

CONHECIMENTOS AMBIENTAIS DE GRADUANDOS EM QUÍMICA SOBRE O LANÇAMENTO DE EFLUENTES INDUSTRIAS EM ÁGUAS NATURAIS

Caio M. de Figueiredo¹; Salete L. Queiroz²

1. caiomoralez@usp.br 2. salete@iqsc.usp.br

Palavras-Chave: *storytelling*; ensino superior; química

Introdução

A contaminação de águas naturais pela descarga de efluentes poluídos é um grande desafio ambiental contemporâneo, que além de prejudicar os ecossistemas terrestres e aquáticos, apresenta consequências sociais em relação ao abastecimento de água potável e para a saúde pública (MURMU, 2023). O setor industrial exerce considerável influência sobre a origem deste tipo de problema, com a emissão de água residual de processos industriais *in natura* ou tratados de forma ineficiente nos corpos d'água (SODRÉ, 2012). A legislação brasileira regulamenta a composição dos efluentes para lançamento (CONAMA, 2011), porém a diversificada composição química deste tipo de efluente, contendo poluentes de origem inorgânica e orgânica resistentes à remoção via sistemas tradicionais de tratamento biológico (FLORENCIO E MALPASS, 2014) motiva a investigação de novos métodos.

Neste contexto, há diversas pesquisas que buscam métodos de tratamento alternativos com objetivo de aumentar a eficiência na remoção de poluentes resistentes, sendo exemplo os processos oxidativos avançados (POA) e eletrolíticos (ARAÚJO et al., 2016; CERQUEIRA, MARQUES e RUSSO, 2011). Para além da pesquisa em novas tecnologias de mitigação para este problema ambiental, tem-se o desenvolvimento de estratégias de ensino que ampliem as possibilidades de aprendizagem sobre o conhecimento ambiental, definido aqui por Frick et al. (2004) como pertencentes a três grupos: *conhecimento de sistema*, que está relacionado a com as características (químicas, físicas, biológicas etc.) de um ecossistema; *conhecimento de ação*, que diz respeito ao conhecimento de opções e às consequências de uma ação de mitigação dos problemas ambientais; e *conhecimento de eficácia*, que é relativo aos ganhos e benefícios associados a uma ação, os seus impactos em relação a eficiência e potencialidades. Frick et al. (2004) ressaltam que, ao visar a promoção de padrões ecológicos corretos, é necessário a convergência dos três grupos do conhecimento ambiental.

Na educação básica, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (BRASIL, 2018) apresenta o tema sustentabilidade e a educação ambiental como valores essenciais para o preparo do estudante como cidadãos conscientes e ativos na sociedade, sendo prevista sua abordagem de forma interdisciplinar, especialmente nas áreas de Ciências, História, Geografia e Ciências da Natureza e suas Tecnologias. No ensino superior, as Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Química (DCN) (BRASIL, 2011) também apontam para uma formação integral e interdisciplinar do graduando, tendo em vista a “formação humanística que lhe permita exercer plenamente sua cidadania e, enquanto profissional, respeitar o direito à vida e ao bem estar dos cidadãos” e destacam a importância com relação à aplicação dos conhecimentos relativos às políticas ambientais e ao manuseio e descarte de rejeitos na formação de futuros químicos.

Vale ainda ressaltar o alinhamento das políticas educacionais mencionadas anteriormente com as metas dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), estabelecidas em 2015 pela Organização das Nações Unidas (ONU). Esses objetivos foram incorporados pelo Brasil na Agenda30, que busca até 2030 acabar com a pobreza, proteger o meio ambiente e o clima e garantir para as pessoas paz e prosperidade, tendo a educação como a quarta maior receptora de recursos destinados a esta agenda (ONU-BRASIL, 2024).

Nessa perspectiva, é relevante a aplicação de atividades didáticas que abordem e aprofundem conhecimentos na dimensão ambiental e da sustentabilidade, dentre as quais se destacam aquelas pautadas no uso de narrativas, que são adotadas por diversos autores no campo das ciências naturais (REYES E VILLANUEVE, 2024; CLEOPHAS E BEDIN, 2023; KALLERGI E VERBEEK, 2012). Segundo Avraamidou e Osborne (2009) as narrativas apresentam potencial de tornar o aprendizado de ciências mais significativo, relevante e acessível, além desenvolver habilidades de comunicação científica.

Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo analisar a produção de narrativas digitais (vídeos curtos animados) de estudantes de graduação em química tendo em vista a compreensão do conhecimento ambiental que adquiriram em relação a métodos de tratamento de efluentes industriais, a partir da leitura de Artigos Originais de Pesquisa (AOP) sobre o tema, assim como a associação existente entre estes conhecimentos e os ODS.

Material e Métodos

A atividade didática que levou à criação das narrativas digitais foi aplicada em uma disciplina de comunicação científica, oferecida no segundo semestre de um Curso de Bacharelado em Química, a qual contou com a participação de 27 estudantes. A disciplina tem entre os seus objetivos o desenvolvimento de habilidades em relação à divulgação de conhecimentos científicos para o grande público. Sob essa abordagem, o propósito da atividade aqui descrita foi a criação de narrativas digitais que tratassem da problemática ambiental do lançamento de efluentes industriais e que dialogassem com o público geral. Para isso, utilizou-se a plataforma de introdução à programação Scratch-MIT¹ como ferramenta de criação das produções audiovisuais análogas a vídeo. Foram utilizadas dez aulas de duas horas divididas em duas partes: a primeira vinculada à aquisição de conhecimentos ambientais de efluentes industriais e a segunda vinculada aos conhecimentos e ferramentas relacionados a criação do roteiro de narrativas e sua animação pelo Scratch.

Na primeira parte, os estudantes foram divididos em grupos de três a quatro integrantes, totalizando sete grupos. Para cada grupo, foi distribuído um AOP sobre o tema de resíduos químicos e novas propostas de tratamento de efluentes provenientes das indústrias de pescado (JOÃO et al., 2018), têxtil (NAGEL-HASSEMER et al., 2012), curtume (PASCOAL et al., 2007) e biodiesel (MENESES et al., 2012). Esses artigos serão doravante denominados AOP 1, AOP 2, AOP 3 e AOP 4, respectivamente. Dessa forma, o AOP 1 serviu de base para a escrita de três grupos, o AOP 3 apoiou a escrita de dois grupos, enquanto os AOP 2 e 4 foram utilizados

¹ <https://scratch.mit.edu/>

por um grupo cada. Nesta etapa, os grupos realizaram discussões sobre os AOP e montaram apresentações orais a respeito do seu conteúdo.

Iniciada a segunda parte, que ocorre conforme ilustrado na Figura 1, os grupos tiveram uma familiarização com a plataforma Scratch e suas funcionalidades. Em seguida, foram realizadas atividades que abordaram os quatro elementos de uma narrativa, segundo Bell (2004), que introduz o sistema LOCK (*lead, objective, conflict, knockout ending*), e o Mapa de Narrativa. Com base neste Mapa, os estudantes escreveram a narrativa no formato textual, considerando seis componentes (contexto, problema, objetivos, solução, ambiente e aprendizado). Por fim, as narrativas no formato textual foram transpostas em vídeos animados pelo Scratch e apresentadas para a turma no formato de vídeo.

Figura 1: Etapas para criação e apresentação das narrativas em formato de vídeo.



Fonte: Autores

Ao todo, foram produzidas sete narrativas cujo roteiros foram analisados sob a ótica dos conhecimentos ambientais, definidos por Frick et al. (2004), neles mobilizados. Na seção Resultados e Discussão também será abordado o alinhamento das narrativas com as metas dos ODS e o uso da plataforma Scratch como ferramenta de promoção a alfabetização digital.

Resultados e Discussão

As produções dos grupos seguiram uma sequência similar entre si, iniciando a narrativa com a problematização de um corpo d'água que foi afetado pelo lançamento de efluentes industriais contaminados, atrapalhando uma atividade social e configurando-se assim como um problema a ser solucionado. A solução para o desafio ambiental apontado nas narrativas são os métodos de tratamento alternativo discutidos em cada AOP, que para fins de conhecimento são: o método de eletrocoagulação-flotação, abordado nos AOP 1 e 4; processos oxidativos avançados (POA) utilizando radiação UV com H₂O₂, descritos no AOP 2; e fotocatalise heterogênea com radiação UV, presente no AOP 3. O Quadro 1 reúne os principais elementos de cada narrativa a serem relacionados com conhecimentos ambientais delimitados por Frick et al. (2004), sendo eles: os tipos de corpo d'água afetados, quais indício levantam a suspeita de contaminação, quais atividades sociais são afetadas e em qual AOP que a narrativa foi baseada.

A narrativa N1 constrói seu enredo entorno da contaminação de uma praia, enquanto as outras a partir de um rio, porém todos os grupos optaram por contextualizar a contaminação de um corpo d'água pelo lançamento de efluente industrial sob uma perspectiva social, um rio ou praia que está diretamente relacionado com lazer, consumo de água, saúde pública e economia (pesca) de uma população, reiterando o caráter transversal e interdisciplinar, além de inserir a

química e os conhecimentos ambientais em contextos culturais, socioeconômicos e políticos, alinhados às DCN (BRASIL, 2001).

Quadro 1: Elementos de cada narrativa que se relacionam com os conhecimentos ambientais (Frick et al., 2004).

Narrativa	Corpos d'água afetados	Indícios de contaminação	Atividades sociais afetadas	AOP
N1	Praia	Odor/ cor	Lazer	1
N2	Rio	Turbidez/ cor/ material suspenso	Captação de água para consumo	2
N3	Rio	Cor	Saúde pública	3
N4	Rio	pH	Poluição (não específica)	4
N5	Rio	Odor	Lazer	1
N6	Rio	Odor/peixes mortos	Pesca	1
N7	Rio	Odor/peixes mortos	Pesca	2

Fonte: Autores

As narrativas descrevem o tipo de poluição que está afetando essas águas, sendo sua fonte o mistério no qual o enredo se desenvolve, a partir de seus parâmetros físico-químicos, especialmente turbidez, coloração, pH e sólidos dissolvidos, assim como os efeitos dessa poluição, como a morte de peixes, redução da pesca, problemas de saúde, como diarreia e câncer, e a impossibilidade do uso de seus arredores devido ao mau cheiro.

Dessa forma, as categorias “indícios de contaminação” e “atividades sociais afetadas” (Quadro 1) se configuram nesta análise como *conhecimento de sistema*, uma vez que é descrita a problemática ambiental a partir de suas características físicas, químicas e biológicas, além do conhecimento de suas consequências, ambiental e social. Frick et al. (2004) exemplificam este grupo de conhecimento ambiental utilizando relação entre o CO₂ e o aquecimento global, sendo de forma análoga, a relação estabelecida pela N3 entre a presença de cromo hexavalente no efluente com o alto índice de câncer e outros problemas de saúde de uma região.

O *conhecimento de ação*, que está relacionado com o conhecimento de ações e seus desdobramentos frente a um problema ambiental, encontra-se nas narrativas a partir dos processos alternativos de tratamento dos efluentes relatados nos AOP, sendo inseridos no enredo como ações a serem tomadas para mitigar os danos. A título de exemplo, o protagonista pode saber que o cromo hexavalente está associado com o alto índice de câncer em sua região, porém não sabe como agir frente ao problema e a ação recomendada na narrativa é o emprego do processo de fotocatalise heterogênea com uso de radiação UV. Em nenhuma narrativa há outra proposta de ação, limitando-se apenas às contidas no AOP base.

O *conhecimento de eficácia* está presente em quatro narrativas e diz respeito à comparação entre diferentes ações em relação a sua eficácia e seus impactos e é relevante para a avaliação de sua susceptibilidade (FRICK, KAISER e WILSON, 2004). Dentre essas narrativas, a eficácia da nova técnica é abordada de duas formas distintas, sendo uma delas a comparação da eficácia na remoção dos parâmetros inadequados, como odor, cor e compostos orgânicos dissolvidos com o tratamento tradicional de efluentes por via biológica, como ilustrado pelo fragmento extraído da N1 “[...] provam que ele é mais eficiente, limpando em média, 90% dos resíduos e não deixa odores desagradáveis como os métodos tradicionais.”. A outra forma foi a apresentação de testes de otimização do método, como a variação de corrente elétrica e distâncias entre os eletrodos ou entre a concentração de H₂O₂ e incidência de radiação

UV, como observado no fragmento extraído da N5: “Nas amostras realizaram testes de coagulação, e fizeram três testes, sendo que no último teste teve um ótimo resultado devido ao maior contato com os processos repetidamente.”. Assim, em relação aos efeitos e a eficiência entre ações, a primeira estabelece a comparação entre o tratamento proposto com o tradicional e a segunda entre as variáveis do mesmo tratamento.

Os conhecimentos ambientais de ação mobilizados nas narrativas são relacionáveis aos ODS contidos na Figura 2, conforme discutido a seguir.

Figura 2: Metas dos ODS relacionados aos conhecimentos de ação presentes nas narrativas.



Fonte: Adaptado de <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs> Acessado em: 12 jul. 2024.

O ODS 3 (saúde e bem-estar) se relaciona com a N3 uma vez que o lançamento de efluentes está associado ao aumento de problemas de saúde em uma região. O ODS 6 (água potável e saneamento) está relacionado com o enredo da N2, que discute a captação para consumo da água contaminada de um rio. O ODS 11 (cidades e comunidades sustentáveis) está vinculado à N1 e N5, nas quais o corpo d'água tem uma importância de convívio e lazer para a população em seu entorno. Por fim, as N6 e N7 tratam sobre a morte da vida aquática, ligando-se ao ODS 14 (vida na água). As relações entre as narrativas e os ODS reiteram o caráter interdisciplinar dos conhecimentos ambientais, uma vez que se conectam com diversas esferas da sociedade e inserem a química como uma ferramenta de auxílio na mitigação e superação dos problemas ambientais.

Cabe ainda salientar que a diversidade de cenários e personagens na biblioteca interna do Scratch, somado à capacidade de adicionar arquivos externos e editá-los dentro da plataforma forneceu aos estudantes a liberdade de criação e da transposição de ideias, conceitos e imagens dos AOP para a narrativa digital. A título de exemplo, na N4, como ilustrado na Figura 3, é possível observar menção à reação de transesterificação, que dá origem ao biodiesel. O Scratch é uma plataforma online disponibilizada gratuitamente para a introdução à linguagem de computação. Ela é inspirada no LEGO®, possuindo diversos blocos de ação (como movimento, personagens, diálogos, sons etc.) sendo que a conexão entre esses blocos caracteriza a escrita de linhas de programação, gerando assim a animação.

Figura 3: Fragmento da N4, com menção à reação de transesterificação, inserido no Scratch.



Fonte: Disponível em <https://scratch.mit.edu/projects/939057224/> Acesso em 12 jul. 2024

Tendo em vista o exposto, o uso das narrativas digitais e da plataforma Scratch como ferramenta da transposição do textual para o digital, além de estar em consonância com a proposta de trabalhar os conhecimentos ambientais de forma integrada e interdisciplinar, ressignifica a forma de interagir e criar narrativas (KALLERGI e VERBEEK, 2012), favorecendo o uso de recursos digitais em sala de aula, com o potencial de promover a alfabetização digital e o pensamento computacional, alinhados a Alfabetização Midiática e Informacional (AMI) proposta pela UNESCO, que diz respeito às habilidade de interpretação, uso e criação de linguagens e meios de comunicação digitais (SOUZA E VALLE, 2021) e insere a atividade didática desenvolvida no cenário atual e digital da educação em química (PITANGA, 2016).

Conclusões

O presente trabalho relatou a aplicação de uma atividade didática na qual os estudantes produziram narrativas digitais baseando-se em AOP sobre tratamento de efluentes industriais. Dentre as sete narrativas analisadas, foram identificados os conhecimentos ambientais de sistema e ação e, em quatro delas, o conhecimento de eficácia, indicando que o desenvolvimento dos conhecimentos ambientais, a partir da transposição destes conhecimentos presentes nos AOP para o roteiro da narrativa, foi bem-sucedido.

Os resultados alcançados demonstram o potencial da criação de narrativas para discussão dos conhecimentos ambientais. Os enredos foram construídos ao redor da problemática social causada pela contaminação de um corpo d'água e os conhecimentos ambientais de ação se relacionam com algumas metas dos ODS, tendo potencial de expandir o conhecimento dos estudantes acerca das questões ambientais abordadas e promover mudanças de atitudes e práticas. Também, fica evidente o caráter transversal da educação ambiental e sua influência em diversas esferas sociais.

Ademais, a atividade realizada na plataforma Scratch foi implementada de forma satisfatória, uma vez que esta ferramenta não exige conhecimentos prévios sobre linguagem de programação, favorecendo a alfabetização digital e o pensamento computacional, em

consonância com o desenvolvimento da AMI, evidenciado pela disseminação de informações ambientais, parte oriundas dos AOP, em formato digital.

Agradecimentos

Ao CNPq (Processo 304974/2020-0) e à CAPES pela bolsa concedida.

Referências

- ARAÚJO, K. S.; ANTONELLI, R.; GAYDECZKA, B.; GRANATO, A. C.; MALPASS, G. R. P. Processos oxidativos avançados: uma revisão de fundamentos e aplicações no tratamento de águas residuais urbanas e efluentes industriais. **Ambiente & Água**, 11(2), 387-401, 2016.
- AVRAAMIDOU, L.; OSBORNE, J. The Role of Narrative in Communicating Science. **International Journal of Science Education**, 31(12), 1683-1707, 2009.
- BELL, J. S. **Plot & structure: techniques and exercises for crafting a plot that grips readers from start to finish**. Cincinnati, Ohio: Writer's Digest Books, 2004.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2018.
- BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. **Parecer CNE/CES 1.303/2001**, de 6 de novembro de 2001. Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Química. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, p. 25, 7 dez. 2001.
- CONAMA. **Resolução CONAMA nº430 de 13/05/2011**. Condições e padrões de lançamento de efluentes, Brasília, 2011. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=114770> Acesso em: 06 jul. 2024.
- CERQUEIRA, A. A.; MARQUES, M. R. C.; RUSSO, C. Avaliação do processo eletrolítico em corrente alternada no tratamento de água de produção. **Química Nova**, 34(1), 59-63, 2011.
- CLEOPHAS, M. G.; BEDIN, E. Storytelling como Ferramenta Educativa Eficaz no Ensino de História da Química. **Alexandria: Revista de Educação em Ciências e Tecnologia**, 355-382, 2023.
- FLORÊNCIO, T. M.; MALPASS, G. R. P. A brief explanation about environmental licenses in Brazil. **American Chemical Society**, 1-14, 2014. Disponível em: <https://www.acs.org/content/dam/acsorg/greenchemistry/news/environmental-licenses-in-brazil.pdf> Acesso em: 06 jul. 2024.
- FRICK, J.; KAISER, F. G.; WILSON, M. Environmental knowledge and conservation behavior: exploring prevalence and structure in a representative sample. **Personality And Individual Differences**, 37(8), 1597-1613, 2004.
- JOÃO, J.; EMERICK, T.; Urias F.; Nishiora, R. Processo de eletrocoagulação-flotação: investigação dos parâmetros operacionais para o tratamento de águas residuais da indústria de pescado. **Química Nova**, 41(2), 163-168, 2018.
- KALLERGI, A.; VERBEEK, F. Storytelling as playful exploration of biological image data: reviewing a candidate interaction paradigm. **Conference: International Conference Interfaces and Human Computer Interaction**, Lisboa, 2012.
- MENESES, J. M.; VASCONCELOS, R. F.; FERNANDES, T. F.; ARAÚJO, G. T. Tratamento do efluente do biodiesel utilizando a eletrocoagulação/flotação: investigação dos parâmetros operacionais. **Química Nova**, 35(2), 235-240, 2012.
- MURMU, B. M.; BEHERA, S. S.; RAY, A.; GHOSH, D.; DAS, D.; BINDHANI, B. K.; PARHI, P. K. A review on adsorptive removal study of organic pollutant(s) using actived sorbents from waste contaminated water. **Indian Journal of Chemical Technology**, 30, 589-605, 2023.
- NAGEL-HASSEMER, M. E.; CORAL, L. A.; LAPOLLI, F. R.; AMORIM, M. T. S. P. Processo UV/H₂O₂ como pós-tratamento para remoção de cor e polimento final em efluentes têxteis. **Química Nova**, 35(5), 900-904, 2012.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS BRASIL (ONU-BRASIL). **Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil**. 2024. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 15 jul. 2024.
- PASCOAL, S. A.; LIMA, C. A.; SOUSA, J. T.; LIMA, G. C.; VIEIRA, F. Aplicação de radiação UV artificial e solar no tratamento fotocatalítico de efluentes de curtume. **Química Nova**, 30(5), 1082-1087, 2007.

PITANGA, A. F. Crise da modernidade, educação Ambiental, educação para o desenvolvimento sustentável e educação em química verde: (re)prensando paradigmas. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, 18(3), 141-159, 2016.

REYES, R. L.; VILLANUEVA, J. A. Narrative-Based Concept Representations: fostering visual cognition in the introductory chemistry classroom. **Journal Of Chemical Education**, 101(3), 1106-1119, 2024.

SODRÉ, F. F. Fontes difusas de poluição da água: características e métodos de controle. **AQUA**, 1, 9-16, 2012.

SOUZA, K. J.; VALLE, M. G. Alfabetização midiática e informacional: uma revisão sistemática da literatura. **Pesquisa em Foco**, 26, 109-122, 2021.