

## **O caso dos rabiscos das canetas: Uma abordagem para o ensino de Química**

**Leda Marques da Silva e Elisa Aguayo da Rosa**

Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava-PR, Brasil. E-mails: ledamarquesdasilva@gmail.com, elisadarosa@unicentro.br

**Resumo:** O método do Estudo de Casos se baseia na aplicação de problemas que estimulam a investigação e a aprendizagem de conceitos científicos e que tem sido usado como estratégia educacional para o desenvolvimento de aulas em disciplinas. O objetivo deste trabalho foi analisar a potencialidade de um Caso, que traz uma história real envolvendo sabão, gordura e tinta, para a aprendizagem do conteúdo interações intermoleculares. A pesquisa foi desenvolvida com estudantes do Ensino Médio, em escola de Cantagalo-PR. Através de questionamentos, simulação e a resolução do Caso, os registros discentes foram coletados e organizados de acordo com a análise de conteúdo de Bardin. As evidências de aprendizagem foram refletidas com base nos princípios da Teoria de Aprendizagem Significativa de David Ausubel. Os resultados mostraram-se satisfatórios, de modo que o Estudo de Caso demonstrou ser potencialmente significativo, já que houve indícios de aprendizagem por alguns estudantes. Outros alunos, porém, revelaram dificuldades, resultando em pouca ampliação conceitual. De modo geral, ficou declarado que os alunos precisam estar dispostos para aprender e que os professores são mediadores essenciais para auxiliá-los no estabelecimento das relações micro e macroscópicas dos fenômenos e na elaboração de explicações mais adequadas à linguagem científica própria da Química.

**Palavras chave:** interações intermoleculares, estudo de caso, aprendizagem significativa, metodologia ativa.

**Title:** The case scribbles in pens: an approach for teaching Chemistry

**Abstract:** The case study method is based on the application of problems that stimulate the investigation and learning of scientific concepts. It has been used as a strategy of development in classes and disciplines. The objective of this work was to analyze the potential of a case, which brings a real story involving soap, fat and ink, for learning the content of molecular interactions. The research was developed with high school students, in a school in Cantagalo-PR. Through questioning, simulation and resolution of the proposed case, student records were collected and organized according to Bardin's content analysis. The evidence of learning was reflected based on the principles of David Ausubel's Theory of Meaningful Learning. The results were considered satisfactory, so that the Case Study proved to be potentially significant, since there were signs of learning by some students. Other students, however, revealed difficulties, resulting in a little conceptual

expansion. In general, it was stated that students need to be willing to learn and that teachers are essential mediators to assist them in establishing micro and macroscopic relationships of phenomenon and in the elaboration of oral and written explanations that are more appropriate to the scientific language of Chemistry.

**Keywords:** intermolecular interactions, case study, meaningful learning, active methodologies

### **Introdução**

Nos documentos curriculares para formação da área das Ciências da Natureza, para o Ensino Médio, na qual a Química se faz presente, tem-se clara a necessidade de incorporar ferramentas que motivem o estudante a solucionar problemas individuais, sociais e ambientais. Os conhecimentos conceituais específicos da área devem ser a base para o desenvolvimento do pensamento científico e sua aplicação em diferentes contextos, de modo que os estudantes possam investigar e discutir situações-problema cotidianas e reelaborar os próprios saberes frente às diferentes temáticas das Ciências e suas Tecnologias (Ministério da Educação Brasil, 2018, p. 548).

Orienta-se, há tempos, sobre a inclusão no trabalho pedagógico docente de metodologias que atendam às necessidades dos estudantes para a compreensão do mundo que os cerca. Ou seja, está declarada no meio educacional a necessidade de tornar o ambiente de aprendizagem mais interessante para todos os alunos, inclusive aos que vivem uma realidade dinâmica e consideram os métodos didáticos escolares ainda pouco atrativos.

Nessa perspectiva, no presente trabalho foi aplicada uma metodologia ativa com o intuito de favorecer melhorias no ensino e na aprendizagem de Química. Deu-se destaque à resolução de problemas e aos Estudo de Casos, que de acordo com Sá e Queiroz (2010) tem a potencialidade de favorecer o estabelecimento de práticas pedagógicas voltadas ao desenvolvimento de conteúdos não somente informativos, mas também formativos. Também tem potencial para promover a contextualização e a reflexão dos alunos, por meio de questões sociais, éticas, econômicas e/ou políticas (Herreid, 1997). Logo, o objetivo deste trabalho foi analisar se os estudantes saberiam fazer uso do conteúdo interações intermoleculares para explicar um fenômeno de limpeza envolvendo sabão, gordura e tinta, deflagrado por um caso real.

Esse estudo foi amparado nos pressupostos teóricos de David Ausubel, a fim de atender o anseio de diagnosticar os conhecimentos prévios dos alunos e tentar promover uma aprendizagem mais significativa nos estudantes do Ensino Médio.

#### *Aprendizagem significativa*

A ideia central da teoria de David Ausubel é o da aprendizagem significativa, que resulta da interação entre algum conhecimento prévio,

especificamente relevante, e um novo conhecimento na estrutura cognitiva dos aprendizes (Ausubel *et al.*, 1980; Moreira, 2021).

O conhecimento prévio é, na visão de Ausubel, a variável isolada mais importante para a aprendizagem significativa e é denominado de subsunçor ou ideia-âncora. O termo vem do verbo subsumir que significa inserir-se ou ancorar-se e, nesse processo, os novos conhecimentos adquirem significado para o sujeito e os conhecimentos prévios se reestruturam adquirindo maior estabilidade cognitiva. Trata-se, assim, de um processo interativo em que ambos os conhecimentos se modificam, de modo que o novo ganha significado e o prévio fica "mais rico, mais estável e mais forte" (Moreira e Massoni, 2015, p. 31 e p.33).

Desse modo, a aprendizagem significativa é decorrente de interações não-arbitrárias ("não com qualquer ideia") e não-literais ("não ao pé da letra") de subsunçores com o novo conhecimento. Ou seja, na estrutura cognitiva dos sujeitos há uma rede de subsunçores organizados hierarquicamente e inter-relacionados (Ausubel *et. al.*, 1980; Moreira, 2011. p.13, 2021).

Ademais, para Ausubel, a forma como ocorre a interação entre o novo conhecimento e o subsunçor pode se dar por diferentes maneiras: a superordenada, a subordinada ou a combinatória. A forma mais comum de aprendizagem significativa é a subordinada que ocorre quando um novo conhecimento adquire significado por meio da ancoragem com um conhecimento prévio especificamente relevante. Porém, à medida que um novo conhecimento ou uma nova preposição, mais abrangente, passa a subordinar os conhecimentos prévios em processos de maior grau de complexidade como abstração, indução e síntese, esta passa a ser uma aprendizagem significativa superordenada. Já na chamada combinatória, a atribuição de significados a um novo conhecimento implica na interação não com um determinado subsunçor, mas sim, com vários outros conhecimentos, numa espécie de base cognitiva ou base subsunçora, ou ainda, coloquialmente como uma espécie de guarda-chuva que o indivíduo já tem (Moreira e Massoni, 2015).

Nessa dinâmica da estrutura cognitiva, à medida que um dado subsunçor vai ganhando novos significados e, sucessivamente, vai sendo captado para dar significado aos novos conhecimentos de modo cada vez mais diferenciado ocorre um processo denominado diferenciação progressiva. Entende-se que quando essa dinâmica é de maior intensidade e internalização, conseguindo por fim "eliminar diferenças aparentes, resolver inconsistências, integrar significados, fazer superordenações", procede-se a chamada reconciliação integradora ou integrativa (Ausubel *et. al.*, 1980; Moreira, 2011, p. 20 e 22).

Ainda em relação a classificação da aprendizagem significativa, pode-se distingui-la em outros três tipos: representacional, conceitual e proposicional. A representacional envolve a atribuição de significados a certos símbolos, comumente palavras, que passam a representar determinados objetos ou eventos. Já a aprendizagem conceitual está bastante relacionada à representacional, porém é de maior nível, pois está

atribuída aos conceitos. A proposicional, por fim, está associada em dar significado a novas ideias na forma de uma proposição, ou seja, "é aprender o significado que está além da soma dos significados das palavras ou conceitos que compõem a proposição" (Moreira, 2015, p.165).

Por outro lado, nem sempre a aprendizagem é significativa. Quando há pouca ou nenhuma interação dos subsunçores com o novo conhecimento, ou seja, quando não existem subsunçores relevantes, reconhece-se que a aprendizagem é mecânica. Há de se ressaltar que, no entanto, isso não se configura em uma dicotomia, mas sim de um contínuo. Conforme explica Moreira (2011), existe uma zona intermediária entre a aprendizagem mecânica e a significativa, denominada zona cinza, onde sugere-se que grande parte da aprendizagem ocorre. Obviamente, a aprendizagem surgirá significativa apenas se atender a existência de subsunçores adequados, da predisposição do aluno para aprender e de material didático potencialmente significativo. Como vantagem, a aprendizagem significativa se supera em compreensão e capacidade de extrapolar os significados para novas situações, ao passo que na aprendizagem mecânica isso não se dá.

Além disso, Ausubel reconhece que pode haver um esquecimento residual da aprendizagem significativa, em um processo nomeado de obliteração ou assimilação obliteradora. Trata-se de um processo natural de anulação ou ausência do funcionamento cognitivo ou de perder a dissociabilidade dos novos conhecimentos com os subsunçores, quando estes não são usados com frequência. Portanto, é visto como uma perda de discriminabilidade, de diferenciação de significados e não um esquecimento total (Moreira, 2011).

Ademais, diferentemente do esquecimento, vale a pena comentar que os estudantes podem não dispor de subsunçores adequados para estabelecer pontes com os novos conhecimentos. Para preencher essas lacunas do conhecimento, Farias, Aguiar e Cristo (2015) enfatizam que o professor pode trazer à presença do educando elementos disparadores que facilitem a comunicação entre o que o aluno sabe e o que deveria saber. Ausubel chama esses recursos instrucionais para suprir a deficiência de subsunçores de organizadores prévios, e que segundo Moreira (2011, p.30) pode ser "um enunciado, uma pergunta, uma situação-problema, uma demonstração, um filme, uma leitura introdutória, uma simulação". Uma condição que deve ser atendida, no entanto, é que o organizador seja mais abrangente, geral e inclusivo, e em um nível mais alto de abstração, do que o material de aprendizagem usual.

Tendo em vista o exposto, compreende-se que na busca de promover a aprendizagem significativa é importante que o docente estabeleça uma prática pedagógica mais dinâmica e que incorpore recursos didáticos que auxiliem os estudantes a estabelecer pontes cognitivas e fazer mais relação com o conteúdo científico. Para esse trabalho, o Estudo de Caso foi o recurso didático selecionado para tal fim.

#### *Estudo de casos*

Segundo Sá e Queiroz (2010) o método conhecido como Estudo de Casos, ou simplesmente Casos, é uma variação da (PBL) Problem-Based

Learning ou Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP), que surgiu na década de 60, na Universidade de McMaster, em Ontário no Canadá. Baseado na aproximação dos alunos com problemas reais visa a promoção da aprendizagem de conceitos científicos, a formação do pensamento crítico e a habilidade na resolução de problemas. Também está centrado no aprendizado autodirigido do estudante, que passa a ser o principal responsável por seu aprendizado (Santos e Landim, 2022).

Esclarece-se que, no contexto da prática, existe variação entre o método de Estudo de Casos e o PBL propriamente dito, conforme explica Queiroz (2015):

Na sua concepção original, o método PBL assume a aplicação junto aos alunos de problemas durante todo o período de um curso universitário. A aplicação do método de Estudo de Casos, por outro lado, se baseia na aplicação de problemas, no formato de casos investigativos, que pode ocorrer no contexto de uma disciplina, de forma isolada (Queiroz, p.8, 2015).

Sá e Queiroz (2010) ainda explicam que os Casos são considerados narrativas sobre dilemas vivenciados por pessoas que necessitam tomar decisões a respeito de determinados assuntos. É um método que oferece a oportunidade do aluno direcionar sua própria aprendizagem, investigando aspectos científicos e sócio científicos presentes em situações reais ou simuladas de complexidade variável.

Analogamente, Broietti, Almeida e Silva (2012) enfatizam que o método promove a familiarização dos alunos com os personagens e as circunstâncias mencionadas no Caso com o intuito de motivar a busca por soluções. Também permite relacionar o conteúdo específico ao seu contexto de forma problemática e investigativa, além de estimular o desenvolvimento de habilidades importantes como já mencionado (Reis e Faria, 2015).

Para além disso, Queiroz (2015) reflete que os Casos exigem do professor a participação ativa, domínio do assunto abordado para as possíveis problematizações e posterior dedicação na análise e avaliação dos resultados. Compete a ele, ainda, auxiliar os estudantes na definição do problema, considerando as possíveis soluções e incentivando reflexões e discussões e/ou problematizações diante das decisões tomadas (Sá e Queiroz, 2010).

As estratégias baseadas na utilização dos Casos são bastante variadas e disponíveis em diferentes formatos, tais como aula expositiva, discussão, atividades em pequenos grupos, caso dirigido, entre outros. Também são encontrados na literatura diferentes formas de realizar a problematização dos Casos, que comumente envolvem etapas, estágios, fases ou passos. (Herreid, 1994 *apud* Sá e Queiroz, 2010), (Herreid, 2004), (Tärnvik, 2002 *apud* Sá e Queiroz, 2010) (Cliff e Curtin, 2000 *apud* Sá e Queiroz, 2010), Queiroz (2015), Souza (2011), (Mills, 2010 *apud* Souza, 2011).

Estudos dedicados a esta metodologia, como o de Herreid (1997), sugerem que os Casos devem trazer ao estudante reflexão, ser contextualizados com o meio e problematizados com questões sociais,

éticas, econômicas e políticas. Ainda segundo Herreid (1997), um bom Caso deve ter utilidade pedagógica, despertar o interesse, ser curto, criar empatia com os personagens, narrar uma história e incluir citações. Sá e Queiroz (2010) ainda orientam que para elaborar um Caso é adequado escolher o assunto principal a ser destacado, listar todos os conceitos, habilidades e atitudes pretendidos, elencar os possíveis personagens do Caso e também uma série de questões para a discussão em sala de aula.

Sá e Queiroz (2010) acrescentam ainda que para a utilização de estratégias de ensino pautadas nesse método é necessário que o professor tenha acesso a Casos prontos ou que ele mesmo os produza. Para essa última situação sugerem como fontes de inspiração artigos de divulgação científica, de pesquisa ou filmes comerciais.

### *Interações intermoleculares*

O conceito de interações intermoleculares é importante para a Química, pois permite a compreensão de propriedades fundamentais das substâncias, como pontos de fusão e ebulição, solubilidade, certas separações de misturas, entre outras.

Nos livros didáticos de Química, para o Ensino Médio, normalmente esse conteúdo é contemplado ao final da sequência: ligações químicas, polaridade de ligações, estrutura molecular, polaridade das moléculas e propriedades, de acordo com Santos *et al* (2016), Fonseca (2010), Peruzzo e Canto (2010). Nas questões ou nos problemas propostos nos livros é comum a solicitação da denominação das interações existentes entre certas moléculas e da explicação sobre as diferenças de pontos de ebulição das substâncias. O mesmo tipo de abordagem é recorrente em provas do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) e dos vestibulares. Normalmente, essas questões são objetivas ou discursivas, de resposta breve e que muitas vezes carregam temáticas reais como o derramamento de petróleo, a adulteração de combustíveis, bem como o tratamento e separação de resíduos.

Alguns estudos na área de Ensino de Química, como o de Santos e colaboradores (2000) apontam que as interações intermoleculares podem ser amplamente discutidas utilizando-se os conhecimentos sobre temas do cotidiano. Seribelli (2019), por sua vez, constata que a compreensão do aluno sobre esse conceito melhora a partir da experimentação. Já em trabalho de Junqueira e Maximiano (2020) reforça-se que conhecer como se dão as interações moleculares é importante para a compreensão de diversos fenômenos como solubilidade, volatilidade, ponto de fusão e ponto de ebulição, entre outras. Acrescentam ainda que muitas vezes os estudantes, no que se refere à solubilidade, não relacionam o fenômeno à polaridade das moléculas. Os autores apresentam uma crítica à forma como a solubilidade e as interações intermoleculares têm sido abordadas nos materiais didáticos e nas aulas, sugerindo que se deveriam estabelecer relações mais significativas entre os conceitos envolvidos. Também comentam que o professor deve procurar selecionar bons exemplos e processos que ilustrem as relações mais importantes entre os diferentes conceitos envolvidos.

Adicionalmente, práticas docentes que auxiliam os alunos a transitarem entre os diferentes níveis de conhecimento químico também surgem relevantes nesse cenário. Segundo Johnstone (2010) ou Melo e Silva (2019) esses níveis são: (a) o macroscópico e o tangível, que trata do que poder ser observado e é perceptível; (b) o sub-microscópico, de natureza atômico-molecular e, portanto, invisível e (c) o representacional, caracterizado por símbolos, fórmulas e manipulação matemática.

Em suma, neste trabalho buscou-se evidências de aprendizagem significativa do conteúdo interações intermoleculares, em especial com foco nos conceitos da polaridade e solubilidade, por meio do Caso intitulado "Os Rabiscos das Canetas".

### **Metodologia**

O presente estudo faz parte de uma pesquisa desenvolvida no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática -PPGEN da Universidade Estadual do Centro-Oeste - UNICENTRO, em Guarapuava - PR, Brasil. A pesquisa teve aprovação no Comitê de Ética em Pesquisa, de número 39733820.8.0000.0106, aprovado em 26 de setembro de 2021.

A natureza da pesquisa foi de caráter qualitativo que, de acordo com Pádua (1997), é aquela que se preocupa com o significado dos fenômenos e processo sociais e que leva em consideração as motivações, crenças, valores e/ou representações sociais que permeiam a rede de relações sociais.

Os participantes da pesquisa foram 18 alunos do terceiro ano do Ensino Médio do Colégio Estadual Professora Elenir Linke – EFM, no município de Cantagalo, Estado do Paraná, Brasil. A professora da disciplina de Química era a pesquisadora principal deste trabalho.

Assim, durante o mês de outubro de 2021 foi implementada nessa disciplina uma sequência didática que contemplou o método de Estudo de Casos para abordar o conceito de interações intermoleculares.

Esclarece-se que para o desenvolvimento desse material foram elencados quais conteúdos da Química eram necessários tratar e, também, produzidas algumas questões para diagnóstico dos conhecimentos prévios dos alunos, bem como atividades e recursos de mediação que nortearam os conceitos presentes no Caso.

Destaca-se, ainda, especificamente quanto à produção do Caso, que foram seguidas principalmente as ideias apresentadas por Sá e Queiroz (2010), que propõem a contextualização como um dos quesitos necessários para a elaboração de um bom Caso. Considerando essa premissa, a inspiração para o desenvolvimento do Caso resultou do compartilhamento de uma história que uma aluna tinha vivenciado com a filha (Quadro 1). Foram acrescentadas na narrativa personagens e diálogos para criar empatia e despertar o interesse dos alunos e, dessa forma, considerou-se que essa situação real viabilizaria a aprendizagem das interações intermoleculares.

No esquema a seguir (Figura 1) é possível observar os módulos e etapas que compuseram a sequência didática, na íntegra da pesquisa, porém cabe ressaltar que no presente trabalho serão abordadas apenas algumas etapas que compõem o Módulo 2.

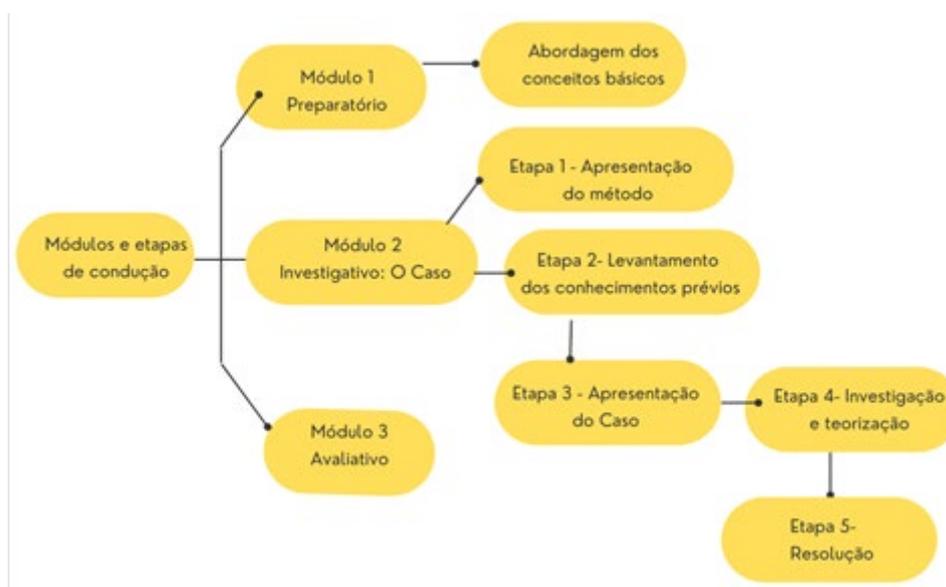


Figura 1 – Composição dos módulos e etapas de condução.

Reitera-se que as informações referentes aos demais módulos estão disponíveis no material que deu origem ao presente artigo, uma dissertação e um produto educacional, que se encontram disponíveis no *site* do PPGEN (<http://tede.unicentro.br:8080/jspui/handle/jspui/1958>).

### *Sobre a condução do Módulo 2 – Investigativo*

#### *1ª Etapa – Apresentação do método*

Na primeira etapa deste módulo fez-se uma breve apresentação para os alunos sobre a metodologia do Estudo de Casos, suas características, objetivos e possíveis contribuições para a aprendizagem dos estudantes, a fim de motivá-los a aprender e investigar.

Na sequência, os 18 alunos (A) foram organizados em quatro grupos, dos quais dois eram formados por cinco alunos e, os outros dois, por quatro. Aos grupos foram disponibilizados cadernos de anotações com as cores azul (A1-A4), preto (A5-A9), verde (A10-13) e vermelho (A14-18), que no decorrer do texto serão utilizados como referência a esses estudantes. Organizou-se também um grupo no aplicativo *WhatsApp* com todos os participantes, especificamente para o compartilhamento de informações, postagem de áudios e outras interações relacionadas à pesquisa.

#### *2ª Etapa – Levantamento dos conhecimentos prévios*

Seguindo o roteiro do módulo Investigativo, os estudantes foram convidados a responder um questionário, composto por quatro perguntas, para diagnóstico de seus conhecimentos prévios. Afinal, na visão de Ausubel, o que o aprendiz já conhece é o fato isolado mais importante para

a aprendizagem significativa (Ausubel *et al*, 1980). Apenas duas das questões serão apresentadas nesse trabalho, de modo que uma trata do conceito dissolver e a outra é sobre a remoção de sujeiras com sabão. Ambos os assuntos permeavam o Caso, que os alunos estariam por conhecer. As questões eram:

Questão 1 - O que significa dissolver?

Questão 2 - Como explicar por que o sabão limpa? (foi solicitado aos alunos que pensassem na gordura como a "sujeira" da questão)

Para cada uma das questões, os grupos gravaram um áudio sobre as explicações e também fizeram sínteses das respostas, por escrito, no caderno de anotações.

### *3ª Etapa – Apresentação do Caso*

Nesta etapa, o professor disponibilizou o Caso para a leitura dos alunos (Quadro 1).

### *4ª Etapa – Investigação e Teorização*

Inicialmente a professora orientou os grupos para que fizessem uma discussão e levantassem quais seriam as compreensões necessárias para a resolução do Caso.

Diante da possibilidade de encontrar certa resistência dos estudantes com a utilização de uma metodologia diferenciada, retomou-se as ideias de Moreira (2011) de aliar as metodologias tradicionais às novas propostas de construir o conhecimento. Assim, essa etapa se desenvolveu por meio de atividades diversificadas que, de modo geral, deram ênfase a polaridade, a dissolução, a formação de micelas e as interações intermoleculares, a fim de dar suporte conceitual para os alunos resolverem o Caso. Informa-se, ainda, que não houve a pretensão de exigir dos alunos os nomes das interações como dipolo-dipolo, interação de hidrogênio, outras.

Nessa perspectiva, resumidamente, uma das atividades desenvolvidas nessa etapa foi a de pesquisa, que teve intuito de relembrar ou acrescentar conceitos. Assim, os estudantes receberam diferentes temáticas (margarina, sabão, tintas), por meio de perguntas, que após investigadas foram socializadas com as demais equipes e, posteriormente, organizadas e resumidas nos cadernos de anotações.

Outra ação implementada foi a modelagem molecular, de modo que os alunos utilizaram massa de modelar e palitos de madeira para construir moléculas oriundas das temáticas acima mencionadas. Ao término da construção das moléculas foram discutidos aspectos sobre as ligações químicas, as interações intermoleculares, a polaridade e a geometria molecular. Também foram sugeridos e disponibilizados vídeos aos estudantes, sobre esses conteúdos, para auxiliá-los no resgate e compreensão da atividade.

### O CASO DOS RABISCOS DAS CANETAS

Crianças têm muita imaginação e criatividade, mas precisam estar sob constante atendimento e cuidados de um adulto responsável. Normalmente elas gostam de desenhar, pintar e soltar a imaginação.

Na turma do 3º ano do Ensino Médio estuda a Adriana. Ela foi mãe muito cedo e tem uma filhinha de 3 anos. Durante a aula de Química, ela interrompeu a professora e contou que no dia anterior a sua pequena Gabriela tinha encontrado seu estojo de canetas e se rabiscado toda:

- Professora, achei ela bem escondida no cantinho atrás do sofá, ela tinha riscado as pernas, os braços e duas bonecas.

A professora achou muito engraçado. Adriana continuou:

- Temos uma vizinha, a Maria, ela é muito amiga da minha mãe e vive pesquisando truques na *internet*. Sempre ensina minha mãe como tirar manchas de tinta, de bolor, de gordura e como deixar as roupas mais brancas, usando álcool, vinagre, bicarbonato de sódio, pasta de dente, laquê de cabelo ou acetona. Ela sabe dar dicas sobre tudo.

A menina continuou:

- Para minha sorte, ela chegou lá bem na hora que encontrei a Gabriela e me ensinou um truque ótimo.

A professora quis saber qual foi a dica da vizinha para tirar os rabiscos de caneta:

- Conte-me, então, Adriana! Você conseguiu limpar?

A aluna contou para a professora:

- Eu fiz como ela falou, primeiro limpei ela com margarina e depois dei um banho lavando com bastante sabão.

A professora olhava atentamente, ouvindo a história toda.

- Acredita que saiu tudo, professora?

Quando a professora percebeu, todos estavam prestando atenção em sua conversa com Adriana. Ela aproveitou para saber se os alunos lembravam do conteúdo que já tinham aprendido, quando ainda estavam no 1º ano. Foi uma decepção:

- Alguém consegue explicar por que a vizinha da Adriana sugeriu que ela limpasse a Gabriela com margarina e depois lavasse com sabão?

Os alunos ficaram todos calados e olhavam para a professora, mas a resposta não surgiu. Diante da situação a professora propôs:

- Então, teremos que entender esse caso! Vocês devem pesquisar e elaborar a explicação, para ser apresentada e discutida em sala.

Vocês são esses alunos, colegas de Adriana! Elaborem a resposta!

Quadro 1 – Apresentação do Caso intitulado “O caso dos rabiscos das canetas”.

Os grupos realizaram, ainda, a atividade experimental “Produção de Sabão Caseiro”. Foram reproduzidas as receitas que os estudantes trouxeram como sugestão, sendo que muitas delas eram utilizadas por membros da família. Em seguida, todos receberam questões para discussão, que articulavam aspectos ambientais, as reações envolvidas na produção do sabão, entre outros contextos, de maneira que foi surgindo a necessidade de falar sobre polaridade e outros conceitos.

A última prática e que terá destaque nesse trabalho tratou-se de uma simulação. Com a colaboração de alunos voluntários houve a recriação da situação apresentada no Caso, de modo que os rabiscos de caneta e as

etapas de limpeza foram reproduzidas na pele. O mesmo processo foi aplicado em uma boneca. Ao finalizarem as simulações, os alunos deveriam responder como poderiam ser caracterizadas “as sujeiras” causadas pelas canetas, em termos de estrutura e polaridade. Também deveriam produzir uma ilustração que representasse a explicação da limpeza. A solicitação dessa ilustração teve o intuito de motivar os alunos a explicarem o processo de limpeza de outra forma, para além da escrita e do áudio, e para provocá-los a buscar as representações das estruturas e interações moleculares, e até das micelas.

#### *5ª Etapa – Resolução do Caso*

Nessa etapa, por fim, os grupos de alunos deveriam elaborar por escrito uma resposta para o Caso.

#### *Tratamento dos dados*

As informações coletadas nessa pesquisa foram categorizadas segundo o método da análise de conteúdo de Bardin (2020). A análise prevê uma organização em três etapas cronológicas: a pré-análise, a exploração do material e o tratamento dos resultados (a inferência, a interpretação). A autora ainda destaca que o tratamento do material é entendido como uma codificação em três componentes: um recorte (escolha de unidades), a enumeração (escolha de regras de contagem) e a classificação e agregação (escolha de categorias).

Esclarece-se que, para as respostas provenientes das duas questões que compunham o levantamento das ideias prévias (*2ª Etapa*), as categorias foram buscadas nos registros dos alunos (textos e áudios); enquanto que para a análise das respostas oriundas da resolução do Caso, as categorias já foram estabelecidas *a priori*: “explicação simples” e “explicação com mais relações”.

As evidências de aprendizagem foram pautadas nos princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, considerando principalmente a presença e tipo de subsunçores (mais ou menos elaborados) e a ampliação, ou não, das interações/pontes conceituais (relações entre os conceitos; relação macroscópica e microscópica, exemplos fornecidos).

As impressões observadas e/ou registradas em diário de bordo também foram aproveitadas para compor alguns trechos das descrições que se seguem.

### **Resultados e discussões**

Sobre a Etapa 1 do Módulo Investigativo, referente à apresentação do método de ensino, comenta-se que os alunos se mostraram interessados pelo fato de ser uma metodologia já usada por alguns professores no Ensino Médio e em cursos de graduação e, assim, a maioria dos estudantes se envolveu prontamente.

Para a Etapa 2, reforça-se que os alunos foram identificados por cores de grupos e letras, e que as respostas dos alunos, tanto as escritas (caderno

de anotações) como as gravadas (áudio-*WhatsApp*), foram transcritas, literalmente, pela pesquisadora. Alguns trechos das conversações no grupo, e/ou do escrito pelos alunos, estão dispostos ao longo das discussões que se seguem.

### *Conhecimentos prévios*

Para a primeira questão foi solicitado que os estudantes explicassem o significado da palavra dissolver com a intenção de que surgisse algo próximo ao encontrado nos materiais didáticos da área, uma vez que em ano escolar anterior já tinham tido contato com esse conteúdo. De acordo com Atkins (2012, p.F52) por exemplo, ao usarmos o termo dissolver, nos referimos ao processo de produzir uma solução, compreendendo que o componente em maior quantidade, o solvente, dissolve as substâncias chamadas de solutos, podendo destacar o papel de uma das substâncias em relação às outras dizendo "dissolvidas em". Nesse contexto, esperava-se referência ao soluto, ao solvente e a formação de uma solução. Destaca-se abaixo um exemplo de diálogo, em áudio, do grupo azul sobre o que é dissolver:

A1: - "Quando uma partícula se solta, desgruda, se separa, se desintegra uma das outras".

A4: - "Mas vai formar outra, né?"

A1: - "Não, quando ela se desintegra significa que ela diminui até sumir".

A4: - "Oh, quando uma partícula se desintegra uma das outras se separa, na água a gente pode colocar sabão em pó como exemplo".

A3: - "Da mesma maneira... uma substância conhecida como H<sub>2</sub>O".

A1: - "Vamos achar outra palavra".

Da análise desse diálogo e das explicações dos outros grupos, emergiram as seguintes categorias, sobre o significado de dissolver, apresentadas no Quadro 2.

Resumindo, foi identificado que de certa forma todos os grupos puderam dar algum significado para dissolver, mesmo sem atribuição aos termos soluto e solvente. Houve os que explicaram o conceito apresentando exemplos de substâncias que ao entrarem em contato com a água se dissolviam (categoria contato), como sabão em pó e açúcar, e os que trouxeram para a explicação o termo solução (categoria solução).

Porém, alguns alunos apontaram que dissolver está associado à separação das substâncias (desgrudar, soltar), ou ainda, a desintegrar, derreter ou diluir, conforme as demais categorias do Quadro 2. Também surgiu a ideia da formação de outras substâncias, ou seja, de um produto, sugerindo o entendimento da ocorrência de uma reação no processo de dissolução. Compreende-se que tais termos não devem estar associados à dissolução, uma vez que desintegrar está relacionado ao fenômeno decorrente das emissões de átomos que apresentam instabilidade nuclear, enquanto derreter se refere às mudanças de estado físico denominado fusão. Diluir, por sua vez, refere-se ao ato de adicionar mais solvente à

solução para diminuir a concentração. Ademais, o processo da dissolução está associado às interações moleculares e não às transformações químicas para formação de novas ligações.

<b>Categoria</b>	<b>Descrição da categoria</b>
Separação	Utilização de palavras que sugerem separação entre substâncias no ato de dissolver (separar, desgrudar, soltar)
Desaparecimento	Utilização do termo desintegrar ou degradar ou derreter ou diluir ou dissipar ou desmanchar como sinônimo de dissolver.
Reação	Associação do dissolver com a formação de um produto.
Contato	Dissolver é entrar em contato com outra substância (água), soluto-solvente.
Solução	Menção ao sistema solução.

Quadro 2 – Categorias que emergiram nas respostas dos alunos sobre o significado de dissolver.

Dessas constatações iniciais pode-se inferir que está disponível na estrutura cognitiva dos alunos um conhecimento específico, ideia ou uma proposição, indicando a presença de subsunçores de maior ou menor estabilidade ou, da mesma forma, mais ou menos elaborado. No entanto, vale lembrar que a atribuição de significado a novos conhecimentos vai depender da existência de conhecimentos prévios especificamente relevantes, e da interação com eles (Moreira, 2011, p.14). Ou seja, apenas o conhecimento prévio mais relevante é que permitirá a interação cognitiva com novo conhecimento. Trata-se, inclusive, de um processo dinâmico e progressivo, através do qual um dado subsunçor “vai adquirindo novos significados, vai ficando mais rico, mais refinado e mais capaz de servir de ancoradouro para novas aprendizagens significativas” (Moreira, 2011, p.20).

Ainda foi importante detectar que os estudantes parecem ter se apossado dos sinônimos da palavra dissolver, pois fizeram uso dos termos sem muita reflexão da sua apropriação no âmbito da Química. Adicionalmente, nos cadernos de anotações dos alunos, foi notada a elevada dificuldade para elaborar uma explicação, evidenciando que também não conseguem organizar e dar clareza ao que escrevem.

Na literatura existem discussões que apontam para as mesmas evidências em torno da aprendizagem dos fenômenos da dissolução, como o fato de os estudantes confundirem termos, entenderem que a dissolução vem acompanhada de reação química, que o processo é de diluição e/ou enfatizam aspectos perceptíveis a vida cotidiana tendo dificuldades de extrapolar para o nível microscópico (Carmo, 2005; Ferreira, 2015).

Considerando esses aspectos é importante que o professor fique atento às concepções dos estudantes e de como eles tecem explicações, de modo

que possa criar oportunidades para debater as diferenças entre os termos, destacando o contexto científico.

Na segunda questão para diagnóstico dos conhecimentos prévios dos alunos, que envolveu a compreensão da ação de limpeza dos sabões em gordura, era esperada uma explicação próxima à descrita por Atkins (2012, p. 346):

A ação de limpeza dos sabões e detergentes é uma consequência da regra "igual dissolve igual". Os sabões são os sais de sódio de ácidos carboxílicos de cadeia longa, incluindo o estearato de sódio. Os ânions desses ácidos têm um grupo carboxilato polar ( $-CO_2^-$ ), que chamamos de cabeça, na extremidade de uma cadeia de hidrocarboneto apolar. A cabeça é hidrofílica, isto é, atrai a água, enquanto a "cauda", a extremidade apolar do hidrocarboneto, é hidrofóbica, ou seja, repele a água. Como a cabeça hidrofílica do ânion tem a tendência de se dissolver em água e a cauda hidrofóbica de se dissolver em gordura, o sabão é muito efetivo na remoção da gordura. As caudas de hidrocarboneto penetram na gota de gordura até a cabeça hidrofílica que permanece na superfície da gota. As moléculas de sabão se aglomeram, formando uma micela, que é solúvel em água e remove a gordura (Atkins, 2012, p. 346).

Ou seja, ao menos se esperava que se fizesse referência às partes polares e/ou apolares das estruturas químicas do sabão e da gordura, e à dissolução em água.

As respostas dos alunos originaram quatro categorias de análise, de acordo com o Quadro 3:

<b>Categoria</b>	<b>Descrição da categoria</b>
Dissolver-remover-quebrar	Palavras que foram atribuídas a ação de limpeza do sabão.
Substâncias	Atribuem a presença de substâncias à ação de limpar.
Reação	A limpeza provém de uma reação.
Outras	Outras explicações.

Quadro 3 – Categorias emergidas nas respostas dos alunos sobre a ação de limpeza do sabão.

Foi analisado que os quatro grupos descreveram a ação de limpeza pela capacidade que o sabão tem de dissolver, remover ou quebrar (primeira categoria). Essas palavras apareceram, mas sem outras considerações, dificultando a identificação da real compreensão dos alunos sobre o conceito de dissolver. Desse modo fica a evidência de que os alunos não fizeram qualquer relação da ação de limpeza com o processo de dissolução associado às interações moleculares, ou polaridade.

Alguns alunos incluíram na explicação as substâncias químicas que são utilizadas em processos de limpeza (segunda categoria). Destaca-se, como exemplo, um trecho de diálogo do grupo Verde:

A10: - "É por causa da soda".

A12: - "O sabão quebra a sujeira".

A12: - "Ele tem uma substância que quebram [sic] as moléculas da sujeira".

Realmente as substâncias químicas mais citadas pelos estudantes como responsáveis pelo processo de limpeza foram a soda e o bicarbonato de sódio, certamente pela relação com os produtos domésticos utilizados no cotidiano. No entanto, novamente, há indícios da falta de reflexão sobre os termos utilizados, pois ainda ao longo de outras explicações, surgiram frases como "...o bicarbonato de sódio, que é um ácido poderoso" (grupo azul), "a soda cáustica também é um ácido, por que é corrosiva" (grupo azul), demonstrando a não compreensão da distinção entre ácido, base e sal e atribuindo a capacidade de limpeza à corrosão de um ácido.

A terceira categoria surgiu quando alguns estudantes associaram a ação de limpeza como uma reação, de forma análoga a explicação dada para dissolver na questão anterior:

A17 - "A soda ao entrar em contato com a roupa, acontece uma reação, limpando ou fazendo com que a roupa fique limpa".

Um aspecto que também foi reparado é que os alunos não evidenciaram saber o que são os sabões sob o ponto de vista estrutural dos compostos orgânicos, pois atribuem exclusivamente à soda como sendo a parte ativa do processo de limpeza: "é a soda que entra em contato com a roupa" (A17). Desconsideraram, enfim, a reação de saponificação.

Todos esses fatos enunciados podem estar atrelados à dificuldade que os alunos têm de transitar para o nível microscópico, ou seja, o nível das explicações, conforme já constatado por outros pesquisadores (Pauletti *et al.*, 2013 p.11). Ou ainda, que as dificuldades não estão apenas relacionadas com a compreensão dos conceitos e suas representações, sobretudo na capacidade em transladar entre as diferentes formas de representação de um ente químico (Wartha e Rezende, 2017).

Na categoria Outras, por sua vez, destacam-se o comentário da aluna A10, no áudio da equipe verde, por exemplo, que apresenta uma concepção de limpeza proveniente de senso comum:

A10 - "A espuma que limpa. Por que faz espuma que limpa, os que não fazem espuma não limpam. Minha mãe fala que não. Quando eu lavo meu cabelo duas vezes, por que acho que só quando faz espuma que fica limpo, ela diz que não precisa, que gasto muito shampoo".

Ao considerar que um produto só limpa se faz espuma, revela uma questão interessante que pode ser discutida pelo professor, como o fato de que os sabões poderem interagir com certos íons ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  ou  $\text{Fe}^{3+}$ ) por vezes presentes na água, formando sais insolúveis que precipitam o que

resulta na perda da eficiência e capacidade de produzir espuma (Barbosa, 1995). E caso o diálogo se amplie, pode-se também comparar os sabões aos detergentes sulfonatos de alquilbenzeno, ou os sulfatos de alquila, que são considerados superiores aos sabões comuns na ação de limpeza por não formarem sais insolúveis com os íons mencionados (Barbosa, 1995).

Enfim, com esse diagnóstico inicial, foi refletida sobre a importância do professor ter como ponto de partida o conhecimento prévio do estudante ao abordar um conteúdo ou conceito. Na prática esse mapeamento conduzirá o professor a identificar ideias mais gerais e mais inclusivas e até obstáculos epistemológicos para organizar um material lógico ou que promova cada vez mais a diferenciação progressiva e reconciliação integradora. Vale a pena lembrar que a existência de subunçoes adequados, além da predisposição do aluno em aprender e um material potencialmente significativo, com mediação do professor, são condições primordiais para ocorrência da aprendizagem significativa. Caso contrário, poderá prevalecer a aprendizagem mecânica ou puramente memorística (Moreira, 2011).

Em especial para os alunos participantes desse trabalho, considerou-se que haveria a necessidade de, ao longo do ensino, reforçar os subunçoes associados às substâncias envolvidas no processo da limpeza, suas estruturas químicas e propriedades, a fim de promover cada vez mais a estabilidade dos subunçoes e a diferenciação progressiva na estrutura cognitiva dos alunos.

#### *Sobre a investigação e teorização*

Reitera-se, como já mencionado, que dentre todas as atividades desenvolvidas na 4ª etapa, que envolveu aulas teóricas, questionamentos, modelagem molecular, entre outros, optou-se por destacar nesse trabalho a atividade da simulação de forma resumida.

Apenas para relembrar, nessa ação os alunos recriaram o procedimento de limpeza relatado no Caso em voluntários e em uma boneca para, em seguida, explicar melhor sobre a remoção dos rabiscos das canetas em termos de estrutura e polaridade; e, também, ilustrar todo o processo em termos de interação e formação de micelas.

Informa-se, assim, quanto às explicações dos alunos, que os integrantes dos grupos azul, verde e vermelho consideraram somente a estrutura e a polaridade da margarina e não contemplaram a estrutura química de algum colorante da tinta, ou suas partes polares e/ou apolares. Esses grupos parecem não compreender a importância de entender a natureza dos rabiscos, ou seja, quais são as substâncias que estão nas tintas, a fim até de buscar alguma relação com a margarina ou o sabão no processo de limpeza. O grupo preto, no entanto, respondeu adequadamente, recorrendo inclusive à representação estrutural de um colorante e destacando corretamente suas partes polares e apolares.

Já com relação às ilustrações, os grupos vermelho e verde apresentaram as estruturas da margarina e de um colorante, não incluíram o sabão no processo de limpeza e não houve a indicação das interações entre as moléculas. Por outro lado, o grupo verde representou uma micela. Já os

alunos do grupo azul ilustraram as moléculas apenas por meio de bolas, e as sujeiras por rabiscos, e escreveram “moléculas de gordura da margarina (micelas)” com uma seta apontando para a palavra apolar. Para esses alunos, enfim, os desenhos não os impulsionaram a expor uma melhor explicação para a limpeza dos rabiscos das canetas.

Foram os estudantes do grupo preto que apresentaram a ilustração mais esclarecedora, pois procuraram esquematizar o processo da limpeza em uma sequência, e com mais descrições. Na primeira imagem dessa sequência (Figura 1) os alunos representaram uma camiseta com uma sujeira, entendida aqui como a visão macroscópica, e uma seta que apontava para uma segunda imagem ampliada, sugerindo a visão microscópica, com as estruturas químicas de um colorante, da margarina e também do sabão. No final do esquema desenharam uma micela e uma seta apontando a camiseta limpa. Ficou evidente, assim, a melhor compreensão desse grupo quanto à presença de todos os protagonistas envolvidos no processo, além da inclusão da micela e a presença da água (junto à micela).

Especificamente sobre as interações intermoleculares, nesse grupo, não foram representadas com nitidez. Houve indícios dessas interações no âmbito do desenho da micela, uma vez que o grupo ao menos aproximou adequadamente as partes apolares do sabão na gordura que é de natureza predominantemente apolar. Obviamente as interações ficariam melhor explicadas se as atribuições “polar” e “apolar” aparecessem por todo o desenho das estruturas químicas e da micela. De qualquer modo, o trecho que se segue, retirado de uma atividade de aula anterior, revelou que o grupo preto mostrava tal compreensão:

“O sal formado na saponificação apresenta uma região polar e uma região apolar [...]. A sua parte apolar é hidrofóbica e interage [sic] com as moléculas de gordura [...]. Já a parte polar é hidrofílica, ficam voltadas para a extremidades voltada a água”.

Por outro lado, é importante comentar que os alunos desse grupo também cometeram alguns equívocos, como a atribuição errada do nome do colorante, que se trata do violeta de metila e não da eosina, ou como escreveram “euzina” [sic], e a extrapolação do número de ligações estabelecidas por alguns átomos. Além do mais, a palavra reação continua sendo usada no lugar de interação (Figura 2).

Diante dessas evidências, e também considerando que os alunos, antes da atividade de simulação, tiveram suporte conceitual na forma de aulas, experimentação e atividades de pesquisa, pode-se entender que a passagem da aprendizagem mecânica para a significativa não é automática, mas, um processo progressivo e que pode ser longo (Moreira, 2011). Ao menos os estudantes do grupo preto evidenciaram que captaram mais significados do que os demais.

Além do mais, acrescenta-se o comentário de Junqueira e Maximiano (2020), sobre a importância de pedir para que os estudantes façam representações desse gênero ou que descrevam melhor e com mais

detalhes os processos de interação. Visto que neste tipo de atividade exige-se articulação dos conceitos numa maior compreensão, ou seja, não se trata de apenas fornecer uma resposta que o professor possa considerar assertiva, é necessário demonstrar o que significa quimicamente aquilo que respondeu.

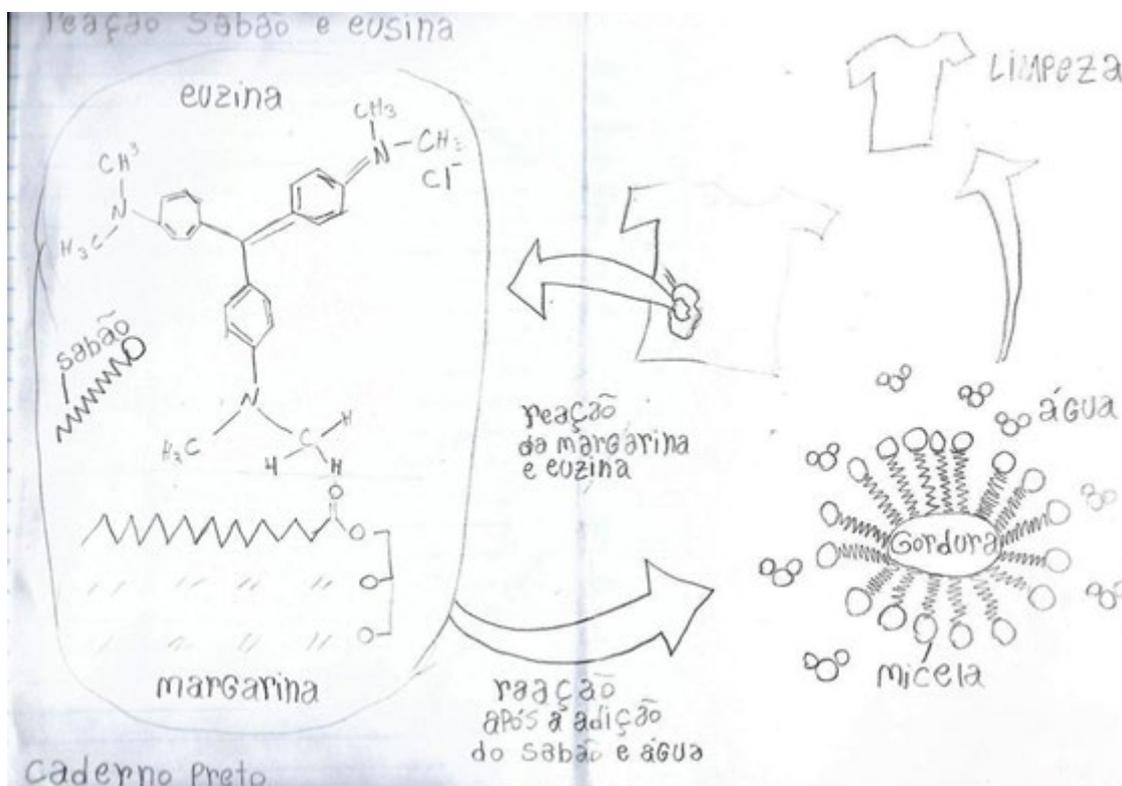


Figura 2 – Ilustração do processo de limpeza, pelos alunos do grupo preto.

### Resolução do caso

A Etapa 5 envolveu a retomada do Caso e a solicitação da resposta sobre o porquê da sugestão da vizinha em limpar os rabiscos das canetas com margarina e depois com um banho de sabão e água.

Diante de todas as atividades desenvolvidas na etapa de Investigação e Teorização, esperava-se que na resolução do Caso os estudantes justificassem o processo de limpeza considerando, no mínimo, as estruturas das moléculas e suas partes polares e/ou apolares e a dissolução decorrente das interações intermoleculares, considerando os protagonistas do processo de limpeza: a margarina, as tintas das canetas e o sabão com água. Poderiam detalhar ainda mais a explicação, acrescentando comentários sobre a formação das micelas.

Nesse contexto, as respostas dos alunos foram organizadas nas categorias pré-estabelecidas "explicação simples" e "explicação com mais correlações". No Quadro 4 segue a descrição das categorias, acrescidas de um exemplo apenas das respostas do grupo azul e preto, pois as dos demais grupos se assemelharam a essas. Informa-se que os grupos azul e

verde atenderam a primeira categoria enquanto os grupos, vermelho e preto atenderam a segunda.

<b>Categoria</b>	<b>Descrição</b>	<b>Resposta</b>
Explicação simples	Os estudantes demonstraram reconhecer os protagonistas do processo de limpeza mas não revelaram a polaridade e a interação da maioria das substâncias envolvidas.	Grupo Azul: Primeiro passa-se a margarina sobre a tinta da caneta, que formam bolhas de gordura, sobre a tinta como se tivesse aprisionando a tinta de caneta, depois, passa-se o sabão para a remoção da gordura, que são empurradas pela água e sabão que são polares e apolares não se juntam e ocorrem a repulsão (remoção da tinta de caneta e o detergente), tem a mesma função do sabão, por isso é usada para lavar a louça, por conta da espuma, que forma as micelas ocasionando a remoção da gordura. Ou seja, o sabão tende a remover as gorduras que ocasionalmente, tendem a estar acopladas com a tinta da caneta.
Explicação com mais correlações	Os estudantes demonstraram reconhecer os protagonistas do processo de limpeza e mencionam mais claramente a polaridade e as interações das substâncias envolvidas.	Grupo Preto: (...) Levando em conta a reação e os processos químicos da limpeza da criança é essencial a sequência: primeiro a margarina depois o sabão, onde a margarina vai interagir com a tinta removendo-a, a parte polar da margarina poderá realizar um interação com a parte polar da eusina [sic]. Após inserir o sabão e a água, a parte apolar do sabão iria interagir com a margarina e a eusina [sic], assim formando micelas, a qual iria interagir com a água, dessa forma sendo levada pela água, realizando a limpeza.

Quadro 4- Categoria estabelecida para a solução do caso e exemplos de resposta dada pelos grupos azul e preto.

De forma geral, as respostas apresentadas pelos alunos trazem falhas, pois não foram bem organizadas e alguns conceitos não apareceram com muita clareza. No entanto, há indícios de melhor entendimento das interações intermoleculares no processo de limpeza para certos alunos.

Inicia-se esta discussão destacando que o grupo preto mencionou sobre as partes apolares do sabão que interagem com a margarina e a tinta, apesar de não fazer referência a polaridade da água. O grupo ainda descreveu sobre as interações polares entre margarina e tinta, apesar de ser mais relevante considerar a margarina predominantemente apolar, devido a uma estrutura carbônica longa ou "cauda" de natureza apolar. Uma hipótese plausível é que o grupo pode ter pensado especificamente na parte polar do colorante, desenhado em atividade anterior, que então estabeleceria interação com a parte polar da margarina. Comenta-se que os alunos do grupo vermelho, por sua vez, ressaltaram a característica apolar

da margarina, pois em um trecho de sua resposta escreveram que a margarina interage com a tinta porque a margarina é apolar e são "os dois sendo do mesmo", sugerindo ser o colorante de mesma natureza apolar.

Como tanto o grupo preto quanto o vermelho descreveram um pouco mais sobre as interações que ocorrem entre as moléculas, além de considerarem a presença da água na finalização do processo de limpeza, isso os direcionou à categoria 2.

Já o grupo azul reconheceu a parte polar e apolar do sabão, porém não deixou explícita a polaridade dos demais componentes (gordura, tinta, água) no processo de limpeza. Ao responder "passa-se a margarina sobre a tinta da caneta, que formam bolhas de gordura, sobre a tinta como se tivesse aprisionando a tinta de caneta" subentendeu-se que havia a pretensão de explicar as interações entre as moléculas da gordura e das tintas, mas por meio das palavras "aprisionamento" e, mais adiante, "acopladas". Ademais, não há clareza se o "empurrar" ou o "remover" e a "formação de micelas" se dá por meio de interações intermoleculares. Desse modo, considerou-se a resposta apresentada como uma "explicação simples" (categoria 1).

De modo geral, vale a pena ponderar que, apesar de alguns alunos terem relacionado as substâncias de mesma polaridade, ou apolaridade, esta explicação pode ter origem apenas do algoritmo memorizado "semelhante dissolve semelhante". Para os estudantes que não buscaram reconhecer os grupos funcionais que atraem mais (ou menos) as nuvens eletrônicas nas estruturas químicas das substâncias, resultando em partes polares ou apolares e as referidas interações. Há de se considerar que podem estar apenas reproduzindo deliberadamente tal regra, o que não requer uma profunda compreensão, apenas memorização (Junqueira e Maximiano, 2020).

Ademais, as explicações constantes de que o processo de limpeza tratado no Caso é uma reação, e não uma interação, como ainda apareceu na resposta do grupo preto (Quadro 4), devem estar tão enraizadas na estrutura cognitiva de certos alunos, que parecem dificultar a aprendizagem de novos conhecimentos. Nesse sentido, Moreira e Massoni (2015) explicam que nem todo subsunçor é variável facilitadora, podendo inclusive funcionar como obstáculo epistemológico ou um bloqueador da aprendizagem.

Inclusive, destaca-se que na socialização da resolução do Caso entre todos os grupos a professora ressaltou os pontos relevantes nas respostas apresentadas pelos estudantes, retomou alguns assuntos e conhecimentos prévios, de modo a também reforçar que o processo da limpeza não era uma reação química, mas sim de interações entre moléculas. Tratou-se de uma tentativa de ajudar certos alunos a discriminarem os conhecimentos. Nessa perspectiva, segundo Moreira (2011), é natural insistir na consolidação ou domínio do conhecimento prévio, afinal, ter subsunçores adequados conduz a aquisição significativa de novos conhecimentos. O autor comenta, no entanto, que a consolidação, no contexto da aprendizagem significativa, não é imediata e "que exercícios, resoluções de situações-problemas, clarificações, discriminações, integrações são

importantes antes da introdução de novos conhecimentos". De mesmo modo, concorda que é importante professor e alunos dialogarem, pois na sua visão, a captação de significados implica em negociação dos significados (Moreira, 2011, p. 47-48).

Adicionalmente, nessa etapa da Resolução do Caso, foi notado que o conceito dissolver não apareceu nas explicações do grupo azul ou preto, mas foi lembrado nos grupos vermelho e verde. Reflete-se que o fato do conceito dissolver não estar presente é porque, provavelmente, esse conhecimento não adquiriu significado para os alunos. Até pensou-se, em um primeiro momento em atribuir esse fato ao esquecimento, pela falta de uso do conceito, ou conforme denomina Ausubel, à obliteração (Moreira, 2011). Porém, não é o caso, pois há o entendimento que a obliteração só deva ocorrer quando o subsunçor já foi um dia muito elaborado e com o longo do tempo não está mais tão claro ou discriminado, mas que uma vez retomado seria resgatado possivelmente de forma rápida, já que foi aprendido com significado.

Em suma, acredita-se que alguns estudantes desse trabalho conseguiriam desenvolver mais as explicações uma vez que buscaram explicar sobre as interações, a polaridade e a formação de micelas, na resolução do Caso. Até deixaram de atribuir apenas a presença do sódio à capacidade de limpeza e houve tentativas de descrever o caráter anfifílico de algumas substâncias. Assim, o método do Estudo de Caso pode ter sido potencialmente significativo.

Por outro lado, conclui-se que outros alunos aprenderam de forma literal e sem significado, ou seja, mecanicamente, não permitindo que estabelecessem relações adequadas entre os conceitos. De maneira idêntica, também é conveniente comentar que, então, o método do Estudo de Caso pode não ter sido suficiente para ajudar esses outros alunos a integrarem novos conhecimentos. No entanto, vale lembrar que o material instrucional não é o único fator condicionante para a aprendizagem significativa. Os alunos também devem estar predispostos a aprender, a relacionar conhecimentos.

### **Conclusões**

Por meio do Caso aplicado neste estudo foi possível potencializar a aprendizagem sobre interações intermoleculares em parte dos estudantes, já que alguns deles evidenciaram buscar nas estruturas moleculares suas características polares e/ou apolares, para explicar o processo de limpeza presente na narrativa.

Ainda assim, alguns alunos demonstraram ter conhecimentos prévios frágeis e, por consequência, sem condição de estabelecer pontes ou ancoragem com novos conhecimentos.

Também ficou bastante evidente a importância da identificação dos conhecimentos prévios dos estudantes, pois a partir desse ponto foi possível ajudar os alunos a contornar erros, refletir concepções alternativas e perceber alguns novos conhecimentos como relevantes. Notou-se, por

exemplo, que as atividades que exigiram do aluno a elaboração de explicações e o transitar pelos aspectos macroscópico e microscópico, possibilitaram o encaminhamento de ações que conduziram os alunos em direção a uma aprendizagem menos mecânica. Similarmente, o papel do professor como motivador e mediador mostrou-se essencial para resgatar no estudante o que foi aprendido e para promover o "ir e vir" do processo de transferência de conhecimento e da captação dos significados.

Os fatores que podem ter influenciado a não aprendizagem significativa de certos estudantes ainda devem ser estudados mais profundamente. Porém projeta-se que a falta de disposição dos alunos em aprender colaborou bastante, pois a professora não mediu esforços para promover esclarecimentos, indicar outras atividades de aprendizagem e dialogar constantemente com todos os grupos. O fato dos alunos estarem retornando às aulas presenciais, após a pandemia de COVID-19 também pode ter alguma influência, uma vez que relatavam com frequência que não se lembravam de certos conceitos ou que estes não haviam sido ministrados. Ainda, consideravam difícil ter que realizar explicações, pois não estavam acostumados, segundo eles. De qualquer forma, fica claro de que são necessários mais reforços em atividades problematizadoras, motivação e disposição, para permitir que os estudantes solidifiquem mais seus subsunçores e consolidem mais as pontes cognitivas.

Sugere-se, ainda, uma vez que surgiu nítida a dificuldade dos alunos em externalizar, em áudio ou palavras, suas explicações e, também, de relacionar vários conceitos a fim de organizá-los ou unificá-los para concretizar uma resposta, que os professores de Química fiquem atentos. Parece ser fundamental a promoção, com mais frequência, de atividades que exijam dos estudantes a formulação de explicações no formato oral e escrito. Afinal, estas demandam maior esforço cognitivo, organização e consolidação das ideias e podem contribuir, assim, para um maior entendimento dos conceitos estudados.

Em suma, o Caso aplicado neste trabalho mostrou ter potencialidade para promover o ensino e a aprendizagem de Química, no Ensino Médio, uma vez que oportunizou, ao professor, agregar na prática uma metodologia diferenciada e ativa e, aos estudantes, impulsionou a investigação dos elementos que o solucionariam. Para, além disso, espera-se que esse estudo inspire o desenvolvimento de outros Casos, inclusive em conteúdos diferentes, ou até mesmo de outros materiais didáticos que tenham o mesmo objetivo: o de ser potencialmente significativo.

### **Referências bibliográficas**

- Atkins, P. (2012). *Princípios de Química: questionando a vida moderna e o meio ambiente*. 5<sup>o</sup> ed. Porto Alegre: Bookman.
- Ausubel, D. O.; Novak, J. D.; Hanesian, H. (1980). *Psicologia Educacional*. Rio de Janeiro: Interamericana.
- Barbosa, A. B.; Silva, R. R. (1995). *Xampus. Química Nova na Escola*, (2), 3-6.

Bardin, L. (2020). *Análise de Conteúdo*. 5<sup>o</sup> ed. Lisboa: Edições 70.

Broietti, F. C. D.; Almeida, F. A. S.; Silva, R. C. M. A. (2012). Estudo de casos: um recurso didático para o ensino de química no nível médio. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*, 3(5), 89-100. Recuperado de: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/download/882/913+&cd=3&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>

Carmo, M. P. (2005). *Um estudo sobre a evolução conceitual dos estudantes na construção de modelos explicativos relativos ao conceito de solução e o processo de dissolução*. (Dissertação de Mestrado), Instituto de Química, Instituto de Biociências, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Farias, P. A. M.; Aguiar, A. L. C. G.; Cristo, C. S. (2015). Aprendizagem ativa na educação em saúde: percurso histórico e aplicações. *Revista Brasileira de Educação Médica*, 1(39), 143-158.

Ferreira, J. A. M. G. (2015). *Dificuldades de aprendizagem do conteúdo de soluções: proposta de ensino contextualizada*. (Tese de doutorado). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal

Fonseca, M. R. M. (2010). *Química: meio ambiente cidadania tecnologia*. São Paulo: Ftd.

Herreid, C. F. (1997). What is a case? *Journal of College Science Teaching*, 27(2), 92-94.

Herreid, C. F. (2004). Can case studies be used to teach critical thinking? *Journal of College Science Teaching*, 33(1), 12-14.

Johnstone, A. H. (2010). You can't get there from here. *Journal of Chemical Education*, 87(1), 22-29.

Junqueira, M; Maximiano, F. (2020). Interações intermoleculares e o fenômeno da solubilidade: explicações de graduandos em química. *Química Nova*, 43(1), 106-117. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.21577/0100-4042.20170449>.

Melo, M. S.; Silva, R. R. (2019). Os três níveis de conhecimento químico: dificuldades dos alunos na transição entre o macro, o submicro e o representacional. *Revista Exitus*, 9(5), 301-330.

Ministério da Educação Brasil. (2018). Base Nacional Comum Curricular. Recuperado de: [http://basenacionalcomum.mec.gov.br/wp-content/uploads/2018/11/7.\\_Orienta%C3%A7%C3%B5es\\_aos\\_Conselhos.pdf](http://basenacionalcomum.mec.gov.br/wp-content/uploads/2018/11/7._Orienta%C3%A7%C3%B5es_aos_Conselhos.pdf).

Moreira, M. A. (2011). *Aprendizagem Significativa: a teoria e textos complementares*. São Paulo: Editora Livraria da Física.

Moreira, M. A. (2021). *Teorias de Aprendizagem*. 3<sup>o</sup>Ed. Rio de Janeiro: LTC.

Moreira, M. A.; Massoni, N. T. (2015). *Texto de apoio ao professor de Física. Interfaces entre teorias de aprendizagem e ensino de ciências/física*. Porto Alegre: UFRGS.

Pádua, E. M. M. (1997). *Metodologia de pesquisa: abordagem teórico-prática*. Campinas: Papirus.

Pauletti, F.; Fenner, R. S.; Catelli, F. M. P. A. R. (2013). A linguagem como recurso potencializador no ensino de Química. *Perspectiva*, 37(139), 7-17.

Peruzzo, F. M.; Canto, E. L. (2010). *Química: na abordagem do cotidiano*. São Paulo: Moderna.

Queiroz, S. L. (2015). *Estudo de casos aplicados ao ensino de ciências da natureza – ensino médio*. Recuperado de: [http://www.cpscetec.com.br/cpscetec/arquivos/natureza\\_estudo\\_casos.pdf](http://www.cpscetec.com.br/cpscetec/arquivos/natureza_estudo_casos.pdf).

Reis, I. F.; Faria, F. L. (2015). Abordando o tema alimentos embutidos por meio de uma estratégia de ensino baseada na resolução de casos: os aditivos alimentares em foco. *Química Nova na Escola*, 1(37), 63-70.

Sá, L. P.; Queiroz, S. L. (2010). *Estudo de casos no ensino de Química*. Campinas: Editora Átomo.

Santos, M. C.; Almeida, L. R.; Santos Filho, P. F. (2020). O ensino contextualizado de interações intermoleculares a partir da temática dos adoçantes. *Ciência & Educação*, (26), 1-16. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.1590/1516-731320200028>.

Santos, W. L. P.; Mól, G. S.; Dib, S. M. F.; Matsunaga, R. T.; Santos, S. M. O.; Castro, E. N. F.; Silva, G. S.; Farias, S. B. (2016). *Química Cidadã (1)*. São Paulo: AJS.

Santos, T. S.; Landim, M. F. (2022). Estudos de Caso na abordagem de questões sociocientíficas: uma experiência no ensino de ecologia. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 21(1), 111-130.

Seribeli, F. L. (2019). Interações intermoleculares: o estado da arte da pesquisa em ensino e desenvolvimento de atividades práticas experimentais sobre o tema. *Scientia Vitae*, 23(7), 18-36.

Sousa, S. O. (2011). *Aprendizagem baseada em problemas (PBL – Problem Based Learning): estratégia para o ensino e aprendizagem de Algoritmos e Conteúdos Computacionais*. (Dissertação de Mestrado). Faculdade de Ciências e Tecnologia, Unesp, Presidente Prudente.

Wartha, E. J.; Rezende, D. B. (2017). As representações no ensino de química na perspectiva da semiótica Peirceana. *Educação Química em ponto de vista. Rede Latino-Americana de Pesquisa em Educação Química - ReLAPEQ*, 1(1), 182-202.