

**UNESP – UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CAMPUS DE ARARAQUARA
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM QUÍMICA EM REDE NACIONAL**

**Implementação de uma Unidade Didática Multiestratégica fundamentada
no Ensino por Investigação para o ensino de substância e mistura para
alunos do Ensino Fundamental**

Karina Laurindo de Mendonça

Dissertação de Mestrado



PROFQUI
PROGRAMA DE MESTRADO
PROFISSIONAL EM QUÍMICA
EM REDE NACIONAL

**Araraquara
2020**

Karina Laurindo de Mendonça

Implementação de uma Unidade Didática Multiestratégica fundamentada no Ensino por Investigação para o ensino de substância e mistura para alunos do Ensino Fundamental

Dissertação apresentada ao Instituto de Química, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Química.

Orientador: Prof. Dr. Amadeu Moura Bego

Araraquara
2020

FICHA CATALOGRÁFICA

M539i

Mendonça, Karina Laurindo de

Implementação de uma unidade didática multiestratégica
fundamentada no ensino por investigação para o ensino de substância e
mistura para alunos do ensino fundamental / Karina
Laurindo de Mendonça. – Araraquara : [s.n.], 2020

106 f. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista,
Instituto de Química

Orientador: Prof. Dr. Amadeu Moura Bego

1. Prática de ensino. 2. Ciências (Ensino fundamental).
3. Estudo de casos. 4. Aprendizagem ativa. 5. Pesquisa-ação em educação. I.
Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: "Implementação de uma Unidade Didática Multiestratégica fundamentada no Ensino por Investigação para o ensino de substância e mistura para alunos do Ensino Fundamental"

AUTORA: KARINA LAURINDO DE MENDONÇA

ORIENTADOR: AMADEU MOURA BEGO

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em QUÍMICA EM REDE NACIONAL, área: Química pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. AMADEU MOURA BEGO (Participação Virtual)
Departamento de Química Analítica, Físico-Química e Inorgânica / Instituto de Química - UNESP - Araraquara



Prof. Dr. MÁRLON CAETANO RAMOS PESSANHA (Participação Virtual)
Departamento de Metodologia de Ensino / Centro de Educação e Ciências Humanas - UFSCar - São Carlos



Prof. Dr. MARCELO HAWRYLAK HERBST (Participação Virtual)
Instituto de Química / Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ - Rio de Janeiro

Araraquara, 16 de dezembro de 2020

*Agradeço a Deus e à Nossa Senhora Aparecida
por mais uma graça alcançada.*

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto de Química da Unesp Araraquara. Agradeço aos professores que participaram dessa trajetória de grande valia na minha formação como professora e como pessoa.

Ao Prof. Dr. Amadeu Moura Bego, minha eterna gratidão por todos os ensinamentos, orientações e repreensões, quando necessárias, os quais foram extremamente importantes para a construção do meu conhecimento. Muito obrigada pela confiança e apoio durante o desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço à minha família, aos meus pais, irmã e avós maternos, principalmente a minha avó Rute, por ter persistido ao me levar a escola - mesmo com meus choros no primeiro ano. Sem vocês nada disso seria possível. Obrigada por sempre me apoiarem e suportarem meus dias estressantes e sem tempo para dedicação à família.

Agradeço ao meu noivo Luis Guilherme por sempre me incentivar a ser o meu melhor e por estar ao meu lado nessa jornada, passando pelos dias de luta e dias de glória.

Agradeço aos meus companheiros do ProfQui, que se tornaram verdadeiros amigos, os quais foram essenciais para que essa jornada fosse completa. Meu muito obrigada a vocês, Camila, Diego, Josiane, Marisa, Bruno e Rodrigo.

Também agradeço a você, Vagner, sempre muito prestativo, atencioso e companheiro quando precisei. Gratidão! Estendo esse agradecimento a todos os membros da Rede de Inovação e Pesquisa em Ensino de Química (RIPEQ) do Instituto de Química da Unesp de Araraquara, obrigada por todos os momentos de discussões e descontração.

Agradeço aos meus queridos alunos, pois sem eles eu não me tornaria que sou hoje. Obrigada por aceitarem de braços abertos a participar deste trabalho de grande importância para a minha formação.

E, por último, mas não menos importante, agradeço a Deus, por toda proteção, amparo, amor e sabedoria em todos os momentos da minha vida.

*A menos que modifiquemos a nossa maneira de pensar,
não seremos capazes de resolver os problemas causados
pela forma como nos acostumamos a ver o mundo.
(Albert Einstein)*

Resumo

O ensino de química no Ensino Fundamental é vinculado ao ensino de ciências, mas apenas no último ano desse ciclo que os conceitos e a linguagem química são introduzidos. Sabe-se que adquirir conhecimento químico não é um processo simples e linear, que apenas a transmissão de conhecimentos do professor e a realização de exercícios são suficientes para a aprendizagem do aluno, havendo necessidade da implementação de novas metodologias. Dentre essas possibilidades, encontra-se a Unidade Didática Multiestratégica (UDM), que consiste em um modelo de planejamento de um projeto de ensino que integra um conjunto de estratégias didáticas organizadas de acordo com os objetivos de aprendizagem definidos previamente. A multiplicidade de estratégias potencializa a promoção da aprendizagem do aluno. No presente trabalho foi desenvolvida a UDM Poluição da água, que propôs o ensino do tópico substância e mistura por meio da abordagem de Ensino por Investigação, a qual apresenta etapas para que o aluno construa seu próprio conhecimento e o professor atue como mediador. Dentro do Ensino por Investigação, optou-se por utilizar a estratégia didática denominada Estudo de Caso para o desenvolvimento das Sequências de Ensino Investigativas (SEI). O Estudo de Caso proporciona aos estudantes uma participação ativa na sua aprendizagem, além de oferecer caminhos para investigar aspectos científicos que estão presentes nos casos utilizados durante as SEI. Realizou-se uma pesquisa qualitativa do tipo Pesquisa-Ação com objetivo de investigar os impactos da implementação de uma UDM, que utiliza a abordagem do Ensino por Investigação, sobre Substância e Mistura no processo de aprendizagem de estudantes do 9º ano do Ensino Fundamental. O desenvolvimento das ações foi acompanhado por meio de gravações de vídeo das aulas, produção de diário de aula e as atividades realizadas pelos estudantes. O processo de análise de dados qualitativos foi por meio da Análise de Conteúdo. Os resultados obtidos a partir das intervenções utilizando Estudo de Caso forneceram informações que demonstraram as concepções prévias dos estudantes nas etapas de elaboração de hipóteses para a resolução dos casos, que mostraram os impactos causados por essas concepções alternativas acerca do tema. As etapas investigativas realizadas pelos estudantes foram importantes para mostrar a modificação de algumas das concepções alternativas, demonstrando os impactos positivos na construção do conhecimento dos estudantes ao utilizar essa estratégia de ensino dentro da perspectivas do Ensino por Investigação. O processo de implementação da UDM proporcionou utilizar diversas estratégias de ensino possibilitando ao estudantes maneiras de autonomia no processo de aprendizagem do seu próprio conhecimento.

Palavras-chave: Ensino por Investigação, Substância e Mistura, Estudo de Caso, Ensino Fundamental, Unidade Didática Multiestratégica, Pesquisa-Ação.

Abstract

Chemistry teaching in elementary school is linked to science teaching, but it is only in the last year of this cycle that chemical concepts and language are introduced. It is known that acquiring knowledge is not a simple and linear process, that only the transmission of knowledge from the teacher and the performance of exercises are sufficient for the student's learning, requiring the implementation of new methodologies. Among these possibilities, there is the Multi-Strategic Didactic Unit (UDM), which consists of a planning model for a teaching project that integrates a set of didactics organized according to the previously defined learning objectives. The multiplicity of strategies enhances the promotion of student learning. In the present work, the UDM Water Pollution was developed, which proposed the teaching of the topic substance and mixture through the Teaching by Investigation approach, which presents steps for the student to build his own knowledge and the teacher acts as a mediator. Within Research Teaching, it was decided to use a didactic strategy called Case Study for the development of Investigative Teaching Sequences (SEI). The Case Study offers students an active participation in their learning, as well as ways to investigate scientific aspects that are present in the cases used during CES. A qualitative research-action research was carried out with the objective of investigating the impacts of the implementation of a UDM, which uses the approach of Teaching by Research, on Substance and Mixture in the learning process of 9th grade students. The development of the actions was monitored through video recordings of the classes, production of a class diary and as activities carried out by the students. The qualitative data analysis process was through Content Analysis. The results obtained from the activities using the Case Study provided information that demonstrated the students' previous conceptions in the steps of preparing hypotheses for solving cases, which affected the impacts caused by these alternative conceptions on the topic. The investigative steps performed by the students are important to show the modification of some alternative conceptions, demonstrating the positive impacts on the construction of the students' knowledge when using this teaching strategy from the perspective of Teaching by investigation. The UDM implementation process provides the use of several teaching strategies, allowing students ways of autonomy in the process of learning their knowledge.

Keywords: Inquiry-based learning, Substance and Mixture Teaching, Case Study, Elementary School, Multi-strategic Didactic Unit, Action Research.

Lista de ilustrações

Figura 1. Sistematização do planejamento de uma Unidade Didática Multiestratégica.	22
Figura 2. Representação em quatro fases do ciclo básico da investigação-ação.	36
Figura 3. O caso “Peixe fora d’água”	43
Figura 4. Aspectos do conhecimento químico.	44
Figura 5. Representação de diferentes tipos de substâncias.	45
Figura 6. Representação de uma dada mistura.	45
Figura 7. Disposição da sala de aula durante a discussão em grupos.	47
Figura 8. O caso “Os peixes de aquário sempre morrem?”	57
Figura 9. Representação de uma substância simples (à esquerda) e de uma substância composta (à direita).	59
Figura 10. Disposição da sala de aula durante a discussão em grupos.	61

Lista de tabelas

Tabela 1. Resultados obtidos a partir das análises das respostas prévias dos estudantes para o primeiro caso.	49
Tabela 2. Resultados obtidos a partir das análises das respostas prévias dos estudantes para as perguntas auxiliares do primeiro caso.	50
Tabela 3. Resultados obtidos a partir das análises das respostas após a pesquisa dos estudantes para o primeiro caso.	52
Tabela 4. Resultados obtidos a partir das análises das respostas dos estudantes após a pesquisa para as perguntas auxiliares do primeiro caso.	53
Tabela 5. Resultados obtidos a partir das análises das respostas dos estudantes para o segundo caso.	63
Tabela 6. Resultados obtidos a partir das análises das respostas dos estudantes para as perguntas auxiliares do segundo caso.	64
Tabela 7. Resultados obtidos a partir das análises das respostas após a pesquisa dos estudantes para o segundo caso.	67
Tabela 8. Resultados obtidos a partir das análises das respostas dos estudantes após a pesquisa para as perguntas auxiliares do segundo caso.	68

Lista de Quadros

Quadro 1 Conceito de desenvolvimento proximal.	31
Quadro 2. Extrato do planejamento da UDM sobre poluição da água.	39
Quadro 3. Extrato do planejamento da SD 1 da UDM.	40
Quadro 4. Extrato do planejamento da SD 2 da UDM.	55

Sumário

1. Introdução	17
1.1. Ensino de Substância e Mistura no Ensino Fundamental	18
1.2. Concepções alternativas sobre substância e mistura	19
1.3. Unidades Didáticas Multiestratégicas	22
2. Objetivos.....	26
3. Aportes teóricos.....	27
3.1. Breve revisão sobre o Ensino por investigação	27
3.2. O Ensino por Investigação segundo Carvalho	29
4. Procedimentos metodológicos.....	36
5. Resultados e discussão	39
5.1. Potencialidades do Estudo de Caso para o ensino de Substância e Mistura	39
5.1.1. Concepções prévias dos estudantes sobre Substância e Mistura	46
5.1.2. Concepções dos estudantes após a Sequência Investigativa sobre Substância e Mistura	52
5.2. Potencialidades do Estudo de Caso para o ensino de Substância simples e Substância composta	55
5.2.1. Concepções prévias dos estudantes sobre Substância Simples e Substância Composta	60
5.2.2. Concepções dos estudantes após a Sequência Investigativa sobre Substância Simples e Substância Composta	66
6. Considerações Finais	71
Referências	76
Apêndices	79
UDM – POLUIÇÃO DA ÁGUA.....	80
MATERIAIS DE APRENDIZAGEM.....	100
Anexos	104
MODELO DO TERMO DE CONSENTIMENTO	105

Apresentação

O presente memorial é composto por memórias e recordações, algumas ativas por serem recentes e outras quase apagadas na memória. Essas recordações se mostraram muito importantes para repensar algumas situações vividas e para explicar como cheguei até o final do memorial, passando por todas as etapas cruciais para chegar até o presente momento. Começo descrevendo um pouco da minha vida escolar até o ingresso na universidade.

Venho de uma família simples, moradores de Américo Brasiliense, uma cidade pequena do interior de São Paulo. Primeira filha e neta, sempre mimada pelos avós, pais e pelo tio. Como meus pais trabalhavam o dia todo, eu passava grande parte do meu dia na casa da minha avó materna.

Minha vida nos estudos se iniciou na escola EMEI Leila Lúcia, localizada próxima a casa dos avós maternos. Após, estudei o primeiro ciclo do ensino fundamental em uma escola municipal e o segundo ciclo na escola estadual Alberto Alves Rollo, onde também fiz o ensino médio. Desde pequena sempre me interessei pela ciência, influenciada pelo tio que estudava química na UEL e posteriormente na Unesp Araraquara. As aulas de ciências e matemática eram as preferidas. Meu primeiro contato com a química foi por volta dos 9 anos de idade, através do jogo alquimia, presente dado pelo tio, onde eu podia colocar em prática a minha curiosidade pela ciência. Lembro-me que eu passava as tardes fazendo experimentos e criava grandes laboratórios de química em minha imaginação.

O segundo contato com a Química foi no ensino médio. Confesso que esse segundo momento foi frustrado. O professor de Química da escola tinha uma formação antiga e nenhuma didática com os alunos. Isso fez com que o interesse pela química ficasse em segundo plano, ficando em primeiro lugar a matemática. Porém, no terceiro ano do ensino médio, outro professor tomou conta da turma, o professor Brasília. Com ele, aprendemos em um ano muito mais do que o antigo professor nos ensinou em dois anos. Por consequência, a química retornava mais uma vez como minha matéria preferida. Então, quando terminei o ensino médio, prestei vestibular apenas na Unesp para química bacharelado, onde não obtive sucesso.

No ano de 2009, optei por fazer cursinho no colégio objetivo. Nos primeiros dias conheci os professores Zeca e Amadeu, que me fizeram mudar de opinião sobre a profissão “professor”, me encantei pelas aulas e pela didática das aulas, foi então que

eu decidi prestar licenciatura em química. Depois de meses de grande esforço e estudo os primeiros resultados começaram a aparecer: passei na segunda chamada da UFSCar em São Carlos e na terceira chamada da USP em Ribeirão Preto. Optei pela UFSCar por estar mais próximo da casa dos pais e por ter me encantado com o campus.

No ano de 2010, comecei a cursar o curso de licenciatura em Química pela UFSCar. Pela falta de condições financeiras continuei morando em Américo Brasiliense e me locomovendo todos os dias à cidade de São Carlos para estudar. Logo no primeiro final de semestre já havia um grande cansaço por conta da viagem de todos os dias e também da grande quantidade de estudos exigidos pelo curso, porém nunca desisti de buscar meu grande objetivo.

Eu já me encantava por algumas disciplinas, as experimentais eram as mais interessantes e desafiadoras, pois era minha primeira experiência em laboratório, já que na escola não havia experimentos nem aulas de laboratório. Essas disciplinas exigiam mais esforço e dedicação, porém era onde descobrimos a grande aplicação da química.

No final do primeiro ano me candidatei a uma vaga no projeto PET da química. E, no começo do ano de 2011, fui selecionada para uma vaga. Com o início do trabalho no PET, também comecei a morar em São Carlos, pois não daria mais para me locomover todos os dias, devido aos horários e compromissos do PET. Os primeiros meses foram bem difíceis, a saudade de casa e a rotina pesada faziam com que as coisas ficassem bem mais cansativas. No PET participei de muitos projetos interessantes, mas dois se destacaram mais na minha memória: ciência na praça e circo da ciência. Na ciência na praça levamos a ciência mais perto da população leiga sobre química. Já no circo da ciência, eram expostos alguns experimentos na feira de profissões da UFSCar, onde os alunos de escolas públicas e particulares da região participavam.

No final do segundo semestre de 2011 sai do PET e, em novembro de 2011 comecei, a me dedicar à tutoria do curso de química. Na tutoria eu atendia os alunos do curso de licenciatura em química para dúvidas sobre as disciplinas do curso, sobre a instituição, sobre o currículo do curso e também apoio emocional para permanência estudantil. Poucos alunos me procuravam, mas foi um momento de grande experiência, já que eu tinha contato com todos os anos do curso de licenciatura. Me dediquei à

tutoria até o mês de novembro de 2012, no qual também de candidatei a uma vaga de estágio na Embrapa Pecuária Sudeste na cidade de São Carlos.

Em janeiro de 2013, comecei a estagiar no laboratório de curtimento de pele ovinas na Embrapa com orientação do Dr. Manuel Jacinto. Durante o estágio pude vivenciar o dia a dia de um pesquisador e também colocar em prática alguns conhecimentos adquiridos até o momento no curso de química. Meu orientador de estágio me ensinou muito nos anos que estive na Embrapa, nos quais tive várias experiências: convivi com pesquisas em animais, participei de abates, aprendi a fazer curtimento de peles ovinas e bovinas, visitei grandes curtumes, estações de tratamento de água e esgoto, e acima de tudo aprendi a importância de uma boa pesquisa tanto prática quanto teórica.

No ano de 2014, juntamente com o estágio na Embrapa, fiz meu primeiro semestre de estágio obrigatório. Optei por fazer em escola pública e na cidade de Américo Brasiliense, para poder vivenciar a educação no meu município de origem. Nesse estágio, tive muitas decepções. A primeira foi a observação das aulas, o professor que estava ministrando as aulas observadas por mim não era dedicado nas aulas, trazendo na minha memória aquelas aulas que eu tinha ainda no ensino médio, sem nenhuma didática apropriada, fazendo com que os alunos não gostassem das aulas, ficassem cada vez mais distantes da química. A segunda decepção foi a do ambiente escolar com alunos indisciplinados, sem respeito aos professores e funcionários. Esse momento com certeza marcou minha vida acadêmica, eu já não tinha mais certeza de que deveria seguir a profissão pela qual estava estudando.

Ainda na Embrapa, participei três vezes da Jornada Científica da Embrapa, apresentando trabalhos orais sobre a pesquisa em que eu fazia parte. No ano de 2015, tive um trabalho aceito e apresentado na reunião anual da SBPC na cidade de São Carlos. No mesmo ano encerrei meu estágio na Embrapa, onde fiquei por mais de 2 anos estagiando. O término do estágio foi devido à mudança de planos de carreira. Pensei que eu deveria ter outra visão escolar, antes de tomar decisões precipitadas sobre uma primeira visão decepcionada do ambiente escolar.

No início de 2015, me candidatei a uma vaga de estágio para matemática no ensino fundamental II, na escola Coeducar em Araraquara. Fui selecionada para a vaga e em março de 2015 comecei a estagiar na escola. Com o início do estágio em Araraquara, voltei para a minha cidade natal, Américo Brasiliense, na casa dos meus pais. No Coeducar, meu estágio tinha como objetivo presenciar as aulas no período da

manhã e, à tarde, ministrar as aulas de reforço escolar e plantões de dúvida para os alunos do ensino fundamental II. Tive a oportunidade de estar com duas professoras excelentes, Maria Fernanda e Ana Cecília, ambas de matemática, que me ensinaram muito. Além disso, pude ter a primeira experiência em sala de aula, preparando e ministrando as aulas de reforço escolar. Esse ano, com certeza mudou e marcou a minha vida, foi aí que eu tive a certeza de que seria professora!

Em oposição com a escola particular, havia a segunda parte do estágio obrigatório que eu decidi fazer mais uma vez em escola pública, para talvez ter outra experiência. Como objetivo da disciplina, tínhamos que ministrar algumas aulas e gravá-las para disponibilizar ao professor orientador da disciplina. Já na primeira aula tive muita dificuldade com a sala, primeiro pela minha insegurança, e também pelo desinteresse vindo da maior parte dos alunos, já que o atual professor deixou com que isso acontecesse. Porém, na segunda aula consegui fazer com que alguns alunos se interessassem pela matéria, já que ela estava sendo trabalhada de uma maneira que eles conseguiam entender, mesmo assim fiquei desmotivada, pois ainda havia uma grande indisciplina na sala de aula. Tive, então, a segunda decepção na escola pública. Será que eu mereço esse total descaso? Mesmo com algumas decepções, a minha paixão por ensinar não foi abalada devido ao agradecimento de alguns alunos do estágio na escola pública e também pelo reconhecimento de ex-alunos da escola Coeducar. No começo de dezembro de 2015 tive que me despedir da escola Coeducar e dos amigos que nela fiz, com muito pesar, mas com grande aprendizado.

Em 2015 também realizei meu trabalho de conclusão de curso, juntamente com uma disciplina oferecida pela grade curricular do curso de licenciatura em química, com a orientação do Prof. Dr. Luiz Henrique Ferreira. A disciplina era feita em duplas e nos dava orientações para fazer um bom projeto de TCC. O tema escolhido por mim e pela minha companheira de dupla foi a experimentação investigativa. No caso da nossa pesquisa, foram feitos questionários para professores de escolas públicas e particulares, perguntando a eles se eram realizadas esse tipo de experimentação em sala de aula e se sim, quantas vezes e os benefícios que eles observavam com a utilização dessa metodologia. O trabalho nos mostrou que a maioria dos professores não utilizava esse tipo de experimentação, por diversos fatos, mas a principal era por não conhecer tal metodologia ou não ter um ambiente apropriado para desenvolver os experimentos. No final da pesquisa, percebi que o interesse pela experimentação que

me despertava no início da pesquisa não havia mais no final, que o verdadeiro interesse era pelos tipos de metodologias utilizadas, não pela experimentação.

Em dezembro de 2015 me formei na Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, depois de muitos desafios e tropeços, conquistei o tão almejado diploma de licenciatura em química. Agora começava o maior desafio de todos, a procura por uma colocação no mercado de trabalho.

O ano de 2016 foi um ano desafiador, digamos que o maior entre todos. Passei o ano à procura de uma vaga para professor, além de prestar processos seletivos em prefeituras da região para professores substitutos. Mas, não conseguia nenhuma vaga, cheguei a desistir diversas vezes da profissão, me candidatando para outras vagas em indústrias químicas, porém nenhum sucesso.

Foi no início de 2017 que consegui uma vaga de professor de química na escola particular Centro Educacional Micheloni do sistema Objetivo, em Américo Brasiliense. Vários desafios começavam: material apostilado, correria para formulação de aulas, provas, trabalhos, enfim, tudo o que eu vivenciei no estágio estavam sendo colocados em prática, mas agora com turmas sob meu comando.

O interesse por estudar não tivera sido abandonado. Desde o final de 2016 eu estava à procura de um programa de mestrado que me interessasse, porém não havia encontrado algo que me chamasse a atenção. Eu procurava por um mestrado dedicado a educação em química, com projetos voltados a professores. E, em 2017, em uma pesquisa, encontrei o PROFQUI, programa de mestrado profissional em química em rede nacional. Me interessei pelo programa e também pelas linhas de pesquisa. Optei por fazê-lo na Unesp Araraquara, pelo fato de estar mais próximo a minha residência e também por ser um instituto de grande reconhecimento. Além disso, quando eu estava pesquisando sobre o programa de mestrado encontrei nas linhas de pesquisa um dos professores pelo qual eu havia me espelhado. Prestei a prova para o mestrado e passei! Logo que saiu o resultado, procurei o Prof. Amadeu para que ele pudesse ser meu orientador no mestrado. E em agosto do mesmo ano ingressei no programa de mestrado profissional em química, o novo ciclo de estudos começava e novamente novos desafios entrariam na rotina. A linha de pesquisa escolhida foi a química da vida, que estuda formas de relacionar a química com outras disciplinas, como biologia e ciência dos alimentos.

Após o desenvolvimento do memorial, com todas as situações vividas no âmbito acadêmico, pude perceber o meu grande interesse pela educação e por novas

metodologias utilizadas para o ensino de ciências, como o uso de materiais do dia a dia para ensinar química, fazendo com que os alunos fiquem mais próximos ao que é ensinado a eles. Para a escolha central do tema pesquisa, utilizei minha vivência dentro da sala de aula e a orientação do Prof. Amadeu para escolher. Depois de muitas conversas decidi aprofundar sobre o tema de substância e mistura no ensino de ciências, mais especificamente no 9º ano do ensino fundamental, utilizando uma nova metodologia para esse ensino. Além de levar em conta a linha de pesquisa escolhida por mim e também sendo um algo com que me faz sentir fascínio e grande entusiasmo.

1. Introdução

No início da história da educação brasileira, o Ensino de Química era vinculado à Física, no Ensino Secundário. “Tal ensino, todavia, só se separa do de Física em 1925, com a reforma Rocha Vaz e, mesmo assim, com pequeno número de aulas nos dois últimos anos do Ensino Secundário” (SCHNETZLER, 2010, p. 54).

Somente depois da reforma de Francisco Campos (1931-1941), deu-se importância ao Ensino de Química, porém com os mesmos objetivos do Ensino Secundário, que eram: “promover a aprendizagem dos princípios gerais da ciência Química; enfatizar o seu caráter experimental e suas relações com a vida cotidiana dos alunos” (SCHNETZLER, 2010, p. 56).

Atualmente, o ensino de Química também é proposto na Base Comum Curricular vinculado ao ensino de Ciências para o Ensino Fundamental, porém os livros didáticos definem os conteúdos de Química apenas no último ano desse ciclo (ZANON; PALHARINI, 1995, p. 15). Além disso, “a grande maioria dos livros didáticos de Ciências para o 9º ano traz unidades exclusivas aos conteúdos de Química e Física” (MILARÉ; ALVES FILHO, 2010, p. 43). E, embora algumas atualizações tenham sido feitas no currículo, alguns conceitos ainda estão majoritariamente distribuídos no último ano.

Associada a esse histórico de organização curricular para o Ensino Fundamental e do espaço proposto para a Química, concebia-se majoritariamente que, se o estudante que recebesse a informação transmitida pelo professor aplicasse em seu estudo e realizasse exercícios, ele já teria construído conhecimento sem nenhuma dificuldade.

Freire (2015) caracteriza esse tipo de ensino como uma “concepção bancária da educação”, na qual o educador se torna narrador que conduz os educandos à memorização mecânica dos conteúdos, sendo como recipientes que podem ser cheios de conteúdo.

Desta maneira, a educação se torna um ato de depositar, em que os educandos são os depositários e o educador o depositante [...] Eis aí a concepção “bancária” da educação, em que a única margem de ação que se oferece aos educandos é a de receberem os depósitos, guarda-los e arquivá-los (FREIRE, 2015, p.16).

Hoje em dia, segundo Sanmartí (2002), as pesquisas apontam que adquirir conhecimento científico não é um processo tão simples e linear, e que apenas a explicação do professor e a realização de exercícios de aplicação não são suficientes

para a aprendizagem significativa dos estudantes. Isso pode ser explicado pelo fato de como é feita a construção do conhecimento pelos estudantes com a forte influência das ideias de senso comum e das ideias alternativas. Ademais, para autora,

[...] a apropriação do conhecimento científico exige a realização de reestruturações na forma de pensar que não sejam espontâneas ou fáceis. Para aprender a Ciência, você precisa mudar os modos de perceber fenômenos, falar sobre eles, raciocinar e mesmo sentir (SANMARTÍ, 2002, p.27).

A partir disso, vê-se a necessidade da implementação de novas abordagens para a melhoria do ensino de Ciências, especificamente o ensino de Química no Ensino Fundamental.

1.1. Ensino de Substância e Mistura no Ensino Fundamental

De acordo com a Base Nacional Comum Curricular, o ensino de Ciências nos anos finais do Ensino Fundamental tem como objetivo “a exploração das vivências, saberes, interesses e curiosidades dos estudantes sobre o mundo natural e material” (BRASIL, 2017). Além disso, no último ano do ensino fundamental, os estudantes são capazes de estabelecer relações mais profundas sobre a ciência, o que faz compreender fenômenos da natureza.

Percebe-se que o ensino de Química torna-se importante nesse processo, porém, a linguagem química e seus conceitos são introduzidos apenas no último ano do Ensino Fundamental e somente por um semestre (SILVA; BARBOSA; AMARAL, 2000). De forma geral, “[...] os temas estudados em ciências nas séries anteriores são o ar, a água, o solo, alimentos e alimentação, saúde, meio ambiente, higiene, seres vivos, transformações, fenômenos, energia, ciclos de vida, corpo humano” (ZANON; PALHARINI, 1995, p.15), que são temas relacionados à Química, mas que não são explorados dessa maneira. De acordo com Sousa, Carvalho e Machado (2013, p. 1): “Sabe-se que é no Ensino Fundamental que se trabalha as bases necessárias para o ingresso ao Ensino Médio, porém, no que se refere à Química, o aluno pouco desenvolve a base necessária para o seu aprofundamento no Ensino Médio”.

As dificuldades dos estudantes com a aprendizagem de Química podem estar relacionadas à falta de contextualização adequada dos conteúdos, assim “[...] estes tornam-se distantes, assépticos e difíceis, não despertando o interesse e a motivação dos alunos” (ZANON; PALHARINI, 1995, p.15).

Entre os assuntos introduzidos no início do ensino de Química no Ensino Fundamental são os conceitos de substância e mistura, que são temas fundamentais

para o entendimento de diversos outros conceitos. Estes, por sua vez, podem gerar grandes dificuldades de compreensão por parte dos alunos. Araújo, Silva e Tunes (1995, p. 80) afirmam que “uma provável causa deste problema é o fato de os conceitos não serem tratados adequadamente em livros didáticos de Química”, o que muitas vezes não dá possibilidades para os estudantes estabelecerem relações entre os conteúdos.

Além disso, os livros didáticos não são bem estruturados para que sejam utilizados para auxiliar nas aulas de Química no Ensino Fundamental. Nessa perspectiva, Milaré e Alves Filho (2010, p. 43) afirmam que:

As características dos conteúdos propostos nos livros de Ciências do 9º ano provocam algumas dificuldades, tanto no âmbito da aprendizagem quanto no do ensino. No primeiro caso, há o alto grau de complexidade e especificidade de alguns conteúdos quando comparados ao grau de escolaridade e necessidades dos estudantes em questão.

Outro fator são as explicações utilizadas para o ensino de substância e mistura, que são baseadas no nível atômico, desconsiderando relações com o nível macroscópico (MILARÉ; ALVES FILHO, 2010).

Além disso, mais um problema encontrado no ensino de substância e mistura são as concepções alternativas dos estudantes. Em função de sua influência e importância para o processo de ensino e aprendizagem, discute-se com maiores detalhes na próxima seção as concepções alternativas sobre o tópico substância e mistura apresentadas na literatura da área.

1.2. Concepções alternativas sobre substância e mistura

Esta seção foi embasada nos trabalhos de Furió e Dominguez (2007; 2012), que descrevem as principais concepções alternativas presentes no processo de aprendizagem dos conteúdos de substância simples, substância composta, substância pura e mistura.

Furió e Dominguez (2007) discutem como ao longo da história vários modelos conceituais foram criados para descrever os termos *substância* e *composto*. Primeiramente, os autores demonstram a influência das explicações dadas pelo modelo *aristotélico-escolástico* para a composição dos materiais e suas mudanças. Nesse modelo, os materiais seriam diferentes quanto às suas propriedades, porém consistem de uma matéria-prima comum, resultante da mistura de quatro elementos (terra, água, ar e fogo) e três princípios (mercúrio, enxofre e sal). Essa explicação

definiria apenas o termo mistura, pois, de acordo com o modelo *aristotélico-escolástico*, todos os materiais são considerados misturas de elementos primários.

De acordo com Furió e Dominguez (2007), nos séculos XVI a XVIII, com os avanços da medicina e metalurgia, houve a necessidade da definição de substância em oposição à mistura. As influências dos *filósofos mecânicos* foram importantes para a explicação desses termos. Diante disso, o termo substância foi definido como “corpo que tem um conjunto de propriedades características” (FURIÓ; DOMINGUEZ, 2007, p. 244). Essa definição provocou o abandono da explicação anterior de que os materiais seriam constituídos de elementos primários, assumindo que as misturas podem ser constituídas de substâncias simples ou compostas.

Furió e Dominguez (2007) também mostram a contribuição de Lavoisier para a interpretação microscópica dos conceitos de substância e mistura. Segundo os autores, Lavoisier definiu substância simples “como as que não podem ser mais divididas em outras mais simples” (FURIÓ; DOMINGUEZ, 2007, p. 245). A partir dessa definição, os autores apontam que pode-se compreender macroscopicamente o que aconteciam nas reações químicas, relacionando os reagentes com os produtos formados. Ainda assim, segundo os autores, faltava uma explicação microscópica para substância (FURIÓ; DOMINGUEZ, 2007).

Furió e Dominguez (2007) apontam a importância, bem como as contribuições de Dalton e seu modelo atômico, para explicar microscopicamente o conceito de substância. Nessa explicação, qualquer material pode ser classificado como mistura ou substância. E, “cada substância é composta de muitas partículas iguais, cuja composição e estrutura determinam as propriedades características da mesma” (FURIÓ; DOMINGUEZ, 2007, p. 246). As propriedades da mistura, por sua vez, dependem da proporção de cada substância que está em sua formação (FURIÓ; DOMINGUEZ, 2007).

Furió e Dominguez (2007; 2012) descrevem as principais concepções alternativas apresentadas pelos estudantes sobre os conceitos que são abordados neste trabalho:

- Os estudantes não usam a definição macroscópica de substância como material puro e não misturado. Eles associam ao significado empírico de substância como sendo um material ou produto misto, frequentemente utilizado na linguagem cotidiana;
- No nível macroscópico os estudantes igualam mistura a substância composta;

- Sem critérios macroscópicos em um processo, é difícil inferir se as substâncias se alteraram ou não, e impedem a distinção entre processos físicos e químicos;
- Os estudantes não conseguem conceituar substância como um sistema submicroscópico formado por partículas iguais. Normalmente, reduzem o conceito de substância ao de substância simples;
- Os estudantes não distinguem um material de uma substância, utilizando os dois termos como sinônimos na linguagem cotidiana;
- Pela falta de critérios empíricos, os estudantes não diferenciam uma mistura e uma substância;
- Não distinguem macroscopicamente uma mistura de substância simples e o composto formado pelos mesmos elementos;
- Os estudantes têm dificuldade de fazer a diferenciação dos termos no nível submicroscópico;
- Sem uma representação microscópica adequada do conceito de substância pelos estudantes, isso favorece a caracterização de composto como sendo uma mistura aleatória de átomos;
- Os estudantes, não tendo a definição macroscópica de substância em oposição a de mistura, pensam que todos os materiais são misturas (ou substâncias) formadas por outras substâncias puras mais simples;
- Ao utilizar o termo substância pura os estudantes assumem a existência, por oposição, de uma “substância impura”;
- Quando a amostra é composta por mais de um tipo de átomos, ligados ou não, a maioria dos estudantes não diferenciam mistura de substância composta, o que está associado a visão macroscópica desses conceitos.

Dessa maneira, é possível perceber tanto a forma inadequada como os conteúdos de química vêm sendo abordados no nível do Ensino Fundamental quanto a complexidade e as dificuldades da aprendizagem do assunto substâncias e misturas. Dada sua centralidade para a aprendizagem de todos os conteúdos subsequentes da química, sobretudo quando os estudantes entram no Ensino Médio, faz-se fundamental repensar e propor uma nova forma de se trabalhar esse tópico com os estudantes com vistas à promoção de uma aprendizagem significativa. Para isso, faz-se necessário o uso de novas metodologias para o ensino de Química no Ensino Fundamental.

1.3. Unidades Didáticas Multiestratégicas

Dentro das perspectivas de se trabalhar com o planejamento de projetos de ensino e aprendizagem, bem como de sua implantação e avaliação, Bego (2016) propõe um modelo de planejamento denominado Unidade Didática Multiestratégica (UDM). De acordo com o autor, UDM “[...] consistem em projetos de ensino que integram, de modo organizado e sequenciado, um conjunto de estratégias didáticas de acordo com objetivos de aprendizagem previamente definidos” (BEGO, 2016, p. 55).

Segundo Bego (2016), na elaboração de uma UDM, deve-se levar em consideração sete principais etapas: caracterização do contexto da intervenção didático-pedagógica; análise científico-epistemológica; análise didático-pedagógica; abordagem metodológica; seleção de objetivos; seleção de estratégias didáticas e escolha dos instrumentos de avaliação. Essas etapas descritas por Bego (2016) foram esquematizadas em tarefas por Ferrarini (2020) e são demonstradas na **Figura 1**.

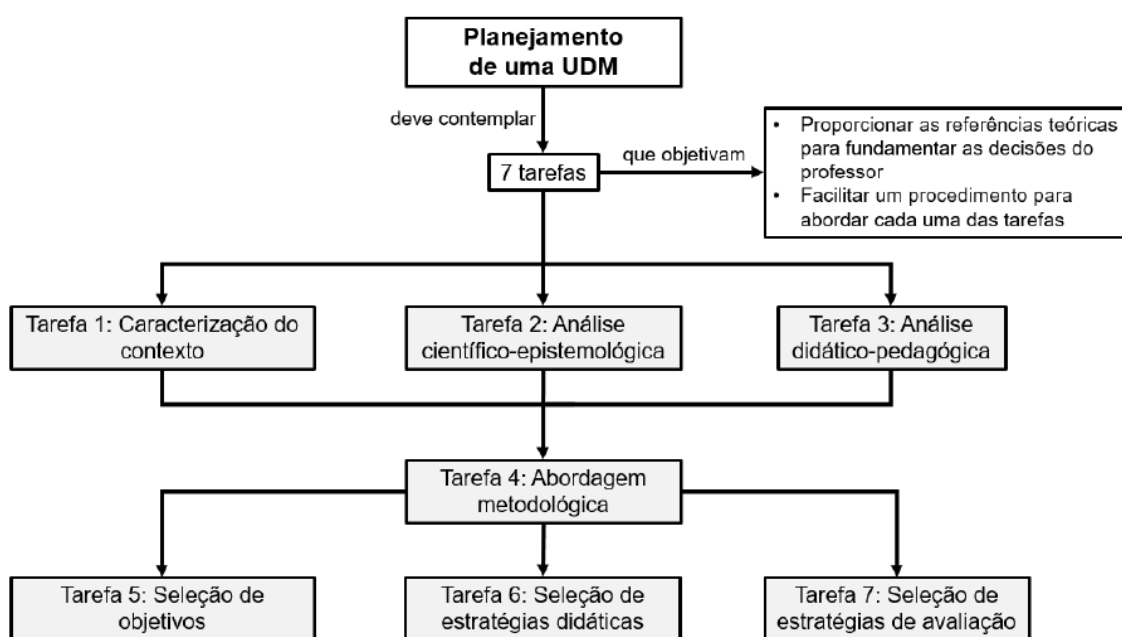


Figura 1. Sistematização do planejamento de uma Unidade Didática Multiestratégica.
Fonte: Elaborado por Ferrarini (2020, p. 121)

A primeira tarefa da UDM é a *caracterização do contexto da intervenção didático-pedagógica*, que consiste na “caracterização da escola e do contexto de atuação do professor, explicitando as turmas, os aspectos estruturais e socioeconômicos” (BEGO, 2016, p.61). Nessa seção, são caracterizados o ambiente escolar e social dos estudantes, no qual pode-se planejar a UDM, que é feita de

acordo com os estudantes e a situação social dos mesmos, saindo de algo engessado que poderá ser reutilizado em outras situações, ou seja, cada UDM será feita para cada determinada situação.

A segunda tarefa é a *análise científico-epistemológica*, na qual “explicita o tema da UDM, os pré-requisitos para seu desenvolvimento, o conteúdo científico que será trabalhado e, por fim, uma subseção para que seja feito um esquema das relações entre os conteúdos” (BEGO, 2016, p. 59). Essa seção é estruturada pelos conteúdos que serão trabalhados na UDM, fazendo com que o professor tenha uma reflexão sobre o mesmo. Além disso, leva-se em consideração as concepções sobre a natureza da ciência e da investigação científica. É importante que os assuntos dentro da UDM estejam conectados para que os conceitos não sejam estudados isoladamente, mas que sejam relacionados.

A próxima tarefa é a *análise didático-pedagógica*, que é dividida em duas partes: “o conhecimento prévio dos estudantes sobre o tema da UDM e as exigências cognitivas dos conteúdos abordados, relacionados aos obstáculos epistemológicos acerca da temática” (BEGO, 2016, p. 62). A primeira parte dessa seção, na qual são reconhecidas as concepções prévias dos estudantes, faz-se necessária pelo fato da contribuição na construção da UDM, podendo prever alguns erros e dificuldades que os estudantes podem apresentar devido à defasagem anterior à UDM e de planejamento de estratégias para solucionar essas dificuldades. Na segunda parte, são listadas as exigências cognitivas e epistemológicas acerca do tema, aquelas que serão exigidas dos estudantes para a construção do conhecimento. Essas também poderão ser previamente relacionadas para que sejam feitas alternativas para essas dificuldades.

A quarta tarefa da UDM é a *abordagem metodológica*: “o docente deve explicitar os princípios metodológicos que orientarão a definição dos objetivos de aprendizagem, o planejamento das estratégias didáticas e de avaliação” (BEGO, 2016, p.62). Nessa ocasião, são relacionadas as funções do professor e dos estudantes dentro do processo de ensino e aprendizagem, sendo todos os assuntos apoiados em um aporte pedagógico acerca do tema.

A quinta tarefa é a *seleção de objetivos*, na qual “se inicia com as orientações curriculares oficiais sobre o tema a ser abordado [...] fixam um objetivo de aprendizagem geral da UDM e, em seguida, estabelecem objetivos específicos para cada sequência didática” (BEGO, 2016, p. 63). Essa seção é composta por duas

partes. Na primeira parte, são relacionados os objetivos de aprendizagem da UDM, levando em consideração as orientações e legislações curriculares exigidas no ensino escolar para a realização do planejamento. Na outra parte, são listadas as características da sequência didática, que é composta pelo objetivo da SD, conteúdo programático, tempo aproximado para a realização e tipo de avaliação que será utilizada.

As últimas tarefas coincidem e recebem a nomenclatura de *seleção de estratégias didáticas e instrumentos de avaliação*, que “consiste no detalhamento das estratégias, das atividades, dos recursos didáticos, dos materiais de aprendizagem e dos instrumentos de avaliação” (BEGO, 2016, p.65). Essa seção tem como função detalhar, em cada aula, a estratégia didática, o objetivo da atividade didática, o conteúdo acordado, a descrição da atividade, recursos didáticos utilizados e instrumentos de avaliação. É importante que sejam feitas detalhadamente todos os momentos, pois se forem realizados em momentos diferentes podem trazer resultados distintos.

Uma UDM também exige um processo de implementação, o qual consiste em três etapas que se conciliam. Segundo Bego (2016), a primeira etapa consiste no planejamento da UDM seguindo o modelo de planejamento proposto e as etapas descritas anteriormente. A segunda etapa é a intervenção didático-pedagógica realizada em sala de aula, na qual o professor coloca em prática todas as etapas de planejamento da UDM e das sequências didáticas. A terceira etapa refere-se ao replanejamento da UDM a partir de reflexão crítica sobre a implementação realizada, é nesse momento que as modificações necessárias são realizadas nas seções descritas anteriormente e, com isso, a UDM pode ser replanejada para a realização de novas intervenções.

Desse modo, desenvolvendo as etapas e respeitando os processos de implementação de uma UDM apontados por Bego (2016), pode-se concluir que se trata de uma nova abordagem para o ensino de Química, na qual a proposta não só contribui no processo de ensino e aprendizagem, mas também para a formação dos próprios professores.

Desse modo, a implementação de uma UDM pode ser considerada como modelo de intervenção didático-pedagógica para a utilização de novas abordagem que facilitem o processo de aprendizagem dos estudantes. Além disso, ao utilizar uma UDM, o professor tem a opção de poder adaptar a metodologia e as estratégias de

ensino para o contexto no qual está trabalhando, além de poder planejar e replanejar, se necessário.

Nesse contexto, com o desenvolvimento e a implementação de uma UDM pretende-se responder à questão de pesquisa: Quais os impactos da implementação de uma UDM, fundamentada no ensino por investigação, no processo de aprendizagem dos conceitos de Substância e Mistura em estudantes do Ensino Fundamental de uma escola do interior de São Paulo?

Para facilitar o processo de análise, a questão acima é desdobrada nas seguintes questões: Quais são as concepções prévias apresentadas pelos estudantes durante o desenvolvimento das atividades? Como a implementação da UDM influencia a aprendizagem de substâncias e mistura?

2. Objetivos

A partir do problema de pesquisa e do foco de investigação, este trabalho tem como objetivos:

- investigar os impactos da implementação de uma UDM, que utiliza a abordagem do Ensino por Investigação, no processo de aprendizagem dos estudantes;
- validar uma UDM para o ensino de Substância e Mistura no Ensino Fundamental a partir dos princípios do Ensino por Investigação.

Todos os objetivos citados anteriormente estão relacionados ao ensino de Substância e Mistura de estudantes do 9º ano do Ensino Fundamental de uma escola do interior do Estado de São Paulo.

3. Aportes teóricos

3.1. Breve revisão sobre o Ensino por investigação

O Ensino por Investigação é uma metodologia de ensino que possui uma história longa na educação em ciências, embora seja tratada como algo novo e inovador. Segundo Deboer (2006), esta metodologia começou a afirmar-se desde o século XIX, ao se debruçar em uma investigação científica por meio de questionamentos, investigação e resolução de problemas. O autor descreve que, no início do século XIX, o currículo escolar americano e europeu trazia disciplinas fundamentais como matemática e gramática, que eram considerados estudos clássicos e pilares do currículo escolar. Para o ensino de ciências ser introduzido nesse currículo, foi necessário apresentá-la como uma disciplina diferente das outras, na qual iniciava-se pelas observações que levavam aos princípios gerais. Com isso, os estudantes primeiramente aprendiam como observar o mundo natural e depois tiravam conclusões a partir dessas observações (DEBOER, 2006). Segundo Deboer (2006), Thomas Huxley contribuiu para a popularização da ciência. Huxley contribuiu para descrever o papel do laboratório no processo de ensino. Essa visão de ensino de ciência tornou-se uma justificativa para o aprendizado científico por meio do laboratório didático.

O aprendizado da ciência recebeu outras contribuições, como o ensino de ciências como um processo de investigação, defendido por Herbert Spencer, que considerava que o laboratório era um espaço no qual permitia os estudantes a desenvolverem concepções claras sobre os fenômenos naturais, os quais não seriam possíveis a partir de um livro (DEBOER, 2006). O filósofo e educador Johann Friedrich Herbart também contribuiu para o desenvolvimento da abordagem indutiva de ensino. Herbart acreditava que a melhor maneira dos estudantes desenvolverem a compreensão de novos conceitos era fazê-los descobrir as relações entre os fenômenos por conta própria (DEBOER, 2006). Deboer (2006) também cita a importância de Charles Eliot para a investigação em laboratório de ciências para o desenvolvimento do raciocínio indutivo. De acordo com o autor, Eliot defendia que o ensino de ciências nos níveis primário e secundário auxiliaria o desenvolvimento e a disciplina dos poderes mentais, que são os de observar, induzir e julgar os fatos. Além disso, o laboratório seria usado como local para a verificação de princípios químicos e como um local de descobertas.

Deboer (2006) descreve como os cientistas Alexander Smith e Edwin Hall contribuíram para o ensino de ciências no ensino secundário. Para Smith, o ensino de química deveria ser composto por atividades experimentais com abordagem da descoberta, o que contribuiria, segundo Smith, para o desenvolvimento da habilidade dos estudantes de pensarem, compararem e raciocinarem. Porém, essas atividades conduzidas pelos estudantes demoravam muito para serem realizadas, então Smith pressupôs que a melhor maneira seria a descoberta guiada, na qual o professor propunha as questões que orientavam a experiência, auxiliando os estudantes no processo de descoberta (DEBOER, 2006).

Apesar das contribuições citadas anteriormente, o laboratório de ciências não foi considerado uma opção de estratégia didática no início do século XX, o qual foi ofuscado pelo livro didático. Apesar disso, durante a segunda metade do século XX, ocorreram outros trabalhos que contribuíram para o ensino de ciências, como o do filósofo John Dewey. Para Dewey, a ciência era apresentada aos estudantes como um conhecimento pronto, com conteúdo de leis e fatos. Então, tornava-se necessário o desenvolvimento de um ensino focado na experimentação, o qual se tornaria mais interessante, possibilitando o diálogo entre a experiência em sala de aula e os problemas do cotidiano. Com isso, para o ensino de ciências, o laboratório de ciências se tornou um lugar para ensinar os estudantes o modo científico de pensar, utilizando atividades experimentais que fossem orientadas por um professor e relacionadas com o contexto social dos estudantes (DEBOER, 2006).

Porém, segundo Deboer (2006), esse enfoque recebeu muitas críticas na década de 1950, no qual cientistas e educadores sugeriram que o ensino de ciências teria se tornado superficial, voltado para aplicações práticas se distanciando do fato científico. Então, foi proposto que o ensino de ciências deveria ser voltado para a formação de cientistas. Com isso, os estudantes deveriam aprender os aspectos fundamentais das disciplinas científicas por meio de experimentos que imitavam a maneira com que os cientistas produziam novos conhecimentos, tendo como principal finalidade o envolvimento dos estudantes no ensino por investigação. Segundo Deboer (2006), a principal diferença entre esse modelo de ensino de investigação e os modelos anteriores foi que estava relacionado mais ainda com o ofício científico, com pretensão de que, caso os estudantes viessem seguir uma carreira científica, eles já estivessem familiarizados com os métodos e situações do meio científico.

O autor ainda descreve que, após alguns anos, contribuições de outros cientistas, como Joseph Schwab – com o National Research Council - padronizou e definiu uma rotina investigativa de ensino e aprendizagem. Para ele, uma aula investigativa deveria conter o desenvolvimento da habilidade de identificação de questões e conceitos, concepção e condução de investigações usando diversos recursos, como o uso de tecnologias para aperfeiçoar a investigação, além de questionar e criticar as explicações científicas e pressupor explicações e modelos plausíveis, reconhecer modelos e concepções alternativas e desenvolver a capacidade de expor e defender argumentos científicos (DEBOER, 2006). É importante salientar que o principal interesse de Schwab não era preparar os estudantes para investigar a natureza, mas sim que eles tivessem compreensão mais plena e completa da ciência. Segundo Deboer (2006, p. 29), “o objetivo principal de realizar investigações em sala de aula era compreender mais plenamente a natureza da ciência, não aprender as habilidades necessárias para conduzem eles próprios trabalhos científicos”.

Embora o bom ensino e aprendizagem de ciências e a perspectiva investigativa estejam bem associados, ainda há dificuldades de implementação e desenvolvimento. Dentro das novas perspectivas de ensino por investigação, podemos citar os trabalhos e contribuições de Carvalho (2013), o qual é descrito e discutido na próxima seção.

3.2. O Ensino por Investigação segundo Carvalho

Para esta seção, o texto foi embasado na obra “Ensino de ciências por Investigação: condições para implementação em sala de aula”, mais especificamente o capítulo escrito por Ana Maria Pessoa de Carvalho (2013), que tem como título: “Ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas”.

Segundo Carvalho (2013), dois fatores contribuíram para propostas de modificação no processo de ensino e aprendizagem, que anteriormente eram realizados pela transmissão de conhecimentos através do professor de maneira expositiva. O primeiro fator foi o aumento do conhecimento produzido, ou seja, não era possível ensinar tudo a todos. O segundo fator foram as contribuições dos trabalhos de epistemólogos e psicólogos que demonstraram a importância do individual e social para a construção do conhecimento. Entre essas pesquisas, pode-

se citar as de Piaget e Vygotsky, que contribuíram para a estruturação do ensino por investigação.

As pesquisas realizadas por Piaget demonstraram a “importância de um problema para o início da construção do conhecimento” (CARVALHO, 2013, p. 2), ou seja, ao propor um problema para que o estudante possa resolver, se torna uma mudança muito importante dentro do ensino expositivo, proporcionando momentos para que o estudante possa raciocinar e construir seu próprio conhecimento. Segundo Carvalho (2013, p. 2), “ao propor um problema, o professor passa a tarefa de raciocinar para o aluno e sua ação não é mais a de expor, mas de orientar e encaminhar as reflexões dos estudantes na construção do novo conhecimento”.

Ao decorrer do capítulo do livro, Carvalho (2013) descreve como a teoria de Piaget mostra o mecanismo de construção de conhecimento dos indivíduos. A teoria piagetiana propõe que o mecanismo de construção do conhecimento é baseado na equilibração, desequilibração e reequilibração. Assim, o entendimento de qualquer conhecimento novo tem origem no anterior. Desse modo, propondo problemas para os estudantes resolverem, desenvolve-se a desequilibração e é assim que eles terão condições para construir novos conhecimentos a partir da reequilibração.

Na reequilibração, deve-se levar em consideração duas condições importantes para o ensino e aprendizagem. A primeira é a passagem da ação manipulativa para a ação intelectual, em que após a realização de atividades manipulativas (experimentos, textos, vídeos) pelos estudantes, o professor os auxilia na tomada de decisões para resolução do problema inicial, ajudando-os a ter consciência de como foi resolvido e o motivo pelo qual deu certo. A segunda é a tomada de consciência de seus atos nessas ações, no qual o professor precisa estar ciente da importância do erro na construção de novos conhecimentos pelos estudantes.

Ainda sobre a estruturação do ensino por investigação, Carvalho (2013) cita a contribuição de Vygotsky, em que mostra a importância da linguagem na construção do conhecimento, citando o conceito de “zona de desenvolvimento proximal”. A ZDP define a distância entre o Nível de desenvolvimento real do Nível de desenvolvimento potencial, como pode ser visto na síntese do Quadro 1.

Quadro 1 Conceito de desenvolvimento proximal.

Nível de desenvolvimento real	Nível de desenvolvimento potencial
Capacidade de resolver o problema sem ajuda	Resolução do problema sob orientação de um adulto ou colaboração com outro
Já foi consolidado pelo indivíduo e resolve problemas de forma autônoma	É uma incógnita, pois encontra-se em processo de construção

Fonte: Quadro produzido com base em Carvalho (2013).

Analisando as considerações feitas no quadro acima, pode-se entender o motivo pelo qual os estudantes se sentem à vontade ao fazer uma atividade em grupo. Carvalho (2013) explica, utilizando a teoria de Vygotsky, que no momento de interação em grupo, os estudantes têm condições de desenvolver habilidades com o auxílio de seus colegas e, para que essa interação seja efetiva, é necessário deixar que os estudantes trabalhem juntos, gerando discussões de ideias e, conseqüentemente, a construção do novo conhecimento a partir dos seus conhecimentos iniciais.

Além das teorias de Piaget e Vygotsky, Carvalho (2013) também cita e descreve os estudos de Bachelard e as suas contribuições para o Ensino por Investigação, no qual propõe que “todo conhecimento é a resposta de uma questão” (CARVALHO, 2013, p. 6). Essa questão deve ser um problema envolvido na cultura dos estudantes, para que seja interessante para eles a fim de que procurem soluções para resolvê-lo expondo seus conhecimentos sobre o assunto.

Adicionalmente, as interações entre os estudantes e o professor se tornam um momento muito importante na construção do conhecimento, é o professor quem tem o papel de auxiliar os estudantes na sistematização do conhecimento, fazendo perguntas e questionando hipóteses. Esse é o processo no qual o professor é peça principal e os estudantes iniciam a transição da linguagem coloquial para a linguagem científica (CARVALHO, 2013).

Com base nos estudos citados anteriormente, foi proposto por Carvalho (2013) a utilização de sequências de ensino investigativas (SEI) seguindo as orientações do Ensino por Investigação. As SEI devem proporcionar aos estudantes condições de trazer seus conhecimentos prévios para iniciar os novos, além de terem suas próprias ideias e poder discuti-las com seus colegas e professor, passando do conhecimento espontâneo ao conhecimento científico.

Carvalho (2013) descreve como deve ser uma sequência de ensino investigativa. Uma SEI deve iniciar com um problema, experimental ou teórico, que

seja contextualizado, que introduz os estudantes no tópico desejado e que ofereça condições para que eles pensem e trabalhem com as hipóteses que podem ser geradas pelo tema científico programático. Após a resolução do problema, a sequência deve ter uma atividade de sistematização do conhecimento, que pode ser feita mediante a utilização de um texto, no qual os estudantes podem novamente discutir e comparar as hipóteses geradas por meio dos conhecimentos prévios com os encontrados no texto. A terceira atividade importante em uma SEI é a contextualização do conhecimento no dia a dia dos estudantes, pois é assim que os estudantes conseguem visualizar aplicações no seu cotidiano e, dessa maneira, sentir a importância daquele conhecimento construído no ponto de vista social.

Ao utilizar uma metodologia de ensino inovadora, espera-se que a avaliação também siga a mesma linha de pensamento, ou seja, com a utilização de SEI para o processo de ensino e aprendizagem torna-se incoerente a utilização de avaliações tradicionais. Carvalho (2013) sugere que seja realizada uma atividade de avaliação ou aplicação no término de cada ciclo que compõe uma SEI.

Conforme descrito anteriormente um problema é essencial para uma SEI, sendo importante para iniciar um tópico com os estudantes. Mas como desenvolver um problema? Carvalho (2013) descreve em seu capítulo como deve ser estruturado um problema, bem como os tipos de problemas que podem ser utilizados na sala de aula. O problema mais comum e o que mais envolve os estudantes são os problemas experimentais, porém não podem ser aplicados em todas as ocasiões, além de alguns materiais serem perigosos e poderem ser manipulados apenas pelo professor. Assim, os problemas experimentais tornam-se demonstrações investigativas. Ademais, pode-se utilizar como base para os problemas outros meios como figuras de jornais ou internet, textos ou ideias que os estudantes já dominam. Nesse caso, chamamos de problemas não experimentais. Carvalho (2013, p. 10) descreve que:

[...] qualquer que seja o tipo de problema escolhido, este deve seguir uma sequência de etapas visando dar oportunidade aos alunos de levantar e testar hipóteses, passar da ação manipulativa à intelectual estruturando seu pensamento e apresentando argumentações discutidas com seus colegas e com o professor.

Assim, ao planejar uma SEI, o problema e o material de apoio devem ser elaborados simultaneamente, ou seja, o material de apoio deve dar suporte para que os estudantes possam resolver o problema proposto.

Com descrito anteriormente, o problema pode ser do tipo experimental e não experimental. Se a escolha for por um problema do tipo experimental deve-se seguir as orientações descritas por Carvalho (2013). A primeira orientação é sobre a elaboração do material didático, que servirá como apoio para o desenvolvimento do problema, ele precisa ser organizado de maneira que prenda a atenção dos estudantes e que os estimule a resolvê-lo sem perder o foco e sem cansar, além de ser de fácil manipulação e que possa permitir aos estudantes a diversificação de ações ao resolver o problema.

A segunda orientação feita por Carvalho (2013, p. 11) é a de que “o problema não pode ser uma questão qualquer”, ou seja, o problema deve ser muito bem elaborado para que esteja envolvido no contexto social dos estudantes, que provoque interesse a fim de estimulá-los a procurar uma solução e que nessa busca eles possam colocar em prática os conhecimentos prévios para levantar hipóteses e testá-las.

Outro fator muito importante no desenvolvimento do problema é o planejamento de como será o gerenciamento da classe e quando ocorrerá as interações entre os estudantes e seus colegas e entre professor e estudantes. Carvalho (2013) cita algumas etapas que devem ser seguidas para que essas ações sejam efetivas. A primeira é a “etapa de distribuição do material experimental e proposição do problema pelo professor” (CARVALHO, 2013, p. 11). Nessa etapa, o professor deve separar os estudantes em pequenos grupos, fazer a distribuição do material, propor o problema e conferir se todos os estudantes entenderam o que deve ser resolvido no problema sem dar a solução.

A segunda é a “etapa de resolução do problema pelos alunos” (CARVALHO, 2013, p. 11), nessa etapa o mais importante são as ações manipulativas realizadas pelos estudantes, que vão dar condições para que eles possam levantar hipóteses e testá-las. E, acertando estes testes, é a partir daí que os estudantes terão a oportunidade de construir o seu próprio conhecimento. E a hipótese que não deu certo ao testá-la também é importante, pois os estudantes sabem que por aquele caminho eles não chegarão na conclusão do problema. O papel do professor nessa etapa é de se atentar na separação dos grupos para que a comunicação seja feita com fluidez entre os estudantes e verificar se eles entenderam o que é proposto pelo problema. Ademais, os estudantes devem trabalhar sozinhos.

A terceira é a “etapa da sistematização dos conhecimentos elaborados nos grupos” (CARVALHO, 2013, p. 12). Ao final da etapa anterior, o professor deve retirar o material experimental e organizar a sala em forma de debate. Nessa etapa, o professor tem papel importante na organização do debate, ele deve estimular a participação dos estudantes por meio de perguntas do tipo “*como vocês conseguiram resolver o problema?*”, fazendo com que os estudantes tenham consciência da ação realizada no momento dos testes das hipóteses. Fazendo perguntas do tipo “*como vocês explicam o porquê de ter dado certo?*” estimula os estudantes a buscarem uma justificativa científica para explicar o que eles fizeram na etapa anterior. Ou seja, no momento em que o professor muda o foco da pergunta, os estudantes são estimulados a procurarem justificativas para os fenômenos, mostrando uma argumentação científica, que é o início do aprender a falar sobre ciência, juntamente com a sistematização dos dados em gráficos e tabelas. É nessa etapa que acontece a passagem da ação manipulativa para a ação intelectual.

A última é a “etapa do escrever e desenhar” (CARVALHO, 2013, p. 13). Nessa etapa é desenvolvida a sistematização individual do conhecimento. Esse processo é importante, pois durante a resolução do problema os estudantes construíram uma aprendizagem em cooperação com os seus colegas, daí então a importância de uma etapa de aprendizagem individual, na qual os estudantes vão poder expor as ideias de cada um. Nesse momento, o professor deve pedir para que os estudantes escrevam ou desenhem sobre o que aprenderam na aula. A escrita se torna importante no processo de aprendizagem pois é nesse momento que os estudantes podem descrever suas ideias e com elas realizar a sistematização do seu próprio conhecimento.

No mesmo capítulo, Carvalho (2013) descreve que, além do problema experimental, também podem ser utilizadas em uma SEI as demonstrações investigativas, que consistem em problemas experimentais que, porém são realizados pelo professor. As etapas do problema experimental, descritas anteriormente, também devem ser seguidas para o desenvolvimento do problema, atentando-se apenas às mudanças das perguntas a serem feitas pelo professor como, por exemplo, “*como vocês acham que eu devo fazer?*”, sem que haja a resolução do problema. Vale ressaltar que a etapa mais importante no processo de construção do conhecimento pelo estudante não é a ação manipulativa, mas sim a passagem da ação manipulativa para a ação intelectual, a qual é feita pelos estudantes e que deve ser explorada pelo

professor por meio de perguntas do tipo “*o que nós fizemos para resolver o problema?*” e “*por que quando eu fiz essas ações o problema foi solucionado?*”, que dão condições para que os estudantes iniciem o processo argumentativo para então construir seu próprio conhecimento.

Outra maneira descrita por Carvalho (2013) para desenvolver uma SEI é utilizando os problemas não experimentais. Eles podem ser utilizados no início de uma SEI ou para introduzir novos conceitos e conhecimentos. Se o trabalho for feito a partir de imagens, a ação manipulativa passa a ser a de classificação e de organização com o objetivo de resolver o problema, que deve ser feito em pequenos grupos a fim de propor pequenas discussões para o levantamento de hipóteses. As etapas de desenvolvimento intelectual dos estudantes são as mesmas descritas anteriormente para os outros tipos de problemas. Na sistematização do conhecimento perguntas do tipo “*como?*” e “*por quê?*” são importantes para o direcionamento do pensamento. Esse tipo de problema é muito utilizado para introduzir linguagens científicas como, por exemplo, tabelas e gráficos. Além disso, podem ser utilizados dados trazidos pelo professor ou obtidos anteriormente pelos próprios estudantes em outras aulas que não sejam investigativas.

A abordagem metodológica de Ensino por Investigação foi escolhida para desenvolver os conceitos de substância e mistura. Essa escolha se deu pelo fato de essa metodologia abordar os principais apontamentos para melhorar a aprendizagem dos estudantes, visto que o processo de ensino e aprendizagem em ciências não é simples e linear. Além disso, ao utilizar o Ensino por Investigação, pode-se trabalhar conceitos vinculados com o cotidiano, o que faz com que a compreensão dos estudantes seja facilitada, causando interesse e motivação por parte deles. E, os estudantes ao procurar respostas para os problemas, podem também se envolver com conceitos químicos e, com isso, construir seu próprio conhecimento.

4. Procedimentos metodológicos

De acordo com os objetivos e a questão de pesquisa proposta para este trabalho, optou-se pela utilização de um desenho de pesquisa qualitativa do tipo pesquisa-ação, pois “objetivo fundamental da pesquisa-ação consiste em melhorar a prática em vez de gerar conhecimento” (MOREIRA; ROSA, 2009, p.16). Segundo Tripp (2005, p. 445):

A pesquisa-ação educacional é principalmente uma estratégia para o desenvolvimento de professores e pesquisadores de modo que eles possam utilizar suas pesquisas para aprimorar seu ensino e, em decorrência, o aprendizado de seus alunos.

A pesquisa-ação tem como principal característica o processo em ciclo, no qual “planeja-se, implementa-se, descreve-se e avalia-se uma mudança para a melhora de sua prática” (TRIPP, 2005, p. 446). A representação a seguir mostra os processos em ciclo que deve ser seguido na utilização da pesquisa-ação.

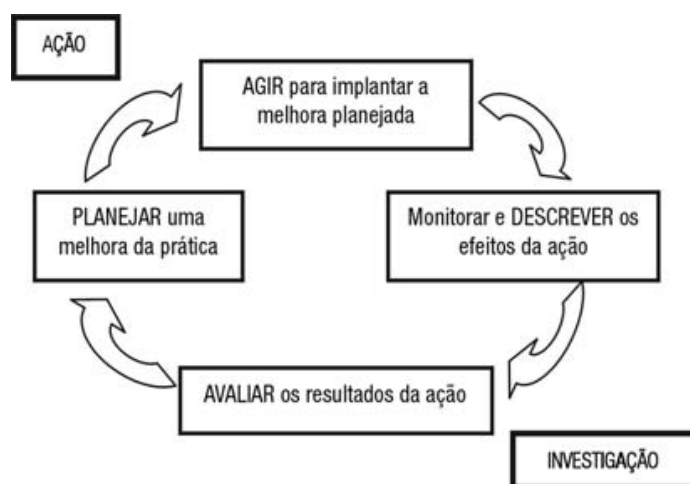


Figura 2. Representação em quatro fases do ciclo básico da investigação-ação.
Fonte: Tripp (2005, p.446).

Levando em consideração as características principais da pesquisa-ação, que é uma metodologia realizada em ciclos, de modo que possam ser feitas intervenções após a obtenção de um resultado, buscando sempre vincular a teoria com a prática, vê-se necessária a utilização de um desenho de pesquisa que seja moldado nesses mesmos princípios. Além do mais, como discutido anteriormente, para a implementação de uma UDM precisa-se levar em consideração três etapas:

[...] a primeira consiste no planejamento da UDM, a segunda se refere à própria intervenção didático-pedagógica nas salas de aula das unidades escolares parceiras, e a última etapa abarca o replanejamento da UDM a partir da reflexão crítica sobre a intervenção realizada (BEGO, 2016, p.56).

Outro fator que deve-se levar em consideração na escolha do desenho de pesquisa são os objetivos de pesquisa, o qual se molda no desenho de uma pesquisa-ação, já que se faz necessária a ocorrência de intervenções por meio do pesquisador, para que sejam feitas adequações necessárias na UDM utilizada, tornando assim um ciclo. Portanto, precisa-se agir, descrever, avaliar e planejar as etapas; e, se necessário, fazer tudo novamente.

Esta pesquisa foi desenvolvida e implementada pela professora-pesquisadora em parceria com uma escola do interior de São Paulo. A escola está localizada em um bairro periférico na cidade e fica próximo a uma mata e um riacho. É particular e atende estudantes da própria cidade e também de cidades vizinhas. A turma é composta por 15 estudantes frequentes, sendo que a maior parte deles estuda na escola há anos. Todos os estudantes tinham entre 14 e 15 anos e havia apenas um estudante com 17 anos. A escolha da escola teve como objetivo analisar e avaliar os impactos gerados pela implementação de uma UDM. Para a realização e implementação da UDM foi utilizado um termo de consentimento (ANEXO 1), o qual foi preenchido e assinado pelos responsáveis a fim de que tivessem de acordo com a participação na pesquisa.

Nesse contexto, como fontes de informações da pesquisa foram utilizados: os sujeitos, que são estudantes de uma turma do nono ano do Ensino Fundamental de uma escola do interior de São Paulo; a interação professor-aluno que é caracterizada como espaço; e os documentos utilizados para análise são os diários do professor-pesquisador e as atividades realizadas pelos estudantes, como as resoluções de dois estudos de caso.

Durante a aplicação da UDM, foram realizadas filmagens das intervenções, o que possibilitou a análise das interações e acontecimentos durante a aula, como diálogos e ações.

Uma análise de vídeo amplia, em vários sentidos, as capacidades de outras abordagens. Em comparação com a gravação de áudio, elas incluem as partes não verbais da interação. Em comparação com a entrevista, permitem o registro das ações enquanto estas são produzidas, em vez de relatos destas ações feitos a partir de um ponto de vista retrospectivo (FLICK, 2009, p. 228).

As transcrições dos diálogos das filmagens foram analisadas segundo a Análise de conteúdo de Bardin (2011), que consiste em:

[...] um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das

mensagens indicadores que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção dessas mensagens (BARDIN, 2011, p. 48).

As atividades realizadas pelos estudantes foram analisadas segundo um Roteiro de Análise Textual, adotando critérios rigorosos e específicos para identificar os impactos gerados pela implementação de uma UDM e responder as questões de pesquisa.

Além disso, foram realizados diários das aulas, que “permitem aos professores revisar elementos de seu mundo pessoal que frequentemente permanecem ocultos à sua própria percepção, enquanto está envolvido nas ações cotidianas de trabalho” (ZABALZA, 2004, p.17).

5. Resultados e discussão

Neste capítulo, são compilados e analisados os dados empíricos coletados durante a fase de aplicação da UDM a fim de responder o problema fixado para esta pesquisa. Para isso, este capítulo foi organizado em duas grandes seções: Potencialidades do Estudo de Caso para o ensino de Substância e Mistura, e Potencialidades do Estudo de Caso para o ensino de Substância simples e Substância composta.

Todos os dados coletados foram agrupados para analisar a relação entre as concepções alternativas e o desenvolvimento da aprendizagem por investigação, bem como o papel das concepções alternativas nesse processo.

5.1. Potencialidades do Estudo de Caso para o ensino de Substância e Mistura

Como pode ser visto no Quadro 2, a UDM tinha como objetivo geral que os estudantes fossem capazes de “Analisar diferentes tipos de materiais, diferenciando, por meio do estudo de caso, substância pura, substância simples, substância composta e mistura”.

Seguindo os princípios do Ensino por Investigação (CARVALHO, 2013), a UDM foi dividida em duas Sequências Didáticas (SD) de 4 aulas cada uma, a fim de que os estudantes pudessem passar pelas quatro etapas em dois diferentes ciclos investigativos.

Quadro 2. Extrato do planejamento da UDM sobre poluição da água.

TÍTULO, OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM E SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS			
Título da UDM	A poluição da água		
Objetivo da UDM	Analisar diferentes tipos de materiais, diferenciando, por meio do estudo de caso, em substância pura, substância simples, substância composta e mistura		
Sequência Didática	Objetivo da SD	Conteúdo Programático	Tempo Aproximado (em aulas)
Estudo de caso 1	Analisar diferentes tipos de água, diferenciando substância de mistura.	• Conceito de Sistema • Conceito de Substância e Mistura • Conceito de água potável e água pura	4 aulas
Estudo de caso 2	Analisar as substâncias, diferenciando em substância simples e composta.	• Conceito de Substância simples e composta	4 aulas

Fonte: Apêndice I

A primeira SD, como pode ser visto no Quadro 3, teve como objetivo que os estudantes fossem capazes de analisar diferentes tipos de água, diferenciando substância de mistura. O conteúdo curricular definido foi substâncias e misturas.

Quadro 3. Extrato do planejamento da SD 1 da UDM.

SELEÇÃO DAS ESTRATÉGIAS DIDÁTICAS E DAS ESTRATÉGIAS DE AVALIAÇÃO		
Título da SD	O peixe fora d'água	
Objetivo da SD	Analisar diferentes tipos de água, diferenciando substância de mistura.	
Estratégias de Avaliação	Resolução do caso e exercícios de aplicação	
Dia/Aula	Estratégia Didática	Conteúdos de ensino
06/11 aula 1 e 2	• Estudo de caso	• Substância e Mistura
	• Debate	• Substância e Mistura
07/11 aula 1 e 4	• Pesquisa	• Substância e Mistura
	• Resolução de exercícios	• Substância e Mistura

Fonte: Apêndice I

Como primeira estratégia didática, conforme Quadro 3, definiu-se pela utilização de um Estudo de Caso (SÁ; FRANCISCO; QUEIRÓZ, 2007). A estratégia didática denominada Estudo de Caso foi desenvolvida com a inspiração no método Aprendizagem Baseada em Problemas, do inglês “Problem-Based Learning (PBL)”, que foi desenvolvido no final dos anos de 1960 na Escola de Medicina da Universidade de McMaster, Ontário no Canadá (SÁ; QUEIROZ, 2010).

O Estudo de Caso proporciona aos estudantes uma participação ativa na sua aprendizagem, além de oferecer caminhos para investigar aspectos científicos e sociocientíficos. Esses aspectos devem estar presentes em narrativas, chamados casos, os quais envolvem dilemas reais ou simulados vivenciados por pessoas que necessitam tomar decisões importantes sobre determinadas questões. Os casos buscam ter relação com o contexto social dos estudantes, fazendo com que eles busquem alternativas para a sua resolução (SÁ; QUEIROZ, 2010).

A abordagem metodológica de Ensino por Investigação foi escolhida para o planejamento da UDM e o Estudo de Caso foi delimitado para introduzir as duas primeiras etapas definidas pela metodologia: problematização e discussão em grupos para levantamento de hipóteses. O Ensino por Investigação pode ser realizado através da utilização das sequências didáticas investigativas (SEI) a fim de:

[...] proporcionar aos alunos: condições de trazer seus conhecimentos prévios para iniciar os novos, terem ideias próprias e poder discuti-las com seus colegas e com o professor passando do conhecimento

espontâneo ao científico e adquirindo condições de entenderem conhecimentos já estruturados por gerações anteriores (CARVALHO, 2013, p. 9).

Sendo assim, uma SEI deve iniciar por um problema, experimental ou teórico, contextualizado, para inserir os estudantes no tema a ser abordado e, assim, oferecer condições para que os estudantes criem hipóteses para resolvê-lo (CARVALHO, 2013).

Assim, definiu-se que uma das maneiras para se iniciar uma SEI seria através de um Estudo de Caso, no qual existem diversas possibilidades para abordar um tema científico e, com isso, trabalhar as hipóteses criadas pelos estudantes a fim de resolver o caso.

Após a resolução do problema, passa-se para uma atividade de sistematização do conhecimento construído em grupos pelos estudantes. Essa atividade de sistematização consiste em uma discussão pautada em textos científicos sobre os assuntos abordados dentro do problema. Com isso, os estudantes podem novamente discutir sobre o assunto e comparar com as hipóteses geradas na resolução do problema (CARVALHO, 2013). Dentro da estratégia utilizada, Estudo de Caso, a discussão se torna algo enriquecedor para os estudantes, para que eles possam trocar experiências e confrontar as ideias geradas, verificando as relações corretas e incorretas criadas ao decorrer da geração de hipóteses para a resolução do caso.

Nessa etapa, os estudantes se reuniram nos mesmos grupos da primeira etapa para que fosse feita a pesquisa dos termos abordados dentro do caso. Para isso, foram utilizados tablets e *internet*. É importante salientar que os recursos devem estar funcionando corretamente para que a pesquisa pudesse caminhar com fluidez e não ocorrer interrupções por falta de rede. Nesse momento, a participação da professora foi muito importante, uma vez que os estudantes precisaram da sua ajuda para orientação de como realizar a pesquisa e quais *sites* poderiam ser considerados confiáveis para retirar informações. Além das definições escritas sobre os termos trabalhados na aula, a professora também pediu para que os estudantes fizessem esquematizações desses termos, promovendo, assim, o momento de reflexão e escrita unidos. Nesse momento os estudantes começam o processo de sistematização do conhecimento, descrito por Carvalho (2013), de extrema importância na construção do conhecimento. Após esse momento de escrita realizada pelos grupos, os mesmos foram até o quadro para expor as respostas encontradas e, com o auxílio da professora, foi realizado um debate das ideias. A professora tem o

papel de organizar o debate fazendo perguntas que estimulem o pensamento dos estudantes e também sua participação. Além disso, segundo Carvalho (2013), nesse momento de debate os estudantes são estimulados a procurar justificativas para as perguntas realizadas pela professora e, com isso, procurar argumentos científicos para responder corretamente as perguntas. Ademais, essa etapa é fundamental, pois é nela que os estudantes podem verificar se a pesquisa realizada respondeu corretamente as perguntas propostas no caso, com o auxílio das questões realizadas pela professora durante o debate.

Uma terceira atividade importante dentro da SEI é a sistematização individual do conhecimento. A sistematização individual consiste em atividades escritas nas quais o estudante pode estruturar o conhecimento adquirido durante o processo de elaboração de hipóteses. A escrita, por sua vez, se apresenta como um instrumento de aprendizagem que realça a construção pessoal do conhecimento (CARVALHO, 2013). No Estudo de Caso, a sistematização do conhecimento é feita para que todos os temas abordados dentro do caso possam ser estruturados pelos estudantes, tornando-se algo facilitador na construção do conhecimento.

Um importante componente dentro de uma SEI é a contextualização do conhecimento no dia a dia dos estudantes, pois “nesse momento, eles podem sentir a importância da aplicação do conhecimento construído do ponto de vista social” (CARVALHO, 2013, p. 9). Sendo assim, o Estudo de Caso pode ser considerado uma excelente estratégia para ser utilizada dentro de uma SEI, pois a narrativa do caso pode contar uma história, real ou simulada, que esteja inserida no contexto social dos estudantes e, com isso, eles podem relacionar os conteúdos científicos com o seu cotidiano e aplicá-los no seu dia a dia.

O Estudo de Caso produzido teve como título “Peixe fora d’água”. Como pode ser visto na **Figura 3**, o caso visava colocar uma situação problemática em que se tratava especificamente sobre os tipos de água: água pura, água potável e água poluída. Ao tratar os diferentes tipos de água, buscou-se relacionar o tema central do caso com os conteúdos programáticos do currículo do Ensino Fundamental proposto pela secretaria da educação do Estado de São Paulo (SÃO PAULO, 2011).

Os alunos da turma do 9º ano estavam eufóricos para a visita ao aquário que fariam na próxima semana. Já estavam até combinando os lanches que levariam para o passeio. Nesse aquário havia diversos tipos de peixes de água doce e salgada. Ao final do passeio, algumas espécies de peixes de água doce poderiam ser compradas para que os alunos formassem um aquário na própria casa.

No dia do passeio, os alunos foram guiados no aquário pelo senhor Amarildo, professor e biólogo que trabalhava no aquário há mais de 20 anos. O aquário contava com peixes de várias regiões do mundo. Mateus, um aluno sempre muito interessado e apaixonado pelo estudo da vida animal, ficou fascinado com os tamanhos e as cores vibrantes dos diferentes tipos de peixes. Com um brilho no olhar, disse para seu amigo Gabriel:

- Vamos comprar peixinhos para colocar em um aquário? Eu nunca tive um animal de estimação, porque moro em um apartamento e é muito pequeno para ter um cachorro. Um aquário de peixes é a oportunidade que eu tenho para comprar meu primeiro animalzinho de estimação. Além disso, será muito fácil de cuidar, podemos utilizar a água daquele rio perto da escola, assim ele se sentirá “em casa”.

- Mas Mateus, não podemos utilizar essa água para o peixe, o rio está muito poluído, tem que ser uma água pura, sem poluição. Lembra do que o senhor Amarildo falou? Vamos usar a água da torneira!

Mateus, angustiado e com um semblante pensativo, perguntou ao amigo:

- Eu quero muito comprar um aquário com vários peixinhos coloridos para mostrar para todos meus amigos do prédio a beleza desses animais, mas só vou posso fazer isso se descobirmos qual água utilizar no aquário. O que vamos fazer?

- Tive uma ideia - disse Mateus com um olhar confiante - Vamos perguntar para nossos amigos, eles também foram ao aquário e podem nos ajudar com esse problema.

No outro dia, logo quando chegaram à escola, Mateus e Gabriel encontraram os amigos de sala e contaram o acontecido. Gabriel logo pediu ajuda:

- Amigos, estamos precisando de ajuda! Compramos peixinhos ontem no nosso passeio para montar um belo aquário na casa do Mateus, mas temos um problema: não sabemos qual água é a ideal para o peixe, só sabemos que ela deve ser uma água sem poluição.

E Mateus aflito completou:

- Precisamos da ajuda de vocês para que os peixinhos tenham um belo aquário para viver!

Vocês são esses amigos de sala de Gabriel e Mateus, e terão que ajudá-los nesse caso, para isso terão que responder as seguintes questões:

Qual será a melhor água para o peixe: deve ser colocada em água pura ou não?

Há diferenças entre água potável, água poluída e água pura?

Figura 3. O caso “Peixe fora d’água”

Fonte: Anais do Evento de Educação em Química, 2019.

A grande discussão teórica posta nesse caso se refere à diferença entre os conceitos químicos de substância e de mistura, tanto do ponto de vista macro como submicroscópico.

A discussão sobre esses conceitos sendo abordada através do Estudo de Caso e do Ensino por Investigação pode apresentar concepções alternativas acerca do tema, apresentadas por Furió e Dominguez (2007, 2012) e descritas anteriormente.

O Estudo de Caso elaborado objetivava trabalhar os conceitos de substância e mistura a partir dos três aspectos do conhecimento químico fenomenológico, teórico e o representacional. Esses três pilares se relacionam conforme apresentado na **Figura 4**. O aspecto fenomenológico se refere às observações, leis e medições, ou seja, relaciona-se com o aspecto empírico do conhecimento químico. Já o aspecto teórico se relaciona à explicação a partir de fórmulas e teorias. E, quanto ao aspecto representacional, este relaciona-se à linguagem química, ou seja, os símbolos, fórmulas e representações (MORTIMER; MACHADO; ROMANELLI, 2000).

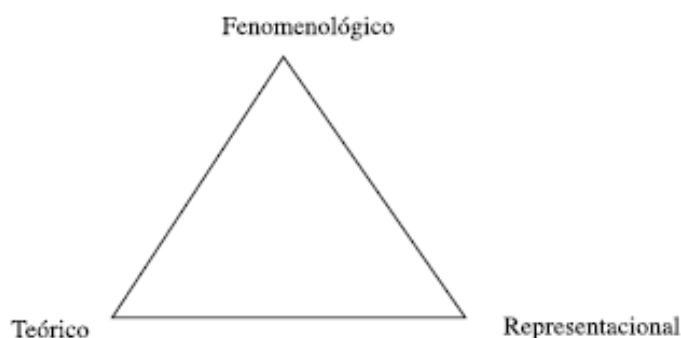


Figura 4. Aspectos do conhecimento químico.

Fonte: Mortimer, Machado e Romanelli (2000, p. 277)

Em seu aspecto fenomenológico, substância pode ser definida como sendo uma dada porção de material que apresenta propriedades físicas constantes e uma composição química que não varia de amostra para amostra. Por sua vez, é possível afirmar que uma mistura é formada por diferentes substâncias em que cada uma delas mantém sua própria identidade química e, conseqüentemente, suas propriedades físicas características. Com isso, as misturas apresentam sempre propriedades físicas variáveis (LACERDA; CAMPOS; MARCELINO-Jr., 2012).

No aspecto teórico, define-se substância como sendo um sistema que tem a composição química definida, com um tipo único de espécie química que se repete ao longo de todo esse sistema. Misturas são sistemas que têm a composição química não definida, contendo mais de uma espécie química ao longo do sistema (BELLAS et al., 2019). Enquanto substâncias têm composições fixas, as composições das misturas podem variar (BROWN; LEMAY; BURSTEN, 2005).

No nível representacional, substância pode ser representada por uma porção de matéria que possua um único tipo de componente químico, como pode ser

observado na **Figura 5**, em que o tipo de substância presente em cada quadrado é representada por esferas ou combinações fixas de esferas.

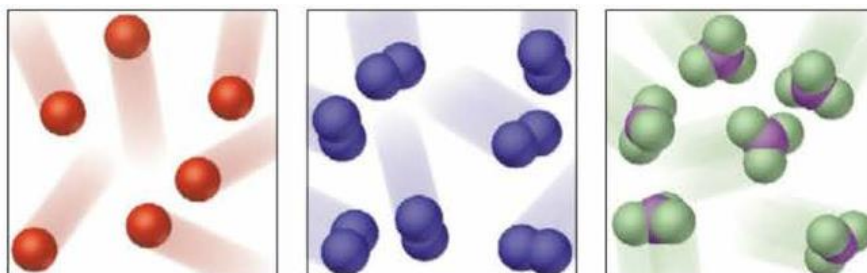


Figura 5. Representação de diferentes tipos de substâncias.

Fonte: Brown, LeMay e Bursten (2005, p. 5).

Na mesma perspectiva, mistura é definida como uma porção de matéria contendo a junção de diferentes tipos de substâncias, como ilustrado na **Figura 6**, na qual diferentes tipos de substâncias são representadas por esferas com cores em agregados distintos (ROCHA-FILHO et al., 1988; SANTOS; MÓL, 2016).

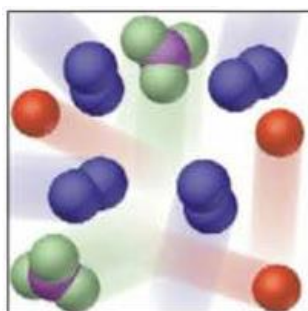


Figura 6. Representação de uma dada mistura.

Fonte: Brown, LeMay e Bursten (2005, p. 5).

A relação dos conceitos substância e mistura com os tipos de água pode ser considerada uma potencialidade do caso, pois essa associação faz com que os estudantes pudessem explicitar possíveis concepções alternativas, conforme apresentado anteriormente.

Assim, a situação-problema colocada pelo caso visava levantar as concepções alternativas dos estudantes sobre os diferentes tipos de água – pura, potável e poluída – ao formularem suas hipóteses acerca do melhor tipo de água a ser utilizada no aquário. Segundo Furió e Dominguez (2007), comumente os estudantes confundem os conceitos de substância e mistura. De modo geral, eles tendem a pensar, por não terem o conceito macroscópico de substância em oposição à mistura, que todos os materiais apresentados são misturas, as quais seriam constituídas por outras substâncias puras mais simples. Logo, do ponto de vista visual, as misturas

heterogêneas podem ser associadas ao conceito de mistura e as misturas homogêneas, que têm apenas uma fase, seriam substâncias. Segundo Furió e Dominguez (2007), os estudantes também não são capazes de conceituar substância como um sistema submicroscópico formado por partículas ou agregado de partículas iguais e, por isso, classificam frequentemente substância como sendo apenas substância simples.

Outro aspecto destacado pelos autores se refere à ideia de pureza. A utilização do termo “substância pura”, no âmbito das definições teóricas e terminológicas da química, poderia dar a entender que existiria uma “substância impura”. Todavia, uma substância impura não faz sentido do ponto de vista conceitual, pois toda mistura de substâncias já caracteriza o sistema como uma mistura. Por sua vez, a condição para a definição de um sistema como substância é justamente a existência de apenas uma espécie química por toda a sua extensão.

Por isso, a água poluída provavelmente poderia ser concebida como sendo uma substância impura e a água potável pode estar associada à ideia de água pura, pois se relacionaria pureza com limpidez ou, até mesmo, potabilidade, gerando relações incorretas sobre os tipos de água.

5.1.1. Concepções prévias dos estudantes sobre Substância e Mistura

Conforme o planejamento da UDM (Apêndice I) e com a finalidade de desenvolvimento das etapas I e II do Ensino por Investigação (CARVALHO, 2013), inicialmente os estudantes se organizaram em grupos para discutir sobre os assuntos e descrever suas ideias e hipóteses iniciais, sem que houvesse pesquisa em qualquer material.

As concepções prévias que os estudantes têm são importantes pelo fato de ser algo que trazem consigo para a sala de aula, ou seja, são constituídas por experiências pessoais do dia-a-dia (SILVA; AMARAL, 2010). Assim, no processo de ensino e aprendizagem, deve-se levar em consideração as concepções prévias dos estudantes, uma vez que o professor pode identificar de onde os estudantes estão partindo e também para que os estudantes possam conectar o conteúdo científico a seus conceitos anteriores.

Na sala de aula da intervenção realizada havia 11 estudantes presentes no dia da aplicação, os quais foram divididos em 1 dupla e 3 trios. Esses grupos pequenos

se reuniram separadamente na sala de aula, como mostra a **Figura 7**. Então, a professora entregou o caso “peixe fora d’água”, leu juntamente com os estudantes e, para garantir que eles tivessem entendido o problema a ser resolvido, ficou passando por cada um dos grupos durante as discussões, observando a troca de informações e questionando-os eventualmente. Durante essa etapa, os estudantes não podiam consultar nenhum meio de informação, apenas utilizar suas ideias prévias.



Figura 7. Disposição da sala de aula durante a discussão em grupos.

Fonte: Trechos retirados das gravações em sala de aula.

Para essa etapa de formulação das hipóteses, os estudantes gastaram aproximadamente 37 minutos. Finalizada essa primeira etapa, os estudantes foram para etapa de exposição das hipóteses iniciais, realizada com orientação da professora. Os estudantes foram organizados em semicírculo e cada grupo escolheu um representante para ir ao quadro branco colocar as ideias, respondendo as questões feitas no final do caso, como visto anteriormente na **Figura 3**.

Ao final das exposições das ideias, a professora estimulou uma discussão entre os estudantes sobre as hipóteses geradas pelos diferentes grupos. Porém, vale destacar que as hipóteses iniciais dos grupos eram muito próximas. Então, por não haver divergências entre os grupos, ocorreram poucas discussões.

Após essa etapa, os estudantes retornaram à formação inicial, em grupos, para a próxima atividade. Essa etapa foi constituída pela sistematização do conhecimento, na qual os estudantes realizaram uma pesquisa, com o auxílio de *tablets* e *internet*, a fim de coletar informações sobre os termos trabalhados durante a resolução do caso. Essa pesquisa teve como objetivo comparar as hipóteses geradas a partir das ideias prévias com as informações coletadas na pesquisa. Durante esse processo de pesquisa, a professora ficou passando entre os grupos para auxiliá-los a encontrar a definição científica para os termos, além de certificar que os estudantes estariam utilizando apenas *sites* confiáveis para a realização da pesquisa. Ademais, a professora pediu para que os estudantes escrevessem as definições para os termos de água pura, potável e poluída, além de fazerem um desenho para mostrar as diferenças entre elas.

Ao final da pesquisa realizada pelos estudantes, os mesmos se organizaram em semicírculo para uma nova discussão sobre as definições encontradas. Cada grupo escolheu um de seus integrantes para colocar no quadro branco os desenhos realizados pelos grupos para os tipos de água. Enquanto isso, a professora escreveu no quadro branco as definições de cada grupo. Em seguida, a professora iniciou o debate sobre as definições colocadas por cada grupo, com o objetivo de que a maioria dos estudantes entendesse o que estava sendo estudado naquela aula. Alguns conceitos que não foram expostos pelos estudantes durante a pesquisa e o debate, foram acrescentados pela professora ao longo da discussão.

Ao término das etapas anteriores, a professora entregou para cada um dos estudantes uma lista de exercícios embasada nos assuntos que foram abordados durante as aulas. Essa etapa é caracterizada pela sistematização individual do conhecimento, pois a escrita é importante para a construção pessoal do conhecimento. Além disso, esse processo é utilizado pelo professor para analisar individualmente cada estudante (CARVALHO, 2013).

Todos os dados coletados foram agrupados para que posteriormente pudessem ser analisados. As atividades propostas auxiliaram para que fosse feita a análise de como as concepções alternativas dos estudantes podem interferir na

construção do conhecimento acerca do conceito de substância e mistura e de que maneira ela poderia modificar essas concepções.

Diante disso, para cada caso, as hipóteses iniciais foram divididas em: hipóteses corretas e hipóteses incorretas. No primeiro caso, as repostas geradas pelos grupos foram caracterizadas e classificadas, de modo que a hipótese correta seria a classificação da água ideal para o peixe como sendo a água potável. O resultado da caracterização das respostas é apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Resultados obtidos a partir das análises das respostas prévias dos estudantes para o primeiro caso.

Categorias	
Hipóteses corretas	Hipóteses incorretas
25% (1)	75% (3)

Fonte: Elaboração própria

Analisando os dados da Tabela 1, observa-se que a grande maioria dos estudantes confunde a classificação das águas. Dos 4 grupos de estudantes, apenas 1 elaborou a hipótese adequada do ponto de vista da ciência. Como demonstrado na literatura e discutido anteriormente, o conceito de substância e mistura pode fazer emergir as concepções alternativas nos estudantes (FURIÓ; DOMINGUEZ, 2007). Nesse caso, ao descrever os tipos de água, os estudantes assumem a água pura como sendo a ideal para o peixe. Com base nas respostas, para os estudantes, água pura é aquela livre de resíduos, encontrada em nascentes e pura, gerando assim, hipóteses incorretas acerca do tema. Água pura é, por definição, um sistema totalmente livre de outras substâncias que não sejam a H_2O . Ou seja, água pura pode ser definida como sendo uma substância, um sistema puro.

Dessa forma, as hipóteses apresentadas pelos estudantes devem ser analisadas visando as possíveis concepções alternativas presentes nas discussões.

Após a quantificação das hipóteses primárias geradas pelos estudantes, passou-se posteriormente para a etapa de análise do conteúdo das hipóteses formuladas sobre os conceitos de substância e mistura. Os diferentes tipos de hipóteses foram agrupados em categorias analíticas levando em consideração as hipóteses corretas e incorretas, reunidos na Tabela 2.

Tabela 2. Resultados obtidos a partir das análises das respostas prévias dos estudantes para as perguntas auxiliares do primeiro caso.

Categorias	Justificativa	Extratos representativos	Contagem
Critério de tratamento físico-químico	Nessa categoria estão agrupadas as respostas que utilizaram como classificação um tratamento físico-químico na água	<i>“Água potável: água que passou por um processo de 'limpeza' para ser consumida ou utilizada em outros setores como a agricultura”</i> <i>“Água pura: Água limpa, não contém resíduos poluentes, a água não recebe nenhum tratamento”</i>	2 (50%)
Classificação a partir de diferentes fontes	Nessa categoria estão agrupadas as respostas que utilizaram como classificação as diferentes fontes de água	<i>“Água potável: água que bebemos, é tratada, e normalmente tem em galões e garrafinhas”</i> <i>“Água poluída: água encontrada em bueiros, inadequada para a vida por conter substâncias perigosas, poluição e resíduos que fazem mal pra saúde”</i>	3 (75%)
Identificação de pureza com natural	Nessa categoria estão agrupadas as respostas que classificam como natural o que recebe a nomenclatura “pura”	<i>“Água pura: água em seu estado natural, sem processos de limpeza ou qualquer outro fator”</i> <i>“Água pura: água encontrada nas nascentes, ideal para a vida natural”</i>	3 (75%)

Fonte: Elaboração própria

A Tabela 2 mostra alguns trechos retirados das definições feitas pelos estudantes através das suas próprias ideias prévias. Pode-se observar que, mesmo que anteriormente um dos grupos havia formulado uma hipótese considerada correta, ao descrever o melhor tipo de água para o peixe, os grupos utilizam palavras e conceitos semelhantes. Além disso, as definições apresentadas pelos grupos mostram relações com as concepções alternativas encontradas na literatura, descritas por Furió e Dominguez (2007; 2012). A primeira concepção que pode ser observada é a apresentada nos extratos representativos 1 e 2, que demonstram concepções alternativas ao classificar os tipos de água, utilizando apenas os critérios físico-químicos para caracterizá-los. Utilizando esse tipo de classificação, pode-se observar que os estudantes vinculam as características macroscópicas apenas aos processos realizados, como por exemplo processos de tratamento da água. Analisando os extratos representativos e relacionando-os com as concepções trazidas pelos autores, pode-se concluir que os estudantes não conceituam substância como um sistema formado por partículas iguais. Ou seja, para os estudantes, a água potável, por ter apenas uma fase visível, se caracterizaria como sendo uma substância, embora se trate obviamente de uma solução.

Outra concepção alternativa relacionada a esse contexto é a expressa pelos extratos representativos 5 e 6 na Tabela 2, nos quais os estudantes utilizam como classificação a identificação de que natural é sinônimo de puro. Com isso, os estudantes não conseguem diferenciar as águas do tipo pura e potável, pois para eles a água pura é aquela livre de resíduos e encontradas em ambientes naturais, ou seja, a água potável seria pura. Então, pode-se concluir que, para os estudantes, esses dois tipos de água são a mesma coisa, ou seja, eles utilizam palavras semelhantes para defini-las, além disso descrevem água potável sendo como água pura. Em outras palavras, eles não utilizam critérios químicos para diferenciar esses dois tipos distintos de sistema. Utilizam somente o significado da palavra pureza no senso comum e não para caracterizar um sistema formado por partículas iguais e propriedades constantes. Isso pode estar relacionado com as concepções alternativas, em que os estudantes associam pureza com potabilidade, ou seja, ao trabalhar os tipos de água, quando mencionado o termo “água pura”, os estudantes associam a palavra pura com uma água que seja potável e, por ela ser “pura”, seria conseqüentemente a melhor para o consumo.

Ainda sobre as discussões sobre água pura, pode-se relacionar com uma das concepções alternativas descritas por Furió e Dominguez (2007). Essa concepção faz com que os estudantes relacionem o termo “pura” com limpidez e associem a água pura como sendo qualquer sistema livre de resíduos, logo a opção que seria considerada excelente para a resolução do caso.

Nos extratos representativos 3 e 4 pode-se observar a concepção alternativa sobre a caracterização de uma mistura, na qual os estudantes utilizam critérios a partir de diferentes fontes para classificar os tipos de água, ou seja, os estudantes levam em consideração para classificar apenas a fonte e a maneira na qual a água é encontrada. Os estudantes dizem que apenas a água poluída é classificada como mistura, pois para eles, no nível macroscópico, esse tipo de água apresenta mais de uma fase que é constituída por contaminantes visíveis. Então, pode-se observar que os estudantes não diferenciam os conceitos de substância e mistura, pois, para eles, no nível macroscópico, mistura é aquele sistema que tem mais de uma fase, ou seja, uma mistura é sempre uma mistura heterogênea. Logo, a água potável não é entendida como uma mistura de substâncias em uma única fase, isto é, uma mistura homogênea.

Dessa forma, evidenciou-se que os estudantes não conseguiam caracterizar e diferenciar corretamente uma mistura e uma substância e identificar suas propriedades.

5.1.2. Concepções dos estudantes após a Sequência Investigativa sobre Substância e Mistura

Conforme o planejamento da UDM (Apêndice I) e com a finalidade de desenvolvimento das etapas III e IV do Ensino por Investigação (CARVALHO, 2013), os estudantes se organizaram novamente nos grupos para pesquisar as definições dos termos trabalhados em sala de aula. Essa pesquisa foi realizada com a utilização de *tablets* conectados à *internet* e os estudantes gastaram aproximadamente 45 minutos para realizá-la.

Essa segunda etapa na SD se torna importante, pois é nesse momento que os estudantes podem verificar se as hipóteses geradas apenas com os conhecimentos prévios estão corretas ou não. Caso as hipóteses geradas estivessem erradas de acordo com os termos científicos, os estudantes têm a oportunidade de aprender com os erros, o que Carvalho (2013) descreve como sendo uma etapa importante para a aprendizagem.

Os dados coletados nessa segunda etapa foram agrupados para que fossem analisados. Para o primeiro caso, as concepções pesquisadas foram divididas em hipóteses corretas e hipóteses incorretas. Nesse caso, a resposta correta seria a classificação da água ideal para o peixe como sendo a água potável. O resultado da caracterização das respostas é apresentado na Tabela 3.

Tabela 3. Resultados obtidos a partir das análises das respostas após a pesquisa dos estudantes para o primeiro caso.

Categorias	
Hipóteses corretas	Hipóteses incorretas
100% (4)	0% (0)

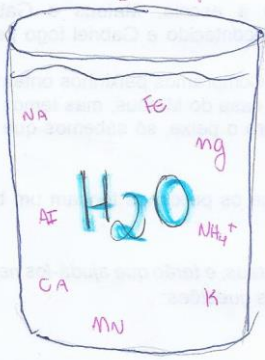
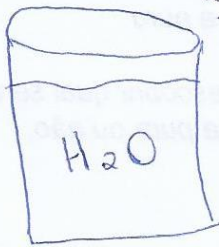
Fonte: Elaboração própria.

Analisando os dados da Tabela 3, observa-se que todos os grupos de estudantes, após a realização da pesquisa, responderam corretamente à pergunta do caso, dizendo que a água ideal para o peixe era a água potável. Nas hipóteses iniciais apenas um grupo havia respondido corretamente do ponto de vista da ciência. Desse modo, pode-se observar que os estudantes mudaram de opinião em relação a suas

ideias iniciais, em que assumiam a água pura como sendo a ideal para o peixe, pois para eles a água pura seria aquela livre de resíduos.

Além da resposta principal do caso, as demais respostas pesquisadas pelos estudantes foram analisadas e reunidas na Tabela 4.

Tabela 4. Resultados obtidos a partir das análises das respostas dos estudantes após a pesquisa para as perguntas auxiliares do primeiro caso.

Termos científicos	Extratos representativos	Representação	Contagem
Água Potável	“É aquela que recebe tratamento específico para residência. É formada por sais minerais que não fazem mal à saúde que podem ser: Na, K, Ca, Mg, Fe, Mn.” “É toda água própria para consumo. Nenhuma água é formada apenas por H_2O, também são compostos sais dissolvidos, entre eles está o cloreto de sódio e entre outras diversas substâncias. A água potável pode conter outras substâncias, porém não faz mal à saúde.”		4 (100%)
Água Pura	“É a água que possui apenas H_2O, sendo assim não possui nenhum outro tipo de substância” “A água pura (destilada) é totalmente livre de outras substâncias, isto é, apenas H_2O.”		4 (100%)
Água Poluída	“É aquela que possui modificações em suas características físicas e químicas. Ao vermos uma água com coloração ou odor diferente, sabemos que ela é poluída. Entretanto, a coloração e o cheiro ruim podem ser provocados por substâncias que não provocam doenças no ser humano.”	Não houve representações	4 (100%)

Fonte: Elaboração própria.

A Tabela 4 mostra alguns trechos retirados das definições encontradas pelos estudantes durante a pesquisa. Nesse momento não foram utilizadas categorias, pois os estudantes utilizaram a *internet* para realizar a pesquisa e procuraram apenas as definições dos três tipos de água – pura, potável e poluída – sem nenhum critério de classificação.

Pode-se observar que, após a pesquisa, todos os grupos descreveram corretamente o que seria a água potável. Embora nenhum deles descreva a água potável como sendo uma mistura, os estudantes descrevem a água potável como sendo um sistema que contém moléculas de água e outras substâncias, todas em conjunto, o que, em outras palavras, pode-se descrever como mistura. Então, mesmo que os estudantes não utilizaram a palavra mistura, eles souberam classificar corretamente uma água potável, percebendo a diferença entre ela e uma substância pura, o que pode ser observado na representação feita pelos grupos e também nos momentos de intervenção realizados pela professora.

Os extratos representativos 2 e 3 mostram as respostas encontradas pelos estudantes sobre o termo água pura. Antes da realização da pesquisa para classificar o termo, a maioria dos estudantes caracterizava a água pura como sendo natural, ou seja, para eles água pura é aquela livre de resíduos, relacionando o termo pura com limpidez. Desse modo, não havia diferenciação entre água pura e água potável e não eram utilizados critérios químicos para classificá-las. Nesses extratos observa-se que, após a pesquisa, os estudantes conseguem descrever corretamente o que seria uma água pura e também diferenciam da água potável. A maioria dos grupos utiliza termos químicos para defini-la, dizendo ser um sistema com apenas moléculas de H_2O , livre de outras substâncias, ou seja, uma substância pura. Embora os estudantes não utilizem o termo substância para definir água pura, as palavras utilizadas durante a intervenção, os extratos e as representações demonstradas na Tabela 4 mostram que os estudantes conseguem diferenciar água pura de água potável.

No último extrato representativo da Tabela 4, os estudantes descreveram por meio da pesquisa o que seria uma água poluída. Nesse caso, mesmo que a descrição esteja correta, observa-se que mais uma vez os estudantes não chegam na classificação final, utilizando linguagem química, classificando-a como sendo uma mistura. Por outro lado, durante a intervenção realizada pela professora e observando as anotações realizadas pelos estudantes, constata-se que eles conseguem identificar quais são as misturas, mesmo sem utilizar esse termo para caracterizar os tipos de água. Isso demonstra que eles observam quais são os componentes dentro dos sistemas para caracterizá-los, não levam em consideração apenas as características que são macroscópicas, mas também as microscópicas.

Desse modo, percebe-se que os estudantes por meio das pesquisas conseguem perceber a existência de dois tipos de misturas, as de tipo homogênea e

heterogênea, que apresentam características diferentes. Com isso, pode-se dizer que os estudantes conseguiram, ao menos no que tange à expressão escrita, avançar em relação às concepções alternativas iniciais que se identificou com base na descrição de Furió e Dominguez (2007). Esses achados de pesquisa parecem ser bastante expressivos quando se considera na complexidade de todas dimensões apontadas e problematizadas no Estudo de Caso para estudantes do Ensino Fundamental.

5.2. Potencialidades do Estudo de Caso para o ensino de Substância simples e Substância composta

Como pode ser visto no Quadro 2, mostrado anteriormente, a UDM tinha como objetivo geral que os estudantes fossem capazes de “Analisar diferentes tipos de materiais, diferenciando, por meio do estudo de caso, substância pura, substância simples, substância composta e mistura”.

Como descrito anteriormente, a UDM foi dividida em duas Sequências Didáticas (SD) de 4 aulas cada uma, a fim de que os estudantes pudessem passar pelas quatro etapas em dois diferentes ciclos investigativos, seguindo os princípios do Ensino por Investigação (CARVALHO, 2013).

A segunda SD, como demonstrado no Quadro 4, teve como objetivo que os estudantes fossem capazes de analisar as substâncias, diferenciando em substância simples e composta. O conteúdo curricular definido foi “substâncias simples e compostas”.

Quadro 4. Extrato do planejamento da SD 2 da UDM.

SELEÇÃO DAS ESTRATÉGIAS DIDÁTICAS E DAS ESTRATÉGIAS DE AVALIAÇÃO		
Título da SD	Os peixes de aquário sempre morrem?	
Objetivo da SD	Analisar as substâncias, diferenciando em substância simples e composta.	
Estratégias de Avaliação	Resolução do caso e exercícios de aplicação	
Dia/Aula	Estratégia Didática	Conteúdos de ensino
13/11 aula 1 e 2	• Estudo de caso	• Substância simples e composta
	• Debate	• Substância simples e composta
14/11 aula 3 e 4	• Pesquisa e Sistematização	• Substância simples e composta
	• Resolução de exercícios	• Substância simples e composta

Fonte: Apêndice I

Como primeira estratégia didática, conforme Quadro 4, definiu-se pela utilização de um Estudo de Caso (SÁ; FRANCISCO; QUEIRÓZ, 2007). Utilizando essa estratégia didática, pode-se abordar o tema utilizando diversas possibilidades de desenvolver as hipóteses criadas pelos estudantes para resolver o caso.

Todas as etapas de uma SEI, utilizando a estratégia didática Estudo de Caso, bem como as suas potencialidades, foram descritas anteriormente. A estratégia foi escolhida devido ao fato de poder introduzir um assunto contextualizado ao cotidiano, despertar seu interesse e fazer emergir suas ideias prévias sobre os conteúdos.

O Estudo de Caso produzido teve como título “Peixes de aquário sempre morrem?”. Como pode ser visto na **Figura 8**, o caso visava colocar uma situação problemática em que se tratava especificamente sobre a morte de peixes de aquário sem oxigenação. Com isso, pretendeu-se trabalhar os diferentes tipos de substância, simples e compostas. Ao introduzir a falta de oxigênio na água, pode-se relacionar o tema central do caso com os conteúdos programáticos do currículo de Ensino Fundamental proposto pela secretária da Educação de São Paulo (SÃO PAULO, 2011).

Após a resolução do problema com a água em que os peixes deveriam estar, Gabriel e Mateus conseguiram arrumar o aquário na casa do Mateus e colocaram vários peixinhos de cores diferentes em água potável. O aquário tinha uma decoração linda, com pedrinhas coloridas, algas artificiais e duas estátuas, uma era de um navio naufragado e a outra era um castelo mal-assombrado. Todos os moradores do prédio foram até o apartamento do menino para ver o aquário e ficaram maravilhados. Os peixinhos coloridos se tornaram motivo de orgulho para o Mateus e sua família.

O aquário ficou em um local do apartamento parcialmente iluminado e os meninos nunca deixavam faltar a comida especial, indicada pelo senhor Amarildo, biólogo do aquário, para aquela espécie de peixe. Mesmo com todos os cuidados e amor dos meninos, depois de alguns dias, os peixes começaram a morrer. Cada dia morria um peixinho do aquário. Mateus ficou desesperado de ver o que estava acontecendo com os peixinhos que ele tanto amava e logo ligou para seu amigo Gabriel, que foi correndo para sua casa ver a situação. E, no percurso lembrou-se de uma notícia que leu no portal G1, que tinha como título: “Falta de oxigênio em rio causa morte de peixes no AC”. Na notícia, um morador do município de Sena Madureira, no Acre, fez um vídeo de um fenômeno no Rio Caeté, no qual várias espécies de peixe aparecem mortas. Na notícia também havia um trecho de fala de um engenheiro de pesca, que dizia que a morte dos peixes podia ser causada pela falta de oxigênio dissolvido na água, o que dependendo da espécie pode causar morte por asfixia.

Chegando na casa de Mateus, ele contou sobre a reportagem, mas os dois não entenderam muito bem o que significava “oxigênio dissolvido na água”, e a primeira ideia dos meninos foram ligar para o senhor Amarildo, professor e biólogo do aquário que tinham visitado, para pedir ajuda.

- Sr. Amarildo, estamos precisando da sua ajuda! Compramos vários peixinhos e colocamos em um aquário bem equipado, como aprendemos na visita, mas depois de alguns dias os peixes começaram a morrer, um por dia, estamos desesperados, precisamos saber o que está acontecendo.

E o Sr. Amarildo responde:

- Meninos, se vocês equiparam bem o aquário e não deixaram de colocar comida, o problema só pode ser falta de oxigênio na água.

Foi quando Mateus questionou:

- Mas na água não tem dois átomos de hidrogênio e um de oxigênio? Porque o peixe não respira esse oxigênio?

E o biólogo do aquário respondeu:

- O oxigênio deve ser borbulhado na água.

Mateus e Gabriel estavam desesperados com a situação, pois a cada dia perdiam um de seus amados peixinhos. Os meninos estavam desolados e não sabiam como resolver o problema, pois não entenderam direito as respostas que encontraram, tanto a reportagem quanto a do professor do aquário. Decidiram então, pedir ajuda aos amigos de sala, novamente. Então, Mateus mandou uma mensagem para os amigos

“Amigos, precisamos da ajuda de vocês novamente. Nossos peixes estão morrendo a cada dia que passa. Já ligamos para o professor do aquário e ele disse que precisamos de oxigênio borbulhado na água para os peixes sobreviverem, mas ficamos sem entender. Vocês precisam nos ajudar! ”

Vocês são esses amigos de sala de Gabriel e Mateus, e terão que ajudá-los nesse caso, para isso terão que responder as seguintes questões:

- *Por que que o peixe morreu?*
- *Por que o peixe não respira o oxigênio presente na molécula de água?*
- *O que significa colocar oxigênio borbulhado na água? E qual o motivo de colocá-lo na água?*
- *Qual é a diferença entre as moléculas de água e de oxigênio? E qual é a implicação para a caracterização das substâncias?*

Figura 8. O caso “Os peixes de aquário sempre morrem?”

Fonte: Elaboração própria.

A principal discussão teórica envolvida nesse caso se refere à diferença entre os conceitos químicos de substância simples e substância composta, tanto do ponto de vista macro como submicroscópico.

Como descrito anteriormente, Furió e Dominguez (2007) demonstram em seu trabalho como os termos *substância* e *composto* são discutidos ao longo da história, embasados nos modelos *aristolético-escolástico* e de *Lavoisier*. Não diferente disso, os termos *substância simples* e *substância composta* também tiveram influência nesses modelos. Segundo os autores, o que influenciou os estudos e conceitos sobre substância simples e composta também foram os movimentos da metalurgia e da medicina, em função do aumento de substâncias conhecidas foi necessária sua sistematização para que fossem classificadas de acordo com as suas propriedades. Os autores também descrevem teorias importantes para o desenvolvimento dos conceitos de substância simples e composta, como as de Geoffroy, o qual descreveu que as substâncias são entidades estáveis e que, para que ocorra a formação de um composto, substâncias simples deveriam ser colocadas em contato, e se elas tivessem afinidade se aderiam uma a outra. Essa teoria contribuiu para que posteriormente pudesse ter a definição macroscópica de substância composta.

Segundo Furió e Domingues (2007), as explicações derivadas do modelo empírico dos filósofos naturais (século XVI a XVIII) também contribuíram para as definições de substância simples e composta. Segundo os autores, as dificuldades são em relação à diferenciação entre mistura, substâncias simples e composto, uma vez que “era muito difícil pensar que um composto era apenas uma substância com propriedades específicas e, ao mesmo tempo, com conservação dos elementos que o compõe” (FURIÓ; DOMINGUEZ, 2007, p. 244). É interessante ressaltar que esses modelos macroscópicos substituíram os modelos apresentados anteriormente, conhecidos como modelo aristotélico-escolástico e que, posteriormente, esses modelos seriam reinterpretados submicroscopicamente pela hipótese atômica de Dalton.

O modelo atômico de Dalton, segundo Furió e Dominguez (2007), teve uma grande importância para explicar submicroscopicamente o conceito de substância simples e composta. Nessa descrição, substância simples é aquela composta por átomos iguais de um mesmo elemento e substância composta é aquela que é composta de dois ou mais átomos de elementos diferentes.

Para a segunda SEI, o Estudo de Caso teve como objetivo abordar os conceitos de substância simples e substância composta. Essa elaboração foi pautada nos três aspectos do conhecimento químico fenomenológico, teórico e representacional,

descritos por Mortimer e colaboradores (2000) e detalhado anteriormente no primeiro caso (**Figura 4**).

No aspecto fenomenológico, substância simples pode ser definida como sendo uma porção de material que não pode ser decomposta em outras mais simples, mediante análises de laboratório (FURIÓ; DOMINGUEZ, 2007). A substância composta, por sua vez, é uma porção de material que em reações de decomposição, como eletrólise, pode ser observada a formação de outras substâncias simples (LACERDA; CAMPOS; MARCELINO-Jr., 2012).

No aspecto teórico, substância simples é definida como sendo um arranjo formado por átomos de um único tipo de elemento químico. Já substância composta é definida como sendo um arranjo formado por átomos de elementos químicos diferentes (LACERDA; CAMPOS; MARCELINO-Jr., 2012).

No aspecto representacional, substâncias simples são aquelas que podem ser representadas por uma porção de matéria que apresente um tipo de componente químico que seja formado por um único tipo de elemento. Como ilustrado na **Figura 9**, são observadas as combinações de esferas de mesma coloração que representam o mesmo tipo de átomo combinados em uma molécula. As substâncias compostas também podem ser representadas por uma porção de matéria que apresente um único tipo de componente químico unitário, porém, nesse caso, essas combinações são feitas obrigatoriamente a partir de átomos de elementos diferentes, ou seja, ela é formada por dois ou mais elementos diferentes que estão em uma proporção definida, como pode ser observado pela **Figura 9**.

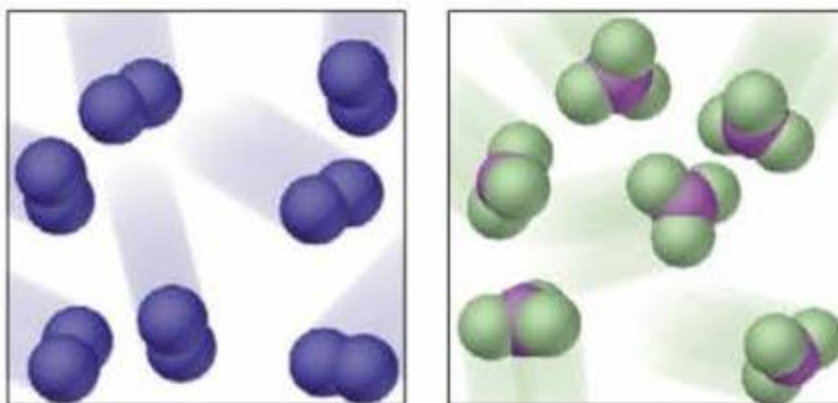


Figura 9. Representação de uma substância simples (à esquerda) e de uma substância composta (à direita).

Fonte: Brown, LeMay e Bursten (2005, p. 5).

Diante disso, para apresentar os conceitos de substância simples e composta, escolheu-se trabalhar com a temática do oxigênio dissolvido na água. A situação-problema colocada pelo caso pretendia levantar as concepções alternativas dos estudantes ao formularem as hipóteses acerca da problemática sobre a morte dos peixes pela falta de oxigenação. Segundo Furió e Dominguez (2007), os estudantes apresentam dificuldade de compreensão de termos nos dois níveis de representação, macro e submicroscopicamente, levando-os a uma representação ambígua de suas ideias macroscópicas sobre os conceitos de substância simples e composta. Os autores também mostram que os estudantes, ao conceituar substância simples, comumente a definem como sendo o único tipo de substância que pode existir. Isso pode ser relacionado ao fato de que os estudantes não conceituam o sistema no nível submicroscópico.

Furió e Dominguez (2007) apontam que, ao expor aos estudantes uma amostra que tem mais de um tipo de átomo, ligado ou não, eles não conseguem diferenciar mistura de substância composta, isso pode estar atrelado ao fato da não diferenciação macroscópica entre mistura e substância composta e também pelo fato de não aplicar os conceitos no nível submicroscópico para conceituar substância simples e composta.

Diante disso, a escolha do tema poderia mostrar aos estudantes como classificar os tipos de substâncias, relacionando-as com a morte dos peixes pela falta de oxigênio dissolvido na água.

5.2.1. Concepções prévias dos estudantes sobre Substância Simples e Substância Composta

Conforme o planejamento da UDM (Apêndice I) e com finalidade de desenvolvimento das etapas do Ensino por Investigação descrito por Carvalho (2013), os estudantes se organizaram em grupos para discutir sobre os assuntos e apontar suas ideias e hipóteses iniciais, descrevendo-as em um papel.

Essa etapa foi realizada sem que houvesse pesquisa em qualquer material de consulta, apenas as concepções prévias dos estudantes. Observar as concepções prévias dos estudantes é importante pelo fato de elas serem constituídas por experiências pessoais do dia-a-dia do estudante. Além disso, Pozo (1998) descreve que, para que um ensino seja eficaz, ele deve partir dos conhecimentos prévios dos

estudantes e relacioná-los com o material de aprendizagem. Assim, ao considerar as concepções prévias dos estudantes, o professor consegue identificar o ponto de partida do conhecimento e conectá-lo com o conteúdo científico abordado.

No dia da realização da intervenção em sala de aula havia 15 estudantes, os quais foram divididos em 4 grupos: 2 foram de 3 estudantes, 1 com 4 estudantes e 1 com 5 estudantes. Essa disposição foi feita pelo fato de que alguns estudantes terem chegado atrasados e precisarem ser distribuídos nos grupos pré-existentes. Os grupos se reuniram separadamente na sala de aula, como mostra a **Figura 10**. Então, o caso “Os peixes de aquário sempre morrem?” foi entregue pela professora, a qual leu com os estudantes. Após a leitura, a professora ficou passando por cada um dos grupos durante as discussões para garantir que eles tivessem entendido o que foi proposto pelo caso, fazendo observações e, eventualmente, questionando os estudantes. Durante essa etapa, os estudantes não podiam consultar nenhum meio de informação, apenas suas ideias prévias.



Figura 10. Disposição da sala de aula durante a discussão em grupos.

Fonte: Trechos retirados das gravações em sala de aula.

Essa etapa de formulação de hipóteses pelos estudantes durou aproximadamente 35 minutos. Ao finalizar essa etapa, os grupos foram organizados em semicírculo para que se iniciasse a etapa de exposição das hipóteses iniciais, realizada com a orientação da professora. Cada grupo escolheu um representante para expor as ideias iniciais no quadro com o auxílio da professora, respondendo também as questões feitas no final do caso, como visto anteriormente na **Figura 8**.

Terminando as exposições das ideias iniciais, a professora estimulou uma discussão entre os estudantes sobre as hipóteses geradas pelos diferentes grupos. Porém, não houve muita discussão pelo fato de as hipóteses iniciais dos grupos serem muito próximas e não apresentarem grandes divergências entre grupos.

Posteriormente a essa etapa, os estudantes retornaram à formação inicial, em grupos. E, antes de iniciar a próxima atividade, que consistia em uma pesquisa na internet, a professora propôs para os estudantes que eles fizessem uma pesquisa na própria apostila da escola e, assim, encontrassem alguma relação com o conteúdo relacionado ao caso. Esse recurso foi utilizado com objetivo de auxiliar os estudantes na pesquisa que seria feita posteriormente, já que na primeira SEI os estudantes haviam tido bastante dificuldade em encontrar as respostas para resolução do caso. Em seguida, os estudantes receberam os *tablets* e utilizaram a *internet* para iniciar a pesquisa a fim de coletar informações que os ajudassem a resolver o caso. Essa pesquisa teve como objetivo comparar as hipóteses geradas pelos estudantes a partir dos conhecimentos prévios com os termos encontrados na pesquisa. Durante esse processo, a professora ficou passando entre os grupos para auxiliá-los na pesquisa científica, além de certificar que os estudantes estariam utilizando apenas *sites* confiáveis para a pesquisa. Além disso, a professora pediu para que os grupos escrevessem as definições para os termos discutidos no caso, além de fazerem desenhos para esquematizar os conceitos.

Ao final da etapa de pesquisa, os estudantes se organizaram em semicírculo para uma nova discussão sobre as definições encontradas. Cada grupo escolheu um representante para expor os conceitos encontrados na pesquisa. Nesse momento, a professora auxiliou os estudantes, pois, ao perceber que as respostas dos grupos estavam muito parecidas, ela achou melhor discutir com um único esquema e acrescentando as ideias individuais de cada grupo e, com isso, utilizando termos científicos. Na sequência, a professora iniciou um debate sobre as definições levantadas pelos grupos com o objetivo de que a maioria dos estudantes entendesse

o que estava sendo estudado naquela aula. Como na SEI anterior, alguns conceitos não foram abordados pelos estudantes, ou os mesmos não conseguiram relacionar a diferença entre as moléculas de água e de gás oxigênio com conceitos químicos, por isso alguns termos foram acrescentados pela professora ao longo dessa discussão.

Após concluir as etapas anteriores, a professora entregou para cada um dos estudantes uma lista de exercícios embasada nos assuntos que foram abordados durante a SD 2. A sistematização individual do conhecimento, que foi trabalhada nessa etapa, é muito importante para que aconteça na construção pessoal do conhecimento, além de auxiliar a professora no processo de análise individual de cada estudante (CARVALHO, 2013).

Para que pudessem ser analisados, todos os dados foram agrupados e categorizados. Analisou-se os impactos das concepções alternativas dos estudantes na construção do conhecimento sobre os conceitos de substância simples e composta.

No segundo caso, as hipóteses geradas pelos grupos foram classificadas em corretas e incorretas, de modo que a hipótese correta seria a de que o peixe morre devido à falta de oxigênio dissolvido em água. O resultado dessa caracterização das respostas pode ser visto na Tabela 5.

Tabela 5. Resultados obtidos a partir das análises das respostas dos estudantes para o segundo caso.

Categorias	
Hipóteses corretas	Hipóteses incorretas
100% (4)	0% (0)

Fonte: Elaboração própria

Analisando os dados da Tabela 5, observa-se que todos os grupos conseguiram concluir que os peixes morrem devido à falta de oxigênio dissolvido na água. Porém, essa conclusão do caso não contribuiu completamente para a discussão sobre a diferenciação entre substância simples e composta pelos estudantes, pois observou-se que pouco se falou sobre os conceitos químicos, levando mais em consideração os aspectos relacionados à morte dos peixes.

Visto isso, analisou-se as demais perguntas propostas no final do caso a fim de se aprofundar a análise das concepções dos estudantes. Nas perguntas: “Qual é a diferença entre as moléculas de água e de oxigênio? E qual é a implicação para a caracterização das substâncias?” pode-se estimular os estudantes a pensarem sobre

os conceitos objetivados na aplicação do caso. Assim, observou-se presentes nas respostas dos estudantes algumas concepções alternativas sobre substâncias simples e compostas descritas por Furió e Dominguez (2007). Diante disso, as hipóteses geradas pelos estudantes foram analisadas visando as possíveis concepções alternativas presentes nas discussões.

Os diferentes tipos de hipóteses foram agrupados em categorias analíticas levando em consideração as hipóteses corretas e incorretas para cada tema abordado. Essa categorização está reunida na **Tabela 6**.

Tabela 6. Resultados obtidos a partir das análises das respostas dos estudantes para as perguntas auxiliares do segundo caso.

Categorias	Justificativa	Extratos representativos	Contagem
Identificação pelo tipo de componente	Nessa categoria estão agrupadas as respostas que utilizam como classificação os componentes das amostras	"A molécula de oxigênio é uma substância pura, pois só tem oxigênio" "Ele não respira o oxigênio que está presente na água pois não está diluído"	3 (75%)
Classificação a partir de diferentes propriedades	Nessa categoria estão agrupadas as respostas que utilizam como classificação as diferentes características e propriedades das amostras	"A molécula de água há mais elementos compostos por oxigênio e hidrogênio, e a de ar, só há oxigênio mostrando que o de água é mais elementada" "Água pura é composta somente por H ₂ O, por isto não é ideal para a sobrevivência"	3 (75%)

Fonte: elaboração própria

Na Tabela 6 foram inseridos alguns trechos retirados das definições feitas pelos estudantes através das suas próprias ideias prévias. Pode-se observar que, embora todos os grupos tivessem formulado a hipótese correta para a resolução do caso, ao responderem as demais questões, os estudantes ainda se confundiam nas definições dos termos apresentados. Esse equívoco ao caracterizar os tipos de substâncias mostra uma relação com o que é descrito por Furió e Dominguez (2007) como sendo uma concepção alternativa.

A primeira concepção alternativa que pode ser observada é originada da identificação das substâncias a partir do tipo de componente que existe nela. Em outras palavras, pode-se dizer que os estudantes utilizam a observação dos componentes da molécula para identificá-la. Para eles, quando a amostra contém apenas um tipo de componente, partícula ou átomo, ela pode ser caracterizada como uma substância. E, se a amostra contiver mais de um componente, partícula ou átomo,

pode ser caracterizada como uma mistura. Essas concepções alternativas podem ser observadas nos extratos representativos 1 e 2 da Tabela 6, nos quais os estudantes descrevem a molécula de gás oxigênio como sendo uma substância pura ao invés de uma substância simples. Segundo Furió e Dominguez (2007), essa concepção alternativa está relacionada à representação submicroscópica, pois a maioria dos estudantes considera a presença de átomos iguais para a definição de um sistema puro, ou seja, pela falta de compreensão dos conceitos macroscópicos e submicroscópicos, eles reduzem a definição de substância ao de substância simples.

Além disso, observa-se o aparecimento de outra concepção alternativa descrita por Furió e Dominguez (2007), na qual os estudantes classificam uma substância composta como sendo uma mistura. Ao serem apresentados à molécula de H_2O , alguns estudantes a classificam como sendo uma mistura, pois para eles uma molécula que contém átomos diferentes, independentemente da constituição do sistema, é classificada como sendo uma mistura. Esse fato indica que eles utilizam critérios submicroscópicos para classificação das substâncias como simples ou compostas de forma equivocada para classificar sistemas puros ou misturas de substâncias. Ao colocar no caso uma pergunta sobre oxigênio dissolvido na água, alguns estudantes não conseguem descrever esse sistema como sendo uma mistura, ou seja, para eles o oxigênio dissolvido em água ainda é o O_2 que é uma substância, mesmo depois do borbulhamento de oxigênio dentro do sistema contendo moléculas de água. Em outras palavras, para eles tudo que contiver mais de um tipo de átomo é classificado como mistura e isso causa dificuldade de compreensão da existência da substância composta. Isso pode ser observado não só nos extratos representativos, mas também nas falas dos estudantes no decorrer das aulas ministradas pela professora.

Outra concepção alternativa observada é a expressada nos extratos representativos 3 e 4 da Tabela 6. Analisando os extratos e relacionando-os com os conceitos trabalhados, pode-se dizer que os estudantes não conseguem diferenciar substância simples e substância composta. Para eles, os dois são substâncias pois apresentam um único tipo de agregado, mas não conseguem diferenciá-las ao analisar o sistema como um todo. Ou seja, ao responder as questões propostas pelo caso, pode-se observar que a maioria dos estudantes, ao fazer a diferenciação entre as moléculas de H_2O e de O_2 , não descreve O_2 como sendo uma substância simples e H_2O sendo uma substância composta. Analisando os extratos, pode-se observar que

os estudantes conseguem visualizar a diferença entre essas substâncias, mas não são capazes de dizer que tem propriedades diferentes e, por isso, recebem nomenclaturas distintas. Como descrito anteriormente, alguns estudantes classificam como sendo substância apenas aquelas que são substâncias simples, com isso, é de se esperar que eles pensem que aqueles sistemas que apresentam grupos de átomos distintos não são substâncias, mas misturas.

Esse equívoco pode estar relacionado ao fato de que os estudantes não caracterizam os conceitos pelo nível microscópico, confundindo os conceitos de substância, substância simples, substância composta e mistura. Assim, ao apresentar um sistema que contém apenas uma fase, a maioria dos estudantes o classifica como uma substância (FURIÓ; DOMINGUEZ, 2007). Ou seja, ao apresentar um sistema com apenas H_2O e um sistema com O_2 dissolvido em H_2O , os estudantes não conseguem observar diferenças visíveis nesses sistemas e, por isso, classificam esses os dois como sendo substância.

Com os trechos descritos acima, pode-se identificar empiricamente as concepções alternativas descritas por Furió e Dominguez (2007) acerca do tema substância simples e substância composta, abrangendo todos as características presentes no texto e associando com os extratos representativos das resoluções do caso.

5.2.2. Concepções dos estudantes após a Sequência Investigativa sobre Substância Simples e Substância Composta

Conforme o planejamento da UDM (Apêndice I) e com a finalidade de desenvolvimento das etapas III e IV do Ensino por Investigação (CARVALHO, 2013), os estudantes se organizaram novamente nos grupos para pesquisar as definições dos termos trabalhados em sala de aula. Essa pesquisa foi realizada com o auxílio das apostilas do sistema de ensino, além da utilização de *tablets* e *internet*. Os estudantes gastaram aproximadamente 40 minutos para realizá-la.

Seguindo as etapas do Ensino por Investigação descritas por Carvalho (2013), os estudantes precisam de um momento de verificação das hipóteses geradas por meio dos conhecimentos prévios para confirmar se elas estavam corretas ou não. Como descrito anteriormente, esse momento é importante para que os estudantes

possam ter a oportunidade de aprender com os erros e superar algumas dificuldades de aprendizagem.

Os dados coletados nessa segunda etapa da SEI foram agrupados para que fossem analisados. Para o segundo caso, as concepções pesquisadas foram divididas em hipóteses corretas e hipóteses incorretas. Nesse caso, a solução seria borbulhar oxigênio na água. O resultado da caracterização das respostas é apresentado na Tabela 7.

Tabela 7. Resultados obtidos a partir das análises das respostas após a pesquisa dos estudantes para o segundo caso.

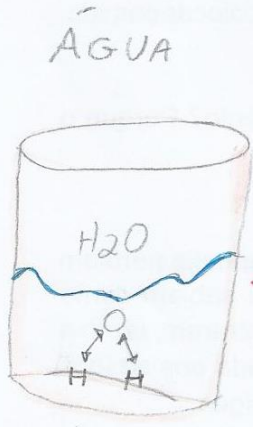
Categorias	
Hipóteses corretas	Hipóteses incorretas
100% (4)	0% (0)

Fonte: Elaboração própria

Analisando os dados da Tabela 7, observa-se que todos os grupos de estudantes continuaram respondendo corretamente à pergunta principal do segundo caso, o que demonstra que, mesmo após a pesquisa, não houve mudança na decisão sobre a alternativa correta para resolver o caso. Porém, como descrito anteriormente, a pergunta principal não mostrava totalmente a relação dos estudantes com o tema central do caso. Para estimular o desenvolvimento da aprendizagem dos estudantes sobre o tema do caso, substância simples e substância composta, havia perguntas auxiliares para que os estudantes pudessem responder e, com isso, buscar soluções científicas para o caso.

Com isso, as demais perguntas foram analisadas a fim de observar como a pesquisa impactou nas concepções dos estudantes. As respostas das perguntas auxiliares tiveram seu conteúdo analisado e sistematizados na Tabela 8.

Tabela 8. Resultados obtidos a partir das análises das respostas dos estudantes após a pesquisa para as perguntas auxiliares do segundo caso.

Termos científicos	Extratos representativos	Representação	Contagem
Sistema formado por moléculas de H_2O	“A molécula de água é uma substância composta, pois tem OXIGÊNIO e HIDROGÊNIO” “A água é uma substância composta, pois apesar de serem moléculas iguais apresentam elementos químicos diferentes”		3 (75%)
Sistema formado por moléculas de O_2	“O oxigênio é um exemplo de uma substância simples: quando são formadas por único tipo de elemento químico” “A molécula de oxigênio é uma substância simples, pois é formada por um único tipo de elemento químico”		3 (75%)

Fonte: Elaboração própria.

A Tabela 8 mostra alguns trechos retirados das definições encontradas pelos estudantes durante a pesquisa. Nesse caso, não foram separadas em categorias, pois os estudantes utilizaram a *internet* e as apostilas para realizar a pesquisa, procurando apenas as respostas para as perguntas realizadas no final do caso, sem utilização de critérios. Foram separadas apenas as respostas das perguntas que demonstravam associação com o tema principal do caso - substância simples e substância composta.

Nos extratos representativos 1 e 2 da Tabela 8 estão relacionadas as respostas encontradas pelos estudantes para caracterizar um sistema formado por moléculas de água. Comparando essas respostas com as dadas anteriormente, apenas com as ideias prévias, observa-se que a maioria dos estudantes após a pesquisa consegue identificar esse sistema como sendo constituído de uma substância composta, diferenciando-a de uma mistura. Isso anteriormente não acontecia, uma vez que para os estudantes quando um sistema apresentava mais de um componente poderia ser classificado como mistura. Nesse momento, observa-se que a concepção alternativa

descrita por Furió e Dominguez (2007), no qual os estudantes não conseguem diferenciar substância composta e mistura, não aparece mais nas respostas dos estudantes após a realização da pesquisa. Interessantemente, percebe-se que os estudantes passaram a utilizar os critérios submicroscópicos para analisar os sistemas e só assim classificá-los.

Embora a maioria dos grupos de estudantes tenha conseguido relacionar os conceitos químicos com os sistemas trabalhados em aula, um dos grupos não formulou corretamente a resposta. Na resposta desse grupo ainda existiam algumas concepções alternativas, descritas por Furió e Dominguez (2007), como pode ser visto no extrato representativo: “[...] *na composta há mais de um elemento e ocorre mistura*”. A utilização da palavra mistura pra caracterizar um sistema com moléculas de água, mostra que a mesma concepção alternativa apresentada no início do caso continua presente mesmo depois da realização da pesquisa. Os estudantes caracterizam um sistema em que há mais de um elemento químico presente como sendo uma mistura, sem levar em consideração como esses elementos estão arrançadas. Ou seja, para alguns estudantes, o fato de o sistema apresentar mais de um tipo de elemento o caracteriza como sendo uma mistura. Essa concepção é caracterizada por Araújo, Silva e Tunes (1995) como a associação acrítica da palavra mistura ao processo genérico de misturar coisas.

Os extratos representativos 3 e 4 mostram as respostas encontradas pelos estudantes para caracterizar um sistema formado por moléculas de O_2 . Observa-se nos extratos que a maioria dos estudantes classificou corretamente esse sistema após a realização da pesquisa. Ao comparar com as respostas dadas pelos estudantes na primeira etapa da SEI, utilizando apenas as concepções prévias, observa-se que os mesmos caracterizavam num primeiro momento o sistema com moléculas de O_2 como sendo uma substância, sem que houvesse uma conexão com o termo substância simples. Esses equívocos foram detalhados anteriormente e estão relacionados com as concepções alternativas descritas por Furió e Dominguez (2007).

Do mesmo modo observado para a caracterização do sistema com moléculas de H_2O , também se observou na caracterização do sistema com moléculas de O_2 . Um dos grupos de estudantes, mesmo depois da pesquisa, não formulou corretamente a caracterização para responder à pergunta do caso. Isso indica a permanência de algumas concepções alternativas, como pode ser visto no extrato representativo: “[...] *na simples não ocorre mistura*”. Em outras palavras, pode-se dizer que para esse

grupo de estudantes o fato de ter apenas um tipo de elemento integrando o sistema o caracteriza como sendo uma não mistura e, com isso, seria classificada como uma substância. Esse extrato demonstra a concepção alternativa descrita por Furió e Dominguez (2007) de que, para os estudantes, substância é sempre substância simples. Há falta de compreensão por parte dos estudantes sobre as características macroscópicas e submicroscópicas como critério para classificação de sistemas ou de substâncias químicas, fazendo-os reduzir a definição de substância ao de substância simples.

Em que pese esse caso único, esses dados indicam um avanço expressivo dos estudantes, pelo menos no que tange aos registros escritos, na diferenciação entre os conceitos de substância composta e substância simples a partir de critérios submicroscópicos.

6. Considerações Finais

A pesquisa desenvolvida teve como objetivo investigar os impactos da implementação de uma UDM, que utiliza a abordagem do Ensino por Investigação, sobre a aprendizagem do conteúdo Substância e Mistura por estudantes do 9º ano do Ensino Fundamental.

Para que isso fosse possível, foi realizada uma pesquisa-ação envolvendo a implementação de uma Unidade Didática Multiestratégica (UDM) com título *A poluição da água*. A implementação ocorreu em uma sala do Ensino Fundamental de uma escola particular do interior do Estado de São Paulo.

A metodologia de ensino escolhida para a implementação da UDM foi a de Ensino por Investigação, com a utilização de Estudo de Caso, que possibilitou aos estudantes desenvolverem hipóteses acerca do tema, explicitando uma série de concepções alternativas. Sob essas concepções se realizou problematizações que foram importantes para a construção do conhecimento químico.

A professora-pesquisadora tomou como fonte de dados as observações durante a aula, a documentação por meio de vídeo e as anotações no diário sobre a aula ministrada. Além disso, as anotações, as hipóteses levantadas e as atividades feitas pelos estudantes foram as fontes de dados utilizadas para as análises aqui realizadas.

Conforme os dados apresentados, o Ensino por Investigação proporcionou aos estudantes um momento de reflexão e autonomia na construção do conhecimento, além do interesse pelo assunto que foi totalmente contextualizado a seu cotidiano.

Durante a aplicação da primeira SEI, pode-se investigar as concepções alternativas sobre substância e mistura e, após isso, dar sequência ao processo de aprendizagem dos estudantes levando em consideração a autonomia dos mesmos pelo processo de ensino por investigação.

As primeiras hipóteses geradas pelos grupos foram para responder à pergunta principal do primeiro caso, que foi a classificação de qual água seria ideal para o peixe. Observou-se que a maioria dos grupos respondeu que a água correta seria a água pura e que apenas um grupo optou pela água potável. Com isso, observou-se que os estudantes conceituavam água pura como sendo aquela livre de resíduos, encontrada em nascentes e pura, resultando em hipóteses erradas.

Ao analisar as respostas das perguntas auxiliares respondidas pelos grupos para o primeiro caso, pôde-se separá-las em categorias em que os estudantes se baseavam para elaborar as respostas e, assim, foram analisadas suas concepções alternativas acerca do tema. O primeiro critério utilizado pelos estudantes foi o do tratamento físico-químico, no qual os estudantes utilizaram para classificação dos tipos de água apenas o tratamento que elas receberam. Assim, os estudantes utilizavam apenas critérios macroscópicos para identificar o tipo de água e, com isso, pôde-se concluir que os estudantes não conceituavam corretamente uma substância, como aquele sistema formado por unidades químicas iguais. Em outras palavras, os estudantes ao classificar a água potável levavam em consideração apenas as características visíveis e os processos realizados.

Outra concepção alternativa apresentada pelos estudantes foi observada quando os mesmos utilizavam o critério de classificação a partir de diferentes fontes, no qual analisavam apenas a fonte de obtenção do tipo de água. Assim, observou-se a concepção alternativa sobre a caracterização de uma mistura. Para os estudantes, mistura foi aquela que apresentou mais de uma fase visível, levando em consideração apenas as características macroscópicas do sistema e, com isso, eles classificaram apenas a água poluída como sendo uma mistura. Segundo os dados, a água poluída apresentava visivelmente contaminantes enquanto a água potável aparentava apenas uma fase, e isso, fez com que os estudantes a classificassem como sendo uma substância. Então, pôde-se concluir que os estudantes confundiram macroscopicamente os conceitos de substância e mistura homogênea e classificaram como misturas apenas as misturas heterogêneas, ou seja, apenas os sistemas que apresentavam mais de uma fase visível.

O último critério de classificação utilizado pelos estudantes foi o da identificação de pureza com natural. Nessa classificação, observou-se outra concepção alternativa acerca do tema, na qual os estudantes não conseguiram diferenciar substância e mistura, pois utilizavam apenas observações macroscópicas para a classificação dos tipos de água. Ou seja, para os estudantes água pura e água potável seriam a mesma coisa, pois não utilizavam critérios submicroscópicos para diferenciá-las, utilizavam apenas o termo pura associada à pureza e limpidez e não para classificar substâncias que contém em seu sistema partículas iguais e propriedades constantes. Então, concluiu-se que os estudantes se confundiram na caracterização de uma substância e uma mistura homogênea, classificando-as macroscopicamente como sendo iguais.

Na segunda etapa da UDM foi realizada uma nova SEI para abordar os conceitos de substância simples e composta. As primeiras hipóteses geradas pelos grupos foram para responder à pergunta principal do segundo caso, que foi o motivo pelo qual os peixes de aquário morrem. Nessa questão, obteve-se 100% dos grupos respondendo corretamente, mas ao analisar as demais respostas para as perguntas auxiliares observou-se o aparecimento de diversas concepções alternativas acerca do tema.

Os critérios utilizados para responder as perguntas foram separados em duas categorias. A primeira categoria foi a de identificação pelo tipo de componente, na qual os estudantes classificaram um sistema a partir dos seus componentes. Nessa categorização, observou-se que os estudantes, ao analisar uma molécula de oxigênio, a classificaram como sendo uma substância pura, pois para eles uma amostra que contém apenas um tipo de elemento químico seria uma substância. Mais uma vez utilizaram apenas critérios macroscópicos para identificar um sistema, sem levar em consideração a existência de diferentes tipos de substância. Com isso, concluiu-se que os estudantes não conseguiram conceituar corretamente uma substância simples.

Ainda sobre essa categoria, observou-se outra concepção alternativa, que foi o equívoco entre substância composta e mistura. Ao responder à pergunta sobre oxigênio dissolvido na água observou-se que os estudantes não conseguiram diferenciar a molécula de água, a molécula de oxigênio e o sistema formado por essas duas moléculas. Com isso, concluiu-se que os estudantes não levaram em consideração critérios submicroscópicos para analisar os sistemas. Então, para eles um sistema formado por elementos químicos diferentes seria sempre uma mistura, sem analisar a maneira em que esses elementos estavam arranjados na formação das unidades químicas (ou moléculas, nesse caso específico).

Outro critério utilizado pelos estudantes foi a classificação a partir de diferentes propriedades, em que utilizaram para caracterização apenas as propriedades dos sistemas. Com a utilização desse critério por parte dos estudantes, observou-se a confusão para conceituar substância simples e composta. Ao responder à pergunta do caso que pedia para diferenciar as moléculas de H_2O e de O_2 , eles classificaram os dois como sendo substâncias, apenas. Ou seja, não levaram em consideração as diferenças submicroscópicas que existiam entre esses dois sistemas, faziam apenas observações de que, existindo apenas um tipo de molécula, seria uma substância.

Não utilizaram os critérios submicroscópicos de constituição das moléculas para classificá-las em substâncias simples ou substâncias compostas.

Após a aplicação das SEIs, os estudantes avançaram em relação às suas ideias prévias expostas, apresentando concepções, pelo menos no nível da sistematização escrita, que são muito mais próximas das aceitas pela ciência. O que mostrou que a escolha pelo Ensino por Investigação e a utilização de Estudos de Casos foi consideravelmente efetiva, pois favoreceu aos estudantes momentos ativos no processo de aprendizagem. Além disso, nas demais etapas da SEI, os estudantes tiveram autonomia para procurar as respostas corretas para as perguntas feitas durante o caso e, com isso, analisar, com a mediação da professora-pesquisadora, se as hipóteses iniciais estavam corretas ou não. Essa é uma etapa da metodologia de ensino utilizada que possibilitou aos estudantes a construção do seu próprio conhecimento em função da problematização de suas ideias prévias.

Pontos importantes a serem destacados na aplicação da UDM utilizando essa metodologia de ensino são, além da autonomia do estudante, também a utilização de novas estratégias em sala de aula, o que faz com que os estudantes se sintam mais envolvidos e motivados pelo assunto trabalhado. Ao contextualizar conceitos químicos em temas cotidianos, os estudantes conseguiram observar sua aplicação no seu dia a dia. Ademais, o desenvolvimento da aula em grupos e em debates de hipóteses, além de sistematizações, fizeram com que os estudantes pudessem trocar experiências e, assim, auxiliá-los na construção do conhecimento.

Porém, algumas particularidades devem ser apontadas, como a distribuição do tempo das atividades e a utilização de materiais complementares, como pesquisas na *internet* e utilização de celulares, computadores ou *tablet*. Deve-se certificar que todos estejam em bom funcionamento para que não ocorram imprevistos em sua utilização, atrasando o desenvolvimento do planejamento realizado. Também é importante salientar sobre a importância da distribuição adequada do tempo, levando em consideração todas as etapas já previstas para a concretização das SEI.

O processo de construção e elaboração da UDM e do material complementar envolveu profunda pesquisa por parte da professora-pesquisadora acerca das etapas importantes, além das pesquisas envolvendo conhecimentos específicos sobre os conceitos trabalhados em aula. Na construção da UDM, pôde-se destacar as etapas de Análise científico-epistemológica (tema da UDM, pré-requisitos, conteúdos científicos e relação entre eles, perfil conceitual e mapa conceitual), análise didático-

pedagógica (concepções alternativas e os obstáculos epistemológicos acerca do tema), abordagem metodológica (princípios teórico-metodológicos da abordagem escolhida). Essas tarefas permitiram à professora-pesquisadora um suporte teórico e metodológico para o desenvolvimento do tema Substância e Mistura em sala de aula. Além disso, as etapas de desenvolvimento das SD, na seleção dos objetivos, estratégias didáticas e estratégias de avaliação possibilitaram uma abordagem que fosse interessante para os estudantes e que trouxesse resultados significativos no desenvolvimento do conhecimento deles.

A implementação da UDM se mostrou uma excelente escolha para abordar o tema substância e mistura, bem como a metodologia de Ensino por Investigação, pois por ser um planejamento multiestratégico, pode-se utilizar o Estudo de Caso e outras estratégias articuladas ao redor de um plano bastante estruturado e sistematizado, dando aos estudantes caminhos para a construção do conhecimento químico.

Com a realização desta pesquisa, foram levantadas algumas perspectivas futuras, como a continuidade dessa UDM para abordar conceitos como mistura homogênea e heterogênea. Além disso, a implementação da mesma UDM em ciclos reiterados em estudos longitudinais, para posteriormente análise dos impactos de suas potencialidades.

Referências

ARAÚJO, D. X.; 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.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. 1. ed. São Paulo: Edições 70, 2011, 280 p.

BEGO, A. M. A Implementação de Unidades Didáticas Multiestratégicas na Formação Inicial de Professores de Química. **Fundação Carlos Chagas**: São Paulo, v. 50, p. 55-72, Nov. 2016.

BELLAS, R. R. D.; QUEIROZ, I. R. L.; LIMA, L. R. F. C.; SILVA, J. L. P. B. O Conceito de Substância Química e Seu Ensino. **Química Nova na Escola**, v.41, n.1, p. 17-24, Fev. 2019.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular: Educação é a Base**, 2017. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_sit e.pdf. Acesso em: 20 nov. 2018

BROWN, T. L.; LEMAY, H. E.; BURSTEN, B. E. **Química, A Ciência Central**. 9.ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005. 992p

CARVALHO, A. M. P. O Ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. *In*: CARVALHO, A. M. P. **Ensino de Ciências por investigação: Condições para implementação em sala de aula**. 1ed. São Paulo: Cengage Learning, 2013, p. 1-20.

DEBOER, G. E. Historical perspectives on inquiry teaching in schools. *In*: FLICK, L. B.; LEDERMAN, N. G. **Scientific Inquiry and Nature of Science**. Netherlands: Springer, 2006. Cap. 2, p. 17-35.

FERRARINI, F. O. C. **Desenvolvimento do conhecimento prático-profissional no processo de implementação de unidades didáticas multiestratégicas para o ensino de Química no contexto da formação inicial de professores**. 2020. Tese (Doutorado em Química) – Instituto de Química, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2020.

FLICK, U. **Introdução à Pesquisa Qualitativa**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009, 405 p.

FREIRE, P. **Pedagogia do Oprimido**. 59. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2015, 255 p.

FURIÓ, C.; DOMINGUEZ, M. C. GUIASOLA, J. Diseño e Implementación de una secuencia de enseñanza para introducir los conceptos de sustancia y compuesto químico. **Enseñanza de las Ciencias**, v.30, n.1, p. 113-128, 2012.

FURIÓ, C.; DOMINGUEZ, M. C. Problemas históricos y dificultades de los estudiantes en la conceptualización de sustancia y compuesto químico. **Enseñanza de las Ciencias**, v.25, n.2, p. 241-258, 2007.

LACERDA, C. C.; CAMPOS, A. F.; MARCELINO-Jr, A. C. Abordagem dos Conceitos Mistura, 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, Maio 2012.

MILARÉ, T.; ALVES FILHO, J. P. A Química Disciplinar em Ciências do 9º ano. **Química Nova na Escola**, v.32, n.1, p. 43-52, Fev. 2010.

MOREIRA, M. A; ROSA, P. R. S. **Subsídios Metodológicos para o Professor Pesquisador**. Pesquisa em Ensino: Métodos Qualitativos e Quantitativos. 1. ed. Porto Alegre: Instituto de Física – UFRGS, 2009. 83 p.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H.; ROMANELLI, L. I. A Proposta Curricular de Química do Estado de Minas Gerais: Fundamentos e Pressupostos. **Química Nova**, v. 23, n. 2, p. 273-283, 2000.

POZO, J. I. A Aprendizagem e o Ensino de Fatos e Conceitos. *In*: COLL, C.; POZO, J. I.; SARABIA, B.; VALLS, E. **Os Conteúdos na Reforma. Ensino e Aprendizagem de Conceitos, Procedimentos e Atitudes**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998, p. 17-71.

ROCHA-FILHO, R. C.; TOLENTINO, M.; SILVA, R. R.; TUNES, E.; SOUZA, E. C. P. Ensino de Conceitos em Química. III. Sobre o Conceito de Substância. **Química Nova**, v.11, n.4, p. 417-419, 1988.

SÁ, L. P.; FRANCISCO, C. A.; QUEIROZ, S. L. Estudos de caso em Química. **Química Nova**, v.30, n.1, p. 731-739, 2007.

SÁ, L. P.; QUEIROZ, S. L. **Estudo de casos no ensino de química**. 2 ed. Campinas: Átomo, 2010. 93 p.

SANMARTÍ, N. **Didáctica de las ciencias em la educación secundaria obligatoria**. Madrid: Editorial Síntesis, 2002. 382 p.

SANTOS, W.; MÓL, G. **Química cidadã**. 2.ed. vol. 1. São Paulo: AJS, 2016, 458p. (Coleção Química Cidadã)

SÃO PAULO (Estado). Secretaria da Educação. **Currículo do Estado de São Paulo: Ciências da Natureza e Suas Tecnologias**. 1. ed. São Paulo: SEE, 2011. 152p. Disponível em: <http://www.educacao.sp.gov.br/a2sitebox/arquivos/documentos/235.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2019.

SCHNETZLER, R. P. Apontamentos Sobre a História do Ensino de Química no Brasil. *In*: SANTOS, W. L. P; MALDANER, O. A. **Ensino de Química em Foco**. 1.ed. Rio Grande do Sul: Unijuí, 2010. v. 1, cap. 2, p. 51-75.

SILVA, J. R. R. T.; AMARAL, E. M. R. Proposta de um Perfil Conceitual para Substância. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**. v.13, n.3, p.53-72, 2010.

SILVA, M. F. G.; BARBOSA, R. M. N.; AMARAL, E. M. R. **Substâncias e Misturas: Como os alunos compreendem no Ensino Fundamental**. Poços de Caldas, 2000. Disponível em: <http://www.s bq.org.br/ranteriores/23/resumos/1294-1/>. Acesso em: 28 nov. 2018.

SOUSA, F. L. S.; CARVALHO, F. L. S.; MACHADO, I. C. P. **A Importância da Iniciação de Química nas séries finais do Ensino Fundamental 9º ano: Uma experiência significativa**. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <http://www.abq.org.br/cbq/2013/trabalhos/6/2831-16968.html>. Acesso em: 28 nov. 2018.

TRIPP, D. Pesquisa – ação: uma introdução metodológica. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 443-466, Dez. 2005.

ZABALZA, M. A. **Diários de Aula**: um instrumento de pesquisa e desenvolvimento profissional. Porto Alegre: Artmed, 2004. 160 p.

ZANON, L. B.; PALHARINI, E, M. A Química no Ensino Fundamental de Ciências. **Química Nova na Escola**, n.2, p. 15-18, Nov. 1995.

Apêndices

APÊNDICE 1:

UDM – POLUIÇÃO DA ÁGUA

VERSÃO UTILIZADA NO PRIMEIRO CICLO

INSTRUMENTO PARA PLANEJAMENTO DE UNIDADE DIDÁTICA MULTIESTRATÉGICA (UDM)

(Vrs08 - Amadeu Bego - 16.nov.2017)

IDENTIFICAÇÃO DO TRABALHO	
CURSO	Programa de Mestrado Profissional em Química
INSTITUIÇÃO	Instituto de Química – Campus Araraquara
DISCIPLINA	Projeto de Pesquisa
PROFESSOR	Amadeu Moura Bego
AUTORES DA UDM (ordem alfabética)	Karina Laurindo de Mendonça
DATA E VERSÃO DA UDM	02.11.2018 – Versão III

CONTEXTO DA INTERVENÇÃO DIDÁTICO-PEDAGÓGICA	
NOME DA UNIDADE ESCOLAR	Centro Educacional Micheloni – Unidade II
ENDEREÇO COMPLETO	Rua das Magnólias, 450 – Jardim Primavera, Américo Brasiliense - SP
TELEFONE E E-MAIL	Telefone: (16) 3392-5520; E-mail: objetivoamerico@hotmail.com
CARACTERIZAÇÃO DA UNIDADE ESCOLAR	A escola possui em sua infraestrutura: as salas de aula, 1 laboratório de informática com projetor e lousa digital, 1 laboratório de Ciências, 4 banheiros, 1 sala dos professores, 1 depósito, 1 cozinha, 1 cantina, 1 pátio coberto com uma mesa de tênis de mesa e uma de pebolim, 1 biblioteca, 1 secretaria/coordenação, 1 quadra coberta, 1 piscina, 2 vestiários, 1 playground. As salas de aula possuem carteiras individuais e cadeiras acolchoadas, organizadas em fileiras, um quadro branco para pincel atômico, quatro ventiladores, uma mesa dos professores. Além disso, a escola possui uma cabine de projetor móvel. O laboratório de ciências utilizado pelos alunos do ensino fundamental e médio possui uma tabela periódica, 1 mesa central retangular, 12 banquinhos, um quadro branco para pincel atômico, uma pia simples, uma bancada lateral, quatro ventiladores, 2 estantes, poucas vidrarias e reagentes.
DISCIPLINA	Ciências (Química e Física)
ANO/TURMA	9º Ano do Ensino Fundamental II
PROFESSOR RESPONSÁVEL	Karina Laurindo de Mendonça
NÚMERO DE ESTUDANTES	15 alunos frequentes (6 sexo masculino e 9 sexo feminino)
CARACTERIZAÇÃO DOS ESTUDANTES	A escola é particular e atende alunos da própria cidade e também de cidades vizinhas, como Araraquara e Santa Lúcia. É possível observar em todos os alunos que são participativos e interessados em temas do cotidiano (ex. alimentos, jogos, novidades tecnológicas). Por outro lado, ao focar assuntos que não são do interesse deles, há muita conversa paralela. Na aplicação de exercícios, a maioria dos alunos são dedicados e desempenham as atividades propostas. São interessados em novidades que despertam conexão com o cotidiano ou atividades do interesse deles. Há 4 alunos que se destacam pelo desempenho escolar, tendo notas altas e destacando em eventos escolares.

	A maior parte dos alunos estuda na escola há anos, sendo que apenas 3 foram matriculados no ano de 2018 na escola. Entre os alunos, há um aluno que tem bolsa de estudo total por ser filho de funcionário. Alguns possuem bolsa de desconto parcial, adquirido através de prova. Dentre os 15 alunos, há 3 alunos com dislexia e um com dislexia e déficit de atenção. Todos os alunos tem entre 14 e 15 anos e há apenas um aluno com 17 anos que foi reprovado em outra série.
--	--

ANÁLISE CIENTÍFICO-EPISTEMOLÓGICA	
Conteúdo programático da UDM	- Substância e Mistura
Pré-requisitos para a UDM	- Estados de agregação da matéria; - Estados físicos da matéria e suas mudanças de fase; - Propriedades dos materiais; - Transformações da matéria;
Orientações curriculares oficiais sobre o tema	O material didático utilizado é atualizado constantemente em relação aos aspectos pedagógicos, tecnológicos, gráficos e visuais, de acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais, propiciando a formação integral do educando, com foco no desenvolvimento de suas potencialidades. No Ensino de Ciências para que os objetivos sejam alcançados, precisa-se desenvolver temas científicos que estejam vinculados ao cotidiano do aluno e que tenha valores éticos e morais envolvidos. Desse modo, as orientações curriculares permitem que isso ocorra no ensino de Ciências com a estruturação em quatro eixos, que são: Vida e Ambiente, Ciência e Tecnologia, Ser humano e Saúde e Terra e Universo, que são repetidos ao longo dos quatro anos do segundo ciclo do Ensino Fundamental. A seguir estão relacionados os temas científicos acerca do tema a ser trabalhado na UDM, contidos na apostila do professor do material didático SOME (Objetivo) Identificar, nos diferentes tipos de materiais que fazem parte da sua vida cotidiana, as substâncias que os compõem e compreender que podem originar-se de agrupamentos de átomos únicos ou diversos. Descrever e diferenciar as substâncias puras das misturas a partir da observação e análise das moléculas que as compõem. Comparar as misturas diversas, a fim de identificá-las e classificá-las pelas formas como se apresentam.
Conteúdos conceituais - Identificação dos fatos e/ou fenômenos de interesse (nível fenomenológico) - Interpretação dos fatos ou fenômenos de	Nível Fenomenológico: SUBSTÂNCIA: Considera-se substância todo material que apresenta propriedades constantes, como ponto de fusão, ponto de ebulição e densidade. SUBSTÂNCIA SIMPLES: Uma porção de material que não pode ser decomposta em outras mais simples. SUBSTÂNCIA COMPOSTA: Em reações de decomposição, como a eletrólise, observa-se que são formadas por moléculas iguais, mas apresentam elementos químicos diferentes. MISTURA: misturas são formadas por mais de uma substância e apresentam propriedades variáveis, como ponto de fusão, ponto de ebulição e densidade. MISTURA HOMOGÊNEA: quando apresentam uma única fase.

interesse (nível teórico e simbólico)

MISTURA HETEROGÊNEA: quando possuem duas ou mais fases.
(Ser Protagonista, 2014)

Nível teórico:

SUBSTÂNCIA: A maioria das formas de matéria que encontramos não são quimicamente puras. Entretanto, podemos decompor ou separar esses tipos de matéria em substâncias puras diferentes. Uma substância pura (em geral, chamada simplesmente de substância) é a matéria que tem propriedades distintas e uma composição que não varia de amostra para amostra.

SUBSTÂNCIA SIMPLES: Composta dos mesmos átomos, ou seja, mesmo elemento químico pode dar origem a uma ou várias substâncias simples.

SUBSTÂNCIA COMPOSTA: Formada por partículas complexas todas iguais, ou seja, formadas por átomos dos elementos que a constituem.

MISTURA: são combinações de duas ou mais substâncias nas quais cada uma mantém sua própria identidade química. A maioria das matérias que encontramos consiste de misturas de diferentes substâncias. Cada substância em uma mistura mantém sua própria identidade química e, conseqüentemente, suas próprias propriedades. Enquanto substâncias puras têm composições fixas, as composições das misturas podem variar.

Algumas misturas, como areia, pedra e madeira, não têm a mesma composição, propriedades e aparência por toda a mistura. Elas são heterogêneas. Misturas que são uniformes são homogêneas. O ar é uma mistura homogênea das substâncias gasosas nitrogênio, oxigênio e menores quantidades de outras substâncias.

(QUÍMICA, A CIÊNCIA CENTRAL)

Nível Simbólico:

Chamamos de substância uma porção de matéria que possua um único tipo de componente (átomos, moléculas ou componentes iônicos) e que possua as mesmas propriedades (densidade, temperatura de fusão, ebulição, entre outras) em toda sua extensão. Essas propriedades podem ser observadas nas figuras e no gráfico a seguir: H_2

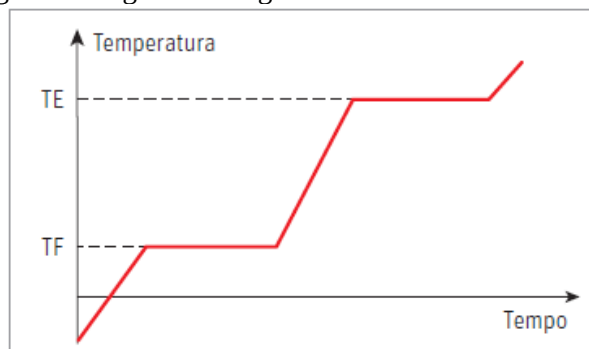


Gráfico 1: Curva de aquecimento de uma substância.

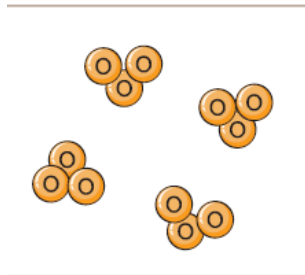


Figura 1: Exemplos de substâncias simples

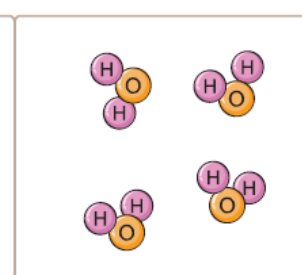
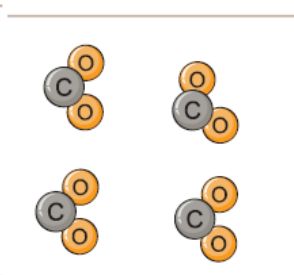
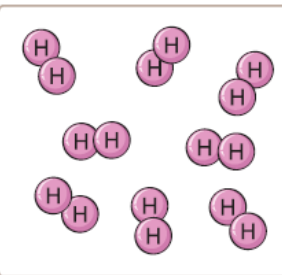


Figura 2: Exemplos de substâncias compostas

Quando duas substâncias puras se encontram, o sistema passa a ser chamado de mistura. Nas misturas, as temperaturas de fusão e de ebulição não são fixas, isto é, as mudanças de estado ocorrem em uma faixa de temperatura. Essas propriedades podem ser observadas nas figuras e no gráfico a seguir.

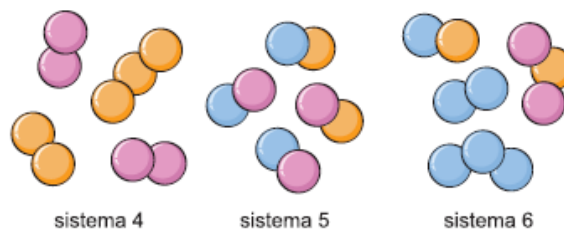


Figura 3: Exemplos de mistura

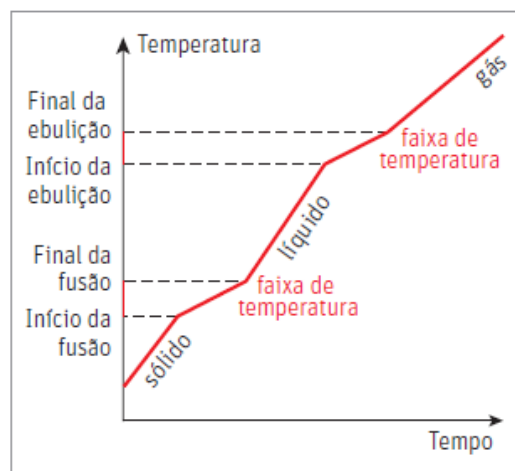


Gráfico 2: Curva de aquecimento de uma mistura.

(Ser Protagonista, 2014)
(Química Cidadã, 2013)

Perfil conceitual (conceito principal da UDM)

A partir do artigo “Proposta de um perfil conceitual para Substância” de Silva e Amaral, podemos relacionar as zonas de perfil conceitual de substância, que são:

Zona Essencialista: “Nesta zona, as propriedades e as substâncias são a essência e o motivo principal da existência ou funcionamento das coisas”.

Zona generalista: “Nesta zona, consideramos aquelas concepções em que o indivíduo generaliza o conceito, admitindo que qualquer tipo de material seja uma substância. Não há uma reflexão sobre a diversidade de substâncias que pode compor um mesmo material. As substâncias são vistas de forma ingênua e sob um ponto de vista unicamente macroscópico e concreto”.

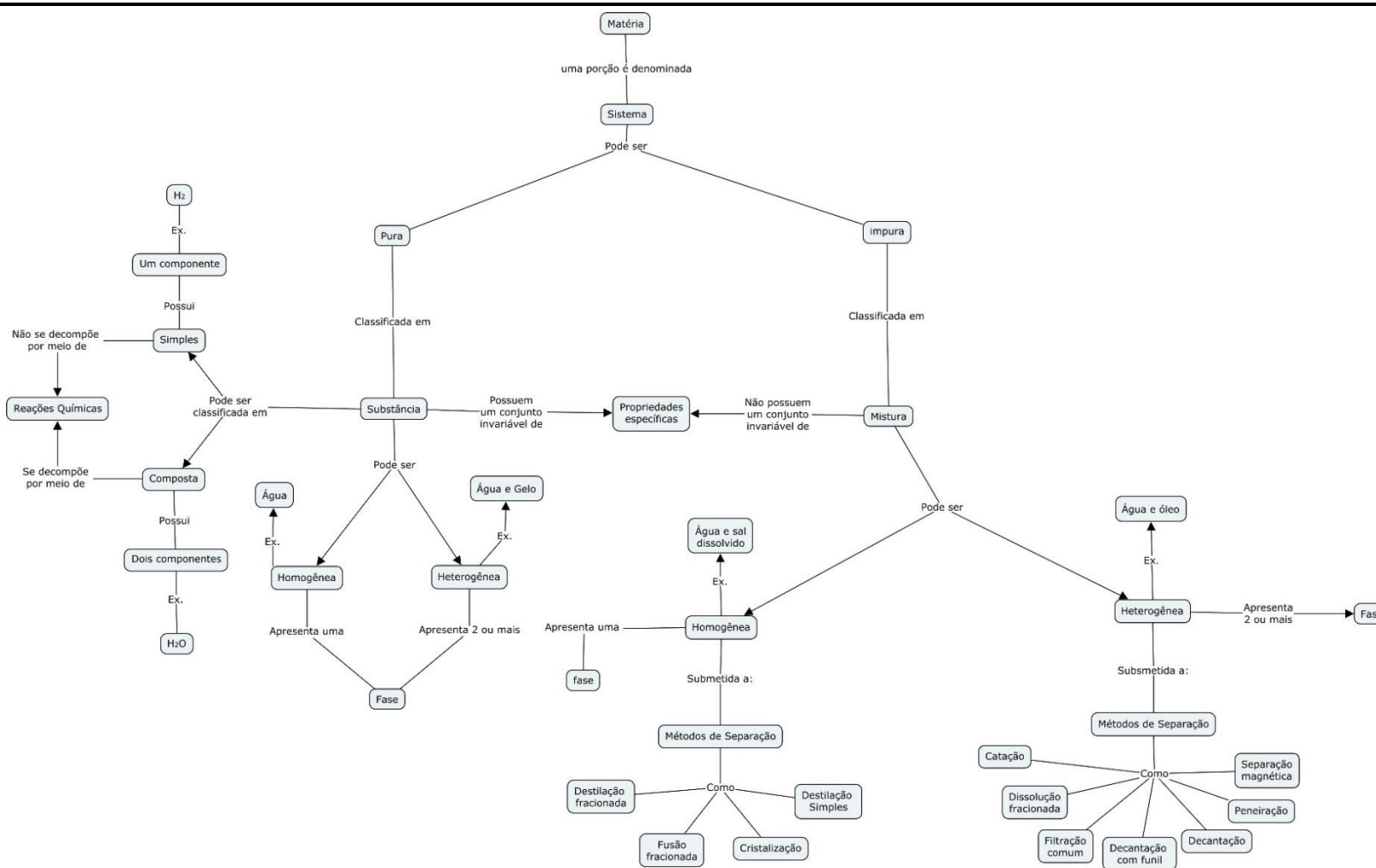
Essas ideias se assemelham com às apresentadas na zona essencialista, mas se diferem pelo aspecto ontológico, ou seja, no caso generalista os alunos assumem que a substância está presente e é a essência de tudo que existe. Já na zona generalista, os alunos vinculam ao termo substância significados semelhantes a “coisa”, “material” e “elemento”, generalizando a palavra.

Zona substancialista: “Na zona substancialista, agrupamos concepções nas quais é demonstrada certa consciência de que a matéria é composta por substâncias e estas formadas por unidades menores”. Nessa zona, os alunos associavam o termo substância às propriedades organolépticas, fazendo com que a substância seja a própria propriedade dos materiais.

Zona racionalista: “Nessa zona encontramos concepções em que o indivíduo apresenta uma conceituação quimicamente aceita de substância pura, diferencia substância elementar, composto e misturas, representa ou define as substâncias em nível microscópico e/ou pode explicá-las a partir de suas propriedades físicas e químicas”.

Zona relacionista: “Nesta zona, consideramos concepções sobre substância que tomam por base um jogo dialético das ideias presentes na zona racionalista, que são levadas a um nível mais complexo de compreensão do conceito”. Nessa zona, o termo substância não é considerado como algo particular e estático. Com as propriedades das substâncias bem definidas, o aluno consegue expressar os conceitos nessa zona.

Esquema conceitual científico sobre o objeto de estudos da UDM (mapa conceitual)



Referências

BARROSO, J. M. **Ser Protagonista: Química: Revisão: Ensino Médio**. 1.ed. São Paulo: Editora SM, 2014. 170p.
 BROWN, T. L.; LEMAY, H. E.; BURSTEN, B. E. **Química, A Ciência Central**. 9.ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005. 992p
 CATALANI, M. L.; VASCONCELOS, L. A. M. **Sistema Objetivo Apostilado de Ensino**, 2018.

	MORTIMER, E. Pressupostos epistemológicos para uma metodologia de Ensino de Química: mudança conceitual e perfil epistemológico. Química Nova. v.15, n.3, p.242-249, jul. 1992. SANTOS, W.; MÓL, G. Química cidadã. 2.ed. vol. 1. São Paulo: AJS, 2013, 458p. (Coleção Química Cidadã) SILVA, J. R. R. T.; AMARAL, E. M. R. Proposta de um Perfil Conceitual para Substância. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências. v.13, n.3, p.53-72, 2013.
--	---

ANÁLISE DIDÁTICO-PEDAGÓGICA

Concepções alternativas dos alunos sobre os conteúdos da UDM

Segundo Furió e Dominguez (2007), “na maioria dos alunos, por não ter o conceito macroscópico de substância em oposição à mistura, pensa que “todos os materiais apresentados são misturas (ou substâncias), constituídas por outras substâncias puras mais simples”. Seria, de certo modo, um modelo mental ou um modo de pensar semelhante ao paradigma aristotélico, na medida em que simplifica a complexidade da composição dos materiais existentes, declarando explicitamente que todos são misturas. Entende-se assim que o termo “substância pura” é usado, uma vez que se assume que existem, por oposição, “substâncias impuras”. A existência desse modelo também explica porque a maioria dos estudantes identifica o conceito macroscópico de substância com aquele de material que, em geral, é considerado como uma mistura ou um composto. Ou que praticamente metade dos estudantes que fizeram o mapa conceitual consideram que os compostos podem ser classificados em misturas homogêneas (dissoluções) e heterogêneas”.

Para Furió e colaboradores (2012), detectou as seguintes dificuldades nos alunos:

Não usam a definição macroscópica da substância como sendo material puro, que tem propriedades constantes. Eles geralmente associam o significado empírico da substância com o significado mais geral de material ou produto misturado.

Na representação macroscópica, eles identificam uma mistura e um composto.

Sem critérios macroscópicos em um processo, é difícil inferir se as substâncias se alteraram ou não, e impedem a distinção entre processos físicos e químicos.

Os alunos não são capazes de conceituar a substância como um sistema submicroscópico, no qual é formado por partículas iguais (átomos, moléculas ou íons). Então, neste nível, os alunos reduzem o conceito de substância sendo substância simples, formado pelo mesmo tipo de átomos.

Os professores e os livros didáticos tendem a identificar os conceitos de substância simples e elemento, reforçando a intuição mais geral de que existem apenas dois tipos de sistemas químicos: misturas ou compostos e substâncias simples ou elementos químicos.

Os itens **a** e **b** são classificados como obstáculos realistas. Já o item **d** é classificado como obstáculo substancialista e por último, os itens **c** e **e** são classificados como obstáculos verbais.

Obstáculos epistemológicos relacionados aos conteúdos da UDM

Obstáculo essencialista: podemos observa-lo quando as concepções têm significado metafísicos e filosóficos, levando em consideração apenas as aplicações na nossa vida, sem que haja suporte científico. Por exemplo, quando o aluno apresenta uma visão compatível à de Aristóteles, com os “quatro elementos”, ou quando concorda com a visão de que sem substância não havia vida.

Obstáculo generalista: esse obstáculo pode ser observado a partir de concepções que apresentam as substâncias de forma material e real. Por exemplo, quando o aluno define substância como sendo “coisa” ou objeto, ou seja, para expressar algo material. Ou o aluno generaliza, dizendo que a natureza e tudo que nos rodeia são formadas por várias substâncias. Outro exemplo muito importante, é quando o aluno confunde substância pura com a definição de substância simples.

Obstáculo substancialista: observamos esse obstáculo quando há consciência da existência de várias substâncias e que elas apresentam propriedades específicas, passando do meio não científico para o científico. Por exemplo, quando o aluno não consegue diferenciar, na caracterização das substâncias, os aspectos macroscópicos de microscópicos. Ou, quando considera como substância os processos que ocorrem com os materiais.

	Obstáculo racionalista: São observados quando a caracterização das substâncias são feitas pelas propriedades, que são consideradas determinantes para a sua classificação e identificação. Por exemplo, quando o aluno define substância a partir de sua capacidade de reagir com outras. Ou quando define substância a partir de suas propriedades físicas, químicas ou organolépticas. E, também, quando define substância a partir das suas classificações, que são: simples, composta, orgânica, inorgânica. Obstáculo relacional: é onde se tem o nível de compreensão mais complexo. Assim, a ideia de substância se desloca de um nível mais concreto para um nível de maior abstração. Por exemplo, quando o aluno demonstra a visão relacional das propriedades das substâncias, tendo consciência que elas variam com o meio.
Implicações para o ensino dos conteúdos de ensino da UDM	Reforçar a análise de um sistema como um todo; Reforçar a diferença entre a análise do sistema como um todo e apenas a substância individualmente; Reforçar, em nível microscópico, a distinção entre substância simples e composta; Diferenciar os três aspectos do conhecimento químico, o microscópico relacionado com o teórico e representacional; Evitar usar o termo substância de maneira indiscriminada; Evitar frases realistas sobre as propriedades das substâncias e misturas; Evitar usar modelos como se fossem entidades existentes; Evitar substancializar a propriedade macroscópica de substância simples, igualando ao conceito de elemento químico; Evitar utilizar o termo “composto químico” para se referir a substâncias químicas; Evitar analogias e metáforas substancialistas; Evitar o uso dos três aspectos do conhecimento químico de maneira indiscriminada; Evitar usar substâncias como sendo substância pura.
Referências	FURIÓ, C.; DOMINGUEZ, M. C. GUIASOLA, J. Diseño e Implementación de una secuencia de enseñanza para introducir los conceptos de sustancia y compuesto químico. Enseñanza de las Ciencias, v.30, n.1, p. 113-128, 2012. FURIÓ, C.; DOMINGUEZ, M. C. Problemas históricos y dificultades de los estudiantes en la conceptualización de sustancia y compuesto químico. Enseñanza de las Ciencias, v.25, n.2, p.241-258, 2007a. SILVA, J. R. R. T.; AMARAL, E. M. R. Proposta de um Perfil Conceitual para Substância. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências. v.13, n.3, p.53-72, 2013.

ABORDAGEM METODOLÓGICA

Princípios teórico-metodológicos da abordagem escolhida (teoria psicológica, teoria pedagógica, visão de ciência, função do sistema educacional e forma de condução do ensino - funções que professor e aluno desempenham no processo de ensino e aprendizagem)

A abordagem metodológica escolhida foi do tipo investigativa. Tomamos como base a obra Ensino por Investigação: condições para implementação em sala de aula, mais específico o capítulo escrito por Ana Maria Pessoa de Carvalho, que tem como título: “Ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas”. A teoria de ensino por investigação tem como base as pesquisas de Piaget e Vygotsky. As pesquisas piagetianas demonstraram a “importância de um problema para o início da construção do conhecimento”, no qual se torna um divisor de águas entre o ensino expositivo, proporcionando momentos para que o aluno possa raciocinar e construir seu próprio conhecimento. E, com isso, o professor passar ter papel de orientador.

Carvalho (2013) descreve a teoria de Piaget, mostrando o mecanismo de construção de conhecimento dos indivíduos, que se baseia na equilíbrio, desequilíbrio e reequilíbrio. Assim, o entendimento de qualquer conhecimento novo tem origem no anterior. Com isso, propondo problemas para que os alunos resolvam (desequilíbrio) é que terão condições de construir novos conhecimentos (reequilíbrio).

Na reequilíbrio deve-se levar em consideração duas condições importantes para o ensino e aprendizagem: Passagem da ação manipulativa para a ação intelectual: essa deve ser feita com a ajuda do professor, após a realização de atividades manipulativas (experimentos, textos, vídeos), levando o aluno a tomar consciência de como o problema foi resolvido e porque deu certo.

Tomada de consciência de seus atos nessas ações: Nessa etapa, o professor deve tomar consciência da importância do erro na construção de novos conhecimentos.

As pesquisas de Vygotsky, citadas por Carvalho (2013) mostram a importância da linguagem na construção do conhecimento, citando o conceito de “zona de desenvolvimento proximal” que define a distância entre:

Nível de desenvolvimento real	Nível de desenvolvimento potencial
Capacidade de resolver o problema sem ajuda	Resolução do problema sob orientação de um adulto ou colaboração com outro
Já foi consolidado pelo indivíduo e resolve problemas de forma autônoma	É uma incógnita, pois encontra-se em processo de construção

Outra teoria citada por Carvalho (2013) é a de Bachelard, que propõe que “todo conhecimento é a resposta de uma questão”. E ainda, a autora propõe que “essa questão ou este problema, para ser uma questão para os

alunos, deve estar dentro de sua cultura, sendo interessante para eles de tal modo que se envolvam na busca de uma solução e na busca desta solução deve-se permitir que exponham seus conhecimentos espontâneos sobre o assunto. ” Assim, o problema e os conhecimentos prévios dos alunos devem estar relacionados, uma vez que a partir dos conhecimentos prévios os alunos poderão construir hipóteses e testá-las para solucionar o problema.

Com base nos estudos anteriores, propõe o ensino investigativo deve ser realizado através de sequências didáticas, a fim de proporcionar ao aluno condições de trazer seus conhecimentos prévios para iniciar os novos, terem ideias próprias e poder discuti-las com seus colegas e com o professor passando do conhecimento espontâneo ao científico e adquirindo condições de entenderem conhecimentos já estruturados por gerações anteriores.

Numa SEI deve ter:

- “Inicia-se com um problema, experimental ou teórico, contextualizado, que introduz os alunos no tópico desejado e ofereça condições para que pensem e trabalhem com as variáveis relevantes do fenômeno científico central programático”;
- “Uma atividade de sistematização do conhecimento construído pelos alunos, que é praticada, preferencialmente, por meio da leitura de um texto escrito quando os alunos podem discutir, comparando o que fizeram e pensaram ao resolver o problema, com o relatado no texto”;
- “Contextualização do conhecimento no dia a dia dos alunos, pois é nesse momento que eles podem sentir a importância da aplicação do conhecimento construído do ponto de vista social”.

Para avaliar os alunos, propõe-se que ela não seja feita de forma tradicional, sendo realizada no termino de cada ciclo que compõe uma SEI.

Como desenvolver o problema?

O mais comum e o que mais envolve os alunos são os problemas experimentais, entretanto há alguns materiais perigosos que não devem ser manipulados pelos alunos, esses podem ser manipulados pelo professor, tornando-se uma demonstrativa investigativa.

O problema também pode ser proposto com base em outros meios como figuras de jornal ou internet, texto ou ideias. Essas são classificados como problemas não experimentais.

Qualquer problema escolhido deve seguir etapas visando dar oportunidades aos alunos de levantar e testar hipóteses, “passar da ação manipulativa para a intelectual estruturando seu pensamento e apresentando argumentos para serem discutidas com os colegas e o professor” (CARVALHO, 2013). Com isso, o problema e o material de apoio devem ser organizados simultaneamente, pois um dependerá do outro.

Carvalho (2013) dá coordenadas de como dever ser feito o Problema experimental, sendo elas:

- Material didático sobre o qual o problema será proposto precisa ser organizado para que os alunos possam resolvê-los sem se perder, sendo intrigante para prender a atenção e de fácil manejo para que possam chegar a uma solução sem se cansarem. Além disso, o material didático deve permitir que o aluno possa diversificar suas ações ao resolver o problema.
 - “O problema não pode ser uma questão qualquer”. Deve ser muito bem planejado para que: esteja contido na cultura social dos alunos para que eles se sintam envolvidos para a procura de soluções, onde os alunos vão expor seus conhecimentos adquiridos anteriormente. É com base nesses conhecimentos que os alunos vão levantar hipóteses e testá-las.
 - “O gerenciamento da classe e o planejamento das interações didáticas entre alunos e seus colegas e entre o professor e alunos são tão importantes quanto ao planejamento do material didático e elaboração do problema”.
Sendo assim, as ações do professor e dos alunos devem seguir as etapas seguintes:
- I. Etapa de distribuição do material experimental e proposição do problema pelo professor: onde é dividida a sala em grupos e distribui o material, propõe o problema e confere se todos entenderam o problema a ser resolvido, sem dar a solução.
 - II. Etapa de resolução do problema pelos alunos: nessa etapa o importante não é o conceito que se quer ensinar, mas as ações manipulativas que dão condições aos alunos levantar hipóteses e testá-las. É a partir das hipóteses que eles terão oportunidade de construir o conhecimento. A resolução deve ser feita em pequenos grupos e o papel do professor é verificar se os grupos entenderam o problema proposto e deixá-los trabalhar.
 - III. Etapa de sistematização dos conhecimentos elaborados nos grupos: ao término da resolução do problema, retira-se o material e organiza a sala em forma de debate. Nesta etapa o professor tem papel importante na organização do debate, fazendo perguntas para que estimule a participação dos alunos, para que tomem consciência da ação deles. É a etapa de passagem da ação manipulativa para a ação intelectual. No momento em que o professor muda o foco da pergunta, os alunos são estimulados a procurarem justificativas para os fenômenos, mostrando uma argumentação científica, que é o início do aprender a falar ciência, juntamente com a sistematização dos dados em gráficos e tabelas.

	IV. Etapa do escrever e desenhar: é a sistematização individual do conhecimento, pois a escrita se apresenta como instrumento de aprendizagem que realça a construção pessoal do conhecimento. “O diálogo e a escrita são atividades complementares, mas fundamentais nas aulas de Ciências”. Além do problema experimental temos as Demonstrações Investigativas, que são problemas experimentais realizados pelo professor, no qual as etapas para o desenvolvimento do problema são as mesmas dos problemas experimentais, mudando apenas algumas perguntas a serem feitas pelo professor, sem que haja as respostas. Vale ressaltar que a parte mais importante não é a ação manipulativa, mas sim a passagem da ação manipulativa para a ação intelectual, essa sim deve ser feita pelos alunos. Outro tipo de problema são os Problemas não experimentais, que podem ser utilizadas no início de uma SEI ou como uma atividade complementar para introduzir novos conhecimentos. Se o trabalho for feito com imagens, a organização delas deve ser feita em grupos para o levantamento de hipóteses e testá-las. As etapas de desenvolvimento intelectual dos alunos são as mesmas dos outros tipos de problemas. Esse tipo de problema pode ser utilizado para introduzir linguagens da ciência, como a leitura de tabelas e gráficos. Podem ser utilizados dados trazidos pelo professor ou obtidos pelos próprios alunos em outras aulas.
Referências	CARVALHO, A. M. P. O Ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: CARVALHO, A. M. P. Ensino de Ciências por investigação: Condições para implementação em sala de aula. 1ed. São Paulo: Cengage Learning, 2013, 1-20.

TÍTULO, OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM E SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS			
Título da UDM	A poluição da água.		
Objetivos previstos em Orientações Curriculares Oficiais	São objetivos da base nacional comum do conhecimento químico de acordo com orientações curriculares nacionais para o ensino médio: • Caracterização de substâncias por algumas de suas propriedades físicas; • Diferenciação entre substâncias e materiais; • Compreensão do conceito de temperatura de ebulição e fusão e suas relações com a pressão atmosférica, a natureza das substâncias e a presença de solutos dispersos em seu meio; • Compreensão do conceito de densidade e solubilidade e a sua dependência com a temperatura e com a natureza do material; • Reconhecimento de que as aplicações tecnológicas das substâncias e materiais estão relacionadas às suas propriedades; • Compreensão de processos de separação de materiais, como filtração, decantação e destilação; • Reconhecimento de unidades de medida usadas para diferentes grandezas, como massa, energia, tempo, volume, densidade, concentração de soluções		
Objetivo da UDM	Analisar diferentes tipos de materiais, diferenciando, por meio do estudo de caso, em substância pura, substância simples, substância composta e mistura.		
Sequência Didática	Objetivo da SD	Conteúdo Programático	Tempo Aproximado (em aulas)
Estudo de caso 1	Analisar diferentes tipos de água, diferenciando substância de mistura.	• Conceito de Sistema • Conceito de Substância e Mistura • Conceito de água potável e água pura	4 aulas
Estudo de caso 2	Analisar as substâncias, diferenciando em substância simples e composta.	• Conceito de Substância simples e composta	4 aulas

SELEÇÃO DAS ESTRATÉGIAS DIDÁTICAS E DAS ESTRATÉGIAS DE AVALIAÇÃO					
Título da SD	O peixe fora d'água				
Objetivo da SD	Analisar diferentes tipos de água, diferenciando substância de mistura.				
Estratégias de Avaliação	Resolução do caso e exercícios de aplicação				
Dia/Aula	Estratégia Didática	Conteúdos de ensino	Tempo / Descrição das Atividades / Organização da Sala de Aula	Recursos Didáticos	Materiais de Aprendizagem/ Instrumento de avaliação
06/11 aula 1 e 2	• <u>Estudo de caso</u>	• Substância e Mistura	• Separação da turma em duplas • Apresentação do caso • Leitura do caso com a sala • Geração de hipóteses pelos alunos	• Caso, lousa e pincel marcador para quadro branco	• Resolução do caso
	• Debate	• Substância e Mistura	• Organização da sala para o debate • Debate utilizando o quadro para fixar as principais ideias	• Lousa e pincel marcador para quadro branco	• Resolução do caso e sistematização
07/11 aula 1 e 4	• Pesquisa	• Substância e Mistura	• Pesquisa sobre os conceitos de substância e mistura, para entender e diferenciá-los	• Tablets	• Sistematização
	• Resolução de exercícios	• Substância e Mistura	• Sistematização individual com atividades	• Lista de Exercícios	• Exercícios de aplicação
Referências	BARROSO, J. M. Ser Protagonista : Química: Revisão: Ensino Médio. 1.ed. São Paulo: Editora SM, 2014. 170p. CATALANI, M. L.; VASCONCELOS, L. A. M. Sistema Objetivo Apostilado de Ensino, 2018. SANTOS, W.; MÓL, G. Química cidadã . 2.ed. vol. 1. São Paulo: AJS, 2013, 458p. (Coleção Química Cidadã) SÁ, L. P.; FRANCISCO, C. A.; QUEIROZ, S. L. Estudos de caso em Química. Química Nova , v.30, n.1, p. 731-739, 2007.				

SELEÇÃO DAS ESTRATÉGIAS DIDÁTICAS E DAS ESTRATÉGIAS DE AVALIAÇÃO					
Título da SD	Os peixes de aquário sempre morrem?				
Objetivo da SD	Analisar as substâncias, diferenciando em substância simples e composta.				
Estratégias de Avaliação	Resolução do caso e exercícios de aplicação				
Dia/Aula	Estratégia Didática	Conteúdos de ensino	Tempo / Descrição das Atividades / Organização da Sala de Aula	Recursos Didáticos	Materiais de Aprendizagem/ Instrumento de avaliação
13/11 aula 1 e 2	• <u>Estudo de caso</u>	• Substância simples e composta	• Separação da turma em duplas • Apresentação do caso • Leitura do caso com a sala • Geração de hipóteses pelos alunos	• Caso, lousa e pincel marcador para quadro branco	• Resolução do caso
	• Debate	• Substância simples e composta	• Organização da sala para o debate • Debate utilizando o quadro para fixar as principais ideias	• Lousa e pincel marcador para quadro branco	• Resolução do caso e sistematização
14/11 aula 1 e 4	• Pesquisa e Sistematização	• Substância simples e composta	• Leitura de textos com conceitos de substância simples e composta para entender e diferenciá-los	• Apostila do aluno	• Sistematização
	• Resolução de exercícios	• Substância simples e composta	• Sistematização individual com atividades	• Lista de Exercícios	• Exercícios de aplicação
Referências	BARROSO, J. M. Ser Protagonista : Química: Revisão: Ensino Médio. 1.ed. São Paulo: Editora SM, 2014. 170p. CATALANI, M. L.; VASCONCELOS, L. A. M. Sistema Objetivo Apostilado de Ensino, 2018. SANTOS, W.; MÓL, G. Química cidadã . 2.ed. vol. 1. São Paulo: AJS, 2013, 458p. (Coleção Química Cidadã) SÁ, L. P.; FRANCISCO, C. A.; QUEIROZ, S. L. Estudos de caso em Química. Química Nova , v.30, n.1, p. 731-739, 2007.				

APÊNDICE 2:

MATERIAIS DE APRENDIZAGEM

Caso 1: Peixe fora d'água

Os alunos da turma do 9º ano estavam eufóricos para a visita ao aquário que fariam na próxima semana. Já estavam combinando os lanches que levariam para o passeio. Nesse aquário haviam diversos tipos de peixes de água doce e salgada. Ao final do passeio, algumas espécies de peixes de água doce poderiam ser compradas para que os alunos formassem um aquário na própria casa.

No dia do passeio, os alunos foram guiados pelo aquário pelo senhor Amarildo, professor e biólogo que trabalhava no aquário há mais de 20 anos. O aquário contava com peixes de várias regiões do mundo. Mateus, um aluno sempre muito interessado e apaixonado pelo estudo da vida animal, ficou fascinado com os tamanhos e as cores vibrantes dos diferentes tipos de peixes. Com um brilho no olhar, disse para seu amigo Gabriel:

- Vamos comprar peixinhos para colocar em um aquário? Eu nunca tive um animal de estimação, porque moro em um apartamento e é muito pequeno para ter um cachorro. Um aquário de peixes é a oportunidade que eu tenho para comprar meu primeiro animalzinho de estimação. E, além disso, será muito fácil de cuidar, podemos utilizar a água daquele rio perto da escola, assim ele se sentirá “em casa”.

- Mas Mateus, não podemos utilizar essa água para o peixe, o rio está muito poluído, tem que ser uma água pura, sem poluição, lembra do que o senhor Amarildo falou? Vamos usar a água da torneira!

Mateus, angustiado e com um semblante pensativo perguntou ao amigo:

- Eu quero muito comprar um aquário com vários peixinhos coloridos para mostrar para todos meus amigos do prédio a beleza desses animais, mas só vou poder fazer isso se descobirmos qual água utilizar no aquário. O que vamos fazer?

- Tive uma ideia - disse Mateus com um olhar confiante - Vamos perguntar para nossos amigos, eles também foram ao aquário e podem nos ajudar com esse problema.

No outro dia, logo quando chegaram a escola, Mateus e Gabriel encontraram os amigos de sala e contaram o acontecido e Gabriel logo pediu ajuda:

- Amigos, estamos precisando de ajuda! Compramos peixinhos ontem no nosso passeio para montar um belo aquário na casa do Mateus, mas temos um problema: não sabemos qual água é a ideal para o peixe, só sabemos que ela deve ser uma água sem poluição.

E Mateus aflito completou:

- Precisamos da ajuda de vocês para que os peixinhos tenham um belo aquário para viver!

Vocês são esses amigos de sala de Gabriel e Mateus, e terão que ajudá-los nesse caso, para isso terão que responder as seguintes questões:

Qual será a melhor água para o peixe: deve ser colocada em água pura ou não?

Há diferenças entre água potável, água poluída e água pura?

Caso 2: Os peixes de aquário sempre morrem?

Após a resolução do problema com a água em que os peixes deveriam estar, Gabriel e Mateus conseguiram arrumar o aquário na casa do Mateus e colocaram vários peixinhos de cores diferentes em água potável. O aquário tinha uma decoração linda, com pedrinhas coloridas, algas artificiais e duas estátuas, uma era de um navio naufragado e a outra era um castelo mal-assombrado. Todos os moradores do prédio foram até o apartamento do menino para ver o aquário e ficaram maravilhados. Os peixinhos coloridos se tornaram motivo de orgulho para o Mateus e sua família.

O aquário ficou em um local do apartamento parcialmente iluminado e os meninos nunca deixavam faltar a comida especial, indicada pelo senhor Amarildo, biólogo do aquário, para aquela espécie de peixe. Mesmo com todos os cuidados e amor dos meninos, depois de alguns dias, os peixes começaram a morrer. Cada dia morria um peixinho do aquário. Mateus ficou desesperado de ver o que estava acontecendo com os peixinhos que ele tanto amava e logo ligou para seu amigo Gabriel, que foi correndo para sua casa ver a situação. E, no percurso lembrou-se de uma notícia que leu no portal G1, que tinha como título: “Falta de oxigênio em rio causa morte de peixes no AC”. Na notícia, um morador do município de Sena Madureira, no Acre, fez um vídeo de um fenômeno no Rio Caeté, no qual várias espécies de peixe aparecem mortas. Na notícia também havia um trecho de fala de um engenheiro de pesca, que dizia que a morte dos peixes podia ser causada pela falta de oxigênio dissolvido na água, o que dependendo da espécie pode causar morte por asfixia.

Chegando na casa de Mateus, ele contou sobre a reportagem, mas os dois não entenderam muito bem o que significava “oxigênio dissolvido na água”, e a primeira ideia dos meninos foram ligar para o senhor Amarildo, professor e biólogo do aquário que tinham visitado, para pedir ajuda.

- Sr. Amarildo, estamos precisando da sua ajuda! Compramos vários peixinhos e colocamos em um aquário bem equipado, como aprendemos na visita, mas depois de alguns dias os peixes começaram a morrer, um por dia, estamos desesperados, precisamos saber o que está acontecendo.

E o Sr. Amarildo responde:

- Meninos, se vocês equiparam bem o aquário e não deixaram de colocar comida, o problema só pode ser falta de oxigênio na água.

Foi quando Mateus questionou:

- Mas na água não tem dois átomos de hidrogênio e um de oxigênio? Porque o peixe não respira esse oxigênio?

E o biólogo do aquário respondeu:

- O oxigênio deve ser borbulhado na água.

Mateus e Gabriel estavam desesperados com a situação, pois a cada dia perdiam um de seus amados peixinhos. Os meninos estavam desolados e não sabiam como resolver o problema, pois não entenderam direito as respostas que encontraram, tanto a reportagem quanto a do professor do aquário. Decidiram então, pedir ajuda aos amigos de sala, novamente. Então, Mateus mandou uma mensagem para os amigos

“Amigos, precisamos da ajuda de vocês novamente. Nossos peixes estão morrendo a cada dia que passa. Já ligamos para o professor do aquário e ele disse que precisamos de oxigênio borbulhado na água para os peixes sobreviverem, mas ficamos sem entender. Vocês precisam nos ajudar!”

Vocês são esses amigos de sala de Gabriel e Mateus, e terão que ajudá-los nesse caso, para isso terão que responder as seguintes questões:

Por que que o peixe morreu? E qual é a solução pra esse problema?

Por que o peixe não respira o oxigênio presente na molécula de água?

O que significa colocar oxigênio borbulhado na água? E qual o motivo de colocá-lo na água?

Qual é a diferença entre as moléculas de água e de oxigênio? E qual é a implicação para a caracterização das substâncias?

Anexos

ANEXO 1:

MODELO DO TERMO DE CONSENTIMENTO

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

ELEMENTOS BÁSICOS DE CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	
Instituição	Instituto de Química – Unesp – <i>Campus</i> Araraquara
Pesquisador Responsável	Karina Laurindo de Mendonça
Orientador	Prof. Dr. Amadeu Moura Bego
Título do Projeto	Implementação de Unidade Didática Multiestratégica para o ensino de substância e mistura no ensino fundamental.
Objetivo	Investigar os impactos da implementação de uma UDM sobre Substância e Mistura no processo de aprendizagem de estudantes do último ano do ensino fundamental.

1. Abordagem de Pesquisa

Optou-se pela abordagem qualitativa da pesquisa, sendo do tipo pesquisa-ação. Sendo está uma forma de melhora da prática, analisando processo e produto. Serão trabalhados os assuntos previstos no currículo da disciplina de Ciências, tais como: substância, mistura e separação de misturas.

2. Direitos dos Participantes:

Os envolvidos nessa pesquisa têm o direito de receber esclarecimentos acerca da investigação desenvolvida antes ou durante o curso desse estudo seja com o Comitê de Ética e Pesquisa (CEP) da Unesp ou com o pesquisador responsável. Também possuem o direito de retirar o termo de consentimento em qualquer fase de desenvolvimento da pesquisa ou mesmo recusar sua participação sem qualquer penalização ou prejuízo ao seu cuidado.

3. Direito de Confidencialidade:

Não serão utilizadas imagens, nem áudios que identifique de alguma forma os participantes. E as informações obtidas serão analisadas e divulgadas, quando autorizadas pelos participantes, utilizando-se para isso códigos e números.

4. Acesso às Informações da Pesquisa:

É assegurado aos participantes da pesquisa o direito de serem informados sobre os resultados parciais e finais da investigação, quando em estudos abertos, ou resultados que sejam do conhecimento dos pesquisados.

5. Compromisso dos Pesquisadores:

Os pesquisadores devem utilizar os dados e os materiais coletados somente para contemplar os objetivos propostos por essa investigação.

Você está recebendo uma cópia deste termo onde consta o contato do pesquisador principal, podendo tirar suas dúvidas sobre o projeto e sua participação, agora ou a qualquer momento.

Karina Laurindo de Mendonça
 Professora – Centro Educacional Micheloni
 Aluna – ProfQui – Unesp - Araraquara
 kah_laurindo@hotmail.com

Após a leitura do exposto acima, acredito ter sido suficientemente informado a respeito da pesquisa “Implementação de Unidade Didática Multiestratégica para o ensino de substância e mistura no ensino fundamental”. Declaro para os devidos fins que entendi os objetivos, riscos e benefícios de minha participação na pesquisa e concordo em participar.

Local e data:

(nome completo e assinatura)