

Experimento estratégico de solubilidade com alunos da 2ª série do ensino médio de uma escola pública de Benjamin Constant: análise do papel do laboratório no ensino-aprendizagem de Química

Agmar José de Jesus Silva

Secretaria de Estado de Educação e Desporto Escolar (SEDUC-AM)

Gisele Keila Moreno Paredes

Escola Estadual Nossa Senhora da Imaculada Conceição (EENIC)

Daniele Moreira Ramos

Escola Estadual Nossa Senhora da Imaculada Conceição (EENIC)

Benara Modesto de Sousa

Universidade Federal do Amazonas (UFAM)

Resumo: Esse trabalho é uma pesquisa de laboratório, de caráter também exploratório, envolvendo a elaboração e a execução de um experimento simples de laboratório, porém estrategicamente pensado, acerca do tema “solubilidade de soluções”. O objetivo geral foi analisar o impacto do uso do laboratório, de forma estratégica, na melhoria da aprendizagem de Química. A pesquisa se orientou pelo método qualitativo, e apresentou uma discussão de resultados baseada numa ótica crítica e descritiva de fatos oriundos tanto de respostas dos estudantes quanto de observações de interações entre alunos, experimento e professor. O público-alvo foram alunos de uma turma de 2ª série do ensino médio regular da Escola Estadual Nossa Senhora da Imaculada Conceição (EENIC), de Benjamin Constant/AM. A aula experimental revelou um bom entrosamento entre os estudantes, o experimento e o professor, o que possivelmente contribuiu para uma boa compreensão dos conceitos básicos envolvendo solubilidade. Assim, constatou-se êxito da metodologia quanto à melhoria do aprendizado de Química, apesar das condições precárias de ensino e de infraestrutura detectadas no local. A pesquisa revelou ainda algumas dificuldades conceituais dos alunos no que concerne ao reconhecimento de fenômenos científicos e na interligação de conceitos fundamentais da

Química, sugerindo a necessidade de realização de mais aulas experimentais estrategicamente elaboradas, e de revisões de conteúdos já administrados em séries anteriores.

Palavras-chave: educação básica, ensino de química, aula prática experimental

1. Introdução

Dados sólidos da literatura (RAMOS e LOURENÇO, 2020; GOMES e COSTA, 2022; ALBANO e DELOU, 2023; DOS SANTOS e BRANDÃO, 2024), reforçados pelo olhar atento de quem está no ambiente da sala de aula diariamente exercitando a prática docente em Química, principalmente em escolas públicas dos interiores do País, revelam que existem muitas dificuldades enfrentadas pelos professores dessa disciplina quando se trata de planejamento e desenvolvimento de aulas práticas experimentais. Entre essas dificuldades, frequentemente são reportadas questões de falta de infraestrutura, de materiais e reagentes, de metodologias inovadoras, ausência de auxiliares técnicos e até mesmo falta de professores com formação na disciplina específica.

Por outro lado, praticamente todos os assuntos de Química podem ser estudados, além da forma teórica, também de maneira prático-experimental. Isso decorre do fato de a Química por si só ser uma disciplina de caráter empírico e experimental. Contudo, o sucesso do uso desse recurso nas escolas públicas esbarra na escassez de recursos e de condições de trabalho, demandando então capacidade inovadora e criatividade por parte dos docentes na proposição de atividades práticas, que muitas vezes precisam ser adaptadas (ou mesmo improvisadas) ao contexto e realidade locais para que possam surtir o efeito esperado (DE JESUS SILVA et al., 2021; DE JESUS SILVA e DA SILVA EGAS, 2022; DOS SANTOS e BRANDÃO, 2024).

Nesse contexto, o tópico de soluções químicas, além de fazer parte do componente curricular obrigatório de Química do ensino médio regular em todo o País, capta a atenção dos estudantes pelo fato de estar bastante associado a eventos do cotidiano das pessoas. Por exemplo, quando o estudante toma um refrigerante ou um cafezinho, ou quando lava o vaso sanitário utilizando um desinfetante, ou mesmo quando respira o ar que enche seus pulmões, está lidando diretamente com o assunto. Isso abre uma excelente janela de oportunidade de se trabalhar com os alunos conteúdos contextualizados à sua realidade (ZANON e MALDANER, 2007;

GERALDO, 2022; GOMES et al., 2023; DOS SANTOS e BRANDÃO, 2024), tornando o processo de ensino-aprendizagem mais prazeroso e natural tanto para os alunos quanto para os professores.

No que tange o assunto de soluções químicas, um dos subtópicos iniciais e fundamentais para o estudante compreender é a solubilidade de soluções. A solubilidade é uma propriedade física das substâncias relacionada com a massa de material (o soluto, que pode ser sólido, líquido ou gasoso) que se pode dissolver em uma determinada quantidade de um solvente (geralmente líquido, mas que também pode ser sólido ou gasoso), em certas condições de temperatura e pressão (ATKINS e JONES, 2012; KOTZ e TREICHEL; 2016; BROWN et al., 2016). É importante citar que, no caso de sólidos e líquidos, a variável pressão exerce efeito insignificante na solubilidade, diferentemente dos gases, os quais têm sua solubilidade bem mais impactada por esta variável (BROWN et al., 2016).

O Coeficiente de Solubilidade (sigla C_s) é uma grandeza que determina a quantidade máxima de um soluto que pode ser dissolvido em uma dada quantidade de solvente em certas condições de temperatura e pressão (ATKINS e JONES, 2012; KOTZ e TREICHEL; 2016; BROWN et al., 2016). Ou seja, é a grandeza que quantifica a solubilidade de uma substância. De forma simplificada, utiliza-se como unidade de solubilidade a quantidade em gramas (g) do soluto/100 gramas (g) de solvente (ATKINS e JONES, 2012).

O ponto de saturação depende do soluto, do solvente e das condições físicas (temperatura e pressão) (BROWN et al., 2016). Conforme a literatura, juntando-se gradativamente sal comum à água, em temperatura constante e sob agitação, verifica-se que em dado momento o sal não se dissolve mais. Isso ocorre quando há aproximadamente 360 g de sal por cada litro (1000 mL) de água, ou seja, o mesmo que escrever 36 g de sal/100 g de água (forma mais utilizada de apresentação de C_s), considerando a densidade da água como $1,0 \text{ g/cm}^3$ nas condições ambientes. Daí em diante, qualquer quantidade adicional de sal que for colocada no sistema irá se precipitar no fundo do recipiente, pois a solução se tornou saturada, ou seja, atingiu o limite de saturação, e passará então a formar um sistema saturado com corpo de fundo (ATKINS e JONES, 2012).

Esse assunto, além de ser curioso e interessante para os alunos do ensino médio, é um tema recorrente no ENEM e nos demais diversos vestibulares nacionais. Além disso, é um assunto fundamental para o entendimento de diversos outros assuntos relacionados da Química,

como o preparo de soluções, cálculos de concentração, polaridade, ligações químicas, forças intermoleculares, poluição ambiental, entre outros.

Portanto, uma aula prática experimental visando entender, de forma prática, o conceito de solubilidade, assim como a determinação do coeficiente de solubilidade de uma solução conhecida do cotidiano dos alunos, pode ser uma estratégia didática potencial para ensinar esse conteúdo de forma contextualizada, aproveitando conhecimentos prévios dos estudantes. Dessa forma, atende-se à parte das recomendações postas pela BNCC (BRASIL, 2018), pelo Referencial Curricular Amazonense (RCA-AM) (AMAZONAS, 2020), e por autores que abordam a Química no âmbito do Novo Ensino Médio (NEM) (BRASIL, 2022; DOS SANTOS, 2020; DE JESUS SILVA et al., 2021; GOMES et al., 2023).

Nesse contexto, essa pesquisa, de caráter laboratorial e exploratório, se propôs a realizar uma atividade prática experimental estrategicamente planejada, levando em consideração as condições limitadas de recursos e de infraestrutura da escola, e com o objetivo geral de analisar o impacto do uso do laboratório na melhoria da aprendizagem de química dos estudantes participantes. Os objetivos específicos foram: familiarizar os alunos quanto ao uso do laboratório para o preparo e o manuseio de vidrarias e soluções, promover o ensino investigativo por meio do uso o laboratório; e consolidar, de forma prática, conceitos básicos sobre solubilidade de soluções. Como mediador e também participante da aula experimental em sua total duração, o docente responsável realizou uma observação participativa que foi fundamental no levantamento de informações que foram essenciais na elaboração do texto da discussão dos resultados.

2. Metodologia

2.1. Caracterização do estudo

Trata-se de uma pesquisa cunho qualitativo (classificação quanto ao método), e que utilizou técnicas de pesquisa exploratória, pesquisa de laboratório e observação participativa. Conforme Figueiredo e Souza (2008), a pesquisa exploratória engloba investigações empíricas que permitem ao pesquisador desenvolver hipóteses e aumentar a familiaridade com um dado

problema, o que o leva a obter descrições tanto quantitativas quanto qualitativas do objeto de estudo. No caso presente, o desenvolvimento da aula experimental, associado ao desempenho e percepção dos fatos pelos estudantes e pelo docente fomentaram o objetivo principal de estudo. A pesquisa de laboratório descreve e analisa o que ocorrerá em situações controladas, exigindo instrumentos específicos e ambiente apropriado (FIGUEIREDO e SOUZA, 2008), condições estas que, na medida do possível, foram obedecidas e seguem descritas nos próximos subitens. A observação participativa é uma técnica que serve à uma pesquisa planejada e com objetivos precisos, na qual o pesquisador participa diretamente das observações (GIL, 2002; FIGUEIREDO e SOUZA, 2008). As informações obtidas com a observação participativa realizada foram importantes para a análise dos fatos e fomentou parte da discussão do trabalho.

2.2. Local da pesquisa e público-alvo

A pesquisa se originou de uma aula prática experimental planejada pelo docente e desenvolvida nas dependências do Laboratório de Ciências da Escola Estadual Nossa Senhora da Imaculada Conceição (EENIC), localizada no município de Benjamin Constant (Amazonas, Brasil). Teve como público-alvo estudantes de uma turma de 2ª série do ensino médio do turno noturno. A atividade foi realizada com essa turma na data de 26 de agosto de 2024 e contou com a participação de 10 estudantes que estiveram presentes na data e horário da atividade.

2.4. Metodologia da pesquisa

A metodologia global incluiu três fases: o planejamento prévio do protocolo da aula experimental (roteiro), a realização da aula com uma turma de alunos da 2ª série do ensino médio (40 min de aula), e a posterior discussão dos resultados. A discussão foi orientada por uma análise crítica e descritiva dos fatos relacionados tanto ao desempenho dos estudantes nas atividades realizadas quanto à observação das interações entre alunos, experimento e professor ocorridas no laboratório, além da verificação das condições gerais de trabalho disponibilizadas nesse ambiente.

O preparo do protocolo experimental envolveu leitura e busca de informações na literatura especializada (CRUZ e GALHARDO-FILHO, 2009; ATKINS e JONES, 2012; KOTZ

e TREICHEL; 2016; BROWN et al., 2016; LISBOA, 2016; DOS SANTOS, 2020) para escrita dos procedimentos de forma a adequá-los didaticamente, numa tentativa de aproximar o experimento à realidade dos alunos, além da seleção dos materiais necessários. Os seguintes materiais e reagentes foram utilizados: roteiro impresso (01 por grupo), água de torneira; sal de cozinha (cloreto de sódio ou NaCl); álcool etílico (etanol) 92°GL (fórmula molecular C_2H_6O); béqueres de vidro, bastões de vidro, funil de vidro e papel filtro. Mencione-se que parte desses materiais, apesar de simples, não estavam disponíveis no laboratório e precisaram ser adquiridos por iniciativa individual do docente.

No início da prática os alunos foram divididos em três grupos (G1, G2 e G3, sendo montado um sistema para cada grupo), os quais receberam o protocolo experimental impresso e, em seguida, o docente mediador realizou uma explicação detalhada dos itens do documento. Além disso, o docente também alertou os estudantes sobre os cuidados necessários (medidas de segurança) a serem tomados durante a permanência de qualquer pessoa no ambiente do laboratório, e sobre a importância do uso dos equipamentos de proteção individual (EPIs), apesar da inexistência dos mesmos no laboratório para uso dos estudantes.

À medida que avançavam na execução dos procedimentos experimentais do protocolo, os alunos puderam interagir entre si e debater as dúvidas, para que pudessem então responder à quatro questões, mostradas no **Quadro 1**, a seguir. As questões foram elaboradas pelo docente responsável pela disciplina de Química e também mediador da aula em questão. Além da aproximação com a realidade dos alunos, o processo de elaboração das questões levou em consideração a produção de questões que fossem ao mesmo tempo simplificadas no enunciado, mas cujas respostas estariam associadas diretamente tanto ao conteúdo da aula quanto ao cotidiano desses alunos. Por exemplo, todo aluno sabe o que é uma solução de sal e água, mas a maioria desconhece o mecanismo de como a água interage com o sal e o dissolve, e muito menos o que significa solubilidade, até que lhe seja explicado cientificamente.

Dessa forma, a pesquisa preparada teve o cuidado de trazer consigo inquietações à literatura no sentido de romper com dificuldades (ou barreiras) frequentemente relatadas no ensino de Química, ao mesmo tempo em que serve como estímulo para outros autores da área, com relação à atitude de se repensar as formas de uso do laboratório das escolas públicas na perspectiva de produção de aulas que possam ser interessantes, motivadoras, contextualizadas e capazes de promover um ensino investigativo satisfatório e eficaz.

Quadro 1. Questões propostas aos estudantes para análise e discussão dos resultados experimentais.

Questão	Descrição
01	Levando em consideração a classificação das soluções quanto à sua solubilidade, a formação de um precipitado ou corpo de fundo na solução é um indicativo de que?
02	É possível dissolver mais alguma quantidade de sal nessa quantidade de solvente após a saturação? Porque?
03	Quando se adiciona o álcool à solução saturada, uma quantidade de sal que estava dissolvido na solução começa a se precipitar e ir para o fundo do béquer. Porque isso ocorreu?
04	Ter atingido o limite de solubilidade para um determinado soluto de uma solução preparada com um dado solvente impede a dissolução de outras substâncias no mesmo solvente? Justifique sua resposta.

Fonte: Autores, (2024).

Após a realização da aula, os protocolos experimentais foram recolhidos pelo docente responsável que, depois de uma análise detalhada das respostas registradas pelos estudantes, e também de posse dos registros feitos durante a observação participativa no laboratório, procedeu com a elaboração da análise e discussão dos resultados globais da pesquisa. Essa discussão foi de caráter qualitativo, crítico e descritivo, na qual buscou-se fornecer à literatura uma contribuição quanto à capacidade desse tipo de metodologia em promover estímulos verdadeiros nos educandos. Ou seja, uma metodologia experimental que pudesse provocar questionamentos nesses alunos, alimentando o interesse pela ciência através do estudo de um problema real.

3. Resultados e discussão

A análise interpretativa e descritiva dos resultados obtidos foi construída a partir das respostas fornecidas pelos estudantes às questões propostas, da observação da interação dos estudantes entre eles mesmos (interação aluno-aluno), com o professor (interação professor-aluno) e com o experimento (aluno-experimento); além das observações do ambiente e das anotações sobre as intervenções realizadas pelo docente durante o processo de mediação da aula experimental. Conforme Carvalho (2013, p. 15), “as situações de aprendizagem podem ser vistas com uma interação entre professor, aluno, conteúdo e ambiente”, interações estas que se alinham com a proposta de análise em questão.

As observações das interações aluno-aluno, professor-aluno e aluno-experimento revelaram que a aula prática experimental foi, em sua maior parte, um momento de grande interação e aprendizado mútuo para os estudantes. Esse fato ficou comprovado através da observação do empenho dos três grupos de estudantes para executar a prática corretamente, e também pelo surgimento de muitos questionamentos direcionados ao docente ao longo da execução do protocolo experimental, diferentemente do ocorrido durante a aula teórica sobre esse conteúdo, onde a interação aluno-professor foi bem menos ativa.

A Figura 1 apresenta um momento da aula experimental no laboratório da escola, onde é possível ver os alunos concentrados e focados em um determinado momento durante a realização do experimento. Uma pesquisa recente concluída por De Jesus Silva e Da Silva Egas (2022) revelou que 66% dos alunos de uma escola pública em Tefé/AM percebem atividades diferenciadas, na forma de aulas experimentais, como elemento fundamental na melhoria do aprendizado de química, uma vez que tais atividades estimulam a curiosidade e interesse deles pelo tema. Sem dúvidas, essa motivação foi também verificada no trabalho em questão, o que é muito bom para os próprios alunos e também funciona como um estímulo ao docente.



Figura 1. Alunos trabalhando durante a aula experimental de solubilidade de soluções.
Fonte: Autores (2024).

Observa-se que, ao manipular o experimento científico, os educandos não estão apenas tendo um aprendizado mecânico e passivo, pelo contrário, estão sendo instigados a pensar criticamente e cientificamente de modo a buscar as respostas certas para os eventos observados. Isto é, estão desenvolvendo o espírito investigativo, tão fundamental à formação de futuros

acadêmicos e pesquisadores de problemas existentes em suas próprias realidades. Conforme Gomes e Costa (2022, p. 3), ao se envolver com situações dessa natureza, surge a possibilidade de “criar problemas reais em paralelo à contextualização, que ocasiona o estímulo e a interação com os contextos”. Contudo, o resultado poderia ser o oposto se não houvesse a preparação cuidadosa, intencional e estratégica do experimento, o que requer dedicação dos docentes, que devem ser, preferencialmente, profissionais com formação na sua área de atuação.

Durante a execução do protocolo experimental, os alunos observaram, primeiramente, que no início da adição de cloreto de sódio à água, até um certo ponto o cloreto de sódio se dissolvia bem. Contudo, eles conseguiram visualizar também que, a partir de um dado momento, havia a formação de um precipitado no fundo do béquer (o qual é chamado de corpo de fundo) (Figura 2), o que era indicativo de que a solução havia atingido o limite de saturação, ou seja, sua capacidade máxima de dissolver o cloreto de sódio. Os estudantes observaram claramente e constatarem de forma prática, que a partir de então, uma certa quantidade de sal no fundo do béquer se mantinha insolúvel mesmo com a manutenção da movimentação da solução com o bastão de vidro, isto é, o solvente não conseguia mais dissolver e nem solvatar os íons (Na^+ e Cl^-) do cloreto de sódio. A observação desse evento permitiu aos alunos dos três grupos a obtenção de respostas corretas para a primeira questão do Quadro 1, conforme mostram transcrições abaixo:

G1: “Sistema saturado”.

G2: “A solução está saturada”.

G3: “Solução saturada”.

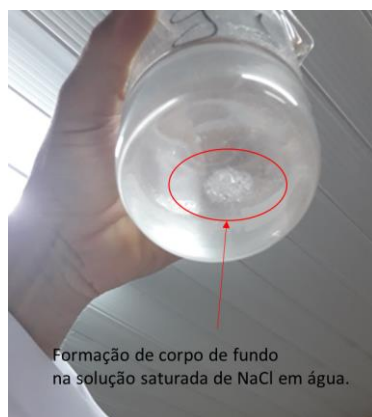


Figura 2. Momento em que o sistema formou uma solução saturada com corpo de fundo.

Fonte: Autores (2024).

Apesar de terem entendido que a solução de cloreto de sódio em água havia atingido o seu limite de saturação, no momento em que o docente comentou a questão com os estudantes, citando a palavra *solvatação* como parte do processo de dissolução do NaCl em água, e explicando que tal fenômeno ocorria até que se alcançasse a saturação do sistema, os estudantes dos três grupos relataram não se recordar ou não reconhecer esse conceito, o qual, no entanto, é fundamental no entendimento do experimento em questão. Nesse momento, a intervenção do docente foi crucial para conectar o assunto de *solubilidade* com o outro assunto relacionado, as *forças intermoleculares*. O docente então explanou aos estudantes que quando o NaCl (composto iônico, formado pela atração eletrostática entre os íons Na^+ e Cl^-) é adicionado à água, as moléculas de água se orientam na superfície dos cristais de modo que a extremidade positiva do dipolo da água se orienta no sentido dos íons Cl^- , ao mesmo tempo em que a extremidade negativa se orienta no sentido dos íons Na^+ . Dessa forma, ocorrem atrações intermoleculares do tipo *íon-dipolo* entre os íons do NaCl e as moléculas de água (BROWN et al., 2016), sendo estas atrações suficientemente fortes para puxar os íons Cl^- e Na^+ de suas posições no cristal de NaCl, isto é, superam a energia de rede do NaCl. Essa é a descrição do processo de dissolução do sal na água. Após a dissolução, os íons Cl^- e Na^+ são cercados por moléculas de água, evitando que se recombinem, configurando o processo de *solvatação*, o qual está desenhado na Figura 3.

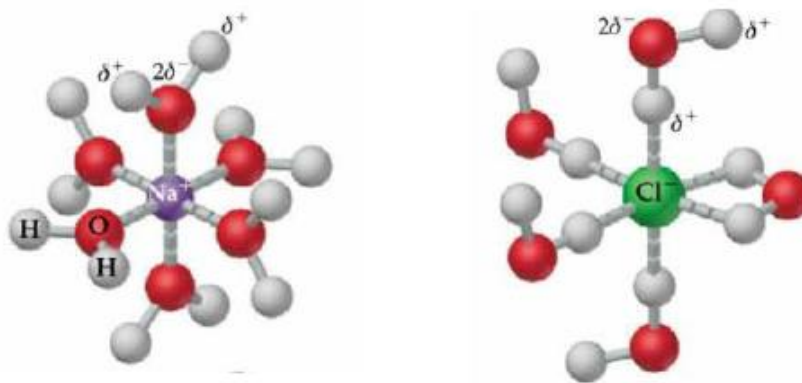


Figura 3. Demonstração do processo de solvatação dos íons Na^+ e Cl^- pela água durante a dissolução do NaCl.
Fonte: Adaptado de BROWN et al. (2016).

Com a explanação do docente sobre a *solvatação*, os alunos tiveram então a oportunidade de revisar esse conceito e de compreender plenamente o processo de dissolução

do NaCl na água até o momento da saturação do sistema. Os alunos observaram, de forma experimental, que a saturação da solução de NaCl em água se correlacionava diretamente com a teoria dada em sala, ocasião em que eles aprenderam que a saturação significa o ponto em que a solução atinge seu coeficiente de solubilidade (C_s), isto é, a quantidade máxima em gramas de soluto (nesse caso o sal de cozinha) que se pode dissolver em 100 g de solvente (a água).

É importante ressaltar que a verificação experimental do processo de dissolução como um todo foi fundamental para que os alunos pudessem fixar de forma definitiva os conceitos de solubilidade, coeficiente de solubilidade e classificação das soluções conforme esse critério. Assim, aquilo que à primeira vista aparentou para os estudantes ser um assunto complexo na aula teórica, nesse momento da aula experimental se tornou um conceito interessante e fácil. Adicionalmente, os aprendizes puderam revisar (ou reaprender), ou ainda aprender pela primeira vez o conceito de *solvatação*, também necessário ao entendimento do fenômeno elucidado. Frise-se, nesse momento, que as interações aluno-aluno e aluno-experimento, mesmo sendo efetivas, precisaram necessariamente de complementação pela interação professor-aluno, através da mediação docente, para que então pudesse ocorrer o esclarecimento de todos os fatos envolvidos. Eis a importância do diálogo na esfera social e educacional, estabelecido por Freire (1987), segundo o qual compete ao professor trabalhar o conteúdo programático das disciplinas por meio de diálogo contínuo com os alunos, troca de experiências e análise crítica.

Observou-se, assim, o grande potencial de aprendizagem obtido com a aula experimental planejada como tal. No entanto, Gomes e Costa (2022) alertam, em sua pesquisa recente com alunos e professores de uma escola pública de ensino médio de Natal/RN, que apesar do fato de atividades experimentais terem sido citadas por 60% dos respondentes como sendo o recurso mais empregado no ensino de Química, esse uso não pode ser feito de maneira subjetiva, superficial ou apenas demonstrativa, não instigando o aluno a pensar, resolver problemas, levantar hipóteses e atuar como agente pesquisador. Além disso, essa porcentagem diverge da tendência geral de uso dos recursos didáticos no ensino de Química, que ainda costuma ser focado na aula tradicional com quadro e pincel, de caráter conteudista e descontextualizado da parte experimental e da realidade dos estudantes (ALBANO e DELOU, 2023; DOS SANTOS e BRANDÃO, 2024).

É preciso destacar também que, a partir do fato oriundo da observação participativa, no qual os alunos não conseguiram recordar o conceito de *solvatação*, ou não o reconheceram,

emergiu a necessidade de uma autorreflexão da prática docente de Química que vem sendo desenvolvida nessa escola, no sentido de reconhecer lacunas de conhecimento existentes na formação dos estudantes, buscando assim superar barreiras no ensino-aprendizagem. Isso serviu com um indicativo da necessidade de reformular (no sentido de melhorar) este próprio protocolo, visando produzir aulas futuras ainda mais produtivas. Em outras palavras, é importante investir tempo e dedicação na criação de novos protocolos estrategicamente pensados sobre os principais assuntos abordados na matriz de conteúdos do ensino médio, levando em consideração as especificidades estabelecidas no referencial curricular amazonense. Isso mesmo frente ao fato de a escola não fornecer praticamente nenhum apoio material à elaboração dessas aulas, pela razão de não existir nenhum fundo de recursos financeiros destinado para tal finalidade.

Dando sequência à execução do protocolo experimental, após a formação inicial de uma massa de corpo de fundo no fundo do béquer (Figura 2), os alunos observaram ainda que a adição posterior de mais soluto (cloreto de sódio), ocasionava a formação de mais massa de corpo de fundo nas condições de temperatura e pressão utilizadas. Consequentemente, concluíram que não era possível de fato, naquelas condições, dissolver mais soluto, obtendo assim respostas corretas ou parcialmente corretas para a Questão 2 do Quadro 1.

G1: “Não”.

G2: “Não, porque o sistema não dissolve mais sal”.

G3: “Não, porque criou um corpo de fundo”.

Esse novo conjunto de respostas nos transporta diretamente para o que alguns autores importantes da área de ensino denominam de *protagonismo estudantil* na aprendizagem (AZEREDO e JUNG, 2023). Os autores descrevem que:

O protagonismo do aluno abrange sua participação ativa na aprendizagem, a capacidade de tomar decisões e a habilidade para resolver problemas autonomamente. Além disso, está relacionado à qualidade de suas interações com colegas e professores, trabalho em equipe e assunção de responsabilidades. (AZEREDO e JUNG, 2023, p. 2).

No caso presente, nota-se que os próprios achados iniciais do experimento, através da participação ativa dos educandos, serviram como elemento motivador para se chegar à resposta da questão subsequente à primeira. Isso prova que eles utilizaram seus conhecimentos prévios recém-adquiridos, exercitando o raciocínio científico. É exatamente nesse momento do experimento que se observou algo semelhante ao que foi relato por Monteiro (2019, p. 121), onde o professor, não mais detentor de saberes, se torna “mediador do processo que busca por meio da autonomia dos aprendizes o ponto de partida para a construção de novos saberes”. Acrescente-se, conforme (AZEREDO e JUNG, 2023), que outros fatores favorecedores do protagonismo estudantil na aprendizagem, se incluem o incentivo e apoio da família e de professores, as atividades extracurriculares e as tecnologias digitais.

No passo seguinte do protocolo experimental, os alunos realizaram a filtração simples da solução saturada de NaCl que obtiveram, reservando o filtrado em outro béquer. Em seguida, começaram a adicionar o etanol 92°GL aos poucos ao sistema composto pela solução saturada de sal em água, observando as modificações. Os alunos puderam então verificar que uma quantidade de sal visualmente significativa e que estava dissolvido na solução inicial começou a se recrystalizar e a precipitar no fundo do béquer, acumulando-se nessa região, sob a forma de cristais recrystalizados de NaCl (Figura 4). Esse fato deixou os estudantes eufóricos e ainda mais curiosos nesse momento, levando-os a indagar incisivamente o docente sobre a razão de tal fenômeno físico ter ocorrido de forma tão evidente e repentina, como se fosse uma “mágica”.



Figura 4. Recrystalização e precipitação de cristais de cloreto de sódio (NaCl) a partir da solução saturada.
Fonte: Autores (2024).

Nesse momento da prática foi observado que os alunos dos três grupos, mesmo após um tempo suficiente fornecido pelo docente, não conseguiram formular uma hipótese adequada para explicar o que foi observado (3ª questão, Quadro 1). Então, fez-se necessária nova intervenção do docente, o qual forneceu uma explicação científica ao fenômeno ocorrido. Para tanto, mais uma vez foi preciso recorrer a uma conexão com o assunto de *forças intermoleculares* para explicar o que foi observado na prática.

O docente então explicou que a recristalização dos cristais de NaCl a partir da solução saturada desse sal em água ocorre pelo fato de o etanol ser infinitamente solúvel em água, uma vez que a hidroxila de sua molécula (etanol, $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$) forma *ligações de hidrogênio* com as moléculas de água (H_2O), sendo isso aliado ao fato de o etanol ser um álcool de cadeia curta. Essa interação secundária (ou *força intermolecular*), também chamada de *ligação de hidrogênio*, é o tipo mais forte de *força intermolecular* existente na natureza (energia de ~ 20 KJ/mol) (BROWN et al., 2016). Logo, devido à maior intensidade energética da *ligação de hidrogênio* em relação à energia da *interação íon-dipolo* (energia de ~ 15 KJ/mol) (BROWN et al., 2016), as moléculas de água que estavam associadas os íons Na^+ e Cl^- deixam esses íons e se associam ao etanol. Parte significativa desses íons cloreto (Cl^-) e sódio (Na^+) do sal passam então a ficar livres para se recombinarem novamente, formando cristais de NaCl, os quais se precipitam no fundo do béquer. Em outras palavras, ao aumentar a quantidade de álcool no béquer é como se ocorresse uma saída “forçada” do sal da solução saturada, ocasionada pela grande afinidade química entre as moléculas de água e do álcool.

É importante ressaltar, nessa parte da prática, que os alunos não conseguiram sozinhos nem visualizar e nem entender esse fenômeno e, conseqüentemente, as respostas por eles formuladas anteriormente à explicação do docente não foram satisfatórias ou foram muito incompletas ou superficiais, requerendo a intervenção e a mediação realizada. Esse resultado, além de revelar outra lacuna de conhecimento na formação dos estudantes, funcionou para o docente com um indicativo da necessidade e da importância de se revisar com os alunos o tópico de *forças intermoleculares*, o qual é um assunto de química expressivamente importante no ensino médio, e geralmente trabalhado na série anterior (1ª série do ensino médio). A tamanha importância relatada decorre não apenas do fato de as *forças intermoleculares* interferirem na solubilidade de muitas substâncias, mas também na capacidade de elas influenciarem outras

propriedades físicas também relevantes como, por exemplo, a temperatura de fusão e de ebulição das substâncias.

Por fim, os estudantes visualizaram também, após a adição de etanol ao sistema, que a ocorrência de interação entre o etanol e o solvente da solução saturada de sal em água revelou que o fato de uma solução ter atingido o limite de solubilidade para um determinado soluto não a impede de dissolver outras substâncias no mesmo solvente. Após o entendimento da interação entre o etanol e álcool no sistema, a interpretação acima foi obtida satisfatoriamente pelos estudantes, os quais responderam corretamente ao enunciado da quarta e última questão do Quadro 1, encerrando as observações e anotações do experimento.

Assim, em um momento final de análise de resultados globais, e de autorreflexão do docente sobre os impactos desta aula experimental na aprendizagem dos estudantes, a informação que brotou imediatamente para os autores foi a importância de se repensar e de se ressignificar atividade experimental como metodologia didática verdadeiramente promotora de um ensino investigativo que possa ser satisfatório e eficaz.

Nesse sentido, e em concordância com pressupostos defendidos por Paz e Locatelli (2022), destaca-se a importância da aula experimental bem planejada, mas que não seja limitada numa rigidez protocolar excessiva, muitas vezes distante da realidade do aluno e sem estímulo ao ato de entender e fazer ciência, tornando-se ineficaz para os estudantes do ensino médio. Isso sugere que o próprio protocolo em questão precisa ser melhorado, no sentido de fomentar ainda mais a autonomia dos alunos na execução e na interligação de conceitos. Por fim, depreendeu-se que o protocolo careceu também de uma forma de socialização coletiva dos achados da pesquisa, onde os alunos pudessem expor seus resultados e conclusões e dirimir dúvidas porventura ainda existes. Dessa forma, espera-se pode contribuir ainda mais para a construção de uma metodologia sólida para a promoção de uma aprendizagem investigativa com uso do ambiente do laboratório, a qual só tem a beneficiar o ensino de Química como parte do processo de formação social, crítica e criativa desses estudantes.

4. Conclusão

A realização da atividade experimental possibilitou aos estudantes o entendimento dos conceitos de solubilidade, coeficiente de solubilidade e classificação de soluções quanto à

solubilidade. A prática foi relevante também do ponto de vista técnico, ou seja, os alunos tiveram a oportunidade de manusear os equipamentos e vidrarias e de preparar e analisar soluções reais no laboratório de uma escola pública de ensino médio, contribuindo para uma preparação mais sólida desses estudantes para a universidade. A somatória desses fatos evidenciou uma adequabilidade da metodologia de ensino empregada, a qual colaborou no processo de ensino e aprendizagem de Química dos estudantes, atendendo aos critérios de interdisciplinaridade, contextualização e fortalecimento do protagonismo estudantil científico e social estabelecidos pela BNCC e pelo Novo Ensino Médio.

Ademais, os resultados obtidos da pesquisa evidenciaram que, mesmo com uma estrutura precária e sob condições de trabalho limitadas na escola em questão, foi possível realizar um trabalho satisfatório do ponto de vista didático experimental, que favoreceu o protagonismo e autonomia dos estudantes na aprendizagem de Química. Isso, no entanto, não exime o governo estadual da urgente necessidade de melhoria das condições de trabalho nos laboratórios de ciências das escolas públicas, especialmente daquelas do interior deste Estado.

Os resultados também indicaram algumas deficiências conceituais persistentes, o que sugere a necessidade de melhorar a frequência de aulas práticas experimentais e de propor outras aulas como esta, com foco em conceitos fundamentais de Química da grade curricular do ensino médio, porém contextualizadas e elaboradas cuidadosamente, de forma a favorecer a maximização do aprendizado do alunado dessa região. Ficou evidente ainda a necessidade de revisão de conceitos químicos já ministrados em séries anteriores, no intuito de realizar conexões efetivas entre conceitos já vistos e conceitos novos.

Uma autorreflexão final sobre o trabalho desenvolvido, levando em consideração também as limitações do próprio protocolo criado, identificou que seria importante, na proposição e criação de novos protocolos e melhoria do atual, incluir também o momento pós-laboratório para uma socialização mútua de aprendizagens, conclusões e perspectivas estudantis.

5. Referências

ALBANO, W. M.; DELOU, C. M. C. Principais dificuldades apontadas no Ensino-Aprendizagem de Química para o Ensino médio: revisão sistemática. Arca - repositório institucional da Fiocruz, p. 1- 23, 2023. <https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/57466>

AMAZONAS. *Referencial Curricular Amazonense - Ensino Médio (RCA-EM)*. Manaus: Secretaria de Estado de Educação do Amazonas, 2020. <http://www.cee.am.gov.br/wp-content/uploads/2021/08/RCA-Ensino-Medio.pdf>. Acesso em: 26 mai. 2022.

ATKINS, P; JONES, L. *Princípios de Química: questionando a vida moderna e o meio ambiente*, 5 ed., Porto Alegre: Bookman, 2012.

AZEREDO, I.; JUNG, H. S. O protagonismo no processo de aprendizagem: percepções de estudantes. *Revista Internacional de Pesquisa em Didática das Ciências e Matemática*, v. 4, e023018, p. 1-21, 2023.

BRASIL. *Base Nacional Comum Curricular*. Ministério da Educação. Brasília: MEC/Secretaria de Educação Básica. 2018. Disponível em: <<http://basenacionalcomum.mec.gov.br/abase/#medio>>. Acesso em: 26 out. 2024.

BRASIL. *Programa Novo Ensino Médio*, 2022. Disponível em: <https://pddeinterativo.mec.gov.br/novo-ensino-medio>. Acesso em: 30 de dezembro 2023.

BROWN, T. L. et al. *Química: a ciência central*, 13 ed, São Paulo: Pearson, 2016.

CARVALHO, A. M. P. de. *Os estágios nos cursos de licenciatura*. 1 ed. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

CRUZ, R.; GALHARDO-FILHO, E. *Experimentos de química-em microescala, com materiais de baixo custo e do cotidiano*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2009.

DE JESUS SILVA, A. J.; DA SILVA EGAS, V. S. Percepção da importância do uso de atividades experimentais na aprendizagem de química de um grupo de estudantes concluintes do ensino médio em uma escola pública em Tefé/AM. *Revista Insignare Scientia-RIS*, v. 5, n. 1, p. 209-234, 2022.

DE JESUS SILVA et al. Tempos de pandemia: efeitos do ensino remoto nas aulas de química do ensino médio em uma Escola Pública de Benjamin Constant, Amazonas, Brasil. *Journal of Education, Science and Health*, v. 1, n. 3, 2021.

DOS SANTOS, F. S.; BRANDÃO, E. G. Principais dificuldades e a falta de contextualização para o ensino de Química. *Missões: Revista de Ciências Humanas e Sociais*, v. 10, n. 1, p. 01-12, 2024.

DOS SANTOS, K. C. *Diálogo: ciências da natureza e suas tecnologias (ser humano: origem e funcionamento)*. São Paulo: Moderna, 2020.

FREIRE, P. *Pedagogia do Oprimido*. 17. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

FIGUEIREDO, A. M. de; SOUZA, S. R. G. de. *Como elaborar projetos, monografias, dissertações e teses: da redação científica à apresentação do texto final*. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora Lumen Juris, 2008.

GERALDO, A. C. H. *Didática de ciências naturais na perspectiva histórico-crítica*. Campinas: Autores Associados LTDA, 2022.

GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 4. ed. São Paulo: Atlas SA, 2002.

GOMES, É. E. et al. Igarapés como espaço educacional não formal para estudantes de uma escola pública no interior do Estado do Amazonas, Brasil. *Journal of Education Science and Health*, v. 3, n. 3, p. 01-19, 2023.

GOMES, P. H. S; COSTA, F. E. M. Dificuldades no ensino aprendizagem de Química: estudo de caso no 2º ano do ensino médio. *Conexões-Ciência e Tecnologia*, v. 16, p. 1-9, e022012, 2022.

LISBOA, J. C. F. et al. *Ser Protagonista—Química*. 3 ed. São Paulo: Edições SM., v. 1, 2016.

KOTZ, J. C.; TREICHEL. P. M. *Química Geral e Reações Químicas*, 9 ed., volumes 1 e 2. São Paulo: Cengage Learning, 2016.

MONTEIRO, M. M. C. Desafios da prática docente no processo educacional. *Revista GeTeC*, v. 8, n. 21, 2019.

PAZ, G. S. B.; LOCATELLI, S. W. Repensar da prática docente considerando a perspectiva do ensino por investigação e da metacognição. *Vivências*, v. 19, n. 38, p. 209-225, 2023.

RAMOS, L. G.; LOURENÇO, A. V. S. de. Dificuldades dos docentes de Química de escolas estaduais do município de Santo André/SP: entraves para a realização de aulas experimentais. *Colóquios-Geplage-PPGED-CNPq*, n. 1, p. 724-735, 2020.

ZANON, L. B.; MALDANER, O. A. *Fundamentos e propostas de ensino de química para a educação básica no Brasil*. Ijuí: Editora Unijuí, 2007.