

**Carol de Souza Berger, Bruna Marine Damm, Paulo Rogerio Garcez de Moura e André Romero da Silva**



O presente artigo descreve um relato de prática voltada para o ensino de Química, com enfoque na nanociência/nanotecnologia por meio do projeto denominado #Nanoteam. Os participantes foram discentes da terceira série do Ensino Médio de uma escola particular de Linhares, ES. As atividades do projeto aconteceram de forma remota e foram desenvolvidas com base no método *Jigsaw* e na Atividade Experimental Problematicada (AEP). Os conteúdos de Química (interações intermoleculares) foram mobilizados com a temática referente à nanotecnologia por meio de pesquisas, discussões em grupos, palestra com um especialista da área, experimentação e apresentações de produtos confeccionados pelos alunos. O projeto possibilitou aos alunos a construção e a apropriação de conceitos nanotecnológicos fundamentais para promoção da criticidade científica. Além disso, houve a participação dos alunos de forma ativa e colaborativa durante o processo de ensino-aprendizagem.

► nanotecnologia, interações intermoleculares, experimentação, Atividade Experimental Problematicada ◀

Recebido em 18/08/2023; aceito em 08/04/2024

## Introdução

A Química está presente em vários processos naturais e tecnológicos, bem como em diversos avanços científicos diretamente associados à vida contemporânea da população (Shukla *et al.*, 2021; Adhikari, 2021; Pampa-Quispe e Torres-Acurio, 2023). Um desses avanços é a nanotecnologia, cujo manuseio da matéria em escala nanométrica tem favorecido o desenvolvimento de materiais com propriedades macroscópicas revolucionárias (Hudson-Smith *et al.*, 2023). A nanotecnologia tem aprimorado as funcionalidades dos dispositivos eletrônicos, cosméticos, ligas metálicas e tintas (Akinhanmi *et al.*, 2023; Ariga, 2023).

Embora a nanotecnologia esteja presente em diversos produtos que são consumidos pelas pessoas, os conceitos e inovações que a envolvem são pouco discutidos no ensino de Química (Ahmed *et al.*, 2021; Pedrosa e Pinto, 2023). A

inserção desse tema permite ao aluno reconhecer os potenciais benefícios e prejuízos que uma nova tecnologia pode trazer (Rebello *et al.*, 2012; Hudson-Smith *et al.*, 2023).

A abordagem da temática ligada à nanotecnologia no ensino de Química enriquece a contextualização e facilita a aprendizagem de conceitos químicos, já que se trata de um assunto próximo da realidade do estudante. Portanto, a formação do aluno é direcionada para que ele possa atuar como um cidadão mais responsável e comprometido frente à sociedade científico-tecnológica atual, na qual a Química aparece como relevante instrumento para investigação, produção de bens e desenvolvimento socioeconômico (Martins *et al.*, 2003; Siqueira-Batista *et al.*, 2010; Tomkelski *et al.*, 2019).

### O contexto da nanotecnologia

O prefixo nano (do grego, *nánmos*, que significa anão, em português) é usado na notação científica para expressar um

**Embora a nanotecnologia esteja presente em diversos produtos que são consumidos pelas pessoas, os conceitos e inovações que a envolvem são pouco discutidos no ensino de Química (Ahmed *et al.*, 2021; Pedrosa e Pinto, 2023). A inserção desse tema permite ao aluno reconhecer os potenciais benefícios e prejuízos que uma nova tecnologia pode trazer (Rebello *et al.*, 2012; Hudson-Smith *et al.*, 2023).**

bilionésimo ( $10^{-9}$ ). Assim, o nanômetro (*nm*) equivale a  $10^{-9}$  m, ou seja, um bilionésimo de metro. Nessa escala de tamanho, um minúsculo vírus apresenta-se como uma entidade com cerca de 200 *nm* (Toma e Araki, 2005; Pampa-Quispe e Torres-Acurio, 2023).

Um fato interessante sobre a nanotecnologia é que o manuseio das partículas em escala nanométrica pode alterar suas propriedades macroscópicas. O ouro, por exemplo, é um metal nobre e pouco reativo; no entanto, em tamanho nanométrico, os átomos de ouro se transformam em catalisadores ativos em muitas reações. Suas partículas pequenas (1-20 *nm*) apresentam estruturas cristalinas com faces bem definidas, condição que minimiza a energia superficial e faz com que sua reatividade aumente (Somorjai, 1994; Akinhanmi *et al.*, 2023). De acordo com *The Royal Society and The Royal Academy of Engineering* (2004), existe uma grande variedade de técnicas que podem ser controladas em nanoescala. Esses métodos são comumente divididos em duas abordagens principais: (i) *top-down*; e (ii) *bottom-up*. A técnica conhecida como *top-down* objetiva reproduzir algo já existente, contudo, em escala menor que a original, sendo a mais tradicional no desenvolvimento de nanoestruturas. Já a técnica chamada de *bottom-up* consiste na criação de estruturas, átomo por átomo ou molécula por molécula. De qualquer modo, ambas estão diretamente ligadas a uma propriedade nanoparticulada muito importante: o tamanho.

Para que a sociedade possa compreender a importância da nanotecnologia atualmente, faz-se necessária uma maior disponibilidade de informações sobre os benefícios e os riscos dos produtos da nanotecnologia (Martins *et al.*, 2015). Dessa maneira, em busca de contextualizar e facilitar a aprendizagem da nanotecnologia no ensino de Química, recorreu-se ao método *Jigsaw* e à Atividade Experimental Problematizada (AEP). O uso dessas estratégias didáticas no projeto teve o intuito de engajar a participação dos alunos, potencializando suas capacidades de resolução de problemas, tomada de decisões, de se posicionar e argumentar sobre situações de forma crítica, além de trabalhar colaborativamente e articular a Química às situações próximas de sua realidade.

Para que a sociedade possa compreender a importância da nanotecnologia atualmente, faz-se necessária uma maior disponibilidade de informações sobre os benefícios e os riscos dos produtos da nanotecnologia (Martins *et al.*, 2015). Dessa maneira, em busca de contextualizar e facilitar a aprendizagem da nanotecnologia no ensino de Química, recorreu-se ao método *Jigsaw* e à Atividade Experimental Problematizada (AEP). O uso dessas estratégias didáticas no projeto teve o intuito de engajar a participação dos alunos, potencializando suas capacidades de resolução de problemas, tomada de decisões, de se posicionar e argumentar sobre situações de forma crítica, além de trabalhar colaborativamente e articular a Química às situações próximas de sua realidade.

#### O método Jigsaw

O *Jigsaw*, traduzido livremente para sala de aula como quebra-cabeças, é um método de ensino cooperativo. Ele foi desenvolvido no início dos anos 1970 por Elliot Aronson na Universidade do Texas e na Universidade da Califórnia (Aronson, 2000). A dinâmica do *Jigsaw* exige que haja interdependência entre os grupos de alunos. É essa interdependência que proporciona aos alunos uma postura mais ativa, colaborativa, autônoma e responsável pela própria aprendizagem (Aronson, 2000). Assim, o professor deixa

de ser o único detentor do saber e se torna um facilitador do processo de aprendizagem do aluno.

De maneira sistematizada, o método *Jigsaw* primeiramente distribui os alunos em grupos de base e um determinado tópico é discutido por todos de cada grupo (Figura 1).

A quantidade de tópicos depende do número de alunos dentro de cada grupo. Em seguida, cada aluno estuda e discute com os membros dos outros grupos, que receberam o mesmo tópico, formando o chamado grupo de especialistas. Posteriormente, cada aluno retorna ao grupo de base e apresenta o que aprendeu sobre o seu tópico a seus colegas, de maneira que, após todos entregarem suas contribuições, reúne-se

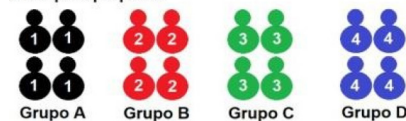
todo o conhecimento indispensável para a compreensão do conteúdo. Cada estudante precisa aprender a matéria para si e explicar a seus colegas, de forma clara, o que aprendeu (Fatarelli *et al.*, 2010; Cochito, 2004).

A Atividade Experimental Problematizada (AEP) é uma estratégia didática que se desenvolve por meio do experimento e a partir da delimitação de um problema de natureza teórica (Silva *et al.*, 2017). Nessa direção, a AEP é uma opção metodológica que conduz o aluno a desenvolver habilidades de resolução de problemas, de forma autônoma, criativa e colaborativa (Gonçalves *et al.*, 2021).

**Grupo de Base** - Os alunos de cada grupo discutem subtópicos de um determinado tópico. Na figura um tópico foi subdividido em 4 subtópicos



**Grupo de Especialistas** - Os alunos responsáveis por um mesmo subtópico discutem em grupo sobre o subtópico proposto



**Retorno ao Grupo de Base** - Os alunos responsáveis por um subtópico voltam ao grupo de base para apresentar o que aprenderam, reunindo os conhecimentos indispensáveis a compreensão do tópico estudado



Figure 1. Representação esquemática de atividade baseada no método cooperativo de aprendizagem Jigsaw (adaptado de Fatarelli *et al.*, 2010).

#### A experimentação a partir da Atividade Experimental Problematizada (AEP)

A Atividade Experimental Problematizada (AEP) é uma estratégia didática que se desenvolve por meio do experimento e a partir da delimitação de um problema de natureza teórica (Silva *et al.*, 2017). Nessa direção, a AEP é uma opção metodológica que conduz o aluno a desenvolver habilidades de resolução de problemas, de forma autônoma, criativa e colaborativa (Gonçalves *et al.*, 2021).

A AEP possui como base dois eixos norteadores, um que se refere à natureza teórica e o outro, metodológica. Em

síntese, observa-se na Figura 2, os fundamentos estruturantes da AEP, tratados como eixo teórico (o planejar) e eixo metodológico (o executar).



Figure 2. Esquema dos eixos estruturantes da AEP.

Com base nas premissas anunciadas, este trabalho relata o projeto #Nanoteam, que prezou pela abordagem contextualizada da nanotecnologia de forma integrada aos conceitos químicos trabalhados na 3ª série do Ensino Médio (interação intermolecular, proteínas e alimentos), por meio do método *Jigsaw* e da AEP.

### Metodologia

O projeto #Nanoteam contou com a participação de 21 alunos da 3ª série do Ensino Médio, turno matutino, de uma instituição privada de ensino, localizada no município de Linhares, ES. A intervenção escolar ocorreu de forma remota, com início em outubro de 2021 e término em novembro de 2021, durante o distanciamento social devido à pandemia de covid-19. Os participantes eram 9 meninas e 12 meninos, com idades entre 16 e 18 anos. Este estudo trata-se de uma aplicação educacional planejada e desenvolvida no contexto de uma pesquisa de mestrado profissional em Química, vinculado ao Instituto Federal do Espírito Santo (IFES). A escolha da turma foi devido ao formato de ensino dedicado à 3ª série, em que os discentes tiveram a oportunidade de revisar os conceitos trabalhados ao longo do Ensino Médio, com ênfase em uma temática da atualidade e próxima do dia a dia dos alunos, a nanotecnologia. Além disso, por conta do isolamento social, a escola se organizou para que fossem ofertadas aulas remotas. Dessa forma, o objetivo principal foi promover atividades capazes de gerar aprendizagem efetiva para explorar dimensões que vão além de assistir uma aula pela tela do computador.

Para a pesquisa, foram utilizados: diário de bordo da professora, gravação de áudio, formulários/questionários respondidos pelos alunos e produções confeccionadas por eles. O projeto #Nanoteam desenvolveu uma série de ações que intencionavam ensinar conteúdos de Química (interações

intermoleculares) de forma contextualizada com a nanotecnologia e desenvolver competências gerais (críticidade, criatividade, colaboração e comunicação). Um esquema geral do projeto pode ser visto no Quadro 1.

Quadro 1: Esquema geral das ações do projeto #Nanoteam.

<p><b>Momento 1 – Método <i>Jigsaw</i></b></p> <p><b>1ª aula:</b> Contextualização e levantamento de concepções prévias. Explicação do método <i>Jigsaw</i> e divisão das equipes. Disponibilização de material de estudo às equipes.</p> <p><b>2ª aula:</b> Estudos individuais. Compartilhamento de ideias e discussões entre os grupos de especialistas.</p> <p><b>3ª aula:</b> Retorno à equipe de base e compartilhamento de ideias e discussões. Encaminhamentos, direcionamentos e <i>feedback</i>.</p> <p><b>4ª aula:</b> Compartilhamento de informações entre todos a partir da confecção de um mural (<i>padlet</i>).</p>
<p><b>Momento 2 – Aulas teóricas e palestra</b></p> <p><b>5ª e 6ª aulas:</b> Explicação sobre interações intermoleculares, geometria molecular e ligações químicas.</p> <p><b>7ª aula:</b> Palestra com especialista sobre nanotecnologia.</p>
<p><b>Momento 3 – AEP</b></p> <p><b>8ª aula:</b> Experimentação envolvendo diferentes maneiras de preparar uma omelete por meio de uma AEP.</p>
<p><b>Momento 4 – Finalização e produtos</b></p> <p><b>9ª aula:</b> Exposição e apresentação dos produtos.</p>

### Desenho do projeto #Nanoteam

Inicialmente foram feitas duas perguntas aos alunos para promover uma discussão e contextualizar o assunto. As perguntas foram as seguintes: “1-Quais dos produtos listados, que são comumente comercializados, vocês utilizam?” e “2-Você já percebeu que nos produtos em que assinalou existe o termo nano?” Em seguida, iniciou-se a aplicação do método *Jigsaw* com a divisão das equipes de base e entrega do material de estudo, envolvendo textos, artigos, vídeos e esquemas sobre o tema de trabalho.

O Quadro 2 mostra a organização de cada equipe. Cada aluno das equipes ficou responsável por um subtópico, sendo estes definidos como: 1) História da nanotecnologia; 2) O tamanho; 3) Produtos nanotecnológicos; 4) Educação e nanociência; e 5) Aplicação da nanotecnologia.

Quadro 2: Formação das equipes de base de acordo com o *Jigsaw*.

MATERIAL	BASE 1	BASE 2	BASE 3	BASE 4
PARTE 1	A1 (E1)	A6 (E2)	A11 (E3)	A16 (E4)
PARTE 2	A2 (E1)	A7 (E2)	A12 (E3)	A17 (E4)
PARTE 3	A3 (E1)	A8 (E2)	A13 (E3)	A18 (E4)
PARTE 4	A4 (E1)	A9 (E2)	A14 (E3)	A19 (E4)
PARTE 5	A5 (E1)	A10 (E2)	A15 (E3)	A20 (E4)

Cada aluno estudou individualmente para que, posteriormente, compartilhassem suas informações com a equipe especialista. Após essa etapa, houve o retorno às equipes de base. Cada um, em seu momento, expôs sua opinião sobre o que entendeu, o que achou mais significativo e o quanto a nanotecnologia é importante e se faz presente em nosso cotidiano. Ao término da atividade, cada equipe montou um mural *on line*, utilizando o aplicativo *padlet*. Para a construção do mural compartilhado, os grupos tiveram que organizar e sintetizar os conhecimentos que mais lhes chamaram a atenção durante as discussões sobre nanotecnologia.

Dando continuidade ao projeto, iniciaram-se as aulas teóricas sobre os conteúdos: ligação química, geometria molecular, polaridade e interação intermolecular. Para complementar, foi promovido um seminário *online* ministrado por um especialista com ampla experiência no campo da nanotecnologia. O especialista convidado é professor do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES), possui mestrado e doutorado em Química e realiza pesquisas na área de Química com ênfase em formulações nano e microparticuladas.

Após esse momento, foi desenvolvido o experimento, conforme a metodologia AEP. A proposição do problema foi a seguinte: “*É possível compreender conceitos da nanotecnologia e de interação intermolecular ao preparar uma omelete?*”. De forma a atender a resolução do problema, os objetivos experimentais foram: relacionar as diferentes formas de agitação com o tamanho das gotículas de ar; observar a influência do tamanho das gotículas de ar sobre propriedades macroscópicas do alimento – sabor e textura; correlacionar conceitos nanotecnológicos associados ao conteúdo de interações intermoleculares; preparar uma omelete sob diferentes situações.

As diretrizes metodológicas foram repassadas aos alunos na forma de um roteiro semiestruturado e orientavam para os diferentes processos que poderiam ser executados para preparar a omelete. Para atender a AEP, no eixo do desenvolvimento, houve a discussão prévia e os alunos se organizaram para a execução do experimento. A partir dos objetivos, as equipes articularam-se para responder da melhor forma ao problema (Silva *et al.*, 2017).

Na etapa seguinte, as equipes propuseram soluções ao problema, sem a interferência do professor, sendo as soluções partilhadas pelos discentes na etapa da socialização. Nesse momento, o professor conduziu a discussão dos resultados obtidos. Finalmente, na sistematização os alunos buscaram um produto que materializasse as discussões e os resultados experimentais, sendo produzidos murais, textos, desenhos, vídeos e música.

Como as atividades ocorreram remotamente, o preparo da omelete foi realizado pelos alunos em suas residências,

utilizando-se *mixer* como agitador mecânico e a agitação manual. Todo o processo de preparo foi acompanhado e orientado pelo docente usando plataformas de comunicação por vídeo, como o *Google Meet*. A forma de avaliação do projeto deu-se ao longo de toda a aplicação, sendo observadas as respostas aos questionários e a interação dos discentes entre si e sua participação em todas as etapas do projeto.

Para garantia da privacidade e confidencialidade dos resultados do trabalho, os estudantes foram identificados com os códigos de A01 a A21, e as equipes, com os códigos E01 a E04. Os trechos com as falas dos alunos, da professora e do palestrante especialista citados no decorrer da discussão dos resultados, foram recolhidos durante as atividades por meio de gravações de áudio. Os conteúdos dispostos nos murais *online* preparados pelos estudantes foram analisados por meio da organização de categorias, tal como orienta Bardin (2016) para análise de conteúdo.

## Resultados e discussão

### Contextualização e concepções prévias

Para se inteirar do conhecimento prévio acerca do tema nanotecnologia, além de aproximar os alunos do assunto e demonstrar que a nanotecnologia está bem próxima deles de um modo que eles nem imaginam, os alunos foram questionados sobre a utilização de alguns produtos que são comumente consumidos por eles. As opções relacionadas à utilização do aparelho celular e do consumo de biscoito recheado e de protetor solar foram as mais citadas pelos alunos (100%), seguido da utilização do bebedouro (90,5%), do creme dental (90,5%) e da fita adesiva (85,7%). Percentuais significativos também foram obtidos para o sabonete de tratamento de acne (76,2%), para o secador de cabelo (76,2%) e para o hidratante corporal (71,4%). Por último, 57,1% dos alunos citaram utilizar o tecido impermeável em casa.

Para complementar, foi questionado aos alunos se já haviam observado a existência do termo nano em alguns desses produtos que marcaram. A Figura 3 mostra

os itens marcados pelos alunos. Apenas o celular obteve mais respostas positivas (52,4%) do que negativas (47,6%). O destaque do aparelho celular em relação aos demais produtos se deve a difusão do nanochip pelo comércio desses aparelhos. O segundo produto com mais respostas afirmativas foi a do creme dental (42,8%), seguida da fita adesiva (33,3%). Apenas 1 (um) aluno indicou sobre a percepção do prefixo nano no secador de cabelo, sendo que a maioria dos discentes (76,66%), não percebeu esse termo nos produtos utilizados.

Embora a nanotecnologia seja uma temática da atualidade e esteja tão próxima da nossa realidade, ainda é assunto pouco discutido em sala de aula. No caso da presente aplicação,

[...] as equipes propuseram soluções ao problema, sem a interferência do professor, sendo as soluções partilhadas pelos discentes na etapa da socialização. Nesse momento, o professor conduziu a discussão dos resultados obtidos. Finalmente, na sistematização os alunos buscaram um produto que materializasse as discussões e os resultados experimentais, sendo produzidos murais, textos, desenhos, vídeos e música.

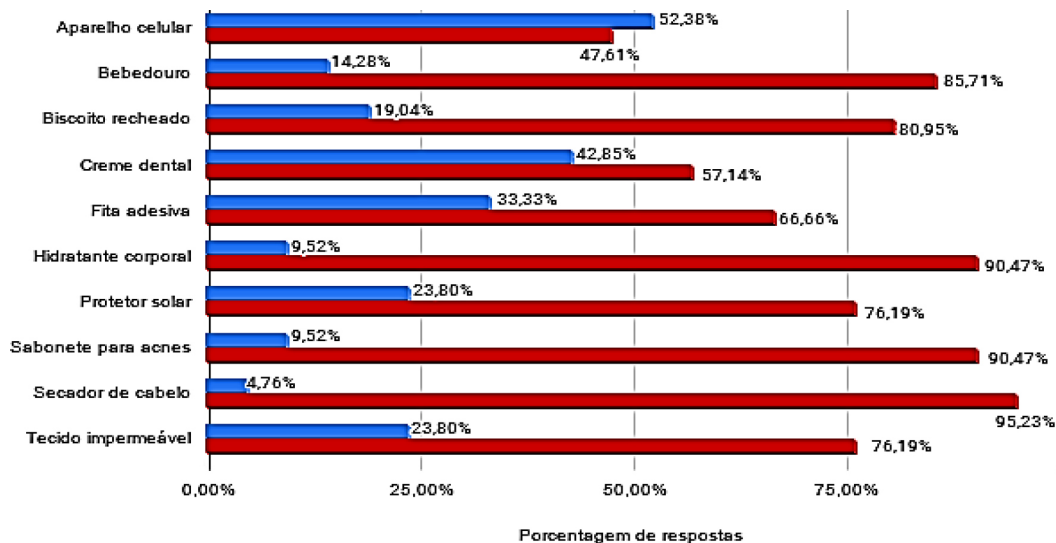


Figure 3. Respostas dos alunos à pergunta “Você já observou que no rótulo dos produtos que você listou aparece o termo nano?”. Respostas: Sim ■ Não ■

foi possível perceber que, para a maioria dos alunos, o assunto a ser discutido durante as aulas seguintes seria algo novo e que eles ainda não conheciam, ainda que muitos produtos comercializados nos supermercados já possuam características nanotecnológicas. Cabe destacar que a nanotecnologia é uma ciência fundamental que permite discussões relevantes sobre a Química e outros assuntos, e que estas podem ser integradas às situações do dia a dia dos alunos.

#### Método Jigsaw

Em busca de consolidar e aprimorar o conhecimento sobre o assunto, os alunos foram encaminhados para pesquisarem sobre o assunto. Para maior aproveitamento da atividade, eles vivenciaram o método *Jigsaw* por meio da formação de equipes para buscarem informações sobre os tópicos relacionados à nanotecnologia a partir de materiais de suporte disponibilizados pela professora. Esse processo de ensino-aprendizagem contribuiu para que os alunos adquirissem autonomia, confiança e conhecimentos essenciais para as atividades seguintes do projeto.

O Quadro 3 sintetiza algumas contribuições das equipes de especialistas que foram reunidas quando os alunos estavam discutindo sobre seus temas (subtópicos), antes do retorno à equipe de base. Percebeu-se que alguns alunos conseguiram informações via seriados e documentários. No retorno à equipe base, notou-se que os alunos tiveram maiores capacidades de argumentação e comunicação acerca dos conteúdos que gostariam de compartilhar. As discussões dos grupos foram mais participativas e ficaram em torno da importância do tamanho e o quanto a nanotecnologia está presente nos cosméticos, vestuários, equipamentos de esportes, na farmacologia, medicina e no ramo alimentício.

Quadro 3: Reflexões dos discentes inseridos nas equipes de especialistas.

“Já pensou a inserção de nanorrobôs na corrente sanguínea para efetuar o combate contra microrganismos danosos e com transmissão por nanocâmeras na BAND!?” / “Potencial absurdo. Difícil de se acreditar. Mas é o futuro né.” (A1)

“Hoje em dia já existe impressora 3D. De acordo com a série *Grey’s Anatomy*, apresenta muito a tecnologia e a nanotecnologia na medicina assim como impressão de órgãos e o desenvolvimento de órgãos reais que possam ser utilizados.” (A2)

“Eu achei interessante a parada da nanotecnologia ser aplicada ao esporte, porque pode tornar a vida do atleta melhor, disponibilizando equipamentos melhores, mais leves e eficazes.” (A3)

equipamentos de esportes, na farmacologia, medicina e no ramo alimentício.

Na etapa de finalização do método *Jigsaw*, foi utilizado o *padlet* para que cada equipe montasse um mural *online* e expusessem seus aprendizados para todos. A análise desse material possibilitou a estruturação de oito categorias *a posteriori* e a delimitação das habilidades atingidas pelos alunos. O Quadro 4 descreve essa análise e traz também as unidades de registro correspondentes a cada categoria/habilidade e alguns trechos dos conteúdos apresentados nos murais.

A partir da análise dessas categorias, é possível afirmar que as equipes expuseram conteúdos variados sobre o conceito, a história, curiosidades da natureza, aplicações e produtos da nanotecnologia. Dessa forma, foi possível identificar as principais características proporcionadas pelo método *Jigsaw* para

Quadro 4: Análise dos conteúdos dispostos nos murais produzidos pelas equipes (E01 a E04): categorias *a posteriori*, habilidades, unidades de registro e exemplos de conteúdos transcritos.

<b>Categorias <i>a posteriori</i></b>	<b>Habilidades</b>	<b>Unidades de registro</b>	<b>Transcrição do conteúdo do mural <i>Padlet</i></b>
(1) História da nanotecnologia	- Compreender a nanotecnologia como uma construção social, científica e histórica.	n = 4	"A primeira vez que se falou em nanotecnologia foi em dezembro de 1959 pelo físico Richard Feynman [...]. Ele ressaltou a respeito da possibilidade na manipulação dos átomos e moléculas, o que resultaria em componentes tão pequenos que não seria possível visualizar a olho nu." (E02)
(2) Observação e explicação do pequeno no mundo	- Dimensionar algo que não se pode visualizar a olho nu; - Estabelecer analogias para o entendimento de algo abstrato.	n = 7	"Quando se fala da nanotecnologia, a primeira coisa a fazer é mudar a escala com a qual se vê o mundo. O que deve ser feito é mudar a maneira como o cérebro trabalha, assim entendendo o pequeno e grande no mundo da nanotecnologia." (E03)
(3) Nanotecnologia e sociedade	- Avaliar os aspectos éticos nas aplicações e relações da nanotecnologia com a sociedade, nos âmbitos sociais, ambientais e econômicos.	n = 16	"No setor biológico, a nanotecnologia já oferece ferramentas para auxiliar na qualidade do tratamento da vida humana e promete oferecer ainda mais. A nanotecnologia vem ajudando na cura de doenças. Exemplo: câncer de pulmão." (E01)
(4) Explicação de fenômenos da natureza	- Expandir o conhecimento para o entendimento de alguns fenômenos naturais.	n = 3	"A nanotecnologia está presente na natureza, tanto em animais como nas plantas. Vale mencionar que os efeitos naturais, como iridescência na borboleta azul, ventosas nas patas da lagartixa, efeito lótus e resistência dos dentes, comprovam que a nanotecnologia está presente nos pequenos detalhes que não damos atenção." (E01)
(5) Escalas de grandezas e tamanho	- Representar símbolos e grandezas numéricas.	n = 8	"Um nanômetro (nm) é um metro dividido por um bilhão, ou seja, 1nm é igual a $10^{-9}$ m." (E02)
(6) Propriedades físicas e químicas das nanopartículas e interações atômicas e moleculares	- Compreender que as propriedades das nanopartículas são dependentes do seu tamanho. - Recorrer aos conhecimentos da Química para melhor entendimento do tema.	n = 4	"[...] <i>exibe propriedades físicas e químicas diferentes das de uma partícula maior, de idêntica composição.</i> " (E02)
(7) Conceito de nanotecnologia	- Entender o conceito de nanotecnologia.	n = 8	"A nanotecnologia é uma ciência que se dedica ao estudo da manipulação da matéria numa escala atômica e molecular lidando com estruturas entre 1 e 1000 nanômetros." (E02)
(8) Teorias atômicas	- Correlacionar a nanotecnologia a outros assuntos da Química.	n = 7	"Leucipo, que desenvolveu uma teoria de que tudo seria composto de partículas minúsculas indivisíveis e invisíveis a olho nu. Os famosos átomos. Durante os anos, houve a contribuição de vários químicos como Dalton, Rutherford e Bohr." (E02).

promover resultados educacionais significativos em termos de aprendizagem, interação e envolvimento colaborativo (Santos *et al.*, 2020). As categorias indicaram que o método *Jigsaw* permitiu a aprendizagem e o desenvolvimento de diversas habilidades de forma compartilhada, transversal e contextualizada a outras situações e dimensões. A dinâmica evidenciou a importância do papel de cada aluno, ou seja, a contribuição de cada aluno foi indispensável para gerar uma compreensão abrangente da temática tratada (Santos *et al.*, 2021). Alguns grupos trouxeram algumas explicações dos conceitos da Química inseridos no tema que ainda seriam explicados pela professora nas atividades seguintes.

#### *Aulas teóricas e palestra sobre nanotecnologia*

Após esse processo de discussões relacionados ao tema, a professora ministrou três aulas teóricas abordando conceitos científicos da Química (ligação química, geometria molecular, interações intermoleculares e polaridade). A explicação dos conceitos foi realizada, sempre que possível, buscando resgatar e incluir as discussões que ocorreram até aquele momento sobre a nanotecnologia. Tais conhecimentos foram estruturantes e fundamentais para que os alunos entendessem os conhecimentos científicos, em níveis nanoscópicos, envolvidos nos produtos e aplicações da nanotecnologia.

Para enriquecer as discussões, um professor com experiência em pesquisas envolvendo a nanotecnologia foi convidado a ministrar uma palestra para a turma. A palestra contou com os pontos principais a respeito da nanotecnologia, como: conceitos básicos, preparo de partículas, problemas de escalonamento, propriedades nanoparticuladas, aplicações e investimentos. Em dado momento da palestra, quando o expositor falava sobre pontos de contato de animais, como o exemplo das lagartixas, que potencializam a interação destas com superfícies/paredes, um dos discentes (A05) levantou um questionamento: “*Como as pessoas que trabalham com nanotecnologia manuseiam essas partículas em nanoescala?*”. Então, foi explicado que “*Não se consegue ver a olho nu, mas sim existe a visualização de uma espécie de “pó” e que só é confirmada a existência de nanopartículas devido a utilização de algumas técnicas que caracterizam o material*”.

Ainda interessados em visualizar essas partículas a olho nu, o discente A10 complementou, questionando: “*E se tiver um grande conjunto desse material?*”, então o palestrante mostrou e citou os microscópios capazes de permitir essa visualização. O mesmo aluno teve curiosidade em saber se a poeira que conseguimos visualizar no ar poderia estar em tamanho nanoparticulado, então o palestrante explicou que “*Possivelmente está em tamanho micrométrico, mas, caso exista um conjunto de tamanhos nanométricos agregados, o que você vai enxergar também será o conjunto, e não apenas uma unidade nanoparticulada*”.

Durante a apresentação, também foi mostrado um sistema de laboratório capaz de preparar essas partículas. Um dos instrumentos mostrados foi o liofilizador, que é um equipamento responsável por evaporar suspensões nanoparticuladas. O palestrante contextualizou a discussão explicando como é produzido o leite em pó:

O leite em pó é produzido pelo liofilizador, sendo a amostra congelada, inicialmente, antes de ser colocada no equipamento. Esse, por sua vez, por meio de alto vácuo, favorece o processo de sublimação, onde a água sai do estado sólido e passa direto para o estado gasoso, restando no equipamento, apenas a parte sólida constituinte do leite.

A explicação despertou interesse, pois muitos dos alunos relataram que não tinham ideia de como o leite em pó era preparado. O aluno A10 achava que o leite em pó era derivado do gelo ralado. Prosseguindo com a palestra, após ver algumas imagens de medicamentos encapsulados sendo carregados para células cancerígenas, o aluno A14 questionou sobre “*a existência ou não de máquinas que conseguiriam entrar no corpo humano e destruir as células de câncer*”. Então, o professor explicou que:

Os chamados nanorrobôs, na verdade, são as partículas manipuladas em escala nanométrica, capazes de serem introduzidas e monitoradas nas células tumorais. Ao manipular essa medicação em dimensões

nanométricas, a fim de que adquiram propriedades favoráveis à aproximação e internalização do medicamento junto à célula doente, induzindo a morte da célula, pode-se dizer que um nanorrobô está sendo usado.

Por fim, mais algumas aplicações foram discutidas, além do potencial do mercado e a curva de investimentos na área da nanotecnologia, sendo finalizado o seminário *online*.

#### AEP

Em continuidade ao projeto, aplicou-se a experimentação no formato AEP. Os discentes aproveitaram bastante a aula, fizeram muitos questionamentos e tiraram conclusões próprias, em conformidade com a proposição do problema. Nessa dinâmica, os estudantes observaram que a omelete mais aerada foi a preparada com o *mixer*, em comparação com a agitação manual. Depois de preparada, a omelete com agitação manual foi caracterizada por apresentar maiores poros, conferindo uma textura mais leve e saborosa. Por outro lado, a omelete preparada pelo *mixer*, como apresentava muitas bolhas de tamanho pequeno, acabou sendo caracterizada pela presença de poros menores, fazendo com que a omelete ficasse mais rígida e menos saborosa.

Com as explicações aos questionamentos surgidos durante o experimento, os alunos entenderam a dependência e as relações dos inúmeros processos que podem ser empregados na preparação de uma simples omelete. A forma de preparo com a utilização de instrumentos e adição de ingredientes (sal, óleo, etc.), atrelada à composição química singular do material, irão influenciar diretamente no gosto, na textura e no sabor do alimento. Dessa maneira, a prática também possibilitou aos alunos fazerem analogias a outros contextos e alimentos, além de expandir suas formas de ver o mundo.

A partir do desenvolvimento da AEP, mesmo que remotamente, os alunos puderam compreender os conceitos químicos sobre as interações intermoleculares envolvidas na quebra da proteína ao preparar a omelete. De forma complementar, houve o aproveitamento em potencializar e mobilizar conceitos científicos dispostos no currículo formal da disciplina alinhada a uma simples situação corriqueira do dia a dia, de forma remota, dinâmica e contextualizada, enaltecendo o espírito científico do aluno. A AEP é privilegiada pelo problema, que, por sua vez, é a plataforma que conduz o aluno à busca por solução e às interpretações e significados das ciências (Silva *et al.*, 2022).

Nessa perspectiva, as atividades remotas potencializaram a aquisição de habilidades e dos conceitos químicos. O conceito científico contextualizado com temáticas ligadas à realidade do aluno, que são problematizadas por meio de experimentos e com que os alunos trabalham de forma colaborativa, são condições favoráveis para o processo ensino-aprendizagem. Diante dessas condições, o aluno desenvolve habilidades cognitivas de ordem superior, como pensamento crítico, capacidade de resolução de problemas, criatividade e tomada de decisão (Damm *et al.*, 2023).



Figure 4. Mural produzido pela E01 sobre o conteúdo de nanotecnologia.

### Produtos do projeto #Nanoteam

Na última ação do projeto, os grupos tiveram que produzir um material para explicar e demonstrar o que entenderam sobre as atividades que foram desenvolvidas. Em síntese, os discentes produziram resumos, vídeos, mapa mental, música, etc., com intuito de representar o conhecimento adquirido. Nesses materiais, os alunos explicaram alguns aspectos principais da nanotecnologia e como eles se relacionaram com as atividades realizadas. A Figura 4 mostra o mural confeccionado pela Equipe 1 (E01).

### Conclusão

O projeto #Nanoteam mostrou algumas possibilidades de ensinar a nanotecnologia aliada aos conteúdos de ligações químicas e interações intermoleculares por meio do *Jigsaw* e da AEP. O conjunto de atividades tornou o discente protagonista no seu processo de aprendizagem, considerando que houve o desenvolvimento de habilidades relacionadas ao trabalho colaborativo, visão crítica do assunto, criatividade, capacidade de síntese e avaliação para expor suas aprendizagens. O projeto foi desenvolvido exclusivamente de forma

remota e, com a articulação da nanotecnologia, do *Jigsaw* e da experimentação com materiais do cotidiano, os discentes foram capazes de experimentar, estudar e aprender os conceitos químicos. O tema em geral não era de conhecimento por parte de nenhum aluno e, da forma com que foi tratado, se tornou menos abstrato, possibilitando ao aluno compreender os conceitos químicos sobre as interações intermoleculares envolvidas na quebra da proteína ao preparar a omelete.

**Carol de Souza Berger** (krol\_jn@hotmail.com) é licenciada em Química pelo Instituto Federal do Espírito Santo, em Ciências Biológicas pelo Centro Universitário Leonardo da Vinci e mestre em Química pelo Instituto Federal do Espírito Santo. Atualmente é docente na Rede Estadual de Educação do Espírito Santo. **Bruna Marine Damm** (bruna.damm@edu.ufes.br) é licenciada em Química pelo Instituto Federal do Espírito Santo e mestre em Química pela Universidade Federal do Espírito Santo. Atualmente é doutoranda pelo Programa de Pós-graduação de Química da Universidade Federal do Espírito Santo. **Paulo Rogério Garcez de Moura** (paulo.moura@ufes.br) é licenciado em Química pela Universidade de Cruz Alta e doutor em Educação em Ciências pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Atualmente é docente na Universidade Federal do Espírito Santo. **André Romero da Silva** (aromero@ifes.edu.br) é graduado em Química Tecnológica e doutor em Química pela Universidade Estadual de Campinas. Atualmente é docente e Pró-reitor de Pesquisa e Pós-graduação do Instituto Federal do Espírito Santo.

### Referências

ADHIKARI, B. Roles of alkaloids from medicinal plants in the management of diabetes mellitus. *Hindawi Journal of Chemistry*, v. 2021, p. 1-10, 2021.

AHMED, H. W.; NABAVI, S. e BEHZAD, S. Herbal drugs and natural products in the light of nanotechnology and nanomedicine for developing drug formulation. *Mini Reviews in Medicinal Chemistry*, v. 21, n. 3, p. 302-313, 2021.

AKINHANMI, F. O.; AYANDA, O. I.; AHUEKWE, E. F. e DEDEKE, G. A. Mitigating the Impacts of the COVID-19 Pandemic on Crop Farming: A Nanotechnological Approach. *Agriculture*, v. 13, n. 1144, p. 1-27, 2023.

ARIGA, K. Materials Nanoarchitectonics: Collaboration between Chem, Nano and Mat. *CheNanoMat*, v. 9, n. 7, e202300120, 2023.

ARONSON, E. *The Jigsaw Classroom*. Social Psychology Network, 2000. Disponível em: <https://www.jigsaw.org/>, acesso em jun. de 2024.

BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. São Paulo: Edições 70, 2016.

COCHITO, M. I. S. *Cooperação e aprendizagem: educação intercultural*. Lisboa: ACIME, 2004.

DAMM, B. M.; SCHAFFEL, I. F.; SANTOS, G. F. S.; AZEVEDO, L. E. S.; FERREIRA, R. Q. e MOURA, P. R. G. Antioxidant Capacity of *Rhizophora mangle* Bark Extracts: A Contextualized Approach in the Teaching of Analytical



Chemistry. *Journal of Chemical Education*, v. 100, n. 11, p. 4449-4455, 2023.

FATARELLI, E. F.; FERREIRA, L. N. A.; FERREIRA, J. Q. e QUEIROZ, S. L. Método Cooperativo de Aprendizagem Jigsaw no Ensino de Cinética Química. *Química Nova na Escola*, v. 32, n. 3, p. 161-168, 2010.

GONÇALVES, F. T.; CANTO-DOROW, T. S. e COUTINHO, C. Atividade Experimental Problematizada: uma metodologia fundamentada por narrativa autoral. *Reflexão e Ação*, v. 29, n. 3, p. 235-252, 2021.

HUDSON-SMITH, N. V.; ALVAREZ-REYES, W.; YAO, X.; HE, J.; RODRIGUEZ, R. S.; MITCHELL, S.; ABED, M. M.; SPANOLIOS, E.; KRAUSE, M. O. P. e HAYNES, C. L. Nanoadventure: Development of a Text-Based Adventure Game in English, Spanish, and Chinese for Communicating about Nanotechnology and the Nanoscale. *Journal Chemical Education*, v. 100, n. 6, p. 2269-2280, 2023.

MARTINS, A. B.; MARIA, L. C. S. e AGUIAR, M. R. M. P. As drogas no ensino de Química. *Química Nova na Escola*, v. 18, p. 18-21, 2003.

MARTINS, V. C.; BRAGA, E. C. O.; GODOY, R. L. O.; BORGUINI, R. G.; PACHECO, S.; SANTIAGO, M. C. P. A. e NASCIMENTO, L. S. M. Nanotecnologia em alimentos: uma breve revisão. *Perspectivas da Ciência e Tecnologia*, v. 7, n. 2, p. 25-42, 2015.

PAMPA-QUISPE, N. B. e TORRES-ACURIO, J. Nanociencia y nanotecnología en la educación actual: una propuesta interdisciplinaria emergente poscovid-19. *Revista de Física*, n. 6, p. 90-109, 2023.

PEDROSA, M. B. A. O. e PINTO, E. S. Nanociência e nanotecnologia no Ensino Médio: abordagem no contexto do ensino remoto. *Dynamis*, v. 29, n. 1, p. 91-108, 2023.

REBELLO, G. A. F.; ARGYROS, M. M.; LEITE; W. L. L., SANTOS, M. M.; BARROS; J. C.; SANTOS, P. M. L. e SILVA, J. F. M. Nanotecnologia, um tema para o ensino médio utilizando a abordagem CTSA. *Química Nova na Escola*, v. 34, n. 1, p. 3-9, 2012.

SANTOS, F. A. S.; CANTANHEDE, L. B.; CANTANHEDE, S. C. S. e FERREIRA, F. C. Método cooperativo no ensino de Química: uma abordagem do conteúdo soluções químicas através

do método Jigsaw. *Revista Debates em Química*, v. 6, n. 2, p. 254-269, 2020.

SANTOS, W.; GRUNFELD DE LUCA, A. e MELO, M. O. ensino da Química por meio da metodologia cooperativa Jigsaw: explorando o tema chás. *Revista Insignare Scientia*, v. 4, n. 4, p. 309-322, 2021.

SHUKLA, B. K.; TYAGI, H.; BHANDARI, H. e GARG, S. Nanotechnology-based approach to combat pandemic Covid 19: A Review. *Macromolecular Symposia*, v. 397, n. 2000336, p. 1-17, 2021.

SILVA, A. L. S.; MOURA, P. R. G. e DEL PINO, J. C. Atividade Experimental Problematizada (AEP) como uma estratégia pedagógica para o ensino de ciências: aportes teóricos, metodológicos e exemplificação. *Experiências em Ensino de Ciências*, v. 12, n. 5, p. 177-195, 2017.

SILVA, A. L. S.; MOURA, P. R. G. e DEL PINO, J. C. Atividade Experimental Problematizada (AEP): discussões pedagógicas e didáticas de uma asserção de sistematização voltada ao ensino experimental das ciências, *Contexto e Educação*, v. 37, n. 116, p. 130-144, 2022.

SIQUEIRA-BATISTA, R.; MARIA-DA-SILVA, I.; SOUZA, R. R. M.; PIRES-DO- PRADO, H. J.; SILVA, C. A.; RÔÇAS, G.; OLIVEIRA, A. L. e HELAYÉL-NETO, J. A. Nanociência e nanotecnologia como temáticas para discussão de ciência, tecnologia, sociedade e ambiente. *Ciência & Educação*, v. 16, n. 2, p. 479-490, 2010.

SOMORJAI, G. A. *Introduction to Surface Science Chemistry and Catalysis*. New York: Wiley, 1994.

THE ROYAL SOCIETY AND THE ROYAL ACADEMY OF ENGINEERING. *Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties*. London: The Royal Society, 2004.

TOMA, H. e ARAKI, K. Nanociência e nanotecnologia: o gigantesco e promissor mundo do muito pequeno. *Ciência Hoje*, v. 37, n. 217, p. 1-25, 2005.

TOMKELSKI, M. L.; SCREMIN, G. e FAGAN, S. B. Ensino de nanociência e nanotecnologia: perspectivas manifestadas por professores da educação básica e superior. *Ciência & Educação*, v. 25, n. 3, p. 665-683, 2019.

**Abstract:** #Nanoteam: teaching nanoscience through the Jigsaw method and Problematized Experimental Activity (PEA). This article describes a report on a practice focused on teaching Chemistry, focusing on nanoscience/nanotechnology through the project called #Nanoteam. Participants were third-grade high school students at a private school in Linhares, ES. The project activities took place remotely and were developed based on the Jigsaw method and Problematized Experimental Activity (PEA). The contents of Chemistry (intermolecular interactions) were mobilized with the theme related to nanotechnology through research, group discussions, lectures with an expert in the area, experimentation and presentations of products made by the students. The project enabled students to build and appropriate fundamental nanotechnological concepts to promote scientific criticality. In addition, students participated actively and collaboratively during the teaching-learning process.

**Keywords:** nanotechnology, intermolecular interactions, experimentation, Problematized Experimental Activity