

Ensino Baseado em Simulação como alternativa para práticas experimentais em Química

Simulation-Based Teaching as an alternative to experimental practices in Chemistry

Wladimir Mattos Albano

Programa de Pós-graduação em Ensino em Biociências e Saúde da Fundação
Oswaldo Cruz – Rio de Janeiro
E-mail: mattosalbano@gmail.com

Resumo

A simulação é uma técnica muito antiga de reproduzir coisas, fatos e acontecimentos da realidade com os mais variados propósitos, sendo o principal deles o estudo que ela proporciona para prever e tentar corrigir resultados e diminuir riscos. É sabido que as disciplinas que compõem as ciências da natureza demandam práticas experimentais, que dependem de laboratório, equipamentos, reagentes e insumos. Uma alternativa para tentar solucionar a falta de infraestrutura é realizar as práticas experimentais de modo simulado, com equipamentos feitos com materiais alternativos e de baixo custo e utilizando plantas medicinais como reagentes e insumos, de modo a viabilizar o ensino de Química e outras disciplinas das ciências da natureza. Neste trabalho foram elaborados alguns kits de práticas experimentais que funcionam simulando práticas reais, de modo simples, objetivo e mantendo a fidelidade dos resultados, utilizando plantas medicinais, materiais de baixo custo e sem geração de rejeitos indesejáveis.

Palavras-chave: práticas simuladas; ensino de Química; ensino por simulação.

Abstract

Simulation is a very old technique for reproducing things, facts and happenings from reality with the most varied purposes, the main one being the study it provides to predict and try to correct results and reduce risks. It is known that the disciplines that make up the natural sciences demand experimental practices, which depend on the laboratory, equipment, reagents and inputs. An alternative to try to solve the lack of infrastructure is to carry out experimental practices in a simulated way, with equipment made with alternative and low-cost materials and using medicinal plants as reagents and inputs, in order to facilitate the teaching of chemistry and other science disciplines from nature. In this work, some kits of experimental practices were developed that simulate real practices, in a simple, objective way and maintaining the fidelity of the results, using medicinal plants, low-cost materials and without generating undesirable waste.

Key words: simulated practices; chemistry teaching; teaching by simulation.

Introdução

Entre as ciências da natureza, a Química, para ser entendida de fato, requer uma quantidade de aulas experimentais, de modo a integrar o que se aprende na teoria com o que se constatar com o resultado da prática em laboratório (BRAGA *et al.*, 2021).

Ferreira e Figueiredo (2012) relatam que o ensino-aprendizagem se torna mais eficaz se a teoria for abordada junto com a prática, pois a experimentação aproxima a relação do professor com o aluno, que passa a compreender melhor a teoria. Na mesma linha Ferreira (2014) defende que a experimentação é um instrumento facilitador para superar dificuldades. Lima *et al.* (2017) descrevem que os alunos gostam da disciplina, mas sentem dificuldade em compreender por que são utilizados poucos materiais para enriquecer as aulas como o laboratório de Química para realizar as práticas e poder entender a teoria. Almeida *et al.* (2019, p. 4) ressaltam a importância das aulas experimentais para que o assunto não se torne monótono e se torne mais interativo, entretanto relata uma condição revelada pelos professores: “Para preparar uma prática, levar os alunos, fazer os experimentos, limpar e arrumar o laboratório implica tempo disponível que o professor não tem, já que sai de uma turma para outra imediatamente”. Situação já anteriormente relatada por Pontes *et al.* (2008):

Dados recentes mostram que as principais dificuldades relacionadas à realização de práticas estão ligadas à infraestrutura das escolas que em sua maioria não têm laboratórios, para tanto, alguns professores alegam não realizar práticas devido a carga horária da disciplina estar incompatível com a quantidade de conteúdo a serem ministrados, deixando de lado o tempo para a realização das mesmas (PONTES *et al.*, 2008, p.10).

Santos e Souza (2019, p. 77) partindo da análise de trabalhos publicados sobre o tema relatam que “as propostas de experimentação no ensino médio se tornaram importantes no processo de construção do conhecimento nas aulas da educação básica, inclusive nas aulas de Química, principalmente em escolas da rede pública”.

Grande parte das pesquisas desenvolvidas nos últimos anos tem destacado a experimentação integrada a contextualização e a sua importância da aprendizagem com significado, contudo, alguns estudos de revisão de literatura sobre experimentação sinalizam que alguns conteúdos ensinados seguem um “ritual” que acaba sendo assimilado de forma mecânica pelos alunos, tornando o ensino desinteressante (GONÇALVES; GOI, 2020, p. 146).

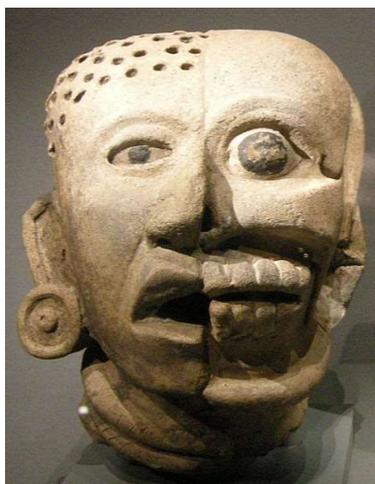
Entretanto, o grande problema é financeiro, infra estrutural, porque laboratórios e práticas experimentais necessitam de espaços específicos, equipamentos, reagentes, manutenção e pessoal técnico para efetuar a logística das práticas. Assim como, requer práticas contextualizadas, que sejam mais que uma repetição enfadonha, conhecida como “receita de bolo” (CAVALCANTI; SPRINGER; BRAGA, 2013), ou seja, tudo isso demanda a contratação de pessoas, construção de espaços, compra de equipamentos, reagentes e insumos, e contratação de pessoal de manutenção, alocados a partir de verbas públicas ou privadas.

Portanto, existe alguma alternativa para contornar de modo efetivo essa situação, reproduzindo práticas experimentais sem espaço para laboratório, sem equipamentos e reagentes, e de modo simples e objetivo?

Ensino Baseado em Simulação

As simulações com fins educacionais têm origens há mais de 2500 anos (COELHO; VIEIRA, 2018). Os modelos de simulação de origem e uso anatômico foram os primeiros a serem desenvolvidos, um exemplo é uma cabeça modelada em argila esculpida pelo povo da civilização pré-colombiana Maia, entre os anos 300-600, que mostra detalhes de um lado vivo e outro morto (ORLY, 2000; OWEN, 2012). Ilustrada na Figura 1.

Figura 1: Cabeça modelada em argila pela civilização pré-colombiana Maia entre os anos 300-600 mostrando detalhes vivos do lado direito e morto do lado esquerdo



Fonte: Disponível publicamente no endereço eletrônico
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ngv,_veracruz,_testa_con_vita_e_morte,_300-600_dc.jpg

Conforme Gaba (2004): “A simulação é uma técnica – não uma tecnologia – para substituir ou amplificar experiências reais por experiências guiadas que evocam ou replicam aspectos substanciais do mundo real de uma maneira totalmente interativa”.

Atualmente os simuladores são utilizados em aulas ou disciplinas e integram práticas e currículos nos cursos da área de cuidados da saúde, como enfermagem (COOPER; TAQUETI, 2008; NEHRING; LASHLEY, 2009; NICKERSON; POLLARD, 2010; ADAMSON, 2015) e medicina (GABA; DeANDA, 1988) e nas mais diversas áreas do conhecimento, tais como Relações Internacionais, História, Engenharia, Química, Biologia, Física, Informática e Robótica, entre outras (LUNCE, 2006; SCHNURR; MACLEOD, 2021).

O Ensino Baseado em Simulação (EBS) é uma estratégia pedagógica cuja abordagem é centrada no aluno e fundamentada em teorias cognitivas de aprendizagem, principalmente as construtivistas, com atividades que incluem a discussão, autorreflexão e o questionamento (JEFFRIES, 2007; AEBERSOLD, 2018).

A estrutura de avaliação mais utilizada em situações de simulação educacional é o modelo de Kirkpatrick (2006) de “técnicas de avaliação de programas de treinamento”, que se baseia em quatro fatores: reação (auto satisfação com o programa de formação); aprendizagem (acréscimo de conhecimentos, habilidades e estratégias); comportamento (desempenho individual); e resultados (anotações das alterações), permitindo avaliar e medir até que ponto o EBS melhorou o desempenho do educando em termos de conhecimentos, habilidades, estratégias, comportamento e capacidade de transferir conhecimentos (KIRKPATRICK; KIRKPATRICK, 2006; AEBERSOLD, 2018).

O EBS é frequentemente utilizada nas áreas de cuidados da saúde pelos mais variados motivos, entre eles, a indisponibilidades de locais para treinamento e capacitação, os riscos



associados aos pacientes na validação de procedimentos, o fato de trabalhar “ex vivo” (com manequins ou simulacros inanimados ou virtuais e não com pacientes reais, vivos), o custo elevado de equipamentos, pessoal e materiais envolvidos etc., condições fundamentais para garantir que o profissional irá trabalhar em um ambiente seguro e sem riscos para ele e seus pacientes (ALINIER; ORIOT, 2022).

Uma grande vantagem da simulação é que ela tanto pode ser física (material) como pode ser virtual (informatizada), ou híbrida, ou seja, materializando a parte simples de uma prática virtual complexa e reproduzindo-a sem a preocupação de se ter um laboratório, sala ou local específico e materiais dispendiosos, aliando a teoria à prática (SOUZA *et al.*, 2020).

Mas, muito embora se tenha um expressivo número de trabalhos que reportam resultados de práticas e pesquisas relacionadas com simulações em Química utilizando ambientes virtuais e híbridos (SANTOS; SILVA, 2020), ainda é ínfimo o número de relatos frente ao número de práticas que podem efetivamente ser materialmente simuladas.

Simulação e simuladores para práticas experimentais em Química

Para se montar uma prática com simulação, assim como para se montar uma prática experimental qualquer, deve-se ter em conta que é necessário ter os equipamentos (materiais) que irão desenvolver o processo ou procedimento e os reagentes ou insumos (materiais) que irão produzir os resultados a partir da intervenção realizada neles com o auxílio dos equipamentos citados.

Portanto, os equipamentos podem ser simulados pelos mais variados tipos de materiais alternativos e de baixo custo, cujos trabalhos resultantes de inúmeras pesquisas podem ser consultados na literatura para diversos temas: destilação (VALENTIM; SOARES, 2018); cromatografia (ROCHA *et al.*, 2020); instrumentação (VIEIRA *et al.*, 2019); calorimetria (MARQUES, 2022); espectrofotômetros (ANJOS; ANDRADE NETO, 2021), entre outros.

Inobstante o grande número de equipamentos e práticas alternativas realizadas com material de fácil obtenção e baixo custo, é incipiente o número de simuladores de reagentes e insumos para reproduzir práticas experimentais sem o elevado custo desses produtos e sem os malefícios de sua manipulação e descarte.

Usando uma técnica adotada e consagrada em análise química e aproveitando plantas medicinais que podem ser encontradas em terrenos, feiras e quintais serão apresentados alguns simuladores práticos didáticos, que servem perfeitamente para simular práticas e reproduzir experimentos sem custos elevados, de modo simples e objetivo, sem necessidade de espaços ou laboratórios e sem gerar rejeitos indesejáveis.

Uso da análise de toque e de plantas medicinais na elaboração de simuladores para práticas experimentais em Química

Análise de toque (*spot test*) é uma técnica analítica para realizar testes em escalas semi e ultra micro com ótimos resultados, cujo objetivo é atingir a sensibilidade e seletividade máxima com o mais reduzido número de operações físicas e químicas e com o procedimento mais simples possível (DOMÉNECH-CARBÓ; DOMÉNECH-CARBÓ, 2021).

Essa técnica é aproveitada e utilizada nas mais diferentes áreas da Química, Farmácia, Criminologia, Análises Clínicas, Geoquímica, entre outras, em ensaios de todas as escalas (nano, micro e semi micro) e níveis (preliminares, gerais e específicos), tais como, ensaios em

colorimetria, eletroquímica, precipitação, ensaios imunoenzimáticos, fotoluminescentes, piezoeléticos e de sinais magnéticos, entre outros (DOMÉNECH-CARBÓ; DOMÉNECH-CARBÓ, 2021). Alguns exemplos de testes e kits comerciais que utilizam a técnica de análise de toque desenvolvidos por Fritz Feigl (1972) estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1: Análises de toque desenvolvidas por Feigl com aplicações em análises clínicas e forenses e encontradas em kits comerciais (*)

Natureza do Teste	Deteção, diagnóstico	Kit/Teste para
FORENSE	Resíduos de descargas com armas de fogo	Chumbo (sensível e seletivo) Bário (teste)
	Explosivos domésticos Explosivo militar (C-4)	Cloratos (teste) RDX (teste específico)
	Pó sem fumaça e dinamites Explosivo Militar	Nitrocelulose (teste) Tetryl (teste)
CONTROLE DE POLUIÇÃO	Percloroetileno	Fenol e compostos aromáticos com grupamento fenólico (kit)
CLÍNICO	Glicosúria: glicose na urina	Albustix
	Sangue/resíduos de sangue (mesmo invisíveis)	Luminol

Fonte: ESPINOLA (2004). (*) Na prática há muito mais testes e kits desenvolvidos pela mesma técnica por outros pesquisadores.

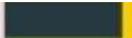
A sugestão é se utilizar das propriedades dos vegetais que contém antocianinas, tais como uva, jambolão, hibisco, repolho roxo, pata de vaca etc., pois eles se comportam como indicadores universais de pH, mudando de cor de acordo com a adição de diferentes substâncias de diferentes valores de pH, dentro da escala padrão de pH que vai de 1 até 14 (ARRUDA *et al.*, 2019).

Nesse caso pode-se obter cores que variam do vermelho até o azul, o que é ideal para simular reações onde as cores dos produtos mudam, como por exemplo, de verde para amarelo ou de vermelho para o azul ou transitar entre incolor, vermelho e azul (SILVA *et al.*, 2020), conforme a adição de outros compostos (Figura 2), ácidos, básicos e neutros, tais como vinagre (pH = 2,8), bicarbonato de sódio (pH = 8), amoníaco (pH = 11), soda (pH = 14) e água (pH = 6,5-7), e funcionam tão bem que podem ser utilizados em substituição à fenolftaleína e outros indicadores comerciais (SILVA; BRITO; GONÇALVES, 2018).

O modo de preparação é simples, basta pesar 5 g do vegetal seco e picado e juntar com 50 mL de água destilada em um recipiente e aquecer até ebulição (infusão) e depois tapar e deixar esfriar, guardar em um frasco vedado com tampa e longe da claridade. Para estabilizar o extrato podem ser adicionados Nipagin ou ácido cítrico.

Vegetais contendo antocianinas, tais como, repolho roxo, jambolão, hibisco, pata de vaca, uva, amora etc. podem ser encontrados em supermercados, feiras, bancas de jornais em saquinhos, barracas de ambulantes etc., e podem ser encontrados e comprados na Internet pelo *e-commerce*. As cores de alguns extratos de plantas medicinais de acordo com o pH estão ilustradas na Figura 2 e 3.

Figura 2: Cor dos extratos de Hibisco, Pata de vaca e Uva em função do pH da substância adicionada

Indicador	Cor do extrato bruto e cor do extrato em função do pH					
	Extrato	1	3	6	10	14
HIBISCO						
PATA DE VACA						
UVA						

Fonte: Adaptado de SILVA, BRITO e GONÇALVES (2018).

Figura 3: Cor do extrato de repolho roxo em função do pH da substância adicionada

pH	2	4	6	8	10	12	14
Cor							

Fonte: Elaboração própria (2022).

Desenvolvimentos de práticas simuladas e elaboração de simuladores didáticos por análise de toque e extratos de plantas medicinais para práticas experimentais em Química

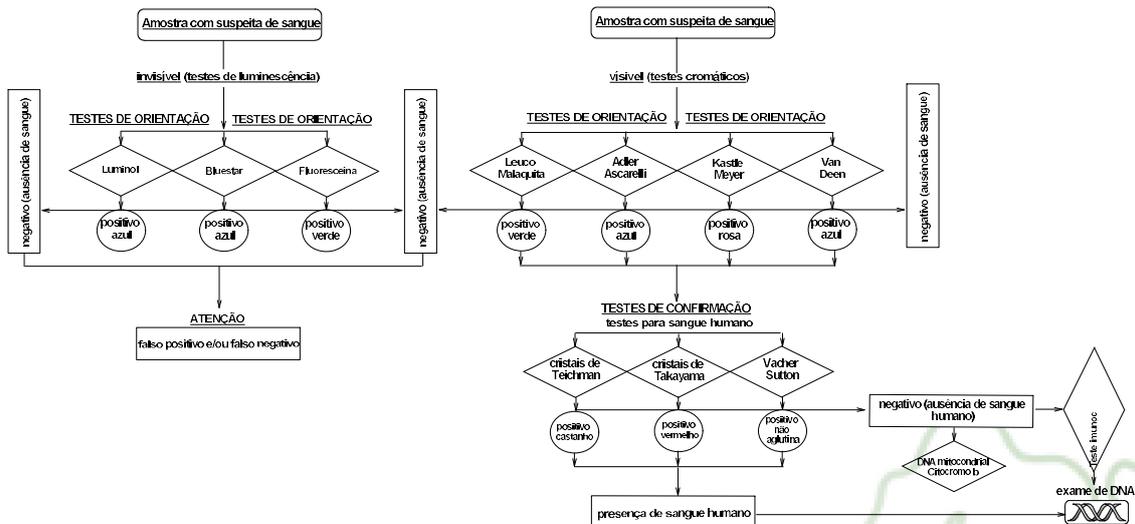
Na prática, e se utilizando da análise de toque, partindo de testes simples e objetivos, de natureza colorimétrica, pode-se simular uma infinidade de testes experimentais, basta definir o que se quer alcançar, assim como, contextualizar uma situação cotidiana e repleta de ensinamentos científicos que reproduza os conceitos de forma adequada e permita seu entendimento de forma significativa para o aluno.

Por isso, foram desenvolvidos dois kits de experimentos simulados a partir de um tema escolhido dentro das competências técnicas de um perito criminal que irá analisar amostras de sangue (testes sorológicos) e drogas (toxicológicos). Tudo sem precisar de sangue, sem precisar de drogas, sem precisar de laboratório, reagentes e insumos e sem gerar qualquer resíduo desagradável.

A pesquisa coaduna com um pensamento crítico e criativo que pode ser desenvolvido pelo aluno durante a realização da prática, por acreditar que ele assume a postura de um profissional que está sendo treinado em uma função específica, e com isso internaliza uma responsabilidade em querer acertar, se motiva a aprender e tem a oportunidade de aprender com erros sem guardar ressentimento com arrependimentos, haja vista que a situação simulada oferece essa oportunidade, aumentando autoestima e confiança do aluno, a partir do momento em que ele não será estigmatizado pelo erro ou pela dúvida.

A prática de exame pericial de sangue consiste em separar a turma em grupos e cada grupo receberá amostras seladas e coletadas em cotonete, tecido e outros materiais, com suspeita de sangue. Depois da explanação teórica envolvendo os principais conceitos de oxirredução, enzimas e análise química, os alunos procederão aos exames conforme a marcha sistemática estabelecida na literatura (VELHO; GEISER; ESPINDULA, 2021). Durante a prática eles trocarão informações com intuito de aprender e trocar experiências, assim como por espírito de colaboração em equipe, tendo em vista que o exame final, laudo pericial, será elaborado a partir dos resultados de análise obtidos por todos para um confronto final de evidências obtidas a partir da marcha sistemática, cujo esquema está ilustrado na Figura 4.

Figura 4: Marcha sistemática de testes sorológicos para identificação de sangue em amostras

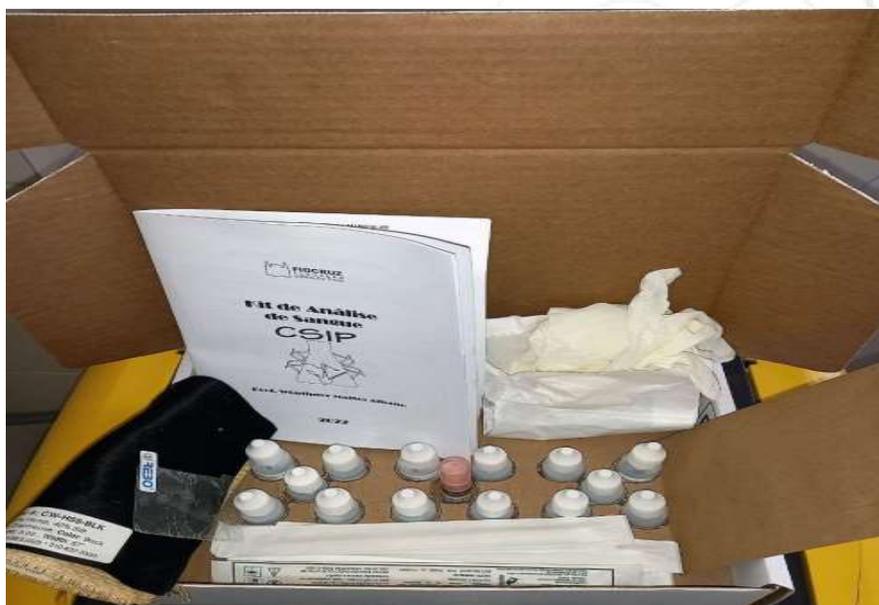


Fonte: Elaboração própria (2022).

A prática de exame pericial de drogas (cocaína) consiste de entregar aos alunos algumas amostras de materiais diversos (sólidos e líquidos) de cores e consistências diferentes, com suspeita de conter droga ilícita (cocaína). Depois da explanação teórica envolvendo os principais conceitos de Química de complexos, pH, solubilidade e análise química, os alunos seguirão os testes de acordo com a marcha sistemática estabelecida na literatura (PASSAGLI, 2011).

A foto do kit está ilustrada na Figura 5.

Figura 5: Foto do Kit Pericial (sangue e drogas)

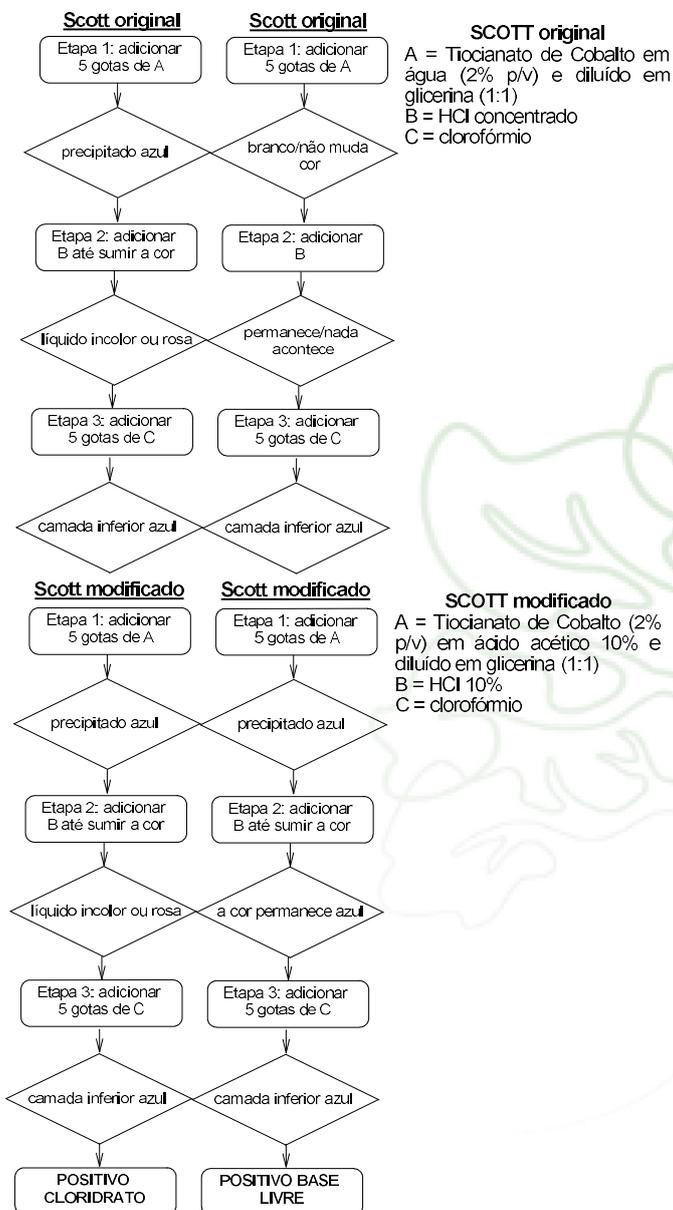


Fonte: Elaboração própria (2022).

Durante a prática eles trocam informações com intuito de aprender e diversificar experiências, assim como por espírito de colaboração em equipe, tendo em vista que o exame final, laudo pericial, será elaborado a partir dos resultados de análise obtidos por todos para um

confronto final de evidências obtidas a partir da marcha sistemática, cujo esquema está ilustrado na Figura 6.

Figura 6: Marcha sistemática de testes sorológicos para identificação de cocaína em amostras



Fonte: Elaboração própria (2022).

A simulação é baseada nas propriedades do extrato de repolho roxo, que modifica de cor de acordo com o pH da substância adicionada. Sendo assim, por exemplo, quando se entrega uma amostra de tecido embebido em extrato de repolho roxo para o aluno e ele é levado a testar a amostra com o reagente de Kastle Meyer (fenolftaleína), haverá três tipos de resultado: 1) positivo – cor rosa; 2) negativo – diferente de rosa; 3) inconclusivo – nada aparece.

Mas, o professor é que conduz o contexto e a prática, ou seja, direciona os testes de acordo com o que ele quer reproduzir de resultado na amostra distribuída, e de acordo com esse resultado o material que simula o reagente fenolftaleína (Kastle Meyer) terá natureza ácida (vinagre ou limão), neutra (água) ou básica (bicarbonato de amônio).



Desse modo, ao pingar uma substância de natureza ácida na amostra contendo repolho roxo, a reação vai produzir uma cor rosa, e, portanto, de natureza positiva para o reagente de fenoltaleína (Kastle Meyer) com sangue, ou os demais resultados de acordo com o que se quer reproduzir. O quadro 1 ilustra o exemplo de forma didática.

Quadro 1: Exemplos descritivos de testes de sangue e drogas ilícitas utilizando extrato de repolho roxo como reagente simulador de resultados

TESTE DE SANGUE (REAGENTE)	RESULTADO POSITIVO	DESCRIÇÃO DA SIMULAÇÃO
ORIENTAÇÃO		Extrato aquoso de repolho roxo
Leuco Malaquita	verde	Adicionar água sanitária (pH=11)
Adler-Ascarelli	azul	Adicionar sal amoníaco (pH=8)
Kastle-Meyer	rosa	Adicionar vinagre (pH=2)
Van Deen	azul	Adicionar sal amoníaco (pH=8)
CONFIRMAÇÃO		Outros extratos
Teichman	cristais castanhos	Adicionar cloreto férrico aquoso 0,1% (p/v)
Takayama	cristais vermelhos	Adicionar cloreto férrico aquoso 0,1% (p/v)
Vacher Sutton	não aglutina	Adicionar água destilada
DROGAS ILÍCITAS (COCAÍNA)		Extrato aquoso de repolho roxo
Teste de Scottt	Azul/Rosa/Azul	Adicionar: 1) sal amoníaco; 2) excesso de vinagre ou limão; 3) sal amoníaco.

Fonte: Elaboração própria (2022).

A pesquisa caminha para desenvolver outros kits de simuladores didáticos para realização de práticas experimentais nos mais diversos temas da Química, partindo do mesmo referencial teórico, das práticas simuladas, criando ambientes de aprendizagem suportados por uma teoria de aprendizagem e técnicas de avaliação pertinentes, com instrumentos de coletas de dados e análise dos resultados experimentais que serão divulgados no momento oportuno.

Conclusão

De acordo com o resultado de pesquisas, um dos principais problemas enfrentados para efetivar o processo de ensino-aprendizagem de disciplinas das ciências da natureza, com destaque para a Química, é a falta de infraestrutura, traduzida pela falta, ou número reduzido, de espaços, laboratórios, equipamentos, reagentes e insumos, além de toda a logística para manter e dar continuidade aos locais de práticas experimentais.

Para contornar esse problema estrutural foram planejadas práticas experimentais simuladas, utilizando material simples, disponível e de baixo custo, para simular equipamentos, e extrato de plantas medicinais e materiais de limpeza e culinária do dia a dia, encontrados em qualquer residência ou no comércio, para simular reagentes e insumos, de modo a reproduzir práticas experimentais usando o mesmo protocolo oficial e a partir de uma marcha sistemática, com fidelidade dos resultados e alta reprodutibilidade.

Os resultados iniciais foram traduzidos na elaboração de dois kits de análise, um de sangue e outro de drogas ilícitas (cocaína) que permitem reproduzir aulas simuladas em um contexto profissional e dinâmico, a partir de um enredo de narrativa que faz imergir uma situação onde os alunos fazem análise e a partir dos resultados obtidos trocam informações e elaboram conjuntamente um laudo final com suas anotações e conclusões.

A imersão faz com que o aluno ganhe motivação, adquira confiança, pratique sem medo de errar ou de ficar estigmatizado pelo erro ou dúvida e tenha sempre uma chance de repetir até acertar e tomar decisões seguras, além de estabelecer um aprendizado com base na prática desses atos preparatórios e decisórios, permitindo um planejamento do estudo com a finalidade de organizar metas e etapas de aprendizagem.

Agradecimentos

Agradecimento a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro.

Referências

- ADAMSON, K. A Systematic Review of the Literature Related to the NLN/ Jeffries Simulation Framework. **Nursing Education Perspectives**, v. 36, n. 5, p. 281-291, 2015.
- AEBERSOLD, M. Simulation-Based Learning: No Longer a Novelty in Undergraduate Education. **OJIN: The Online Journal of Issues in Nursing**, n. 23, n. 2, p. 1-12, 2018.
- ALINIER, G.; ORIOT, D. Simulation-based education: deceiving learners with good intent. **Advances in Simulation**, v. 7, n. 8, p. 1-13, 2022.
- ALMEIDA, A. O.; SILVA, D. X.; SOUSA, I. F.; ALVES, F. A. F. O ensino de Química: dificuldades de ensino-aprendizagem na perspectiva de uma professora da rede pública do município de Maracanaú. CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO, 6., 2019, Fortaleza. **Anais...**Fortaleza: Editora Realize, 2019.
- ANJOS, J. R.; ANDRADE NETO, A. S. Espectrofotômetro de baixo custo: uma proposta para o ensino de ciências. **Revista Valore**, n. 6 (ed. Esp.), p. 1042-1056, 2021.
- ARRUDA, M. R. E.; BARBOSA, E. K. S.; SILVA, C. F.; SILVA, G. M. Avaliação de extratos de antocianinas como indicadores de pH obtidos por diferentes métodos. **Brazilian Journal of Food Research**, v. 10, n. 3, p. 87-100, 2019.
- BRAGA, M. N. S.; PRESTES, C. F.; OLIVEIRA, V. G.; MENEZES, J. A.; CAVALCANTE, F. S.; LIMA, R. A. A Importância das Aulas Práticas de Química no Processo de Ensino-Aprendizagem no PIBID. **Diversitas Journal**, v. 6, n. 2, p. 2530-2542, 2021.
- CAVALCANTI, K. M. P. H.; SPRINGER, M. V.; BRAGA, M. Atividades experimentais em química através da metodologia de resolução de problemas. CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE INVESTIGACIÓN EN DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS, 9., 2013, Girona. **Anais...**Girona: Revista de Investigación, p. 759-763, 2013.
- COELHO, G.; VIEIRA, T. História da simulação cirúrgica e sua aplicação em Neurocirurgia. **Sci Med.**, v. 28, n. 1, 2018.

COOPER, J. B.; TAQUETI, V. R. A brief history of the development of mannequin simulators for clinical education and training. **Qual Saf Health Care**, v. 13, n. 1, p. 11–18, 2004.

DOMÉNECH-CARBÓ, M. T.; DOMÉNECH-CARBÓ, M. T. Spot tests: past and presente. **Chem Texts**, v. 8, n. 4, p. 1-66, 2021.

ESPINOLA, A. Fritz Feigl: sua obra e novos campos tecno-científicos por ela originados. **Quim. Nova**, v. 27, n. 1, p. 169-176, 2004.

FEIGL, F.; ANGER, V. **Spot Tests in Inorganic Analysis**. Amsterdam: Elsevier, 1972.

FERREIRA, F. S. **Concepções de docentes e discentes acerca das dificuldades no ensino-aprendizado de Química Orgânica no Ensino Médio**. 62 f. TCC (Graduação em Química), Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2014.

FERREIRA, M. B. P.; FIGUEIREDO, G. P. Influência da experimentação no ensino-aprendizagem de Química: dificuldades de aprendizagem e contextualização por escassez de práticas no ensino médio. CONGRESSO NORTE NORDESTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO, 7., Palmas. **Anais...Palmas: IFTO**, 2012.

GABA, D. M. The future vision of simulation in health care. **Qual Saf Health Care**, v. 3, n. 1, p. 2–10, 2004.

GABA, D. M.; DeANDA, A. B. S. A Comprehensive Anesthesia Simulation Environment: Re-creating the Operating Room for Research and Training. **Anesthesiology**, 69, p. 387-394, 1988.

GONÇALVES, R.P.N.; GOI, M. E. J. Experimentação no ensino de química na educação básica: uma revisão de literatura. **Revista Debates em Ensino de Química**, [S. l.], v. 6, n. 1, p. 136–152, 2020.

JEFFRIES, P. R. (Ed.). **Simulation in Nursing Education: From Conceptualization to Evaluation**. New York: NLN, 2007.

KIRKPATRICK, D. L.; KIRKPATRICK, J. D. **Evaluating Training Programs: The Four Levels**. 3th. ed. San Francisco, BK, 2006.

LIMA, L. C.; SANTOS, J. F.; SILVA, D. E.; SANTOS, M. E. N.; XAVIER, K. A. Dificuldades de aprendizagem no ensino de Química de alunos do 2º ano do Ensino Médio da escola E. E. E. F. M. Prof. Antônio Oliveira. ENCONTRO DE INICIAÇÃO E DOCÊNCIA DA UEPB, 6., 2017, Campina Grande. **Anais...Campina Grande: UEPB**, 2017.

LUNCE, L. M. Simulations: Bringing the benefits of situated learning to the traditional classroom. **Journal of Applied Educational Technology**, v. 3, n. 1, p. 37-45, 2006.

MARQUES, V. D. Desenvolvimento de um calorímetro didático de baixo custo. 45 f. TCC (Bacharelado em Engenharia química) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2022.

NEHRING, W. M.; LASHLEY, F. R. Nursing Simulation: A Review of the Past 40 Years. **Simulation & Gaming**, v. 40, n. 4, p. 528-552, 2009.

NICKERSON, M.; POLLARD, M. Mrs. Chase and Her Descendants: A Historical View of Simulation. **Creative Nursing**, v.16, n. 3, p. 101-106, 2010.

- ORLY, R. Wax, Wooden, Ivory, Cardboard, Bronze, Fabric, Plaster, Rubber and Plastic Anatomical Models: Praiseworthy Precursors of Plastinated Specimens. **J Int Soc Plastination**, v. 15, n. 1, p. 30-35, 2000.
- OWEN, H. Early Use of Simulation in Medical Education. **Simulation in Healthcare**, v. 7, n. 2, p. 102-116, 2012.
- PASSAGLI, M. **Toxicologia Forense: Teoria e Prática**. 3^a ed. Campinas: Millenium, 2011.
- PONTES, A. N.; SERRÃO, C. R. G.; FREITAS, C. K. A.; SANTOS, D. C. P.; BATALHA, S. S. A. O ensino de Química no nível médio: um olhar a respeito da motivação. ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 14., 2008, Curitiba. **Anais...**Curitiba: UFPR, 2008.
- ROCHA, L. P.; MARTINS, A. F.; LIMA, D. S.; SILVA, G. M.; SOUZA, R. M.; ROMANO, T. C.; FERNANDES, J. R. R.; REIS JUNIOR, J. D. D.; YAMAGUCHI, K. K. L. Cromatografia: uso de materiais alternativos para o ensino de separações químicas. *Revista Ensino Saúde e Biotecnologia da Amazônia*, v. 2., n. 2, p. 10-20, 2020.
- SANTOS, E. O.; SILVA, I. P. Revisão acerca do tema simulações computacionais no ensino de química (2008-1017). *Debates em Educação*, v. 12, n, 27, p. 841-855, 2020.
- SANTOS, J. F.; SOUZA, G. A. P. A experimentação nas aulas de química do ensino médio: uma revisão sistemática nos ENEQs de 2008 a 2018. **Scientia Naturalis**, v. 1, n. 1, p. 72-78, 2019.
- SCHNURR, M. A.; MACLEOD, A. (Eds.). **Simulations and Student Learning**. Toronto: University of Toronto Press, 2021.
- SILVA, A. F. S.; BRITO, L. M.; GONÇALVES, J. L. S. Extratos vegetais: uma alternativa à Fenolftaleína no Ensino de Química Analítica. **Revista Processos Químicos**, v. 12, n. 23, p. 37-41, 2018.
- SILVA, W. A.; MOURA, F. J. A.; SILVA, P. J. A.; SOUSA, J. L. S.; CORREIA, J. M. **Braz. J. of Develop.**, v. 6, n.4, p. 16859 – 16871, 2020.
- SOUZA, F. O.; NOVAIS, J. W. Z.; OLIVEIRA, A. G.; JAUDY, R. R.; ZANGESKI, D. S. O. Simulações PhET: a teoria aliada à prática experimental nas aulas de química. **Revista Zeiki**, v. 1, n. 1, p. 19-35, 2020.
- VALENTIM, J. A.; SOARES, E. C. Extração de Óleos Essenciais por Arraste a Vapor: Um Kit Experimental para o Ensino de Química. **Quím. Nova Esc.**, v. 40, n. 4, p. 297-301, 2018.
- VELHO, J. A.; GEISER, G. C.; ESPINDULA, A. (Org.). **Ciências Forenses: Uma introdução às principais áreas da criminalística moderna**. 4^a ed. Campinas: Millenium, 2021.
- VIEIRA, K. M.; BERNINI, P. C.; PAULA, B. R.; MARTINO, D. P.; SOUZA, D. C.; MONNERAT, C. S.; CORREA, S. F. Instrumentação para o ensino de química utilizando materiais de baixo custo. **Res. Soc. Dev.**, n. 8, v. 5, e2285767, 2019.