



A QUÍMICA FORENSE COMO ESTRATÉGIA DIDÁTICA: ESTUDO DE CASO DE SÍNDROME DE BEB AZUL NO ENSINO DE QUÍMICA

Nelita Albino Nanque¹
Claudimira Elisa Nginga Fula²
Joseano João André Rodrigues³
Mônica Silva De Araújo⁴
Francisco Wirley Paulino Ribeiro⁵

RESUMO

O ensino de química no ensino médio enfrenta desafios ligados à abstração dos temas e à ausência de conexão com a vida cotidiana dos alunos. Nesse contexto, a química forense surge como uma abordagem pedagógica inovadora e interdisciplinar, capaz de conectar o conhecimento científico a situações concretas e de importância social. Este estudo propõe casos simulados como recurso pedagógico: a síndrome do bebê azul. No caso, empregou-se uma técnica de voltametria cíclica para detectar e quantificar os analitos de interesse, demonstrando o valor dessa metodologia tanto para entender conceitos químicos quanto para promover reflexões críticas sobre saúde pública e responsabilidade social. Uma análise eletroquímica possibilitou a detecção de nitrito em amostras simuladas de estudo, uma análise de íons nitritos em amostras de água corroborou a relação entre poluição ambiental e incidência de metemoglobinemia em recém-nascidos. Os resultados indicam que a utilização de estudos de caso forenses no ensino de química promove a aprendizagem ativa, o aprimoramento de habilidades investigativas e o envolvimento dos estudantes, revelando-se um recurso pedagógico eficiente para unir teoria, prática e cidadania científica.

Palavras-chave: química forense; voltametria cíclica; ensino de química.

ICEN- instituto das ciências exatas e da natureza , UNILAB, Discente, nelyttanorque10@aluno.unilab.edu.br¹

ICEN- instituto das ciências exatas e da natureza , UNILAB, Discente, claudimirafula37@gmail.com²

ICEN- instituto das ciências exatas e da natureza , UNILAB, Discente, jjoseano58@gmail.com³

ICEN- instituto das ciências exatas e da natureza, UNILAB, Docente, monicarsilva@unilab.edu.br⁴

ICEN- instituto das ciências exatas e da natureza , UNILAB, Docente, wirleyufc@gmail.com⁵



INTRODUÇÃO

O ensino de química no ensino médio lida com desafios históricos e duradouros, principalmente devido à alta abstração dos conteúdos e à dificuldade em criar ligações concretas entre os conceitos científicos e a vida cotidiana dos estudantes. Nesse contexto, é fundamental buscar metodologias ativas que conectem a ciência à realidade social, incentivando nossos alunos não apenas a curiosidade intelectual, mas também o senso crítico e o protagonismo na construção do conhecimento. Devido à sua natureza investigativa e interdisciplinar, a química forense surge como uma opção promissória. Essa área utiliza técnicas analíticas, físico-químicas e orgânicas para identificar substâncias em vestígios encontrados em cenas de crime, integrando conhecimentos químicos e interdisciplinares para responder a questões de interesse criminal (CRUZ; RIBEIRO; LONGHINOTTI; MAZZETTO, 2016). A química forense vai além de um campo de aplicação científica; ela atua como um vínculo entre o saber acadêmico e a vida social, destacando a função social da ciência e sua importância nos âmbitos da saúde, justiça e meio ambiente. Resende e Lindemann (2023) ressaltam que a utilização da química forense em sala de aula constitui uma estratégia didática inovadora. Ao aproximar os conteúdos químicos de práticas investigativas relacionadas a casos reais, o processo de ensino-aprendizagem se torna mais significativo, favorecendo o engajamento dos estudantes. A pesquisa sugere a utilização de casos forenses semelhantes à síndrome do bebê azul como estratégia pedagógica para o ensino de química.

Síndrome de bebê azul trata-se de uma anomalia que causa a deficiência da oxigenação sanguínea, onde o sangue não consegue atingir os pulmões em quantidade suficiente para retornar oxigenado para o átrio e ventrículo esquerdo devido à comunicação interventricular. Isso na maioria dos casos é identificado ainda na infância com a cianose, ou seja, pela cor azul-arroxeadada da pele e por este motivo são também conhecidos como “bebês azuis” (RIBEIRO et al., 2019, p. 38). Para crianças com até 3 meses, uma dose diária de 10 a 15 mg NO₃/kg pode produzir metemoglobinemia acima dos valores normais. (FERNÍCOLA; AZEVEDO, 1981, p. 243). A causa mais comum da síndrome do bebê azul é água contaminada com nitratos.

O nitrato é uma forma química composta por nitrogênio e oxigênio (NO₃⁻), amplamente utilizada em fertilizantes agrícolas, produtos químicos e atividades industriais. Esses compostos possuem aplicações relevantes na indústria alimentícia, especialmente como conservantes em produtos cárneos, onde atuam na preservação da cor e na prevenção do crescimento de microrganismos patogênicos, como também pode contaminar a água potável principalmente por meio da conversão de nitrato presente em fertilizantes e resíduos orgânicos em ambientes com baixa oxigenação.

No entanto, seu uso e presença em diversos ambientes levantam preocupações importantes quanto aos riscos à saúde humana. Quando ingeridos em excesso, os nitritos podem reagir com a hemoglobina, convertendo-a em metahemoglobina, uma forma ineficaz de transportar oxigênio pelo organismo. Essa alteração compromete a oxigenação dos tecidos e pode levar a quadros clínicos graves, como a metahemoglobinemia.

Assim é de suma importância analisar o uso dessa substância, desse modo o presente trabalho se encarrega de analisar caso referente a esse, propondo uma abordagem investigativa por meio da técnica de voltametria cíclica, visando não apenas identificar os agentes tóxicos envolvidos, mas também contribuir para o ensino da química.

METODOLOGIA

A metodologia apresentada inclui estudo de caso simulado com objetivo de investigar fatores externos que ameaçam a saúde de populações vulneráveis. Isso permite a aplicação do processo experimental.

O procedimento teve o propósito em analisar a quantidade de nitrito presente em amostras de água em um



bairro residencial, trata-se de uma pesquisa por levantamento de dados, coleta de amostras em residência de alguns familiares, o cenário da coleta foi em um município, a escolha desse local se deu a razão pela notificação dos casos clínicos de três recém-nascidos apresentando sinais de cianose (pele azulada), letargia e dificuldade respiratória.

O Público alvo das investigações foram os moradores do município e os familiares dos recém-nascidos, de modo que as coletas das amostras foram feitas nas casas dos familiares dos três recém nascidos e as análises foram feitas no laboratório de físico-química na universidade da integração da lusofonia afro-brasileira (UNILAB), foram levantados alguns dados por meio dos questionários, tantos com os médicos clínicos como também os famílias dos recém nascidos. foi possível obter 3 amostras de água das 3 casas diferentes.

O procedimento laboratorial foi precedido da seguinte forma;

como foi um caso simulado, foi preciso preparo de analito, no caso o analito usado foi de (Na_2SO_4 , MM de 142,04 g/mol), no entanto foi pesado foi calculada a massa necessária

para preparação de 0,1 mol de concentração à 200 ml, utilizando a seguinte fórmula;

(C é igual $m/(MM \times V)$), a fórmula a massa teórica obtida de 2,8408 g, mas durante a pesagem a massa real pesada foi de 2,8305 g, após a pesagem a solução foi dissolvida em água e transferida para um balão de 200ml em seguida a água foi acrescentada até o menisco.

Em seguida prosseguiu-se para preparo de solução de nitrito de sódio NaNO_2 onde foi calculada a massa para uma concentração de 1×10^{-3} mol/L em um volume de 20 ml (0,02 L), de acordo com a fórmula foi possível obter 0,00069 g de massa, mas durante a pesagem a massa obtida foi de 0,0451 g, com massa teórico diferente da massa real foi necessário calcular um novo valor de concentração, pela fórmula $C=m/MM \times V$, conseguindo assim o valor de 0,0327 mol/l.

Para a detecção e quantificação dos íons nitrito (NO_2^-), A técnica empregada foi a voltametria cíclica, com varredura de potencial de 0,2V a 1,2V e velocidade de 20 mv.s⁻¹. Foi montada uma célula eletroquímica com três eletrodos: um eletrodo de trabalho (diamante dopado com boro), um eletrodo de referência (cloreto de prata) e um eletrodo auxiliar (platina), para o procedimento analítico foi preciso também um computador, e um potenciostato. O eletrodo do trabalho varia linearmente com o tempo, enquanto eletrodo de referência mantém em potencial constante, contra eletrodo conduz a corrente elétrica da fonte de sinal para eletrodo de trabalho, a solução eletrolítica fornece íons para melhorar condição iônica e minimizar o efeito da migração do analito, já o potenciostato é um dispositivo eletrônico que usa uma fonte de energia de corrente contínua, para produzir uma diferença de potencial entre eletrodo de trabalho e eletrodo de referência, mede o fluxo de corrente entre eletrodo de trabalho e contra eletrodo, controlado através de um software.

Depois da montagem da célula, uma alíquota de 25ml da solução de Na_2SO_4 foi transferida para célula, em seguida os cabos condutores foram conectados, A cada adição, a solução era agitada por um minuto, e a corrente era medida. A concentração em cada adição foi calculada usando o princípio da diluição ($C_1 \times V_1$ é igual $C_2 \times V_2$), onde C_1 era a concentração padrão de $1,05 \times 10^{-3}$ mol/l. O primeiro processo foi feito em braco e os restantes tiveram a adição de 100 μL do analito que é o nitrito.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No estudo de caso simulado, a utilização da técnica de voltametria cíclica mostrou-se não apenas eficiente para a detecção e quantificação dos analitos de interesse, mas também extremamente significativa do ponto de vista pedagógico.



Dentre as técnicas eletroquímicas, podemos considerar a voltametria cíclica (VC) como a mais utilizada para a aquisição de informações qualitativas e/ou quantitativas sobre reações eletroquímicas. (ALI FERNANDES et al., 2015, p. 120).

Ao transportar a investigação química para situações próximas à realidade social e de impacto humano, o recurso experimental cumpriu um papel que vai além da técnica: abriu espaço para a reflexão crítica e para a formação cidadã dos estudantes, fortalecendo o elo entre ciência, educação e sociedade.

Os resultados obtidos por voltametria indicaram concentrações elevadas de íons nitrito em amostras de água, contaminantes diretamente relacionados à metemoglobinemia em recém-nascidos. pode-se dizer que foi possível comprovar que existia sim a presença de nitrito na água pois durante análise laboratorial o processo foi comprovado, foi possível observar picos de correntes característicos de oxidação de nitrito.

Inicialmente o processo feito em branco mostrou que não teve nenhuma contaminação nem a presença de nitrito o que comprovou ainda mais a presença de nitrito nos outros processos depois de adição de 100 µL pois a reação foi diferente, os gráficos observados apresentaram comportamentos diferentes.

Essa simulação proporcionou uma compreensão clara e interdisciplinar de como a qualidade da água impacta a saúde coletiva, especialmente em populações mais vulneráveis. A análise uniu dados clínicos e laboratoriais, evidenciando a conexão entre o processo de oxidação da hemoglobina e os sintomas fisiológicos observados. Essa abordagem está alinhada à revisão de Ribeiro et al. (2019), que enfatiza a gravidade da condição conhecida como “bebê azul” e reforça a importância da vigilância ambiental e sanitária. Para os estudantes, foi uma oportunidade de perceber que a Química não se restringe a fórmulas e reações isoladas, mas está profundamente ligada à vida cotidiana e ao bem-estar social

CONCLUSÕES

O ensino de Química no ensino médio ainda enfrenta desafios expressivos, especialmente pela dificuldade dos estudantes em compreender conceitos abstratos e perceber sua relação com a vida cotidiana. Nesse contexto, a Química Forense apresenta-se como uma alternativa inovadora e promissora, capaz de aproximar o conhecimento científico da realidade social e despertar maior interesse pelo aprendizado. A experiência realizada, a partir do caso da Síndrome do Bebê Azul evidenciou como a utilização de técnicas eletroquímicas, como a voltametria cíclica, pode contribuir de forma significativa para o ensino. Mais do que apenas aplicar um método analítico, os estudantes foram convidados a refletir sobre temas de grande relevância social, como o uso indiscriminado de medicamentos e a qualidade da água, compreendendo que a Química ultrapassa os limites do laboratório e está diretamente ligada à saúde e ao bem-estar coletivo. Conclui-se que a adoção de estratégias pedagógicas baseadas em estudos de caso forenses pode tornar o ensino de Química mais atrativo, acessível e relevante para os estudantes.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Francisco Wirley Paulino Ribeiro e a professora Mônica Silva De Araújo.

REFERÊNCIAS

1. ALI FERNANDES, Khallil Hassan Ahmad; SANTOS, João Paulo Tenório da Silva; DEL COLLE, Vinicius; SOUZA-GARCIA, Janaina; ANGELUCCI, Camilo Andrea. Estudo voltamétrico da oxidação da hemoglobina em meio aquoso. Química Nova, [S. l.], v. 38, n. 1, p. 119-123, jan./fev. 2015. Recebido



- em 26 ago. 2014; aceito em 15 out. 2014; publicado na web em 19 dez. 2014.
2. CRUZ, Antônio A. C.; RIBEIRO, Viviane G. P.; LONGHINOTTI, Elisane; MAZZETTO, Selma E. A. Ciência Forense no Ensino de Química por Meio da Experimentação Investigativa e Lúdica. *Química Nova Escola*, São Paulo-SP, BR, v. 38, n. 2, p. 167-172, maio 2016.
 3. FERNÍCOLA, Nilda Gallego Gándara de; AZEVEDO, Fausto Antonio de. Metemoglobinemia e nitrato nas águas. *Revista de Saúde Pública*, São Paulo, v. 15, n. 2, p. 107-113, abr. 1981.
 4. RESENDE, Vitória Joaquina; LINDEMANN, Renata Hernandez. A química forense no ensino de química: análise bibliográfica do ENEQ e RASBQ de 2010 a 2022. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA - ENEQ; REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA - RASBQ, 26-27 out. 2023.
 5. RIBEIRO, Chaiane; SOUZA, Gabriele Oliveira de; MATOS, Jackeline Partica; SILVA, Lucimara Aparecida da; VASCONCELOS, Cláudia Ribeiro de; FERREIRA, Wellington Fernando da Silva; OLIVEIRA, Elia Machado de. Tetralogia de Fallot intitulada de síndrome do bebê azul: uma revisão de literatura. *Disciplinarum Scientia | Saúde*, Santa Maria, v. 20, n. 1, p. 37-52, 2019.