência nos Estados Unidos da América, EUA, e isso só seria possível aumentando o conhecimento científico da população para que esta apoiasse um programa de financiamento constante.

Neste mesmo ano, outros dois artigos usaram a mesma expressão, porém sem definir o que seria *scientific literacy* (LAUGKSCH, 2000). Para Deboer (2000, apud TEIXEIRA, 2013) tal expressão seria utilizada para contrastar uma pessoa escolarizada de outra não escolarizada, sendo que as primeiras estariam mais aptas para trabalhar e viver num contexto de rápidas mudanças. Santos (2007) destaca que tal denominação engloba inúmeros estudos sobre educação em ciências.

Para Laugksch (2000), SL traz a visão de que a população precisaria ter alguma ideia sobre ciência. Avaliando a leitura e a escrita como fatores de inclusão numa sociedade grafocêntrica, Teixeira (2013) entende que o uso do termo *scientific literacy* implica em considerar a ciência tão importante para o cidadão quanto essas duas habilidades, sendo, portanto, desejável que a generalidade da população se aproprie de conhecimentos científicos.

Considerando que o termo alfabetização é visto como sinônimo de progresso, civilidade, desenvolvimento e bem-estar econômico, a denominação *scientific literacy* também significaria um “status de poder e progresso” (TEIXEIRA, 2013, p. 7), pois o conhecimento científico há tempos é considerado por muitos pesquisadores como um dos pilares para melhorar as condições sociais. AC seria, então, um movimento que considerava o conhecimento científico imprescindível para o exercício da cidadania e para o progresso, conforme afirma Teixeira (2013, p. 7):

Entendemos que, nesta primeira instância, diferentemente do que acontece com a área de linguagem em relação aos processos de alfabetização e letramento, *scientific literacy* não teria sido empregado com a noção de domínio de um código, tampouco remetia às práticas de uso da ciência. Antes, sim, teria sido uma forma de destacar a relevância da popularização da ciência, de caracterizá-la como tão imprescindível quanto à leitura e a escrita, e, por decorrência, seu aprendizado deveria ocorrer em massa, atingindo todos os indivíduos.

Essas ideias ganham respaldo no contexto histórico no qual a expressão *scientific literacy* surgiu, visto que os primeiros a utilizarem esse termo foram grandes empresas que acreditavam que os avanços da ciência e da tecnologia fomentariam o progresso econômico-social. Além disso, cerca de oito meses antes do termo aparecer pela primeira vez, ocorreu o lançamento do satélite Sputnik pela antiga União das Repúblicas Socialistas Soviéticas, URSS, o que levou à ideia de que a ciência era imprescindível ao desenvolvimento da sociedade estadunidense bem como um dos fatores que garantiriam a sua soberania global. Isso repercutiu numa reforma do ensino de ciências no sistema educacional dos EUA que posteriormente se propagou para outros países.

De tudo isso, depreendemos que inicialmente *scientific literacy* foi um slogan amplamente utilizado por aqueles que defendem um ensino de ciências mais acessível à generalidade da população (CACHAPUZ et al, 2011; LORENZETTI; DELIZOICOV, 2001; SANTOS, 2007).

Sasseron e Carvalho (2011), numa importante revisão bibliográfica, trazem algumas expressões semelhantes usadas na literatura estrangeira para denominar a corrente das didáticas das ciências que investiga o ensino das mesmas para a formação de sujeitos capazes de participar dos processos de tomada de decisões fundamentadas: *Alfabetización científica*, na língua espanhola; *Scientific literacy* - na língua inglesa, que vem sendo traduzida como letramento científico; e *Alphabétisation scientifique* - na francesa, que assim como a expressão espanhola, vem sendo traduzida como alfabetização científica. A tradução desses diferentes termos gerou controvérsias no Brasil (SASSERON e CARVALHO, 2011). Em

seus documentos, a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura, UNESCO, vem traduzindo o termo *literacy* como cultura. (SASSERON e CARVALHO, 2011).

No Brasil há autores que traduzem tal expressão como letramento científico (SANTOS, 2007), outros como enculturação científica (MORTIMER; MACHADO, 1996 apud SASSERON; CARVALHO, 2011) e há aqueles que preferem o termo alfabetização científica (KRASILCHIK, 1992; CHASSOT, 2011; SASSERON; CARVALHO, 2011).

Independentemente da tradução, não se deve considerar *scientific literacy* como sendo simples, pois existem diferentes pontos de vista e interpretações sobre o que o público deve saber sobre ciências. Como resultado, surgiu a visão de que o termo é difuso e mal definido (LAUGKSCH, 2000), existindo o risco de que cada um atribua a sua própria definição (LORENZETTI; DELIZOICOV, 2001).

Todavia, de acordo com Sasseron e Carvalho (2011, P. 60):

Podemos perceber que no cerne das discussões levantadas pelos pesquisadores que usam um termo ou outro estão as mesmas preocupações com o ensino de Ciências, ou seja, motivos que guiam o planejamento desse ensino para a construção de benefícios práticos para as pessoas, a sociedade e o meio-ambiente.

Baseando-se nas ideias de Paulo Freire, para o qual a alfabetização implica numa formação cidadã crítica que olhe o mundo e busque formas de intervenção de modo a melhorá-lo, Sasseron e Carvalho (2011) adotam o termo “alfabetização científica” como tradução para *scientific literacy*.

Tal percepção já era apresentada por Krasilchik (1992) ao referir-se a AC como uma das vertentes de um Ensino de Ciências mais voltado para a formação de cidadãos.

Um outro movimento relacionado à mudança dos objetivos do ensino de Ciências, em direção à formação geral para a cidadania, tem hoje papel importante no panorama internacional, denominado de "alfabetização científica". O surgimento desta linha está estreitamente relacionado à própria crise educacional e à incapacidade de a escola em dar aos alunos os elementares conhecimentos necessários a um indivíduo alfabetizado. A universalização da educação mudou profundamente o perfil do estudante e deveria afetar também profundamente a escola, o que realmente não aconteceu. A instituição ainda não foi capaz de responder plenamente ao seu papel de atender à grande massa da população e não apenas a uma pequena parcela de privilegiados. (KRASILCHIK, 1992, p. 6)

Além da AC, a citada autora, tece considerações sobre outras linhas de pesquisa relacionadas às mudanças no Ensino de Ciências com vistas à formação de cidadãos críticos e atuantes: o “enfoque CTS” e a “Educação em Ciências para a Cidadania”. As três linhas têm

aproximações e afastamentos, sobretudo quanto aos objetivos gerais. Considera, como importante fator para o surgimento das mesmas, a universalização da educação que trouxe a necessidade de fazer com que a escola atendesse a massa da população. No entanto, a autora pondera que tal processo ainda não foi bem sucedido gerando uma crise educacional, pois a escola não se adaptou à realidade de que agora não lida mais com alunos privilegiados, nascidos em famílias estruturadas, tendo que atender a toda uma massa na qual se inserem crianças e adolescentes de todos os matizes sociais, com a função de dar uma mesma base comum a cada um deles com o intuito de formar uma sociedade mais igualitária (KRASILCHIK, 1992).

Para Chassot (2011), a alfabetização científica é o “conjunto de conhecimentos que facilitariam aos homens e mulheres fazer uma leitura do mundo onde vivem” (p. 62) e completa que: “(...) Seria desejável que os alfabetizados cientificamente não apenas tivessem facilitada a leitura do mundo em que vivem, mas entendessem a necessidade de transformá-lo, e transformá-lo para melhor.” (CHASSOT, 2011, p. 62).

Cachapuz et al. (2011) sugere que deve haver um mesmo currículo básico para todos, buscando estratégias que evitam a repercussão das desigualdades sociais no âmbito educativo. Esse autor lembra que, embora o movimento pela alfabetização científica remonte da década de 1950, ainda há muito o que ser estudado e cita o fato do *Journal of Research in Science Teaching* apresentar desde 1995 editoriais nos quais pede propostas coerentes para essa linha de pesquisa.

Há àqueles que consideram que é um erro pensar em tal currículo, pois, para alguém participar dos debates acerca de problemas científicos é necessário dominar um grande número de conteúdos, algo que seria inviável de ser trabalhado na escola. Outro argumento comum contra a alfabetização científica é que os produtos tecnológicos são pensados de modo a que o cidadão não precise ter um conhecimento apurado em ciências para poder usufruí-los (CACHAPUZ et al., 2011; CHASSOT, 2011).

No entanto, Cachapuz et al. (2011), alegam que o fato de ser cientista não garante a adoção de decisões adequadas, que visem o bem estar sócio-ambiental, pois a Ciência não é neutra e os cientistas muitas vezes estão à serviço de interesses dominantes. Os autores insistem na necessidade de se propor uma alfabetização científica, apresentando a tese democrática da mesma segundo a qual é possível propor um currículo com um mínimo de conhecimentos específicos (acessíveis a todos) com abordagens globais e considerações éticas que não exigem especialização alguma e que permitam ao cidadão tomar decisões fundamentadas, avaliando os riscos e benefícios.

Nesse currículo devem estar contemplados aspectos históricos da Ciência e da tecnologia, bem como o papel de ambas na vida pessoal e social para que o cidadão perceba a Ciência de forma não-caricata. Além disso, “a história da Ciência é uma facilitadora da alfabetização científica do cidadão e da cidadã” (CHASSOT, 2011, p. 56). Santos (2007) defende também a inclusão da filosofia e da sociologia da ciência nesse currículo.

Ainda sobre a defesa da alfabetização científica da população, Chassot (2011) usa como argumento o exemplo de alguém que visita um museu na China, ou que passeia ao lado de um monge na Tailândia. Em ambos os casos não é necessário conhecer a língua local, mas a pessoa que se propõe a fazer uma coisa ou outra sem ter a mínima noção idiomática terá um usufruto bem menor em relação àqueles que a têm, levando uma enorme desvantagem. Assim, também àqueles que têm uma noção sobre ciências levam mais vantagem em comparação àqueles que não a têm.

Com relação a o quê uma pessoa deve conhecer para ser considerada cientificamente alfabetizada, Chassot (2011, p. 40) ainda questiona:

Poderia ser considerado alfabetizado cientificamente quem não soubesse explicar algumas situações triviais de nosso cotidiano? Por exemplo: o fato de o leite derramar ao ferver e a água não; por que o sabão remove a sujeira ou por que este não faz espuma em água salobra; por que uma pedra é atraída para a Terra de maneira diferente de uma pluma; por que no inverno as horas de sol são em menor número do que no verão ou por que quando é primavera no hemisfério sul é outono no hemisfério norte; por que quando produzimos uma muda de violeta a partir de uma folha estamos fazendo clonagem.

Em todo caso, o currículo não seria pensado para propiciar conhecimentos necessários a uma futura formação acadêmica. Os assuntos de Química, por exemplo, não seriam selecionados pelo fato de serem importantes para àqueles que fossem fazer engenharia ou medicina, mas sim para fazê-los pensar sobre a realidade, para dotá-los de mais ferramentas de criticidade e de intervenção.

3.2 Classificações da AC e Eixos Estruturantes

Shen (1975 *apud* LORENZETTI e DELIZOICOV, 2001) fez a distinção entre três formas de alfabetização científica: a) prática; b) Cívica; c) cultural.

A alfabetização científica prática seria aquela que dotaria o indivíduo de conhecimentos imediatistas que pudessem ser utilizados em questões cotidianos. Daria pouca ênfase a questões mais abstratas e gerais e mais ênfase a aplicabilidade dos conteúdos.

A alfabetização científica cívica é aquela cuja ênfase está no uso dos conhecimentos científicos para tomada de decisões fundamentadas e responsáveis, de modo que os sujeitos possam ser inseridos em discussões que envolvam temas científicos e tecnológicos.

Esse enfoque vem combater o chamado “mito da supremacia das decisões tecnocráticas” (AULER; DELIZOICOV, 2001). De acordo com esse mito a única forma segura de tomar decisões quanto as questões que afetem a sociedade é utilizando conhecimentos científicos, logo, os técnicos e cientistas política e ideologicamente neutros estariam aptos para escolher de forma acertada ante uma ou outra possibilidade, enquanto que a população, que, na visão dos que defendem tal ideia, não tem conhecimentos necessários, incorreria numa maior probabilidade de erro nas suas escolhas. Percebe-se, então, que tal perspectiva favorece a chamada tecnocracia em detrimento a democracia. No entanto, como esclarecem Auler e Delizoicov (2001), os defensores dessa visão esquecem que além dos fatores científicos existem também fatores políticos, sociais, econômicos e ideológicos que também influenciam as decisões e de que a ciência também é falha.

A alfabetização científica cultural traria implícita a necessidade de se trabalhar nos educandos um gosto pela apreciação da ciência, levando-os a querer conhecer, por contra própria, mais conceitos científicos e tecnológicos e mais sobre o trabalho dos cientistas.

De acordo com Milaré e Richettli (2008) pode-se acrescentar uma quarta forma de AC, a alfabetização científica econômica, política ou profissional. Este quarto âmbito está relacionado ao fomento de futuras gerações de cientistas tão necessários ao crescimento econômico do país.

Krasilchik (1992, p. 5) traz ideias que corroboram essa visão:

Para chegar a ser uma grande nação industrial, é preciso construir um complexo científico e uma estrutura tecnológica que possam se comparar em fazer frente aos dos países que atingiram um estágio de grande produtividade industrial e apresentam populações com alto nível de vida.

Krasilchik (1992) considera que há níveis estruturais de alfabetização científica: O nível “funcional” refere-se a pessoas que utilizam conceitos científicos sem compreendê-los, por exemplo, sabem que a água e o óleo são imiscíveis, pois a água é polar e o óleo é apolar, mas não entendem o porquê, simplesmente memorizaram essa informação sem lhe atribuir um sentido. No nível “estrutural”, o cidadão consegue atribuir significado aos conceitos, sabendo explicar a razão de diversos fenômenos científicos. Sobre o exemplo anterior, o estudante alfabetizado estruturalmente compreenderia que a água é polar devido à acentuada diferença

de eletronegatividade entre o átomo de oxigênio e os átomos de hidrogênio e devido à geometria angular da molécula da água enquanto que o óleo seria apolar por ser uma mistura de compostos com grandes cadeias carbônicas nas quais os vetores momento dipolar praticamente se anulam. O nível mais avançado é o “multidimensional”, neste o cidadão consegue explicar corretamente fenômenos científicos, buscar e obter conhecimentos, aplicando-os à resolução de problemas que afetam a sua realidade. Saberá explicar, por exemplo, porque é importante lubrificar a corrente da bicicleta, principalmente em regiões litorâneas, pois, além de diminuir o atrito, evita a corrosão da mesma pelo fato de a oxidação do ferro ser causada pelo contato deste com a água e com o oxigênio do ar. Como a água e o óleo lubrificante são imiscíveis devido ao caráter polar da primeira e do caráter apolar do segundo, a umidade do ar não entraria em contato com a corrente lubrificada, evitando, assim, a corrosão. Percebe-se uma confluência entre o nível multidimensional proposto por Krasilchik e as modalidades de AC prática e cívica proposta por Shen, pois o estudante que se encontra nesse nível de AC tanto lança mão dos conteúdos estudados para resolver problemas do cotidiano, quanto pode tomar decisões fundamentadas com base nos referidos conteúdos podendo inserir-se em debates e discussões.

Nos escritos de Bybee (1997, apud CACHAPUZ et al., 2011) encontramos o termo alfabetização científico-tecnológica multidimensional:

Estende-se mais além do vocabulário, dos esquemas conceituais e dos métodos procedimentais, para incluir outras dimensões da ciência: devemos ajudar os estudantes a desenvolver perspectivas da ciência e da tecnologia que incluam a história das ideias científicas, a natureza da ciência e da tecnologia e o papel de ambas na vida pessoal e social. (...) Os estudantes deveriam alcançar uma certa compreensão e apreciação global da ciência e da tecnologia como empresas que foram e continuam a ser parte da cultura.

Santos (2007) defende que uma AC que vise uma formação cidadã deve incorporar práticas que superem o modelo fragmentado que vem sendo adotado na maior parte das escolas brasileiras, destacando ainda os principais eixos norteadores para essa superação: a) natureza da ciência; b) linguagem científica; c) aspectos sociocientíficos.

Com relação à natureza da ciência esse aspecto da AC engloba a necessidade de uma compreensão por parte dos educandos de como a ciência é produzida – como é o trabalho dos cientistas; necessitando-se, para isso, de um trabalho que inclua História, Filosofia e Sociologia das ciências. Almeja a superação das visões deformadas da ciência: visão descontextualizada; visão individualista e elitista; concepção empírico-indutivista e atórica; visão rígida, algorítmica e infalível; visão aproblemática e ahistórica; visão exclusivamente

analítica; e a visão acumulativa de crescimento linear (CACHAPUZ et al., 2011). Mostra a ciência como uma construção humana inacabada e passível de erros, com implicações sociais e na qual atuam diversos atores.

Chassot (2011) nos lembra que a ciência nem sempre é uma “fada benfazeja”, comparando-a muitas vezes como uma bruxa má, ou seja, em muitas ocasiões a ciência não esteve a serviço da promoção do bem-estar social, mas sim esteve/está a serviço de interesses políticos, econômicos, entre outros. Logo, não há neutralidade na ciência.

O segundo aspecto, linguagem da ciência, enfatiza a necessidade de se trabalhar as características desse importante gênero do discurso. Entre elas: a ausência de narrador, a nominalização de processos, o fato de ser estrutural, a utilização de chaves de classificação para os vários fenômenos (SANTOS, 2007). Utiliza-se diagramas, tabelas, quadros, ilustrações, equações, esquemas, entre outros. É fundamentado em argumentos embasados em valores científicos, leis, teorias, e outros, enquanto que a linguagem cotidiana é embasada em argumentos de autoridade (SANTOS, 2007).

Pesquisadores destacam que a linguagem da Química, particularmente, é uma importante barreira para o aprendizado da mesma por parte dos educandos (CHASSOT, 2011; FOCETOLA et al., 2012; PINHEIRO, 2012), discutindo a eficácia de um ensino de ciências, seja ele considerado tradicional ou não, que leve em consideração apenas aspectos sociais sem levar em conta a linguagem da ciência (SANTOS, 2007). Assim, segundo Santos (2007, p. 484): “A alfabetização/letramento científico corresponde ao uso de termos técnicos, a aplicação de conceitos científicos, a avaliação de argumentos baseados em evidências e o estabelecimento de conclusões a partir de argumentos apropriados”.

Sendo assim, a escola, a fim de fomentar o processo de AC nos moldes apresentados pelo autor supracitado deveria buscar meios de trabalhar a interpretação da linguagem científica por parte dos educandos, bem como desenvolver neles a capacidade de argumentação científica. Santos (2007, p. 485) prossegue afirmando que:

Um cidadão, para fazer uso social da ciência, precisa saber ler e interpretar as informações científicas difundidas na mídia escrita. Aprender a ler os escritos científicos significa saber usar estratégias para extrair suas informações; saber fazer inferências, compreendendo que um texto científico pode expressar diferentes idéias; compreender o papel do argumento científico na construção das teorias; reconhecer as possibilidades daquele texto, ser interpretado e reinterpretado; e compreender as limitações teóricas impostas, entendendo que sua interpretação implica a não-aceitação de determinados argumentos. (p. 485)

O terceiro eixo, aspectos sociocientíficos, refere-se “às questões ambientais, políticas, econômicas, éticas, sociais e culturais relativas à ciência e tecnologia” (SANTOS, 2007, p. 485), de modo a desenvolver nos educandos uma maior responsabilidade social, levando-os a refletir sobre questões cotidianas; contextualizar, na medida do possível, os conteúdos; entre outros.

Sasseron e Carvalho (2011) também sugerem eixos balizadores para a AC, são eles:

- a) Compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais;
- b) Compreensão da natureza das ciências e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática;
- c) Entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio-ambiente.

O primeiro eixo refere-se à construção por parte dos alunos de significados para os temas da ciência que lhes dotarão de capacidades e habilidades para resolução eficaz de problemas no dia a dia. O segundo eixo, a nosso ver, refere-se a conteúdos que aproximam os alunos de uma cultura científica de modo a entenderem a Ciência como uma construção humana e, como tal, passível de erros, que ainda está em desenvolvimento, levando-se em consideração, ainda, a necessidade de se analisar a ética que deve estar envolvida na prática científica trazendo “contribuições para o comportamento assumido por alunos e professor sempre que defrontados com informações e conjunto de novas circunstâncias que exigem reflexões e análises considerando-se o contexto antes de tomar uma decisão” (SASSERON e CARVALHO, 2011, p. 75).

O terceiro eixo engloba o chamado enfoque CTSA (ciência-tecnologia-sociedade-ambiente) ponderando que o ensino de Ciências deve considerar as influências que um âmbito provoca em(nos) outro(s), tornando perceptível aos alunos o fato de que a solução de um problema pode desencadear outro(s) problema(s). O uso de defensivos agrícolas, por exemplo, aumentou a produção agrícola, mas desencadeou desequilíbrios ecológicos como a morte de insetos polinizadores, poluição de rios e lençóis freáticos, que provocou a mortandade de peixes, doenças em seres humanos como o câncer, entre outros, problemas que impactam a economia e interferem em várias esferas como a político/social. Exemplos como esse devem ser, pois, analisados nas aulas de Ciências.

Pode-se perceber uma confluência entre os eixos propostos por Sasseron e Carvalho (2011) e Santos (2007) no que tange à inclusão de aspectos da cultura científica nas aulas de ciências, não para formar cientistas mirins, mas sim para fazer com que os educandos

entendam um pouco mais da forma como a ciência é produzida, ao estudo de conceitos e termos científicos e à contextualização, na medida do possível, dos conteúdos, refletindo-se sobre a influência que a ciência e a tecnologia têm sobre a sociedade, bem como sobre o modo como esta última influencia as primeiras.

Vale ressaltar a importância de se trabalhar a capacidade de abstração dos educandos, sobretudo nas aulas de Química. Um dos objetivos para o ensino de ciências na educação básica propostos por Millar (2003, p. 83, apud MILARÉ e RICHETTI, 2008, p. 4) é “desenvolver gradualmente a compreensão dos estudantes de um pequeno número de “modelos mentais” sobre o comportamento do mundo natural”. Pois um dos três níveis da Química é o sub-microscópico. Assim, no eixo sobre conceitos científicos deve-se levar em conta os aspectos deste nível e não só questões quantitativas como é costumeiro em muitos conteúdos como o de soluções (ECHEVERRÍA, 1996; CARMO e MARCONDES, 2008).

Entre muitos questionamentos sobre AC ainda resta analisar quais competências devem ser trabalhadas para os conteúdos da grade curricular de Química e de outras disciplinas científicas com o propósito de fomentar tal processo nos estudantes, como, por exemplo, a que será discutida na seção a seguir.

3.3 Indicadores de Alfabetização Científica

Bybee (1997, apud CACHAPUZ et al., 2011) diz que para promover a AC seria interessante aproximar os alunos de uma cultura científica. Tal ideia é corroborada por Sasseron e Carvalho (2008), que avaliam o nível de AC dos estudantes usando dez indicadores baseados em competências próprias do fazer científico e que levam em conta a argumentação dos mesmos. Sasseron e Carvalho (2008, p. 338) afirmam que:

Nossos **indicadores** têm a função de nos mostrar algumas destrezas que devem ser trabalhadas quando se deseja colocar a AC em processo de construção entre os alunos. Estes indicadores são algumas competências próprias das ciências e do fazer científico: competências comuns desenvolvidas e utilizadas para a resolução, discussão e divulgação de problemas em quaisquer das Ciências quando se dá a busca por relações entre o que se vê do problema investigado e as construções mentais que levam ao entendimento dele.

As autoras dividiram os referidos indicadores em três grupos básicos: O primeiro grupo engloba três indicadores que se referem à etapa inicial de tratamento de dados numa pesquisa, são eles “a seriação de informações”, a “organização de informações” e a “classificação de informações” (SASSERON; CARVALHO, 2008). A seriação corresponde a

um levantamento prévio dos dados, por meio desta etapa se conhecem os dados a serem tratados; a organização ocorre quando o estudante se utiliza dos dados para subsidiar seu ponto de vista; a classificação é uma triagem na qual os dados são hierarquizados e categorizados com base em suas características e propriedades.

O segundo grupo engloba indicadores relacionados à forma como o pensamento dos estudantes foi construído. São eles o raciocínio lógico, que revela a estrutura do pensamento do estudante e o raciocínio proporcional que mostra como o estudante relaciona as variáveis estudadas para, a partir daí, tecer argumentos.

O terceiro grupo abrange indicadores que se referem à forma como o estudante procurou entender os fenômenos a partir dos dados coletados. São eles o levantamento de hipóteses, teste de hipótese, a justificativa, a explicação e a previsão. O levantamento de hipótese é o ato de se supor, no qual o estudante descreve seu pensamento inicial sobre um dado fenômeno. O teste da hipótese é o momento no qual tal suposição inicial será posta à prova, por meio de experimentos, ou por meio de reflexão baseada em ideias anteriores. A justificativa é o momento no qual o estudante dá autenticidade a uma dada afirmação, defendendo-a. A explicação é a tentativa de se entender o fenômeno lançando mão dos dados obtidos para refutar ou aceitar uma hipótese.

É importante destacar que o estudante poderá usar mais de um indicador para subsidiar uma explicação dada para um problema proposto, pois os indicadores não são mutuamente exclusivos. Um não inviabiliza o outro (SASSERON e CARVALHO, 2008).

Tais indicadores juntamente com os já citados eixos estruturantes de AC, também propostos pelas autoras supracitadas, mostraram-se instrumentos eficazes para fundamentar a elaboração da SEA proposta na presente dissertação bem como para análise dos dados.

O conceito de SEA adotado, bem como o detalhamento de outras propostas que deram suporte a elaboração da que foi utilizada neste trabalho são discutidos na seção a seguir.

4 SEQUÊNCIA DE ENSINO E APRENDIZAGEM

Sánchez e Valcárcel (1993) consideram uma SEA, por eles chamada de unidade didática (UD), como uma “lista flexível de ações centradas fundamentalmente nos conteúdos e nas atividades de ensino, estando implícitos os objetivos e metas a alcançar.”⁷ (p. 33, tradução: o autor).

⁷ Una lista flexible de acciones centradas fundamentalmente em los contenidos y las actividades de enseñanza, estando implícitos los objetivos o metas a lograr.

No entanto, tal lista requer uma análise detalhada e fundamentada, não sendo um mero conjunto de atividades. Também não significa que o professor olhará o conteúdo como um fim em si mesmo, mas sim considerando o ponto de vista do aluno, ou seja, quais as implicações que trará para o estudante e qual a melhor forma de abordagem para uma construção efetiva do conhecimento. Tal característica é explicitada em trabalho publicado por Franco e Ruiz (2006, p. 111), os quais nos explicam que:

Não se trata apenas de passar a vista sumariamente por alguns livros que abordam a questão que o professor vai lidar com seus alunos, mas compreender plenamente as múltiplas implicações da aprendizagem de tal conteúdo. E não é apenas sobre os aspectos do conteúdo científico, mas também sobre a aplicação do conhecimento pedagógico do mesmo (Tradução: o autor).⁸

Assim, fica evidente que no modelo proposto de elaboração de SEA, tanto o conteúdo científico quanto as implicações pedagógicas do mesmo (sua importância para a formação dos estudantes; os conhecimentos prévios dos estudantes, entre outros) são necessários. Adotamos o termo sequência de ensino e aprendizagem (SEA) com base no trabalho de Méheut (2004), no qual a autora, após tecer importante revisão bibliográfica sobre o assunto, defende o uso da expressão por ser a mais comumente empregada.

Sánchez e Valcárcel (1993) propõem que uma SEA seja organizada em cinco etapas: a) Análise científica; b) Análise didática; c) Seleção de objetivos; d) Seleção das estratégias didáticas; e) Seleção das estratégias de avaliação. Embora afirmem que o planejamento não é rígido nem tampouco linear, os autores sugerem a análise científica como primeira tarefa a ser realizada. A justificativa para isso se dá tanto pelo fato da formação inicial docente, em grande parte das universidades, ser voltada para a aquisição de conhecimentos científicos e por ser o professor aquele que irá decidir, em última análise, que conhecimentos priorizará, pensando “o quê”, “quando” e “como” ensinar, quanto pelas particularidades do conteúdo que será ensinado (suas possíveis dificuldades, relações com outros conteúdos e áreas, entre outros) dirigirem as demais etapas.

Na análise científica, o professor se atualizará, selecionará e delimitará os conceitos a serem trabalhados e, assim, fundamentará o conhecimento científico que será abordado durante a SEA. Nesta fase ainda estão incluídas reflexões acerca da natureza das ciências (a

⁸No se trata únicamente de pasar la vista someramente por algunos libros de texto que traten el tema al que el profesor va a enfrentarse con las y los estudiantes, sino de comprender a fondo las múltiples implicaciones que tiene el aprendizaje de dicho contenido. Y no se trata sólo de aspectos sobre el contenido científico, sino también sobre la aplicación del conocimiento pedagógico del contenido.

forma como a ciência é produzida, aspectos históricos, o fato de não ser imutável e infalível). Dessa forma, percebemos uma confluência desse modelo com os eixos de AC expostos anteriormente, principalmente o eixo natureza da ciência, o qual sugere que ensinar ciências implica em ensinar sobre ciências, ou seja, aproximar os educandos de uma cultura científica.

É importante ressaltar que os autores adotam a divisão pedagógica dos conteúdos em conceituais (leis, teorias, modelos, entre outros), procedimentais (habilidades de investigação) e atitudinais (tanto atitudes científicas, como o rigor nas observações, por exemplo, quanto atitudes céticas frente às mais variadas questões abordadas em sala de aula). Na análise científica é aconselhável que os três conteúdos sejam considerados, pois cada um deles não tem finalidade em si mesmo, sempre apontam para algo mais do que a superação das suas dificuldades de aprendizagem, e que o professor compreenda que um conteúdo não pode ser trabalhado independentemente do outro.

Ainda é proposta uma divisão dos conteúdos conceituais, quanto à sua finalidade, em conteúdos de identificação, interpretação e aplicação (SÁNCHEZ; VALCÁRCEL, 1993). No primeiro grupo estão inclusos conhecimentos descritivos sobre o objeto de estudo selecionado (suas propriedades e características), no segundo temos um caráter explicativo dos aspectos anteriormente observados (Por que o objeto de estudo tem tais propriedades e características e não outras? Por que o fenômeno ocorre desta forma e não daquela?) e no terceiro grupo incluem-se conhecimentos acerca da aplicação do conteúdo estudado, conduzindo o aluno a transpor o conhecimento adquirido para outras situações de modo a que seja capaz de propor soluções para problemas apresentados, relacionando, os eixos CTSA, prever resultados, entre outros.

Após centrar-se no conhecimento científico que será trabalhado, o professor deve realizar a chamada análise didática, que consiste em refletir acerca dos conhecimentos prévios que os estudantes apresentam sobre os conteúdos da SEA, bem como sobre o nível operatório desses alunos. Num currículo em espiral (BRASIL, 2008), um mesmo conteúdo é trabalhado em diferentes momentos da vida escolar do educando, porém em graus de dificuldade crescentes. Assim, torna-se necessário adequar o conhecimento científico ao nível dos estudantes (seu nível de abstração, capacidade de realizar cálculos, criticidade, entre outros). Por outro lado, conhecer os conhecimentos prévios ajudará o professor a selecionar melhor as atividades da SEA mais adequadas para trabalhar os conteúdos. Sugere-se tanto o estudo da literatura publicada sobre o assunto, a qual fornece um aporte teórico, dando condições ao professor de tomar decisões bem fundamentadas, quanto uma análise mais particular da turma para a qual a SEA está sendo elaborada por meio de questionários, entrevistas orais, conversas

com a turma, análise de históricos escolares, entre outros. É importante frisar, no entanto, que as duas reflexões não garantem o êxito da aprendizagem dos estudantes, mas sim dotam o professor de ferramentas que lhes permita pensar os problemas apresentados pelos alunos durante a SEA chegando a possíveis explicações e o aproximando das suas soluções.

Na terceira etapa, seleção de objetivos, ocorre a reflexão sobre as potenciais aprendizagens que se pretende fomentar com a SEA, levando em conta sempre a análise científica e a análise didática. Os objetivos são elencados e, posteriormente, hierarquizados. O professor também estabelece um referencial para a avaliação, pois, em última análise, o aluno que tem um bom desempenho é aquele que atingiu os objetivos propostos.

Como quarta etapa, o professor define as estratégias de ensino mais adequados para atingir os objetivos propostos, organizando a SEA propriamente dita. Nessa etapa, ele também elabora e/ou seleciona os materiais que serão utilizados (listas de exercícios, apostilas, roteiros experimentais, textos, e outros), bem como delimita o tempo necessário para cada atividade.

Por último, na etapa de seleção das estratégias de avaliação, ocorre a seleção e/ou elaboração dos instrumentos de valoração tanto do processo de ensino (pois numa perspectiva construtivista o professor também se avalia) quanto da aprendizagem do aluno, bem como a definição dos momentos de aplicação de tais instrumentos.

5 METODOLOGIA

A presente pesquisa foi realizada numa escola de ensino integral pertencente à Rede Estadual de Pernambuco e que está localizada no sertão deste estado. As atividades propostas foram desenvolvidas em três turmas da segunda série do Ensino Médio nas quais o pesquisador leciona Química. O estudo só teve início após a devida autorização do comitê de ética em pesquisa.

Seriam selecionados aqueles que entregaram o termo de assentimento livre e esclarecido (TALE) e o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) assinados, conforme a resolução 466/2012-CNS, e que participaram de todas as sete etapas de uma sequência de ensino e aprendizagem (SEA). Dessa forma, o estudo iniciou com 75 educandos. Porém, após a primeira análise dos dados, percebeu-se a necessidade de mais uma etapa constituída da aplicação de um questionário avaliativo final, três semanas após a sétima etapa da SEA. Isso ocorreu devido a ausência de desenhos nas estórias produzidas pelos estudantes na etapa 7 e que seriam necessárias para melhor avaliar os modelos utilizados pelos

educandos para explicar as soluções, sendo a explicação um indicador de AC. Nesse intervalo de tempo, 3 dos sujeitos da pesquisa deixaram de ser alunos do professor/pesquisador e outros dois faltaram por motivos de doença, de modo que, nessa etapa, 70 questionários foram avaliados.

Os alunos participantes tiveram suas identidades devidamente preservadas. Para tanto, cada um dos sujeitos da pesquisa recebeu, aleatoriamente, um código formado pela letra “a” maiúscula e um número que variava de um a setenta e cinco. Para o aluno um, por exemplo, o código ficou A01.

A SEA elaborada (Produto educacional) foi fundamentada nas já discutidas proposições sobre planejamento oriundas de trabalho publicado por Sánchez e Valcárcel (1993).

A avaliação da aprendizagem levou em consideração a noção de AC, que considera a importância do conhecimento na leitura de mundo, para tomar decisões fundamentadas, poder buscar soluções, tornando-se um cidadão mais crítico.

A SEA proposta, foi estruturada em um conjunto de 8 etapas desenvolvidas em 14 aulas de 50min cada, cujo esquema geral pode ser visualizado a partir do quadro 2. A SEA completa encontra-se no apêndice I e recebeu o título “O que tem na água?”.

Quadro 02: Etapas da SEA, O que tem na água?

Etapa	Objetivo	Coleta de Dados
01. Aplicação de questionário diagnóstico. Nº de aulas: 1.	- Saber se conceitos basilares para o entendimento das soluções (tanto como sistema material quanto como processo) eram conhecidos pelos mesmos, possibilitando, assim, futuros ajustes na SEA.	- Respostas dadas ao questionário fotocopiado e distribuído aos educandos.
02. Leitura do texto “Um Problema de Todos” e exibição de vídeo com reportagem sobre o acidente ocorrido em Mariana, MG, seguida de discussão acerca da temática abordada.	- Questionar os alunos a respeito do texto “Um Problema de Todos”: O que pensam sobre a atitude de Leo? O problema é mesmo de todos? Estamos cuidando dos nossos mananciais? Quais são as atividades humanas	-Diário de bordo.

<p>Nº de aulas: 2.</p>	<p>que mais trazem prejuízo aos nossos mananciais na atualidade? O que sabem sobre a tragédia de Mariana, MG?</p>	
<p>03. Exibição de vídeo da TV Química Nova na Escola, QNEsc, acerca das propriedades da água, seguido de debate e explanação sobre forças intermoleculares e polaridade. Nº de aulas: 2.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Compreender algumas propriedades da água como sua geometria molecular, polaridade, forças de interação intermolecular; - Compreender as etapas de tratamento da água numa ETA; - Discutir a importância do consumo consciente da água, bem como o problema da poluição dos mananciais. 	<p>- Diário de bordo.</p>
<p>04. Atividade experimental: Condutividade elétrica em diferentes amostras de água. Nº de aulas: 2.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Analisar a condutividade elétrica em diferentes amostras de água: água destilada, água da torneira, água mineral, água de barreiro, água do bebedouro da escola e água do mar; - Propor hipóteses para cada um dos experimentos e testá-las anotando suas conclusões. 	<p>- Questionário proposto no roteiro experimental.</p>
<p>05. Discussão conceitual acerca dos resultados obtidos no experimento utilizando animação do Phet. Nº de aulas: 2.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Comparação das conclusões obtidas por cada aluno na atividade experimental; - Compreender o processo de solvatação do cloreto de sódio por meio do aplicativo do Phet; - Compreender o processo de dissolução do açúcar comum na água. 	<p>- Diário de bordo.</p>

<p>06. Análise de rótulos de água mineral e suco, seguida de estudo dos tipos de dispersão – suspensão, colóide e solução. Nº de aulas: 2.</p>	<p>- Compreender o que são soluções e a diferença entre elas e os demais tipos de dispersões (coloides e suspensões); - Analisar rótulos de água mineral e suco de caixinha.</p>	<p>- Respostas dadas ao questionário proposto em material elaborado pelo professor no qual também consta o roteiro experimental. - Diário de bordo.</p>
<p>07. Discussão acerca das respostas dadas às questões propostas e orientações sobre a escrita de texto com a continuação da estória. Nº de aulas: 2.</p>	<p>- Corrigir as questões propostas nas aulas anteriores sobre dispersões e análise de rótulos; - Orientar sobre a continuação do texto “Um problema de todos”, a qual será feita pelos alunos no período extra-classe e entregue em aula futura.</p>	<p>- Respostas dadas ao questionário proposto em apostila elaborada pelo professor na qual também consta o roteiro experimental. - Diário de bordo.</p>
<p>08. Aplicação de questionário avaliativo. Nº de aulas: 1.</p>	<p>- Detectar evidências de aprendizagem dos conceitos por parte dos estudantes com base nos indicadores de AC.</p>	<p>- Respostas dadas ao questionário proposto.</p>

Fonte: Elaborado pelo autor.

Foi empregada a análise de conteúdo conforme Bardin (1977) pautada nas questões que tratam da AC, dividida nas seguintes etapas básicas: descrição do conteúdo, inferência e interpretação. Tal análise é definida de maneira geral como sendo:

Um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter, por procedimentos, sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) destas mensagens (BARDIN, 1977, p.42).

Dessa forma, o pesquisador que adota essa metodologia manipula os dados contidos numa comunicação (independentemente do suporte, que pode ser um texto escrito, ou um áudio, ou ainda imagético) de modo a tecer inferências, interpretando o que está implícito por meio do que está explícito no texto.

O analista faz uma primeira imersão nos documentos a serem pesquisados para tomar conhecimento do que está presente nos mesmos, fazendo uma leitura flutuante, demarcando o que será analisado numa espécie de trabalho de poda no qual se separa o que interessa ou não a ele. Formulam-se hipóteses e traçam-se os objetivos do texto. É necessário, ainda, elaborar os indicadores, elementos contidos em fragmentos analisados que se relacionam com as hipóteses levantadas.

A seguir vem a fase da inferência, uma etapa exploratória, na qual categorias são criadas com base nas hipóteses e indicadores. Nessa fase o pesquisador descreve e infere sobre os fragmentos que está analisando para interpretá-los à luz dos objetivos e hipóteses anteriormente levantados.

Por fim vem a fase da interpretação. Os dados são tratados e aquilo que estava implícito vem à tona. É a etapa onde a criticidade e a intuição do pesquisador mais aparecem. Por conseguinte, também é a etapa com maior subjetividade.

Os dados analisados foram: as respostas de questionários acerca do conceito soluções (etapas 1 e 8), o diário de bordo do pesquisador (etapas 2, 3, 5, 6 e 7), as respostas dadas às questões contidas num roteiro experimental (etapa 4), bem como narrativas com a continuação de um estória apresentada no início da SEA que se configurou numa situação problematizadora, servindo de fio condutor das diferentes etapas da sequência.

Objetivando discutir a trajetória de aprendizagem dos estudantes ao longo da SEA no que tange à AC, a análise dos dados se deu, pois, acerca dos três eixos estruturantes de AC (SASSERON; CARVALHO, 2011), procurando evidências nos indicadores de AC também propostos pelas autoras supracitadas (SASSERON; CARVALHO, 2008). No entanto, devido ao grande número de dados a serem tratados, os indicadores referentes ao raciocínio lógico e ao raciocínio proporcional não foram analisados na presente pesquisa.

É evidente, contudo, que não basta que o aluno explique o fenômeno pesquisado, mas sim que o faça de acordo com o modelo adotado pela comunidade científica. Para tanto, tal explicação precisa contemplar aspectos atômico-moleculares do fenômeno. Sendo assim, os dados também foram analisados à luz do conceito soluções químicas. Como já explicado, a avaliação sobre os conteúdos abordados foi empreendida em dois momentos. No primeiro deles, por meio de um questionário diagnóstico aplicado na etapa 1 da SEA (Apêndice III), cujo intuito foi averiguar os conhecimentos prévios dos estudantes acerca de conceitos basilares para o entendimento das soluções químicas tendo em vista que a análise didática, segunda etapa da elaboração de uma SEA, apresenta a necessidade de adequar o conhecimento científico que será abordado nas atividades ao nível dos estudantes, sem que

isto represente perda de significado. Já ao fim da unidade, a última avaliação também contemplou aspectos conceituais, almejando investigar modificações e dificuldades na compreensão conceitual.

Das questões elaboradas para o questionário diagnóstico, duas foram mais significativas para a primeira etapa da presente pesquisa, as quais versavam sobre o modo de interação das moléculas de água nas fases líquida e gasosa (a diferença conceitual entre gás e vapor não foi abordada na SEA em questão). Haja vista que o entendimento das soluções perpassa pela compreensão da interação entre as partículas do solvente e do soluto, sendo que o solvente trabalhado na SEA foi a água, foram analisadas, pois, as respostas dadas às questões 10 e 11, respectivamente:

- a) Questão 10: Você sabe dizer como é a interação entre as moléculas de água no estado líquido? Faça um desenho.
- b) Questão 11: Você sabe dizer como é a interação entre as moléculas de água no estado gasoso? Faça um desenho.

Os dados foram categorizados, seguindo as etapas da análise de conteúdo, variando em níveis de complexidade, do mais basilar para o mais próximo do aceito pela comunidade científica. Foram criadas cinco categorias:

- a) Ausência de resposta;
- b) Essencialmente fenomenológico;
- c) Tentativa de emprego do atômico-molecular, porém sem texto explicativo;
- d) Relaciona fenômeno com propriedades atômico-moleculares, mas não usa modelo adequadamente em sua explicação;
- e) Relaciona fenômeno com propriedades atômico-moleculares e usa modelo adequadamente em sua explicação.

Tanto no questionário diagnóstico quanto na avaliação final (Apêndice IV), requisitamos aos educandos que respondessem com textos escritos (linguagem verbal) e com desenhos (linguagem não-verbal ou pictórica), assumindo que concorrentes conhecimentos carregam em si a necessidade de múltiplas representações.

Como parâmetro para análise da presença ou não de uma visão atômico-molecular por parte dos educandos a pesquisa foi pautada nas ideias de Sana et al. (2016), que consideram fenomenológicas as explicações que recorrem a aspectos tangíveis da matéria. Por sua vez, são submicroscópicas aquelas respostas que trazem quaisquer representações que se aproximem de partículas, tais como: “bolas, quadrados, fórmula estrutural e o modelo bola/vareta” (SANA et al., 2016, p. 3). Porém, diferente dos citados autores, também foram

analisadas as respostas que utilizaram apenas linguagem verbal, classificando como visão descontínua os textos que trouxeram referências diretas a partículas como o uso das palavras partículas, moléculas, íons ou átomos, por exemplo, pois muitos estudantes não utilizaram desenhos em suas respostas.

Assim, foram consideradas como mais complexas aquelas respostas cuja explicação (e outros indicadores de AC) apresentasse uma visão atômico-molecular na qual o estudante considerasse a existência de forças de natureza eletrostática entre as partículas, que no caso da água, por exemplo, advinham da diferença de eletronegatividade entre os átomos de hidrogênio e de oxigênio, dos pares de elétrons isolados no átomo de oxigênio e da geometria angular de suas moléculas. Considerou-se, ainda, que quando os estudantes utilizassem textos dissertativos e textos pictóricos os mesmos não poderiam se contradizer, mas sim serem complementares.

Como já exposto, as etapas de 2 a 7 da SEA foram analisadas com base no diário de bordo do pesquisador e com base nas respostas dadas às questões propostas no roteiro experimental aplicado na etapa 4.

A segunda etapa da SEA ocorreu em duas aulas geminadas com o uso dos seguintes recursos: textos fotocopiados com a situação-problema (Apêndice II); projetor; vídeo com reportagem do já extinto programa CQC, da rede Bandeirantes⁹.

Assim como as demais etapas, a mesma foi repetida em três turmas do professor/pesquisador. Optou-se por relatar o ocorrido em uma delas.

A terceira etapa também ocorreu em duas aulas geminadas e os recursos utilizados foram projetor, vídeo da TV QNEsc¹⁰ sobre a água, material de apoio elaborado pelo professor com os conteúdos e lousa.

Os experimentos da etapa 4 foram realizados no laboratório de Química da escola, o qual é amplo, com cerca de 40 m² de área, contando com 8 bancadas e uma grande variedade de equipamentos (centrífuga, autoclave, banho-maria, geladeira, balanças, suportes universais com garras, estantes, fogareiros, e outros) e vidrarias em geral, além de uma boa variedade de reagentes.

Os materiais utilizados foram: Cloreto de sódio, sacarose, amostras de água - do mar (ou uma solução concentrada de cloreto de sódio), de um barreiro, da torneira e do bebedouro da escola, água destilada (adquirida em postos de gasolina), copos descartáveis de plástico

⁹ Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=hy0IEzigb1>>. Acesso em 20/11/17 às 22h29min.

¹⁰ Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/videos.php>>. Acesso em 21/07/2016 às 16:41 (A partir do minuto 29 do cap. 4 e até o minuto 11 do cap. 5).

transparente, colheres descartáveis e óculos de proteção, equipamento para teste de condutividade elétrica: lâmpada de geladeira, fios, base de madeira, resistência, lápis de carpintaria, fita isolante, interruptor. O equipamento montado pode ser visualizado na figura a seguir:

Figura 2: Equipamento para condutividade elétrica utilizado nos experimentos.

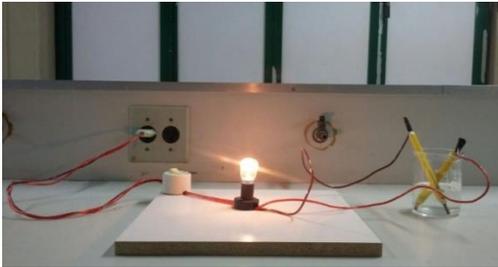


Foto: Jean Karlo Silva de Miranda

Os alunos foram divididos em grupos de até 5 componentes. Os estudantes receberam cópias do roteiro experimental. Este, no entanto, seguiu uma forma lúdica, dando continuidade à estória “Um Problema de Todos”. A narrativa havia parado no momento em que as personagens Léo, Cadu e Bia decidem conversar com o professor de Química sobre suas dúvidas acerca da qualidade da água, sobre como saberiam se há alguma substância dissolvida na água mesmo ela estando insípida, incolor e inodora.

Sendo assim, o roteiro de laboratório dá prosseguimento à estória contando o encontro deles com o professor e a decisão do mesmo em realizar alguns experimentos com os alunos, basicamente, testes de condutividade nas diferentes amostras de água elencadas acima. Dessa forma, os estudantes liam no roteiro com a continuação da estória sobre como as três personagens realizavam cada um dos experimentos e, a seguir, eles próprios deveriam realizar o mesmo procedimento. Antes, porém, lhes era solicitado que propusessem hipóteses acerca do que realizariam e, depois, de realizá-lo, comparassem o resultado observado com a hipótese inicial.

Os experimentos foram divididos em duas etapas. Na primeira os grupos deveriam testar a condutividade elétrica das diferentes amostras de água, na segunda, testar a condutividade de uma solução de cloreto de sódio e de outra de sacarose por eles preparadas. A cada teste, os estudantes deveriam mergulhar os eletrodos num copo com água destilada para limpeza dos eletrodos. Para dar mais segurança aos alunos, foi feito um circuito com interruptor, e os estudantes foram orientados a só ligar o interruptor após introduzir os eletrodos na água.

A etapa 5 foi elaborada com o intuito de levar os estudantes a compararem os resultados obtidos nos experimentos feitos em grupo da etapa anterior. Após tal debate, ocorreria, então, uma aula expositiva com o uso do simulador do Phet “*sugar and salt solutions*”.

A sexta etapa, por sua vez, apresentou a proposta de análise de rótulos de água mineral e de sucos, para comparação de possíveis substâncias em comum nas diferentes soluções, introduzindo, ainda, o conceito de concentração de soluções. Contou também com a leitura de um texto sobre a composição da água do mar e de uma reportagem sobre os laudos da FENAM acerca da presença de metais pesados na água do Rio Doce após o acidente em Mariana. Enquanto que, na sétima etapa, os alunos foram orientados quanto a escrita da continuação da estória “Um Problema de Todos”.

Como dito anteriormente, elaborou-se, como etapa final, um questionário avaliativo contendo 4 questões. Mas apenas duas questões foram analisadas, por serem mais voltadas para a interação soluto/solvente, foram elas:

- a) Questão 3: Ao preparar uma garapa, um estudante utilizou certa quantidade de açúcar comum, sacarose, numa dada medida de água de modo que todo o soluto se solubilizou, aparentemente desaparecendo, processo conhecido por dissolução, o qual forma uma mistura homogênea, solução. O estudante, então, se perguntou como a água consegue dissolver o açúcar. Dê sua explicação para a questão levantada pelo estudante e o ajude a sanar essa dúvida. Utilize textos escritos e desenho;
- b) Questão 4. Ao preparar uma sopa, uma dona de casa deixa para “acertar” o sal por último para não correr o risco de servi-la muito salgada. O sal aparentemente “desapareceu” na sopa, pois a água contida o dissolveu. Como se dá a dissolução do sal de cozinha, cloreto de sódio, na água? Como ela faz para solubilizá-lo? Explique por meio de texto escrito e desenho.

Para a análise da dissolução foram utilizados como parâmetros de referência o já citado trabalho de Sana et al. (2016) e o trabalho publicado por Souza e Cardoso (2009) no qual os pesquisadores avaliaram modelos propostos por alunos de pós-graduação acerca da dissolução de diferentes compostos como cloreto de sódio, iodo e ácido cianídrico. Baseado, primeiramente na leitura das produções feitas pelos sujeitos da pesquisa bem como nos trabalhos supracitados, as respostas dos questionários foram classificadas, quanto à aproximação ao modelo científico, em:

- a) Não há tentativa de explicar o fenômeno destacado;

- b) Essencialmente fenomenológico;
- c) Apresenta visão atômico-molecular, mas não considera a interação soluto-solvente;
- d) Apresenta visão atômico-molecular e considera a interação soluto-solvente, mas não explica o mecanismo;
- e) Apresenta visão atômico-molecular e considera a interação soluto-solvente, porém com explicação inadequada;
- f) Apresenta visão atômico-molecular e considera a interação soluto-solvente com explicação adequada.

Os resultados obtidos em cada uma das etapas da SEA são apresentados e discutidos na seção 6 a seguir.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

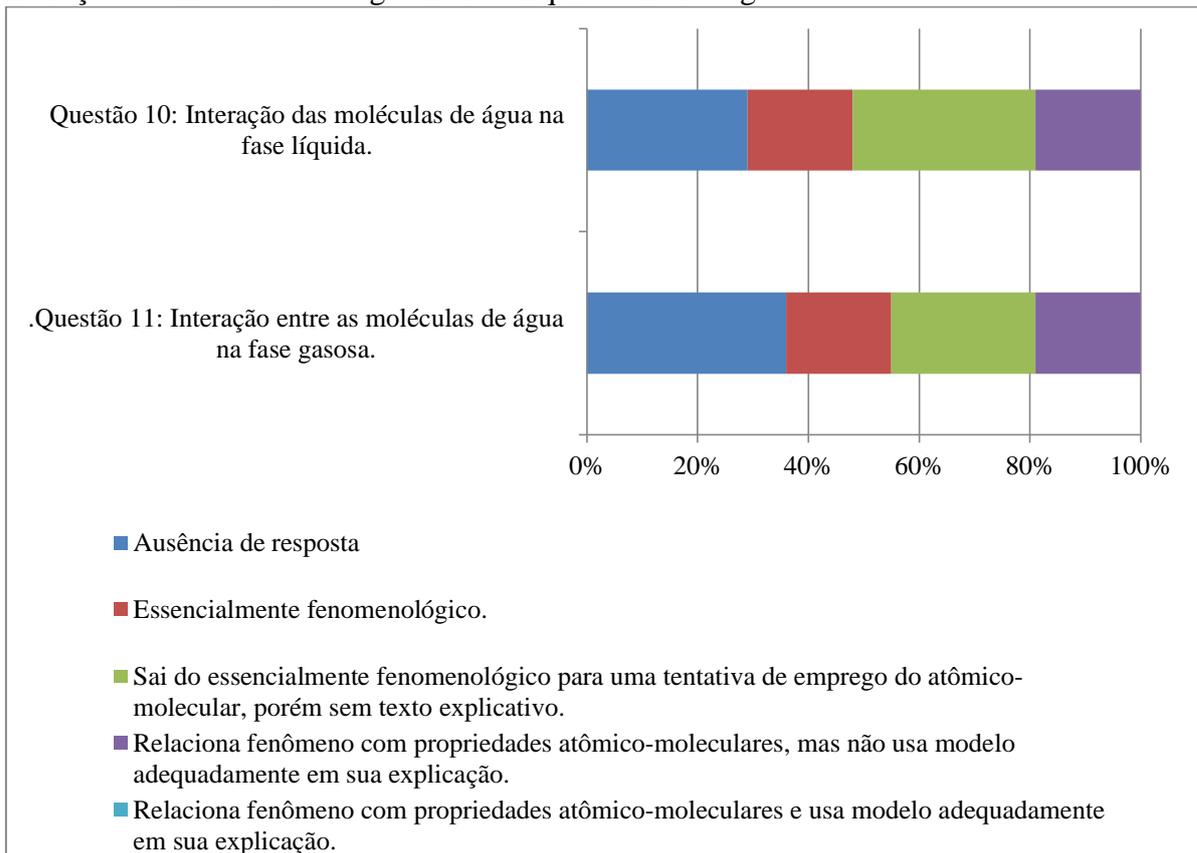
A primeira etapa da SEA foi a aplicação de um questionário diagnóstico. Objetivou-se traçar um perfil sócio-econômico dos sujeitos da pesquisa, bem como saber se conceitos basilares para o entendimento das soluções (tanto como sistema material quanto como processo) eram conhecidos pelos mesmos. A partir da primeira imersão nos dados coletados, percebeu-se que o perfil sócio-econômico dos educandos não era essencial para os objetivos traçados para a pesquisa.

Os dados analisados foram as respostas dadas às questões referentes às interações entre as moléculas de água nas fases líquida e gasosa, os quais são apresentados e analisados a seguir.

6.1 Etapa 1: Questionário Diagnóstico

Os dados foram categorizados levando-se em conta desde a ausência de resposta, passando pelas que eram essencialmente fenomenológicas (caráter puramente macroscópico), até a mais complexa, na qual o educando utilizou adequadamente o modelo atômico-molecular para explicar características e propriedades do fenômeno em questão. Uma breve análise quantitativa pode ser visualizada na figura 3 a seguir.

Figura 3: Incidência de respostas para as categorias elencadas para os dados acerca da interação das moléculas de água na fase líquida e na fase gasosa.

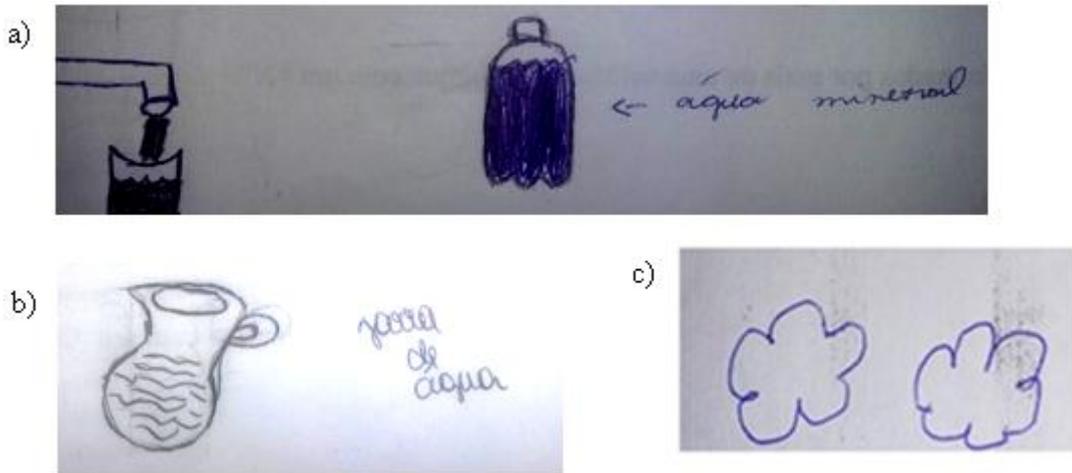


Fonte: Dados da pesquisa.

Para a questão que indagava sobre a interação das partículas de água na fase líquida (questão 10), constatamos que 29% dos educandos não a responderam, ao passo que 36% não responderam a questão que indagava sobre a forma de interação das partículas de água na fase gasosa. Tais resultados podem significar um desconhecimento do modelo atômico-molecular por parte dos educandos o que inviabiliza a formulação de explicações adequadas para as questões, pois os aspectos qualitativos, como o uso de modelos, são pouco trabalhados nas aulas de Química, pois o ensino praticado nas escolas tem dado mais ênfase a aspectos quantitativos em detrimento de estratégias que fomentem a abstração (ECHEVERRÍA, 1996; CARMO; MARCONDES, 2008; SANA et. al, 2016). Sendo assim, é compreensível que os sujeitos da pesquisa não tivessem condições de fazer a ligação entre os aspectos fenomenológicos e os sub-microscópicos nesse momento da SEA. Isso também explica a incidência de 19% de respostas categorizadas como essencialmente fenomenológicas para ambas as questões.

O nível fenomenológico não abarca o modelo explicativo, que ocorre essencialmente em nível atômico-molecular, limitando a resposta a observações baseadas em percepções sensoriais, como podemos ver nos exemplos expostos na figura 4 a seguir:

Figura 4: Essencialmente fenomenológico: (a) Resposta de A05 para a questão 10; (b) Resposta de A08 para a questão 10; (c) Resposta de A74 para a questão 11.



Fonte: Dados da pesquisa.

Nesses três casos podemos perceber a ausência de explicações/conceitos relacionados à Química ou mesmo de descrição. Em suas respostas, A05 e A08 enfatizam que a água por eles representada está na fase líquida, mas não apresentam aspectos da Química. Ou seja, os textos apenas informam o que o aluno desenhou, mas não buscam elucidar o que foi perguntado. Já na resposta de A74 vemos duas nuvens sem nenhuma dissertação explicativa. Vê-se em cada um deles um caráter fenomenológico, ou seja, sem explicação satisfatória. Para descrever um fenômeno o educando precisaria lançar mão de indicadores de AC tais como seriação de dados, organização de dados e, dependendo da problemática, classificação. Para a questão proposta, a descrição contaria com um levantamento prévio das características da água na fase líquida (ou gasosa), e uma organização dessas características, ou seja, a utilização das mesmas para subsidiar o ponto de vista do educando, sua explicação, a qual deveria utilizar-se do modelo atômico-molecular.

Tais características nas respostas apresentadas pelos estudantes podem estar associadas à falta do uso de modelo denotando, então, dificuldades no uso da linguagem da Química. Para Oliveira et al. (2009), a formação de um cidadão ativo pressupõe a compreensão da linguagem da Ciência, a qual, por sua vez, implica não somente a apropriação de palavras da Ciência, mas também no entendimento do seu processo de

pensamento (que se dá com o uso de modelos), sendo, portanto, crucial para o processo de alfabetização científica dos sujeitos.

Em trabalho recente, Sana et. al. (2016) constataram que os estudantes por eles pesquisados até entendiam os processos apresentados nas aulas, porém a não familiarização dos mesmos com a linguagem da Ciência, levava-os a não conseguirem articular os termos científicos para propor explicações coerentes. Há uma inter-relação entre linguagem e Ciência. O desenvolvimento de uma sempre fomenta o desenvolvimento da outra tal como afirmam Oliveira et al. (2009, p. 22):

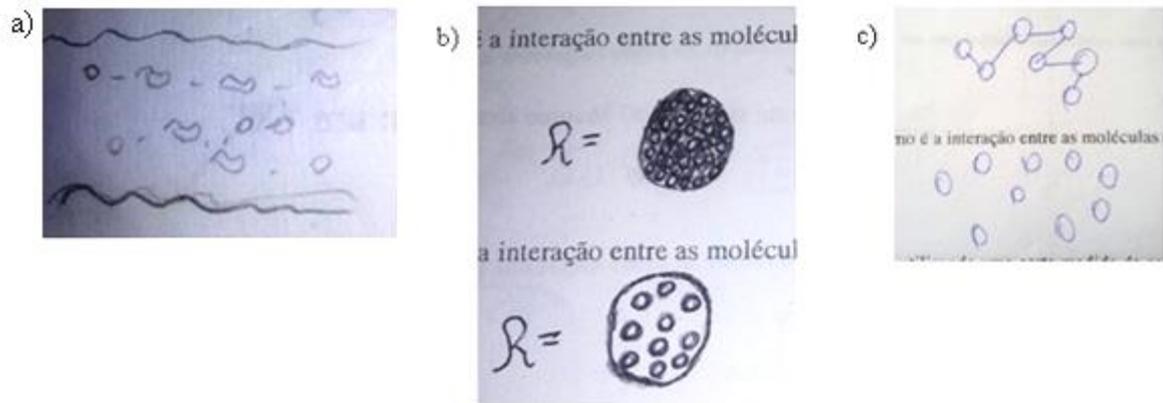
Linguagem e Ciência estão, por conseguinte, intimamente ligadas, tal como afirmava Lavoisier em 1789. Parte-se do pressuposto teórico que a linguagem científica desenvolve o pensamento científico e com a complexificação deste desenvolve-se essa mesma linguagem científica. O domínio da linguagem pelo aluno transforma-se, assim, num valioso instrumento de desenvolvimento dos processos cognitivos e orienta a construção do próprio conhecimento.

Tais resultados realçaram a importância de rever ou reforçar conceitos já estudados na série anterior, tais como forças intermoleculares, compostos moleculares e iônicos, geometria molecular da água e polaridade, considerando sua importância para a compreensão do processo de dissolução.

Pode-se, pois, perceber, que os alunos que não responderam ou tiveram sua resposta contada no nível essencialmente macroscópico totalizaram quase a metade da turma. Subentendendo-se as ausências de resposta como decorrentes do não domínio de conceitos básicos para o tema soluções químicas, como já exposto, percebe-se que se trata de um número significativo de alunos que não apresentam uma visão descontínua. Isso demonstra que os dados empíricos pesquisados para formar o arcabouço teórico da SEA estavam corretos quanto à falta de tal visão em boa parte dos educandos, os quais fundamentam sua interpretação de mundo em aspectos percebidos de forma sensorial.

Quando indagados sobre como se daria a interação entre as partículas da água na fase líquida, 33% dos educandos tiveram suas respostas classificadas como “sai do essencialmente fenomenológico para uma tentativa de emprego do atômico-molecular, porém sem texto explicativo”, num percentual próximo àquele constatado para o quesito sobre a interação das partículas da água na fase gasosa, o qual foi de 26%. São exemplos de tal categoria as respostas elencadas na figura 5 a seguir.

Figura 5: Sai do essencialmente fenomenológico para uma tentativa de emprego do atômico-molecular, porém sem texto explicativo: (a) Resposta de A01; (b) Respostas de A23; (c) Explicações de A27.



Fonte: Dados da pesquisa.

Os três exemplos demonstram um nível um pouco maior de abstração ao utilizarem-se de representações de partículas conforme Sana et al. (2016), mas sem relacionar o fenômeno estudado com o modelo atômico-molecular, não há uma explicação clara para a problemática abordada, pois não há o uso da linguagem verbal. Faz-se necessário reconhecer, no entanto, que os textos das questões não trouxeram claramente a necessidade de o aluno utilizar de textos dissertativos e desenhos, mas em sala de aula, o professor/pesquisador fez essa solicitação.

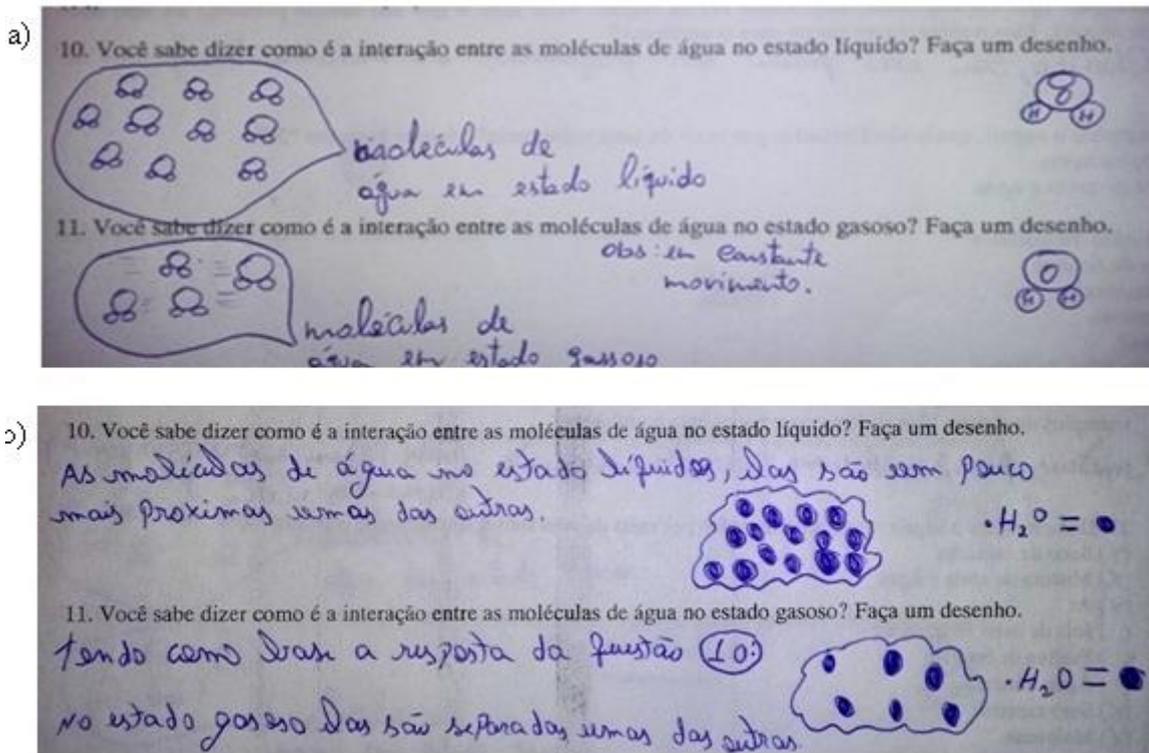
Destaca-se que, em alguns casos, ao compararem-se a resposta dada ao quesito sobre a interação das partículas da água na fase líquida (questão 10) com aquela dada ao quesito acerca da interação na fase gasosa (questão 11), percebe-se que o aluno aplica o conhecimento das características e propriedades da água em seus diferentes estados físicos para explicar os fenômenos indagados. A23, figura 5b, por exemplo, representa as partículas na fase líquida bem mais próximas do que na fase gasosa, o mesmo ocorre nos desenhos de A27, figura 5c, nos quais é possível perceber ainda que há linhas unindo as partículas na fase líquida e que as mesmas não se fazem presentes na fase gasosa. Tais linhas podem muito bem representar forças intermoleculares.

Contudo, tendo em vista que concorrentes conhecimentos carregam em si a necessidade de múltiplas representações, considerou-se importante que quando a resposta trouxesse um desenho o mesmo complementasse o texto verbal da explicação dada. Uma AC implica no uso correto de termos científicos como exposto anteriormente.

Para a categoria “relaciona fenômeno com propriedades atômico-moleculares, mas não usa modelo adequadamente em sua explicação”, em ambos os quesitos (interação das

partículas da água na fase líquida e interação das partículas da água na sua fase gasosa) houve incidência de 19%. São exemplos as respostas elencadas na figura 6 a seguir:

Figura 6: Relaciona fenômeno com propriedades atômico-moleculares, mas não usa modelo adequadamente em sua explicação: (a) Respostas de A11; (b) Respostas de A69.



Fonte: Dados da pesquisa.

Os estudantes estão utilizando uma visão abstrata acompanhada de um texto explicativo, demonstrando que contemplam os fenômenos estudados do ponto de vista de um modelo particulado da matéria. Todavia, suas explicações baseiam-se em descrições das propriedades e características da água: em A11, no distanciamento entre as partículas e na maior energia cinética das mesmas na fase gasosa da água, ao passo que em A69 há apenas a descrição de que na fase gasosa há um maior distanciamento entre as partículas. Ou seja, ao estudante faltam conceitos que lhe permitam justificar suas respostas, fundamentando-as, pois sem eles pode existir apenas uma mera repetição de um modelo sem que haja uma (re)significação do mesmo.

É necessário, pois, que o sujeito que utiliza o modelo seja capaz de demonstrar que o conhece de fato, que está fundamentado cientificamente, o que ficaria provado por meio dos já citados indicadores de AC. Percebe-se, assim, que o trabalho com modelos necessita de discussões e reflexões nas quais os educandos se apropriem dos mesmos sendo capazes de

lançar mão de conceitos que subsidiem sua adoção na resolução de problemas proposto nas aulas. Ficou notório, assim, que as etapas da SEA deveriam conter atividades que levassem os jovens a refletir acerca do modelo atômico-molecular, trabalhando desde a concepção do que são modelos, visto que muitos estudantes acreditam que os modelos científicos têm existência física real, até o trabalho de um cientista em desenvolver modelos a partir de dados empíricos.

Como explica Justi (2011), é importante que os estudantes compreendam que os modelos não são reais, nem tampouco cópias de algo real, mas sim representações limitadas. Os modelos podem representar objetos visíveis, ou não, processos como as transformações químicas além de teorias.

Nenhum dos sujeitos da pesquisa alcançou a categoria máxima: Relaciona fenômeno com propriedades atômico-moleculares e usa modelo adequadamente em sua explicação. Demonstrou-se, uma vez mais, a falta de conceitos que fundamentem as explicações dos estudantes para os problemas propostos. Seria necessário, pois, que as respostas indicassem que o discente sabe, por exemplo, que na fase líquida as partículas da água estão mais próximas e são capazes de estabelecer ligações de hidrogênio entre si devido ao fato da água ser um composto polar no qual há uma acentuada diferença de eletronegativa, por conta de ser formada pela ligação entre dois átomos de hidrogênio e um de oxigênio e que durante a mudança para a fase gasosa as moléculas adquirem mais energia, afastando-se umas das outras, o que dificulta a formação das citadas ligações de hidrogênio.

Sana et al. (2016) também denunciam que muitas das dificuldades encontradas pelos educandos para expressarem seus conhecimentos por meio de modelos se deve à pouca utilização e valorização do uso de modelos sub-microscópicos no ensino.

Devido a isso, elaborou-se atividades para SEA nas quais os aspectos sub-microscópicos fossem mais valorizados, como explicado anteriormente, visto que seriam primordiais para o entendimento dos conteúdos futuros, entre elas a realização de experimentos nos quais os estudantes tivessem que propor hipóteses e testá-las para, então, com os dados coletados, propor modelos explicativos (etapa 3). A análise dos dados do questionário diagnóstico denotou que o uso de modelos deveria ser ainda mais frisado e discutido, bem como a importância de se trabalhar com a multimodalidade (diferentes formas de representação: textos, desenhos, maquetes, experimentos, e outros). Sana et al. (2016) conjecturam que o trabalho com a multimodalidade facilitaria o aprendizado, pois levaria os estudantes a mobilizarem mais os seus sentidos, alcançando um maior número deles, visto que nossa primeira representação do real se dá por meio do que percebemos sensorialmente.

Os dados revelam a necessidade de retomada dos conceitos sobre as fases de agregação da matéria com ênfase no conceito de forças intermoleculares, visto que é por meio das mesmas que se pode compreender o processo de dissolução ou não de um determinado soluto em um dado solvente.

Além de contemplar os conceitos acerca do tema soluções, numa perspectiva de AC, as etapas da SEA tinham por base os três eixos estruturantes propostos por Sasseron e Carvalho (2011), dentre os quais o eixo “entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio-ambiente” (p. 76) pôde ser contemplado nas discussões oriundas da leitura do texto “Um problema de todos” e de pesquisas sobre a presença ou não de metais pesados na água do Rio Doce feita pela Federação Nacional dos Médicos, FENAM, publicada por Ferreira (2016) em matéria do portal G1 do grupo Globo, bem como vídeos com reportagens acerca do acidente ocorrido em Mariana, Minas Gerais, MG, do extinto programa Custe o que Custar da Rede Bandeirantes. Os dados são descritos e discutidos na seção 6.2 a seguir.

6.2 Etapa 2: Leitura do Texto “Um Problema de Todos” e Exibição de Vídeo com Reportagem sobre o Acidente Ocorrido em Mariana, MG, Seguida de Discussão acerca da Temática Abordada.

A aula teve início com a pergunta aos alunos de quantos se lembravam do acidente ocorrido em Mariana, MG, em 2015. Alguns alunos levantaram a mão, assegurando lembrarem-se do ocorrido. Em seguida, foi lhes solicitado que descrevessem o que recordavam. Os estudantes foram bastante sucintos, falando apenas do rompimento da barragem e de mortes que ocorrerem. Eles não lembravam do nome da empresa responsável pela barragem, nem do nome do rio onde a lama com rejeitos de minério de ferro foi despejada, ou mesmo estavam cientes que se tratava do pior desastre ambiental do Brasil.

A seguir, foi lhes perguntado como estava a situação de Mariana e das cidades atingidas pela lama da barragem, os estudantes não tinham conhecimento, não se recordavam de notícias recentes sobre a tragédia. Foi lhes perguntado se alguém havia sido preso e se as famílias desabrigadas tinham sido indenizadas, o que eles não tinham ciência.

Então, foram distribuídas para a turma cópias do texto “Um Problema de Todos” de autoria do professor/pesquisador (Apêndice I), no qual três jovens estudantes do Ensino Médio conversam acerca da referida tragédia. Um deles, Léo, não dá muita importância ao episódio alegando não poder fazer nada a respeito e que isso não deveria ser tema de aulas,

pois provavelmente não seria cobrado no ENEM. Os outros dois estudantes apresentam dados sobre o ocorrido para tentar mudar a opinião do colega, alegando, inclusive, que os rejeitos atingiram o litoral da Bahia e que alguém em Pernambuco poderia consumir algum peixe contaminado pescado por lá. A conversa os leva a discutir sobre a água consumida sobre como se pode saber se a mesma está contaminada. Após o debate, decidem apresentar suas dúvidas a respeito da água ao seu professor de Química.

A leitura do referido texto se deu de forma lúdica, pois os educandos sugeriram que três deles interpretassem as personagens da estória e o narrador enquanto os outros acompanhavam. Isso tornou a atividade mais prazerosa e dinâmica.

Após a leitura, iniciou-se um momento de discussão no qual foi perguntado o que mais havia chamado a atenção deles no texto lido. Um dos alunos afirmou que a atitude de Léo lembrava a de algumas pessoas que ele conhecia. Uma de suas colegas concordou, afirmando que o problema não dizia respeito somente àquelas pessoas diretamente atingidas. Nesse ponto, outra aluna comentou o fato de Léo ter ficado reflexivo ao saber que os rejeitos poderiam ser levados pelo rio até o mar, e contaminar os peixes caso houvesse metais pesados na mesma. Os alunos que falaram nesse momento chegaram à mesma conclusão de que Léo tinha uma atitude egoísta e que só começou a se preocupar quando refletiu sobre a possibilidade de ele mesmo ter comido peixe contaminado por metais pesados.

Durante essa discussão inicial foi esclarecido aos alunos que os dados citados pelas personagens da estória não eram fictícios, mas que foram obtidos em fontes que constavam no rodapé do texto e que eram fontes renomadas. Um das fontes foi o portal de notícias G1, do grupo Globo, que, por sua vez, trazia dados de uma pesquisa feita pela FENAM sobre a presença de metais pesados na lama da Samarco. Foi esclarecido aos alunos que a Ciência não é neutra e está a serviço de algum grupo. A Samarco, uma das empresas responsáveis pela barragem do Fundão, encomendou uma pesquisa acerca da qualidade da água do Rio Doce e a mesma não constatou presença de metais pesados, enquanto a FENAM, em sua pesquisa, detectou. Uma terceira pesquisa, também encomendada pela empresa afirmou que havia metais pesados sim, mas não na forma iônica e que os mesmos já estavam presentes no Rio Doce, sedimentados, e que com a lama da barragem, esses sedimentos ficaram suspensos na água, mas que os mesmos não chegariam até as torneiras da população abastecida com aquela água.

Os alunos refletiram acerca de quem estava com a razão, chegando a conclusão que confiavam mais na pesquisa da FENAM por não ser paga por nenhuma empresa.

Auler e Delizoicov (2001) combatem o chamado mito da neutralidade da ciência, afirmando que dele procedem outros como o mito da supremacia do modelo das decisões tecnocráticas e o mito do salvacionismo proporcionado pela CT. O primeiro afirma que somente o conhecimento científico dota o homem da capacidade de tomar as decisões corretas sobre os mais variados assuntos. O segundo vem afirmar que a ciência e a tecnologia resolverão todos os nossos problemas. No entanto, todo o conhecimento científico e tecnológico dos engenheiros da Samarco não foram capazes de evitar o pior desastre ambiental da história do Brasil.

Pensar sobre isso é reconhecer que a ciência é falha e está sempre num processo de construção, pois é feita por homens falhos e também em processo de construção, sendo essa reflexão um dos eixos fundamentais para o processo de alfabetização científica (SASSERON e CARVALHO, 2011), a compreensão da natureza das ciências e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática.

Depois disso, foi exibido o vídeo do extinto programa CQC – Custe o que Custar, sobre o referido acidente da barragem do Fundão, gravado pouco depois do ocorrido. O vídeo mostrava como era o Rio Doce antes do acidente e como ficou depois, refletindo sobre a situação dos pescadores da região, impossibilitados de pescar, pois não havia mais peixes no rio, e a lama chegou bem na época da desova dos peixes (no texto lido, ficamos sabendo que o Rio Doce é o lar de muitas espécies de peixes endêmicas), também foi falado sobre a situação dos índios, impossibilitados de beber a água do rio, pescar e nadar. Em outro momento, o repórter do programa vai até a cidade para mostrar as filas dos moradores à espera de água mineral advinda de doações, os quais estavam receosos de beber a água fornecida pela distribuidora alegando que a mesma estava com uma coloração e um odor atípicos.

Após uma discussão acerca do vídeo, foi notório que a exibição do mesmo foi importante para sensibilizar os estudantes sobre o tema, pois ler um texto sobre a problemática já os havia instigado, mas ouvir as entrevistas com os ribeirinhos e as cenas com os peixes mortos no leito do rio, bem como o descaso da empresa e a não punição dos responsáveis gerou novas e acaloradas discussões, os aproximando mais daquela realidade.

Os educandos foram, então, questionados com as perguntas que haviam na estória lida: Como sabemos se a água que bebemos não está contaminada? O que tem na água que bebemos? Explicou-se, então, como seriam as experiências da etapa 3, as quais foram agendadas.

É importante para o processo de AC levar os estudantes a refletirem sobre problemas do dia a dia. A atividade serviu para mostrar a Química como uma ferramenta para desvelar

problemas sócio-ambientais, mostrando um pouco sobre a atividade da ciência, bem como o fato da mesma não ser neutra e infalível como muitos consideram.

Todavia, como dito anteriormente, é necessário subsidiar opiniões e tomadas de decisão sobre os problemas propostos pela ciência por meio de conceitos. Sendo assim, a etapa três foi elaborada para realizar uma revisão de conteúdos já estudados nas séries anteriores tais como propriedades e características da água, ligações químicas, forças intermoleculares e solubilidade, entre outras, sempre com o foco na AC, como se descreve e se discute na seção 6.3 a seguir.

6.3 Etapa 3: Exibição de Vídeo da TV Química Nova na Escola, QNEsc, acerca das Propriedades da Água, Seguido de Debate e Explicação sobre Forças Intermoleculares e Polaridade.

Inicialmente foi exibido o vídeo sobre as propriedades da água da TV QNEsc, o qual começa mostrando a importância da água para a nossa vida, pois, além de matar a sede, ela controla a temperatura corporal, é o meio onde as reações metabólicas ocorrem, regulam a temperatura do planeta – há uma explicação sobre a corrente do Golfo, que permite que os europeus tenham um inverno menos rigoroso que os norte-americanos situados à mesma latitude. Além disso, o vídeo mostrou as fases na qual a água pode ser encontrada, e por meio de uma animação, explicou como o modelo atômico molecular considera a organização das partículas da água em cada estado físico, citando as ligações de hidrogênio e a polaridade da água.

Para entender a temática soluções, os livros didáticos geralmente abordam mais as soluções aquosas. Uma hipótese é que elas, por serem as mais comuns no nosso dia a dia, permitiriam maior familiaridade dos estudantes facilitando a aprendizagem do conteúdo. É importante, pois, fazer uma revisão das características e propriedades da água. Além disso, a animação contida no vídeo serviu para mostrar que as partículas no estado líquido não são estáticas e que as ligações de hidrogênio entre elas se formam e se rompem constantemente. O vídeo também citou o fato de que a água na fase sólida tem suas partículas mais afastadas do que no estado líquido, devido ao arranjo das moléculas, formando hexágonos regulares, o que explica, por exemplo, o fato do gelo flutuar na água líquida.

Vale destacar que para os alunos da pesquisa todas as substâncias no estado sólido têm partículas mais juntas do que no estado líquido que por sua vez apresenta partículas mais unidas do que o gasoso. Uma das estudantes até lembrou uma analogia aprendida nas séries

anteriores, na qual as mãos entrelaçadas representariam uma substância no estado sólido, as mãos unidas somente pelas pontas dos dedos o estado líquido e as mãos separadas representariam o estado gasoso.

Ocorreu, então, uma discussão acerca da analogia que levou os estudantes a concluírem que a mesma apresentava muitas falhas e que a água não se comportava assim.

A seguir, o vídeo mostra a pouca quantidade de água doce disponível no planeta e faz uma alerta sobre a poluição da mesma. Discutiu-se o comportamento de pessoas que lavavam seus carros com mangueira desperdiçando muita água. Os estudantes citaram exemplos de como economizar água e lembraram que em muitas ocasiões o sertão nordestino passa por períodos de grande estiagem.

Em seguida, o vídeo mostrou uma estação de tratamento de água. Foi feita uma discussão sobre como ter água tratada em casa ainda está fora da realidade de muitos brasileiros e de como a sociedade em geral tem que valorizar a água tratada, pois tal tratamento custa caro.

Alguns conceitos que constam nos livros didáticos das séries anteriores foram estudados tais como a geometria da molécula da água a qual é angular e não linear como erroneamente alguns alunos acreditam e até mesmo alguns livros trazem. Foi explicada a polaridade da água por meio da revisão do conceito de eletronegatividade e de nuvens eletrônicas, sempre utilizando modelos. Daí foi retomado o conceito de forças intermoleculares e, entre elas, a ligação de hidrogênio, citada no vídeo.

Com o uso dos textos contidos no material de apoio, foi explicado o conceito de dispersões, classificando-as em suspensões (ou agregados), coloides e soluções, quanto ao tamanho das partículas do disperso, à natureza das partículas, suas propriedades ante a luz, sua visibilidade, à possibilidade de sedimentação das mesmas, bem como à possibilidade de separação dos componentes do sistema.

Foram dados exemplos de cada uma das dispersões, sendo detalhado um pouco mais as soluções, explicando que estas podiam ser sólidas, líquidas ou gasosas. Em seguida, deu-se o estudo da classificação das soluções em eletrolíticas e não-eletrolíticas, mas sem exemplos, pois as mesmas seriam abordadas na próxima etapa, a qual será descrita e discutida na seção 6.4.

Foi combinado pelo professor/pesquisador e estudantes a ida ao laboratório da escola. A turma foi dividida em grupos de cinco ou seis alunos.

6.4 Etapa 4: Atividade Experimental – Condutividade Elétrica em Diferentes Amostras de Água.

A atividade experimental que ocorreu em duas aulas geminadas foi proposta para trabalhar aspectos químicos relacionados à água, por meio do teste de condutividade elétrica com diferentes amostras desse solvente (destilada; torneira; mineral; do mar; do bebedouro da escola; de um barreiro ou açude).

Visto que uma das etapas do trabalho científico é a de propor hipóteses para os fenômenos observados e em seguida testá-las, a atividade experimental teve por foco levar os estudantes a pensarem sobre o que observavam e não meramente repetirem instruções do tipo “receita de bolo”, sem nenhuma reflexão. Conforme Bybee (1997, apud CACHAPUZ et al., 2011) é importante para o processo de AC aproximar os educandos da realidade do trabalho dos cientistas, sendo assim, quando os estudantes sugerem hipóteses que depois são testadas e discutidas à luz de uma teoria eles podem compreender melhor a natureza da ciência – segundo eixo estruturante da AC (SASSERON e CARVALHO, 2011) – percebendo-a como um construto humano passível de erros e de mudanças. O levantamento e o teste de hipóteses também são dois dos indicadores de AC propostos por Sasseron e Carvalho (2011), os quais permitem a (re)significação dos conceitos.

Os estudantes foram escrevendo no espaço apropriado para as respostas contido no roteiro se a luz acenderia ou não em cada amostra de água. Estavam compenetrados com a prática experimental. Alguns propuseram a hipótese de que em todas as amostras a lâmpada iria acender. Outros acertaram que a água do mar e da torneira a lâmpada acenderia. Houve alguns, porém, que afirmaram que a água destilada a lâmpada acenderia, mas na água do mar e na água da torneira não.

Após realizarem o teste, muitos se alegraram por terem suas hipóteses comprovadas. Outros acertaram em parte deixando claro isso em seus relatos. Seguem-se alguns exemplos de hipóteses:

A42: “Eu acertei 3, que foi a água do mar e a do barreiro, que eu disse que ia acender e a mineral que falei que não acenderia.”

A46: “Eu achava que uma iria acender e outras não, mas todas que acendessem iriam ser na mesma intensidade. E a água do mar que foi a que eu achava que não ia acender, acendeu.”

Os relatos nos mostram que os estudantes puderam comparar suas hipóteses iniciais com os resultados, percebendo que em algumas ocasiões estavam certos e em outras não. Outros comprovaram que estavam equivocados em tudo. Houve, no entanto, aqueles que acertaram todas as hipóteses. De qualquer forma, essa atividade demonstrou para os educandos que nossas ideias sobre um fenômeno podem estar equivocadas sendo, pois, importante testá-las e se necessário reformulá-las à luz dos dados coletados. Os educandos lançaram mão dos indicadores de AC, levantamento de hipóteses, seriação de dados, teste de hipóteses e explicação.

Os educandos demonstraram interesse pelas práticas por meio do seu envolvimento e participação. Destaca-se que numa atividade como esta o papel do professor deve ser de coadjuvante, organizador e facilitador da aprendizagem enquanto que o dos alunos é, de fato, de protagonistas.

Houve um grupo que, vendo os resultados de outro numa bancada vizinha, afirmaram que havia algo errado, pois a lâmpada estava acendendo, mesmo com uma pequena intensidade, também na água destilada. Foi lhes perguntado se estavam mergulhando os eletrodos no copo para limpeza (copo com água destilada), eles afirmaram que sim, então a água destilada do copo para limpeza foi trocada, pois, após alguns mergulhos dos eletrodos, a mesma não estava mais limpando-os. Explicou-se que se não mergulhassem os eletrodos na água destilada para limpeza, alguma impureza poderia passar de uma amostra de água para outra, e, assim, não teríamos certeza se o que conduziu a corrente elétrica foram os íons presentes na amostra ou os que estavam aderidos nos eletrodos de grafite. Além disso, com o tempo, o contato com o ar faz com que o gás carbônico se solubilize produzindo mais íons

Também foi solicitado que observassem a intensidade de luminosidade da lâmpada em cada teste. Alguns acertaram que a água do mar seria a que a lâmpada acenderia com mais intensidade.

Após observarem os resultados tiveram que responder o que havia em cada amostra que podia levar ou não ao acendimento da lâmpada. Muitos afirmaram que era devido ao sal. Explicou-se que era devido aos íons.

No entanto, ao serem questionados sobre o que havia em cada amostra de água que levaria ou não ao acendimento da lâmpada um educando propôs que as substâncias dissolvidas na água gerariam corrente elétrica, ou seja, a corrente elétrica não viria da rede elétrica, mas sim da própria amostra, sendo a água destilada a única que não geraria corrente, como se pode ver no relato a seguir:

A09: *“Se a água for pura como a água destilada não haverá geração de energia.”*

A maioria dos educandos, porém, afirmou que era devido às substâncias dissolvidas em cada amostra serem condutoras de corrente. Alguns chegaram a utilizar a palavra íons. É importante frisar que no início da atividade muitos estudantes não lembravam o que era água destilada e o professor relatou que era uma água na qual só havia partículas de H₂O, sem nenhuma outra substância dissolvida, sendo, portanto, uma água pura. Também foi explicado que na Química o termo puro não tem o mesmo significado que no nosso dia a dia.

Outra concepção alternativa que ficou evidente foi a de que o sal atrairia a energia elétrica, a qual foi anotada para ser melhor discutida em sala de aula. Indicou-se, apenas, que o sal se dissociaria em cátions e ânions, os quais permitiriam o fechamento do circuito.

Na estória um segundo experimento foi proposto pelo professor: O teste de condutividade de eletricidade em duas amostras de água destilada uma delas misturada com sal de cozinha e outra misturada com açúcar.

Baseando-se nos resultados do experimento anterior, muitos estudantes afirmaram que a água destilada com sal de cozinha dissolvido permitiria a passagem de corrente elétrica, ocasionando, assim, o acendimento da lâmpada. Porém, alguns sugeriram que a água com açúcar (sacarose) dissolvido também permitiria o fechamento do circuito elétrico acreditando que qualquer substância misturada a água permitiria o acendimento da lâmpada como se vê na resposta a seguir:

A46: *“Que a luz acende. Porque a água está misturada a outra substância.”*

Percebe-se que houve uma generalização dos resultados para as duas amostras. Ou seja, na concepção deste estudante não importava a natureza do soluto misturado a água, se esta não estivesse pura a corrente elétrica iria passar permitindo o acendimento da lâmpada. Isso mostra a importância de se retomar os conceitos de substâncias moleculares e iônicas, indicando que não é qualquer substância misturada à água que fecharia o circuito elétrico, mas sim aquelas que são iônicas ou que se ionizam em água.

Após o teste, os alunos citados acima continuaram afirmando que suas hipótese estavam certas, demonstrando assim que concepções alternativas não são facilmente superadas e não é um único experimento que as sobrepujará, sendo, pois, importante realizar uma discussão dos resultados na qual cada grupo apresentaria os dados coletados e suas conclusões acerca dos mesmos, sendo esta outra atividade comum aos cientistas, pois estes

apresentam os resultados de suas pesquisas em amostras, simpósios, congressos, entre outros. Tal atividade já estava prevista na etapa 5. Uma vez mais o que se propõe é a aproximação dos estudantes da cultura científica conforme já explicado nessa dissertação.

Verificou-se que a concepção alternativa de que a lâmpada acendia não por causa da condução de corrente elétrica advinda da rede de energia, mas sim da própria água com sal, também estava presente nas falas dos estudantes, e também, numa posterior leitura das respostas dadas ao questionário do roteiro experimental como se vê na resposta a seguir:

A51: *“A luz acende. Porque a água destilada passará a ter íons, e conseqüentemente, permitirá a **existência** de corrente elétrica”* (grifo nosso).

Tal teoria foi contestada por meio da explicação do circuito elétrico. Todavia, uma explicação mais adequada estava prevista na etapa 5, na qual os educandos fariam um experimento virtual de condutividade elétrica utilizando o simulador do Phet.

No entanto, a maioria levantou a hipótese de que a água destilada com sal permitiria a passagem da corrente elétrica baseados no experimento anterior, no qual puderam notar um acendimento da lâmpada mais intenso quando os eletrodos foram mergulhados na amostra de água do mar. Nesse ponto, pôde-se perceber mais um indicador de AC, a previsão de resultados, no qual o educando utiliza a explicação dada a um determinado fenômeno para antever o que ocorrerá num outro, antecipando, assim, os resultados deste último. Dessa forma, muitos estudantes da pesquisa conjecturaram acertadamente que a água destilada com sal permitiria a passagem de corrente elétrica e que a luminosidade da lâmpada seria intensa, devido ao fato de saberem que a água do mar tem uma grande concentração de sal.

A25: *“Vai acender, porque no primeiro experimento a água do mar acendeu.”*

Ao realizarem os dois testes propostos alguns educandos levantaram a hipótese de que o açúcar comum, sacarose, impedia a passagem de corrente elétrica. Foi solicitado a eles que propusessem um experimento para tentar verificar se era o açúcar que impedia ou se era a falta de íons do sal de cozinha. Os educandos, então, decidiram por dissolver, numa mesma amostra de água destilada, quantidades iguais de sal e açúcar, comprovando, pois, o erro de sua hipótese anterior.

Os relatos, ao final, pareceram ser positivos. Todos aparentavam ter gostado da aula e muitos disseram que gostariam que as mesmas fossem sempre no laboratório.

Pode-se, assim, perceber que o trabalho de laboratório não precisa ser algo rígido, com roteiro imutável, mas uma oportunidade de aproximá-los da vida de um cientista, de modo que tenham contato com essa forma de cultura, aprendendo, pois, um pouco sobre como é o trabalho dos pesquisadores, o modo como a ciência é feita, o que auxilia no fomento da alfabetização científica.

Na próxima seção são apresentadas as discussões acerca da etapa 5, na qual cada grupo expôs suas conclusões sobre as atividades experimentais as quais foram comparadas com o experimento virtual do simulador Phet, seguindo-se a isso explicações sobre a diferença entre solutos moleculares e solutos iônicos.

6.5 Etapa 5: Discussão Conceitual acerca dos Resultados Obtidos no Experimento Utilizando Simulação do Phet.

Nessa etapa, também realizada em duas aulas geminadas, deu-se prosseguimento a estória (situação problematizadora). Os recursos utilizados forma projetor, simulador do Phet denominado “*Sugar and Salt Solution*”, kit para montagem de modelos moleculares do tipo bola-vareta, bem como apostila com roteiro experimental e textos com os conceitos a serem abordados.

Tal qual a etapa anterior, a atividade iniciou-se com uma leitura sobre as personagens Léo, Bia e Cadu, narrando uma aula na qual seu professor de Química lhes mostrou o aplicativo Phet¹¹ e, em seguida, os três refletiram sobre a diferença entre íons e moléculas. A proposta também era que os estudantes fizessem o mesmo que as personagens da estória.

Foram discutidas as conclusões obtidas por cada grupo na atividade experimental, numa atividade também de aproximação dos estudantes a uma cultura científica visto que na atividade dos cientistas eles precisam apresentar suas pesquisas em congressos e defendê-las diante de bancas compostas por pesquisadores experientes. Ou seja, o debate faz parte da ciência. Logo, essa primeira parte da atividade teve duplo objetivo: confrontar os dados obtidos por cada grupo e entender um pouco mais como o conhecimento científico é produzido, uma das propostas para fomento da alfabetização científica.

Assim, os estudantes não demonstraram nenhum embaraço para falarem suas hipóteses errôneas e as que estavam corretas, o que mais lhes chamou a atenção nos experimentos realizados e quais dificuldades apresentaram. Mais uma vez, a maioria afirmou

¹¹ Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/sugar-and-salt-solutions>, acesso em 15/09/16 às 21h09min.

que gostou de ir ao laboratório e que todas as aulas deveriam ser lá. Porém, houve aqueles que se decepcionaram com o experimento, o acharam muito simples, pois esperavam algo mais chamativo, que explodisse ou mudasse de cor, por exemplo. Foi lhes explicado o fato de que um experimento simples, mas que gere uma discussão contribui mais para o aprendizado da Química do que outro mais complexo e visualmente seja deslumbrante que não instigue o intelecto.

Em seguida, discutiu-se o fato da água com sal de cozinha permitir a passagem da corrente elétrica enquanto que a solução de sacarose não permitir. Os estudantes foram lembrados que, quando o sal e o açúcar foram dissolvidos no mesmo copo com água, a corrente elétrica passou, pois o circuito fechou. Logo, o açúcar não impedia a passagem da corrente elétrica, como alguns pensaram. Um dos alunos explicou que a solução de cloreto de sódio era eletrolítica e a de sacarose não, lembrando, assim, um conteúdo estudado na etapa três. Com o auxílio de slides e do projetor, foi analisado um modelo do retículo cristalino do cloreto de sódio. Explicou-se aos estudantes que os modelos científicos não têm existência física real, são apenas representações da realidade e não a própria realidade, mas que não são simplesmente inventados com o “achismo” de algum cientista, mas sim imaginados a partir de muitos dados experimentais e defendidos diante da comunidade acadêmica. Porém, não são imutáveis e insubstituíveis, sendo que os modelos atômicos exemplificam bem esse fato e, dependendo do nível de complexidade do fenômeno estudado pela ciência, pode-se utilizar um modelo mais ou menos atualizado. Em alguns exemplos, pode-se utilizar o modelo atômico de Dalton mostrando bolinhas representativas das partículas do soluto e/ou do solvente, indicando a dispersão de um em outro. Mas para explicar as atrações eletrostáticas entre as partículas no Ensino Médio, precisa-se do modelo de Rutherford-Böhr. Logo, discutiu-se o fato de que, um mesmo fenômeno pode ser representado por mais de um modelo.

Mostrou-se, então, a animação do Phet intitulada “*Sugar and Salt Solution*”. Na primeira parte, o aplicativo traz um recipiente com água e uma torneira, além de um circuito contendo dois eletrodos, um fio, uma bateria e uma lâmpada e um saleiro ou açucareiro, bem como, no canto superior direito da tela, duas possibilidades de substâncias a serem selecionadas: sal de cozinha e sacarose. O saleiro ou o açucareiro aparecerão dependendo de qual substância se quer testar.

Foram revisados conceitos vistos na aula de laboratório por meio do citado aplicativo. Na animação, colocando-se o sal na água e em seguida mergulhando os eletrodos do circuito elétrico a lâmpada acendia. E quanto mais sal se dissolvia na água, maior a intensidade

luminosa da lâmpada. Alguns conceitos sobre eletricidade e circuito elétrico foram explicados, pois muitos alunos afirmaram não terem estudado eletricidade no 9º ano do Ensino Fundamental, e assim, discutiu-se que a eletricidade não vem do sal na água, mas sim da rede, que a recebe, por sua vez, de um gerador, no caso do circuito representado no aplicativo do Phet, a bateria.

Um estudante foi solicitado para ir testando o aplicativo à medida que as explicações eram dadas para a turma. O mesmo selecionou o açúcar, e, como já era esperado pelos educandos, a lâmpada não acendeu.

Avançando para a próxima etapa do aplicativo, há uma tela que mostra modelos representando as moléculas de água conforme o modelo de Stuart. Também há a possibilidade de selecionar o sal de cozinha ou o açúcar. Selecionou-se primeiro o sal de cozinha. No retículo cristalino do sal o sódio é representado por uma bolinha verde e o cloreto por uma bolinha rosa um pouco maior. Foi explicado aos educandos que as cores eram fantasia e que os tamanhos estavam fora de escala. Um dos estudantes perguntou por que havia essa diferença no tamanho do sódio para cloro e o conceito de raio atômico foi explicado resumidamente.

Seguindo com a animação do aplicativo, ao clicar no retículo do sal, arrastá-lo para o quadro onde estão as partículas de água e soltá-lo lá, a água separa os cátions do ânion. Há um recurso que, ao ser selecionado, faz com que os polos elétricos da água sejam representados. Nesse ponto, os conceitos de polaridade da água e solvatação foram revisados. Utilizei, além do modelo, foram utilizados a representação simbólica da solvatação por meio da equação do processo de dissociação o um kit para construções de modelos moleculares para representação do retículo cristalino do sal.

A seguir, o estudante foi solicitado a voltar o aplicativo para a primeira tela e o professor/pesquisador explicou como o sódio recebia elétrons no polo negativo e o cloro cedia seu elétron no polo positivo fechando o circuito.

A aula teve prosseguimento com a análise da dissolução da sacarose. Foi lembrado aos estudantes que, diferente do sal de cozinha, a sacarose é um composto molecular. Devido à dúvidas sobre as diferenças entre as duas formas, houve uma breve revisão acerca da diferença entre ligações covalentes e iônicas. Explicou-se, então, que alguns compostos moleculares se ionizam na água, pois são moléculas que produzem íons e não um composto iônico o qual simplesmente tem seus cátions e seus ânions dissociados. Porém, esse não é o caso do açúcar. Logo, por não gerar íons na água, a solução proveniente da dissolução do açúcar em meio aquoso não é eletrolítica.

Porém, restava uma dúvida: como a água faz para dissolver o açúcar? O conceito de ligações de hidrogênio foi retomado, o qual havia sido estudado na etapa 2, sendo explicado que as moléculas de água deixavam de estabelecer forças intermoleculares apenas entre si e passavam a estabelecer também com o açúcar. Frisou-se que a molécula do açúcar não se quebrava em partes menores, um cristal de açúcar é que era um aglomerado de milhões e milhões de moléculas. Elas apenas se desprendiam umas das outras passando a interagir com a água. Quando estão unidas, é possível ver um cristal, mas separadas não.

Por fim, foi solicitado que trouxessem, para a próxima aula, garrafas de água mineral e de suco industrializado e que respondessem às questões do roteiro experimental (Apêndice I: Produto Educacional). Entre as questões sugeridas uma delas questionava o aluno sobre a dissolução do cloreto de magnésio ($MgCl_2$), também presente na água do mar, de modo a levá-lo a fazer previsões acerca de tal processo com base no que estudou sobre a dissolução do sal de cozinha.

6.6 Etapa 6: Análise de Rótulos de Água Mineral e Suco, seguida de estudo dos tipos de Dispersão – Suspensão, Colóide e Solução Verdadeira.

Essa etapa que também ocorreu em duas aulas geminadas teve como proposta a avaliação de rótulos de água mineral e suco na qual foi solicitado aos estudantes que tentassem explicar, por meio de textos e desenhos como aquelas substâncias informadas no rótulo poderiam estar dissolvidas na água. Como em toda a SEA, a atividade também havia sido proposta aos personagens da estória “Um problema de todos”. Na narrativa as três personagens perceberam que a lâmpada do experimento nem sempre acendia com a mesma intensidade, então resolveram pesquisar o que de fato havia em cada solução investigada. Para isso separaram alguns rótulos de água mineral e pesquisaram em livros e na internet a composição da água da torneira e da água do mar. O texto sugere, então, que o leitor faça o mesmo estudo que as personagens e chegue a suas conclusões.

Dessa forma, os sujeitos da pesquisa foram questionados sobre que resultados Léo, Cadu e Bia haviam encontrado no estudo relatado na estória e se havia algo em comum entre as três soluções destacadas.

Alguns educandos responderam que todas apresentavam íons. Foi lhes questionado o porquê de terem dado tal resposta e alguns disseram que era porque as três soluções elencadas haviam permitido a passagem de corrente elétrica, logo havia íons nas três e que a única em que não havia íons era a água destilada. Em seguida foi lhes explicado que a água destilada

também formava íons, os quais eram provenientes da sua auto-ionização, mas que a condutividade era mínima e que não seria suficiente para permitir que a lâmpada acendesse. A seguir, foram perguntados sobre quais íons seriam encontrados nas três soluções pesquisadas e eles não souberam responder.

Foi solicitado que lessem os rótulos das garrafas de água mineral e anotassem sua composição. Em seguida, ocorreu a leitura de um o texto sobre a composição da água do mar intitulado “Oceanos de Soluções”¹², e sobre a composição da água da torneira¹³.

Após as leituras, foi lhes perguntado o que haviam compreendido. Chegaram a conclusão que haviam substâncias em comum nas três amostras de água. Foi lhes pedido que checassem suas anotações no roteiro experimental e dissessem em quais soluções a lâmpada havia acendido com mais intensidade e, após as leituras, se eles sabiam dizer o porquê. Um dos alunos respondeu que na água do mar havia mais sais, sendo lhes esclarecido que a concentração de íons na água do mar era maior. Explicou-se, pois, de forma sucinta o termo concentração para que os educandos compreendessem que, embora a água mineral também tivesse sódio, magnésio, entre outros íons, os quais também estavam presentes na água do mar, na primeira, sua concentração era muito pequena e, por isso, não sentíamos o sabor salgado, a água mineral era insípida, mas a concentração era suficiente para permitir a passagem de corrente elétrica.

Um terceiro texto foi lido, o laudo da FENAM, cujos dados já haviam sido citados na situação problematizadora e que apontava a presença de metais pesados na água do Rio Doce após o rompimento da Barragem do Fundão. Os alunos o leram para saber se haviam sido encontrados ou não metais pesados em tais amostras. Seguiu-se uma breve definição, por parte do professor do que eram metais pesados e as consequências para a saúde de dois deles, o mercúrio e o chumbo. Nessa ocasião os educandos também souberam que na forma metálica os metais não se dissolveriam na água, mas na forma iônica sim.

Mas uma vez questionou-se a validade das análises com amostras de água do Rio Doce feitas por empresas contratadas pela Samarco, lembrando que a ciência serve a interesses de determinados grupos.

Por fim foram analisadas as composições de sucos de caixinha. Houve um questionamento sobre a forma como o açúcar se dissolve e sobre como se dá a dissolução dos compostos iônicos, retomando conceitos apresentados na etapa 3, tais como polaridade,

¹² CANTO, E. L. do; PERUZZO, F. M. Química na abordagem do cotidiano, V. 2, 4ª ed. Editora Moderna, São Paulo, 2006.

¹³ Disponível em: <<http://www.dis.epm.br/servicos/nutri/public/alimento/14411/bebida-agua-de-torneira>>. Acesso em 21/10/2016 às 11h29min.

substâncias iônicas e moleculares, bem como forças intermoleculares. Os estudantes apresentaram dificuldade para lembrar o processo de dissolução da sacarose sendo necessário, pois, recorrer mais uma vez ao simulador do Phet e analisar a diferença entre a forma como a água dissolve o açúcar comum e a forma de dissolução do sal de cozinha.

Essa atividade pôde, então, trabalhar a leitura e a criticidade tão importantes para o processo de AC (AULER; DELIZOICOV, 2001; SANTOS, 2007; CHASSOT, 2011). Houve aqueles que não quiseram participar, mas de modo geral as discussões foram proveitosas e geraram conhecimento.

Na etapa a seguir (Seção 6.7) as questões propostas na etapa 5 seriam corrigidas e o estudo seria extrapolado para outras substâncias iônicas como o cloreto de magnésio, por exemplo.

5.7 Etapa 7: Discussão acerca das Respostas dadas às Questões Propostas e Orientações sobre a Escrita do Texto com a Continuação da Estória.

Esta etapa do projeto ocorreu em duas aulas geminadas. As questões propostas na etapa 5 foram corrigidas, as quais, juntamente com as respostas de toda a apostila e as participações nas aulas, valeriam uma nota ao final da unidade.

Como trabalho final, foi proposto aos alunos que continuassem a estória, mostrando o que as personagens aprenderam e como modificaram ou não sua visão acerca dos problemas tratados, para ser entregue num prazo de quinze dias.

Apenas 40 sujeitos da pesquisa entregaram suas produções textuais no prazo estabelecido, seguindo-se, então, a análise das mesmas.

Uma primeira imersão nas produções demonstrou que a maioria dos trabalhos narrou as etapas experimentais realizadas pelas personagens da estória, indicando quais hipóteses foram levantadas, como foram testadas e a quais conclusões elas chegaram, muitas vezes detalhando o processo e a explicação dada pelo professor(a) dos seus textos. Isso se deu, provavelmente, devido ao modo como o roteiro experimental foi elaborado. As etapas eram apresentadas como tendo sido realizadas pelas personagens Léo, Bia e Cadu, em seguida, os sujeitos da pesquisa eram solicitados a propor uma hipótese e testá-la realizando as mesmas atividades, imaginando, então, quais conclusões os três estudantes fictícios chegaram. Outra hipótese é a de que a atividade de escrita não foi suficientemente discutida visto que foi planejada apenas uma aula para detalhar o que se esperava das narrativas.

Contudo, alguns textos trouxeram evidências do uso social do conhecimento, visto ser fundamental para a AC que os conceitos sejam aplicados na resolução de problemas ou para a tomada fundamentada de decisões, conforme Chassot (2011).

Numa nova análise das produções textuais buscou-se evidências dos eixos estruturantes de AC (SASSERON; CARVALHO, 2011). Para serem classificados em um dos referidos eixos, as produções precisariam apresentar indicadores de AC (SASSERON; CARVALHO, 2008) tais como justificativa, explicação, previsão, e outros, sempre de acordo com os modelos adotadas pela comunidade científica.

O quadro número 03 a seguir relaciona os eixos estruturantes e a frequência com que cada um deles apareceu nas produções analisadas. Deixamos claro, todavia, que em muitos trabalhos havia a presença de mais de um eixo.

Quadro 03: Presença dos eixos estruturantes de AC nas produções textuais dos sujeitos da pesquisa.

Eixo estruturante de AC	Quantidade de trabalhos
Eixo I: Compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais.	29
Eixo II: Compreensão da natureza das ciências e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática.	6
Eixo III: Entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente.	22

Fonte: Dados da pesquisa.

Das 40 produções, 29 apresentaram evidências do eixo I por meio dos indicadores de AC, sendo o mais recorrente a explicação. Os conceitos mais utilizados foram os de íons, dissolução do sal de cozinha e água destilada.

Destacam-se, a seguir, fragmentos das estórias que evidenciam o que estamos discutindo. Como exemplo, segue-se um trecho da narrativa de A59:

“– Professor explicou dizendo: Léo, íons são átomos que perderam ou ganharam elétrons em razão de reações, eles se classificam em ânions e cátions. Ânion: átomo que recebe elétrons e fica carregado negativamente. Exemplos: N^{3-} , Cl^- , F^- , O^{2-} . Cátion: átomo que perde elétrons e adquire carga positiva.”

A análise das produções escritas não permite afirmar se os educandos têm o domínio de todo o assunto apresentado nas aulas da SEA, pois nem todos eles foram abordados nas mesmas. No entanto, o que foi avaliado foi se o aluno utilizou os conceitos estudados e se quando o fez, tal uso se deu de forma correta.

Percebe-se, no fragmento destacado da produção textual de A59 que o professor por ele criado em sua narrativa responde a dúvida da personagem Léo sobre os íons (conceito importante para o entendimento das soluções eletrolíticas, do processo de solvatação e outros). Como em muitas outras narrativas, o uso dos termos foi feito de forma adequada. Essa etapa de escrita permitiu que os conceitos estudados fossem usados para produção das histórias e não meramente repetidos, visto que a aprendizagem “requer não apenas a compreensão de conceitos-chave, mas também o estabelecimento de vínculos significativos para trazer os conceitos a um todo coerente”¹⁴ (SIRHAN, 2007, p. 8. Tradução: o autor). Pressupõe-se que o estudante seja capaz de utilizar os conceitos corretamente em diferentes contextos como a resolução de problemas, por exemplo.

Muitos textos trouxeram explicações e justificativas baseadas em textos presentes no material de apoio elaborado para a SEA ou no livro didático. Contudo, alguns educandos foram em busca de outras fontes para embasar as explicações dadas pelas personagens em suas narrativas. Desta-se, a seguir, um trecho da história produzida por A47 que exemplifica o exposto:

“- Sim, corrente elétrica. Esta capacidade é devido à presença de íons, sua concentração, mobilidade e valência, bem como a temperatura do ambiente. A água destilada tem uma condutividade de 0,5 a 3 μmhos/cm, com baixíssima quantidade de eletrólitos e, por conseguinte, também possui baixa condução elétrica, por isso a lâmpada não acende – Respondeu o professor.”

Não se conter com bibliografia fornecida é um indicativo de que ao educando foi permitido ter um papel de protagonista do seu processo de aprendizagem e não o de um repetidor do que é dito em sala, conforme pondera Freire (2011, p. 24): “(...) ensinar não é transferir conhecimentos, mas criar as possibilidades para a sua produção ou construção.”

Alguns trabalhos trouxeram erros conceituais não sendo elencados nessa categoria. Em 4 deles encontra-se a concepção alternativa de que o sal de cozinha é um composto molecular e não iônico, ao passo que outros 2 classificaram o açúcar como iônico. Outros 4 trabalhos não conseguiram explicar satisfatoriamente a dissolução do açúcar em água.

¹⁴ “(...) requires not only the grasp of key concepts but also the establishment of meaningful links to bring the concepts into a coherent whole.”

Para 2 estudantes a corrente elétrica do circuito não vinha de uma fonte externa, mas sim da água com sal, concepção alternativa que fica evidente no trecho extraído da narrativa de A05:

*“- Vejam, pessoal! A condutividade na água do mar é visivelmente crescente. A salinidade da água do mar é grandiosa e o sal quando dissolvido em água **produz uma corrente elétrica** favorável para que , por exemplo, a luz acenda” (Grifo nosso).*

Esta última concepção alternativa foi detectada na etapa 4 da SEA. Naquela ocasião e também em etapas posteriores (uso do simulador do Phet) foi explicado aos alunos que demonstraram tal concepção alternativa que a energia elétrica não estava sendo gerada pela mistura de água e sal, mas que vinha da rede elétrica por meio de fios e que a lâmpada do aparato para teste de condutividade acendia quando o circuito elétrico fechava (devido à presença de íons).

Todavia, Ortolani et al. (2012) afirmam que uma única SEA não é suficiente para levar todos os estudantes a substituírem esquemas alternativos de explicação por aqueles subsidiados em modelos aceitos pela ciência.

No que tange ao segundo eixo estruturante (Compreensão da natureza das ciências e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática) procurou-se fragmentos textuais que demonstrassem uma compreensão por parte dos educandos da forma como o conhecimento químico é produzido (aproximação dos estudantes à cultura científica) incluindo o fato de que a Química, como qualquer ciência, não é algo estático nem muito menos imparcial, estando, muitas vezes, a serviço dos interesses das elites econômicas. Seis trabalhos trouxeram indicadores que evidenciaram tal noção, entre eles destaca-se a produção escrita por A50.

Em tal narrativa o educando traz diálogos nos quais as personagens Léo, Cadu, Bia e professor discorrem acerca das análises feitas nas águas do Rio Doce encomendadas por diferentes segmentos, conforme lê-se no fragmento a seguir:

“– A Samarco afirmou que não havia provas de contaminação por metais pesados, mas as reportagens mostravam e as análises feitas, que detectou sim metais pesados em níveis acima do permitido nas águas atingidas pelos rejeitos – corroborou o professor de Química.”

Na etapa 2 da SEA, foram comparados dados das análises feitas pela FENAM com aqueles oriundos de empresas contratadas pela Samarco. Na ocasião foi discutida a não

neutralidade da ciência e o fato dela ser circundada por fatores políticos e econômicos. Naquela aula os estudantes afirmaram acreditar nos laudos da FENAM e não nos da Samarco.

Tais debates fomentam a construção de uma maior criticidade por parte dos educandos, permitindo que muitos abandonem a concepção de ciência como algo infalível, exato e neutro para uma visão de constructo humano e, como tal, passível de erros e propensa à manipulação por grupos econômica e/ou politicamente dominantes.

Outro trecho que corrobora esse argumento se encontra na narrativa escrita por A60, na qual fica evidente que o estudante consegue desvelar os fatores políticos e financeiros que perpassam a atividade científica e tecnológica.

“– Sempre soube que deveríamos ter muito cuidado com a nossa água (...) infelizmente uma área muito extensa do nosso país foi afetada por causa da ambição humana, onde dinheiro vem sempre antes que a natureza e a qualidade de vida da população, e agora querem pagar o que foi perdido da natureza, porém o que era da natureza não se negocia. Quantos não entraram em depressão com tais acontecimentos? Quantos ficaram desabrigados, sem rumo na vida? – Completou Cadu.”

No que diz respeito às relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente (Eixo III), pode-se perceber a presença de respectivos indicadores em 22 narrativas, as quais evidenciaram preocupações com o uso social do conhecimento.

Houve aqueles que destacaram dados acerca da tragédia no distrito de Mariana, MG, deixando clara a sua revolta (por meio do tom de indignação nas falas das personagens de suas narrativas) com relação ao ocorrido e também com relação à impunidade dos respectivos responsáveis. Destaca-se um trecho da produção textual de A05:

*“– O Rio Doce é “casa” para diversas espécies e inclusive, após essa tragédia, algumas espécies que só existem lá correm o risco de entrar em extinção – conclui o professor.
- Professor, o fato é que eu e os meninos tivemos uma pequena noção de que a contaminação da água do Rio Doce foi grandiosa – afirmou Bia.”*

O educando utiliza dados trazidos na situação problematizadora para justificar seu ponto de vista, concluindo que a contaminação foi “grandiosa”, ou seja, alcançou proporções impensáveis. Dessa forma ele se posiciona ante à tragédia, mas o faz de forma fundamentada, sendo essa uma das recomendações apresentadas pelas Orientações Curriculares para o Ensino Médio: “O mundo atual exige que o estudante se posicione, julgue e tome decisões, e seja responsabilizado por isso” (BRASIL, 2008).

Outros educandos demonstraram preocupação com a recuperação dos ecossistemas atingidos como se vê no trecho do trabalho de A45, a seguir:

*“– Galera, eu li que os ambientalistas acreditam na recuperação do Rio, mas não se sabe quanto tempo nem quanto isso vai custar.
- Creio que não vai ser nada barato – disse Bia.
- É, levará muito tempo – Cadu respondeu.
- É preciso restabelecer a oxigenação da água, tirar a lama que nela está, causadora das mortes dos peixes, pois não deixa a luz entrar na água impedindo a oxigenação – disse Léo.”*

Não contente em apenas saber os danos causados pelo rompimento da barragem da Samarco, A45 buscou formas para solucionar o problema, evidenciando essa preocupação no fragmento anterior.

Para Chassot (2011, p. 62): “(...) Seria desejável que os alfabetizados cientificamente não apenas tivessem facilitada a leitura de mundo em que vivem, mas entendessem a necessidade de transformá-lo, e transformá-lo para melhor.”

Sendo assim, percebe-se que a SEA instigou mais da metade dos estudantes analisados nessa etapa (22) a não só avaliarem as problemáticas, mas também irem em busca de soluções, o que também fica evidente em trechos do trabalho de A60, nos quais as personagens elencam formas de não poluir a água:

*“– Ao perguntar ao professor como aplicar essas coisas no nosso dia a dia evitando a poluição da água ele me deu quatro dicas: Não jogar lixo em rios, praias e lagos, não descartar óleo na rede de esgoto, não utilizar agrotóxicos em fontes hídricas e não desviar esgoto doméstico para córregos.
- Minha mãe sempre descartava o resto do óleo nos esgotos, interessante essa pesquisa – afirmou Léo.”*

Também ficou evidente que muitos dos sujeitos da pesquisa procuraram dados sobre poluição, especialmente por metais pesados, para subsidiar seus argumentos. A presença de metais pesados na lama da Samarco foi o principal ponto de controvérsia entre os laudos das análises da água do Rio Doce feitos por diferentes órgãos. No trecho destacado a seguir, o educando A59 traz dados sobre as principais formas de contaminação por essas perigosas substâncias, bem como os riscos à saúde:

“ – O professor também explicou, Léo, o descarte de resíduos industriais é a principal fonte de contaminação dos rios com metais pesados. Alguns processos de produção, entre os quais das indústrias metalúrgicas, de tintas, de cloro e

plástico PVC, utilizam estes metais que, quando lançados irregularmente nos esgotos, contaminam os cursos de água. Entre os principais elementos tóxicos despejados estão o mercúrio, chumbo, cádmio, arsênico, bário, cobre, cromo e zinco.

- Além das atividades industriais, a incineração de lixo urbano também produz fumaças ricas em metais, principalmente mercúrio, chumbo e cádmio. Todos os metais resultantes destes processos podem ser solubilizados pela água, causando danos à saúde do homem e de animais, (...) como disfunções do sistema nervoso e aumento da incidência de câncer.”

É notório, porém, que as fontes pesquisadas pelo estudante não são citadas na estória. Somente em um trabalho (A49) o estudante citou a fonte pesquisada, o site ehow¹⁵.

Alguns estudantes citaram o fato da água, mesmo estando incolor, inodora e insípida, poder estar contaminada com metais pesados, sendo importante os órgãos competentes efetuarem análises na água que consumimos.

Em muitos trabalhos, os educandos demonstraram preocupação com a divulgação do que estava sendo estudado, afirmando que a população deve ser esclarecida, como se vê no texto escrito por A36, a seguir:

“– É gente, eu nunca tinha pensado desse modo, pois achava que na água não tinha nada, pelo fato de ser incolor e sem gosto. Mas todos esses pensamentos mudaram depois das conversas com vocês (...). Agora vou falar sobre tudo que aprendi pra minha família, pra eles cuidarem bem da água.”

A necessidade de divulgação do conhecimento adquirido demonstra uma responsabilidade social por parte do educando A36 (SANTOS, 2007), pois o mesmo compreende que o conhecimento não deve ficar apenas consigo, mas deve ser divulgado de modo a outras pessoas também aprenderem sobre os cuidados com a água.

Por tudo destacado nesta seção concluí-se que a SEA pôde fomentar a AC nos eixos I e III, o eixo II sobre a natureza da ciência, no entanto, teve pouca evidência nos trabalhos analisados (apenas 6 produções) o que demonstra que ainda há uma necessidade de compreensão das características do trabalho científico. A SEA focou no conteúdo soluções químicas e na chamada relação CTSA, mas não desenvolveu bem uma compreensão do fazer científico.

A SEA contou com etapas de análise da não neutralidade da ciência, por meio dos laudos controversos, outra etapa (etapa 4) foi desenvolvida de modo a levar os educandos a se aproximarem de uma cultura científica (por meio do levantamento de hipóteses, teste de

¹⁵ww.ehow.com.br

hipóteses e previsões dos resultados de fenômenos observados), além da apresentação dos dados, divulgação científica (etapa 5). No entanto, o fazer científico não foi suficientemente discutido e por isso não apareceu com frequência nas narrativas.

Percebeu-se que as estórias escritas não contaram com desenhos. Uma hipótese é que não ficou claro para os estudantes que eles também poderiam se expressar por meio de representações pictóricas. Sendo, todavia, importante detectar se houve avanços quanto à visão atômico-molecular, visto que o questionário diagnóstico demonstrou uma grande incidência de visão contínua da matéria, e devido ao fato de que não foram encontrados com frequência nas estórias alguns conceitos estudados na SEA (dissolução do açúcar, soluções, forças intermoleculares, e outros), optou-se por uma oitava etapa na qual os estudantes responderiam uma questionário avaliativo no qual poderiam se expressar por meio de textos dissertativos e desenhos.

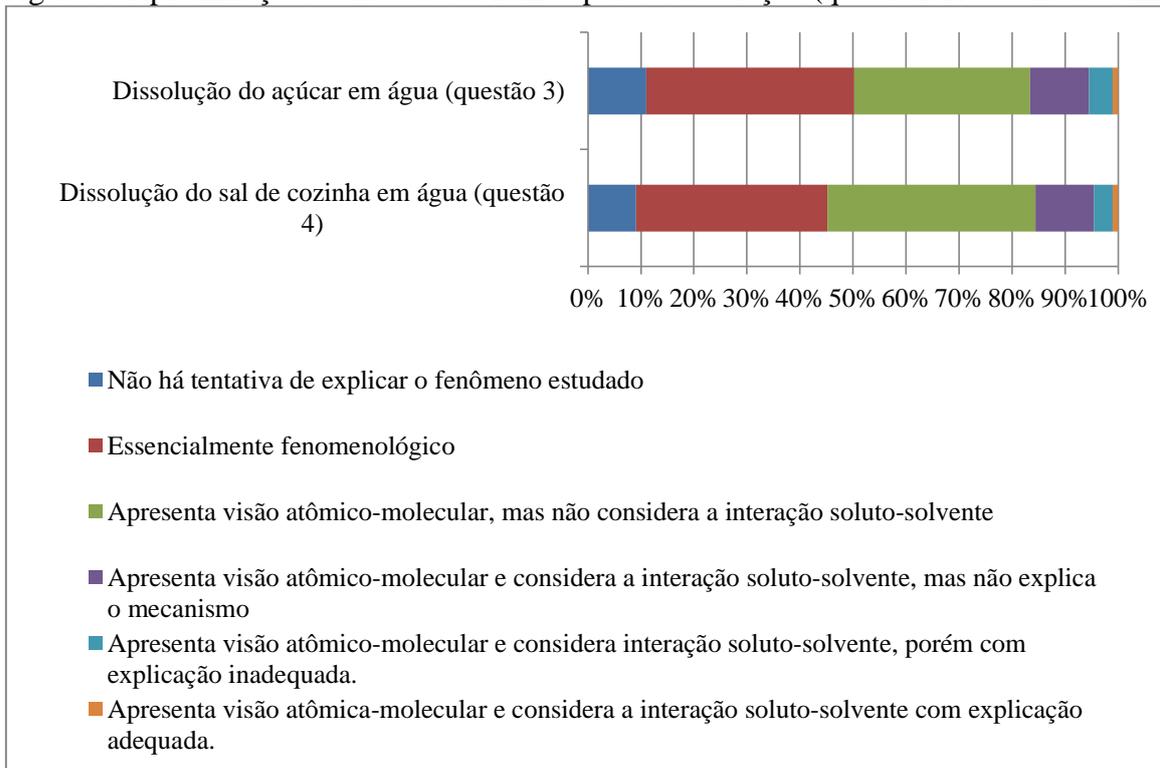
Essa etapa ocorreu após três semanas da etapa 7. Apenas 70 sujeitos da pesquisa participaram, como anteriormente explicado. Os resultados e discussões desta etapa são analisados na seção 6.8 a seguir.

6.8 Etapa 8: Análise das Respostas dadas ao Questionário Avaliativo Final.

Objetivou-se avaliar a aproximação das respostas dos estudantes com o modelo aceito pela comunidade científica quanto ao processo de dissolução do sal de cozinha e do açúcar após o final da SEA.

A figura número 7 apresenta os dados dessa análise.

Figura 7: Aproximação ao modelo científico para a dissolução (questionário avaliativo final)



Fonte: Dados da pesquisa.

A análise dos resultados permitiram evidenciar que o número de estudantes que não apresentou respostas para os fenômenos abordados foi de 11% com relação à dissolução do açúcar (questão 3) e de 9% para a dissolução do sal (questão 4). Alguns deixaram a questão em branco, outros trouxeram textos e/ou desenhos que não apresentaram uma tentativa de explicação condizente com a problemática questionada ou que simplesmente repetiram os enunciados do questionário.

Os dados revelaram que as respostas essencialmente fenomenológicas representaram 39% dos textos e desenhos da questão 3, dissolução do açúcar, e 36% da questão 4, dissolução do sal de cozinha. Tais respostas não faziam referência a alguma forma de partícula (átomos, moléculas ou íons) tanto por meio de texto escrito quanto por meio de desenho, mas se baseavam em percepções sensoriais, explicando a dissolução dos solutos como decorrentes do aumento da temperatura, da densidade dos mesmos, ou ainda como consequência da agitação do sistema provocada por um agente externo, evidenciando, dessa forma, concepções alternativas persistentes mesmo após aplicação da SEA.

Um exemplo do que está sendo discutido pode ser visto na resposta do estudante A06 para a questão 3:

A06: “*Depende da quantidade de água e de açúcar, o açúcar se dissolve na água*”. Desenho proposto: fig. 8.

A resposta indica que para o estudante a dissolução depende da quantidade de solvente, sem considerar o coeficiente de solubilidade e a temperatura. Analisando-se também o desenho proposto pode-se levantar a hipótese de que o mesmo também considera a agitação como fator para ocorrer a dissolução do açúcar, como podemos ver na figura 8 a seguir:

Figura 8: Essencialmente fenomenológico (questionário avaliativo final): Desenho proposto por A06 para explicar a dissolução do açúcar.



Fonte: Dados da pesquisa.

Assim, somente após a agitação do sistema a solução passaria a existir. O educando não cita a importância das características das substâncias como polaridade, tipo de interação intermolecular, entre outras.

Outro exemplo de resposta pautada em aspectos fenomenológicos pode ser visto no texto dissertativo escrito pelo educando A09 também para a terceira questão, o qual está exposto a seguir:

A09: “*A sacarose não se dissolve totalmente na água. E ela não permite a passagem de corrente elétrica*”.

Baseado nas observações feitas nos experimentos de condutividade elétrica, o educando destaca que a solução de água e açúcar “não permite a passagem de corrente elétrica”, aspecto de caráter fortemente macroscópico. No que tange ao nível submicroscópico, porém, A09 não desenvolve o modelo discutido em sala de aula. Evidencia-se também a concepção alternativa de que sempre haverá corpo de fundo no sistema: “A sacarose não dissolve totalmente na água”.

Na resposta dada pelo educando A52 para a dissolução do sal de cozinha, pode-se encontrar outra ideia errônea a de que a dissolução acontece devido ao aquecimento:

A52: “*Com o tempo no fogo, o sal se dissolve*”.

Trata-se de uma visão também sensorial. Em seu dia a dia o estudante percebe que o açúcar e o sal se dissolvem melhor em altas temperaturas, explicando dessa forma, sem considerar que o sal também se dissolve sem aquecimento.

O trabalho com modelos foi realizado ao longo de várias etapas da SEA (aulas expositivas com o uso do Phet, vídeo da TV Química Nova na Escola, figuras presentes no material de apoio distribuído aos estudantes), com o objetivo de fomentar uma visão mais abstrata, modelizada, por parte dos educandos, de modo que saíssem do nível essencialmente fenomenológico e passassem a analisar os fenômenos estudados utilizando-se do modelo atômico-molecular. Todavia, uma parcela considerável dos sujeitos da pesquisa continuou pautando suas respostas em aspectos percebidos sensorialmente, como se viu nos dois exemplos anteriores, e com a presença de concepções alternativas.

Autores afirmam que a passagem de uma visão essencialmente fenomenológica para uma mais abstrata e descontínua pautada em modelos é trabalhoso ou mesmo difícil (SANA et al., 2016; MARTORANO; CARMO, 2013; SIRHAN, 2007; FERNANDEZ; MARCONDES, 2006), pois supõe o abandono das ideias advindas da percepção sensorial, além do fato de que para muitos estudantes o mundo sub-microscópico tem as mesmas propriedades que o macroscópico, só que em escala miniaturizada (FERNANDES; MARCONDES, 2006).

Não se rompe, portanto, com a visão fenomenológica, mas deve existir uma negociação sobre como o modelo atômico-molecular pode ajudar a entender os fenômenos. Isso indica que para esses estudantes cuja resposta foi elencada nessa categoria o tempo e/ou as atividades não foram suficientes. Outra hipótese está no fato de que, embora a pesquisa tenha levado em consideração as respostas dadas por 75 sujeitos da pesquisa selecionados conforme critérios anteriormente descritos dentre 137 educandos das três turmas da Segunda série do Ensino Médio nas quais o pesquisador leciona, todos os estudantes das três turmas participaram das etapas da SEA, cerca de 45 alunos por turma, o que dificulta uma abordagem mais individual e a participação dos estudantes nas aulas.

Ter consciência de que a referida passagem da visão fenomenológica para a visão à nível atômico-molecular é trabalhosa e até difícil não implica em um pensamento fatalista, pessimista ou mesmo conformista por parte do professor, de que aqueles estudantes que não alcançaram tal visão devem ser deixados de lado, mas sim que o trabalho com modelos não

deve ser abandonado, novas atividades devem ser oportunizadas aos estudantes para desenvolverem um pensamento mais abstrato.

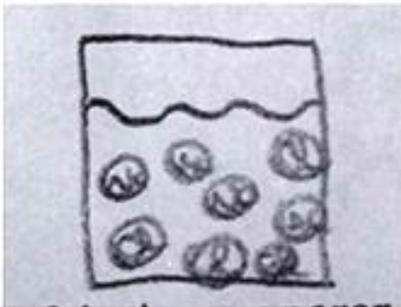
O número de respostas elencadas na terceira categoria (Apresenta visão atômico-molecular, mas não considera a interação soluto-solvente) foi igual a 33% para a dissolução da sacarose (questão 3) e 39% para a dissolução do sal de cozinha (questão 4). Tais educandos não levam em conta a influência mútua entre as partículas do soluto e do solvente, embora demonstrem uma visão que sai do essencialmente fenomenológico para uma visão mais modelizada, conforme critérios adotados por Sana et al. (2016).

Algumas dessas repostas trouxeram concepções alternativas. Na resposta dada por A02 para a questão 3, por exemplo, vêm-se pelo menos duas. A primeira delas afirma que a água “quebra as moléculas do açúcar”, ou seja, implicitamente pode estar contida a ideia de que a dissolução é uma reação química, pois modifica a natureza da matéria, ou ainda que ocorre por meio de dissociação, como a dissolução do sal, e assim o educando compreende a separação do cátion sódio do ânion cloreto do sal como “quebra de molécula” como se vê a seguir:

A02: *“A água consegue dissolver o açúcar porque ela quebra as moléculas de açúcar fazendo ele sumir. NaCl - açúcar”*. Desenho proposto: fig. 9.

A análise do desenho, porém, elucida a dúvida anterior, pois o estudante representa as moléculas do açúcar com a fórmula do sal, mostrando os íons separados, dissociados, como podemos visualizar na figura 9 a seguir:

Figura 9: Apresenta visão atômico-molecular, mas não considera a interação soluto-solvente (questionário avaliativo final): Resposta dada por A02 para a questão 3.



Fonte: Dados da pesquisa.

Souza e Cardoso (2009) consideram que a análise conjunta de textos e desenhos nos ajuda a compreender de forma mais fidedigna a resposta do aluno, pois fornece mais subsídios

para compreensão do seu raciocínio tendo em vista a grande dificuldade que é acessar o modelo mental de um indivíduo.

Ao afirmar que o açúcar sumiu após ser colocado na água não se pode deduzir que o estudante realmente acredite que a matéria simplesmente se perdeu (contrariando a Lei de Lavoisier para conservação da matéria), podendo o verbo sumir significar apenas que o açúcar já não pode mais ser visualizado.

É possível notar ainda a dispersão das partículas do soluto pelas do solvente. Porém, ainda faltam elementos explicativos da interação entre tais partículas que justifiquem o fato das soluções serem misturas homogêneas, tais como a solvatação dos íons e o estabelecimento de ligações de hidrogênio entre as moléculas de água e as regiões hidrofílicas da molécula do açúcar. Tais modelos foram apresentados nas etapas da SEA (etapas 3, 5 e 6), mas os dados demonstram que ainda não foram suficientemente discutidos de modo a serem adotados pela maioria dos estudantes. Contudo, a análise conjunta dos dados da categoria anterior e das subsequentes evidencia que metade dos educandos utiliza uma visão descontínua para tentar explicar os problemas abordados.

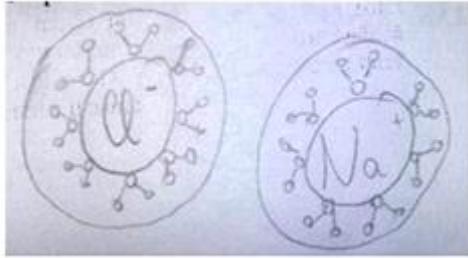
Para a quarta categoria (Apresenta visão atômico-molecular e considera a interação soluto solvente, mas não explica o mecanismo) foi constatada uma incidência de 11% para ambas questões (dissolução do açúcar, questão 3, e dissolução do sal, questão 4).

Tais repostas fazem menção da influência mútua entre as partículas do soluto e do solvente por meio de desenhos nos quais há linhas ligando-as, ou por meio de textos dissertativos que relatam que a água separa os cátions e os ânions do sal, mas sem os indicadores da explicação e da justificativa. Os estudantes não conseguem relacionar o modelo corpuscular da matéria para tentar entender o fenômeno.

Como exemplo, desta-se a resposta dada pelo estudante A03 para a questão 3 (dissolução do sal de cozinha):

A03: *“Ao entrar em contato suas moléculas se quebram fazendo com que ele desapareça”*. Desenho proposto: fig. 10.

Figura 10: Apresenta visão atômico-molecular e considera a interação soluto-solvente, mas não explica o mecanismo (questionário avaliativo final): Resposta de A03 para a questão 4:



Fonte: Dados da pesquisa.

Vê-se que A03 não diferencia bem substâncias moleculares e iônicas, mesmo esses conceitos tendo sido trabalhados ao longo da SEA, pois em seu texto dissertativo refere-se às partículas do sal como moléculas, mas no seu desenho representa a fórmula dos íons cloreto e sódio.

A interação entre as partículas do solvente e do soluto fica evidente no desenho, pois o educando desenhou os íons cloreto e sódio cercados por partículas de água (o modelo de bola-vareta para a molécula da água foi muito explorado ao longo da SEA, bem como o fato da mesma ser angular e não linear, o que nos permite afirmar que os desenhos trazem representações de partículas de água).

A03 é, portanto, um exemplo de estudante que se propõe a refletir acerca das interações, sendo essas essenciais para o entendimento da homogeneidade das soluções, fator crucial para a aprendizagem da solução como sistema material e como processo (CARMO; MARCONDES, 2008). Outro exemplo desse fato pode ser visto na resposta de A26 para a quarta questão:

A26: “A dissolubilidade da água fez com que o sal fosse quebrado e fundido a água. Sendo a água em maior quantidade, dissolvendo o sal o fazendo desaparecer por quebra de moléculas e dissolução”.

No texto acima ficam evidentes muitas concepções alternativas: a fusão do sal; a dissolução depende da quantidade de água; o sal desaparece literalmente; o sal é feito por moléculas.

Como já exposto, Ortolani et al. (2012) destacaram em seu trabalho a incidência de concepções alternativas mesmo após a aplicação sequenciais de ensino. Entre elas, os autores citam:

- a) Todos os sistemas são misturas;

Os alunos não conseguem explicar corretamente a diferença entre uma mistura (seja ela homogênea ou não) e uma substância pura;

- b) Não conseguem utilizar corretamente o modelo corpuscular da matéria para explicar os distintos processos por meio dos quais se obtém soluções.

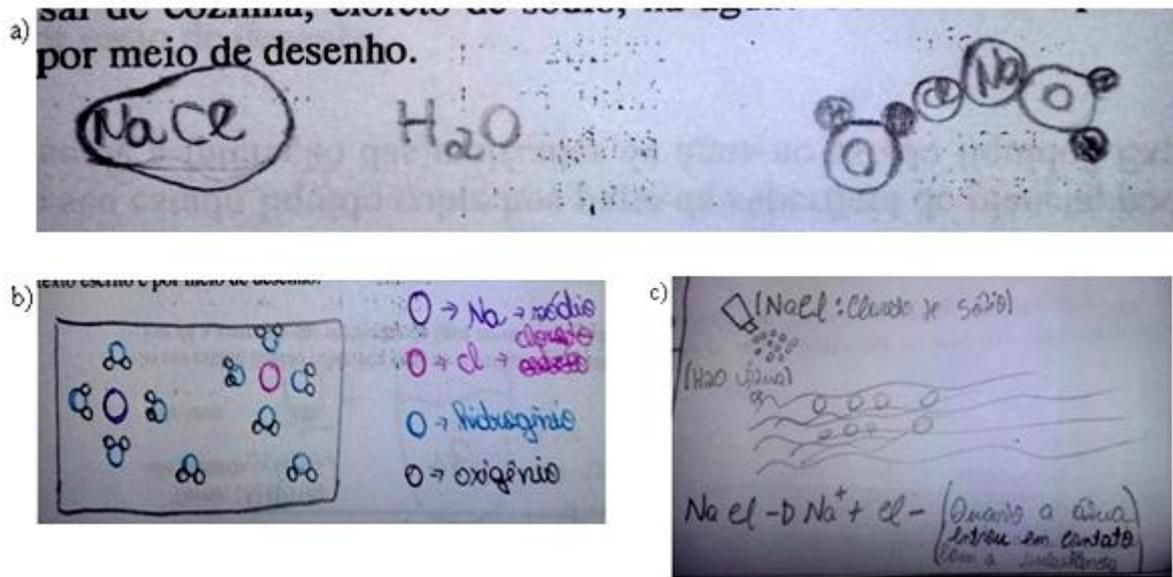
Embora os educandos elencados pelos autores nessa categoria tenham demonstrado que admitem a existência do vazio e que adotam uma visão descontínua mediante o uso de um modelo corpuscular, eles não souberam fazer uso do mesmo para explicar a problemática em questão.

Para a quinta categoria (Apresenta visão atômico-molecular e considera a interação soluto-solvente, porém com explicação não adequada) foram elencadas aquelas respostas que explicaram a interação soluto-solvente de forma diversa do modelo aceito pela comunidade científica (5% para a dissolução da sacarose, questão 3, e 4% para a dissolução do sal, questão 4). São exemplos as respostas de A40 (fig. 11a), A48 (fig. 11b) e de A60 (fig. 11c). Vemos concepções alternativas, mas aqui há a tentativa evidente de explicar e justificar as interações soluto-solvente.

A48: *“O sódio atrai os oxigênios da H_2O (água), enquanto o cloreto atrai os hidrogênios”*. Desenho proposto: fig. 11b.

A60: *“Podemos dizer que isso tem relação com o processo de dissociação, onde a água separa as propriedades do sal, tornando-o mais “fraco” e “inferior” a ela. Com isso, ela o solubiliza facilmente através do processo de diluição”*. Desenho: fig. 11c.

Figura 11: Apresenta visão atômico-molecular e considera a interação soluto-solvente, porém com explicação inadequada (questionário avaliativo final): (a) A40, (b) A48 e (c) A60, os três para a questão quatro:



Fonte: Dados da pesquisa.

Em 11a observa-se uma preocupação com a interação eletrostática (cátion sódio interagindo com a região negativa da molécula de água e ânion cloreto interagindo com a região positiva). Também a geometria e a fórmula da água estão corretamente apresentadas. Contudo, a representação exprime todas as partículas em contato, o que é indicativo de ligação química e não interações do tipo intermolecular. Assim, não é evidente que o cloreto de sódio tenha sido dissolvido. A quantidade de moléculas de água interagindo com os íons é inadequada, pois sempre há várias moléculas de água envolvidas na solvatação, evidenciando outro problema do modelo.

No desenho do estudante A48, fig. 11b, vê-se que o mesmo acredita que a molécula da água é feita de um hidrogênio e dois oxigênios, o que nos leva a crer que há a consideração de que o índice dois da molécula é do oxigênio e não do hidrogênio. Contudo, ele demonstra conhecer que o polo positivo da água atrai o íon negativo e o polo negativo atrai o cátion.

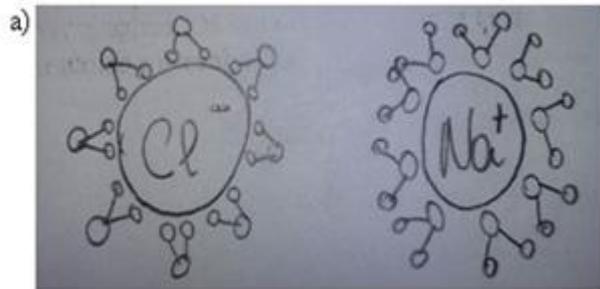
A60, fig. 11c, traz a equação de dissociação do cloreto de sódio, no entanto, em seu texto ele propõe que a água torna o sal “fraco e inferior a ela”. Também parece confundir dissolução com diluição.

Apenas A16 explicou a interação soluto-solvente de modo mais próximo ao modelo curricular, tendo sua resposta incluída na última categoria (Apresenta visão atômico-molecular e considera a interação soluto-solvente com explicação adequada), como podemos ver no seu texto a seguir:

A16: “Por meio da solvatação onde o sódio, que é positivo, atrai as moléculas de oxigênio, que são negativas, enquanto que o cloreto, que é negativo, atrai os hidrogênios, que são positivos”. Desenho proposto: fig. 12.

O desenho proposto pelo educando, fig. 12, condiz com o texto, corroborando a explicação dada. Dessa forma, texto dissertativo e desenho contribuem mutuamente para o entendimento do fenômeno como se vê a seguir:

Figura 12: Apresenta visão atômico-molecular e considera a interação soluto-solvente com explicação adequada (questionário avaliativo final): Resposta para a quarta questão dada por A16:



Fonte: Dados da pesquisa.

O educando, porém, parece não saber a distinção entre átomo e molécula, no entanto demonstra uma construção em andamento do processo de solvatação, tanto pelo texto, quanto pelo desenho apresentado no qual se vê as moléculas de água solvatando os íons. Há, portanto, um maior aprofundamento em sua resposta, pois o estudante apresenta uma maior riqueza de detalhes, justificando sua inclusão nessa categoria.

7 CONCLUSÃO

Em termos gerais a AC é uma linha de pesquisa em Ensino de Ciências que busca guiar o planejamento do mesmo para o fomento de uma visão social do conhecimento no que tange a resolução de problemas e tomada fundamentada de decisões, levando os educandos a discutir a realidade com o intento de transformá-la para melhor.

No presente trabalho, foi elaborada uma SEA para o tema soluções com ênfase na visão atômico-molecular e no uso social do conhecimento, com foco na AC dos educandos buscando evidências do fomento desse processo nos indicadores propostos por Sasseron e Carvalho (2008).

Com base em pesquisas empíricas, foram deduzidas as principais concepções alternativas e dificuldades quanto ao estudo do tema em questão. Desse modo, foram elaboradas atividades que utilizaram diferentes recursos semióticos de forma a trabalhar a abstração dos educandos para que os mesmos passassem a utilizar modelos para explicar as soluções químicas tanto quanto sistemas materiais quanto como processos. Com a aplicação do questionário diagnóstico, ficou notório o fato de que havia uma grande incidência de respostas que apresentavam uma visão estritamente fenomenológica (macroscópica).

Para o entendimento das soluções é importante a compreensão da sua homogeneidade o que se dá por meio da interação das partículas do soluto e do solvente. Sendo assim, a SEA trabalhou o processo de dissolução de compostos comuns no dia a dia como sal de cozinha e açúcar por meio de vídeos, experimentos de condutividade elétrica, explicações com o uso da lousa e do simulador Phet.

No que tange à visão atômico-molecular, os dados evidenciaram que os estudantes utilizaram mais a dimensão teórico-conceitual (nível atômico-molecular), com a apresentação de modelos particulados em suas explicações (um dos indicadores de AC) após a aplicação da SEA, pois o questionário avaliativo final mostrou uma diminuição na incidência de respostas de caráter fenomenológico quando comparado com as respostas dadas no questionário diagnóstico. Evidenciou-se, pois, que os estudantes apresentaram um maior nível de abstração na análise dos fenômenos estudados.

Muitos ainda recorreram a aspectos fenomenológicos aliados à sub-microscópicos, provavelmente para embasar seus argumentos em algo que lhes é familiar (o nível macroscópico).

Contudo, foi notório que algumas concepções alternativas permaneceram após a SEA e que muitos estudantes não consideraram a interação entre as partículas na hora de explicar as soluções químicas. Percebe-se, assim, que a passagem da visão contínua para a visão descontínua não é tão simples e que a SEA não foi suficiente para fazer essa transição em todos os alunos. Levantou-se a hipótese de que o grande quantitativo de estudantes por turma (visto que a SEA foi desenvolvida nas aulas de Química lecionadas por um dos pesquisadores em turmas que possuem em média 45 alunos) contribuiu para esse fato visto que dificulta uma abordagem mais individual e a verbalização das dúvidas dos educandos ao longo das aulas.

Os esquemas utilizados pela maioria dos sujeitos para entenderem o mundo que os cerca são apoiados na ideia de continuidade da matéria e advindos de uma percepção sensorial. Não será uma única SEA que fará essa difícil transição da visão contínua para a descontínua, mas, pelos resultados encontrados, houve um avanço nesse sentido.

Com relação às soluções como sistemas materiais, foram elencados os seguintes erros conceituais persistentes nas explicações: o movimento das partículas é devido a fatores externos como vento ou ação humana; não diferencia átomos e moléculas; não compreendem a fórmula molecular da água; confunde ligação intramolecular com ligação intermolecular, acreditando que as ligações de uma molécula são quebradas durante as mudanças de estado físico; mudanças de estado físico são reações químicas; moléculas podem ser observadas a olho nu; o processo de dissolução do açúcar e do sal são iguais.

Para o processo de dissolução, por sua vez, ainda aparecem nas respostas: a dissolução como reação química; a dissolução como processo de fusão do soluto; a dissolução depende da densidade; o soluto simplesmente desaparece; o soluto apenas se deposita no fundo do recipiente.

Outra hipótese para a permanência de erros conceituais é a de que o modelo atômico-molecular e a teoria cinético-molecular deveriam ter sido negociados com os sujeitos da pesquisa com mais tempo e aplicados pelos mesmos a diversas situações e substâncias.

No que tange à aproximação dos educandos a uma cultura científica, uma das propostas da AC, a atividade experimental (etapa 4) foi muito bem aceita pelos estudantes, os quais tiveram a oportunidade de pensar sobre os experimentos antes de executá-los, levantando hipóteses e em seguida testando-as. Além disso, de posse dos dados, propuseram explicações e justificativas. Tais passos demonstram que a AC foi estimulada e que a SEA contribuiu para isso. Outro indicador de AC detectado foi a previsão de resultado, pois os educandos utilizaram-se das conclusões obtidas em um experimento para prever o resultado de outras.

Quanto ao uso social do conhecimento, aspecto importante para um processo de AC, nas discussões em sala de aula, sobretudo após a leitura da estória “Um Problema de Todos” e após a exibição de vídeo da TV Química Nova na Escola sobre a água, os estudantes externaram opiniões concernentes com uma visão crítica e cidadã da problemática citando o descaso dos poderes públicos com a população do distrito de Mariana, MG, e com o meio ambiente, o desperdício da água tratada e a poluição dos nossos mananciais, entre outros.

Também sobre o processo de AC, sendo a pesquisa e a escrita partes importantes do trabalho científico, objetivou-se analisar os textos produzidos pelos alunos que deram continuidade à estória “Um Problema de Todos”. Mais da metade dos trabalhos avaliados apresentaram o eixo III de AC que trata da compreensão de que a ciência, a tecnologia, a sociedade e o meio ambiente se relacionam de maneira que um âmbito interfere em outro(s). Percebeu-se, assim, que a SEA possibilitou que tais relações fossem discutidas gerando

aprendizado, possibilitando aos educandos uma visão da Química como construção humana cujo conhecimento pode ser aplicado na resolução de problemas bem como na tomada de decisões.

Os indicadores de AC mais comuns nos textos foram a seriação de informação, a explicação e a justificativa, pois os alunos souberam utilizar dados apresentados nos textos fornecidos na SEA ou por eles pesquisados em outras fontes para, com eles, tecer argumentos acerca dos fenômenos estudados demonstrando compreensão da já referida relação CTSA.

Nos suas narrativas os estudantes demonstraram o que está sendo discutido por meio de fragmentos nos quais refletiam acerca da situação dos moradores do distrito de Mariana, um modo de tentar evitar a poluição por metais pesados, bem como os riscos que os mesmos trazem à saúde humana e ao meio ambiente, bem como formas de saber se a água está contaminada, dados acerca da recuperação da flora e da fauna atingidas pela lama de rejeitos da barragem da Samarco, entre outros.

Os estudantes, no entanto, não demonstraram em suas narrativas ter domínio do segundo eixo, que trata da compreensão da natureza do fazer científico. O mesmo foi trabalhado ao longo da SEA sendo importante para fomentar uma maior criticidade nos educandos, permitindo que muitos abandonassem a concepção de ciência como algo infalível, exato e neutro para uma visão de constructo humano e, como tal, passível de erros e propensa à manipulação por grupos econômica e/ou politicamente dominantes. Todavia, na etapa 4 da SEA os estudantes puderam ter uma aproximação com a cultura da ciência ao realizarem experimentos para os quais tiveram que propor e testar hipóteses, tecendo conclusões (explicações).

Quanto à contribuição da SEA para o trabalho de outros professores, a mesma introduz o tema soluções químicas, revisando importantes conceitos, aplicando-o a questões atuais como a poluição das águas devido às atividades econômicas e suas consequências, por exemplo, buscando soluções para os problemas, estimulando discussões em sala de aula. Por trabalhar com a visão atômico-molecular, busca-se analisar as características das soluções nos três níveis da Química de modo a trabalhar a capacidade de abstração dos educandos, além de almejar-se facilitar a aprendizagem de conceitos futuros como a concentração das soluções, os processos de diluição e de mistura de soluções, eletroquímica, entre outros.

REFERÊNCIAS

ATKINS, P.; JONES, L. **Princípios de Química**: questionando a vida moderna e o meio ambiente. Tradução de Ricardo Bicca de Alencastro. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

AULER, D.; DELIZOICOV, D. Alfabetização científico-tecnológica para quê? **Ensaio**: pesquisa em educação em ciências, v. 3, n. 1, p. 122-134, 2001.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Tradução de Luís Antero Reto e Augusto Pinheiro. 1. ed. Lisboa: Edições 70, 1977.

BRASIL. Ministério da Educação. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio**: Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias. Brasília, DF: Secretaria de Educação Básica, v. 2, 2008.

BROWN, T. L. et al. **Química**: a ciência central. Tradução de Robson Mendes Matos. 9. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

CACHAPUZ, A. et al. **A necessária renovação do ensino das ciências**. 2. ed. São Paulo: Cortez, 2011.

CARMO, M. P.; MARCONDES, M. E. R. Abordando soluções em sala de aula: uma experiência de ensino a partir das ideias dos alunos. **Química nova na escola**, v.28, n. 2, p. 37-41, 2008.

CHASSOT, A. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. **Revista brasileira de educação**, n.22, p.89-100, 2003.

_____. **Alfabetização Científica**: Questões e desafios para a educação. 5. ed. Injuí: Editora Unijuí, 2011.

DUIT, R. et al. The model of educational reconstruction: a framework for improving teaching and learning science. **Science education research and practice in Europe**: retrospective and prospective, v. 5, p. 13-47, 2012.

ECHEVERRÍA, A. R. Como os estudantes concebem a formação de soluções. **Química nova na escola**, v. 3, p.15-18, 1996.

FERNANDEZ, C.; MARCONDES, M. E. Concepções dos estudantes sobre ligação química. **Química nova na escola**, v. 24, p. 20-24, 2006.

FERREIRA, M.; LEITE, R. F. Alfabetização científica e ensino de Química: em análise, publicações do ENEQ entre os anos de 2000 e 2014. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA - ENEQ, 18., 2016, Florianópolis. **Anais eletrônicos...** Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, 2016. Disponível em: <<http://www.eneq2016.ufsc.br/anais/listaresumos.htm>>. Acesso em: 12 abr. 2018.

FIRME, R. N. et al. Análise de uma sequência didática sobre pilhas e baterias: uma abordagem CTS em sala de aula de Química. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, ENEQ, 14., 2008, Curitiba. **Anais eletrônicos...** Universidade Federal do Paraná-UFPR, 2008. Disponível em: <<http://www.quimica.ufpr.br/eduquim/eneq2008/listaresumos.htm>>. Acesso em: 12 abr. 2018.

FOCETOLA, P. B. M. et al. Os jogos educacionais de cartas como estratégia de ensino em química. **Química nova na escola**, v. 34, n. 4, p. 248-255, 2012.

FRANCO, A. G.; RUIZ, A. G.. Desarrollo de una unidad didáctica: El Estudio del enlace químico en el bachillerato. **Enseñanza de las ciencias**, v. 24, n. 1, p. 111-124, 2006.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia**: saberes necessários à prática educativa. 43. ed. São Paulo: Paz e Terra, 2011.

GUIMARÃES, Y. A. F.; GIORDAN, M. Instrumento para construção e validação de sequências didáticas em um curso a distância de formação continuada de professores. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, ENPEC, 8., 2011, Campinas. **Anais eletrônicos...** Campinas: Associação Brasileira de Pesquisa em Ensino de Ciências - ABRAPEC, 2011. Disponível em: <http://abrapecnet.org.br/atas_enpec/viii/enpec/listaresumos.htm>. Acesso em: 12 abr. 2018.

KRASILCHIK, M. Caminhos do ensino de ciências no Brasil. **Em aberto**, v. 11, n. 55, p. 3-8, 1992.

LAUGKSCH, R. C. Scientific literacy: a conceptual overview. **Science education**, v. 84, n. 1, p. 71-94, 2000.

LORENZETTI, L.; DELIZOICOV, D. Alfabetização científica no contexto das séries iniciais. **Ensaio**: pesquisa em educação em ciências, v. 3, n. 1, p. 1-17, 2001.

MARTORANO, S. A. A.; CARMO, M. P. Investigando as ideias dos alunos do Ensino Médio sobre a matéria. **Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas**, v. 34, n. 2, p.237-244, 2013.

MÉHEUT, M.; PSILLOS, D. Teaching-learning sequences: aims and tools for science education research. **International journal of science education**, v. 26, n. 5, p. 515-535, 2004.

MILARÉ, T.; RICHETTI, G. P. Alfabetização científica no ensino de Química: um olhar sobre os temas sociais. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, ENEQ, 14., 2008, Curitiba. **Anais eletrônicos...** Universidade Federal do Paraná, UFPR, 2008. Disponível em: < <http://www.quimica.ufpr.br/eduquim/eneq2008/listaresumos.htm>>. Acesso em: 12 abr. 2018.

MORTIMER, E. et al. Construindo conhecimento científico na sala de aula. **Química nova na escola**, v. 9, p. 33-40, 1999.

MORTIMER, E. et al. A proposta curricular de Química do estado de Minas Gerais: fundamentos e pressupostos. **Química nova**,v. 23, n. 2, p.273-283, 2000.

NIEZER, T. M.; SILVEIRA, R. M. C. F.; SAUER, E. Ensino de soluções químicas por meio do enfoque ciência-tecnologia-sociedade. **Enseñanza de las ciencias**, v. 15, n. 3, p. 428-449, 2016.

OLIVEIRA, T. et al. Compreendendo a aprendizagem da linguagem científica na formação de professores de ciências. **Educar**, v. 1, n. 34, p.19-33, 2009.

ORTOLANI, A. et al. Aplicación de una propuesta de enseñanza sobre el tema “disoluciones” en la escuela secundaria: un estudio de caso. **Educación química**, v. 23, n. 2, p. 212-221, 2012.

PERNAMBUCO. Secretaria de Educação do estado. **Orientações teórico-metodológicas para o Ensino Médio, Química**. Recife, 2011. Disponível em: <http://www.educacao.pe.gov.br/portal/upload/galeria/1037/OrientacoesTM_QuimicaEM.pdf> Acesso em: 04 nov. 17.

PERUZZO, F. M.; CANTO, E. L. **Química: na abordagem do cotidiano**. 4. ed. São Paulo: Moderna, 2006. 2 v.

PHET, Interactive Simulations. University of Colorado Boulder. Soluções de açúcar e sal. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/sugar-and-salt-solutions>. Acesso em: 20 set. 2017.

PINHEIRO, P. C. Aumentando o interesse do alunado pela Química escolar e implantação da nova proposta curricular mineira: desenvolvimento e resultados de projeto seminal realizado no PIBID-UFSJ. **Química nova na escola**, v. 34, n. 4, p. 173-183, 2012.

RAMOS, M. G.; MORAES, R.; A avaliação em Química: contribuição aos processos de mediação da aprendizagem e de melhoria do ensino. In: SANTOS, W. L. P.; MALDANER, O. A. (Org.) **Ensino de Química em foco**. 1. ed. Ijuí: Editora Unijuí, p. 313-330, 2010.

ROCHA, J. S.; VASCONCELOS, T. C. Dificuldades de aprendizagem no ensino de Química: algumas reflexões. In: Encontro nacional de ensino de Química, ENEQ, 18., 2016, Florianópolis. **Anais eletrônicos...** Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, 2016. Disponível em: < <http://www.eneq2016.ufsc.br/anais/listaresumos.htm>>. Acesso em: 12 abr. 2018.

ROQUE, N. F.; SILVA, J. L. P. B. A linguagem química e o ensino da Química Orgânica. **Química nova**, v. 31, n. 4, p. 921-923, 2008.

RUI, H. M. G.. **Atividades investigativas no ensino de ciências**: uma sequência didática sobre o tema fungos para o Ensino Fundamental. 2013. 177 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) – Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências e Matemática, Instituto Federal do Espírito Santo, IFES, Vitória, 2013.

RUSSEL, J. B. **Química Geral**. Tradução de Márcia Guekezian, Maria Cristina Ricci e Maria Elizabeth Brotto. 2. ed. São Paulo: Pearson Makron Books, 1994. v. 1.

SANA, T. C. V; ARROIO, A.; REZENDEL, D. B. Análise de modelos de estudantes de Ensino Médio sobre mudanças de estados físicos da matéria no domínio submicroscópico do conhecimento químico. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, ENEQ, 18., 2016, Florianópolis. **Anais eletrônicos...** Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, 2016. Disponível em: < <http://www.eneq2016.ufsc.br/anais/listaresumos.htm>>. Acesso em: 13 abr. 2018.

SÁNCHEZ, G.; VALCÁRCEL, M. V. Diseño de unidades didácticas en el área de ciencias experimentales. **Enseñanza de las ciencias**, v. 11, n. 1, p. 33-44, 1993.

SÁNCHEZ, G.; DE PRO BUENO, A.; VALCÁRCEL PÉREZ, M.V. La utilización de un modelo de planificación de unidades didácticas: el estudio de las disoluciones en la Educación Secundaria. **Enseñanza de las ciencias**, v. 15, n. 1, p. 35-50, 1997.

SANTOS, W. L. P.. Educação científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios. **Revista brasileira de educação**, v. 12, n. 36, p. 474-550, 2007.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. P. Almejando alfabetização científica no Ensino Fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. **Investigações em ensino de ciências**, v. 13, n. 3, p. 333-352, 2008.

_____. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. **Investigações em ensino de ciências**, v. 16, n. 1, p. 59-77, 2011.

SIRHAN, G. Learning difficulties in Chemistry: an overview. **Journal of turkish science education**, v. 4, n. 2, p. 2-20, 2007.

SOUZA, K.A.F.D.; CARDOSO, A. A. A formação em Química discutida com base nos modelos propostos por estudantes de pós-graduação para o fenômeno de dissolução. **Química nova**, v. 32, n. 1, p. 237-243, 2009.

TEIXEIRA, F. M. Alfabetização científica: questões para reflexão. **Ciência e educação**, v. 19, n. 4, p. 795-809, 2013.

TOKARNIA, M. Pisa: quase metade dos estudantes tem desempenho menor que o adequado. **Agência Brasil**, Brasília, dez. 2016. Disponível em: <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/educacao/noticia/2016-12/quase-metade-dos-brasileiros-tem-desempenho-menor-que-o-adequado-no-pisa>>. Acesso em: 19 set. 2017.

APÊNDICE I

PRODUTO EDUCACIONAL: SEQUÊNCIA DE ENSINO-APRENDIZAGEM (SEA)

Título: O que tem na água?

Total de aulas: 14 aulas de cinquenta minutos cada.

Conteúdos Conceituais:

- Características das soluções;
- Soluções eletrolíticas e não eletrolíticas;
- Dissolução de compostos iônicos: o fenômeno da solvatação dos íons pelas moléculas de água;
- Dissolução da sacarose: formação de ligações de hidrogênio;
- Acidente ocorrido em Mariana, MG, graças ao rompimento da Barragem do Fundão, propriedade da Mineradora Samarco;

Conteúdos Procedimentais:

- Manejo de instrumentos como balança, béquer, proveta, e outros.
- Utilização da corrente elétrica para identificar água pura e soluções aquosas.
- Análise dos dados obtidos nas experimentações.

Conteúdos Atitudinais:

- Reconhecimento da importância dos modelos e confrontação dos mesmos com os dados obtidos nos experimentos e com as concepções prévias.

Objetivo geral da sequência:

- Compreender que líquidos homogêneos podem conter mais de uma substância misturadas, explicando como as partículas estão dispersas e aplicando tal conhecimento à situações cotidianas.

- Compreender o conceito de soluções aplicando-o a situações cotidianas.

Objetivos específicos:

- Compreender o processo de dissolução de compostos iônicos e de compostos covalentes (exceto os que se ionizam);
- Analisar os aspectos microscópicos das soluções propondo modelos para as mesmas;
- Perceber que quanto mais eletrólitos na solução mais intensa será a luz no teste da condutividade elétrica;
- Analisar rótulos de garrafas de água mineral comparando seus componentes e suas respectivas concentrações com as informações contidas em textos sobre a composição média da água do mar e da água da torneira;
- Compreender o conceito de solubilidade relacionando-o ao de polaridade;
- Analisar e propor resoluções a problemas cotidianos acerca da temática estudada.

Nível de ensino: 2ª Série do Ensino Médio.

Etapas da SEA:

Etapa 1: Aplicação de questionário diagnóstico - 1 aula (Apêndice III):

Objetivo: Saber se conceitos basilares para o entendimento das soluções (tanto como sistema material quanto como processo) eram conhecidos pelos mesmos, possibilitando, assim, futuros ajustes na SEA.

Avaliação: Respostas dadas aos quesitos.

Recursos: Questionários fotocopiados e distribuídos aos estudantes.

Etapa 2: Leitura da situação problematizadora: “Um problema de todos?” (apêndice II), seguida de debate sobre o mesmo (1 aula):

Objetivo: Questionar os alunos a respeito do texto “Um Problema de Todos”: O que pensam sobre a atitude de Leo? O problema é mesmo de todos? Estamos cuidando dos nossos mananciais? Quais são as atividades humanas que mais trazem prejuízo aos nossos mananciais na atualidade? O que sabem sobre a tragédia de Mariana, MG?

Avaliação: Pedir que anotem suas respostas e o que mais lhes chamar a atenção.

Recursos: Textos fotocopiados com a situação-problema a ser distribuído para os estudantes; projetor; apresentação em Power Point com fotos do acidente, bem como fotos do Rio Doce antes e depois do acidente.

Fotos disponíveis em:

http://www.greenpeace.org/brasil/pt/Noticias/Lama-ate-o-pescoco/?gclid=CjwKEAjwn7e8BRCUqZiP_vnrtBkSJAC_lp4H6T7IBHUKzfTagBBWwj8FjRtEWH7ZW2Pj-IP6w5ZROhoCI5Xw_wcB

Acesso: 19/07/2016 às 12:04

<https://noticias.terra.com.br/brasil/desastre-em-mariana-e-o-maior-acidente-mundial-com-barragens-em-100-anos,874a54e18a812fb7cab2d7532e9c4b72ndnwm3fp.html>

Acesso: 19/07/2016 às 12:10

<http://g1.globo.com/mg/vales-mg/noticia/2016/02/laudo-da-fenam-aponta-presenca-de-metais-pesados-no-rio-doce.html>FACEBOOK

Acesso: 07/09/16 às 15:54

Etapa 3: Vídeo da Química Nova na Escola acerca das propriedades da água, seguido de debate e explanação sobre forças intermoleculares e polaridade: (2 aulas)

Objetivos:

- I. Compreender algumas propriedades da água como sua geometria molecular, polaridade, forças de interação intermolecular;
- II. Compreender as etapas de tratamento da água numa ETA;
- III. Discutir a importância do consumo consciente da água, bem como o problema da poluição dos mananciais.

Recursos: Vídeo da TV Química Nova na Escola disponível em:

<http://qnesc.s bq.org.br/videos.php>

Acesso: 21/07/2016 às 16:41 (A partir do minuto 29 do cap. 4 e até o minuto 11 do cap. 5 – tempo total: 18 minutos).

Projetor, notebook e modem (ou DVD); Kit molecular, lousa.

Etapa 4: Atividade experimental: Condutividade elétrica em diferentes amostras de água (2 aulas).

Objetivos:

- Analisar a condutividade elétrica em diferentes amostras de água: água destilada, água da torneira, água mineral, água de barreiro, água do bebedouro da escola e água do mar;
- Propor hipóteses para cada um dos experimentos propostos e testá-las anotando suas conclusões.

Recursos: Roteiros fotocopiados com as atividades experimentais.

Roteiro para Observação:

Materiais:

- Água da torneira;
- Cloreto de sódio;
- Amostras de água do mar (ou solução de cloreto de sódio e sulfato de magnésio que imita a água do mar), de um barreiro, da torneira e do bebedouro da escola.
- Açúcar comum (sacarose);
- Água destilada (pode ser adquirida em lojas que vendem baterias para veículos);
- Copos descartáveis de plástico transparente;
- Colheres descartáveis;
- EPIs: óculos de proteção.

Equipamento para teste de condutividade elétrica: lâmpada de geladeira, fios, base de madeira, resistência, lápis de carpintaria, fita isolante, interruptor. O equipamento montado pode ser visualizado na figura a seguir:

Figura 13: Equipamento para condutividade elétrica utilizado nos experimentos.



Foto: Jean Karlo Silva de Miranda

Procedimento:

- I. Dividir a turma em grupos com 5 alunos a seis alunos.
- II. Distribuir, previamente, o roteiro do experimento.

Experimento 1: Condutividade elétrica em diferentes amostras de água.

Os personagens do texto “Um Problema de Todos”, Léo, Cadu e Bia, estão tentando entender como é possível saber se existem substâncias dissolvidas na água mesmo esta

estando incolor e inodora. Numa conversa com o seu professor de Química este sugeriu um experimento de condutividade elétrica utilizando o mesmo aparato que você tem disponível na sua bancada, bem como amostras de água da torneira, água do mar, água destilada, água do barreiro e água do bebedouro da escola.

Professor: Pessoal, hoje vocês realizarão um experimento de condutividade elétrica. Há quatro copos contendo diferentes sistemas. No copo número um, água destilada, no copo dois, água do mar, no copo três, água da torneira, no copo quatro, água do bebedouro da escola. E há um quinto copo também com água destilada no qual está escrito “limpeza dos eletrodos”.

- Vocês irão mergulhar os eletrodos do aparelho em cada um dos sistemas, sem encostar os fios um no outro, e observar o que acontece. Porém, a cada teste, devem ter o cuidado de mergulhar os fios no copo “limpeza dos eletrodos” antes de proceder a um novo teste.

Os três, então, realizaram o experimento e anotaram o resultado.

01. O que você acha que aconteceu quando eles introduziram os fios (eletrodos) em cada uma das amostras?

02. Agora é a sua vez de fazer esse teste, ajudando os três personagens nessa pesquisa. Para isso siga as etapas:

I. Introduza os dois fios (eletrodos) do aparelho na amostra de água destilada. Observe:

II. Em seguida, introduza os fios nas outras amostras, uma de cada vez, anotando os resultados (observe se a lâmpada acende ou não; a intensidade da luz quando a lâmpada acende; entre outras coisas). Mergulhe os fios na água para limpeza antes de proceder ao teste em outra amostra.

III. Compare os resultados com as hipóteses que você formulou anteriormente.

Questão problema:

Após observar os resultados responda: o que tem em cada amostra que pode levar ou não ao acendimento da lâmpada?

Experimento 2: Condutividade da água quando misturada a diferentes substâncias.

No segundo experimento proposto pelo professor, Cadu, Bia e Léo testaram a condutividade elétrica da água após dissolverem algo nela. Você replicará o mesmo teste.

01. Em um copo contendo água destilada, você dissolverá uma colher de chá de sal de cozinha, cloreto de sódio, e mergulhará os eletrodos.

I. O que você espera que aconteça? Por quê?

II. Realize o experimento e observe. Sua hipótese inicial condiz com o observado?

02. Agora você mergulhará os fios no copo para limpeza, em seguida, num outro copo com água destilada, dissolverá uma colher de chá de açúcar comum, sacarose, e também testará a condutividade elétrica de tal mistura.

I. O que você espera que aconteça? Por quê?

II. Realize o experimento e observe. Suas hipóteses foram comprovadas?

Questões problema:

01. Em algumas situações a lâmpada acende enquanto em outras não. Existiria algo “dentro” da água que poderia interferir nos resultados? Você consegue imaginar e desenhar o que poderia estar presente na água para acender a lâmpada?

02. Você lembra o que aconteceu quando os eletrodos foram mergulhados na água destilada e na água da torneira? Por que você acha que houve essa diferença? Proponha um desenho para tentar explicar a composição da água destilada e outro para explicar a composição da água da torneira.

03. No caso da água destilada misturada com açúcar, mesmo tendo adicionado algo à água (o açúcar), não houve condutividade. Que diferenças entre a água destilada misturada com açúcar e água da torneira, por exemplo, podem interferir nestes resultados? Proponha um desenho que diferencie a água destilada misturada com açúcar da água da torneira.

04. Em alguns casos a lâmpada acendeu com mais intensidade, enquanto que em outros a luminosidade foi mais fraca. Como você explicaria esse fato?

05. Por que é importante mergulhar os eletrodos na água destilada antes de testar a condutividade elétrica de uma solução? Você consegue imaginar um experimento para comprovar sua hipótese sobre esse fato? Relate-o e a seguir teste tal experimento anotando suas observações e conclusões.

Avaliação: Participação na atividade e respostas ao questionário proposto.

Etapa 5: Discussão conceitual acerca dos resultados obtidos no experimento utilizando animação do Phet (disponível em https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/sugar-and-salt-solutions, acesso em 15/09/16 às 21:09)(2 aulas).

Objetivos:

- Comparação das conclusões obtidas por cada aluno na atividade experimental;
- Compreender o processo de solvatação do cloreto de sódio por meio do aplicativo do Phet;
- Compreender o processo de dissolução do açúcar comum na água.

Recursos: Apostila com roteiro experimental na qual consta a seguinte estória acompanhada de questões:

O professor de Química da estória “Um Problema de Todos” explicou aos estudantes a diferença entre íons e moléculas, bem como o conceito de partículas usando um simulador virtual disponível na internet. Faça as mesmas simulações que os nossos heróis. A seguir, responda:

I. O sal de cozinha (cloreto de sódio) se dissolve na água da mesma forma que o açúcar comum (sacarose)? Por quê?

II. Apresente um modelo explicativo para a dissolução. Descreva os componentes do seu modelo

III. As conclusões que você chegou com a explicação da simulação condizem com suas primeiras hipóteses sobre a dissolução do sal de cozinha e do açúcar?

IV. Por que o sal de cozinha, quando dissolvido em água, permite a passagem de corrente elétrica e o açúcar não?

V. Após analisar a dissolução do sal de cozinha (cloreto de sódio, NaCl) tente imaginar um modelo para explicar como a água dissolve o cloreto de magnésio ($MgCl_2$) que também pode estar presente na água mineral e do mar? Tente fazer um desenho explicando isso.

Avaliação: Participação nas discussões propostas e resposta das atividades da apostila.

Etapa 6: Avaliação de rótulos de água mineral e suco na qual será solicitado aos estudantes que tentem explicar, por meio de textos e desenhos como aquelas substâncias informadas no rótulo podem estar dissolvidas na água (2 aulas).

Objetivos:

- Compreender o que são soluções e a diferença entre a solução verdadeira, os colóides e as suspensões;
- Analisar rótulos de água mineral e suco de caixinha.

Recursos: Apostila de laboratório contendo a seguinte estória acompanhada de questões; rótulos de garrafas de água mineral e de sucos.

Em seus experimentos, nossos três personagens perceberam que a lâmpada nem sempre acendia com a mesma intensidade. Então resolveram pesquisar o que de fato há em cada solução investigada. Para isso separaram alguns rótulos de água mineral e pesquisaram em livros e na internet a composição da água da torneira e da água do mar.

I. Que resultados você acha que eles encontraram nessa pesquisa? Será que há algo em comum entre essas três soluções?

II. Você terá acesso aos textos pesquisados pelos colegas da estória. Após a leitura em grupo, discuta com os colegas sobre as conclusões às quais o seu grupo chegou e compare com suas hipóteses iniciais. Anote:

Obs. Fontes de alguns textos a serem consultados:

Texto 1: Oceanos de Soluções

CANTO, E. L. do; PERUZZO, F. M. Química na abordagem do cotidiano, V. 2, 4ª ed. Editora Moderna, São Paulo, 2006.

<http://www.dis.epm.br/servicos/nutri/public/alimento/14411/bebida-agua-de-torneira>

Acesso em 21/10/2016 às 11:29

III. Cheque suas anotações e veja em quais soluções a lâmpada havia acendido com mais intensidade. Esses resultados experimentais condizem com os dados obtidos na pesquisa realizada?

IV. As amostras pesquisadas têm íons dissolvidos nelas? A pesquisa realizada nos rótulos e nos textos indicados mostrou quais são esses metais?

V. A qual(is) conclusão(ões) você chega sobre a existência de íons na água e a condutividade da mesma?

VI. O professor de Química da estória “Um Problema de Todos” trouxe um texto sobre as análises feitas em laboratório com amostras de água do Rio Doce após o rompimento da barragem. Você também terá acesso a esse texto. Leia-o e veja se foram ou não encontrados metais em tais amostras? Será que esses metais encontrados são os mesmos que aparecem na água da torneira, na água mineral e na água do mar? Por que eles causam preocupação às autoridades?

Texto disponível em:

<http://g1.globo.com/mg/vales-mg/noticia/2016/02/laudo-da-fenam-aponta-presenca-de-metais-pesados-no-rio-doce.html>FACEBOOK

Acesso em: 07 de set. 2016.

VII. Como é possível que íons dos metais pesados se dissolvam na água?

Avaliação: Respostas dadas ao questionário proposto em apostila elaborada pelo professor na qual também consta o roteiro experimental.

Etapa 7: Discussão acerca das respostas dadas as questões propostas e orientações sobre a escrito de texto com a continuação da história (2 aulas).

Objetivos:

- Corrigir as questões propostas nas aulas anteriores sobre dispersões e análise de rótulos;
- Orientar sobre a continuação do texto “Um problema de todos”, a qual será feita pelos alunos no período extra-classe e entregue em aula futura.

Recursos: Apostila de laboratório; lousa.

Os alunos deverão continuar a estória, mostrando o que as personagens aprenderam e como modificaram ou não sua visão acerca dos problemas tratados, para ser entregue em aula futura.

Avaliação: Participação nas aulas; continuação da estória; questionário pós-teste.

Etapa 8: Aplicação de questionário avaliativo (1 aula).

Objetivos: Detectar evidências de aprendizagem dos conceitos por parte dos estudantes com base nos indicadores de AC.

Recursos: Questionário fotocopiado (Apêndice IV).

Avaliação: Respostas dadas ao questionário proposto.

APÊNDICE II: SITUAÇÃO PROBLEMATIZADORA

Um problema de todos

Findado mais um dia de aula na EREMA, Escola de Referência em Ensino Médio da cidade de Arcoverde, interior de Pernambuco, três estudantes, Bia, Cadu e Léo, caminhavam em direção aos seus lares.

Eles cursam a 2ª série do Ensino Médio.

Léo, um adolescente simpático e extrovertido, havia chegado há alguns meses na cidade. Inicialmente, pensou que não se aproximaria de Bia e Cadu, pois os achava estudiosos de mais, dois “CDFs”, como afirmou por um tempo. Mas tal previsão não se confirmou e os três passaram a compor um grupo muito unido.

Cadu e Bia eram, de fato, muito esforçados nos estudos. Também se preocupavam com questões sócio-ambientais, algo não muito comum na sua turma. Naquele dia, em especial, Bia estava interessada em concluir uma pesquisa acerca da tragédia ocorrida em Mariana, Minas Gerais, quando uma das barragens com os rejeitos da mineradora Samarco se rompera, destruindo cidades e poluindo rios.

Num dado instante, ela quis saber de Léo a sua opinião a respeito do trabalho. Ele, então, respondeu:

- Tô achando uma bobagem.

- Mas por quê? – Questionou Bia.

- Esse negócio aconteceu tão longe... Não afeta a gente em nada. Além disso, duvido que essa tragédia caia na prova, ou no ENEM. E mesmo que seja tema de alguma questão, não tem nada a ver com o que pretendo cursar na Universidade. Pensar sobre isso é perda de tempo.

- Cara, você tá enganado. – Afirmou Cadu. Mesmo que esse assunto não caia em prova ou seja abordado na sua faculdade, ele nos afeta sim. Imagine se essa tragédia acontecesse num dos rios que cortam o nosso estado. O Rio São Francisco, por exemplo. Você sabe que ele nasce lá em Minas Gerais, não sabe?

- Claro que sim, né Cadu? Numa tal de Serra da Canastra.

- Exato. Agora pense numa barragem cheia de rejeitos químicos se rompendo, derramando tudo no rio São Francisco... E eu não duvido nada que haja mineradoras próximas a ele. Comprometeria diversas cidades pernambucanas.

- Mesmo assim, não teria importância. Não recebemos água do Rio São Francisco em Arcoverde. Estamos muito longe. – Retrucou Léo.

- Léo, é como se você não fizesse parte do planeta. – Observou Bia.

- Como assim?

- Ainda que esse problema fosse em outro país, somos cidadãos do planeta Terra. Temos que nos importar. De acordo com o texto que o professor pediu para que lêssemos – se bem que eu acho que você nem chegou a ler, não foi? – Cerca de 34 milhões de metros cúbicos de lama de rejeitos da mineração do ferro foram lançados na bacia do Rio Doce, o maior rio da região Sudeste.

Bia abriu sua mochila e tirou o texto que o professor havia passado na aula. Em seguida prosseguiu com a sua fala:

- Eu destaquei alguns dados sobre o acidente: Mais de mil e quatrocentos hectares de vegetação ficaram comprometidos; milhares de peixes foram mortos, sendo que, segundo o IBAMA, o Rio Doce é o lar de espécies de peixes ameaçadas de extinção; pelo menos dezessete pessoas morreram e mais de seiscentas famílias ficaram desabrigadas¹⁶.

- E quanto aos metais pesados? – Questionou Cadu.

- É verdade, ainda tem os metais pesados. A Samarco disse que não havia provas de contaminação por metais pesados nas águas do Rio Doce, mas a reportagem que lemos mostra que as análises feitas pela Federação Nacional dos Médicos detectou sim metais pesados em níveis acima do permitido nas águas atingidas pela lama de rejeitos da Samarco. – Corroborou Bia.

- Metais pesados? - Léo parecia não estar compreendendo. Cadu prosseguiu.

- Chumbo, mercúrio, alumínio... A FENAM alertou a população para não entrar em contato com a água bruta do rio, nem irrigar suas lavouras com a mesma. Até dar de beber desta água aos animais é perigoso, pois a carne pode ficar contaminada. Também não devem se alimentar de possíveis peixes que tenham sobrevivido à tragédia¹⁷.

¹⁶Fonte: Portal Brasil, publicado em: 23/12/2015 10h12 - Última modificação: 24/12/2015 13h42min; disponível em: <http://www.brasil.gov.br/meio-ambiente/2015/12/entenda-o-acidente-de-mariana-e-suas-consequencias-para-o-meio-ambiente>; acesso: 19/07/2016 às 12h07min.

¹⁷ Fonte: Zana Ferreira do G1 Vales de Minas Gerais, publicado em 26/02/2016 18h41 – Atualizado em 26/02/2016 18h41min; disponível em: <http://g1.globo.com/mg/vales-mg/noticia/2016/02/laudo-da-fenam-aponta-presenca-de-metais-pesados-no-rio-doce.html>FACEBOOK; acesso em 07/09/16 às 15h54min.

- Esses metais podem, no futuro, ocasionar problemas neurológicos, aumentar os riscos de AVC, além de provocar má-formação fetal e aumentar os riscos de abortos nas grávidas¹⁸. – Enfatizou Bia.

Cadu, então, fitou Léo, questionando-o:

- E então? Isso não é o suficiente para se importar?

- É triste, OK! Mas o que eu posso fazer? Nada. As autoridades que tomem as providências; indenizem a população, prendam os culpados... O que eu quero dizer é que isso não me atinge diretamente, então não tenho porque perder tempo pensando nesse assunto.

- Mas pode atingir indiretamente, Léo. – Retrucou Cadu. Os rejeitos da Samarco foram conduzidos pelo Rio Doce até o mar. A foz do rio Doce é no Espírito Santo, mas a contaminação chegou até o litoral da Bahia. A maré pode carregar tudo isso quilômetros e quilômetros de distância. Além disso, os peixes podem se contaminar por lá e nadarem até o nosso litoral. Você comeu peixe recentemente?

- Sim.

- Quem sabe se não estavam contaminados com os tais metais pesados, por exemplo.

- Poxa! Não tinha visto por esse lado. Mas, pensando bem, não tem porque me alarmar. Eu comi, minha família comeu, e estamos todos bem. É você que é dramático.

- Léo, ouvi dizer que o efeito desses poluentes é cumulativo. A gente só vai sentir no futuro. – Explicou Bia.

- “Tô” achando que vocês querem que eu morra.

- Não quero que você morra. – Retrucou Bia. Só “tô” tentando fazer com que perceba que o problema atinge todos nós. Não precisa pensar numa barragem se rompendo. Basta lembrar dos pesticidas, dos esgotos sem tratamento, do lixo, entre outras coisas, que lançamos todos os dias nos rios e lagos. Dos lixões que poluem os lençóis freáticos... Enfim, de como tratamos mal a pouca água doce que temos disponível no nosso planeta.

- Então, estamos todos ferrados. – Concluiu Léo.

- Também não é para tanto. Basta a gente procurar se informar e lutar por um ambiente limpo. A constituição nos garante esse direito. – Lembrou Cadu.

- Mas no Brasil nossos direitos ficam só no papel. – Afirmou Léo.

Cadu pensou por uns instantes e então falou:

- Se a gente não lutar por eles, sim.

¹⁸Dados da FENAM, disponíveis em: <http://g1.globo.com/mg/vales-mg/noticia/2016/02/laudo-da-fenam-aponta-presenca-de-metais-pesados-no-rio-doce.html>FACEBOOK; acesso em 07/09/16 às 15h54min.

Léo baixou a cabeça numa atitude de reflexão. Pegou sua garrafa contendo um pouco d'água do bebedouro da escola. Quedou-se a examinando por um tempo, até que, então, prosseguiu com o assunto:

- Acho que vocês estão conseguindo me influenciar. E pensar que a água que a gente bebe pode conter coisas tão perigosas quanto esses metais pesados. A gente olha para a água e não imagina que possa ter outra coisa além de água. Como é possível que ela, estando incolor, sem cheiro e sem gosto possa estar contaminada? – Quis saber Léo.

- Lembro de uma aula de Química na qual o professor falou que existem íons na água mineral, na água da torneira... Será que fazem mal também ao nosso organismo? – Refletiu Cadu.

- Acho que a água do mar é a mais rica em íons – afirmou Bia. Também não enxergamos, mas sentimos seu sabor salgado.

Não contente com as inquietações postas, Léo fez mais algumas:

- O que são íons? Como eles podem estar dissolvidos na água? E como nós sabemos se ela está contaminada por metais pesados? Há uma mudança na cor da água?

- Deve ter algum teste, Léo. – Afirmou Cadu.

- Poxa, cara, tô ficando cada vez mais preocupado com esse lance da água.

- O que acha de levarmos essas dúvidas para a aula de Química? – Propôs Bia.

Léo, porém, não gostou da sugestão.

- Logo Química, Bia! Eu não sou fã dessa matéria. Penso que a Química é a culpada pela poluição.

- De qualquer modo, seria interessante falar com o professor. Não acha? – Ela insistiu.

- É, pode ser.

Continua...

APÊNDICE III: QUESTIONÁRIO DIAGNÓSTICO

Nome completo: _____

Idade: _____ Sexo: () F () M

Série: ____ Turma: ____

01. Onde estudou a maior parte do ensino fundamental I (1º ao 5º ano)?

() Escola Pública () Escola Privada

02. Onde estudou a maior parte do ensino fundamental II (6º ao 9º ano)?

() Escola Pública () Escola Privada

03. Qual a renda média da sua família?

- () Menos de um salário mínimo;
() De um a dois salários mínimos;
() De dois a três salários mínimos;
() De três a quatro salários mínimos;
() Acima de quatro salários mínimos;
() Não sei.

Obs. Salário mínimo = R\$ 880,00.

04. Recebe algum auxílio do governo como o Bolsa Família, o Vale Gás, ou outro?

() Sim () Não () Não sei.

05. Quanto a moradia onde vive, ela é:

() Alugada? () Própria? () Não sei.

06. Você gosta de estudar Química? Por quê?

07. Quais dificuldades você encontra para aprender Química?

08. Deseja fazer um curso universitário? Qual a razão?

09. Você tem acesso à internet em sua casa?

() Sim () Não

10. Você sabe dizer como é a interação entre as moléculas de água no estado líquido? Faça um desenho.

11. Você sabe dizer como é a interação entre as moléculas de água no estado gasoso? Faça um desenho.

12. Ao adoçar um suco utilizando uma certa medida de açúcar comum (sacarose), ele aparentemente “desaparece”. Porém, ainda que não o enxerguemos, o açúcar ainda está lá. Como explicar isso? Tente representar esse fato por meio de um texto e/ou de um desenho.

13. No preparo de uma sopa, você a temperou com uma determinada medida de sal e percebeu que o mesmo também parece desaparecer, embora o sabor dele possa ser sentido. Como você explica esse fato? Tente explicá-lo por meio de um texto e/ou de um desenho.

14. Um estudante coletou quatro amostras de água. A primeira amostra veio de uma poça formada após um dia de chuva, a segunda de um rio que corta a cidade onde ele mora, a terceira de um açude e a quarta veio da torneira de sua casa. Você acha que alguma dessas amostras é potável? Justifique.

15. Indique atitudes de alguém que faz um consumo consciente da água.

16. O rompimento da barragem da Mineradora Samarco, em Mariana, MG, despejou uma enorme quantidade de metais pesados na água do Rio Doce, importante rio da região. Você sabe o que são metais pesados? Se sim, dê exemplos de alguns. Eles podem trazer riscos para o ambiente?

17. Dos exemplos a seguir, quais são formados por mais de uma substância? Marque com um “X”.

() Suco de caixinha

() Mistura de areia e água

() Ar

() Jóia de ouro 18 quilates

- () Estátua de bronze
- () Água mineral
- () Soro caseiro
- () Maionese
- () Saxofone feito de latão
- () Fumaça

19. Explique o critério que você utilizou para classificar os sistemas anteriores em solução química.

20. Você sabe explicar a geometria e a polaridade da molécula de água? Você pode fazer um desenho?

APÊNDICE IV: QUESTIONÁRIO AVALIATIVO FINAL

01. A água, no seu estado líquido, cobre boa parte da superfície do planeta, podendo ser encontrada em mares, rios e lagos. Como se dá a interação das moléculas de água no estado líquido? Explique por meio de um texto e de um desenho.

02. Ao ferver um pouco d'água, um jovem lembrou que na aula de Química o professor havia explicado sobre o comportamento das moléculas de água no estado gasoso. Explique tal comportamento para ajudar esse jovem a lembrar o conteúdo abordado na aula. Há interação entre as moléculas no estado gasoso? Utilize texto escrito e desenho.

03. Ao preparar uma garapa, um estudante utilizou certa quantidade de açúcar comum, sacarose, numa dada medida de água de modo que todo o soluto se solubilizou, aparentemente desaparecendo, processo conhecido por dissolução, o qual forma uma mistura homogênea, solução. O estudante, então, se perguntou como a água consegue dissolver o açúcar. Dê sua explicação para a questão levantada pelo estudante e o ajude a sanar essa dúvida. Utilize textos escritos e desenho.

04. Ao preparar uma sopa, uma dona de casa deixa para “acertar” o sal por último para não correr o risco de servi-la muito salgada. O sal aparentemente “desapareceu” na sopa, pois a água contida o dissolveu. Como se dá a dissolução do sal de cozinha, cloreto de sódio, na água? Como ela faz para solubilizá-lo? Explique por meio de texto escrito e desenho.

