MARA CRISTINA PANE

Substância e Mistura de Substâncias: Estudo da
Evolução Conceitual dos Alunos

Dissertação apresentada ao Instituto de Física, ao Instituto de Química, ao Instituto de Biociências e à Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências.

Área de concentração:
Ensino de Química

Orientadora: Prof^a. Dr^a.
Maria Eunice Ribeiro Marcondes

São Paulo

2015

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

FICHA CATALOGRÁFICA
Preparada pelo Serviço de Biblioteca e Informação
do Instituto de Física da Universidade de São Paulo

Pane, Mara Cristina

Substâncias e mistura de substâncias: estudo da evolução conceitual dos alunos. São Paulo, 2015.

Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo. Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química E Instituto de Biociências.

Orientador: Profa. Dra. Maria Eunice Ribeiro Marcondes

Area de Concentração: Ensino de Química

Unitermos: 1. Química (Estudo e ensino); 2. Substância; 3. Mistura de substância; 4. Sequência didática; 5. Ensino e Aprendizagem; 6. Demanda de aprendizagem.

USP/IF/SBI-023/2015

Dedico este trabalho a Deus, que está sempre ao meu lado com seu amor e misericórdia infinita. Entrego sempre em suas mãos a minha vida e a de minha família, confiante no plano que Ele tem para mim.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar quero agradecer aos meus pais Maria e Mauricio por toda a dedicação, sacrifício e honradez, numa vida compartilhada dia-a-dia com sinceridade e laços de afeto. Laços estes que entrelaçam a nossa família naquilo que chamamos “um por todos e todos por um”. Pois eles souberam nos ensinar nas dificuldades e nas alegrias o verdadeiro valor da família e da vida!

Aos meus três tesouros que são meus filhos Rodrigo, Gabriela e Tiago. Rodrigo sempre tão carinhoso me incentivando com seu olhar que dizia: claro que você vai conseguir. A Gabriela me animando com sua firmeza e determinação. E o Tiago, que tantas vezes reclamava minha presença, sem entender muito bem o motivo de tanta ausência, mas tão pequeno e já pedindo por mim em suas orações. Vocês sempre foram a maior razão de minha existência.

Ao Carlos Antonio Farias, que independentemente da situação em que nos encontrássemos, foi sempre meu grande companheiro, incentivando meu trabalho e dizendo a todo o momento que se orgulhava muito de mim, estando onde eu não podia estar, e fazendo de tudo para que eu pudesse ter a tranquilidade necessária para mergulhar em minha pesquisa.

Ao meu irmão Mauricio, que desde sempre, ao lado de meus pais, foi o esteio de minha vida. Não tenho palavras para descrever o que ele significa para mim e para meus filhos.

À minha cunhada Mariela, meus tios, primos, sobrinhos, parentes e amigos ligados à minha família, que tanto valorizaram minha decisão, que com seus abraços fortes e olhares cheios de amor me deram ânimo e força para prosseguir.

À Sandra Rudella Tonidandel, minha amiga-irmã-comadre-coordenadora e nesta situação em particular a corresponsável por isso tudo estar acontecendo, pois com sua insistência e apoio me convenceu da importância deste mestrado para a minha vida.

Ao Colégio Dante Alighieri, escola especial que valoriza o esforço dos professores em continuar sua formação. Tenho muito orgulho de ser professora dessa escola.

A Rita Maria Saraiva de Barros, minha amiga do colégio Dante e do coração, que é como uma muralha de força e vigor. Com ela, não há nada que não se possa fazer, para tudo e em qualquer situação ela diz: “Vamos lá” e vem com uma solução. Mulher incrível.

Ao Eraldo de Oliveira, meu parceiro de curso, pela amizade sincera, por tudo o que aprendi com ele, mas principalmente por ser tão parceiro mesmo, e me representar nas situações que estive ausente para me dedicar a este trabalho.

Ao Diogo dos Santos pela ajuda com as planilhas e gráficos, a Semíramis Fernandes Toledo pela colaboração com as traduções, a Maria Clarice Furlan Mello e todos os meus amigos do colégio Dante Alighieri, pelas orações, abraços apertados, sorrisos e palavras de incentivo a todo o momento, sempre me animando a prosseguir.

Aos meus grandes e queridos amigos do departamento de Ciências, Sandra, Eraldo, Rita, Regina, Miriam, Peterson, Carolina, Fúlvia, Fernando, Nilce, Geisly, Diogo e Camila que sempre me apoiaram com abraços, sorrisos e palavras amigas me animando, incentivando e elogiando para que eu não desistisse desta caminhada.

Ao Fábio de Souza que confiou no pouco que me conhecia e me apresentou à professora, ajudando a abrir o caminho para que eu pudesse chegar aqui.

À Terezinha Iolanda Ayres-Pereira, uma das pessoas mais íntegras e fieis que conheci. Que dão à amizade o real valor que ela tem, acreditando que a amizade entre duas pessoas é possível, e uma das melhores coisas que existem. Que deixou sua casa lá longe para me ajudar neste final tão importante.

Aos meus amigos do GEPEQ, à Ângela, Miriam, Luciane, Fábio, João, Simone, Rita, Alexandra, Viviane, Suzan, Lilian, Naãma, Izabella, Lilian e Nilza que me incentivaram sempre, com suas ideias, sugestões, críticas, com muito acolhimento e carinho.

Aos professores e diretores das escolas que apliquei os questionários iniciais, o piloto e finalmente a sequência, pela acolhida das propostas de trabalho.

E finalmente, à minha querida orientadora Prof^a Maria Eunice, que me recebeu tão bem, e com esse jeito meigo e firme me aceitou em seu grupo. Que com paciência e carinho foi me ajudando a descobrir o que era esse mundo novo que resolvi conhecer. Apresentou-me cada etapa, aconselhando e mostrando possibilidades, me ajudando a desenvolver e exercer a autonomia que um autor precisa ter. Nos momentos mais difíceis desses anos sempre pude contar com ela, me incentivando e ensinando quase tudo o que sei hoje sobre pesquisa. Mas também, e tão importante quanto, ela é para mim um exemplo de mulher que, além de ser uma profissional impecável, é uma mãe e esposa maravilhosa.

A mente que se abre a uma nova ideia jamais voltará ao seu tamanho original.

Albert Einstein

RESUMO

PANE, M.C. **Substância e Mistura de Substâncias: Estudo da Evolução Conceitual dos Alunos**. 2015. 160 f. Dissertação (Mestrado). São Paulo: Universidade de São Paulo, Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências e Faculdade de Educação.

O objetivo deste trabalho foi investigar as concepções dos alunos de 9º ano e 1ª série do ensino médio sobre os conceitos de substância e mistura de substâncias, verificando se é possível, para os alunos do 9º ano, fazerem essas ideias evoluírem por meio de uma sequência de ensino estruturada. A elaboração desta sequência levou em consideração alguns aspectos da abordagem baseada na demanda de aprendizagem (LEACH e SCOTT, 2005). A demanda resultou da comparação entre os conceitos que se queria ensinar sobre substâncias e mistura de substâncias e aquilo que os alunos traziam do dia a dia, tal como a ideia de que todo material é uma substância, que a homogeneidade é característica da substância, e a ideia de que mistura de substâncias estão sempre ligadas ao ato de misturar. A partir daí, foi definida a sequência para abordar estes aspectos. Para atingir as finalidades apresentadas foram implementadas 8 aulas de 45 minutos em três turmas de 9º ano do ensino fundamental de duas escolas públicas do estado de São Paulo. Para avaliar os resultados foram elaborados e aplicados instrumentos antes, após e seis meses após a sequência ser aplicada. Por meio de uma análise de conteúdo emergiram as várias categorias, permitindo a organização dos dados. Para cada conceito foram criadas categorias de análise. Os resultados revelaram que a aplicação da sequência de ensino foi capaz de promover, em grande parte dos alunos, a aprendizagem dos conceitos de substâncias e mistura de substâncias, assim como possibilitou uma maior capacidade de reconhecer e diferenciar os materiais em relação aos conceitos estudados.

Palavras-chave: substância, mistura de substâncias, sequência didática, ensino e aprendizagem, demanda de aprendizagem.

ABSTRACT

PANE, M.C. **Substance and Mixture of Substances: Study of the Conceptual Evolution of the Students.** 2015. 160 f. Dissertação (Mestrado). São Paulo: Universidade de São Paulo, Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências e Faculdade de Educação.

The objective of this study was to investigate the views of 9th grade students and 1st year of high school on the concepts of substance and mixture of substances, making sure that it is possible for students in 9th grade, do these ideas evolve through a structured teaching sequence. The preparation of this sequence took into account some aspects of the approach based on demand learning (Leach and Scott, 2005). The demand resulted from the comparison between the concepts that would teach for substance and mixtures of substances and what the students brought in everyday study, such as the idea that every material is a substance that homogeneity is characteristic of the substance, and the idea that mixtures of substances are switched to the act of mixing. From there, the sequence was defined to address these issues. To achieve the objectives presented were implemented eight lessons of 45 minutes in three classes of 9th grade of elementary school from two public schools in the state of São Paulo. To evaluate the results have been developed and applied instruments before, after and six months after the sequence is applied. Through a content analysis emerged the various categories, allowing the organization of data. For each concept analysis, categories were created. The results showed that the application of the teaching sequence was able to promote the learning of most students the concepts of substance and mixtures of substances and allowed greater ability to recognize and differentiate the materials in relation to the concepts studied.

Keywords: substance, mixture of substances, teaching learning sequence, teaching and learning, learning demand.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Conteúdo do 1º Bimestre do 9º ano do Ensino Fundamental II conforme o Currículo do Estado de São Paulo (São Paulo (Estado), 2010)	32
.....	
Quadro 2 – Objetivos das questões do questionário inicial.....	56
Quadro 3 – Características da escola onde foram aplicados os questionários	57
Quadro 4 - Respostas dos alunos da E.E. Prof. Antonio Nascimento sobre o que eles sabiam sobre substâncias.....	59
Quadro 5 – Agrupamento das ideias semelhantes sobre substâncias.....	60
Quadro 6 - Concepções dos alunos sobre o conceito de substância.....	60
Quadro 7 - Concepções dos alunos em relação aos exemplos de substância.....	61
Quadro 8 - Concepções dos alunos sobre o conceito de mistura.....	61
Quadro 9 - Concepções dos alunos em relação aos exemplos de mistura de substâncias.....	62
Quadro 10 - Concepções dos alunos em relação às diferenças e semelhanças entre os conceitos de substância, mistura e material.....	64
Quadro 11 - Aspectos conceituais a serem abordados e visões dos alunos....	66
Quadro 12 - Desenvolvimento da sequência didática.....	67
Quadro 13 – Tabelas utilizadas na 2ª aula da sequência.....	75
Quadro 14 - Características das escolas onde foi aplicada a sequência didática.....	78
Quadro 15: Síntese da implantação da sequência nas escolas	79
Quadro 16 - Numeração utilizada para identificação dos alunos por instrumento.....	101
Quadro 17 - Novas categorias de análise.....	103

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Losango didático (Mehéut, 2005, tradução NICOLODI, 2011, p.51)	38
Figura 2 – Fluxograma da metodologia do projeto.....	54
Figura 3 - Questão 1 do questionário inicial utilizado para o levantamento das ideias dos alunos sobre substâncias e misturas de substâncias.....	58
Figura 4 – Questão 2 do questionário inicial.....	63
Figura 5 – Questão 4 do questionário inicial.....	64
Figura 6 – Questão 5 do questionário inicial.....	65
Figura 7 – Questão 1 do questionário aplicado antes da sequência ou pré-teste.....	81
Figura 8– Questões 2 e 3 do questionário aplicado antes da sequência ou pré-teste.....	82
Figura 9 – Questão 4 do questionário aplicado antes da sequência ou pré-teste.....	83
Figura 10: Folha do aluno com questões iniciais para investigação do que são feitos os materiais – entregue no início da aula 1.....	84
Figura 11 – Atividade realizada pelos alunos durante as aulas 1 e 2 da sequência.....	85
Figura 12: Discussão inicial e apresentação do experimento da aula 3 da sequência.....	87
Figura 13 – Questões de discussão durante o experimento realizado na aula 3 da sequência.....	88
Figura 14 – Texto de contextualização utilizado na aula 3.....	89
Figura 15 – Folha do aluno da aula 4.....	90
Figura 16 – Questões utilizadas na discussão do experimento da aula 4 da sequência.....	91
Figura 17 – Situação problema apresentada aos alunos no início da aula 5 da sequência didática.....	92
Figura 18 - Análise de gráfico analisado durante a aula 5 da sequência, e retomada da questão inicial.....	93
Figura 19 – Questões dirigidas aos alunos na conclusão da atividade desenvolvida na aula 5 da sequência didática.....	94
Figura 20 – Texto introdutório com questões iniciais para as atividades da aula 6 da sequência.....	95
Figura 21 – Ilustração sobre o metal ferro e sua obtenção.....	96
Figura 22 – Experimento aula 7.....	97

Figura 23 – Folha que o aluno recebeu ao iniciar a aula 7 da sequência onde acompanharam a demonstração do experimento de identificação de substância pela propriedade do ponto de ebulição e de fusão.....	98
Figura 24 – Apresentação da atividade da aula 8 em como elaborar o diagrama com as ideias trabalhadas durante a sequência.....	99
Figura 25 – Questões do questionário pós sequência, que não constavam no questionário aplicado antes da sequência.....	100
Figura 26 - Ideias dos alunos sobre substâncias.....	104
Figura 27 - Exemplos dos alunos para substância.....	105
Figura 28 - Ideias dos alunos sobre mistura de substâncias.....	106
Figura 29 – Exemplos apresentados pelos alunos sobre misturas de substâncias.....	107
Figura 30 - Classificação dos sistemas em substâncias, misturas homogêneas e misturas heterogêneas.....	107
Figura 31 - Classificação dos sistemas em substâncias ou misturas.....	108
Figura 32 - Ideias dos alunos para a pergunta sobre material, substância e mistura de substâncias.....	109
Figura 331 - Classificação dos materiais em substância ou mistura de substâncias.....	110
Figura 34 - Evolução do conceito de substância para as três turmas de 9º ano.....	111
Figura 35 - Evolução dos exemplos de substâncias para as três turmas de 9º ano.....	112
Figura 36 - Evolução do conceito de mistura de substâncias para as três turmas de 9º ano.....	113
Figura 372 - Evolução dos exemplos de mistura de substâncias para as três turmas de 9º ano.....	114
Figura 38 - Evolução dos alunos ao classificarem os sistemas de misturas de substâncias em substâncias.....	115
Figura 39 - Evolução dos alunos em relação à classificação de materiais em misturas homogêneas e heterogêneas.....	116
Figura 40 - Evolução das respostas dos alunos das três turmas de 9º ano quanto à classificação de misturas de substâncias – naturais.....	117
Figura 41 - Evolução das ideias dos alunos da turma C.....	118
Figura 42 - Evolução das ideias dos alunos sobre o conceito de substância – turma C.....	119
Figura 43 - Evolução de acertos de classificação de misturas homogêneas ou heterogêneas na turma C.....	119
Figura 44 - Evolução de acertos de classificação de misturas homogêneas ou heterogêneas por aluno.....	120

Figura 45 – Evolução das ideias dos alunos 66, 69, 70 e 82.....	121
Figura 46- Evolução das ideias dos alunos 68, 71,72, 80 e 81.....	122
Figura 47 - Evolução das ideias dos alunos 67, 74, 76 e 77.....	123
Figura 48 - Evolução das ideias dos alunos 75 e 78.....	124
Figura 49 - Evolução das ideias do aluno 73 e 79.....	125

LISTA DE APÊNDICES

Apêndice 1 – Questionário Inicial.....	134
Apêndice 2 – Instrumento aplicado antes da sequência.....	137
Apêndice 3 – Instrumento aplicado após a sequência.....	139
Apêndice 4 – Instrumento aplicado seis meses após a defesa.....	142
Apêndice 5 – Instrumento aplicado durante a sequência – aulas 1 e 2.....	145
Apêndice 6 - Instrumento aplicado durante a sequência – aula 3.....	147
Apêndice 7 - Instrumento aplicado durante a sequência – aula 4.....	149
Apêndice 8 - Instrumento aplicado durante a sequência – aula 5.....	151
Apêndice 9 - Instrumento aplicado durante a sequência – aula 6.....	154
Apêndice 10 - Instrumento aplicado durante a sequência – aula 7.....	157
Apêndice 11 - Instrumento aplicado durante a sequência – aula 8.....	159

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	21
1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	23
1.1 O conceito de substância.....	24
1.2 Algumas considerações sobre o ensino do conceito de substância.....	30
1.3 Algumas considerações sobre a aprendizagem do conceito de substância.....	33
1.4 Sequência didática no ensino de Ciências.....	36
1.5 Ensino-aprendizagem de Ciências.....	42
1.6 Aplicação de sequências didáticas em pesquisas sobre o conceito de substância.....	46
2. METODOLOGIA.....	52
2.1 Demanda de Aprendizagem.....	55
2.2 A Sequência Didática.....	66
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	104
3.1 Questionário inicial (utilizado para o levantamento das concepções alternativas dos alunos).....	104
3.2 Apresentação e análise dos resultados da aplicação dos instrumentos pré, pós e pós seis meses para as três turmas de 9º ano.....	111
3.3 Apresentação e análise dos resultados da aplicação dos instrumentos pré, pós e pós seis meses para uma turma de 9º ano selecionada.....	118
3.4. Agrupamento dos alunos da turma C.....	120
4- CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	126
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	131
APÊNDICES.....	134

INTRODUÇÃO

Este trabalho surgiu da observação da pesquisadora em relação ao seu próprio trabalho, com alunos de 8ª série/9º ano do ensino fundamental II, onde ela percebeu que a construção científica do conceito de substâncias e mistura de substâncias é difícil para os alunos, detectando diversas concepções iniciais nos mesmos. Diante desse quadro, duas questões foram propostas: “Quais são as concepções dos alunos de 9º ano do ensino fundamental e 1º ano do ensino médio sobre os conceitos de substância e mistura de substâncias?” e “É possível, para os alunos do 9º ano, fazer essas ideias evoluírem por meio de uma sequência de ensino estruturada?”

A hipótese levantada era de que os alunos da 9º ano do ensino fundamental II apresentam concepções sobre substâncias relacionadas ao aspecto macroscópico (ou seja, a uniformidade, a homogeneidade, as quais, para eles, são possíveis de perceberem) e este fato pode dificultar o entendimento das concepções cientificamente aceitas; e que essas concepções podem evoluir a partir de uma sequência didática com características construtivistas, quando a eles é dada a oportunidade de refletirem sobre suas próprias ideias, analisando, interpretando e levantando suas hipóteses.

Neste trabalho utilizaremos a denominação de “*ano*” (6º ao 9º) ao invés de “*série*” (5ª à 8ª) do Ensino Fundamental II.

O objetivo geral do trabalho proposto foi detectar as ideias que alunos de 9º ano do Ensino Fundamental II e 1º série do Ensino Médio têm sobre substância e mistura de substâncias; identificar como e se os alunos diferenciam substância de mistura de substâncias em situações cotidianas; elaborar e aplicar uma sequência didática, baseada em pressupostos construtivistas, voltada para explorar as ideias relativas à substância e à mistura de substâncias; verificar as possíveis evoluções conceituais que ocorreram durante a sequência didática e se essas persistem após três meses.

Para atingir esses objetivos, o trabalho foi dividido em três etapas, sendo que na primeira foi elaborado e aplicado um instrumento com questões de respostas abertas e de respostas fechadas para alunos do 9º ano do Ensino Fundamental II e 1º série

do Ensino Médio da Rede Pública e Particular do Estado. A segunda etapa foi a elaboração e implementação de uma sequência de ensino estruturada para alunos do 9º ano do Ensino Fundamental II em escolas públicas da rede, sendo que os dados seriam coletados a partir de instrumentos escritos, gravações e entrevistas. E a terceira etapa consiste da elaboração e aplicação de um instrumento com questões abertas e fechadas antes, depois e após seis meses da sequência de ensino com os mesmos alunos de 9º ano dessa rede.

No primeiro capítulo apresentaram-se os referenciais teóricos que norteiam esta pesquisa: o conceito de substância, desde a sua construção histórica até sua apresentação nos livros didáticos de Ciências, nos livros de Química e no Currículo do Estado de São Paulo; uma discussão sobre ensino e aprendizagem e as principais concepções que orientam o planejamento de uma sequência didática no ensino de Ciências.

No segundo capítulo, realizou-se uma revisão bibliográfica sobre as pesquisas que investigam as concepções de alunos sobre o conceito de substâncias, e de intervenções feitas com esses alunos, discutindo alguns de seus principais objetivos e limitações.

No terceiro capítulo apresentou-se a metodologia utilizada para a pesquisa, os instrumentos e metodologia de análise.

O quarto capítulo apresentou os resultados obtidos pela pesquisa ao se analisar as respostas dos alunos em instrumentos aplicados antes, após e seis meses após a sequência de aulas planejadas em duas escolas públicas de São Paulo, juntamente com a discussão dos resultados, pautados nos referenciais teóricos.

No quinto capítulo, apresentam-se as conclusões e as considerações finais sobre as discussões dos resultados obtidos nesta pesquisa.

1.FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O referencial teórico desta pesquisa baseia-se em alguns pontos fundamentais. O conceito de substância é um dos conceitos considerados estruturantes no ensino de química, pois de seu entendimento depende o sucesso do ensino de outros conceitos como elemento químico, transformações químicas entre outros. Ao refletir sobre o ensino e aprendizagem desse conceito é necessário considerar alguns pontos importantes. A primeira reflexão deve ser em como esse conceito se estruturou e se modificou ao longo do tempo.

Outro ponto importante a se considerar é como esse conceito é ensinado nas séries finais do ensino fundamental, onde ele curricularmente deve ser tratado. Os livros didáticos utilizados nessa série apresentam o conceito em diferentes abordagens, e o Currículo do Estado de São Paulo traz os pressupostos curriculares que norteiam o ensino dos conceitos de substância e mistura de substâncias.

Também foi levado em consideração como esse conceito é aprendido pelos alunos, pois esse é um dos pontos importantes a serem considerados na construção da sequência didática deste trabalho, como será apresentada a seguir. Várias pesquisas mostram os resultados da aprendizagem desse conceito pelos estudantes e suas manifestações no ensino, através das ideias que eles apresentam sobre substância.

Como esta pesquisa está baseada na aplicação de uma sequência didática construída a partir de algumas características construtivistas, foi levado em consideração a demanda de aprendizagem (LEACH E SCOTT, 2002) que é obtida ao se comparar o que o aluno sabe sobre o conceito a ser ensinado e o que a ciência traz sobre ele. Essa visão do ensino se aproxima dos pressupostos teóricos da aprendizagem significativa de Ausubel (VASCONCELOS *et al*, 2003). Os autores explicam que o processo pelo qual uma nova informação se relaciona com um aspecto relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo, ou aprendizagem significativa, ocorre quando novas informações ancoram-se em conceitos prévios existentes na estrutura cognitiva do aluno. Os conceitos prévios são ideias que os alunos trazem de sua vida cotidiana ou escolar, que podem ser ideias aceitas cientificamente ou não. Quando essas ideias não são adequadas do ponto de vista da ciência podem ser

chamadas de concepções alternativas, como fazem alguns autores (POZO E CRESPO, 2009), e como é feito neste trabalho. Por isso a importância de se conhecer essas ideias através das pesquisas que tratam das mesmas.

Considerou-se, também, algumas pesquisas sobre a construção do conceito de substância através de intervenções didáticas, que também serviram de referencial para a construção da sequência utilizada nesta pesquisa.

A apresentação e discussão do que foi apontado acima, e considerado, como já escrito, fundamentais para este trabalho, está apresentado neste capítulo.

1.1 O conceito de substância

Desde a Grécia antiga os homens se perguntam do que são feitos os objetos que nos rodeiam, ou seja, do que é feita a matéria. A construção do conceito de substância está profundamente ligada à compreensão do que seja matéria. Portanto é importante analisar como esse conceito tem se estruturado e modificado em determinados momentos da história.

Furió e Domínguez (2007) discutem a origem e evolução dos conceitos macroscópicos e microscópicos de *substância* e *composto*, apresentando as principais explicações dadas pelo modelo aristotélico-escolástico, para a composição dos materiais, suas transformações, assim como alguns problemas com essas explicações. De acordo com tal modelo, os materiais apresentariam uma grande diversidade em suas propriedades e seriam constituídos por uma matéria prima que possui uma *forma*, resultado da mistura de quatro elementos (terra, água, ar e fogo) e os três princípios (mercúrio, enxofre e sal). Esta *forma* é o que determinaria as propriedades desses materiais que se explica de acordo com a composição elementar da mistura. Porém, não existe o conceito de *substância* em relação ao de *mistura*, já que todos os materiais são considerados misturas de elementos ideais que lhe dão forma.

Como descrevem os autores, corpos (sólidos e líquidos) seriam aqueles que se podia ver, pegar ou pesar; enquanto a matéria rara (gases, vapores, etc) seria aquela que não se via e não se podia pegar porque flutuava. As propriedades dos corpos se

explicariam por serem constituídas principalmente dos elementos terra e água, enquanto que os elementos mais abundantes na matéria rara são o ar e o fogo. Isso torna difícil considerar a singularidade de comportamento de toda a matéria comum, já que os gases têm um status material diferente do que os sólidos e líquidos.

Ainda de acordo com Furió e Dominguez (2007, p. 243):

A matéria corpórea se classifica em homogênea ou heterogênea, dependendo se é possível observar ou não seus diferentes componentes. A maior ou menor homogeneidade de uma mistura se explica a partir do animismo ou finalismo atribuído a todos os seres, vivo ou inanimado. As relações de amor e ódio dos materiais misturados determinam a homogeneidade ou heterogeneidade da mistura. Por exemplo, a regra empírica “o semelhante dissolve o semelhante” é usada até hoje e tem seu fundamento nestas explicações.

No século XVII surgem novas ideias contrapondo-se ao sistema cosmológico aristotélico. Nesse contexto, é destaque René Descartes, que rejeitava as quatro qualidades aristotélicas e propunha apenas dois princípios na matéria (extensão e movimento). Para ele o universo é “um contínuo de matéria, totalmente redutível a partículas infinitamente divisíveis, cuja relação entre si é explicada em termos mecânicos de movimento perfeitamente quantificável” (LAMBACH E MARQUES, 2011).

Como apontam Lambach e Marques (2011): “Robert Boyle é considerado um dos precursores da introdução do pensamento mecanicista no que irá se constituir em ciência Química”. Os autores apontam que Boyle “rompe com a cosmovisão alquímica demonstrando que os três princípios (sal, enxofre e mercúrio) ou quatro elementos (água, terra, ar e fogo, este último relacionado ao que denominamos hoje de energia; elementos estes correlacionados, respectivamente, com os estados líquido, sólido, gasoso) podem ser decompostos, então a matéria não era formada exclusivamente por tais componentes” (p.8). Comentam ainda, que embora Boyle admitisse “a existência de substâncias e de misturas decomponíveis, não admitia que as primeiras pudessem ser reduzidas a partes menores” (p.9). Como mencionam Lambach e Marques (citando HOLTON; ROLLER¹, 1963 apud FURIÓ; DOMÍNGUEZ, 2007, p. 242), Boyle aponta “que os sistemas materiais terrestres poderiam ser formados

¹HOLTON, G. e ROLLER, D. **Introducción a La Física Moderna**. Barcelona: Ed. Reverté S.A., 1963.

macroscopicamente, por misturas (de substâncias) ou por uma única substância que, por sua vez, podia ser "um corpo perfeitamente sem mistura" (substância simples) ou "um corpo perfeitamente misturado" (p.9).

De acordo com Furió e Domínguez (2007, p.244), entre os séculos XVI e XVIII, os filósofos definiram empiricamente “*substância como corpo que tem um conjunto de propriedades que servem para seu reconhecimento*”. O conceito empírico de substância começou a ser aceito, mas a ideia de composto químico que se derivou das tabelas de afinidade não foi facilmente aceita pela comunidade científica do século XVIII. É introduzida a ideia de substância simples (elementar), como aquela que não pode ser separada mediante análises de laboratório. Supõe-se que todas as substâncias (elementares ou compostas) são formadas por poucos tipos de elementos químicos.

A dificuldade que permanecia era diferenciar mistura de substâncias de substâncias compostas (ou simplesmente composto), dificuldade esta que persiste ainda hoje entre os alunos.

Segundo Furió e Domínguez (2007), os gases foram considerados tão materiais quanto os sólidos e os líquidos, portanto com massa e peso. Considerou-se também que uma mesma substância pode estar nos três estados físicos da matéria (sólido, líquido e gasoso) e a passagem de um estado ao outro é reversível.

Furió e Domínguez (2007, p. 244) apontam explicações sobre transformações químicas que discutem que substâncias reagem e podem se transformar em outras substâncias distintas, ainda que não em qualquer uma.

“As transformações químicas são entendidas como formação de novas substâncias, que se explicam pela conservação dos elementos que entram na composição dos reagentes. Isto permite a elaboração das tabelas de afinidade. As substâncias se classificam em metais e não metais segundo suas propriedades óticas (cor e brilho) e mecânicas (elasticidade, maleabilidade) ”.

Lavoisier, no século XVIII, utiliza em seus trabalhos o conceito empírico de substância simples que vinha sendo constituído, ou seja, utiliza o conceito de que são substâncias simples aquelas que não podem ser decompostas em outras mais simples (FURIÓ e DOMINGUEZ, 2007). Dessa maneira, tal definição ganha aceitação. Lambach e Marques (2011) consideram importante destacar que Lavoisier chama de elemento o que se entende por substância. Essa ideia já vinha sendo

estruturada desde o século anterior.

Furió e Dominguez (2007) apontam que a partir do trabalho de Lavoisier, as reações químicas passam a ser compreendidas em nível microscópico, relacionando-se as substâncias reagentes com os produtos pela conservação dos elementos químicos (para ele substâncias simples) e da massa.

Lavoisier inclui o calórico e a luz como elementos que não podem ser “pesados”, apontado como um equívoco, de acordo com Oki (2002). Além disso, Lavoisier utilizava diferentes denominações para elemento químico, tais como: princípio, elemento, substância simples e corpo simples.

Ainda, de acordo com Furió e Dominguez (2007), faltava à Química uma representação microscópica das substâncias, em qualquer estado físico, e das transformações químicas. Segundo esses autores, a construção da Química como uma ciência moderna exigiria definições de substâncias e transformações químicas compatíveis com a estrutura corpuscular da matéria, como havia sido feito por Bernouilli, no século XVIII, para explicar as propriedades físicas dos gases. As contribuições de John Dalton, no século XIX, com sua hipótese atômica, foram fundamentais nesse sentido.

Furió e Domínguez (2007, p. 246) resumem as principais explicações do modelo atômico de Dalton e suas interpretações microscópicas apontando que:

Qualquer sistema material pode ser classificado em mistura de substâncias ou substância. Cada substância é formada por muitas partículas iguais, cuja composição e estrutura determinam as propriedades de cada uma. Por outro lado, as propriedades de uma mistura dependem da proporção em que se encontram cada uma das substâncias pela qual ela é formada. As substâncias podem ou não se decompor em laboratório. Em caso afirmativo são chamadas de substâncias compostas, e se não puderem ser decompostas são as substâncias simples. Em ambos os casos são formadas pelos elementos químicos. As substâncias simples são formadas por átomos do mesmo elemento, enquanto que as compostas por dois ou mais átomos de elementos diferentes. A composição constante das partículas nos compostos é comprovada pela lei das proporções definidas de Proust. Com isto firmou-se a ideia de elemento químico como um conjunto de átomos de mesma massa. Em uma reação química, a partir de algumas substâncias são produzidas outras diferentes conservando-se a massa total do sistema. Nessa reação se produz uma interação entre as substâncias que se reagrupam de forma diferente. A conservação da quantidade de átomos de cada elemento explica a lei da conservação das massas de

Lavoisier.(Furió, Dominguez, 2007, adaptado do Quadro 3, p.246, tradução nossa).

Como apresentado, o conceito de elemento passa a estar vinculado ao de átomo. Como aponta Oki (2002), um grande número de elementos foi identificado a partir de outros critérios que passaram a ser utilizados com a aproximação entre a Física e a Química Teórica, além dos avanços nessa área. Após algumas divergências na primeira metade do século XIX em relação ao uso dos pesos atômicos, estabeleceram-se definitivamente os conceitos de átomos e moléculas, equivalente e as bases da Teoria Atômico-Molecular.

Oki (2002, p. 25) ressaltou que a partir do século XX os conhecimentos produzidos no campo da mecânica quântica e da física de partículas acabaram “introduzindo mudanças radicais em conceitos básicos, mudanças essas apoiadas em um mundo microscópico em que muitas leis naturais não se aplicam. ”

O elemento químico passou a ser identificado pelo seu número atômico, além de deixar de ser a menor parte da matéria, posição que passou ser ocupada pelas partículas subatômicas. No mundo subnúcleo, isto é, no campo da física atômica, considera-se como elementar “qualquer coisa da qual não se veja a estrutura” (Caruso e Oguri, p. 233, 1997).

Linus Pauling (1969) define substância como *“qualquer espécie de matéria homogênea de composição química aproximadamente definida”* (p.09). Como exemplo de substâncias apresenta sal, açúcar, cobre, ferro, oxigênio e hidrogênio puros, e afirma que uma solução de água com açúcar não é uma substância de acordo com essa definição, pois, apesar de homogênea, não apresenta a mesma composição dependendo da quantidade de açúcar dissolvido em uma determinada quantidade de água. Pauling aponta que algumas vezes a palavra “substância” é usada no sentido mais amplo equivalente a material, e que apenas os químicos restringem seu uso, e ainda abreviam para substância o termo substância pura.

Aponta que a definição não é precisa, já que usa a expressão “composição química aproximadamente definida”, mas, no entanto, a maior parte dos materiais que os químicos classificam como substâncias têm sim sua composição definida.

Pauling afirma que a palavra “mistura” pode ser usada em materiais homogêneos sem serem substâncias puras, já que um material pode ter a aparência homogênea, porém ter em sua composição mais de uma substância, ou ainda não ter a composição química aproximadamente definida, como diz a definição proposta pelo autor.

Linus Pauling retoma o conceito de “substância” colocando o termo “pura” entre parênteses, e afirmando que esse conceito na verdade é uma idealização, já que *“todas as substâncias reais são, mais ou menos, impuras”* (p.13). Ainda assim, afirma ser um conceito útil, pois argumenta que se essas amostras impuras apresentarem sempre os mesmos componentes principais e impurezas em pequenas quantidades, as propriedades dessas substâncias serão as mesmas.

Pauling (1969) afirma que, microscopicamente, se podem dividir todas as substâncias puras em duas classes: substâncias simples e compostas. Define que substância simples *“é a formada por átomos de um só tipo”* (p. 83), enquanto a substância composta é *“a formada por átomos de dois ou mais tipos”*. Como a composição das substâncias é geralmente bem definida, esses átomos precisam estar presentes em proporção definida. Apresenta as fórmulas dos compostos como a verdadeira estrutura molecular de uma substância, quando a mesma é conhecida.

Atualmente, aponta Pauling (1969), as substâncias são identificadas quanto ao tipo de átomos que contém através de estudos de espectros de raios X. Porém, de acordo com o autor durante 200 anos as substâncias foram classificadas em elementos ou compostos. Quando não se conseguia comprovar através de reações químicas se uma substância era composta, então ela era considerada elemento. A comprovação era feita através de duas reações. Se a substância pudesse ser decomposta em dois ou mais produtos, então era considerada um composto. Além disso, se duas ou mais substâncias reagissem originando um único produto, esse seria um composto. Porém, o fato de uma dessas coisas não acontecerem não prova que a substância seja elemento, de acordo com Pauling (1969).

Percebe-se, ainda de acordo com o autor, que não havia naquela época uma maneira precisa de provar que uma substância era elemento. Somente depois da descoberta da radioatividade tornou-se necessária a mudança de definição de elemento, estabelecendo-se a definição de que *“elemento é uma espécie de matéria representada por um tipo particular de átomo, i.e., números atômicos diferentes.”* (p. 59).

A dificuldade em conceituar elemento, substância e outros termos microscópicos existe ainda hoje no ensino de Química, principalmente entre os conceitos de substância simples e elemento, mistura e substância composta ou composto. Pode-se concluir, portanto, que essa dificuldade, de alguns estudantes em diferenciar

elemento de substância, também pode ser observada na construção histórica desse conceito.

1.2 Algumas considerações sobre o ensino do conceito de substância

O ensino do conceito de substância ocorre formalmente no 9º ano do Ensino Fundamental, e geralmente o livro didático é o principal recurso que o aluno consulta durante o ensino, além de muitas vezes ser a única fonte utilizada pelo professor no planejamento de suas aulas. Para conhecer como esse conceito pode ser apresentado aos alunos, foram consultados três livros didáticos destinados ao 9º ano do ensino fundamental, aprovados pelo PNLD de 2014, chamados aqui de livros A, B e C.

O conceito de substância e mistura de substâncias é apresentado aos alunos no livro A relacionando substância e suas propriedades, sem discutir que a propriedade de uma substância é devida à interação entre suas partículas, por exemplo, ponto de ebulição e ponto de fusão. Substância é definida como um material formado por um único tipo de constituinte, o que mostra que utiliza um modelo macroscópico para definir substância e mistura de substâncias. Também classifica as misturas homogêneas e heterogêneas através de seu aspecto visual e pelas propriedades que apresentam.

O termo “substância” volta a aparecer quando o livro trata as mudanças de estado físico. Apresenta o comportamento da temperatura na mudança de estado como uma característica das substâncias, pois no caso de mudança de estado físico de uma substância, a temperatura permanece constante durante a mudança de estado da mesma. Portanto essa é uma forma de identificar se um material é uma substância ou uma mistura de substâncias. No livro A os autores comparam historicamente o conceito de elemento, e chamam a atenção do professor para discutir com seus alunos as diferentes concepções de elemento de acordo com Aristóteles, Lavoisier e nos tempos atuais. É muito interessante essa abordagem, pois permite que os alunos percebam a construção histórica do conceito de substância, ainda que com pouca profundidade, porém de acordo com a fase escolar desses alunos.

O destaque é para a visão macroscópica quando apresentam o conceito de substância simples e composta, introduzindo a ideia de que alguns materiais podem

sofrer decomposição, e quando isso ocorre é uma evidência que uma substância formou duas novas substâncias e, portanto, é chamada de substância composta. Apresentam o conceito de substância simples como aquela que não sofre decomposição e, portanto, possui apenas um tipo de elemento químico. Apesar de o aspecto microscópico ter sido abordado acima, só após apresentar o modelo atômico de Dalton, com todos os seus postulados, o livro volta a apresentar explicações sobre substâncias simples e compostas por meio das fórmulas das substâncias, acrescentando que: “Quando representamos a fórmula de cada substância, na verdade estamos indicando a composição de seus agregados atômicos”.

Os livros B e o C apresentam o conceito de substância e mistura de substâncias baseando-se na composição microscópica da matéria afirmando que as substâncias são formadas por partículas extremamente pequenas denominadas átomos. Não há nenhuma explicação do que são átomos, elementos ou símbolos. São apresentados como se fizessem parte da linguagem escolar do aluno. Classificam as misturas em homogêneas e heterogêneas, chamando as homogêneas de solução. Porém, ao explicar os constituintes de uma solução, afirmam que o solvente e o soluto são substâncias, dando como exemplo água e açúcar, afirmando que a água é uma substância, sem tomar o cuidado de ressaltar que deve estar sem outras substâncias dissolvidas (como é comum na água potável), ou seja, ser formada por um só tipo de molécula, que é como definem substância nesse capítulo. A definição de substâncias simples e compostas também é apresentada de forma microscópica, usando como critério os tipos de átomos que as compõem, ou seja, substância simples é formada por um só tipo de átomo, enquanto a composta é formada por mais de um tipo.

Parece um tratamento estritamente formal, sem apelar para o que os alunos conhecem, ou seja, materiais que o cercam e exigindo um nível de abstração elevado para essa faixa etária.

Silveira (2003), em sua dissertação de mestrado, fez uma análise epistemológica do conceito de substância apresentado nos livros didáticos de Ciências das séries finais do ensino fundamental. Utilizando as noções de perfil epistemológico e obstáculo epistemológico de Bachelard, concluiu com seu estudo que grande parte das coleções não apresenta uma preocupação maior com a construção do conceito de substância nem com as questões epistemológicas relacionadas a este conceito.

Considerando que o presente trabalho foi desenvolvido junto a alunos do ensino

fundamental do estado de São Paulo, é fundamental que se conheçam os pressupostos curriculares que norteiam o ensino dos conceitos de substância e mistura de substâncias. De acordo com o Currículo do Estado de São Paulo para o ensino de Ciências da Natureza no Ensino Fundamental, ciclo II, esses conceitos devem ser apresentados no 1º Bimestre do 9º ano, como mostrado no Quadro 1.

Quadro 1 - Conteúdo do 1º Bimestre do 9º ano do Ensino Fundamental II conforme o Currículo do Estado de São Paulo (São Paulo(Estado), 2010)

9º ano do Ensino Fundamental	
1º bimestre	Conteúdos
	<p>Ciência e tecnologia – Constituição, interações e transformações dos materiais.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Visão macroscópica e fenomenológica dos materiais • Propriedades dos materiais em sua interação com luz, calor, eletricidade e tensões mecânicas. • Distinção entre Substâncias químicas e misturas no cotidiano e no sistema produtivo. • Reconhecimento de transformações químicas por meio de diferenças de propriedades entre reagentes e produtos. • Visão interpretativa e microscópica dos materiais. • Substâncias simples, compostas e seus constituintes – os elementos químicos. • Representação de elementos, substâncias e transformações químicas – linguagem química.
	<p>Habilidades</p> <ul style="list-style-type: none"> • Medir volumes de sólidos e determinar as densidades de substâncias e misturas. • Identificar comportamentos diferenciados de materiais resultantes da interação entre forças mecânicas e a luz. • Reconhecer a natureza corpuscular da matéria, propondo explicações para o comportamento dos materiais, com base em modelos interpretativos simples. • Associar os resultados de interações entre os materiais ao comportamento das partículas que os constituem. • Comparar substâncias químicas e misturas de substâncias químicas a partir de medidas de densidade expressas em tabela de dados. • Determinar densidades de misturas e substâncias químicas sólidas. • Identificar evidências diretas e indiretas da ocorrência de transformações químicas em textos e ilustrações. • Descrever transformações químicas que ocorrem no cotidiano. • Identificar evidências da existência de proporção entre quantidades de substâncias utilizadas em transformações químicas.

Portanto, no Estado de São Paulo, o conteúdo do subtema “Constituição, as Interações e as Transformações dos Materiais” é abordado no 1º bimestre do 9º ano com alunos na faixa etária de 14-15 anos.

No contexto do Currículo do Estado De São Paulo, o conhecimento de ciências a ser ensinado envolve uma visão fenomenológica (macroscópica) e uma visão interpretativa (microscópica) para o reconhecimento de que todos os materiais que estão a nossa volta são formados de substâncias e na sua maioria misturas de substâncias.

Para isso o aluno deve fazer a diferenciação entre substâncias e misturas de substâncias presentes no cotidiano e no sistema produtivo, com base em suas características físicas e propriedades específicas. O primeiro passo no planejamento da sequência de ensino elaborada neste trabalho envolveu uma análise do conhecimento científico, como apresentado no currículo, e a identificação de sua estrutura conceitual.

Como resultado dessa análise, as seguintes conceituações foram identificadas como centrais no ensino:

- Materiais
- Substância
- Mistura de substâncias
- Misturas homogêneas e heterogêneas
- Separação de Misturas
- Propriedades dos materiais

1.3 Algumas considerações sobre a aprendizagem do conceito de substância

Algumas pesquisas tratam das concepções que os alunos apresentam sobre os conceitos de substância e mistura de substâncias. Os resultados dessas pesquisas são importantes para este trabalho, pois apontam as ideias que os alunos apresentam após o ensino dos conceitos de substância e mistura de substâncias, e estão apresentados em ordem cronológica a seguir.

Araújo *et al* (1995) aponta que os estudantes trazem um número enorme de conceitos cotidianos que dependem de sua trajetória de vida e influenciam a aprendizagem dos conceitos científicos. No caso de substância, os estudantes a conhecem como sinônimo de coisa, material, elemento ou mesmo como adjetivo substantivosa. Quanto a material, eles também utilizam essa palavra no dia a dia como sinônimo de coisa. Para o conceito de mistura, os estudantes associam ao ato de misturar.

Barbosa *et al* (2000) investigaram as ideias que os alunos apresentam antes do ensino formal sobre o conceito de substâncias. Aplicaram dois instrumentos para 13 alunos de 9º ano de uma escola pública de Pernambuco. Os resultados mostraram que, de uma maneira geral, os alunos da oitava série não compreendem os conceitos de substância, mistura, elemento químico e reação química. Em suas respostas, eles tratam substância como sendo elemento químico: *“O₃ é uma substância, pois são duas substâncias ou (elemento) que vão originar outra substância”*. Com relação a mistura, nota-se que o termo é empregado como a ação de misturar, independentemente se ocorre uma reação química: *“NaCl é uma mistura do cloro com o sódio que formou o sal de cozinha”*.

Segundo Pinheiro e Silva (2001), os conceitos de substância e mistura de substâncias não estão próximos dos conceitos científicos. Alguns alunos entendem substância como um alimento natural, como a água mineral e o café. Muitos entendem que duas ou mais substâncias constituem uma mistura, porém não consideram que há possibilidade de existir ou não uma reação química entre as substâncias. Já a palavra mistura sugere aos alunos o ato de misturar coisas, então segundo esses autores, para muitos alunos os conceitos substância e mistura de substâncias estão relacionados à visualização, ou seja, aos aspectos macroscópicos. Podemos citar o exemplo do café, que na concepção dos alunos, seria classificado como uma substância e não uma mistura, pois sua aparência é de apenas uma substância, de aspecto homogêneo.

Lisboa (2003) investigou o papel das representações sociais da Química e de conceitos químicos e sua propagação e relações com o ensino. Sua questão problematizadora era: *“A escolaridade tem contribuído para aproximar as representações sociais dos alunos sobre a Química, Substâncias Químicas e Substâncias Naturais daquelas aceitas como “verdadeiras” pela Ciência?”* Nesse

sentido, o autor procurou detectar as representações sociais da Química e das ideias sobre substâncias químicas e substâncias naturais de alunos em diferentes níveis de escolaridade e compará-las com aquelas propagadas por diferentes meios de comunicação. A pesquisa foi realizada com alunos de 6º e 9º anos do Ensino Fundamental e de 3ª série do Ensino Médio. Os resultados indicaram que a Química é objeto de representações sociais que estão bem distantes daquelas aceitas pela Ciência. Quanto à substância, essas representações estão associadas a produtos de higiene e limpeza, cosméticos e combustíveis (que são misturas de substâncias). Os alunos consideram substância todo material natural, enquanto substância química o que não é natural.

Lisboa (2003) também aplicou o questionário aos alunos de 1º ao 5º ano do curso de Química da graduação, e os resultados foram muito parecidos aos resultados obtidos com os alunos do ensino fundamental e médio, o que o levou a concluir que as representações sociais da Química e das ideias sobre substâncias químicas e substâncias naturais não têm sido significativamente alteradas pela escolaridade. Ele também concluiu que é fundamental que os educadores em química encontrem meios para modificar tais representações.

Azcona, Furió, Intxausti e Álvarez (2004) destacam que para os estudantes substância é sinônimo de matéria, material ou produto, considerado como mistura de elementos tal como se utiliza no contexto do cotidiano.

Para Carvalho (2005), as ideias dos alunos em relação aos conceitos de substância e misturas remetem ao significado de “puro” e de “mistura” e, por isso, muitos alunos relacionam substância com a ausência de contaminações. Alguns alunos também trazem a ideia da substância sem química ou aquela que não contém química; a substância vem da natureza ou não é modificada pelo homem e que não agride a saúde. Já a mistura é relacionada com várias coisas misturadas em um produto só; coisas modificadas pelo homem; coisas que passam por vários processos químicos a fim de ter boa qualidade e chamar atenção dos consumidores, pela sua beleza, aroma, sabor, cor.

Bastos *et al* (2011) realizaram uma pesquisa com 253 alunos do primeiro ano do Ensino Médio por meio de uma pergunta: “o que você entende por substância química?” Em torno de 50% dos estudantes deram respostas desconexas do tipo: “Substância química fazem produtos químicos com suas substâncias”;

aproximadamente 6% apresentaram respostas de senso comum: “Tudo que é feito no laboratório” e 8% acreditam que substância química é tudo que é perigoso do tipo ácido, enxofre, etc. Praticamente 15% dos alunos dão exemplos como resposta, porém esses exemplos são geralmente de misturas de substâncias, por exemplo: óleo e detergente.

1.4 Sequência didática no ensino de Ciências

O planejamento de sequências de ensino é uma atividade complexa que necessita levar em consideração três polos clássicos - conhecimento, ensino e aprendizagem – sem esquecer a instituição na qual as atividades de ensino e aprendizagem ocorrem e estratégias de ensino com as quais as atividades são mediadas (COLE e ENGSTRÖM 1993).

Portanto, uma sequência didática é um conjunto de atividades planejadas com o objetivo de se alcançar a aprendizagem de um determinado conteúdo a ser ensinado. Assim, o professor ao planejar as etapas de uma sequência didática, considera tanto o conteúdo quanto as habilidades e competências necessárias à aprendizagem. O planejamento de como esses conteúdos serão organizados pode contribuir para a aprendizagem. Se forem organizados em uma sequência significativa de aprendizagem, podem facilitar a apreensão de novos conteúdos, pois na medida em que os conteúdos vão sendo abordados, os alunos vão atribuindo sentido a eles.

Existem várias abordagens para sequências didáticas. Segundo Méheut (2005), a proposição e aplicação de sequências didáticas de ensino aprendizagem (teaching-learning-sequences – TLS) surgiu como uma tentativa de responder às pesquisas sobre concepções alternativas dos alunos nos anos 70 e 80. Existem na literatura de ensino de ciências várias pesquisas que discutem o planejamento e a avaliação dessas sequências (BUTY *et al* 2004).

Méheut (2005) apresenta um modelo simples de situação de ensino e aprendizagem que envolve quatro componentes: professor, alunos, mundo material e conhecimento científico, em que as sequências didáticas auxiliam os professores a organizar o seu trabalho na sala de aula de forma gradativa, partindo de níveis de conhecimento que os alunos já dominam para chegar aos níveis que precisam

dominar e, por isso, auxiliam a aprendizagem dos alunos, pois a partir de situações do cotidiano, os conteúdos são explorados e o conhecimento científico pode ser apreendido.

No processo de elaboração das sequências didáticas devem ser contemplados aspectos referentes à concepção de ensino e de aprendizagem, a situações problemas e atividades desenvolvidas, levando em consideração as concepções dos alunos, suas motivações e limitações. Para explicitar essa grande quantidade de informações, Méheut (2005) utiliza o “losango didático que dispõe de dois eixos: o vertical, que representa a “dimensão epistêmica” (ou seja, como o conhecimento está relacionado com o mundo material); e o eixo horizontal, a “dimensão pedagógica” (isto é, as escolhas sobre os respectivos papéis a serem desempenhados pelo professor e pela turma). A figura 1 mostra o Losango didático de Mehéut em uma tradução apresentada por Nicolodi (2011, p.51). Como explica Nicolodi, “na dimensão epistêmica, são explicitados os processos de elaboração, métodos e validação do conhecimento e seu significado com relação ao mundo real, em que são verificados se os objetivos propostos na elaboração da sequência didática (SD) foram atingidos na sua aplicação e os efeitos que a aplicação da SD tem em relação ao ensino tradicional (centrado na memorização e repetição). Na dimensão pedagógica, são considerados os aspectos relativos ao papel da interação entre professor e aluno, e entre seus pares e a autonomia do educando no processo de aprendizagem” (p.51).

Figura 1 - Losango didático (Mehéut, 2005, tradução NICOLODI, 2011, p. 51)

Uma das principais características das SD, como menciona Nicolodi (2005), “é a inclusão de forma gradual do aluno no processo de construção do conhecimento, com o objetivo de aproximar e relacionar a perspectiva do aluno ao conhecimento científico” (p. 52). Na implementação de uma SD são consideradas duas etapas: a elaboração e a validação (MÉHEUT, 2005).

Mehéut apresenta, então, dois tipos de abordagens para a elaboração da SD: conflito-cognitivo e epistêmica. Na primeira, a grande importância é dada aos alunos, para suas concepções e formas de raciocínio, e para o confronto com o mundo material. Na abordagem epistêmica a atenção é voltada ao conhecimento a ser desenvolvido no mundo físico, à gênese histórica desse conhecimento e possíveis gêneses artificiais.

Em outra abordagem, Zabala (1998) aponta que o professor deve organizar sua sequência didática de acordo com as fases descritas a seguir, considerando as necessidades da sua turma:

- a) motivação - atividade motivadora relacionada com uma situação conflitante da realidade experiencial dos alunos;
- b) explicitação das perguntas ou problemas que essa situação coloca;
- c) levantamento de respostas intuitivas ou hipóteses;
- d) seleção das fontes de informação e planejamento da investigação;
- e) coleta, seleção e classificação dos dados;
- f) elaboração de conclusões e generalização das conclusões alcançadas;
- g) expressão e comunicação dos resultados e conclusões para a comunidade escolar.

Ainda, Nicolodi descreve a organização da sequência didática de acordo com Zabala (1998): esta “subdivide-se em várias etapas, iniciando com o levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos para identificar o nível de conhecimentos que eles têm sobre o assunto. A partir desse levantamento, são propostas atividades que os alunos possam acompanhar e sentir-se motivados” (NICOLODI, 2011, P.50). O autor menciona que as atividades “devem ser diversificadas: pesquisas, leituras, debates, exercícios práticos, de maneira a propiciar a aprendizagem”, e que “é importante apresentar o problema, contextualizá-lo com o cotidiano dos alunos para que os mesmos possam atribuir sentido, analisá-lo, discuti-lo, promovendo a interação entre professor e aluno, aluno e aluno e, ainda, possibilitar a compreensão e a sistematização do novo conhecimento” (NICOLODI, 2011, P.50).

Lijnse e Klaassen (2004) propuseram uma abordagem problematizadora para a construção de sequências didáticas. Para isso deve ser feita uma análise didática que explore tanto o senso comum quanto o conhecimento científico, assim como a relação entre eles. Os autores dão muita importância para a liberdade dos estudantes em produzir suas próprias elaborações e consideram que a mudança conceitual e o conflito cognitivo não dão aos estudantes esta oportunidade.

Lijnse e Klaassen (2004) apontam que o planejamento da sequência depende não só do conhecimento a ser ensinado, mas também do sistema educacional no qual está sendo desenvolvido. Consideram a motivação um aspecto fundamental no planejamento da sequência. Dar aos alunos boas razões para se interessar pelo assunto a ser ensinado (e é esse o objetivo de uma "abordagem problematizadora") é tão importante quanto propor um conjunto bem organizado de tarefas. Essa proposição é outro ponto ao qual essa abordagem dá muita ênfase. Lijnse e Klassen (2004) afirmam que a sequência planejada precisa ser realmente coerente com as perspectivas dos estudantes e professores, ou seja, prever e teoricamente justificar em detalhes o processo de ensino aprendizagem como é esperado que aconteça e porque é esperado que aconteça dessa maneira.

Com base nessas considerações, Lijnse e Klaassen (2004) chamam de "estruturas didáticas", a organização horizontal das etapas da sequência em dois níveis: conhecimento e motivacional - entre os quais o progresso da sequência alterna, passando de um questionamento inicial para uma profunda compreensão do tema. Lijnse e Klaassen (2004) sugerem algumas fases para o desenvolvimento das estruturas:

1. Provocar um problema de interesse global baseado em um motivo para o estudo do tópico em questão.
2. Estreitar este motivo global para a necessidade de conteúdo específico para maior aprofundamento.
3. Ampliar o conhecimento existente dos alunos, tendo em vista o motivo mundial e a necessidade de conhecimentos específicos.
4. Aplicar este conhecimento em situações específicas.
5. Criar a necessidade de uma orientação teórica, refletindo sobre o conhecimento desenvolvido.
6. Dentro dessa orientação, desenvolver ainda mais o conhecimento teórico.

As fases 2 e 5 representam um dos pontos principais desta abordagem, se encontram no nível da motivação, considerado pelos autores como os menos trabalhados em outros ciclos de ensino.

Outra abordagem para as sequências didáticas de ensino-aprendizagem é a chamada “demanda de aprendizagem”. De acordo com Leach e Scott (2002), o conceito de "demanda de aprendizagem" oferece uma maneira de avaliar as diferenças entre a linguagem social de nosso dia a dia e a linguagem científica. Dessa maneira, para cada conteúdo específico deve haver um conhecimento do dia a dia dos estudantes e os conhecimentos científicos a serem ensinados. O ensino pode então ser projetado para concentrar-se nessas demandas de aprendizagem.

Leach e Scott (2002) apontam que uma distinção importante que se deve levar em consideração é entre a linguagem social científica e a da ciência escolar. Isso significa que o estudante tem seus conceitos, sua linguagem social e a ciência têm a dela. Nem sempre os conceitos ou ideias dos estudantes são considerados corretos pela ciência, muitas vezes existindo diferenças entre eles. Essas diferenças são chamadas de demandas de aprendizagem, e podem ser conceituais, epistemológicas e ontológicas. Uma demanda de aprendizagem conceitual decorre da utilização de concepções alternativas ao invés de conceitos científicos na explicação de um fenômeno; a demanda epistemológica parte da dificuldade na explicação de conceitos científicos, pois sua linguagem cotidiana parece não reconhecer que os modelos e teorias científicas explicam idealmente o maior número de fenômenos possível; e a demanda ontológica ocorre quando os alunos interpretam uma propriedade de um processo como uma propriedade dos objetos.

Para construir uma sequência deve-se identificar o conhecimento a ser ensinado e considerar como esse conhecimento pode estar no dia a dia dos estudantes. A demanda resultaria da comparação entre o que o professor quer ensinar do conceito científico e aquilo que os alunos trazem do dia a dia, do aprendizado escolar conceitual, epistemológico ou ontológico. A partir daí, deve-se definir uma sequência para abordar estes aspectos.

O conhecimento a ser ensinado - Nesta primeira etapa da abordagem da demanda de aprendizagem, Leach e Scott (2002) apontam que o professor precisa detalhar e justificar quais os objetivos de ensino e aprendizagem que ele espera alcançar com esta sequência.

Identificação das ideias dos alunos sobre o conhecimento a ser ensinado e comparação com o conhecimento a ser ensinado - Identificando a demanda de aprendizagem – Leach e Scott (2002) afirmam que a natureza da linguagem cotidiana que os alunos trazem para as aulas e sua relação com a linguagem da ciência escolar varia de acordo com a área de conteúdo científico do ensino, da idade e da experiência dos alunos. Eles podem trazer formas mais gerais de raciocínio do dia a dia para contextos escolares de ciências. Um exemplo é quando os estudantes trazem o conceito do seu dia a dia que a água mineral é pura, no sentido de ser própria para beber. Durante o ensino de ciências, no entanto, os alunos estudam que a água mineral é uma mistura de água e sais minerais, e que apesar de “ótima para beber” não é considerada uma substância e sim uma mistura de substâncias. Ainda assim, Leach e Scott (2002, p. 129) apontam que “é claro que existem muitos contextos de aprendizagem de ciências, onde há uma considerável sobreposição entre pontos de vista da ciência escolar e do cotidiano. Por exemplo, as noções básicas do esqueleto humano não deverão diferir muito entre as visões de ciência da escola e da visão do dia a dia e, apesar de a ciência escolar oferecer informações adicionais sobre a estrutura e função. ”

Desenvolvendo uma sequência de ensino - Leach e Scott (2002) afirmam que a identificação da demanda de aprendizagem é um passo fundamental para o planejamento de uma sequência de ensino, apesar de entenderem que não significa que com isso será a melhor sequência. Desenvolver então uma sequência de ensino para tratar de cada aspecto da demanda de aprendizagem é o próximo passo na sua elaboração. A etapa de identificação de demandas de aprendizagem para o desenvolvimento de uma sequência de ensino é aquela que sempre envolve a seleção e escolha de estratégias de ensino.

Esta pesquisa foi baseada na abordagem de sequência didática segundo a “demanda de aprendizagem conceitual”, decorrente da utilização de concepções alternativas ao invés de conceitos científicos na explicação de um fenômeno”. Na elaboração da sequência deste trabalho foram considerados alguns aspectos desta abordagem, mas dentro de uma perspectiva defendida pela autora, onde por meio dos conhecimentos prévios que os estudantes trazem que podem ou não ser alternativos, é que o estudante vai interagir com o novo conhecimento. Nesse sentido, a sequência é planejada com base nas possíveis ideias que os alunos têm sobre o tema tratado:

“Substâncias e Misturas de Substâncias”.

Primeiramente, o primeiro passo no planejamento da sequência, foi detalhar e justificar o ensino desses conceitos. Para isso foi necessário se considerar alguns pontos importantes, como já foi colocado anteriormente, de como esse conceito se estruturou e se modificou ao longo do tempo, como é ensinado nas séries finais do ensino fundamental, onde ele curricularmente deve ser tratado, como os livros didáticos utilizados nessa série apresentam o conceito em diferentes abordagens, e o Currículo do Estado de São Paulo traz os pressupostos curriculares que norteiam o ensino dos conceitos de substância e mistura de substâncias. Em seguida foi considerada a identificação das ideias que os alunos geralmente tem construído, sua linguagem social, ou seja, o que normalmente se fala sobre substâncias, para então elaborar a sequência.

1.5 Ensino-aprendizagem de Ciências

Levando em consideração os pressupostos teóricos da abordagem de Leach e Scott (2002) apresentada anteriormente, a visão de ensino que mais se aproxima dessa abordagem é a da aprendizagem significativa de Ausubel. Deve-se considerar primeiramente que ensino e aprendizagem não são sinônimos. Existe, no entanto, uma estreita relação entre saber como o aluno aprende – teoria da aprendizagem – e saber o que fazer para ajudar o aluno a aprender melhor – teoria de ensino (SCHNETZLER, 1992).

Hoje é reconhecido que os alunos não incorporam integralmente a forma de organização conceitual de um professor, construída ao longo de anos de formação. As suas concepções prévias e seus conhecimentos farão com que eles entendam tal estrutura de outra forma. Um professor organiza seu curso diante da lógica que ele entende os conteúdos que os constituem. Isso não significa que esse curso está organizado segundo uma ordem psicológica adequada para os alunos. De acordo com Schnetzler (1992, p. 18):

Isto porque enquanto não assumirmos o nosso aluno como construtor e possuidor de idéias e não organizarmos o nosso ensino a partir

dessas ideias que o aluno já possui, pouco estaremos fazendo para facilitar a sua aprendizagem.

Vasconcelos *et al* (2003), ao referirem-se ao trabalho de Ausubel, explicam que o processo pelo qual uma nova informação se relaciona com um aspecto relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo, ou aprendizagem significativa, ocorre quando novas informações ancoram-se em conceitos prévios existentes na estrutura cognitiva do aluno. Para haver aprendizagem significativa são necessárias duas condições. Em primeiro lugar, o aluno precisa ter uma disposição para aprender: se o indivíduo quiser memorizar o conteúdo arbitrariamente e literalmente, então a aprendizagem será mecânica. Em segundo, o conteúdo escolar a ser aprendido tem de ser potencialmente significativo, ou seja, ele tem de ser lógico e psicologicamente significativo: o significado lógico depende somente da natureza do conteúdo, e o significado psicológico é uma experiência que cada indivíduo tem. Cada aluno faz uma filtragem dos conteúdos que têm significado ou não para si próprio. De acordo com Novak² (1976 apud GUTIERREZ, 1987, p.121):

Para que ocorra realmente aprendizagem significativa não é suficiente que o novo material seja intencional e que se relacione substancialmente com as ideias correspondentes abstratamente (...). É também necessário que esse conteúdo idealmente pertinente exista na estrutura cognitiva do aluno em particular. (...) o mais importante fator isolado que influencia a aprendizagem é o que o aprendiz já sabe. Determine isto e ensine-o de acordo.

O melhor modo para se obter uma nova informação, a partir da estrutura existente, é assimilá-la como parte da estrutura por um processo de conexão. É preciso relacionar uma ideia nova com um conceito prévio ao mesmo tempo em que ocorre uma modificação em ambos, isto é, dá-se significado a ambos. A aprendizagem significativa só ocorre quando a informação nova é ligada a conceitos existentes, e segundo Novak⁸ (1981 apud VASCONCELOS *ET AL*, 2003, p.15) “é neste processo interativo entre o material recém-aprendido e os conceitos existentes (subsunsor) que está o cerne da teoria de assimilação de Ausubel”.

² Novak, J. D. (1981). Uma teoria de educação. São Paulo, Editora Pioneira, p 63).

Nessa teoria, deve-se ressaltar o conceito de organizador prévio. Como descrevem Vasconcelos *et al* (2003): “esses funcionam como uma ponte cognitiva já que deveriam servir de ancoradouro, na estrutura cognitiva, para o novo conhecimento. Se conceitos relevantes não estiverem disponíveis na estrutura cognitiva de um aluno, os organizadores prévios servirão para ancorar as novas aprendizagens e levar ao desenvolvimento de um subsunsores que facilite a aprendizagem subsequente. Seguindo essa perspectiva, de que os organizadores prévios são mais gerais, mais abstratos e mais inclusivos do que o material de aprendizagem subsequente, então, considerando o desenvolvimento e planejamento curricular, devem ser esses elementos mais gerais a serem introduzidos em primeiro lugar, sendo o conceito progressivamente diferenciado em termos de detalhe e especificidade” (p.15). De acordo com Vasconcelos *et al* (2003, p. 15):

A teoria de Ausubel ocupa-se, especificamente, dos processos de ensino-aprendizagem dos conceitos científicos a partir dos conceitos previamente formados pelos alunos na sua vida cotidiana. A aprendizagem passa a ser encarada como um processo interno e pessoal que implica o aluno na construção ativa do conhecimento e que progride no tempo de acordo com os interesses e capacidades de cada um.

Quando uma pessoa, seja aluno ou professor, tenta compreender algo precisa ativar uma ideia ou conhecimento prévio que sirva para organizar essa situação e dar-lhe sentido. Ainda que necessários para a compreensão, apenas ativar os conhecimentos prévios não garante um aprendizado adequado dos novos conhecimentos apresentados.

Segundo Pozo e Crespo (2009, p.87), “os alunos, como qualquer um de nós, interpretam qualquer situação ou conceito que lhes for apresentado a partir de seus conhecimentos prévios sejam de física, química, biologia ou intuitivamente”. O levantamento desses conceitos ou ideias prévias é muito importante no processo de ensino e aprendizagem, ou seja, é necessário identificar os conhecimentos que os alunos já possuem sobre a nova informação a ser aprendida para ativar na estrutura cognitiva do aluno aqueles pertinentes à nova aprendizagem.

Os conhecimentos prévios são ideias que os alunos trazem de sua vida cotidiana ou escolar, que podem ser ideias aceitas cientificamente ou não. Quando essas ideias não são adequadas do ponto de vista da ciência podem ser chamadas de concepções alternativas, como fazem alguns autores e como é feito neste trabalho.

As concepções alternativas podem estar firmemente arraigadas na estrutura cognitiva do aluno. Elas são a manifestação de um problema que tem dimensões conceituais, procedimentais e atitudinais, que é a distância entre o conhecimento que os alunos utilizam para dar sentido ao seu mundo, rodeado de objetos e pessoas, e o conhecimento científico, com uma grande quantidade de símbolos e conceitos abstratos, pertencentes a um mundo mais imaginário do que real. As concepções dos alunos têm uma origem sensorial, cultural e escolar que determina, em boa parte, a natureza que essas ideias representam.

Pozo e Crespo (2009) afirmam que as concepções alternativas têm uma natureza estrutural e sistemática, não sendo algo acidental ou conjuntural. Elas são o resultado de uma estrutura cognitiva que tenta dar sentido a um mundo definido não apenas pelas relações entre os objetos físicos que povoam o mundo, mas também pelas relações sociais e culturais que se estabelecem em torno desses objetos. Portanto, não é de se estranhar que é difícil fazer com que os alunos percebam o que há de diferente entre suas ideias e o conhecimento científico, e que eles não precisam abandoná-las, mas reconhecer suas limitações ao utilizá-las no seu dia a dia, já que constituem boa parte do nosso senso comum, e inclusive, da nossa tradição cultural.

Segundo Pozo e Crespo (2009), essa dificuldade pode ter duas causas principais. A primeira é que talvez os professores tenham usado estratégias muito agressivas na tentativa de mudar as ideias concretas mantidas pelos alunos, ao invés de focar nas mudanças das estruturas conceituais ou teorias implícitas em que essas ideias teriam sua origem. Assim, para que os alunos consigam perceber essa distância entre suas ideias ou teorias e as teorias científicas, o ensino deveria estar dirigido a modificar as estruturas conceituais, os pressupostos epistemológicos e ontológicos que são subjacentes a cada uma dessas teorias. A segunda, e talvez a principal causa desse fracasso em conseguir a aproximação do conhecimento cotidiano com o científico, é a própria concepção de que isso deve implicar em abandono das ideias do aluno, uma troca de conceitos. Algo que além de ser muito difícil de conseguir, pode também ser inconveniente. Assim, os esforços no ensino não deviam estar direcionados a levar o aluno a substituir um conceito mais simples – cotidiano - por um mais complicado ou científico, e sim para adquirir diferentes tipos de conhecimentos ou representações para diferentes situações ou tarefas.

Considerando as ideias de Ausubel sobre a aprendizagem de conceitos, as ideias alternativas que o aluno apresenta poderão, muitas vezes, atuar como subsunçores, em sua tentativa de entender as novas informações que o professor apresenta, de maneira que tais ideias ganham novos entendimentos, sendo, portanto, ressignificadas. Esse processo dinâmico permite que o aluno tome consciência de diferenças entre as teorias científicas e suas próprias. Não se trata de o aluno simplesmente abandonar suas concepções ou substituí-las pelas científicas, mas de dar significado a ideias do senso comum, integrando-as a ideias mais complexas, como o são as científicas.

1.6 Aplicação de sequências didáticas em pesquisas sobre o conceito de substância

Algumas pesquisas que utilizaram intervenções didáticas na investigação da construção do conceito de substância, mistura de substâncias, ou ainda de elementos químicos foram importantes referências na construção da sequência deste trabalho, e estão descritas a seguir, em ordem cronológica.

Solomonidou e Stavridou (1999) descrevem o resultado de uma pesquisa com 168 estudantes gregos com idade de 13 a 14 anos que participaram de aulas de química seguindo uma sequência didática baseada na experimentação. O objetivo da pesquisa foi examinar as concepções iniciais de estudantes sobre substâncias, e a construção do conceito de substância durante uma sequência experimental de química. O estudo foi realizado considerando uma visão construtivista da aprendizagem, valorizando o papel do conhecimento e concepções prévias dos estudantes. As autoras defendem que a aprendizagem se dá sempre em uma situação sociocultural, tendo como referencial os trabalhos de Wallon e Vygotsky. De acordo com as autoras as crianças aprendem sobre substância em seu uso comum, no dia a dia, reconhecendo-as como objeto, e ainda objeto inerte, isto é, não se altera. Para que ocorra o que as autoras chamam de mudança conceitual nas crianças, é necessário ajudá-las a avançar do conceito inicial, da ideia de substância do uso comum ao conceito de substância. As autoras esperavam que os estudantes usassem inicialmente uma grande quantidade de expressões sincréticas sem significado

explícito, e que então desenvolvessem e usassem progressivamente expressões mais explícitas correspondentes a mais categorias, ou mais propriedades das substâncias em questão.

Esta evolução exige a criação de novas categorias conceituais. Durante a sequência os estudantes observaram onze substâncias desconhecidas para eles, e dezoito interações entre essas substâncias. Responderam a um questionário com várias tarefas que pediam a descrição e diferenciação entre algumas das substâncias apresentadas; a predição do resultado de determinadas interações entre elas; a descrição do fenômeno observado e a explicação dos fenômenos e mudanças observadas. Essas tarefas constituem um modelo adaptado da estratégia conhecida como “*predizer, observar e explicar*” (POE). Os resultados mostraram que as concepções iniciais dos estudantes sobre substâncias correspondem ao pré-conceito de substância concreta, igual ao do dia a dia.

Ainda, de acordo com Solomonidou e Stavridou (1999) as crianças e jovens concebem substâncias como objetos inertes, baseados na experiência comum. As autoras apontam que ao serem questionados sobre as diferenças entre um grupo substâncias alguns estudantes se moveram da “substância concreta” para um esquema conceitual de propriedades, o que consideravam um progresso e um desenvolvimento conceitual desses estudantes. Atribuem esse progresso ao envolvimento dos alunos em uma atividade num contexto completamente diferente do seu dia a dia, pois, de acordo com as autoras, o contexto da vida cotidiana não favorece o desenvolvimento conceitual do conceito de substância na perspectiva científica. Durante a predição, descrição do experimento e principalmente a explicação se observou uma grande evolução, que pode ser atribuída ao envolvimento dos alunos em um novo ambiente de aprendizagem que compreende a observação de novas substâncias e fenômenos inesperados, com um aumento gradual do campo de referência empírico dos alunos e, em sua maioria, para novas tarefas e exigências intelectuais. Solomonidou e Stavridou (1999, p. 399) concluem que:

Os resultados deste estudo reforçam a ideia de que o ensino de química deve começar com uma “abordagem de substância química”, envolvendo os alunos em atividades adequadas e tarefas conceituais e dando-lhes a oportunidade de desenvolver uma linguagem mais científica para expressar suas ideias sobre a matéria e suas transformações. Acreditamos que a construção do conceito de substância química deve preceder a introdução de conceitos relacionados à estrutura atômica. Esta

é uma condição necessária para ajudar os estudantes a operacionalmente conectar as entidades do nível empírico e as entidades do nível atômico (ou seja, a substância e molécula, nova substância, e nova molécula). (Tradução da pesquisadora)

Silva e Aguiar (2008) investigaram o uso dos conceitos de substância e elemento químico em uma sala de 9º ano do ensino fundamental, em uma escola da rede particular de ensino, com estudantes entre 12 e 13 anos. A coleta de dados ocorreu durante três meses com a frequência de três aulas de ciências por semana na qual o professor desenvolveu um trabalho de construção de conceitos científicos mediada pelas interações discursivas. O objetivo da pesquisa foi o de investigar o uso e apropriação do conceito de elemento químico por estudantes do Ensino Fundamental. O referencial teórico adotado foram os trabalhos de Vygotsky sobre o processo de construção de conceitos científicos numa perspectiva histórica cultural do desenvolvimento humano.

A questão de pesquisa era: “Como os estudantes de uma sala de aula de ciências do nono ano do Ensino Fundamental apropriam-se e usam o conceito de elemento químico ao longo de uma sequência de ensino orientada para seu desenvolvimento?” Foram analisadas as produções escritas dos estudantes com o objetivo de contrastar o entendimento dos estudantes acerca do conceito em estudo em outra forma de representação que é a linguagem escrita. De acordo com as análises realizadas por Silva e Aguiar (2008), muitos alunos continuaram com suas ideias iniciais e apresentaram dificuldades em diferenciar elemento, substância e mistura. Já, alguns alunos desenvolveram uma compreensão mais sofisticada sobre a constituição dos materiais.

Furió, Domínguez e Guisasola (2012) investigaram a implementação e avaliação de uma sequência didática que tinha o objetivo de facilitar a aprendizagem dos conceitos de substância, substância simples e substância composta. As questões de pesquisa que os autores se propuseram a responder foram: “Como se pode planejar uma sequência didática que se destine a superar as dificuldades dos estudantes na aprendizagem dos conceitos substância, substância simples e substância composta?” e “Em que medida a aplicação dessa sequência pode favorecer a superação das dificuldades dos alunos que iniciam o estudo dos materiais em Química?”

Para a pesquisa, eles levaram em conta alguns aspectos: análise histórica das dificuldades epistemológicas dos alunos; os indicadores de aprendizagem desses

conceitos; planejamento de uma sequência com um enfoque construtivista, que permita aos alunos adquirirem habilidades necessárias para superar as dificuldades detectadas e atividades com abordagem CTSA. No planejamento da sequência, os autores levaram em consideração as principais dificuldades dos estudantes apontadas em pesquisas sobre esses conceitos, que são: associação do significado empírico de substâncias com material ou mistura; confusão entre mistura e substância composta; a falta de critérios macroscópicos para inferir se durante um processo de transformação química a substância mudou ou não, impedem que esses alunos consigam fazer a distinção entre substância simples e composta; não definição de substância simples como um conjunto de partículas iguais, sejam átomos ou moléculas e sim já reduzem o conceito de substância ao de substância simples, ou seja de um corpo formado pelo mesmo tipo de átomos.

Furió, Domínguez e Guisasola (2012) fizeram uma análise epistemológica das interpretações sobre a estrutura da matéria e apontam três grandes contribuições: a superação da diferença aristotélica entre a matéria corpórea e a matéria rara; a introdução dos conceitos macroscópicos de substância e composto; e a explicação microscópica para os conceitos anteriores, onde o elemento químico é um conjunto de conjunto de átomos idênticos. A partir dessa análise, foi estabelecido o marco teórico relativo ao conceito de substância.

Para planejar a sequência didática, os autores estabeleceram indicadores de aprendizagem dos conceitos relativos à substância e as possíveis dificuldades dos alunos para cada indicador. Levaram em consideração a necessidade de se integrar, de forma criativa, as dificuldades de aprendizagem e os aspectos ontológicos.

A pesquisa foi feita com dois grupos, um controle e outro experimental, de alunos do ensino médio com idade entre 14 e 15 anos de uma escola pública. O grupo experimental era composto por 187 estudantes, aos quais foi aplicada a sequência, pela pesquisadora e professora tutora, enquanto que o experimental era composto por 200 alunos que tiveram professores de física e química em um ensino tradicional. Ambos os grupos tiveram 25 aulas e passaram pelo programa oficial de ensino. Os alunos do grupo experimental utilizaram caderno de atividades seguindo as estratégias definidas para desenvolver as atividades da sequência, enquanto os estudantes do grupo controle utilizaram os livros-texto utilizados normalmente e seguiram a metodologia de ensino por transmissão.

Para avaliar a sequência didática, Furió, Domínguez e Guisasola (2012) aplicaram questionários e entrevistas idênticos para os dois grupos nas mesmas condições de aula, antes e dois meses depois da aplicação da sequência e das aulas para do grupo controle. As questões foram orientadas pelos indicadores de aprendizagem estabelecidos anteriormente.

Os autores apontam que os alunos do grupo experimental alcançaram um aprendizado do conceito de substância superior aos outros alunos, e que isso se parece ser devido à correta identificação dos indicadores. Isso significa que as atividades ou estratégias da sequência de ensino proposta conseguiram promover a construção do conceito macroscópico de substância como um material não misturado com um conjunto de propriedades específicas constantes e invariáveis, o que os ajudou a diferenciar mistura e substância composta ao nível macroscópico. Por outro lado, ao nível de representação atômica, a sequência permitiu que os estudantes reconhecessem uma substância como um tipo de material que possui o mesmo tipo de partículas diferentes de uma mistura onde elas são diferentes e em proporções variáveis. Também através da sequência os alunos chegaram a compreender o conceito de elemento como um conjunto de átomos.

Furió, Domínguez e Guisasola (2012) salientaram alguns pontos que eles consideraram fracos, como a dificuldade na diferenciação dos conceitos de elemento e substância. Além disso, os autores afirmam que apesar dos alunos conseguirem definir substância tanto macro quanto microscopicamente ainda tem dificuldades na análise de novos problemas que envolvam a aplicação do conceito.

Lacerda *et al* (2012) descrevem os resultados de um estudo realizado em uma escola pública localizada na cidade do Recife (PE) que teve como um dos objetivos abordar os conceitos de mistura, substância simples, substância composta e elemento químico, relacionando-os com um tema que fizesse parte do contexto dos alunos, dando significado social ao aprendizado. Participaram das atividades 29 alunos, divididos em sete grupos, na faixa etária entre 15 e 18 anos.

A pesquisa se fundamentou no ensino por situações problemas, definidas como uma situação didática onde se propõe ao aluno uma tarefa que ele não pode realizar sem efetuar uma aprendizagem precisa.

A intervenção didática constou de oito aulas. Foi realizada uma atividade onde a construção das estruturas de algumas substâncias envolveu o uso de miçangas. Outro

instrumento planejado e confeccionado pelos pesquisadores foi um jogo de palavras cruzadas visando desenvolver nos alunos novos vocábulos relacionados à temática e a conceitos químicos envolvidos.

A intervenção didática ocorreu em quatro momentos: 1- apresentação da proposta e de um texto com a situação problema; 2- atividade com miçangas; 3- aplicação do jogo de palavras cruzadas e 4- a resposta à situação problema.

Lacerda *et al* (2012) concluíram que, em relação ao texto apresentado, houve a necessidade de discussão da diferença e uso correto dos termos produtos químicos e produtos tóxicos pelos alunos. Na atividade com miçanga os autores ressaltaram que as interações dos alunos com modelos concretos representacionais das substâncias químicas com miçangas foram valiosas para que eles identificassem substância simples, substância composta e elemento químico na atividade. Na resolução das palavras cruzadas os alunos responderam uma maior quantidade de enigmas ligados aos conteúdos químicos do que à temática. Em relação às respostas à situação problemas observaram que os conceitos de mistura, substância simples, substância composta e elemento químico foram pouco abordados, estando presentes mais aspectos relacionados à temática do texto.

2. METODOLOGIA

Para descrever a metodologia utilizada no presente estudo, este capítulo foi dividido em duas seções:

- ✓ A primeira apresenta as etapas utilizadas para se identificar a **demanda de aprendizagem** necessária para a elaboração da sequência, assim como a análise dos procedimentos e instrumentos de coleta de dados empregados no questionário inicial;
- ✓ A segunda seção descreve a metodologia utilizada na **elaboração, aplicação e análise da sequência didática** utilizada para atingir os objetivos deste projeto, como também aborda a análise dos procedimentos e instrumentos de coleta de dados empregados antes da sequência, logo após a aplicação da sequência e seis meses depois.

Para melhor entender a metodologia utilizada no desenvolvimento da presente pesquisa foi elaborado um fluxograma, apresentado na figura 3, que mostra as etapas utilizadas para atingir os objetivos de cada seção descrita acima.

Para a aplicação dos instrumentos foi solicitada a autorização da utilização de imagens e dados para a pesquisa, tanto da escola quanto dos pais ou responsáveis pelos alunos, respeitando-se o anonimato de ambos.

Esta pesquisa tem uma abordagem metodológica de característica qualitativa, pois teve o ambiente natural como fonte dos dados, uma vez que estes foram coletados em salas de aula regulares e a sequência didática fez parte do ensino, e utilizou como dados as respostas de alunos em instrumentos aplicados antes, durante e após a sequência. Essas respostas foram analisadas utilizando-se a técnica de análise de conteúdo (BARDIN, 1977).

Para Bardin (1977), a análise de conteúdo, enquanto método, torna-se um conjunto de técnicas de análise das comunicações que utiliza procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens.

O objetivo final da análise de conteúdo é o fornecer indicadores úteis à pesquisa. As etapas utilizadas para analisar os dados coletados por meio dos instrumentos durante esta pesquisa foram:

- ✓ Organização do material da pesquisa: todos os instrumentos utilizados na pesquisa foram numerados sequencialmente, sendo que a sequência utilizada para o instrumento inicial é diferente da utilizada para os instrumentos aplicados antes, durante e após a aplicação da sequência.
- ✓ Leitura flutuante e exaustiva das respostas dos alunos: para cada instrumento foi feita uma leitura minuciosa e repetitiva com o objetivo de se conhecer profundamente as ideias apresentadas pelos alunos.
- ✓ Agrupamento das ideias semelhantes por palavras, conjunto de palavras, nome de materiais. O objetivo da pesquisa, assim como uma primeira leitura das respostas dos alunos ajudaram a determinar as ideias que foram utilizadas.
- ✓ Definição das categorias: essa etapa é muito importante, pois a qualidade de uma análise de conteúdo depende de suas categorias. Neste trabalho as categorias surgiram *a posteriori*, ou seja, a partir dos próprios dados obtidos durante a pesquisa. Após várias releituras e agrupamentos das ideias, foram criadas as categorias de acordo com tais semelhanças.
- ✓ Apresentação dos dados, tratamento, inferência e interpretação: nessa fase, a interpretação foi essencial, mas esteve claramente relacionada ao *corpus* existente, e foi validada junto aos especialistas do GEPEQ. A sistematização dos resultados foi feita de acordo com os objetivos iniciais, ou seja, verificar a evolução dos conceitos dos alunos, buscando a construção de conhecimento científico sobre o objeto pesquisado. Nessa última fase foram elaboradas tabelas para cada uma das questões, com as categorias e a frequência de cada uma das categorias. Permitiu-se, portanto, um tratamento estatístico simples para a interpretação de cada uma das questões, para tentar identificar tendências nas respostas dadas pelos alunos, pois entende-se que as abordagens qualitativa e quantitativa não se opõem, em alguns momentos da análise, recorreu-se a procedimentos quantitativos, pois procurou-se identificar tendências nas respostas dadas pelos alunos.

Com esses dados e com os conceitos a serem abordados foram identificadas as demandas de aprendizagem e a sequência didática foi elaborada, validada e aplicada aos alunos.

Figura 2 - Fluxograma da metodologia do projeto

2.1. Demanda de Aprendizagem

De acordo com Leach e Scott (2002) para construir uma sequência didática deve-se identificar o conhecimento a ser ensinado e considerar como esse conhecimento pode estar no dia a dia dos estudantes. A demanda resulta da comparação do que a ciência ou o professor quer ensinar do conceito científico e aquilo que os alunos trazem do dia a dia, do aprendizado escolar conceitual, epistemológico ou ontológico. Com isso se define uma sequência para abordar estes aspectos.

Essas ideias que os alunos trazem de sua vida cotidiana ou escolar, e que podem ser ideias aceitas cientificamente ou não, são chamadas neste trabalho de concepções prévias. Para identificar as concepções prévias dos alunos sobre os conceitos de substância e mistura de substâncias, além das já descritas na literatura e apresentadas anteriormente neste trabalho, foi elaborado, aplicado e analisado um instrumento de coleta de dados, chamado neste trabalho de “questionário inicial”. A escolha de se fazer esta identificação, apesar de já se conhecer algumas dessas concepções em pesquisas realizadas, foi devido ao fato de que esta pesquisa se aplica aos alunos de uma série específica, o nono ano, e como já discutido anteriormente, Leach e Scott (2002) afirmam que a natureza da linguagem cotidiana que os alunos trazem para as aulas e sua relação com a linguagem da ciência escolar varia de acordo com a área de conteúdo científico do ensino, da idade e da experiência dos alunos.

A primeira parte da coleta de dados da pesquisa foi desenvolvida e aplicada no período de agosto a novembro de 2011. Foi elaborado um instrumento que constou de cinco questões, sendo duas de respostas abertas e três de respostas fechadas (apêndice 1).

A elaboração do questionário inicial foi feita por meio de adaptações de instrumentos utilizados em artigos encontrados em nossa revisão da literatura (AZCONA, FURIÓ e ÁLVAREZ, 2004, FURIÓ, DOMÍNGUEZ-SALES e GUIASOLA, 2012, LISBÔA, 2002). O objetivo de cada questão está descrito no Quadro .

Quadro 2 – Objetivos das questões do questionário inicial

Questões	Objetivo
Questão 1	<p>Identificar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • As concepções dos alunos sobre o conceito de substância e mistura de substâncias. • A exemplificação de substâncias e misturas de substâncias.
Questões 2	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar a aplicação das concepções dos alunos em relação à identificação de substâncias e misturas; e ainda misturas homogêneas e heterogêneas, através de representações pictóricas.
Questão 3	<ul style="list-style-type: none"> • Explorar noções microscópicas em relação a dois sistemas materiais, um com apenas uma substância e outro com uma mistura de substâncias, supondo a utilização de instrumentos de maiores capacidades de observação.
Questão 4	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar a percepção dos alunos em diferenciar material, substância e mistura de substâncias.
Questão 5	<ul style="list-style-type: none"> • Reconhecer em exemplos do dia-a-dia se os materiais são substâncias ou misturas de substâncias, e quando misturas identificar de que materiais são feitos.

Antes da aplicação do instrumento, foi feita uma aplicação piloto em uma escola da rede pública do estado de São Paulo, com o objetivo de:

1. Controlar o tempo que os alunos precisariam para responder às questões (não mais do que 30 minutos);
2. Certificar-se que as questões da pesquisa eram compreensíveis;
3. Testar e identificar questões que fornecessem informações valiosas sobre as ideias dos alunos sobre substância e mistura de substâncias.

Após a análise das respostas dos alunos, foi feita uma discussão no GEPEQ - Grupo de Pesquisa em Educação Química e foram feitas as alterações necessárias, validando o instrumento.

Em seguida, o questionário inicial foi aplicado para um total de 204 alunos, sendo 125 alunos de 9º ano do ensino fundamental e 79 alunos do 1º ano do ensino médio, em cinco escolas, conforme mostra o Quadro **Quadro 3**.

Quadro 3 - Características das escolas onde foram aplicados os questionários

	Total de alunos 9º ano EF	Total de alunos 1º ano EM	Município/estado	Rede
Escola 1	44	20	São Bernardo / SP	Pública
Escola 2	27	0	São Paulo/ SP	Pública
Escola 3	31	16	Santo André/ SP	Pública
Escola 4	0	11	São Paulo / SP	Pública
Escola 5	23	32	São Paulo / SP	Particular
Total	125	79		

O instrumento foi aplicado aos alunos durante uma aula de ciências do ensino fundamental ou em uma aula de química do ensino médio. Foi solicitado que os alunos respondessem as questões propostas individualmente.

A pesquisadora aplicou o questionário nas escolas 1 e 4, sendo que nas escolas 2, 3 e 5 foram os próprios professores da turma que o aplicaram.

Surgiram diversas manifestações de atitudes entre os alunos: curiosidade, resistência, sátira, incertezas, desconfiança, entre outras. Durante o diagnóstico, observaram-se alunos em conflito, pelo fato de não conseguirem expressar suas ideias em relação a algumas questões solicitadas, com manifestações:

“Mas eu ainda nem aprendi essa matéria!”

Com as respostas dos alunos foram identificadas as concepções sobre substância e mistura de substâncias desse grupo de alunos.

A análise e categorização dos dados obtidos na aplicação do instrumento inicial (apêndice 1) foram realizadas no 1º semestre de 2012. Todos os questionários dos alunos foram numerados, sendo de 1 a 125, para os alunos de 9º ano e de 1 a 79 para os de 1º ano do EM. As respostas apresentadas foram lidas e agrupadas por semelhança, e após várias releituras e agrupamentos dessas ideias foram criadas categorias de acordo com tais semelhanças.

Para cada categoria atribuiu-se um número para facilitar a análise das respostas dadas por cada aluno a cada questão. Com isso, ao final das análises de todas as questões, é possível fazer uma análise longitudinal de cada aluno, ou seja, têm-se uma visão das respostas por aluno. Para cada questão aberta ou fechada foi realizado o mesmo procedimento.

A primeira questão foi entregue separadamente das outras para se evitar que os alunos utilizassem os exemplos e situações apresentadas nas outras questões em suas respostas da 1ª questão. Foram dados dez minutos para que eles respondessem essa questão, os papéis foram recolhidos e foi então distribuída uma outra folha com o restante das questões. Uma imagem dessa primeira parte está na figura 3.

E. E _____ Período: _____ Data ____/____/____
 Nome _____ Série _____ Idade: ____ anos

1- Você já deve ter ouvido falar em substâncias e misturas. Escreva duas frases que **indique o que você sabe** sobre substâncias e misturas, e **dê exemplos**.

1ª frase: _____

2ª frase: _____

Dê exemplos de substâncias e misturas:

Substâncias	Misturas

Figura 3 – Questão 1 do questionário inicial utilizado para o levantamento das ideias dos alunos sobre substâncias e misturas de substâncias.

A categorização das respostas dos alunos foi feita de acordo com as ideias que eles apresentaram do que é substância e mistura de substâncias. No Quadro 4 estão as respostas que os alunos apresentaram para o que eles sabiam sobre substâncias. Em seguida foi feito o agrupamento das ideias semelhantes por palavras, conjunto de palavras, nome de materiais como mostra o Quadro 5. Finalmente essas ideias foram agrupadas em categorias de acordo com a proximidade das ideias das respostas e estão apresentadas no Quadro 6.

Quadro 4 – Respostas dos alunos da E.E. Prof. Antonio Nascimento sobre o que eles sabiam sobre substâncias

O QUE VOCÊ SABE SOBRE SUBSTÂNCIA
Não sei
Em branco
Resposta desconexa
Substância é um produto químico
SQ usada ou feita a partir da química, em laboratório, em experiências
Quando misturamos duas coisas obtemos uma SQ
Porção de algo/ dá para pegar/coisa
Na droga há SQ que fazem mal
Tóxica
Matéria-prima
Líquido tóxico
Substâncias compõe as misturas
Molécula de algo
Substância é um ou mais elemento químico
Substância é um conjunto de elementos químicos
Ingredientes
São puras
Só um tipo de matéria
Apenas uma substância
Substância pode ser simples e composta
Substância sólida, líquida ou gasosa
Substância vem da terra (arroz e feijão) e mistura vem dos animais: carne e linguiça.
Tudo que tem um elemento simples ou composto
Substância é simples tem apenas um elemento
Quando uma fórmula não é misturada com outra
Simplex tem um elemento e composta tem dois ou mais elementos
Simplex quando une mais de um elemento (oxigênio) e composta tem mais de um elemento (água e areias)
Pode ser uma mistura simples e composta

Quadro 5 – Agrupamento das ideias semelhantes sobre substâncias

CATEGORIAS SOBRE SUBSTÂNCIAS
A - Outros (não sei, em branco e respostas desconexas)
B - Ideias de que substância é produzida pelos conhecimentos químicos
C - Tudo o que é matéria
D - Ideias associadas a propriedades físicas
E - Ideia de substância como entidade única
F - Ideia de que toda substância é perigosa e faz mal
G - Ideia de que é uma mistura
H - Ideia de que substâncias possuem elementos químicos
I- Substância é a matéria prima, compõem a mistura

Quadro 6 - Concepções dos alunos sobre o conceito de substância

CATEGORIAS
0 - Não coerente - O aluno escreve: “Eu não sei”, respostas em branco, respostas irrelevantes ou respostas incompreensíveis.
1- Material - O aluno define substância como material, produto químico, matéria-prima, coisa ou ingredientes de uma mistura. Ou ainda pelo estado físico.
2- Macro - O aluno pensa em substância como entidade única, singular, apenas uma coisa.
3- Micro incoerente - O aluno usa linguagem (termo) microscópica (partículas, elementos, moléculas ou átomos), mas o conceito não é científico (correto). Alguns alunos consideram como substância apenas as substâncias simples.
4- Micro - Visão microscópica e cientificamente correta.

Em relação à categorização das respostas dos alunos quanto aos exemplos de substâncias a metodologia foi a mesma para toda a primeira questão. Algumas das respostas dos alunos foram em branco, outras: *não sei, substância química, tóxica, algo que a gente usa, remédio, água, leite, óleo, gás carbônico, plástico, ferro, oxigênio, hidrogênio, comida, frutose, magnésio, cloreto de sódio, cálcio, açúcar, bolo farinha, suco, sódio, vela, caderno, refrigerante, álcool e ar que respiramos*. Em seguida esses exemplos foram agrupados em 4 grupos: aqueles que não sabiam, deixavam em branco ou deram respostas desconexas, os que responderam corretamente, e aqueles cujo exemplos eram de misturas\materiais ou objetos. Com isso, chegou-se aos critérios apresentados no Quadro 7.

Quadro 7 - Concepções dos alunos em relação aos exemplos de substância

CATEGORIAS
0- Não coerente - O aluno escreve: “Eu não sei”, respostas em branco, respostas irrelevantes ou respostas incompreensíveis.
1- Incorreto - O aluno dá exemplos de misturas ou materiais no lugar de substância.
2 - Correto - O aluno exemplifica substância de forma coerente.

Em relação ao que os alunos sabiam sobre misturas de substâncias, algumas ideias apresentadas foram:

- “Mistura de duas ou mais substâncias”, “vários químicos”, apontando a ideia de mistura de duas ou mais substâncias, que é o conceito considerado cientificamente correto.
- “Mistura de duas ou mais coisas”, “mistura de ingredientes” e “mistura de algo líquido” mostrando a ideia de que mistura é o ato de misturar qualquer material.
- “Mistura é substância que contem dois ou mais elementos”, “tem dois elementos”, “quando se mistura um ou mais elementos químicos”, “misturar dois elementos para fazer outra coisa” e “quando une mais de um elemento” mostrando que os alunos possuíam ideias e linguagem microscópica, mas que geralmente estavam incorretas.

Com o agrupamento dessas ideias chegou-se às categorias apresentadas no Quadro 8.

Quadro 8 - Concepções dos alunos sobre o conceito de mistura

CATEGORIAS
0- Não coerente - O aluno escreve: “Eu não sei”, respostas em branco, respostas irrelevantes ou respostas incompreensíveis.
1-Mistura de materiais - O aluno define mistura como mistura de materiais, coisas e ingredientes. O aluno pensa em misturas como dois líquidos ou dois sólidos.
2- Mistura de substâncias - O aluno define mistura como mistura de substâncias.

3- Micro incoerente - O aluno usa linguagem (termo) microscópica (partículas, elementos, moléculas ou átomos), mas o conceito não é científico (correto); considera como misturas as substâncias compostas.
4- Micro - Visão microscópica e cientificamente correta.

Os exemplos de mistura de substâncias apresentados pelos alunos foram:

- Ideias sobre misturar comidas ou ingredientes: vodca com energético;
- Exemplifica dando nome às substâncias: óleo e água, água e areia, água e açúcar; água e gás carbônico;
- Ideias de mistura de materiais: mistura de substâncias, ou de algo, coisas, produtos;
- Materiais que considera misturas: água, soro, açúcar, sal, cocaína, massinha e café;
- Classifica substâncias compostas como mistura: CO₂ e H₂O.

Pode-se perceber que a ideia de mistura como o ato de misturar aparece de várias formas, confirmando a dificuldade dos alunos reconhecer em materiais de aspecto homogêneo uma mistura. Com esses exemplos chegou-se às categorias apresentadas no Quadro 9.

Quadro 9 - Concepções dos alunos em relação aos exemplos de mistura de substâncias.

CATEGORIAS
0- Não coerente - O aluno escreve: “Eu não sei”, respostas em branco, respostas irrelevantes ou respostas incompreensíveis.
1- Define sem dar exemplo - O aluno dá o conceito de mistura de substância corretamente, mas não dá exemplo.
2- Exemplificam dando nome às substâncias - O aluno dá exemplo de mistura de comida. O aluno dá exemplo de mistura citando as duas substâncias que o compõem.
3- Incorreto - O aluno dá exemplo de substância composta ao invés de mistura.
4- Correto - O aluno exemplifica misturas de forma coerente.

Como já foi discutido, as questões 2 a 5 foram entregues em uma outra folha, e estão no apêndice 1. A segunda pergunta era fechada e tinha por objetivo verificar se os alunos sabiam diferenciar substância, mistura homogênea e mistura heterogênea (Figura 4). A questão apresentou a representação de seis sistemas (água da chuva, água e óleo, água e sal, água e açúcar, água e areia e água filtrada), e os alunos deviam classificar os sistemas através de símbolos que representam substância, mistura, homogênea e heterogênea, respectivamente). O aluno podia usar quantos símbolos achasse necessário para descrever cada sistema.

Para a análise, as respostas dos alunos foram organizadas em substância, mistura homogênea e mistura heterogênea. Consideramos o número de acertos em cada um dos três grupos.

2- Suponha que você fez a seguinte experiência: “No laboratório, você pegou quatro béqueres (copos) e colocou um pouco de água. No primeiro béquer você adicionou uma colher de sal, no segundo adicionou uma colher de areia, no terceiro, uma colher de açúcar e, finalmente, no último, uma colher de óleo. Com uma colher, você mexeu o conteúdo de cada um dos béqueres. Abaixo estão as fotos de como ficaram os copos ao final do experimento. ”

Água e sal

Água e areia

Água e açúcar

Água e óleo

O professor então apresentou a você os seguintes símbolos para que você classifique o conteúdo de cada béquer nesse experimento:

Símbolo	Classificação
	É uma substância
	É uma mistura
	É homogêneo
	É heterogêneo

Coloque, no espaço abaixo das fotos, os símbolos que você escolheu para classificar o conteúdo dos béqueres em cada experimento. Você pode escolher mais de um símbolo.

Figura 4 – Questão 2 do questionário inicial

A 4ª questão do instrumento: “Substância, mistura e materiais são as mesmas coisas?” era de resposta aberta e tinha por objetivo verificar se os alunos sabiam diferenciar os conceitos de material, mistura e substância, e se estabeleciam relações entre eles (figura 5).

4- Para você substância, mistura e material são as mesmas coisas? Explique.

Figura 5 – Questão 4 do questionário inicial

As respostas foram lidas e agrupadas por semelhança, criando-se sete categorias, que estão apresentadas no Quadro 10.

Quadro 10 - Concepções dos alunos em relação às diferenças e semelhanças entre os conceitos de substância, mistura e material

CATEGORIAS
0- Não coerente - O aluno escreve: "Eu não sei", respostas em branco, respostas irrelevantes ou respostas incompreensíveis
1- Não distingue e não explica - Substância, mistura e material são as mesmas coisas, mas não explica.
2- Distingue, mas não explica - Substância, mistura e material são coisas diferentes, porém não explica.
3- Material - material igual à substância, objeto, sólido, amostra, matéria; ou ideias associadas a estados físicos. Mistura como junção de coisas, materiais. Ou ainda materiais são compostos de misturas que são compostos de substâncias.
4- Macro - Substância como entidade única, mistura de duas ou mais coisas ou substâncias. Ainda, tanto substância quanto misturas são materiais.
5- Micro incoerente - Substância possui ou é um elemento químico, mistura como conjunto de elementos químicos e material é a junção de tudo ou amostra.
6- Micro - Substância possui apenas um tipo de molécula ou partícula, mistura possui mais de um tipo de molécula.

A 5ª questão do questionário era de resposta fechada, e os alunos deveriam classificar diversos materiais de seu cotidiano em substâncias ou misturas de substâncias (figura 6). Os materiais eram: ar, água do mar, leite, terra, pedra, "novalgina", detergente, tinta de caneta, gás de cozinha, vidro, gasolina, água, gás oxigênio, gás carbônico, alumínio, cobre e açúcar. Para a análise levamos em consideração que os alunos trazem a ideia de que o que vem da natureza e não agride a saúde é substância (CARVALHO, 2005). Para isso organizou-se os exemplos de

materiais em três grupos: substâncias (água, gás oxigênio, gás carbônico, alumínio, cobre e açúcar), misturas naturais (ar, água do mar, leite, terra, pedra) e misturas não naturais (novalgina, detergente, tinta de caneta, gás de cozinha, vidro, gasolina). Consideramos o número de acertos em cada um dos três grupos.

5- Para os sistemas apresentados a seguir, assinale com um “S” os que forem substâncias e com “M” os que forem misturas. No caso de misturas, descreva os seus componentes.

	“S” para substância <u>ou</u> “M” para mistura	Componentes (quando for mistura)
Um pouco de água		
Ar em uma bexiga		
Um pedaço de fio de cobre		
Uma colher de açúcar		
Um copo de leite		
Um pedaço de vidro		
Uma pequena pedra		
Gotas de <u>novalgina</u>		
Um frasco de detergente		
Um balão de oxigênio		
Um botijão com gás de cozinha		
Um baldinho com água do mar		
Um pouco de terra de jardim		
Tinta de caneta		
Um litro de gasolina utilizada em automóveis		
Uma lata de alumínio		
Gás carbônico		

Figura 6 – Questão 5 do questionário inicial.

Com a análise das respostas dos alunos nestes questionários, e os resultados das pesquisas realizadas foi possível determinar as ideias que os alunos de 9º ano apresentam sobre substâncias e misturas de substâncias. A identificação da demanda de aprendizagem foi obtida, então, da comparação desta visão dos alunos com os conceitos a serem abordados nesta área do currículo, com alunos deste nível de ensino, conforme mostra o quadro 11. Com a demanda de aprendizagem estabelecida a sequência foi então planejada, validada e aplicada.

Quadro 11 - Aspectos conceituais a serem abordados e visões dos alunos

Aspectos conceituais a serem abordados	Visões dos alunos
Material pode ser feito de uma ou mais substâncias.	Substância e material são as mesmas coisas.
As substâncias possuem propriedades definidas.	Substância está ligada à um estado físico: é sólida, é líquida.
A maioria dos materiais que conhecemos são misturas de substâncias.	Os materiais encontrados na natureza são substâncias
As substâncias podem ser naturais ou artificiais.	Substância é natural.
As misturas podem ser separadas para a obtenção de substâncias.	
A substância é constituída por um único tipo de partícula (átomo, molécula ou par iônico).	Substância é formada por um único elemento.

2.2 A Sequência Didática

Uma sequência didática é um conjunto de atividades planejadas para ensinar um determinado conteúdo etapa por etapa, organizadas de acordo com os objetivos que o professor quer alcançar para a aprendizagem de seus alunos. A sequência didática permite desenvolver com os alunos habilidades e competências necessárias à aprendizagem dos conteúdos científicos das diferentes áreas do saber.

Nesta seção será descrita a construção, validação e aplicação da sequência didática. A sequência foi planejada para alcançar as demandas de aprendizagem estabelecidas anteriormente num total de oito aulas. Os objetivos, sequência e instrumentos utilizados para a coleta de dados em cada aula está apresentado no quadro 6.

A validação da sequência foi feita com a discussão das aulas planejadas por professores especialistas que fazem parte do Grupo de Pesquisa em Educação Química (GEPEQ), do qual a pesquisadora faz parte. Em seguida foi aplicado um piloto e após a validação, foram feitas as alterações necessárias.

Finalmente a aplicação da sequência didática foi realizada em três salas de 9º ano e os dados coletados analisados.

a) Planejamento e construção da sequência

Quadro 12 - Desenvolvimento da sequência didática

	Objetivo	Sequência de atividade	Instrumentos de coleta e dados
Aula 1	<ul style="list-style-type: none"> - Construir a ideia de que os materiais podem ser formados por mais de um material. - Introduzir a ideia de classificação de materiais de acordo com a sua “composição”. 	<ul style="list-style-type: none"> - Aplicação do instrumento inicial para avaliar ao final da sequência a evolução nos modelos mentais dos alunos em relação aos conceitos tratados. - Observação, pelos alunos, de alguns sistemas materiais (pedra, leite, granito, latão, água do mar, petróleo, sal, açúcar, leite de magnésia, terra e ferro) e construção de uma tabela com escolha de critérios para a classificação desses materiais. - Explicitação das ideias do aluno, utilizando uma folha de trabalho, na qual, evidenciou o critério utilizado para a classificação dos sistemas. 	<p>Discussões gravadas em áudio e vídeo.</p> <p>Folha de trabalho como exercício de reflexão individual.</p>

Aula 2	<ul style="list-style-type: none"> - Elaborar a ideia de que um sistema homogêneo pode ser apenas um material ou uma mistura de mais de um material. - Distinguir entre os sistemas materiais, as misturas homogêneas das misturas heterogêneas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Comparação das ideias e propostas de grupos dos alunos. - Classificação dos sistemas observados anteriormente, porém agora com critérios definidos pelo professor: composição do material (apenas um tipo ou mais de um) e aparência do material (homogêneo ou heterogêneo). - Discussão e sistematização das ideias apresentadas pelos alunos nas classificações dos materiais. 	<p>Discussões gravadas em áudio e vídeo.</p> <p>Folha de trabalho como exercício de reflexão individual.</p>
--------	--	--	--

Aula 3	<ul style="list-style-type: none"> - Reforçar a ideia de que nem todo material que possui uma aparência homogênea é formado por apenas um tipo de material. - Introduzir o conceito de substância. - Diferenciação da ideia de material e substância. - Reconhecer a presença de substâncias em misturas homogêneas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Reflexão, por parte dos alunos, através da questão dirigida, sobre como poderíamos verificar que há sal na água do mar. - Confronto entre as ideias estabelecidas pelos alunos, sob a orientação da professora. - Propor procedimentos para a obtenção do sal. - Demonstração de um experimento realizado pela professora, para verificar que a água que separou da mistura. - Propor procedimento para verificar que a água que se separou da mistura é apenas uma substância. - Contextualização do tema, com leitura e discussão de um texto, apresentando a composição do sal marinho. - Resolução de exercícios. 	<p>Discussões gravadas em áudio e vídeo.</p> <p>Folha de trabalho como exercício de reflexão individual.</p>
--------	--	---	--

Aula 4	<ul style="list-style-type: none"> - Reconhecer a presença de substâncias em materiais heterogêneos. - Refletir sobre o fato de que a maioria dos materiais são misturas. - Compreender que misturas não são apenas aquelas que exigem o ato de misturar, que são materiais que sempre vem das misturas de outros dois. <p>Introduzir o conceito de misturas de substâncias.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Propor procedimentos para observação das amostras de terra e separação de seus componentes por diferença de densidade quando misturados à água. - Desenvolvimento de atividade experimental sobre a separação da terra. - Estabelecimento de discussões e confronto de ideias entre os alunos no pequeno grupo. - Questionar a aparência desse material para construir a ideia de sistema heterogêneo. 	<p>Discussões gravadas em áudio e vídeo.</p> <p>Folha de trabalho como exercício de reflexão individual.</p>
--------	---	---	--

Aula 5	<ul style="list-style-type: none"> - Refletir sobre o fato de que a substância pode ser natural ou sintética. 	<ul style="list-style-type: none"> - Reflexão, por parte dos alunos, através de questões dirigidas, sobre o fato de que nem tudo que é natural é apenas uma substância. - Confronto entre as ideias estabelecidas pelos alunos, sob a orientação da professora. - Apresentar aos alunos um pequeno texto sobre frutas e sua composição. - Análise de dados de uma tabela, que relaciona dose diária de vitamina C necessária para indivíduos em diferentes faixas etárias, objetivando a percepção, por parte dos alunos, de que a vitamina C é uma das substâncias presentes nas frutas. - Estender a discussão para outros materiais naturais. - Após a leitura, pedir aos alunos que, se acharem necessário, reformulem suas respostas se frutas são feitas de apenas uma substância. 	<p>Discussões gravadas em áudio e vídeo.</p> <p>Folha de trabalho como exercício de reflexão individual.</p>
--------	--	--	--

Aula 6	<ul style="list-style-type: none"> - Entender a necessidade de se separar as substâncias. - Refletir sobre como os metais que estão presentes em vários materiais são encontrados na natureza. 	<ul style="list-style-type: none"> - Reflexão, por parte dos alunos, através de questões dirigidas, sobre o fato de que nem tudo que é natural tem apenas uma substância. - Apresentação para os alunos observarem vários metais e ligas metálicas. - Utilização de textos, desenhos e esquemas para explicar a obtenção do ferro-gusa do minério hematita. - Apresentação de um filme que mostra a transformação do alumínio desde sua extração da bauxita até o produto final. - Explicitação das ideias do aluno, utilizando uma folha de trabalho, na qual, respondem questões 	<p>Discussões gravadas em áudio e vídeo.</p> <p>Folha de trabalho como exercício de reflexão individual.</p>
--------	--	---	--

Aula 7	<p>-Compreender que substâncias podem ser reconhecidas pelas suas propriedades específicas como ponto de fusão e ponto de ebulição.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Observação dos alunos de um experimento demonstrado pela professora para coletarem dados experimentais, construir uma tabela e analisando esses dados chegarem à conclusão sobre o comportamento da temperatura na mudança de estado de uma amostra de água destilada e água com sal. - Apresentação e discussão de um texto que explica que as substâncias possuem os mesmos tipos de partículas 	<p>Discussões gravadas em áudio e vídeo.</p> <p>Folha de trabalho como exercício de reflexão individual.</p>
Aula 8	<ul style="list-style-type: none"> - Elaborar um esquema ou diagrama para organizar os conceitos elaborados. - Explicitar as relações estabelecidas entre os conceitos construídos. - Compartilhar significados no contexto das atividades propostas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Formação de equipes, visando um trabalho cooperativo. - Confronto entre as ideias dos alunos, em pequenas equipes, com a retomada dos conceitos construídos durante as atividades. - Elaboração de um esquema ou diagrama. 	<p>Discussões gravadas em áudio e vídeo.</p> <p>Diagrama.</p>

b) A validação da sequência

Foi aplicado um piloto da sequência didática em uma classe de 9º ano do período da tarde de uma escola pública no estado de São Paulo. A própria pesquisadora aplicou as aulas, pois o professor de ciências estava de licença, e a classe estava sem substituto. Foram oito aulas de 50 minutos em quatro dias (13, 14, 21 e 22 de novembro de 2012). Havia um total de 16 alunos com idade entre 14 e 15 anos. Para cada aula foi feito e entregue aos alunos um roteiro com as atividades propostas e descritas abaixo. As aulas foram filmadas e gravadas.

Após a aplicação da sequência piloto os resultados foram apresentados aos integrantes do GEPEQ para a validação. Foram apresentados fragmentos das aulas gravadas em vídeo, transcrições de gravação de áudio, assim como o parecer da pesquisadora para cada aula. As discussões e sugestões para ajustes para a sequência didática foram:

1ª aula: na primeira aula a turma foi dividida em 4 grupos e foi entregue a cada grupo um kit com 12 materiais diferentes. Eles discutiram as questões propostas e classificaram esses materiais da forma que quiseram. A análise do material mostra que todos os grupos separaram os materiais de acordo com o estado físico, ou seja: sólido, líquido e gasoso. A sugestão foi acrescentar a pergunta: “Pensando em que os materiais são feitos, como você os classificaria?”

2ª aula: nessa segunda aula os alunos receberam uma tabela pronta para classificar quanto à composição e a aparência. Os alunos sentiram dificuldades em preencher a tabela já que a maioria não entendeu que se tratava de dois critérios diferentes e que poderiam repetir o material em duas colunas, pois eram características distintas. Decidiu-se então dividir a tabela em duas, conforme mostra o quadro 13. Ainda na aula 2 a questão 3 foi de difícil interpretação para os alunos, sendo que eles não respondiam a questão deixando-a em branco e diziam para a professora-pesquisadora que não sabiam responder. A questão foi alterada de: “A que conclusão você pode chegar à relação à aparência e composição dos materiais?” para “Todos os materiais que aparentam serem formado por apenas 1 material são sempre feitos de apenas uma “coisa”?

Quadro 13 – Tabelas utilizadas na 2ª aula da sequência

É feito de apenas um material	É feito de mais de um material	Tem aparência homogênea	Não tem aparência homogênea

É feito de apenas um material	É feito de mais de um material

Tem aparência homogênea	Não tem aparência homogênea

3ª aula: nessa aula os alunos foram questionados a respeito da composição da água do mar e como poderíamos separar seus componentes, já que grande parte dos alunos sabe que a água do mar contém pelo menos água e sal. Não foi feita nenhuma modificação para essa aula a partir da aula planejada e aplicada.

4ª aula: o objetivo dessa aula era que os alunos reconhecessem as substâncias em sistemas heterogêneos. Para isso eles investigaram duas amostras de terra de constituição diferentes. Tanto em pesquisas anteriores como no instrumento inicial aplicado aos alunos observou-se como uma das dificuldades dos alunos em relação ao conceito de mistura de substâncias é perceber que a maior parte dos materiais de nosso dia a dia são misturas, e não só aquelas que fazemos com o ato de misturar. Neste momento então decidiu-se apresentar situações onde eles pudessem classificar em substâncias, misturas homogêneas ou heterogêneas.

5ª aula: na aplicação do piloto foi observada uma dificuldade muito grande dos alunos em se concentrar na leitura do texto e fazer sua interpretação. A apresentação de uma situação problematizadora antes de fazer a leitura do texto, e a modificação da pergunta foram as alterações feitas.

6ª aula: o objetivo desta aula é que o aluno entendesse que os metais não existem puros na natureza e sim em forma de misturas: os minérios. Como na aplicação do piloto não houve interesse dos alunos no texto apresentado sobre a fabricação do ferro, foi sugerido no encontro do GEPEQ que se fizesse uma história em quadrinhos para atingir esse objetivo. Foi feita uma introdução em quadrinhos e depois com figuras e frases curtas uma sequência da produção do aço. Também foi mostrado aos alunos um filme sobre a produção do alumínio.

7ª aula: nessa aula foram feitas poucas mudanças, apenas os conceitos que encerram a aula foram colocados em uma linguagem mais próxima da realidade do aluno com figuras e fotos.

8ª aula: A leitura de rótulos e sua importância para reconhecer se o material é substância ou mistura foi colocada no início dessa aula, sendo retomados todos os conceitos estudados nas aulas anteriores. Em seguida apresenta-se o que é, como fazer e dois exemplos simples de um esquema ou diagrama para que os alunos em seguida, primeiro em grupo e depois individualmente, possam fazer seus próprios diagramas.

Com a aplicação do piloto e sua validação pelos especialistas do GEPEQ, percebeu-se que as aulas da sequência atendiam à demanda de aprendizagem identificada, e estavam organizadas para que os alunos, a partir de suas ideias do dia a dia, e das atividades propostas onde os mesmos observaram situações, materiais e atividades experimentais, fossem levados a refletir sobre suas ideias e quem sabe lhe dar um novo significado mais próximo do científico. O que se esperava com essa sequência, portanto, é que essa reflexão, juntamente com questões sobre o que eles estudaram levassem o aluno a uma aprendizagem dos conceitos de substância e mistura de substâncias.

c) A aplicação da sequência didática

Todos os dados foram obtidos pela pesquisadora durante o mês de março de 2013. O material desenvolvido para os alunos foi levado para a sala de aula e entregues a eles com a ajuda da pesquisadora. Durante os trabalhos em grupo dos alunos, a própria pesquisadora, com o auxílio da professora, distribuiu alguns gravadores nos grupos na tentativa de registrar as interações orais dos alunos durante as discussões para a elaboração das respostas. No entanto, como os dados foram obtidos da análise dos instrumentos aplicados antes e após sequência, para esta pesquisa não foram analisadas as gravações das aulas.

Antes de iniciar a pesquisa na escola e com a professora, foi feita a solicitação de permissão de pesquisa junto à diretoria da escola. Além disso, os alunos também receberam orientações, por escrito, sobre o que seria feito na sala. Para todos os 100 alunos, foram recolhidas as autorizações por escrito. Os maiores de idade assinaram e os menores levaram aos seus responsáveis.

A seguir, dentro da abordagem qualitativa de nossa pesquisa, foi realizada a delimitação da mesma.

➤ As escolas

As escolas em que foram aplicadas a sequência didática são escolas estaduais em que funcionam apenas o Ensino Fundamental II. Estão localizadas no bairro da Água Rasa e Tatuapé, ambas na zona leste da cidade.

A pesquisa foi realizada com alunos do 9º ano do ensino fundamental II, no período vespertino. As escolas, nesse período, estavam limpas e organizadas. Os professores, reunidos na sala dos professores, recebiam um lanche da cantina das escolas. Daqueles com quem foi conversado, do período vespertino, todos eram concursados e efetivos nessas escolas. Vários trabalhavam na escola havia muito tempo. Nas duas escolas, as aulas eram de 50 minutos no período da tarde (quadro 14).

Na escola 1 a sequência foi aplicada em 2 aulas por dia, nos dias 07, 08, 14 e 15 de março. Cada turma tinha 35 alunos com idade de 13 a 15 anos. A professora de ciências era a mesma para as duas turmas. A aplicação da sequência foi feita em grande parte pela pesquisadora, já que a professora, muitas vezes, pedia, pois se mostrava insegura para dar as aulas.

Na escola 2 os alunos tinham uma aula de ciências, quatro vezes por semana, portanto a sequência foi aplicada em oito dias do mês de março. Nesta escola a própria professora da classe aplicou a sequência, sempre com a presença da pesquisadora. A turma tinha 30 alunos com idade de 13 a 15 anos.

Quadro 14 - Características das escolas onde foi aplicada a sequência didática

	Total de alunos 9º ano EF	Município/estado	Rede
Escola 1	Turma 1 – 35	São Paulo/ SP	Pública
	Turma 2 – 35		
Escola 2	30	São Paulo / SP	Pública
Total de alunos	100		

➤ As professoras

As professoras eram concursadas no estado e já tinham tempo de serviço suficiente para aposentadoria. Formadas em ciências biológicas em faculdades particulares de São Paulo, trabalhavam no período vespertino nessas escolas há mais de quinze anos como professoras de ciências.

➤ Os alunos

Os alunos eram do 9º ano do ensino fundamental II. Foram três classes. Antes do início da pesquisa, a professora conversou com a turma sobre a pesquisa e informou qual conteúdo seria tratado. Vários alunos conheciam a Universidade de São Paulo e demonstraram entusiasmo desde o início da pesquisa, segundo relatou a professora. Conforme apresentado anteriormente, antes de iniciar, foi enviado um documento com a breve descrição das atividades e a solicitação de autorização aos alunos (ou aos responsáveis, caso fossem menores de idade) para a participação nesta pesquisa.

Antes da aplicação da sequência didática os alunos responderam a um instrumento (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**) em uma aula de ciências que antecedeu ao início da SD, e um instrumento muito parecido foi aplicado após a última aula da sequência (apêndice 3). Esse instrumento foi adaptado daquele inicial, que continha cinco questões e foi descrito anteriormente. Após seis meses do término das aulas da sequência didática, foi aplicada uma nova adaptação do instrumento anterior (apêndice 4). Não foi utilizado exatamente o mesmo instrumento para se evitar que a possível memorização das respostas pelos alunos os levasse ao acerto das questões. Para tanto, manteve-se o objetivo de uma das questões, mas trocaram-se os materiais que eles deveriam classificar por outros. Nesse instrumento também haviam questões que tentavam verificar a aprendizagem de alguns conceitos e ideias que foram ensinadas durante a aplicação da sequência.

Abaixo, o quadro 15, com as aulas dadas:

Quadro 15: Síntese da implantação da sequência nas escolas

Aulas	Local	Conteúdo conceitual	Estratégia pedagógica	Material utilizado
Pré-teste	Sala de aula		Motivação e preparação da turma para a pesquisa e a sequência. Passa o questionário (pré-teste) para todos os alunos, e passa a autorização.	Questionário Pré-teste
Aula 1	Laboratório	Materiais	Observação e discussão em grupo	9 estantes de tubo de ensaio com: pedra, leite, granito, medalha de bronze, água do mar, petróleo, sal, açúcar, leite de magnésia, terra, hematita e ferro. Folha do aluno.
Aula 2	Sala de aula	Sistemas homogêneos e heterogêneos	Individual	Folha do aluno.

Aula 3	Sala de aula	Substância	Demonstração de experimento pela professora	Folha do aluno. Aquecedor, cápsulas de porcelana grande e pequena, vidros de relógio grande e pequeno, tábua de madeira, água e sal, pano.
Aula 4	Laboratório	Mistura de substâncias	Experimentação em grupo	18 garrafas pet, terra de jardim e outro tipo de terra, água, lupas, pratos de plástico e panos. Folha do aluno.
Aula 5	Sala de aula	Natural e sintético	Ler texto e discutir questões	Folha do aluno. Balança digital e comprimidos de vitamina C.
Aula 6	Sala de vídeo	Separação de misturas	Assistir filme, ler texto e discutir questões	Filme da Companhia Brasileira de Alumínio. Folha do aluno.
Aula 7	Sala de aula	Propriedades específicas	Demonstração de experimento pela professora	Dois béqueres, dois termômetros, cronômetro, aquecedor, tábua de madeira, panos, álcool e gelo, caixa de isopor, dois tubos de ensaio, água e água com sal. Folha do aluno.
Aula 8	Sala de aula	Esquema ou diagrama	Atividade em grupo e depois individual	Folha do aluno.
Pós teste	Sala de aula		Agradecimentos e preenchimento do questionário individual	Questionário pós teste
Pós seis	Sala de aula		Agradecimentos e preenchimento do questionário individual	Questionário pós seis meses

A seguir, será apresentado, aula a aula, os aspectos tratados com mais detalhamento.

Antes do Início da Sequência,

Materiais: questionários “pré-teste” (apêndice 2) e autorizações para realização da pesquisa.

Atividades para alunos e professora: A professora da classe faz a motivação e prepara a turma para a sequência. Aplicou o questionário pré-teste para todos os alunos para o levantamento de concepções alternativas. Os alunos respondem os questionários e os entregaram para a professora ao final da aula. As questões do questionário buscaram as concepções dos alunos sobre os conceitos que seriam tratados na sequência. Nas figuras 7, 8 e 9 o conteúdo desse pré-teste:

1- Você já deve ter ouvido falar em substâncias e misturas. Explique o que você sabe sobre substância e mistura de substâncias, e dê exemplos.]

Substância: _____

Mistura: _____

Dê exemplos de substâncias e misturas de substâncias:

Substância	Misturas de substâncias

Figura 7 – Questão 1 do questionário aplicado antes da sequência ou pré-teste.

2- Suponha que você fez a seguinte experiência: “No laboratório, você pegou cinco béqueres (copos) e colocou um pouco de água filtrada. No primeiro béquer você adicionou uma colher de sal, no segundo adicionou uma colher de areia, no terceiro, uma colher de açúcar, no quarto béquer uma colher de óleo e, finalmente, no último, você não adicionou nada. Com uma colher, você mexeu o conteúdo de cada um dos béqueres. Em seguida você encheu mais um béquer com água da chuva. Abaixo estão as fotos de como ficaram os copos ao final do experimento.

O professor então apresentou a você os seguintes símbolos para que você classifique o conteúdo de cada béquer nesse experimento. Coloque, no espaço abaixo das fotos, os símbolos que você escolheu para classificar o conteúdo dos béqueres em cada experimento. ATENÇÃO: **você pode escolher quantos símbolos forem necessários.**

Símbolo
Classificação	É uma substância	É uma mistura	É homogêneo	É heterogêneo

3- Para você substância, mistura e material são as mesmas coisas? Explique.

() não sei.

() sim, são as mesmas coisas pois _____

() não, são coisas diferentes. Substância é _____

mistura é _____ e

material é _____

Figura 8– Questões 2 e 3 do questionário aplicado antes da sequência ou pré-teste.

4- Para os sistemas apresentados a seguir, assinale com um “S” os que forem substâncias e com “M” os que forem misturas. No caso de misturas, descreva os seus componentes.

	“S” para substância <u>ou</u> “M” para mistura	Componentes (quando for mistura)
Água do mar	M	Água + sais + gás oxigênio
Um pouco de água		
Ar em uma bexiga		
Um pedaço de fio de cobre		
Uma colher de açúcar		
Um copo de leite		
Um pedaço de vidro		
Uma pequena pedra		
Gotas de <u>novalgina</u>		
Um frasco de detergente		
Um balão de oxigênio		
Um botijão com gás de cozinha		
Um baldinho com água do mar		
Um pouco de terra de jardim		
Tinta de caneta		
Um litro de gasolina utilizada em automóveis		
Uma lata de alumínio		
Gás carbônico		

Figura 9 – Questão 4 do questionário aplicado antes da sequência ou pré-teste.

O objetivo de cada questão deste questionário pré-teste já foi apresentado neste trabalho, pois as questões deste instrumento estão no questionário inicial, o qual já foi discutido.

Aula Um:

Materiais produzidos e utilizados:

- Folha do aluno aula 1 e 2 (ver folha completa no apêndice 5 – Aula 1 e 2 – Do que são feitos os materiais);
- Oito estantes para tubos de ensaio com quatro tubos de ensaio contendo cada um: leite, água do mar, petróleo e leite de magnésia. Oito conjuntos de oito frascos plásticos com tampa contendo cada um: terra, hematita, ferro, pedra, granito, bronze, sal e açúcar.

Atividades para Alunos:

Para o início da sequência didática, a professora fez o contexto da pesquisa, apresentou a pesquisadora, que estava dentro da sala e acompanhou as atividades ajudando no preparo e entrega dos materiais. A professora iniciou entregando a folha do aluno individualmente, e pediu que os alunos formassem oito grupos e colocou os materiais sobre as mesas dos grupos formados. Pediu que observassem atentamente cada material, discutindo com eles a questão de não se cheirar ou provar nenhum material. Na escola 1 os alunos foram ao laboratório para realizar as duas primeiras aulas. Eles nunca haviam ido, e estavam bastante interessados e motivados com a nova experiência. Na escola 2 os grupos foram formados na própria sala de aula pois não foi possível usar o laboratório naquela semana. Foi pedido que eles lessem, pensassem e discutissem com seus pares sobre as questões propostas conforme a figura 10.

Nome _____ nº _____ 8ª _____ Data: ____/____/____

Aula 1 e 2 - DO QUE SÃO FEITOS OS MATERIAIS

Observe os materiais que estão sobre sua mesa:

- pedra, leite, latão, granito, água do mar, petróleo, sal, açúcar, leite de magnésia, terra e ferro.

Pense e reflita:

- Do que você acha que esses materiais são feitos?
- Descreva sua aparência.
- Você consegue perceber a presença de mais de um material compondo esse material?

Figura 10: Folha do aluno com questões iniciais para investigação do que são feitos os materiais – entregue no início da aula 1.

A professora explicou que eles iriam fazer essa atividade ao longo de duas aulas para poder resolver toda as questões propostas na folha. Apesar deles estarem em grupos e fazendo a discussão juntos, foi solicitado que cada um escrevesse suas próprias respostas independente da resposta do colega, de forma a incentivar a participação e o envolvimento de todos os alunos. Foi solicitado então aos grupos que seguissem as orientações da folha, como apresentado na figura 11.

Classifique os materiais que estão na sua mesa quanto à sua composição, ou seja, se feito de apenas um material ou mais de um. Registre seus resultados na tabela abaixo.

Material	É feito de apenas um material	É feito de mais de um material
Pedra		
Leite		
Granito		
Água do mar		
Petróleo		
Sal		
Açúcar		
Leite de magnésia		
Terra		
Ferro		
Latão		

Figura 11 – Atividade realizada pelos alunos durante as aulas 1 e 2 da sequência.

Ao final da aula a professora recolheu a folha 1 e 2 dos alunos. O início da sequência pretendeu construir a ideia de que os materiais podem ser formados por mais de um material, de que a aparência homogênea nem sempre indica que ali só há um tipo de material, e que muitas vezes na verdade há uma mistura de materiais, introduzindo a ideia de classificar os materiais de acordo com sua “composição” e não aparência.

Aula dois:

Materiais produzidos e utilizados:

- Folha do aluno aula 1 e 2 (ver folha completa no apêndice 5 – Aula 1 e 2 – Do que são feitos os materiais);
- Oito estantes para tubos de ensaio com quatro tubos de ensaio contendo cada um: leite, água do mar, petróleo e leite de magnésia. Oito conjuntos de

oito frascos plásticos com tampa contendo cada um: terra, hematita, ferro, pedra, granito, bronze, sal e açúcar.

Atividades para Alunos:

Na aula dois a professora iniciou retomando as ideias discutidas na aula anterior, perguntando aos alunos se a aparência do material poderia indicar com certeza a sua composição, e deixando os alunos manifestarem suas ideias. Em seguida devolveu a folha da aula anterior para cada aluno, pedindo que formassem os mesmos grupos e distribuiu novamente o material. Pediu que seguissem as orientações da folha e fizessem a segunda tabela e respondesse os exercícios. Após 20 minutos pediu que eles retornassem aos seus lugares e foi fazendo a correção oralmente pedindo que seus alunos dessem as respostas. Ao final fez a conclusão da parte teórica, elaborando com eles a ideia de que um sistema homogêneo pode ser apenas um material ou uma mistura de mais de um material, e distinguindo entre os sistemas materiais, as misturas homogêneas das misturas heterogêneas.

Aula três:

Materiais produzidos e utilizados:

- Folha do aluno 3 (ver folha completa no apêndice 6 – Aula 3 - Reconhecimento de substâncias em materiais homogêneos).
- Material para atividade experimental por demonstração: Aquecedor, cápsulas de porcelana grande e pequena, vidros de relógio grande e pequeno, tábua de madeira, água e sal, pano.

Atividades para Alunos:

Na aula três a professora iniciou com uma retomada da ideia de que nem todo material que apresenta uma aparência homogênea é formado por apenas um tipo de material. Em seguida, apresentou a questão para os alunos refletirem em como se poderia verificar que há sal na água do mar, mediando a apresentação das ideias dos alunos. Em seguida a professora fez a demonstração de um experimento aquecendo uma amostra de água e sal para verificar que a água separou da mistura. Com a água condensada em um vidro de relógio e armazenada em outra cápsula de porcelana menor, indagou aos alunos se aquela água continha mais algum outro material, ao apenas água, mostrando aos alunos o sal que restou na cápsula inicial. E qual o procedimento para verificar se a amostra de água que havia evaporado e condensado era realmente apenas um material (figura 12).

Aula 3: RECONHECIMENTO DE SUBSTÂNCIAS EM MATERIAIS HOMOGÊNEOS

Sabemos que a água do mar é formada por água e sais, que estão dissolvidos e não o observamos diretamente.

➤ Como poderíamos verificar que há sais na água do mar?

Experimentação:

MATERIAL:

- Amostra de água do mar
- Cápsula de porcelana
- Vidro de relógio
- Aquecedor

PROCEDIMENTO:

- Colocar a amostra de água do mar dentro da cápsula de porcelana.
- Cobrir a cápsula de porcelana com um vidro de relógio.
- Aquecer o material com o aquecedor elétrico.
- Observar e registrar.
- Recolher o material que se formou no vidro de relógio e repetir o mesmo procedimento.

Figura 12: Discussão inicial e apresentação do experimento da aula 3 da sequência.

Após a discussão conduzida pela professora os alunos concluem que devem aquecer novamente a amostra e verificar o que sobra na cápsula. Segundo os alunos não deveria restar nada, o que fica demonstrado. Durante todo o experimento e discussão os alunos vão anotando e respondendo as questões sugeridas na folha da aula 3 (figura 13).

APÓS O 1º AQUECIMENTO:

1- O que se formou no vidro de relógio? Como isso ocorreu?

2- O que você observou na cápsula de porcelana? Você sabe que material é esse?

3- O que você pode concluir a partir dessa observação em relação à constituição da água do mar?

APÓS O 2º AQUECIMENTO:

4- O que você pode observar no vidro de relógio? Explique.

5- O que você pode observar na cápsula de porcelana? Como você explica esse fato?

6- Como podemos classificar a água que obtivemos?

Figura 13 – Questões de discussão durante o experimento realizado na aula 3 da sequência.

Após os alunos verificarem que não sobrou nada na cápsula após o aquecimento da água, após o aquecimento da amostra de água e sal, os alunos concluíram que quando um material apresenta apenas uma “coisa” é chamado de substância. Foi então apresentado aos alunos um texto contextualizando o tema e duas questões de discussão (figura 14). O objetivo era que os alunos percebam que a mistura de água do mar não é de apenas água e sal, que esse sal também é uma mistura de várias substâncias. O objetivo dessa aula foi o de introduzir o conceito de substância, diferenciar material e substância e reconhecer a presença de substâncias em misturas homogêneas.

SAL MARINHO:

Obtido da água do mar e usado como agente de conservação de carnes vermelhas e peixes (carne-seca e bacalhau são exemplos), o sal marinho é um sólido cristalino, ligeiramente transparente e higroscópico, ou seja, tende a absorver a água presente no ar úmido. É mistura heterogênea constituída principalmente de cloreto de sódio (NaCl), cloreto de magnésio (MgCl₂), responsável pelo fato de o sal ser higroscópico e de vários outros sais em menores quantidades e alguns sólidos variados como a sílica, principal constituinte da areia.

Por processos de separação apropriados, obtém-se o cloreto de sódio puro, um material homogêneo, incolor e transparente, solúvel em água, que se funde a 801°C e entra em ebulição a 1413°C.

Materiais e Substâncias – Pitombo L.R.M. e Lisboa J.C.F. – Escolas Associadas – p. 18

7- Sal marinho é:

() uma substância	() uma mistura de substâncias
() mistura homogênea	() mistura heterogênea

Nós chamamos de substância um material puro, que não é misturado a outros materiais.

8- Voltando aos materiais estudados na aula passada (pedra, leite, latão, granito, água do mar, petróleo, sal, açúcar, leite de magnésia, terra e ferro), quais deles podemos classificar como substâncias? Por quê?

Figura 14 – Texto de contextualização utilizado na aula 3.

Aula quatro:

Materiais produzidos e utilizados:

- Folha do aluno 4 (ver folha completa no apêndice 7 – Aula 4 - Reconhecimento de substâncias em materiais heterogêneos).
- Material para atividade experimental: Duas amostras de terras de composições diferentes, dois frascos transparentes com tampa, lupa, dois pratos plásticos, duas colheres plásticas e água.

Atividades para Alunos:

A aula quatro foi realizada nos laboratórios das respectivas escolas 1 e 2 pelas três turmas. A professora iniciou a aula com uma retomada da ideia construída na aula anterior sobre o conceito de substância, e discutiu como identificaram mais de uma substância em um material de uma aparência única, ou seja, homogêneo. Em seguida questionou os alunos sobre a terra ser uma mistura de substâncias ou apenas uma substância,

e após conclusão da sala de que era uma mistura, questionou quantas substâncias haveriam em uma amostra de terra e como separá-las. A professora pediu que se dividissem pelas bancadas do laboratório em oito grupos, não necessariamente os mesmos formados nas aulas 1 e 2. O material já havia sido distribuído nas bancadas pela pesquisadora e então receberam a folha da aula 4. Foram orientados a seguir o procedimento descrito na folha (figura 15).

Realizaram o experimento enquanto a professora e a pesquisadora circulavam entre eles discutindo e chamando a atenção para a observação atenta dos materiais.

Aula 4: RECONHECIMENTO DE SUBSTÂNCIAS EM MATERIAIS HETEROGÊNEOS

- A terra é uma mistura de materiais?
- Como podemos verificar se a terra é uma mistura?

Experimentação: Investigando os componentes do solo

Material:

- Duas amostras de terras de composições diferentes;
- Dois frascos transparentes com tampa;
- Lupa;
- Dois pratos plásticos;
- Duas colheres plásticas;
- Água.

Procedimento:

ExoHorizontal (Categoria)

- Coloque uma colher de cada amostra de terra em dois pratos.
- Observe os materiais. Esfarele um pouco de cada amostra de solo com os dedos e verifique qual é mais macia, qual é mais áspera e qual se esfarela mais facilmente.
- Examine agora, com a lupa, o material que foi esfarelado e procure descrever o que observou.
- Coloque cada amostra do solo em uma garrafa e acrescente água até cerca de metade de sua capacidade. Agite bem, coloque-as em repouso e observe-as, sem agitá-las novamente, após alguns minutos e após alguns dias.

Figura 15 – Folha do aluno da aula 4.

Durante o experimento, os alunos foram respondendo as questões da folha enquanto discutiam com seus pares suas ideias. Aqueles que terminavam responderam as questões de 4 a 7 da folha que receberam, conforme figura 16.

1- As amostras de terra tem aspecto homogêneo ou heterogêneo?

2- O que você observou de diferente nos dois materiais a olho nu? E com a lupa?

3- Foi possível separar os diferentes materiais que compõe a terra? Como?

4- Por que você acha que eles se separaram?

Figura 16 – Questões utilizadas na discussão do experimento da aula 4 da sequência.

Os objetivos dessa aula eram reconhecer a presença de substâncias em materiais heterogêneos, refletir sobre o fato de que a maioria dos materiais são misturas, compreender que misturas não são apenas aquelas que exigem o ato de misturar, que são materiais que sempre vem das misturas de outros dois, e finalmente introduzir o conceito de misturas de substâncias.

Aula cinco:

Materiais produzidos e utilizados:

- Folha do aluno aula 5 (ver folha completa no apêndice 8 – Aula 5 – Substância natural e artificial).
- Material: comprimidos de vitamina C e balança.

Atividades para Alunos:

Na aula cinco a professora iniciou com uma discussão de todos os conceitos apresentados nas aulas anteriores, perguntando sobre a aparência dos materiais e suas implicações na composição e sobre mistura não ser apenas aquilo que se mistura, ou seja, o ato de misturar como muitos acreditavam. A professora também retomou com eles o que são

misturas homogêneas e heterogêneas, e como foi possível separar algumas substâncias dessas misturas. Essa retomada dos conceitos construídos em aulas anteriores aconteceu em todo início das aulas da sequência, sempre permitindo que os alunos falassem e explicassem suas ideias, e quando ainda apresentavam ideias incorretas, a professora fazia perguntas sobre observações feitas em aulas anteriores fazendo esse aluno refletir e tentar perceber onde sua ideia não se aproximava da correta.

Depois dessa discussão inicial a professora entregou a folha da aula 5 para cada um e pediu que lessem a situação apresentada no texto, refletissem e classificassem os materiais em substâncias, misturas homogêneas ou heterogêneas, como apresentado na folha (figura 17).

AULA 5: SUBSTÂNCIA NATURAL E ARTIFICIAL

Quando estamos em um ambiente natural como, por exemplo, no meio de uma floresta, ao olharmos ao nosso redor identificamos várias coisas, como árvores, flores, animais, folhas, terra, entre outros. Em uma excursão com seus colegas de classe um garoto comentou: “Nossa! Como a natureza é linda... tantas cores, tantos aromas, tanta diversidade”. A professora de ciências que os acompanhava aproveitou para perguntar: “Como vocês classificariam alguns desses materiais, como substâncias, misturas homogêneas ou misturas heterogêneas?” Faça isso abaixo:

- a) tronco da árvore: _____
- b) folhas: _____
- c) flores: _____
- d) ar: _____
- e) terra: _____
- f) água do rio: _____
- g) pedra: _____

- Todo material natural é uma substância? As frutas, o leite, as folhas são uma apenas uma substância?”

Figura 17 – Situação problema apresentada aos alunos no início da aula 5 da sequência didática.

Em seguida, a professora abriu a discussão com os alunos com as ideias que eles apresentaram. Foi apresentado aos alunos, na mesma folha da aula 5, um pequeno texto sobre as frutas e sua composição. Após a leitura do texto eles analisaram uma tabela que relacionava a dose diária de vitamina C necessária para indivíduos em diferentes faixas etárias, objetivando a percepção, por parte dos alunos, de que a vitamina C é uma das substâncias presentes nas frutas. A professora estendeu a discussão para outros materiais naturais. Após a leitura, a professora pediu aos alunos que, se achassem necessário, reformulassem suas respostas para a pergunta “se frutas são feitas de apenas uma substância” (Figura 18).

Agora responda: Para cada faixa etária existe uma dose diária recomendada conforme o gráfico apresentado na Figura 1. Um jovem de 14 anos ao ver a tabela abaixo quis ingerir o mínimo recomendado de vitamina C através da ingestão das frutas que tinha em sua casa. Apresente duas opções que ele poderia seguir.

Figura 1 – Dose diária recomendada de vitamina C

Fonte: *Dietary Reference Intakes: Recommended Intakes for Individuals* Vitamins, Food and Nutrition Board, Institute of Medicine, National Academies, 2004

Neste momento, que resposta daria à questão colocada inicialmente: “Todo material natural é uma substância? As frutas, o leite, as folhas são uma apenas uma substância?”

Figura 18 - Análise de gráfico analisado durante a aula 5 da sequência, e retomada da questão inicial.

Depois que os alunos refizeram suas respostas, foi entregue a eles um comprimido de vitamina C dentro de sua embalagem, onde vinha escrito “1 g de vitamina C”. A professora iniciou a discussão mostrando a balança digital ligada em sua mesa, e pedindo que eles lessem a embalagem e refletissem em qual seria a massa do comprimido sem a embalagem. O

objetivo foi observar se eles perceberam que o comprimido é uma mistura de substâncias, e que “1g” era só de vitamina C, e não do comprimido todo. As perguntas foram dirigidas para que os alunos construíssem suas conclusões, como mostra a figura 19.

Agora vamos observar os rótulos dos comprimidos de vitamina C que vocês têm em suas mesas.

- Esses comprimidos possuem apenas uma substância ou será uma mistura de substâncias?

- Qual a quantidade de vitamina C ou ácido ascórbico que está escrita no rótulo?

- Qual deve ser a massa de cada um desses comprimidos?

- Vamos medir na balança?

- Como você explica esse resultado obtido?

- Vamos então responder novamente a primeira pergunta: “Esses comprimidos possuem apenas uma substância ou será uma mistura de substâncias?”

Figura 19 – Questões dirigidas aos alunos na conclusão da atividade desenvolvida na aula 5 da sequência didática.

Aula seis:

Materiais produzidos e utilizados:

- Folha do aluno 6 (ver folha completa no apêndice 9 – Aula 6 – Obtenção de substâncias a partir de materiais).
- Material: filme em DVD sobre a obtenção do alumínio a partir da bauxita e sua utilização em nosso cotidiano, amostras de hematita, ferro, aço, cobre, zinco e latão.

Atividades para Alunos:

Na aula seis a professora levou os alunos à uma sala de vídeo, onde eles assistiram a um filme sobre a obtenção do alumínio da bauxita, e suas transformações até serem transformados nos materiais que encontramos

no dia a dia. De volta à sala eles receberam a folha da aula 6 e fizeram uma discussão conduzida pela professora de várias questões apresentadas na folha. O objetivo era levar os alunos a refletirem sobre como os metais que estão presentes em vários materiais ao nosso redor são encontrados na natureza (figura 20).

AULA 6: OBTENÇÃO DE SUBSTÂNCIAS A PARTIR DE MATERIAIS

Até agora estudamos que todas as coisas podem ser chamadas de materiais, e que dependendo de quantas “coisas” tiverem nesse material poderemos classificá-lo em:

SUBSTÂNCIA: quando é um material puro, não misturado a outro material.

MISTURA: quando tem mais de uma substância. Pode ser:

- **HOMOGÊNEA:** apresenta uma aparência uniforme.
- **HETEROGÊNEA:** podemos ver que é composta de mais de um material.

Estudamos também que a maior parte dos materiais são misturas e que ser natural não significa ser formado por uma única substância. Vejam os exemplos abaixo:

Areia da praia

Rochas

Frutas

Minerais

Vamos agora a umas novas perguntas:

- Do que vocês acham que são feitas as panelas?
- E os pregos?
- E os pés de mesa?
- Como esse material pode ser encontrado na natureza?
- Como você faria para obtê-lo?
- De onde vem o ferro?
- E o aço?

Figura 20 – Texto introdutório com questões iniciais para as atividades da aula 6 da sequência.

Em seguida, fizeram a leitura do texto de obtenção do ferro-gusa do minério hematita (figura 21). A professora pediu, então, que eles formassem oito grupos e distribuiu o material para cada grupo. Eles observaram e foram respondendo com o auxílio das intervenções da professora as questões que estavam na folha.

Figura 21 – Ilustração sobre o metal ferro e sua obtenção.

Aula sete:

Materiais produzidos e utilizados:

- Folha do aluno aula 7 (ver folha completa no apêndice 10 – Aula 3 - Reconhecimento de substâncias pelas suas propriedades).
- Material para atividade experimental por demonstração: Dois béqueres, dois termômetros, cronômetro, aquecedor, tábua de madeira, panos, álcool e gelo, caixa de isopor, dois tubos de ensaio, água e água com sal.

Atividades para Alunos:

Na aula sete a professora iniciou retomando as ideias trabalhadas na aula anterior, fazendo uma discussão sobre a importância de separar os metais de seus minérios para a sua utilização em utensílios de nosso cotidiano. Discutiu mais uma vez que ligas metálicas são misturas homogêneas de metais, e de sua importância e aplicações. A professora fez então a seguinte questão para os alunos: “Como podemos identificar se um material é uma substância ou uma mistura de substâncias?” e “Quando fervemos a água do mar e separamos o sal, como poderíamos verificar se

a água obtida é realmente apenas uma substância? ” O objetivo desta aula era que aos alunos compreendessem que as substâncias podem ser reconhecidas pelas suas propriedades específicas como ponto de fusão e ponto de ebulição. Para isso, a professora entregou a folha da aula 7 e pediu que os alunos se aproximassem da mesa onde a pesquisadora já havia montado a experimentação, que foi demonstrada pela professora. O experimento consistiu em aquecer duas amostras de água até seu ponto de ebulição, uma de água destilada e a outra de água salgada, e controlar a temperatura durante o tempo para analisar o seu comportamento. Os alunos acompanharam o experimento e foram

Figura 22 – Experimento aula 7

anotando em suas folhas as temperaturas observadas durante o aquecimento a cada 1 minuto, após uma das amostras alcançar 90°C. Após a água entrar em ebulição a professora prosseguiu com o experimento por mais 3 minutos. Eles foram discutindo o que ocorria com a temperatura das duas amostras e responderam as questões apresentadas na folha (figura 23). Em seguida a professora e a pesquisadora fizeram a experiência novamente com outras duas amostras de água destilada e salgada, só que desta vez resfriando a amostra até seu ponto de fusão, e anotando as temperaturas a cada 1 minuto quando qualquer uma delas atingisse 1 ou 2 ° C. Também nesta etapa continuaram a anotar a temperatura dos dois sistemas por mais 4 minutos após atingir zero graus. Todos os alunos participaram das discussões e fizeram as anotações em suas folhas.

AULA 7: RECONHECIMENTO DE SUBSTÂNCIAS PELAS SUAS PROPRIEDADES

- Como podemos identificar se um material é uma substância ou uma mistura de substâncias?
- Quando fervemos a água do mar e separamos o sal, como poderíamos verificar se a água obtida é realmente apenas uma substância?

Experimentação: PONTO DE EBULIÇÃO

MATERIAL:

- 50 ml de água destilada
- 50 ml de água com 10 g de sal de cozinha
- Dois béqueres
- Dois termômetros
- Dois aquecedores

PROCEDIMENTO:

- Colocar 50 ml de água destilada em um béquer.
- Aquecer até a ebulição.
- Anotar a temperatura da água a cada 1 minuto e três minutos após a ebulição.
- Colocar a 50 ml de água destilada em um béquer.
- Adicionar 10g de sal de cozinha e misturar bem.
- Aquecer até a ebulição.
- Anotar a temperatura da água a cada 1 minuto e três minutos após a ebulição.
- Construir em sua folha uma tabela anotando a temperatura da água destilada e da água salgada durante os 5 minutos iniciais.

TEMPO:	Temperatura da água destilada	Temperatura da água salgada	Entrou em ebulição?
1 minuto			
2 minutos			
3 minutos			
4 minutos			
5 minutos			
6 minutos			
7 minutos			

1- Como se comportou a temperatura de cada material antes de entrar em ebulição: aumentou, diminuiu ou permaneceu constante?

Água destilada: _____ água salgada: _____

2- O que aconteceu com a temperatura de cada material ao entrar em ebulição (começar a ferver): aumentou, diminuiu ou permaneceu constante?

Água destilada: _____ água salgada: _____

Experimentação: PONTO DE FUSÃO

Figura 23 – Folha que o aluno recebeu ao iniciar a aula 7 da sequência onde acompanharam a demonstração do experimento de identificação de substância pela propriedade do ponto de ebulição e de fusão.

Aula oito:

Materiais produzidos e utilizados:

- Folha da aula 8 (ver folha completa no apêndice 11 – Aula 8 – Organizando as ideias);
- Material para atividade: Cartolina e cartões recortados com as seguintes palavras: água salgada, água destilada, pedra, frutas, concreto, leite, ouro, alumínio, mistura homogênea, misturas, substâncias, misturas heterogêneas, moléculas iguais e materiais.

Atividades para Alunos:

Na aula oito a professora fez uma ampla discussão sobre tudo o que eles haviam visto em toda a sequência, sempre permitindo que os alunos expressassem suas ideias. Entregou a folha da aula, e pediu que os alunos se reunissem em grupos de 4 alunos e distribuiu o material para eles. Eles foram orientados pela pesquisadora que deveriam em grupo e sobre a cartolina organizar as palavras escritas nos cartões de forma a encontrar sua relação com as demais. Eles teriam que refletir sobre o que estudaram sobre os conceitos ou ideias dos cartões, e organizá-las dentro de uma estrutura clara que a pesquisadora chamou de esquema ou diagrama, dando um exemplo na própria folha da aula, conforme figura 24.

Em uma cartolina faça seu esquema ou diagrama, cole seus cartões, trocando de diagrama em seguida com um grupo vizinho. Tente, em relação ao diagrama dos seus colegas, apontar aspectos com os quais não concorda.

Depois disso faça seu diagrama, agora individualmente, com os conceitos: água salgada, água destilada, pedra, frutas, concreto, leite, ouro, alumínio, mistura homogênea, misturas, substâncias, misturas heterogêneas, moléculas iguais e materiais.

Figura 24 – Apresentação da atividade da aula 8 em como elaborar o diagrama com as ideias trabalhadas durante a sequência.

A professora pediu aos alunos que fizessem um diagrama em grupo colando os cartões com as palavras na cartolina e construindo o diagrama, e depois fizessem seu próprio diagrama em suas folhas individualmente.

Após a última aula da sequência,

- Materiais: questionário “pós-teste” (apêndice 3).

Atividades para alunos e professora:

Na aula seguinte à aula 8 a pesquisadora agradeceu os alunos pela participação na pesquisa, e pediu que eles respondessem individualmente o questionário entregue. Eles tiveram a aula inteira para fazer isso. Esse questionário possuía as 4 primeiras questões idênticas ao questionário aplicado antes da sequência, e mais 5 questões apresentadas na figura 25.

5 - Todos os materiais que aparentam serem formados por apenas uma substância (aparência homogênea) são sempre feitos de apenas uma substância? Explique dando um exemplo.

6- Todo material natural é formado por uma única substância? As frutas, o leite, as folhas são apenas uma substância? Explique.

7- O aço e o latão são materiais produzidos pelo homem a partir de vários metais e são chamados de ligas metálicas. Existem vários tipos de aço, mas a maioria são misturas de ferro, carbono e manganês, por exemplo, enquanto o latão é formado por uma mistura de cobre e zinco. Do texto acima destaque o que são:

Substâncias:

Mistura de substâncias: _____

8- Pensando nos experimentos e que aquecemos duas amostras, uma de água e outra de água salgada até as duas ferverem, você acha que o estudo ponto de ebulição e do ponto de fusão permitiria diferenciar uma substância da outra?

9- Faça um esquema utilizando os seguintes conceitos: água do filtro, água destilada, folha de alface, alumínio, mistura homogênea, misturas, substâncias, misturas heterogêneas e materiais

Figura 25 – Questões do questionário pós sequência, que não constavam no questionário aplicado antes da sequência.

Após seis meses da aplicação da sequência,

- Materiais: questionários “pós seis meses” (apêndice 4).

Atividades para alunos e professora:

A professora recebeu a pesquisadora e explicou para a sala que eles iriam responder um outro questionário para ver o que ainda lembravam seis meses após a sequência ser aplicada. Entregou o questionário pré-teste para todos os alunos, e pediu aos alunos que fizessem individualmente e não conversassem sobre as respostas das questões.

Para realizar a comparação das respostas dos alunos nos três momentos, antes, após e seis meses após a sequência, identificamos os alunos que participaram de todas as etapas e separamos seus instrumentos. O número de alunos dos quais foram selecionados os instrumentos estão descritos no quadro 13, e são os que responderam aos três questionários: pré-teste, pós-teste e pós-teste após 6 meses, e que ainda estavam em pelo menos sete das oito aulas da sequência aplicada. Pediu aos alunos que fizessem individualmente e não conversassem sobre as respostas das questões.

Os instrumentos foram aplicados aos alunos nas três salas de 9º ano, e foram numerados como descrito no quadro 16.

Quadro 16 - Numeração utilizada para identificação dos alunos por instrumento

		Numeração	Total de alunos investigados
Escola 1	Turma A	01 ao 30	15
	Turma B	31 ao 65	26
Escola 2	Turma C	66 ao 82	16

Com esses resultados, e baseados em outros critérios descritos a seguir, foi feito um recorte da pesquisa, selecionando-se uma turma de 9º ano. Foram analisados os dados dos 16 alunos da turma selecionada em relação à cada questão presente nos três instrumentos (pré, pós e pós seis meses).

Após analisar a evolução conceitual por meio dos três instrumentos para cada um dos 9º anos, a turma C foi selecionada baseada nos seguintes critérios:

- Foram os alunos em que a sequência alcançou os melhores resultados de aprendizagem;
- A professora dessa sala, que passaremos a chamar de turma C, aplicou a sequência praticamente sem auxílio da pesquisadora, e durante a aplicação dos instrumentos se empenhava para que não houvesse conversa, para que eles fizessem sozinhos suas respostas;
- Era uma turma menor, e os alunos faltavam menos.

Para os 16 alunos da turma C foi feita então uma análise da evolução de cada conceito por aluno, comparando a evolução do conceito nos três instrumentos de cada um.

Para essa análise foi necessário se estabelecer uma nova numeração para as categorias, já que no momento inicial da pesquisa, quando esses números foram atribuídos, se pensou na aprendizagem dos conceitos de substância e mistura de substâncias de um nível macroscópico para um nível microscópico, lembrando que essas categorias foram definidas baseadas nas análises das respostas de alunos de 9º ano e 1ª série do ensino médio. Entretanto, para a sequência os objetivos de aprendizagem não iam além do nível macroscópico, já que foi planejada para o curso do 9º ano.

Foi então criada uma nova categorização sobre a antiga (quadro 17), com os objetivos de que cada questão tivesse a mesma quantidade de critérios, de 1 a 3, e que essa numeração indicasse uma evolução conceitual com o objetivo de se atingir o conceito macroscópico de substância e mistura de substâncias.

Quadro 17 - Novas categorias de análise

CATEGORIA INICIAL	NOVA CATEGORIA	Conceito de substância	Exemplo de substância	Conceito de mistura	Exemplo de mistura de substâncias	Classificação em misturas homogêneas ou heterogêneas (Número de acertos)	Classificação em substância ou mistura de substância (Número de acertos)
0	0	Não-coerente	Não coerente	Não coerente	Não coerente	0	1
1	1	Material	Incorreto	Mistura de materiais	Define sem dar exemplo	1,2	2 – 4
3	2	Micro Incoerente	Correto	Micro Incoerente	Micro Incoerente	3	5 -8
2 e 4	3	Macro		Mistura de substâncias	Correto	4,5	9,10

Por meio dessas novas categorias, novamente se construíram gráficos que agora mostravam a evolução de cada aluno para cada conceito, utilizando para todos o critério de 0 a 3. Para identificar os alunos que aprenderam os conceitos de substância e mistura de substâncias, assim como classificar e dar exemplos, analisou-se as respostas de cada aluno em cada critério.

Na análise foi levado em consideração as ideias que o aluno apresentava antes da assistir às aulas da sequência, se essas ideias evoluíram durante a aplicação da sequência didática, e se ele manteve ou não o que aprendeu após seis meses da sequência didática. Com essa análise, chegou-se aos resultados da aplicação dessa sequência didática.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo foi apresentado a análise dos resultados obtidos com a aplicação dos quatro instrumentos discutidos no capítulo anterior: 1- questionário inicial, utilizado para se conhecer as ideias dos alunos, e junto com as concepções já conhecidas pelas pesquisas identificar a demanda de aprendizagem através da comparação desta visão dos alunos com os conceitos a serem abordados nesta área do currículo, com alunos deste nível de ensino; 2- questionário anterior à sequência para se conhecer as ideias dos alunos que iriam ter as aulas da sequência; 3- questionário aplicado após a sequência para se conhecer o que os alunos aprenderam depois de passar por essas aulas; e 4- questionário aplicado seis meses após a sequência para avaliar se houve aprendizagem significativa dos conceitos, ou seja, se a aprendizagem dos conceitos persistiu com o passar do tempo.

3.1 Questionário inicial (utilizado para o levantamento das concepções alternativas dos alunos)

Na figura 26 estão apresentadas as respostas dos alunos das 5 escolas à pergunta: “O que você entende por substância? ”, que faz parte da 1ª questão do questionário. É possível perceber que na medida em que os alunos passam pelo ensino de 9º ano do EF II ao 1º E.M, as ideias que constituem um modelo microscópico em suas explicações começam a surgir.

Figura 26 - Ideias dos alunos sobre substâncias

No nono ano, alguns não conseguem formular explicações, mas à medida que os conhecimentos escolares avançam, surgem ideias na tentativa de explicar o que é uma substância, sendo que a associação com a ideia de mistura é a mais persistente, no entanto ainda em um nível macroscópico de concepções. No nono ano persiste a ideia de que a substância é formada por tudo aquilo que se pode tocar ainda, mas com o diferencial de que esta pode ser constituída de elementos, o que demonstra uma possível visão transitória do macro para o microscópico, sendo que esta mesma visão da existência de elementos compondo a matéria se acentua nos alunos de 1º ano do ensino médio.

Ainda em relação a questão 1 do questionário inicial, foi pedido que os alunos dessem exemplos de substâncias. Como podemos observar na figura 27, em relação aos exemplos de substâncias que os alunos apresentam pode-se perceber que ao avançar no ensino eles conseguem dar exemplos mais coerentes, e de forma correta.

Figura 27 - Exemplos dos alunos para substância

Quanto ao conceito de mistura, a maioria dos alunos do 9º ano apresentam representações nos níveis macroscópicos, apenas aproximadamente 15% dos alunos apresentam visão microscópica, como aponta o gráfico da figura 28. Embora se perceba uma evolução no nível de representação desses conceitos, ainda persistem ideias alternativas ou apenas no nível macroscópico. Desta forma, deve-se considerar no ensino de ciências, a introdução desses conceitos mais precocemente, empregando-se estratégias que possibilitem o trânsito conceitual entre o macroscópico e o microscópico.

Figura 28 - Ideias dos alunos sobre mistura de substâncias

Quanto aos exemplos dos alunos de misturas de substâncias, tanto no 9º ano quanto no 1º ano do ensino médio, na grande maioria são exemplos de misturas de duas substâncias, ou seja, ainda não reconhecem nos materiais de nosso cotidiano uma mistura, mas, como já afirmava Araújo (1995) os estudantes associam mistura ao ato de misturar. Essa ideia persiste no 1º ano, quando mais alunos conseguem dar exemplos de substância, mas ainda com a ideia de mistura de materiais, como por exemplo “óleo e água” ou “água e areia” (figura 28).

Figura 29 – Exemplos apresentados pelos alunos sobre misturas de substâncias

O questionário inicial constava de mais três questões, além dessas quatro perguntas discutidas acima que faziam parte da primeira questão (ver apêndice 1). A segunda pergunta era fechada e tinha por objetivo verificar se os alunos sabiam diferenciar substância, mistura homogênea e mistura heterogênea. A questão apresentou a representação de seis sistemas: água da chuva, água e óleo, água e sal, água e açúcar, água e areia e água filtrada. Os resultados foram analisados e os gráficos estão apresentados nas figuras 30 e 31.

A figura 30 apresenta as respostas dos alunos de 9º ano e 1ª série para a classificação correta em substância, mistura homogênea e heterogênea. Como se pode observar 92% dos 125 alunos dos 9ºs anos classificam a água filtrada como uma substância, e não corretamente como mistura homogênea.

Figura 30 - Classificação dos sistemas em substâncias, misturas homogêneas e misturas heterogêneas

No entanto, para os outros sistemas, a porcentagem de acerto ficou em torno de 30% para os alunos de 9º ano, percebendo-se que na 1ª série do Ensino Médio aumenta um pouco o número de alunos que acertam essa classificação. Porém, se considerarmos se o aluno sabe diferenciar entre substância e mistura, ainda que não saiba classificar em homogênea e heterogênea, encontramos em torno de 70% de alunos de 9º ano que acertam essa diferenciação, conforme mostra a Figura 31.

Figura 31 - Classificação dos sistemas em substâncias ou misturas

Na quarta questão do instrumento os alunos tinham que responder à questão: “Substância, mistura e materiais são as mesmas coisas?”. Era de resposta aberta e tinha por objetivo verificar se os alunos sabiam diferenciar os conceitos de material, mistura e substância, e se estabeleciam relações entre eles. O gráfico apresentado na figura 32 mostra que um pouco mais de 20% dos alunos de 9º ano dizem que sabem que substância, mistura e material são coisas diferentes, porém não sabem explicar em que eles são diferentes. Essa porcentagem diminui pela metade com os alunos do 1º ano, porém aumenta o número de alunos que respondem que não sabem ou escrevem respostas incoerentes, o que mostra que não há uma evolução significativa de um ano para outro.

Figura 32 - Ideias dos alunos para a pergunta sobre material, substância e mistura de substâncias.

Na questão 5 os alunos tinham de classificar os materiais em substância ou mistura de substâncias. Comparando os resultados dos alunos do 9º ano e 1ª série do ensino médio podemos observar que o acerto em classificar as substâncias é significativo nas duas séries. A diferença aparece no caso do “açúcar” que o acerto aumenta nos resultados dos alunos do 1º ano, que classificam corretamente esse material como substância (figura 3).

Os alunos de 9º ano apresentam mais a ideia de que tudo que vem da natureza é substância (CARVALHO, 2005), como mostram os resultados ao classificar leite, terra e pedra como substância. Essa ideia ainda aparece em grande porcentagem dos alunos, com uma pequena evolução para os mesmos materiais citados.

Já no caso de materiais não naturais o acerto em classificá-los em misturas é bem maior nas duas séries, com exceção do gás de cozinha onde o acerto no 1º ano é um pouco maior (figura 33).

Figura 333 - Classificação dos materiais em substância ou mistura de substâncias

Com isso foi possível perceber que muitos alunos de 9º ano não conseguem formular explicações sobre o que é uma substância e, quando conseguem associam substância a matéria, material ou produto, como já constataram também em suas pesquisas Azcona *et al* (2004). Muitos alunos associam o conceito de substância ao aspecto, visualização do material, conforme apontam também Pinheiro e Silva (2001). Os exemplos que utilizam são geralmente daquilo que associam à pureza ou que vem da natureza, como leite, pedra, ar. Quanto ao conceito de mistura, grande parte dos alunos não reconhece nos materiais de nosso cotidiano uma mistura, mas, como já afirmava Araújo (1995) os estudantes associam mistura ao ato de misturar. Seus exemplos de mistura de substâncias são dados nomeando dois materiais que se encontram misturados.

Comparando-se o que os alunos pensam no dia a dia, através das análises realizadas, com o conhecimento que se quer do aluno, o resultado é a demanda de aprendizagem (LEACH e SCOTT, 2002), sobre a qual se desenvolveu a sequência de ensino que trata este trabalho.

3.2 Apresentação e análise dos resultados da aplicação dos instrumentos pré, pós e pós seis meses para as três turmas de 9º ano

Depois de analisados os três instrumentos (pré, pós e pós seis meses) para cada uma das três escolas obteve-se os resultados que se seguem.

A figura 34 mostra os resultados obtidos com as respostas da primeira questão, em que se pergunta: “O que você entende por substância?” Observou-se que em média 65% dos alunos das turmas A e C não conseguiam dar explicações sobre o que é uma substância, mas ao passar pela sequência suas ideias evoluíram e essa porcentagem diminuiu para 15% após a sequência e 9% após seis meses, mostrando que o ensino possibilitou que esses alunos construíssem explicações, pois após a sequência houve um grande número de alunos que conseguiram dar explicações corretas a nível macroscópico sobre o conceito. Pode-se perceber também, que essas ideias se mantiveram após seis meses, o que indica que houve uma aprendizagem significativaque desses alunos.

Figura 34 - Evolução do conceito de substância para as três turmas de 9º ano

As ideias microscopicamente incoerentes, que são usar linguagem microscópica (partículas, elementos, moléculas ou átomos) de uma forma incorreta aparecem antes da sequência e persistem após seis meses. Como a sequência não trata dos aspectos microscópicos, não se esperava que os alunos usassem, ou ainda corrigissem sua linguagem. Já as ideias microscopicamente coerente aparecem em apenas 1 aluno após seis meses da sequência.

A figura 35 mostra os resultados obtidos com as respostas da primeira questão em que se pede: “Dê três exemplos de substâncias”. Observa-se que os alunos das turmas A e C são novamente os que mais tinham respostas em branco ou incoerentes. Entretanto, ao final da sequência todos os alunos da turma C eram capazes de dar exemplos, sendo que a quantidade de alunos que deram exemplos errados também diminuiu, o que mostra que muitos conseguem reconhecer quando um material é uma substância ou mistura delas. Pode-se perceber que o número de alunos que acertam após a sequência aumenta e praticamente se mantém após os seis meses.

Figura 35 - Evolução dos exemplos de substâncias para as três turmas de 9º ano

A figura 36 mostra os resultados obtidos com as respostas da primeira questão em que se pergunta: “O que você entende por mistura de substâncias?”

Observa-se que em torno de 70% dos alunos das turmas A e C já sabiam explicar corretamente a nível macroscópico o que é uma mistura de substâncias, e ao término da sequência e após seis meses essa porcentagem chega próximo de 80%. Após seis meses de aplicada a sequência o número de alunos que respondiam não saber o que era mistura de substâncias, deixavam suas respostas em branco ou ainda apontavam conceitos incoerentes foi de 30% para zero, o que aponta para a possibilidade das ideias desses alunos terem evoluídos e estarem próximas da que se espera cientificamente.

As ideias microscopicamente incoerentes apareceram apenas na turma B, aumentaram muito depois da sequência, de 30% subiram para 70% e voltaram a cair após seis meses para 22%. Nas outras duas turmas não existiam ou eram muito poucos os alunos que não conseguiam dar exemplos de misturas de substâncias. Já as ideias microscopicamente coerentes não apareceram em nenhum dos três momentos da aplicação do instrumento.

Figura 36 - Evolução do conceito de mistura de substâncias para as três turmas de 9º ano

A figura 37 mostra os resultados obtidos com as respostas da primeira questão em que se pede: “Dê três exemplos de misturas de substâncias”. Observa-se que os alunos das turmas A e C são os que mais apresentam a ideia de mistura de substância como o ato de misturar, pois exemplificam misturas dando nome às substâncias. No caso da turma A, esse número cai de 50% para menos de 20% seis meses após a aplicação da sequência. São as duas turmas que apresentam a maior quantidade de respostas incoerentes, em branco ou não sei, mas que ao final da sequência esse tipo de respostas não aparecem mais. Em relação às respostas corretas, nas três turmas a porcentagem de alunos que dão exemplo corretamente sobre misturas de substâncias aumenta em 25%.

Figura 37 – Evolução dos exemplos de mistura de substâncias para as três turmas de 9º ano

A segunda questão do instrumento tinha por objetivo mostrar se os alunos sabiam reconhecer uma substância e uma mistura de substâncias, e se sabiam diferenciar mistura homogênea de mistura heterogênea.

Com os resultados apresentados na figura 15 pôde-se observar que em torno de 85% dos alunos consideravam a água filtrada como uma substância, confirmando o que aponta Carvalho (2005) que os alunos entendem que tudo que é puro é uma substância, e água filtrada na linguagem do dia a dia é uma água sem contaminações, ou seja, pura. Com a aplicação da sequência uma parte desses alunos percebem que

se trata de uma mistura, principalmente na turma C que a porcentagem cai de 93% para 58%. Entretanto, para os outros sistemas poucos alunos erraram ao classificá-los em misturas.

A figura 38 mostra os alunos que classificaram esses sistemas em substâncias e, conforme destacou Azcona *et al* (1995) para alguns estudantes substância é sinônimo de matéria, material ou produto. Após a sequência, praticamente todos os alunos percebem que os sistemas são misturas de substância.

Figura 38 - Evolução dos alunos ao classificarem os sistemas de misturas de substâncias em substâncias

Na 1ª e 2ª aula da sequência aplicada, os alunos puderam observar 12 materiais diferentes (pedra, leite, latão, granito, água do mar, petróleo, sal, açúcar, leite de magnésia, terra e ferro) e tinham que classificá-los quanto à sua composição (um ou mais de um material) e quanto à sua aparência (homogênea ou heterogênea).

Com isso perceberam que nem tudo que possui uma aparência homogênea é apenas uma substância, e que nem todo material é feito de apenas uma substância (figura 38).

A figura 39 apresenta os resultados das respostas dos alunos ao classificarem os sistemas em misturas homogêneas ou heterogêneas. Observou-se que grande parte dos alunos aprenderam com a sequência e conseguiram classificar os sistemas, o que mostrou que após observarem os materiais e discutirem sobre sua composição muitos perceberam que material e substância são coisas diferentes, e aprenderam os conceitos de mistura homogênea e mistura heterogênea.

Figura 39 - Evolução dos alunos em relação à classificação de materiais em misturas homogêneas e heterogêneas

De acordo com as ideias apresentadas no questionário inicial, e como investigou Foschini (2002), os alunos consideram substância tudo o que é natural, enquanto substância química o que não é natural. Neste trabalho foram abordados os conceitos de substância e mistura, mas se observou que os alunos trazem essa ideia de que tudo o que é natural é substância, como também aponta Carvalho (2005).

Portanto, o objetivo da questão 4 era verificar se os alunos sabiam diferenciar substâncias de misturas de substâncias, mas separando esses materiais em naturais e artificiais.

Analisando os resultados do gráfico da figura 40, percebeu-se que muitos alunos classificaram os materiais naturais, ar, água do mar, leite, pedra e terra, em substâncias, mas após passarem pelo ensino suas ideias foram se modificando, e após a sequência a aprendizagem foi de 80 até 100% em algumas turmas. A aprendizagem significativa ocorre, segundo Novak (1981) quando se conhece o que o aluno sabe, e quando o novo material é intencional e se relacione com as ideias que o aluno possui.

Figura 40 - Evolução das respostas dos alunos das três turmas de 9º ano quanto à classificação de misturas de substâncias – naturais

Para isso, durante as aulas da sequência aplicada, eles observaram o aquecimento de uma solução de água do mar, e puderam perceber experimentalmente que quando a água fervia e passava para o estado de vapor ficava um material no recipiente, o que revelou a muitos alunos que na água do mar haviam pelo menos duas substâncias. Os alunos puderam também analisar a olho nu e com o auxílio de uma lupa uma amostra de terra e perceber que haviam grãos diferentes em cor, tamanho e textura, o que mostrava que eram substâncias diferentes. Isso possibilitou aos alunos evoluírem suas ideias a respeito da composição de certos materiais.

Após a análise dos três instrumentos pôde-se observar que em vários momentos os alunos da turma C apresentaram uma aprendizagem significativa considerável. Esta observação, junto ao fato da professora dessa turma ter sido entre as duas professoras a que aplicou a sequência quase sem intervenção da pesquisadora, e os alunos dessa turma apresentarem uma frequência maior nas aulas, essa turma foi escolhida nesse trabalho para se estudar os alunos individualmente.

3.3 Apresentação e análise dos resultados da aplicação dos instrumentos pré, pós e pós seis meses para uma turma de 9º ano selecionada

Com a escolha da turma C, fez-se a análise dos dados dessa turma, através dos resultados apresentados na figura 41. Pelo gráfico percebeu-se que antes da sequência quase 60% dos alunos dessa turma não conseguiam fazer nenhum tipo de explicação coerente sobre o conceito de substância, deixavam em branco ou apenas escreviam frases incoerentes do tipo:

“É o que contém o conteúdo da substância.”

Após as aulas da sequência, apenas 5% dos alunos estavam nessa categoria. Houve também uma redução no número de alunos que entendiam que substância está ligado ao estado físico ou é um material. Por outro lado, aumentou a porcentagem de alunos que davam explicações macroscopicamente corretas sobre substâncias, e também explicações microscópicas incoerentes.

Figura 41 - Evolução das ideias dos alunos da turma C

Porém, somente com esses resultados não era possível dizer se o aluno que não sabia dar explicações era o que agora dava explicações macroscópicas coerentes ou microscópicas incoerentes, e assim por diante.

Foi necessário então organizar os dados de forma a apresentar os resultados por aluno dentro dessa turma (figura 42).

Figura 42 - Evolução das ideias dos alunos sobre o conceito de substância – turma C

A análise dos resultados apresentados na figura 43 levou a mesma questão: “Será que o aluno que aprendeu a classificar corretamente água filtrada também aprendeu água e sal? Daí a necessidade nesta pesquisa de se analisar as respostas individuais de cada aluno desta turma, como mostra a figura 44.

Figura 43 - Evolução de acertos de classificação de misturas homogêneas ou heterogêneas na turma C

Figura 44 - Evolução de acertos de classificação de misturas homogêneas ou heterogêneas por aluno

3.4. Agrupamento dos alunos da turma C

Para se agrupar os alunos que tiveram uma evolução semelhante foi feita a análise dos gráficos individuais dos alunos, porém desta vez também foram analisadas as respostas das questões 5 e 9 do instrumento aplicado após a sequência (apêndice 3), e das questões 3 e 4 do instrumento aplicado 6 meses após a sequência (apêndice 4). Com isso, chegou-se a 5 grupos de alunos onde as ideias evoluíram de maneiras semelhantes:

1. Os alunos 66, 69, 70 e 82 (figura 45) deram explicações corretas sobre os conceitos de substância e mistura de substâncias antes da sequência, mas tinham dificuldades em exemplificar de forma correta. Com a sequência aprenderam a dar exemplos e classificar os materiais em substâncias e misturas de substâncias. Sabem diferenciar misturas homogêneas e heterogêneas, indicando que conseguem reconhecer misturas em sistemas homogêneos. No instrumento aplicado após a sequência (apêndice 3), a questão 5 perguntava se todos os materiais que aparentavam ser formados por apenas uma substância (aparência homogênea) eram sempre feitos de apenas uma substância, para a qual o aluno 69 responde: *"Não, pois nem tudo que é mistura é heterogêneo, como por exemplo água e sal"*, o que aponta que o aluno consegue explicar que a homogeneidade do material não indica pureza.

Figura 45 – Evolução das ideias dos alunos 66, 69, 70 e 82

Antes da sequência seus exemplos de substâncias eram de material, como por exemplo sal, farinha e óleo, e como exemplo de misturas apareciam as ideias de misturar dois materiais. Após a sequência conseguem exemplificar corretamente tanto substância quanto mistura, dando exemplos como grafite e açúcar para substância, e plástico e chocolate para misturas de substâncias, o que indica que o aluno consegue agora aplicar o que sabe exemplificando de forma correta.

O aluno 70 usa linguagem microscópica, ou seja, o termo “ elemento” aparece várias vezes em suas explicações, mas analisando suas ideias sobre substâncias não é possível apontar se ele chama de elemento aquilo que ele considera único, ou se ele chama de elemento a menor partícula. Mesmo em seus exemplos de substância cita “oxigênio e hidrogênio”, não dizendo se são os gases, portanto as substâncias, ou se está se referindo aos átomos. As ideias do aluno sobre misturas de substâncias estão coerentes e os exemplos também. Apenas no instrumento aplicado 6 meses após a sequência, o aluno exemplifica mistura com CO_2 , deixando mais evidente que quando fala de elemento é ao átomo que está se referindo. Nesse caso, a sequência não abordou aspectos microscópicos, talvez por isso sua persistência nessas ideias.

2. Os alunos 68, 71, 72, 80 e 81, antes da aplicação da sequência não conseguiam dar explicações sobre o que são substâncias, tinham dificuldades em exemplificar de forma correta substância e misturas de substâncias e não diferenciavam misturas homogêneas das heterogêneas. Porém sabiam explicar corretamente, a nível macroscópico, o que são misturas de substâncias. Com a sequência conseguem dar explicações coerentes sobre substâncias, aprenderam a dar exemplos e classificar os materiais em substâncias e misturas de substâncias. Sabem diferenciar misturas homogêneas e heterogêneas, indicando que conseguem reconhecer misturas em sistemas homogêneos (figura 46).

Figura 4- Evolução das ideias dos alunos 68, 71, 72, 80 e 81

O aluno 68 foi o único desse grupo que, em uma questão do instrumento aplicado seis meses após a sequência, apontou a água mineral e a água filtrada como substâncias. No entanto, comparando com os 17 alunos os quatro alunos que escreveram que são misturas, foram os únicos a acertar, o que mostra mais uma vez a grande dificuldade que eles apresentam em reconhecer esses dois materiais como misturas. A professora, durante as aulas da sequência, reforçou a ideia de que nem todo material que possui um aparência homogênea é formado por apenas um tipo de material, introduzindo o conceito de substância. Mas a ideia de que “pureza” no sentido de “sem contaminações” é tão forte, que no caso de água filtrada e mineral, fazer com que os alunos percebam que a pureza que se está falando é a “da química”, é uma

tarefa que exige persistência e atividades diferentes. Pois mesmo percebendo que água mineral é água com sais minerais, eles persistem com a ideia de substância “pura”.

2. Os alunos 67, 74, 77 e 76, conforme mostra a figura 30 aprendem com a sequência a dar explicações coerentes sobre os conceitos de substância e mistura, conseguem aplicar exemplificando e classificando, porém não aprendem a diferenciar uma mistura homogênea de uma heterogênea conforme pode se observar no mapa conceitual que o aluno 76 construiu (figura 47).

Figura 47 - Evolução das ideias dos alunos 67, 74, 76 e 77

4. Os resultados dos alunos 75 e 78 (figura 48) apontaram que eles não conseguem explicar o que é uma substância. Também não conseguiram dar exemplos corretos sobre substância. No entanto, aprenderam o conceito de mistura com a sequência, explicaram e deram exemplos corretos de misturas. Aprenderam muito bem a diferença entre misturas homogêneas e heterogêneas, acertando todos os cinco materiais. Conseguem diferenciar substância de mistura, apesar de não saber explicar. Esses alunos persistem na ideia de que tudo o que é natural é substância, sendo que após a sequência classificam os materiais corretamente, porém seis meses após a sequência voltam com a ideia de substância natural.

Figura 48 - Evolução das ideias dos alunos 75 e 78

5. Os alunos 73 e 79 (figura 49) não conseguiram explicar nenhum dos dois conceitos de substância e mistura de substâncias, e após passarem pelo ensino por meio da sequência, o que se percebeu é que eles aprenderam muito pouco, passando a dar explicações incoerentes ou erradas. Em relação aos exemplos evoluíram muito pouco também, permanecendo no patamar que estavam para substância. Em relação à classificação dos materiais em misturas homogêneas ou heterogêneas não conseguem acertar nenhum dos 5 materiais apresentados.

Figura 49 - Evolução das ideias do aluno 73 e 79

Portanto, pode-se perceber que muitos alunos aprenderam com a sequência de aulas, sendo que algumas das ideias que eles trazem de seu dia a dia, identificados nesta e em outras pesquisas, apareceram nos alunos da turma C, confirmando a necessidade de se trabalhar esses conceitos de uma forma mais elaborada.

4- CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa investigou as concepções dos alunos de 9º ano do ensino fundamental e 1º ano do ensino médio sobre os conceitos de substância e mistura de substâncias, e se era possível fazer essas ideias evoluírem por meio de uma sequência de ensino estruturada.

Para investigar as ideias dos alunos foi elaborado e aplicado um questionário inicial. De acordo com os dados obtidos no instrumento aplicado para os alunos de 9º ano do ensino fundamental e do 1º ano do Ensino Médio concluiu-se que os alunos acreditavam que:

- Material, substância e mistura são as mesmas coisas;
- As substâncias são feitas por apenas um elemento químico;
- Toda substância é natural;
- Substância é um material.

Os alunos estão cercados de materiais, mas acreditam que tudo é substância, ou que material e substância são sempre as mesmas coisas, ou ainda que toda substância é natural. Pesquisas no ensino mostram que é bastante comum os alunos desenvolverem a ideia de que uma substância possui apenas um elemento químico.

Para investigar a hipótese que essas ideias apresentadas poderiam evoluir por meio de uma sequência didática com características construtivistas, quando a eles é dada a oportunidade de refletirem sobre suas próprias ideias, analisando, interpretando e levantando suas hipóteses foi planejada a sequência.

O primeiro passo no planejamento da sequência de ensino elaborada neste trabalho, envolveu uma análise do conhecimento científico, como apresentado no currículo, e a identificação de sua estrutura conceitual.

No contexto do Currículo do Estado de São Paulo, o conhecimento de ciências a ser ensinado envolve uma visão fenomenológica (macroscópica) e uma visão interpretativa (microscópica) para o reconhecimento de que todos os materiais que estão a nossa volta são formados de substâncias e na sua maioria misturas de substâncias. Para isso o aluno deve fazer a diferenciação entre substâncias e misturas de substâncias presentes no cotidiano e no sistema produtivo, com base em suas características físicas e propriedades específicas.

Como resultado dessa análise, as seguintes conceituações foram identificadas como centrais no ensino:

- Materiais
- Substância
- Mistura de Substâncias
- Misturas homogêneas e heterogêneas
- Separação de Misturas
- Propriedades dos materiais

A identificação da demanda de aprendizagem foi efetuada em relação às concepções manifestadas pelos alunos no instrumento diagnóstico e ao tratamento dos conceitos abordados, para alunos do ensino fundamental. Para se alcançar as demandas de aprendizagem estabelecidas foram planejadas um total de oito aulas.

Em todas as aulas o interesse dos alunos foi provocado pelo professor através de questões. Essas questões eram apresentadas antes da realização de uma das seguintes atividades: material para observação, atividades experimentais ou de forma demonstrativa. Essas atividades foram sempre feitas em grupos e com questões sugeridas pela sequência com discussão coletiva dos resultados em sala.

Todas as atividades tinham por propósitos testar as hipóteses propostas pelos alunos como resposta da pergunta inicial; manter a atenção e interesse dos estudantes na descrição e busca de explicação para os fenômenos examinados; dar espaço para que os estudantes expressassem suas interpretações e oferecer suporte para que as explicações fossem trabalhadas com a mediação de conceitos e modelos científicos. É fato que, durante essas atividades, os estudantes dispersavam-se muito, mas o professor esteve sempre empenhado em acompanhar os grupos de perto. As discussões coletivas, após a atividade, foram conduzidas de forma a estimular a participação dos estudantes nas discussões propostas pela sequência. Considerando todo esse contexto, apesar da dispersão dos estudantes em vários momentos, o professor conseguiu conduzir as atividades com importantes produções de significados pelos estudantes, o que pode-se observar pelos resultados apresentados.

As duas primeiras aulas tinham por objetivo levar o aluno a elaborar a ideia de que um sistema homogêneo pode ser formado por apenas um material ou por uma

mistura de mais de um material, e distinguir entre os sistemas materiais, as misturas homogêneas das misturas heterogêneas.

Na aula 3 a professora introduziu o conceito de substância, e o aluno deveria diferenciar material de substância, e reconhecer a presença de substâncias em misturas homogêneas.

Na aula 4 o aluno deveria reconhecer a presença de substâncias em materiais heterogêneos, refletir sobre o fato de que a maioria dos materiais são misturas, e que essas misturas não são apenas aquelas que exigem o ato de misturar, introduzindo o conceito de mistura de substâncias.

Na aula 5 os alunos tiveram que refletir e compreender o fato de que substância pode ser natural ou sintética, e que nem tudo que é natural é uma substância.

Na aula 6 os alunos deveriam refletir sobre a necessidade e importância de se separar as substâncias de uma mistura refletindo como os metais que estão presentes em vários materiais se encontram na natureza.

Na aula 7 os alunos deveriam compreender que substâncias podem ser reconhecidas pelas suas propriedades específicas como ponto de fusão e ponto de ebulição.

Na aula 8 os alunos formularam um mapa conceitual para organizar os conceitos elaborados e explicitar as relações estabelecidas entre os conceitos construídos. Discutiram suas ideias em grupos, porém cada aluno fez seu próprio mapa conceitual.

A avaliação da sequência foi feita através da análise das respostas dos alunos dadas nos instrumentos aplicados antes, pós e seis meses após a sequência. Esses instrumentos tinham o objetivo de identificar as ideias dos alunos sobre o conceito e exemplos de substâncias e mistura de substâncias, além de reconhecer e classificar se determinados materiais eram substâncias ou mistura de substâncias, e diferenciar mistura homogênea de mistura heterogênea.

Os resultados apontam que a maioria dos 17 alunos da turma selecionada conseguiram aprender os conceitos de substância e mistura de substâncias, sendo que foi possível identificar cinco grupos:

1. Os alunos que deram explicações corretas sobre os conceitos de substância e mistura de substâncias antes da sequência, mas tinham dificuldades em exemplificar de forma correta. Com a sequência aprenderam a dar exemplos e classificar os materiais em substâncias e misturas de substâncias. Souberam diferenciar misturas

homogêneas e heterogêneas, indicando que conseguem reconhecer misturas em sistemas homogêneos.

2. Os alunos que antes da aplicação da sequência não conseguiam dar explicações sobre o que são substâncias, tinham dificuldades em exemplificar de forma correta substância e misturas de substâncias e não diferenciavam misturas homogêneas das heterogêneas. Porém sabiam explicar corretamente, a nível macroscópico, o que são misturas de substâncias. Com a sequência conseguiram dar explicações coerentes sobre substâncias, aprenderam a dar exemplos e classificar os materiais em substâncias e misturas de substâncias. Sabem diferenciar misturas homogêneas e heterogêneas, indicando que conseguem reconhecer misturas em sistemas homogêneos.

3- Os alunos que aprenderam com a sequência a dar explicações coerentes sobre os conceitos de substância e mistura, conseguem aplicar exemplificando e classificando, porém não aprendem a diferenciar uma mistura homogênea de uma heterogênea.

4. Os alunos apontaram que eles não conseguem explicar o que é uma substância. Também não conseguiram dar exemplos corretos sobre substância. No entanto, aprenderam o conceito de mistura com a sequência, explicaram e deram exemplos corretos de misturas. Aprenderam muito bem a diferença entre misturas homogêneas e heterogêneas, acertando todos os cinco materiais. Conseguiram diferenciar substância de mistura, apesar de não saber explicar. Esses alunos persistem na ideia de que tudo o que é natural é substância, sendo que após a sequência classificam os materiais corretamente, porém seis meses após a sequência voltam com a ideia de substância natural.

5- Os alunos não conseguiram explicar nenhum dos dois conceitos de substância e mistura de substâncias, e após passarem pelo ensino por meio da sequência, o que se percebeu é que eles aprenderam muito pouco, passando a dar explicações incoerentes ou erradas. Em relação aos exemplos evoluíram muito pouco também, permanecendo no patamar que estavam para substância. Em relação à classificação dos materiais em misturas homogêneas ou heterogêneas não conseguem acertar nenhum dos 5 materiais apresentados.

Portanto é possível concluir que muitos alunos conseguiram melhorar suas explicações e aprenderam significativamente com a sequência, já que após seis meses muitos ainda mantiveram essas explicações.

Considera-se com isso, que o ensino de ciências para o 9º ano do ensino fundamental deve levar em conta o tratamento conceitual inicialmente em nível macroscópico, incluindo em seu planejamento, sequências didáticas elaboradas na perspectiva da demanda conceitual, provocando o aluno para que ele reflita sobre o que ele sabe, permitindo uma melhor compreensão das ideias que cada aluno traz de suas vivências anteriores. Com isso, o aluno vai percebendo que suas concepções não são exatamente coerentes, vai aprendendo e evoluindo suas ideias, melhorando suas explicações, permitindo a reelaboração das mesmas. Considera-se, assim, que o aluno dá sentido aos conhecimentos da ciência apresentados e que a aprendizagem se torna significativa e duradoura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS³

ARAÚJO, D. X. de; SILVA, R. R.; TUNES, E. **O conceito de substância em química apreendido por alunos do ensino médio.** Química Nova, v. 18, n. 1, p. 80 – 90, 1995.

AZCONA, R., FURIÓ, C., INTXAUSTI, S., ÁLVAREZ, A. **Espossible aprender los câmbios químicos sin comprender que és uma sustância? Importancia de los prerequisites,** Alambique Didatica de lãs CienciasExperimentales, n.40, p. 7-17, 2004.

BASTOS, T.S., MASSONI, M., CABRAL P.F.O., KIILL K.B. E CORDEIRO M.R. **Substâncias Químicas: concepções alternativas de alunos do Ensino Médio,** Anais da 34ª Reunião Anual da SBQ, Florianópolis, 2011.

BARBOSA, R.M.M. , SILVA M.F.G., AMARAL, E.M.R. **Substância e Misturas ; como os alunos compreendem no ensino fundamental,** Anais da 23ª Reunião Anual da SBQ, ED-008, 2000(A).

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo,** Lisboa, Edições 70, 1977.

BUTY, C., TIBERGHIE, A., MARÉCHAL, J.F. **Learning hypotheses and na associated tool to design and to analyse teaching-learning sequences,** International Journal of Science Education, v. 16, n. 5, p. 579-604, 2004.

CARVALHO, S. I. M. **Um estudo de apropriação de conceitos de substância e mistura.** Monografia de Especialização. Belo Horizonte; UFMG, 2005.

COLE, M., ENGESTRÖM, Y. **A cultural-historical approach to distributed cognition** - Distributed cognitions: Psychological and educational considerations, p. 1-46, editado por Gabriel Salomon, 1993.

FURIÓ, M.C.; DOMÍNGUEZ-SALES, C.; GUIASOLA, J. **Diseño e Implementación de una Secuencia de Enseñanza para Introducirlos Conceptos de Sustancia y Compuesto Químico,** Enseñanza de LasCiencias, v.30, n. 1, p. 113-128, 2012.

FURIÓ, M.C.; DOMÍNGUEZ-SALES, C. **Problemas históricos y dificultades de los estudiantes em la conceptualización de sustancia y compuesto químico,** Enseñanza de LasCiencias, v.25, n. 2, p. 241-258, 2007.

GUTIERREZ, R. **Psicologia y aprendizaje de las ciencias. El modelo de Ausubel.** Enseñanza de lasCiencias, 5 (2): 118-128, 1987.

³ De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6023.

LINJSE, P. KLAASSEN, K. **Didactical structures as an outcome of research on teaching-learning sequences**. International Journal of Science Education, v. 26, no. 5, p. 537-554, 2004.

LACERDA, C.C, CAMPOS, A.F., MARCELINO C.A.C., **Abordagem de Conceitos de Misturas, Substância Simples, Substância Composta e Elemento Químico numa Perspectiva de Ensino por Situação-Problema**, Química Nova na Escola, v. 34, n.2, p. 75-82, 2012.

LAMBACH, M; MARQUES, C. A. **O Conceito de Substância: uma construção histórica a partir de diferentes Estilos de Pensamento**. In: VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), 2011, Campinas - SP. Anais do VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC). Campinas - SP, 2011.

LEACH, J.; SCOTT, P. **Designing and evaluating science teaching sequences: an approach drawing upon the concept of learning demand and a social constructivist perspective on learning**. Studies in Science Education, v. 38, n. 1, p. 115-142, 2002.

LISBÔA, J.C.F. **Escolaridade e o Antagonismo Químico**. Dissertação de Mestrado, Instituto de Química – Universidade de São Paulo, 2003.

LIJNSE, P.; KLAASSEN, K. **Didactical structures as an outcome of research on teaching learning sequences?** International Journal of Science Education, 26(5), 537–554, 2004.

MEHÉUT, M. **Teaching–learning sequences: aims and tools for science education research**. International Journal of Science Education, v. 26, no. 5, p. 515-535, 2004.

NICOLODI, R. **O Ensino da Matemática na Educação de Jovens e Adultos: Uma Abordagem a partir de Sequências Didáticas**, 2011. 73 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências Naturais e Matemática) - Centro de Ciências Exatas e Naturais da Universidade Regional de Blumenau, Santa Catarina, 2011.

OKI, Maria da Conceição Marinho. **O Conceito de Elemento da Antiguidade à Modernidade**. Qnesc, n. 16, nov., 2002, p. 21-25.

PAULING, Linus. **Química geral**. V.1, 1.ed. Rio de Janeiro: LTC, 1969.

PINHEIRO, J.S. e SILVA, R. G. **Movimento de idéias: aulas de química**. EJA. Uberlândia; UFU, 2001.

POZO J.I. e CRESPO M.A.G. **A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico**. 5ªed. São Paulo: Ed. Artmed, 2009.

SCHNETZLER, R. P. **Construção do conhecimento e ensino de ciências**. Em Aberto, Brasília: v. 11, n. 55, p. 17-22, jul./set., 1992.

SILVA, N. S. e AGUIAR, O. **O uso dos conceitos de elemento e substância por estudantes do ensino fundamental: uma perspectiva de análise sociocultural**. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, v. 8, n. 3, 2008.

SILVEIRA, Marcelo P. **Uma análise epistemológica do conceito de substância em Livros Didáticos de 5ª e 8ª séries do Ensino Fundamental**. Dissertação de Mestrado - Instituto de Química, Instituto de Física, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

SOLOMONIDOU, C., STAVRIDOU, H. **From inert object to chemical substance: Students' initial conceptions and conceptual development during an introductory experimental chemistry sequence** – Science Education v. 84, n.3, p. 287-428, 1999.

VASCONCELOS, C., PRAIA, J. F., e ALMEIDA, L. S. **Teorias de aprendizagem e o ensino/aprendizagem das ciências: da instrução à aprendizagem**. Psicologia Escolar e Educacional, v. 7(1), p. 11-19, 2003.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 1998.

Apêndice 1 - Questionário Inicial

E. E _____ Período: _____ Data ____/____/____

Nome _____ Série _____ Idade: ____ anos

1- Você já deve ter ouvido falar em substâncias e misturas. Escreva duas frases que **indique o que você sabe** sobre substâncias e misturas, e **dê exemplos**.

1ª frase: _____

2ª frase: _____

Dê exemplos de substâncias e misturas:

Substâncias	Misturas

E. E _____ Data ____/____/____

Nome _____ Série _____ Idade: ____ anos

2- Suponha que você fez a seguinte experiência: “No laboratório, você pegou quatro béqueres (copos) e colocou um pouco de água. No primeiro béquer você adicionou uma colher de sal, no segundo adicionou uma colher de areia, no terceiro, uma colher de açúcar e, finalmente, no último, uma colher de óleo. Com uma colher, você mexeu o conteúdo de cada um dos béqueres. Abaixo estão as fotos de como ficaram os copos ao final do experimento. ”

Água e sal

Água e areia

Água e
açúcar

Água e óleo

O professor então apresentou a você os seguintes símbolos para que você classifique o conteúdo de cada béquer nesse experimento:

Símbolo	Classificação
□	É uma substância
△	É uma mistura
○	É homogêneo
✦	É heterogêneo

Coloque, no espaço abaixo das fotos, os símbolos que você escolheu para classificar o conteúdo dos béqueres em cada experimento. Você pode escolher mais de um símbolo.

3- Supondo que você disponha de um microscópio superpotente, o que você enxergaria ao observar um pouco de água e um pouco de água com sal. Faça um desenho do que você veria e indique o que cada parte de seu desenho significa.

4- Para você substância, mistura e material são as mesmas coisas? Explique.

5- Para os sistemas apresentados a seguir, assinale com um “S” os que forem substâncias e com “M” os que forem misturas. No caso de misturas, descreva os seus componentes.

	“S” para substância <u>ou</u> “M” para mistura	Componentes (quando for mistura)
Um pouco de água		
Ar em uma bexiga		
Um pedaço de fio de cobre		
Uma colher de açúcar		
Um copo de leite		
Um pedaço de vidro		
Uma pequena pedra		
Gotas de novalgina		

Um frasco de detergente		
Um balão de oxigênio		
Um botijão com gás de cozinha		
Um baldinho com água do mar		
Um pouco de terra de jardim		
Tinta de caneta		
Um litro de gasolina utilizada em automóveis		
Uma lata de alumínio		
Gás carbônico		

Explique o critério que você utilizou para classificar os sistemas, ou seja, como você escolheu entre substância e mistura.

Avaliação deste questionário – Apenas para alunos do 9º ano do Ensino Fundamental e 1º ano do Ensino Médio

As duas questões abaixo fazem parte da avaliação deste questionário que você acaba de responder. Por favor, responda o que se pede.

- O enunciado de alguma das questões do questionário acima não ficou claro, ou seja, foi de difícil entendimento? Indique qual.

- Em sua opinião alguma questão foi muito fácil? E muito difícil? Deixe suas impressões no espaço abaixo.

Apêndice 2 – Instrumento aplicado antes da sequência

Nome _____ Série _____ Idade: _____ anos

1- Você já deve ter ouvido falar em substâncias e misturas. Explique o que você sabe sobre substância e mistura de substâncias, e dê exemplos.

Substância: _____

Mistura: _____

Dê exemplos de substâncias e misturas de substâncias:

Substância	Misturas de substâncias

2- Suponha que você fez a seguinte experiência: “No laboratório, você pegou cinco béqueres (copos) e colocou um pouco de água filtrada. No primeiro béquer você adicionou uma colher de sal, no segundo adicionou uma colher de areia, no terceiro, uma colher de açúcar, no quarto béquer uma colher de óleo e, finalmente, no último, você não adicionou nada. Com uma colher, você mexeu o conteúdo de cada um dos béqueres. Em seguida você encheu mais um béquer com água da chuva. Abaixo estão as fotos de como ficaram os copos ao final do experimento.

Água filtrada	Água e sal	Água e areia	Água e açúcar	Água e óleo	Água da chuva

O professor então apresentou a você os seguintes símbolos para que você classifique o conteúdo de cada béquer nesse experimento. Coloque, no espaço abaixo das fotos, os símbolos que você escolheu para classificar o conteúdo dos béqueres em cada experimento. ATENÇÃO: **você pode escolher quantos símbolos forem necessários.**

Símbolo
Classificação	É uma substância	É uma mistura	É homogêneo	É heterogêneo

3- Para você substância, mistura e material são as mesmas coisas? Explique.

() não sei.

() sim, são as mesmas coisas pois _____

() não, são coisas diferentes. Substância é _____

mistura é _____ e

material é _____

4- Para os sistemas apresentados a seguir, assinale com um “S” os que forem substâncias e com “M” os que forem misturas. No caso de misturas, descreva os seus componentes.

	“S” para substância <u>ou</u> “M” para mistura	Componentes (quando for mistura)
Água do mar	M	Água + sais + gás oxigênio
Um pouco de água		
Ar em uma bexiga		
Um pedaço de fio de cobre		
Uma colher de açúcar		
Um copo de leite		
Um pedaço de vidro		
Uma pequena pedra		
Gotas de novalgina		
Um frasco de detergente		
Um balão de oxigênio		
Um botijão com gás de cozinha		
Um baldinho com água do mar		
Um pouco de terra de jardim		
Tinta de caneta		
Um litro de gasolina utilizada em automóveis		
Uma lata de alumínio		
Gás carbônico		

Apêndice 3 – Instrumento aplicado após a sequência

Nome _____ Série _____ Idade: _____ anos

1- Você já deve ter ouvido falar em substâncias e misturas. Explique o que você sabe sobre substância e mistura de substâncias, e dê exemplos.

Substância:

Mistura:

Dê exemplos de substâncias e misturas de substâncias:

Substância	Misturas de substâncias

2- Suponha que você fez a seguinte experiência: “No laboratório, você pegou cinco béqueres (copos) e colocou um pouco de água filtrada. No primeiro béquer você adicionou uma colher de sal, no segundo adicionou uma colher de areia, no terceiro, uma colher de açúcar, no quarto béquer uma colher de óleo e, finalmente, no último, você não adicionou nada. Com uma colher, você mexeu o conteúdo de cada um dos béqueres. Em seguida você encheu mais um béquer com água da chuva. Abaixo estão as fotos de como ficaram os copos ao final do experimento.

Água filtrada	Água e sal	Água e areia	Água e açúcar	Água e óleo	Água da chuva

O professor então apresentou a você os seguintes símbolos para que você classifique o conteúdo de cada béquer nesse experimento. Coloque, no espaço abaixo das fotos, os símbolos que você escolheu para classificar o conteúdo dos béqueres em cada experimento. **ATENÇÃO: você pode escolher quantos símbolos forem necessários.**

Símbolo
Classificação	É uma substância	É uma mistura	É homogêneo	É heterogêneo

3- Para você substância, mistura e material são as mesmas coisas? Explique.

() não sei.

() sim, são as mesmas coisas pois _____

() não, são coisas diferentes. Substância é _____

mistura é _____ e

material é _____

4- Para os sistemas apresentados a seguir, assinale com um “S” os que forem substâncias e com “M” os que forem misturas. No caso de misturas, descreva os seus componentes.

	“S” para substância <u>ou</u> “M” para mistura	Componentes (quando for mistura)
Água do mar	M	Água + sais + gás oxigênio
Um pouco de água		
Ar em uma bexiga		
Um pedaço de fio de cobre		
Uma colher de açúcar		
Um copo de leite		
Um pedaço de vidro		
Uma pequena pedra		
Gotas de novalgina		
Um frasco de detergente		
Um balão de oxigênio		
Um botijão com gás de cozinha		
Um baldinho com água do mar		
Um pouco de terra de jardim		
Tinta de caneta		
Um litro de gasolina utilizada em automóveis		
Uma lata de alumínio		
Gás carbônico		

5 - Todos os materiais que aparentam serem formados por apenas uma substância (aparência homogênea) são sempre feitos de apenas uma substância? Explique dando um exemplo.

6- Todo material natural é formado por uma única substância? As frutas, o leite, as folhas são apenas uma substância? Explique.

7- O aço e o latão são materiais produzidos pelo homem a partir de vários metais e são chamados de ligas metálicas. Existem vários tipos de aço, mas a maioria são misturas de ferro, carbono e manganês, por exemplo, enquanto o latão é formado por uma mistura de cobre e zinco.

Do texto acima destaque o que são:

Substâncias:

Mistura de substâncias:

8- Pensando nos experimentos e que aquecemos duas amostras, uma de água e outra de água salgada até as duas ferverem, você acha que o estudo ponto de ebulição e do ponto de fusão permitiria diferenciar uma substância da outra?

9- Faça um esquema utilizando os seguintes conceitos: água do filtro, água destilada, folha de alface, alumínio, mistura homogênea, misturas, substâncias, misturas heterogêneas e materiais

Apêndice 4 – Instrumento aplicado seis meses após a sequência

Nome _____ Série _____ Idade: _____ anos

1- Você já deve ter ouvido falar em substâncias e misturas. Explique o que você sabe sobre substância e mistura de substâncias, e dê exemplos.

Substância: _____

Mistura: _____

Dê exemplos de substâncias e misturas de substâncias:

Substância	Misturas de substâncias

2- Suponha que você fez a seguinte experiência: “No laboratório, você pegou cinco béqueres (copos) e colocou um pouco de água filtrada. No primeiro béquer você adicionou uma colher de sal, no segundo adicionou uma colher de areia, no terceiro, uma colher de açúcar, no quarto béquer uma colher de óleo e, finalmente, no último, você não adicionou nada. Com uma colher, você mexeu o conteúdo de cada um dos béqueres. Em seguida você encheu mais um béquer com água da chuva. Abaixo estão as fotos de como ficaram os copos ao final do experimento.

O professor então apresentou a você os seguintes símbolos para que você classifique o conteúdo de cada béquer nesse experimento. Coloque, no espaço abaixo das fotos, os símbolos que você escolheu para classificar o conteúdo dos béqueres em cada experimento. **ATENÇÃO: você pode escolher quantos símbolos forem necessários.**

Símbolo
Classificação	É uma substância	É uma mistura	É homogêneo	É heterogêneo

3- Para você substância, mistura e material são as mesmas coisas? Explique.

() não sei.

() sim, são as mesmas coisas pois _____

() não, são coisas diferentes. Substância é _____

mistura é _____ e

material é _____

4- Para os sistemas apresentados a seguir, assinale com um “S” os que forem substâncias e com “M” os que forem misturas. No caso de misturas, descreva os seus componentes.

	“S” para substância <u>ou</u> “M” para mistura	Componentes (quando for mistura)
Água do mar	M	Água + sais + gás oxigênio
Um pouco de água		
Ar em uma bexiga		
Um pedaço de fio de cobre		
Uma colher de açúcar		
Um copo de leite		
Um pedaço de vidro		
Uma pequena pedra		
Gotas de novalgina		
Um frasco de detergente		
Um balão de oxigênio		
Um botijão com gás de cozinha		
Um baldinho com água do mar		
Um pouco de terra de jardim		
Tinta de caneta		
Um litro de gasolina utilizada em automóveis		
Uma lata de alumínio		
Gás carbônico		

5 - Todos os materiais que aparentam serem formados por apenas uma substância (aparência homogênea) são sempre feitos de apenas uma substância? Explique dando um exemplo.

6- Todo material natural é formado por uma única substância? As frutas, o leite, as folhas são apenas uma substância? Explique.

7- O aço e o latão são materiais produzidos pelo homem a partir de vários metais e são chamados de ligas metálicas. Existem vários tipos de aço, mas a maioria são misturas de ferro, carbono e manganês, por exemplo, enquanto o latão é formado por uma mistura de cobre e zinco.

Do texto acima destaque o que são:

Substâncias:

Mistura de substâncias:

8- Pensando nos experimentos e que aquecemos duas amostras, uma de água e outra de água salgada até as duas ferverem, você acha que o estudo ponto de ebulição e do ponto de fusão permitiria diferenciar uma substância da outra?

9- Faça um esquema utilizando os seguintes conceitos: água do filtro, água destilada, folha de alface, alumínio, mistura homogênea, misturas, substâncias, misturas heterogêneas e materiais

Apêndice 5 – Instrumento utilizado durante a sequência – aulas 1 e 2

Nome _____ nº _____ 8ª _____ Data: ____/____/____

Aula 1 e 2 - DO QUE SÃO FEITOS OS MATERIAIS

Observe os materiais que estão sobre sua mesa:

- pedra, leite, latão, granito, água do mar, petróleo, sal, açúcar, terra e ferro.

Pense e reflita:

- Do que você acha que esses materiais são feitos?
- Descreva sua aparência.
- Você consegue perceber a presença de mais de um material compondo esse material?

Classifique os materiais que estão na sua mesa quanto à sua composição, ou seja, se efeito de apenas um material ou mais de um. Registre seus resultados na tabela abaixo.

Material	É feito de apenas um material	É feito de mais de um material
Pedra		
Leite		
Granito		
Água do mar		
Petróleo		
Sal		
Açúcar		
Leite de magnésia		
Terra		
Ferro		
Latão		

Vamos agora classificar esses mesmos materiais novamente, mas utilizando um critério diferente: vamos separá-los pela aparência: homogênea ou heterogênea.

Material	É feito de apenas um material	É feito de mais de um material
Pedra		
Leite		
Granito		
Água do mar		
Petróleo		
Sal		
Açúcar		
Leite de magnésia		
Terra		
Ferro		
Latão		

1- Os materiais que você classificou como tendo apenas um material também foram classificados na coluna dos materiais que possuem aparência homogênea? Justifique.

2- Há material com aparência homogênea que possui mais de um material? Quais?

3- Todos os materiais que aparentam serem formado por apenas um (1) material (aparência homogênea) são sempre feitos de apenas uma coisa?

Apêndice 6 - Instrumento aplicado durante a sequência – aula 3

Aula 3: RECONHECIMENTO DE SUBSTÂNCIAS EM MATERIAIS HOMOGÊNEOS

Sabemos que a água do mar é formada por água e sais, que estão dissolvidos e não o observamos diretamente.

➤ Como poderíamos verificar que há sais na água do mar?

Experimentação:

MATERIAL:

- Amostra de água do mar
- Cápsula de porcelana
- Vidro de relógio
- Aquecedor

PROCEDIMENTO:

- Colocar a amostra de água do mar dentro da cápsula de porcelana.
- Cobrir a cápsula de porcelana com um vidro de relógio.
- Aquecer o material com o aquecedor elétrico.
- Observar e registrar.
- Recolher o material que se formou no vidro de relógio e repetir o mesmo procedimento.

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

APÓS O 1º AQUECIMENTO:

1- O que se formou no vidro de relógio? Como isso ocorreu?

2- O que você observou na cápsula de porcelana? Você sabe que material é esse?

3- O que você pode concluir a partir dessa observação em relação à constituição da água do mar?

APÓS O 2º AQUECIMENTO:

4- O que você pode observar no vidro de relógio? Explique.

5- O que você pode observar na cápsula de porcelana? Como você explica esse fato?

6- Como podemos classificar a água que obtivemos?

PARA SABER MAIS

SAL MARINHO:

Obtido da água do mar e usado como agente de conservação de carnes vermelhas e peixes (carne-seca e bacalhau são exemplos), o sal marinho é um sólido cristalino, ligeiramente transparente e higroscópico, ou seja, tende a absorver a água presente no ar úmido. É mistura heterogênea constituída principalmente de cloreto de sódio (NaCl), cloreto de magnésio (MgCl_2), responsável pelo fato de o sal ser higroscópico e de vários outros sais em menores quantidades e alguns sólidos variados como a sílica, principal constituinte da areia.

Por processos de separação apropriados, obtém-se o cloreto de sódio puro, um material homogêneo, incolor e transparente, solúvel em água, que se funde a 801°C e entra em ebulição a 1413°C .

Materiais e Substâncias – Pitombo L.R.M. e Lisboa J.C.F. – Escolas Associadas – p. 18

7- Sal marinho é:

() uma substância

() uma mistura de

substâncias

() mistura homogênea

() mistura heterogênea

Nós chamamos de substância um material puro, que não é misturado a outros materiais.

8- Voltando aos materiais estudados na aula passada (pedra, leite, latão, granito, água do mar, petróleo, sal, açúcar, leite de magnésia, terra e ferro), quais deles podemos classificar como substâncias? Por quê?

Apêndice 7 - Instrumento aplicado durante a sequência – aula 4

Aula 4: RECONHECIMENTO DE SUBSTÂNCIAS EM MATERIAIS HETEROGÊNEOS

- A terra é uma mistura de materiais?
- Como podemos verificar se a terra é uma mistura?

Experimentação: Investigando os componentes do solo

Material:

- Duas amostras de terras de composições diferentes;
- Dois frascos transparentes com tampa;
- Lupa;
- Dois pratos plásticos;
- Duas colheres plásticas;
- Água.

Procedimento:

- Coloque uma colher de cada amostra de terra em dois pratos.
- Observe os materiais. Esfarele um pouco de cada amostra de solo com os dedos e verifique qual é mais macia, qual é mais áspera e qual se esfarela mais facilmente.
- Examine agora, com a lupa, o material que foi esfarelado e procure descrever o que observou.
- Coloque cada amostra do solo em uma garrafa e acrescente água até cerca de metade de sua capacidade. Agite bem, coloque-as em repouso e observe-as, sem agitá-las novamente, após alguns minutos e após alguns dias.

1- As amostras de terra tem aspecto homogêneo ou heterogêneo?

2- O que você observou de diferente nos dois materiais a olho nu? E com a lupa?

3- Foi possível separar os diferentes materiais que compõe a terra? Como?

4- Por que você acha que eles se separaram?

Pensando nos materiais que observamos e classificamos na primeira aula, completem o quadro abaixo, a partir do que você aprendeu:

Material	Substância	Mistura homogênea	Mistura heterogênea

5- O que vocês entenderam por substância?

6- E por mistura de substâncias?

7- Vamos pensar em coisas que estão ao nosso redor no nosso dia a dia. Agora que sabemos que podemos chamar qualquer coisa de material, mas que substância, mistura homogênea e mistura heterogênea são coisas diferentes, vamos tentar classificar mais algumas:

- a) água de torneira: _____
- b) petróleo: _____
- c) maionese: _____
- d) detergente: _____
- e) água de piscina: _____
- f) tecido: _____
- g) troco de árvore: _____
- h) areia da praia: _____

Apêndice 8 - Instrumento aplicado durante a sequência – aula 5

AULA 5: SUBSTÂNCIA NATURAL E ARTIFICIAL

Quando estamos em um ambiente natural como, por exemplo, no meio de uma floresta, ao olharmos ao nosso redor identificamos várias coisas, como árvores, flores, animais, folhas, terra, entre outros. Em uma excursão com seus colegas de classe um garoto comentou: “Nossa! Como a natureza é linda... tantas cores, tantos aromas, tanta diversidade”. A professora de ciências que os acompanhava aproveitou para perguntar: “Como vocês classificariam alguns desses materiais, como substâncias, misturas homogêneas ou misturas heterogêneas?” Faça isso abaixo:

a) tronco da árvore: _____

b) folhas: _____

c) flores: _____

e) terra: _____

f) água do rio: _____

g) pedra: _____

- “Todo material natural é uma substância? As frutas, o leite, as folhas são uma apenas uma substância?”

Leiam atentamente o texto abaixo e respondam as questões que se seguem:

As frutas

(adaptado de http://www.fruticultura.iciag.ufu.br/nutricao.htm#_Toc76516565)

“As frutas são indispensáveis ao bom funcionamento do corpo humano”. Apesar de a flora brasileira ser muito rica em frutos, alguns de alto valor nutritivo, as populações não têm muito o hábito de consumi-las.

Vitaminas, carboidratos, proteínas, fibras, sais minerais, fermentos, água e celulose são os nutrientes mais comuns nas frutas.

Esses nutrientes que as frutas possuem são essenciais para manter uma ótima saúde e assim o bom funcionamento de todo o corpo. Esses nutrientes são substâncias classificadas em macro e micronutrientes. Os macronutrientes são aqueles que o corpo precisa em maior quantidade, como os carboidratos, as proteínas, as fibras, os lipídios e a água. Os micronutrientes que são as vitaminas e os minerais são necessários somente em pequenas quantidades, mas fazem parte do grupo dos alimentos chamados reguladores, que, como o próprio nome diz, regulam o equilíbrio de todas as funções orgânicas. Cada um destes nutrientes possui funções diferentes no corpo.

O ácido ascórbico é, talvez, a mais conhecida das substâncias do grupo das vitaminas. Age como antisséptico, protegendo os tecidos, as juntas e os ligamentos contra inflamações.

Evita o amolecimento e os sangramentos das gengivas. Combate gripes e resfriados. “Estudos recentes indicam que a vitamina C pode ajudar a prevenir o câncer gástrico e do esôfago.”

Observe abaixo a composição nutricional de algumas frutas, com as quantidades das substâncias presentes em cada uma, mais conhecidas como nutrientes.

Tabela 01 – Composição nutricional de algumas frutas (por 100 g de porção comestível)											
Fruta	Proteína (%)	Gordura (%)	Carboidrato (%)	Fibra (g)	Cálcio (mg)	Potássio (mg)	Ferro (cal)	Sódio (mg)	Magnésio (%)	Vitamina A (UI)	Vitamina C (mg)
Abacaxi	0,4	0,2	13,7	0,95	18	82,9	0,50	10,6	15	16,65	27,2
Banana	85	1,1	0,2	22,2	-	8	0,70	1	33	190	10
Goiaba	42,5	0,90	0,10	9,50	-	17	0,70	31,5	-	815,85	45,6
Laranja	49,0	1,0	0,2	12,2	4,3	41	0,40	1	11	200	50
Mamão	68	0,2	1,0	14,5	-	21	0,80	31,80	-	-	20,5

Portanto quando falamos que uma fruta é “fonte de vitamina C” significa que uma das substâncias presentes nessa fruta é o ácido ascórbico, conhecido popularmente como vitamina C. Assim como as frutas a grande maioria das verduras, plantas, comidas e tudo o que se pode classificar como “natural” são misturas de várias substâncias que fazem parte da composição desses materiais. Assim como as rochas, a composição desses materiais pode variar com as condições dos locais onde foram plantados, criados ou extraídos.

Agora responda: Para cada faixa etária existe uma dose diária recomendada conforme o gráfico apresentado na Figura 1. Um jovem de 14 anos ao ver a tabela abaixo quis ingerir o mínimo recomendado de vitamina C através da ingestão das frutas que tinha em sua casa. Apresente duas opções que ele poderia seguir.

Figura 1 – Dose

recomendada de vitamina C

diária

Fonte: Dietary Reference Intakes: Recommended Intakes for Individuals Vitamins, Food and Nutrition Board, Institute of Medicine, National Academies, 2004

Neste momento, que resposta daria à questão colocada inicialmente: “Todo material natural é uma substância? As frutas, o leite, as folhas são uma apenas uma substância?”

Agora vamos observar os rótulos dos comprimidos de vitamina C que vocês têm em suas mesas.

- Esses comprimidos possuem apenas uma substância ou será uma mistura de substâncias?

- Qual a quantidade de vitamina C ou ácido ascórbico que está escrita no rótulo?

- Qual deve ser a massa de cada um desses comprimidos?

- Vamos medir na balança?

- Como você explica esse resultado obtido?

- Vamos então responder novamente a primeira pergunta: “Esses comprimidos possuem apenas uma substância ou será uma mistura de substâncias?”

Apêndice 9 - Instrumento aplicado durante a sequência – aula 6

AULA 6: OBTENÇÃO DE SUBSTÂNCIAS A PARTIR DE MATERIAIS

Até agora estudamos que todas as coisas podem ser chamadas de materiais, e que dependendo de quantas “coisas” tiverem nesse material poderemos classificá-lo em:

SUBSTÂNCIA: quando é um material puro, não misturado a outro material.

MISTURA: quando tem mais de uma substância. Pode ser:

- **HOMOGÊNEA:** apresenta uma aparência uniforme.

- **HETEROGÊNEA:** podemos ver que é composta de mais de um material.

Estudamos também que a maior parte dos materiais são misturas e que ser natural não significa ser formado por uma única substância. Vejam os exemplos abaixo:

Vamos agora a umas novas perguntas:

- Do que vocês acham que são feitas as panelas?
- E os pregos?
- E os pés de mesa?
- Como esse material pode ser encontrado na natureza?
- Como você faria para obtê-lo?
- De onde vem o ferro?
- E o aço?

Leiam atentamente o texto a seguir:

Vocês sabem do que são feitos estes

Muito bem! De metal, quem pensou em aço ou ferro acertou mais

O ferro não é encontrado puro na natureza e sim em forma de minério de ferro. O Brasil é o terceiro maior

Um pouco sobre o ferro

Os principais minérios de ferro são: **hematita** e a **magnetita**, dentre outros. A **extração** ou **metalurgia do ferro** e de **suas ligas** recebe o nome de **siderurgia**.

O ferro se combina tão fortemente com o oxigênio, que é preciso temperaturas muito altas – mais de 1.000 °C – para separá-lo do minério de ferro. Na pré-história (período que os historiadores definem como sendo anterior à escrita), com fogueiras e fornos comuns, tais temperaturas eram muito difíceis de serem alcançadas.

O bronze – liga de cobre e estanho – já era obtido há cerca de 5.300 anos, mas o ferro só pôde ser obtido mais tarde, com o aperfeiçoamento de fornos com os quais se obtinham temperaturas mais altas (basicamente com mecanismos, como o fole, que sopravam o ar no meio do fogo).

O processo industrial de obtenção do aço ocorreu no século XIX, aumentando enormemente a quantidade fabricada e barateando o produto final.

Etapas da produção do aço

PREPARAÇÃO DA CARGA

A carga é levada por caçambas e introduzida na parte superior do alto-forno e é formada fundamentalmente por: **minério de ferro, carvão coque e calcário**. O produto da reação irá formar a **escória**, que será retirada na parte inferior do forno.

ALTO-FORNO

As impurezas presentes no minério de ferro são removidas com seu aquecimento - juntamente com carvão mineral e outras substâncias - em alto-forno. O alto-forno é um forno especial com revestimento para resistir a altas temperaturas - a mais de 1200 °C. Desse processo de aquecimento resulta o ferro-gusa - usado na produção do aço - e a escória, constituída de impurezas que são removidas (podendo ser usadas na fabricação de cimento).

REFINO: FERRO-GUSA

Pela parte inferior, são escoados, a cada 4 ou 5 horas, em primeiro lugar a **escória** (que é utilizada para pavimentação ou fabricação de cimento) e, em segundo lugar o **ferro-gusa**. O ferro-gusa é aquecido em um forno chamado **conversor**. A injeção de oxigênio ajuda a eliminar as impurezas restantes. Outras substâncias são acrescentadas para conferir propriedades. Ao fim do processo é produzido o aço na forma líquida.

(adaptado de <http://esquadraodoconhecimento.wordpress.com/ciencias-da-natureza/quim/a-fabricacao-do-aco/>)

Observe os materiais que estão sobre sua mesa: hematita, ferro e o aço; cobre, zinco e o latão.

1- Qual deles é um minério de ferro?

2- Quais desses materiais - hematita, ferro, aço, cobre, zinco e latão - são metais extraídos de minérios?

3- O aço e o latão são materiais produzidos pelo homem a partir de vários metais e são chamados de ligas metálicas. Existem vários tipos de aço, mas a maioria são misturas de ferro, carbono e manganês, por exemplo, enquanto o latão é formado por uma mistura de cobre e zinco. O aço e o latão são substâncias ou misturas de substâncias?

5- As joias de ouro são de ouro “puro”?

Apêndice 10 - Instrumento aplicado durante a sequência – aula 7

AULA 7: RECONHECIMENTO DE SUBSTÂNCIAS PELAS SUAS PROPRIEDADES

- Como podemos identificar se um material é uma substância ou uma mistura de substâncias?
- Quando fervemos a água do mar e separamos o sal, como poderíamos verificar se a água obtida é realmente apenas uma substância?

Experimentação: PONTO DE EBULIÇÃO

MATERIAL:

- 50 ml de água destilada
- 50 ml de água com 10 g de sal de cozinha
- Dois béqueres
- Dois termômetros
- Dois aquecedores

PROCEDIMENTO:

- Colocar 50 ml de água destilada em um béquer.
- Aquecer até a ebulição.
- Anotar a temperatura da água a cada 1 minuto e três minutos após a ebulição.
- Colocar a 50 ml de água destilada em um béquer.
- Adicionar 10g de sal de cozinha e misturar bem.
- Aquecer até a ebulição.
- Anotar a temperatura da água a cada 1 minuto e três minutos após a ebulição.
- Construir em sua folha uma tabela anotando a temperatura da água destilada e da água salgada durante os 5 minutos iniciais.

TEMPO:	Temperatura da água destilada	Temperatura da água salgada	Entrou em ebulição?
1 minuto			
2 minutos			
3 minutos			
4 minutos			
5 minutos			
6 minutos			
7 minutos			

1- Como se comportou a temperatura de cada material antes de entrar em ebulição: aumentou, diminuiu ou permaneceu constante?

Água destilada: _____ água salgada: _____

2- O que aconteceu com a temperatura de cada material ao entrar em ebulição (começar a ferver): aumentou, diminuiu ou permaneceu constante?

Água destilada: _____ água salgada: _____

Experimentação: PONTO DE FUSÃO

MATERIAL:

- 2 tubos de ensaio
- Água com sal de cozinha
- Béquer de 250 ml
- Três termômetros
- Gelo picado
- Álcool

PROCEDIMENTO:

- Colocar 200 ml de gelo picado em um béquer de 250 ml
- Colocar 75 ml de álcool gelado.
- Colocar em torno de 1 dedo de água destilada em um tubo de ensaio e a mesma quantidade de água e sal em outro tubo.
- Colocar os dois tubos dentro do béquer.
- Colocar um termômetro em cada tubo de ensaio e um terceiro no béquer com gelo.
- Construir em sua folha uma tabela anotando a temperatura da água destilada e da água salgada durante os 5 minutos iniciais.

TEMPO:	Temperatura da água destilada	Temperatura da água salgada	Entrou em FUSÃO?
1 minuto			
2 minutos			
3 minutos			
4 minutos			
5 minutos			
6 minutos			
7 minutos			

3- Como se comportou a temperatura de cada material antes de entrar em FUSÃO: aumentou, diminuiu ou permaneceu constante?

Água destilada: _____ água salgada: _____

4- O que aconteceu com a temperatura de cada material ao entrar em ebulição (começar a solidificar): aumentou, diminuiu ou permaneceu constante?

Água destilada: _____ água salgada: _____

5- Pensando no que você observou nesses dois experimentos, você acha que o estudo do ponto de ebulição e do ponto de fusão permitiria diferenciar uma substância de uma mistura? Explique.

Apêndice 11 - Instrumento aplicado durante a sequência – aula 8

AULA 8: DIAGRAMA

Vimos nas aulas anteriores que a aparência do material não me diz qual é o material, e nem se é apenas uma substância ou mistura de substâncias.

Portanto posso identificar um material através de suas propriedades específicas ou ainda, sabendo de sua composição através dos rótulos dos produtos.

Vamos ver agora alguns rótulos de produtos que vocês conhecem. Observem a composição de cada um.

Açúcar, sal, bicarbonato de cálcio, água mineral, álcool comercial.

- Quais deles são substâncias e quais são misturas?

- Tem algum que é quase “puro”?

- Como podemos chamar essa característica do material?

Vamos agora tentar organizar tudo o que discutimos e aprendemos em um esquema ou diagrama. Para a construção de um mapa conceitual vamos seguir os seguintes passos:

relacionados por linhas ou setas.

1- Identificar os conceitos do conteúdo que desenvolvemos e que serão fornecidos através dos cartões: material, banana, mistura heterogênea, substância, ligas metálicas, misturas homogêneas, açúcar, misturas, moléculas iguais;

2- Definir a posição hierárquica dos conceitos selecionados (dos mais gerais e inclusivos para os mais específicos e exclusivos);

3- Buscar relações entre os conceitos (ex.: X causa Y ou Z depende de N);

4- Conectar os conceitos

Em uma cartolina faça seu esquema ou diagrama, cole seus cartões, trocando de diagrama em seguida com um grupo vizinho. Tente, em relação ao digrama dos seus colegas, apontar aspectos com os quais não concorda.

Depois disso faça seu diagrama, agora individualmente, com os conceitos: água salgada, água destilada, pedra, frutas, concreto, leite, ouro, alumínio, mistura homogênea, misturas, substâncias, misturas heterogêneas, moléculas iguais e materiais.