

DESENVOLVIMENTO DE UMA ATIVIDADE LÚDICA PARA SIMULAÇÃO DO CICLO DE FORMAÇÃO E DESTRUIÇÃO DO OZÔNIO NA ESTRATOSFERA

Ana Luiza Farias Alves ¹
Marcus Vinícius Soares Ludiger ²
Wdson Costa Santos ³

RESUMO

A Química muitas vezes envolve conceitos microscópicos e abstratos que a tornam uma “vilã” do Ensino Médio. Assim, o desenvolvimento de estratégias modernas e simples, utilizando recursos didáticos diversos, é recomendado para dinamizar o processo de aprendizagem em Química. No contexto do brincar, a criança aprende de maneira mais natural e menos pressionada, o que facilita este desenvolvimento, possibilitando uma abordagem lúdica para atrair o interesse dos estudantes e fugir das práticas tradicionais. Este trabalho propõe uma dinâmica que utiliza materiais de fácil aquisição, tais como fita adesiva e tecido TNT, e a participação dos discentes para facilitar o entendimento sobre o ciclo de Chapman que descreve a formação e destruição de ozônio na estratosfera. Tal proposta se vale de um experimento executável em sala de aula com o objetivo de transportar, por analogia, os resultados obtidos na atividade para o conceito pretendido. Desenvolvido no contexto do Programa de Iniciação à Docência (PIBID) para a turma de terceiro ano do curso técnico em Meio Ambiente do IFBA Campus Vitória da Conquista, a atividade lúdica foi construída com base na categorização de “jogo funcional” e nível I de interação, onde objetiva a manipulação de materiais que funcionem como simuladores de um conceito conhecido pelo professor, mas não pelo estudante, dentro de algumas regras preestabelecidas, em que não haja vencedores ou perdedores, primando-se pela cooperação. Avaliada de maneira qualitativa, baseada na descrição, observação e interpretação do fenômeno em estudo, a partir da investigação de dados coletados e sua forma de transcrição ou registro, a dinâmica se mostrou como uma ferramenta promissora, proporcionando uma experiência educacional dinâmica e estimulante no ensino do conceito em questão.

Palavras-chave: Ensino de Química, Química atmosférica, Atividades lúdicas, Jogos educacionais.

INTRODUÇÃO

A Química é extremamente importante para a compreensão de fenômenos naturais e a aplicação de conhecimentos científicos que diariamente impactam a sociedade e nosso mundo. Porém, o ensino da Química enquanto disciplina,

¹ Graduanda do Curso de Licenciatura em Química do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, Campus Vitória da Conquista - IFBA, discente vinculada ao Núcleo Pós-humanista de Pesquisa em Saberes e Direitos Animais, Ambientais e Cibernéticos (NÚCLEO SUÍÇA) e ao Grupo Interdisciplinar de Tecnologias Inovadoras (GITI), analuizaquim@gmail.com;

² Graduando do Curso de Licenciatura em Química do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia - IFBA, marcus.ludiger.acad@gmail.com;

³ Mestre em Química Analítica pela Universidade Federal da Bahia - UFBA, wdsoncosta@ifba.edu.br.

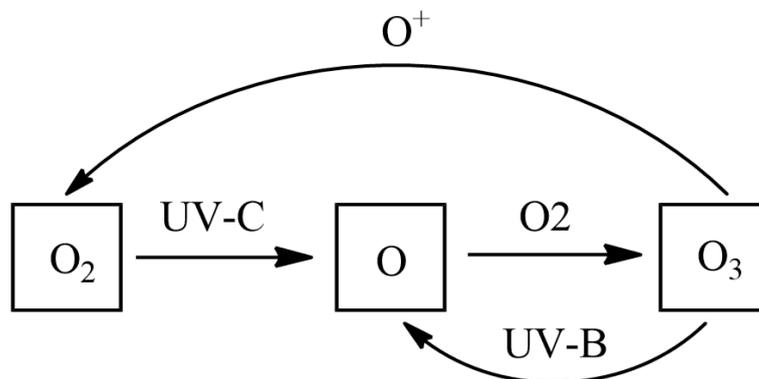
especialmente no Ensino Médio, representa um grande desafio devido à natureza abstrata e microscópica da maior parte de seus conceitos. Tópicos como teorias atômicas, reações e até aqueles envolvidos na química ambiental, como o ciclo de formação e destruição do ozônio na estratosfera, perpassam por processos químicos complexos que podem exigir uma maior atenção e abstração para serem assimilados pelos estudantes, o que frequentemente resulta em uma percepção negativa da disciplina (Mortimer; Machado; Romanelli, 2000). A falta de algo palpável constantemente prejudica a compreensão dos alunos que tentam compreender conceitos que não podem ser observados diretamente e os afasta cada vez mais da Química (De Almeida, 2016).

A química atmosférica, em particular, aborda conceitos muito abstratos como a composição e reatividade dos gases que compõem a atmosfera terrestre, sendo o comportamento do ozônio estratosférico um dos fenômenos mais relevantes (De Almeida, 2016).

Concentrado principalmente na estratosfera, o ozônio forma uma camada que atua como um filtro natural contra a radiação ultravioleta. A exposição excessiva a essa radiação pode causar sérios riscos à saúde, como aumento dos casos de câncer de pele, além de danos aos ecossistemas aquáticos e terrestres (Baird; Cann, 2011).

Para entender e interpretar os conceitos por trás da existência da camada de ozônio, é necessário abordar o equilíbrio dessa molécula na atmosfera, e principalmente conhecer o Ciclo de Chapman, que descreve os processos de formação e destruição do ozônio na estratosfera. Segundo esse ciclo, a formação do ozônio ocorre quando a radiação ultravioleta (UV) de alta energia quebra moléculas de oxigênio, liberando átomos que, ao se recombinarem com outras moléculas de oxigênio, formam o ozônio. No entanto, a presença do ozônio na atmosfera é transitória, pois ele é constantemente destruído por reações que envolvem radiação UV de menor energia ou interações com outros compostos presentes no ar. Assim, o ciclo de formação e destruição do ozônio gera um equilíbrio dinâmico, essencial para a manutenção da camada protetora (Baird; Cann, 2011).

Figura 1 - Esquema representativo do Ciclo de Chapman.



Fonte: Imagem Autoral.

Nas últimas décadas, a depleção da camada de ozônio se tornou uma preocupação global, especialmente a partir dos anos 1970 e 1980, quando se constatou que compostos como os clorofluorocarbonetos (CFCs) estavam reduzindo significativamente a concentração de ozônio estratosférico. Ao serem liberados na atmosfera, esses compostos sofrem fotólise, liberando átomos que catalisam a destruição do ozônio, o que leva ao surgimento de "buracos" na camada, especialmente em regiões polares. Essa redução na concentração de ozônio aumenta a incidência de radiação ultravioleta na superfície terrestre, trazendo sérias implicações para a saúde e o meio ambiente (Baird; Cann, 2011).

Portanto, compreender o ciclo de Chapman e os mecanismos que levam à depleção do ozônio é fundamental no ensino de química atmosférica. Nesse contexto, simular processos atmosféricos por meio de atividades lúdicas pode tornar o aprendizado mais acessível e significativo. Uma vez que, como aponta Cunha (2012), os jogos, entendidos aqui como Soares (2016) os define enquanto qualquer atividade desenvolvida que se associe ao lúdico, são um importante recurso para as aulas de química, servindo como um potente habilitador da aprendizagem mediante a experiência e a atividade dos estudantes, além de permitirem experiências importantes não só no campo do conhecimento, mas também no campo afetivo e social do estudante.

Assim, as vantagens de sua utilização em sala de aula ultrapassam a simples assimilação de conceitos e fórmulas. O uso de um jogo didático nas aulas de química pode ter a finalidade de proporcionar o conhecimento amplo das representações utilizadas em química, desenvolvendo no estudante a capacidade de entender os

conceitos químicos e aplicá-los em contextos específicos (Cunha, 2012). Ao experimentar essas simulações, os estudantes podem visualizar de forma prática os conceitos abstratos, fortalecendo a compreensão dos fenômenos e ampliando a conscientização sobre a importância de proteger o meio ambiente (De Almeida, 2016).

Diante do exposto, o presente trabalho apresenta e discute uma atividade lúdica voltada para o ensino do ciclo de Chapman, com o objetivo de tornar mais acessível e concreta a compreensão da formação e destruição do ozônio na atmosfera, bem como possíveis melhorias a serem realizadas na mesma.

METODOLOGIA

O jogo construído visa facilitar a compreensão de fenômenos atmosféricos, envolvendo o Ciclo de Chapman, por meio de uma simulação prática, oferecendo aos estudantes uma experiência educacional que se distancia dos métodos tradicionais de ensino (Soares, 2013). A proposta buscou criar uma analogia concreta entre os materiais utilizados e os conceitos químicos abordados, empregando itens simples: fitas adesivas coloridas (rosa e verde) coladas nas roupas dos estudantes para representar, respectivamente, a radiação UV-C e UV-B, tecido TNT preto para vendar os alunos e a própria turma, que desempenhou os papéis dos átomos de oxigênio, representando moléculas de oxigênio e ozônio.

A dinâmica foi implementada no âmbito do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID), direcionada aos 30 alunos do terceiro ano do Curso Técnico Integrado em Meio Ambiente (MA) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA), *Campus Vitória da Conquista*. Esta foi realizada em duas etapas, distribuídas em dois dias diferentes, com cada etapa ocorrendo ao longo de duas horas-aula de 50 minutos cada.

Na primeira etapa, o professor entrevistou na organização da dinâmica, instruindo os alunos sobre suas funções específicas. Cada estudante representava uma molécula de oxigênio atômico, e o professor orientava as interações entre eles com base nas probabilidades de formação e destruição dessas moléculas na região da atmosfera que estava sendo representada, controlando a frequência com que as “moléculas” se agrupavam para formar oxigênio molecular e ozônio, bem como os momentos em que os estudantes que representavam as radiações ultravioleta deveriam “quebrar” essas moléculas em moléculas menores ou em átomos. Demonstrando, para os estudantes, as

taxas de formação e destruição das moléculas conforme as características específicas de cada camada atmosférica.

Na segunda etapa, os estudantes foram vendidos para simular os processos aleatórios de colisão molecular. O professor instruiu os discentes a se moverem pela sala por 10 segundos e, ao tocar em outra pessoa, deveriam parar e segurar a pessoa encontrada, representando a formação e colisão de moléculas. Essa fase destacou a natureza estocástica das interações químicas, enfatizando a probabilidade de colisões e a formação de diferentes compostos (Baird; Cann, 2011).

O segredo para o funcionamento da dinâmica é o controle da quantidade inicial de cada parte da reação, de acordo com o que é mais abundante na região onde está sendo simulado o Ciclo de Chapman. Durante a primeira parte, foram representadas as três regiões inferiores da atmosfera, mesosfera, estratosfera e troposfera, enquanto na segunda apenas a região da estratosfera foi representada.

Para a primeira etapa, o professor organizou os alunos, simulando as probabilidades de formação e destruição do oxigênio molecular e do ozônio. Os alunos foram distribuídos para representar as reações que ocorrem em diferentes regiões atmosféricas: a mesosfera, a estratosfera e a troposfera. Enquanto para a segunda etapa, apenas a região da estratosfera foi representada.

A abordagem metodológica adotada na elaboração do presente trabalho baseou-se em um estudo de caso do tipo exploratório, permitindo uma investigação detalhada das etapas do processo, desde o planejamento inicial e o delineamento das ações, até a construção de gráficos, o compartilhamento dos resultados e os ajustes contínuos necessários para melhorar as estratégias utilizadas (Yin, 2015). Para a análise posterior da dinâmica, foi utilizada uma abordagem qualitativa, que focou nas percepções dos dois bolsistas e do professor supervisor sobre cada etapa do trabalho. Esta se fundamenta na descrição, observação e interpretação de um fenômeno em estudo a partir da investigação de dados coletados, atendendo à maneira a qual foram registrados (Bogdan; Biklen, 2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A atividade foi planejada com base nas classificações propostas por Soares (2013) para jogos do tipo funcional, onde o autor define este como uma “tentativa e treino de funções físicas e sensoriais, como derivativo de tonicidade muscular, que com

o uso de regras tornam-se mais sofisticados”. A dinâmica também se enquadra no nível I de interação entre jogo e jogador apresentada pelo pesquisador, que possui objetivo educacional, descrito como “[...] simuladores de um conceito conhecido pelo professor, mas não pelo estudante, dentro de algumas regras preestabelecidas, em que não haja vencedores ou perdedores, primando-se pela cooperação.”

A análise dos resultados focou nas duas etapas da atividade, fornecendo uma visão detalhada sobre a execução e os desafios da dinâmica. Cada fase trouxe discussões importantes quanto à organização, ao envolvimento dos participantes e à efetividade das simulações na representação dos conceitos químicos.

A ligação do oxigênio molecular é caracterizada como uma ligação dupla, composta por uma ligação sigma e uma ligação pi, o que a torna mais curta e forte em comparação com ligações simples. Para representá-la durante a dinâmica, duas pessoas deveriam, lado a lado e viradas para a mesma direção, colocar a mão do braço mais próximo da outra pessoa, simulando a ligação dupla ao conectar os braços de ambos, de forma a representar que cada estudante que não estava com uma fita rosa ou verde era um átomo de oxigênio livre e pronto para se chocar com outro oxigênio e formar uma molécula.

Para representar o ozônio, foi seguido um procedimento semelhante. No entanto, como o ozônio é uma molécula com três oxigênios, três pessoas eram necessárias para representá-lo, e diferente do O_2 , o ozônio possui outra peculiaridade, ele apresenta um híbrido de ressonância e possui duas ligações com características de dupla ligação distribuídas de forma alternada. As três pessoas para representá-lo, viradas para a mesma direção, deveriam conectar suas mãos à pessoa do centro da mesma forma que na representação do oxigênio. Essa configuração ilustrou a estrutura de ressonância do ozônio. Durante a dinâmica, os estudantes foram informados de que por se tratar de uma analogia, estaríamos representando como se fossem duas ligações duplas, mas que, conforme eles já haviam estudado sobre híbridos de ressonância, cada ligação entre os átomos de oxigênio apresenta uma distribuição intermediária de ligação dupla, onde a dupla pode estar tanto na ligação da direita quanto na ligação na esquerda e fica transitando.

Na simulação da mesosfera, uma região rica em oxigênio atômico e com alta incidência de radiação UV, participaram 28 estudantes: 10 representando o oxigênio molecular, 10 como radiações UV-C, e 8 como radiações UV-B. Durante a atividade, as radiações "interagem" com as duplas de estudantes que representavam as moléculas de

oxigênio molecular, rompendo as ligações e dispersando os átomos pela sala. Com o aumento na concentração de oxigênios atômicos, a probabilidade de alguns desses átomos se chocarem e formarem novamente O_2 era possível, assim como a formação de O_3 . No entanto, a quantidade de radiação era tão elevada que, assim que esses oxigênios moleculares ou ozônios eram formados, a radiação UV-B e UV-C rapidamente rompia suas ligações, reiniciando o ciclo. Ao final, com uma camada tão rica em radiação UV, o ozônio e o oxigênio molecular são constantemente destruídos, mantendo uma instabilidade química. Para que mais ozônio fosse formado e mantido, seria necessário um ambiente com menor incidência de radiação, como a estratosfera, onde as condições permitem a existência de uma camada estável de ozônio devido à menor frequência de rompimento das moléculas. (Baird; Cann, 2011).

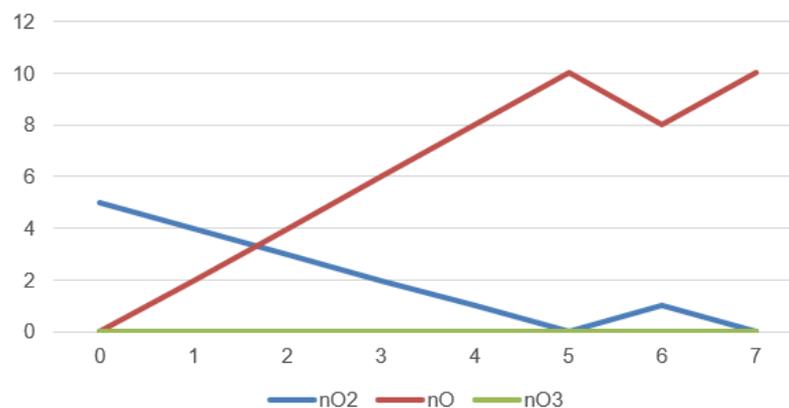


Gráfico 1 - Relação entre os números de O_2 , O e O_3 na mesosfera com intervenção

Para a simulação da estratosfera, onde estão concentrados os maiores níveis de ozônio da atmosfera, foi apresentado aos discentes que, como boa parte da radiação foi “consumida” na mesosfera, tem-se uma redução na quantidade de radiações. Desta simulação participaram 26 alunos: 20 representando o oxigênio molecular, 3 como radiações UV-C, e 3 como radiações UV-B. Seguindo a mesma dinâmica anterior, quando as radiações rompiam as ligações dos oxigênios moleculares, permitia o choque de um desses oxigênios atômicos liberados com uma molécula de O_2 formando assim o ozônio, mas dessa vez, com a baixa concentração de radiação, ele não era instantaneamente rompido. Apesar disso, no final dos ciclos, não houve um número elevado de moléculas de O_3 , pois, como previsto pelo Ciclo de Chapman, o choque de

um oxigênio atômico radicalar com uma molécula de ozônio também seria responsável pela depleção do O_3 para formar duas moléculas de O_2 (Baird; Cann, 2011).

Para a simulação da troposfera, participaram 26 alunos: 22 representando 11 moléculas de oxigênio, 1 como radiações UV-C, e 3 como radiações UV-B. Como boa parte da radiação já foi consumida nas etapas superiores, pouco existe radiação para quebrar as moléculas de O_2 , fazendo com que a existência de ozônio e de oxigênio atômico seja existente, ainda que extremamente limitada, já que sem a quebra do oxigênio molecular o ciclo não pode se completar (Baird; Cann, 2011).

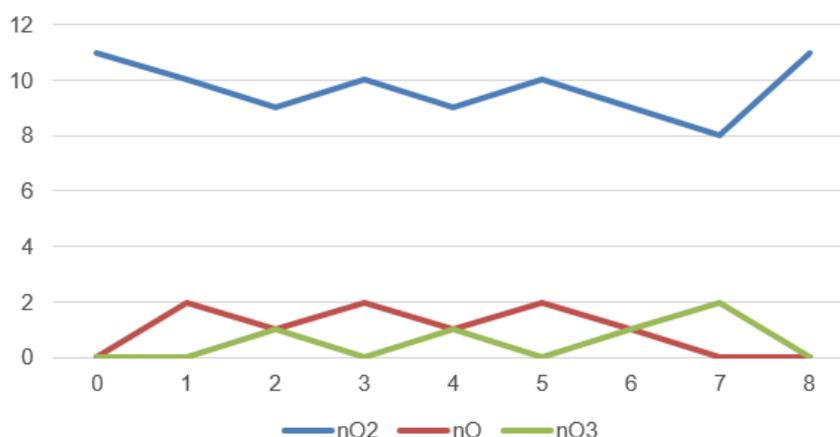


Gráfico 2 - Relação entre os números de O_2 , O e O_3 na troposfera com intervenção

E por fim, para a segunda etapa, simulando a estratosfera, participaram 28 alunos: 20 representando o oxigênio molecular, 3 como radiações UV-C, e 3 como radiações UV-B, mesmas condições apresentadas na primeira etapa para representação da estratosfera. Como os estudantes estavam vendados, resultando em choques totalmente aleatórios, alguns rompimentos diferentes não causados pela radiação ocorreram, como dois ozônios formados quando se chocaram acabam se rearranjando, formando 3 moléculas de oxigênio.

Outro exemplo ocorrido foi o choque de um grupo grande de pessoas representando moléculas de oxigênio molecular, ozônio e oxigênio atômico, que acabou não resultando na formação ou ruptura de novas moléculas. Embora a dinâmica não envolvesse reações químicas reais, usamos essa situação para ilustrar como, em um contexto de reações verdadeiras, a quantidade de energia e a orientação das moléculas poderiam ser fatores críticos para a ocorrência de uma reação. Esse exemplo reforça, de forma prática, o conceito de "choques não efetivos" na cinética química, demonstrando

que, em sistemas químicos reais, apenas colisões com energia e orientação adequadas resultam em reações. Dessa forma, a atividade ajudou a ilustrar o comportamento dinâmico dos sistemas em equilíbrio, mostrando como, em várias condições, a maioria dos choques não leva a reações – um conceito central para a compreensão da cinética e do equilíbrio químico de maneira simplificada, representando choques efetivos ou não (Baird; Cann, 2011).

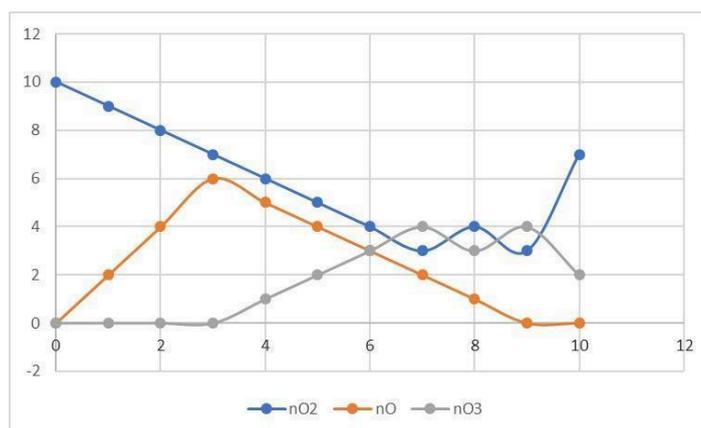


Gráfico 3 - Relação entre os números de O₂, O e O₃ na estratosfera com intervenção.

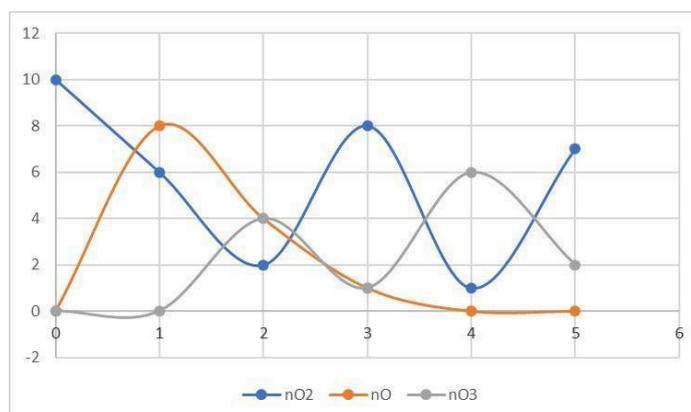


Gráfico 4 - Relação entre os números de O₂, O e O₃ na estratosfera sem intervenção do professor.

Os gráficos apresentados ilustram as variações nas quantidades de oxigênio molecular (nO₂), oxigênio atômico (nO) e ozônio (nO₃) ao longo de diferentes ciclos de simulação, refletindo os processos de formação e destruição do ozônio durante a atividade lúdica. Essas tendências fornecem uma base para analisar os resultados obtidos nas duas etapas da dinâmica.

No Gráfico 3, que representa 10 ciclos, observa-se uma tendência de diminuição progressiva do oxigênio molecular, indicando que, naquelas condições, com o avanço dos ciclos, as moléculas de O_2 são cada vez mais convertidas em outras espécies devido à ação da radiação simulada na atividade. Esse comportamento é compatível com o processo de fotólise atmosférica, no qual a radiação ultravioleta quebra as moléculas de O_2 , gerando oxigênio atômico. A quantidade de oxigênio atômico aumenta inicialmente, atingindo um pico antes de começar a oscilar e diminuir, o que sugere que o oxigênio atômico está sendo tanto formado quanto consumido continuamente para gerar O_3 . O crescimento rápido do ozônio no início, seguido por oscilações em sua quantidade, reflete a dinâmica de equilíbrio entre a formação e destruição do ozônio na atmosfera (Baird; Cann, 2011).

No Gráfico 4, que mostra 5 ciclos, as variações nas quantidades das espécies são mais acentuadas e ocorrem em intervalos mais curtos. O oxigênio molecular diminui rapidamente, enquanto o oxigênio atômico atinge um pico e decai quase a zero, indicando uma formação e consumo rápido. A quantidade de ozônio, por sua vez, apresenta oscilações mais evidentes, o que sugere uma maior variabilidade nos processos de formação e destruição ao longo dos ciclos simulados (Baird; Cann, 2011).

Os dois gráficos apresentam padrões semelhantes na variação das quantidades de O_2 , O , e O_3 , refletindo os processos cíclicos de formação e destruição do ozônio conforme descrito pelo ciclo de Chapman, onde é proposto uma espécie de equilíbrio dinâmico. Em ambos os cenários, há uma tendência de diminuição do oxigênio molecular ao longo dos ciclos, indicando que o O_2 está sendo consumido para formar outras espécies. Da mesma forma, o oxigênio atômico mostra um aumento inicial seguido por oscilações, e o ozônio apresenta um crescimento com variações ao longo dos ciclos (Baird; Cann, 2011).

A semelhança nos padrões indica que, tanto com a orientação do professor quanto com os alunos vendidos, o processo de simulação conseguiu reproduzir de forma eficaz a dinâmica das reações de formação e destruição de ozônio. Em ambos os casos, a transição entre as espécies químicas ocorre de forma cíclica, refletindo o equilíbrio dinâmico que caracteriza o ciclo de Chapman, sugerindo que, independentemente de as interações terem sido guiadas pelo professor ou deixadas ao acaso, os princípios básicos do ciclo de Chapman foram representados de maneira consistente, com a formação de ozônio ocorrendo após o aumento do oxigênio atômico e a subsequente oscilação nos níveis de O_3 devido à sua destruição e recriação (Baird; Cann, 2011).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As percepções dos bolsistas e as observações do professor supervisor foram fundamentais para identificar os pontos fortes e as limitações da metodologia, oferecendo subsídios para avaliar o impacto da atividade e direcionar possíveis ajustes para aprimoramento futuro. Um dos aspectos que emergiu da análise foi o potencial dos gráficos gerados durante a atividade para servirem como uma ferramenta educativa, não apenas para ilustrar os processos químicos, mas também como parte de uma atividade de avaliação para os estudantes.

Os gráficos, que mostram a variação das quantidades de oxigênio molecular, oxigênio atômico e ozônio ao longo dos ciclos, poderiam ser utilizados pelos alunos para coletar dados e construir suas próprias representações gráficas. Ao anotar as quantidades de cada molécula ou átomo em diferentes momentos do ciclo, os estudantes teriam a oportunidade de observar o comportamento dinâmico das reações e discutir o equilíbrio dinâmico do sistema. Essa abordagem permitiria que justificassem, com base nos dados coletados, como o equilíbrio entre formação e destruição de ozônio é mantido, aprofundando a compreensão dos conceitos envolvidos.

Além disso, a construção dos gráficos e a análise dos dados pelos próprios estudantes poderiam estimular uma reflexão mais crítica sobre o papel das variáveis no ciclo de Chapman e nas interações químicas em geral. Isso possivelmente possibilitaria que o processo de aprendizagem fosse mais ativo e participativo, reforçando a importância da coleta e interpretação de dados como práticas fundamentais na ciência.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela assistência através do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID), ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA), *Campus* Vitória da Conquista, e aos alunos do Curso Técnico Integrado em Meio Ambiente pelo apoio, colaboração e participação prestados.

REFERÊNCIAS

BAIRD, C.; CANN, M. C.. **Química ambiental**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011. 844 p. ISBN 9788577808489.

BOGDAN, R.; BILKEN, S.. Investigação qualitativa em educação. [S. l.: s. n.], 2000.

CUNHA, M. B. da. Jogos no Ensino de Química: Considera es Teóricas para sua Utiliza o em Sala de Aula. *Química Nova na Escola*, [S. l.], ano 2012, v. 34, n. 2, p. 92-98, 25 abr. 2012

DE ALMEIDA, C. M. M. *et al.* O uso do lúdico no ensino de ciências: jogo didático sobre a química atmosférica. **G ndola, Ense anza y Aprendizaje de las Ciencias**, v. 11, n. 2, p. 228-239, 2016.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H.; ROMANELLI, L. I.. A proposta curricular de química do Estado de Minas Gerais: fundamentos e pressupostos. **Química Nova**, V. 23, N. 2, P. 273-283, 2000.

SOARES, M. H. F. B.. Jogos e atividades lúdicas no ensino de química. Goiânia: Kelps, 2013.

SOARES, M. H. F. B.. Jogos e atividades lúdicas no ensino de química: uma discussão teórica necessária para novos avanços. *REDEQUIM*, v. 2, p. 5-13, 18 abr. 2016

YIN, R. K.. **Estudo de Caso: Planejamento e Métodos**. Bookman editora, 2015.