

Processos de alisamento capilar como tema contextualizador para o ensino de Química Orgânica

Capillary straightening processes as a contextualizer theme for Organic Chemistry teaching

Procesos de alisado capilar como tema contextualizador para la enseñanza de Química Orgánica

Recebido: 05/12/2020 | Revisado: 09/12/2020 | Aceito: 13/12/2020 | Publicado: 15/12/2020

Edjarne do Livramento Almeida Junior

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8297-1163>

Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil

E-mail: edjarne22@gmail.com

Eduardo Ribeiro Mueller

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6486-919X>

Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil

E-mail: edurmueller@hotmail.com

Claudemir Batalini

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5915-0850>

Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil

E-mail: pirapotimao@msn.com

Resumo

O emprego de temas ligados ao cotidiano dos alunos no ensino de conceitos científicos em disciplinas da educação básica e superior, promovendo a contextualização, é uma ação que contribui sobremaneira na melhoria da qualidade do ensino. Os conceitos usualmente explorados pelo ensino da Química Orgânica servem a este parâmetro, pois deixam de ganhar destaque quando não interligados à realidade do aluno ou ensinados sem o uso de modelos mecânicos ou recursos computacionais adequados. Este estudo se desenvolve neste contexto, a partir das disciplinas Química Orgânica I e II do curso de Graduação em Química Licenciatura da Universidade Federal de Mato Grosso - Campus Universitário do Araguaia (CUA), Brasil. O objetivo foi explorar o tema “Processos de Alisamento Capilar” na alfabetização científica de estudantes por meio de conteúdos de Química Orgânica. A metodologia envolveu pesquisa bibliográfica conceitual sobre o assunto em diferentes bases

de dados, concentrando-se em quatro técnicas de alisamentos: com tioglicolato de amônio, formol, ácido glioxílico e carbocisteína. Além de abordagens interáreas do tema, como aspectos relacionados à saúde, foram levantadas propostas mecanísticas detalhadas para cada um dos processos, na intenção de justificar como essas substâncias agem quimicamente nas fibras capilares, uma vez que são vagamente descritas na literatura. Os resultados mostraram a relevância do contexto para o entendimento dos conceitos estudados, e os conteúdos de Química Orgânica ganharam mais sentido e fluidez com a proposta adotada, encorajando os alunos na busca de proposições e interligação da química com outras áreas.

Palavras-chave: Alisamento capilar; Química Orgânica; Contextualização; Alfabetização científica.

Abstract

The use of themes related to students' daily lives in the teaching of scientific concepts in basic and higher education subjects, promoting contextualization, is an action that contributes greatly in improving the quality of teaching. The concepts usually explored by the Organic Chemistry teaching serve this parameter, as they fail to gain prominence when they are not linked to the student's reality or taught without the use of mechanical models or adequate computational resources. This study was developed in this context, from the disciplines Organic Chemistry I and II of the Chemistry Graduation course from the Federal University of Mato Grosso - CUA, Brazil. The objective was to explore the theme "Hair Straightening Processes" in the scientific literacy of students through Organic Chemistry content. The methodology involved conceptual bibliographic research on the subject in different databases, focusing on four straightening techniques: with ammonium thioglycolate, formaldehyde, glyoxylic acid and carbocysteine. In addition to inter-area approaches to the theme, such as aspects related to health, detailed mechanistic proposals were raised for each of the processes, with the intention of justifying how these substances chemically act on hair fibers, since they are vaguely described in the literature. The results showed the relevance of the context for the understanding of the studied concepts, and the contents of Organic Chemistry gained more meaning and fluidity with the adopted proposal, encouraging students in the search for propositions and interconnection of chemistry with other areas.

Keywords: Hair straightening; Organic Chemistry; Contextualization; Scientific literacy.

Resumen

La utilización de temas relacionados con la vida cotidiana de los estudiantes en la enseñanza de conceptos científicos en materias de educación básica y superior, promoviendo la contextualización, es una acción que contribuye en gran medida a mejorar la calidad de la enseñanza. Los conceptos habitualmente explorados por la enseñanza de la Química Orgánica sirven a este parámetro, ya que no logran ganar protagonismo cuando no están vinculados a la realidad del alumno o se enseñan sin el uso de modelos mecánicos o recursos computacionales adecuados. Este estudio se desarrolla en este contexto, a partir de las disciplinas Química Orgánica I y II de la carrera de Grado en Química Licenciatura de la Universidad Federal de Mato Grosso - CUA, Brasil. El objetivo fue explorar el tema “Procesos de alisado del cabello” en la alfabetización científica de los estudiantes a través del contenido de Química Orgánica. La metodología involucró una investigación bibliográfica conceptual sobre el tema en diferentes bases de datos, enfocándose en cuatro técnicas de enderezamiento: con tioglicolato de amonio, formaldehído, ácido glioxílico y carbocisteína. Además de los enfoques inter-áreas del tema, como los aspectos relacionados con la salud, se plantearon propuestas mecanicistas detalladas para cada uno de los procesos, con la intención de justificar cómo estas sustancias actúan químicamente sobre las fibras capilares, ya que están vagamente descritas en la literatura. Los resultados evidenciaron la relevancia del contexto para la comprensión de los conceptos estudiados, y los contenidos de Química Orgánica adquirieron mayor significado y fluidez con la propuesta adoptada, incentivando a los estudiantes en la búsqueda de proposiciones e interconexión de la química con otras áreas.

Palabras clave: Alisado del cabello; Química Orgánica; Contextualización; Alfabetización científica.

1. Introdução

As dificuldades encontradas no âmbito do ensino superior e particularmente o ensino de Química no ensino superior é um tema que ocupa um espaço significativo entre pesquisadores nacionais e estrangeiros (Sirhan, 2007; Brasil, 2013). São muitos os obstáculos que os acadêmicos de Química enfrentam em seu processo de formação superior; exemplificamos aqui o fato de muitos terem que trabalhar, lhes restando pouco tempo para o curso, que geralmente é noturno. Soma-se a isto a complexidade de muitas disciplinas, a carência no conhecimento de química advindo do ensino médio e, por que não, as estratégias de ensino-aprendizagem atualmente empregadas por muitos professores.

O curso de graduação em Química - Licenciatura, da Universidade Federal de Mato Grosso - Campus Universitário do Araguaia (UFMT/CUA), em seus treze anos de existência, se ocupa frequentemente em debater esses problemas no sentido de alavancar alternativas que visem diminuir esses entraves. Em recente pesquisa, Mueller *et al.* (2020) levantaram dados estatísticos sobre o perfil dos alunos ingressantes de nosso curso de Química, além dos potenciais motivos dos altos índices de reprovação na disciplina de Química Geral do primeiro semestre.

Uma das hipóteses é a de que a aprovação na educação básica não está refletindo em aprendizagem em química, uma vez que os alunos chegam ao ensino superior sem domínio de conceitos básicos, tais como elemento químico, substância, ligações químicas, dentre outros. Os autores sinalizam que as metodologias e avaliações adotadas estão entre as causas do insucesso verificado no rendimento dos alunos e sugerem algumas propostas metodológicas para inverter esse panorama.

De fato, estudos defendem que a educação no ensino superior deve ser pensada estrategicamente, visando à melhoria no processo ensino-aprendizagem (Bisinoto & Marinho-Araujo, 2014). O arquétipo de que o professor é um mero transmissor do conhecimento encontra-se decadente, principalmente nos padrões culturais atuais (Chassot, 2010). A aprendizagem com significado tem como fator determinante o de levar em conta o meio em que o indivíduo vive (Romero; Solís & Solís, 2016). Professores que se preocupam com a inserção de metodologias ativas, contextualizadoras, apesar do maior grau de trabalho e desafio que elas reservam, tendem a coletar resultados mais satisfatórios, numa perspectiva de ensino menos conservadora e mais dinâmica (Sá & Almeida, 2014).

Ao problematizar um fenômeno empiricamente acessível, mas cientificamente complexo como o alisamento de cabelos, propomos um salto na aprendizagem que não se restringe apenas ao domínio do conteúdo inerente. Ler e interpretar este fenômeno utilizando conceitos da ciência química promove o estudante que o fez quanto a sua alfabetização científica.

Este termo, alfabetização científica, é empregado no Brasil desde a década de 1950 para traduzir a expressão *scientific literacy* (Teixeira, 2013). Segundo Deboer (2000), *scientific literacy* envolveria a aquisição de uma herança de conhecimentos produzidos pela humanidade, que habilitaria os indivíduos a entenderem o mundo natural, tornando-os mais informados, capacitando-os a ter experiências mais “inteligentes” no cotidiano (Deboer, 2000 p. 592).

Com base nessa perspectiva, argumentamos que a expressão scientific literacy estabelece vínculos entre ciência, leitura e escrita, colocando as três em um mesmo patamar de imprescindibilidade. Considerando que leitura e escrita são bens culturais que possibilitam a inserção nas sociedades grafocêntricas e que, também, são, nessas sociedades, habilidades cujo domínio é relevante para todos os indivíduos, interpretamos que a expressão scientific literacy transmite a ideia de que aprender ciências deveria ser algo tão imprescindível quanto aprender a leitura e a escrita, uma apropriação desejável para todos os seres humanos, a ser estabelecida como um fenômeno de massa (Teixeira, 2013, p. 801).

Chassot (2003) defende, ao escrever sobre alfabetização científica como possibilidade de inclusão social, “que a ciência seja uma linguagem; assim, ser alfabetizado cientificamente é saber ler a linguagem em que está escrita a natureza. É um analfabeto científico aquele incapaz de uma leitura do universo” (Chassot, 2003, p. 91). A ideia associada ao “ler” denota interpretar os fenômenos naturais, elevando o olhar a um nível mais crítico, fora do senso comum. Isto é particularmente abordado nesta proposta!

As disciplinas de Química Orgânica I e II de nosso curso são ofertadas a partir do terceiro semestre, tendo como pré-requisito o aluno ter sido aprovado em Química Geral. Num primeiro momento, numa espécie de processo em cadeia, temos verificado também que os alunos chegam para cursá-las sem assimilar os conhecimentos prévios esperados.

Pesquisas tem revelado que a disciplina de Química Orgânica, na visão de muitos alunos do ensino médio e universitário, é difícil, desinteressante e um tanto enfadonha (Lima, 2012; Silva *et al.*, 2014; Paulo; Borges & Delou, 2018). Os compostos orgânicos nos rodeiam, são extremamente abundantes e constituem-se em materiais essenciais para a vida e para a confecção de uma infinidade de produtos para a humanidade (Both, 2007). Esforços no sentido de empreender ao ensino contextualizações capazes de auxiliar a um melhor entendimento e significação dos conteúdos vem sendo realizados com sucesso. Citamos, por exemplo, o estudo de funções orgânicas na área de produção de medicamentos (Pazinato *et al.*, 2012) e na área perfumista (Coelho; Moreira & Afonso, 2018), a confecção de modelos moleculares para auxiliar a visualização tridimensional das substâncias orgânicas para alunos com ou sem deficiência (Jacaúna & Rizzatti, 2018) e a aplicação de práticas laboratoriais de Química Orgânica para estudar os conteúdos de funções orgânicas e mecanismos de reação usando materiais do cotidiano (Silva & Batalini, 2020).

Este é o contexto do presente trabalho, que foi desenvolvido com os acadêmicos do quarto semestre do curso de Química, Licenciatura, da Universidade Federal de Mato Grosso - Campus Universitário do Araguaia (UFMT/CUA). O objetivo foi explorar o tema gerador

“Processos de Alisamento Capilar” na alfabetização científica de estudantes por meio de conteúdos de Química Orgânica.

2. Metodologia

Esta é uma investigação com foco em produção de aprendizagem, evidenciada por meio da leitura e interpretação de um fenômeno capaz de significá-la. Demos o nome de contexto a este fenômeno, e o chamamos de alisamento capilar!

Deriva da avaliação uma qualificação provável da aprendizagem. Sua eficiência tem relevante subordinação aos resultados produzidos pelos alunos avaliados, sobretudo na capacidade adquirida de generalizar a aplicação do aprendido. Neste trabalho esses resultados foram tomados como centrais na interpretação que fizemos da aprendizagem e da alfabetização científica, e esta interpretação caracterizou nossa investigação como uma pesquisa qualitativa.

Os métodos qualitativos valorizam a interpretação por parte do pesquisador com suas opiniões sobre o fenômeno em estudo (Pereira *et al.*, 2018). Características como coleta direta de dados preferencialmente descritivos em ambiente natural (escola, universidade) traduzem a investigação proposta neste trabalho, e corroboram com seu caráter qualitativo.

A pesquisa qualitativa não está moldada na mensuração, a exemplo de muitos casos das ciências naturais, e a exemplo deste caso; e quando a adotamos não estamos interessados em padronizar uma situação, muito menos garantir a representatividade por amostragem aleatória dos participantes (Flick, 2013). O foco da pesquisa qualitativa é compreender e aprofundar os fenômenos que são explorados a partir da perspectiva dos participantes em um ambiente natural e em relação ao contexto (Sampieri, 2013).

Nesse sentido, empreender um estudo que fundamenta tomadas de decisão a partir da consulta a diferentes bases teóricas sobre o tema proposto, que propõe alfabetização científica por meio da busca do domínio da linguagem química e das tecnologias manejadas no estudo, e que levantam proposições suplementares em relação à literatura consultada a partir de práticas mecanísticas voltadas à aprendizagem configura enfoque com postura metodológica ancorada na pesquisa qualitativa.

Os procedimentos metodológicos tiveram como base os conteúdos explorados nas disciplinas de Química Orgânica I e II ministradas no curso de Química Licenciatura da UFMT/CUA, com destaque às funções e nomenclaturas orgânicas, tridimensionalidade molecular e mecanismos de reação. São eles:

1. Usando as diferentes bases de dados: *Lilacs*, *Google*, *Bireme*, *Scifinder*, os alunos realizaram levantamento bibliográfico sobre as diferentes técnicas de alisamentos capilares selecionados neste trabalho, usando tioglicolato de amônio, formol, ácido glioxílico e carbocisteína (Figura 1), dando prioridade para trabalhos com temas relacionados às disciplinas da área de Química Orgânica e de alcance interáreas, principalmente Saúde;
2. Os alunos relacionaram as estruturas químicas levantadas nas buscas bibliográficas com suas nomenclaturas oficiais e usuais, comparando com as normas de nomenclatura das substâncias orgânicas preconizadas pelo órgão IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry), em português UIQPA (União Internacional de Química Pura e Aplicada) e também relacionaram as diferentes funções orgânicas presentes nas estruturas das substâncias;
3. Através de modelos manuais de moléculas e de programas simples de modelagem computacional disponíveis (ChemWin e ChemSketch 8.0), os alunos montaram as diferentes moléculas e estudaram as substâncias sob a ótica bi e tridimensional;
4. Por fim, os acadêmicos foram encorajados a levantaram proposições mecanísticas de como os alisantes estudados atuam quimicamente nas fibras do cabelo, uma vez que a literatura exhibe dados de mecanismos de reação dessas substâncias geralmente de maneira superficial.

3. Resultados e Discussão

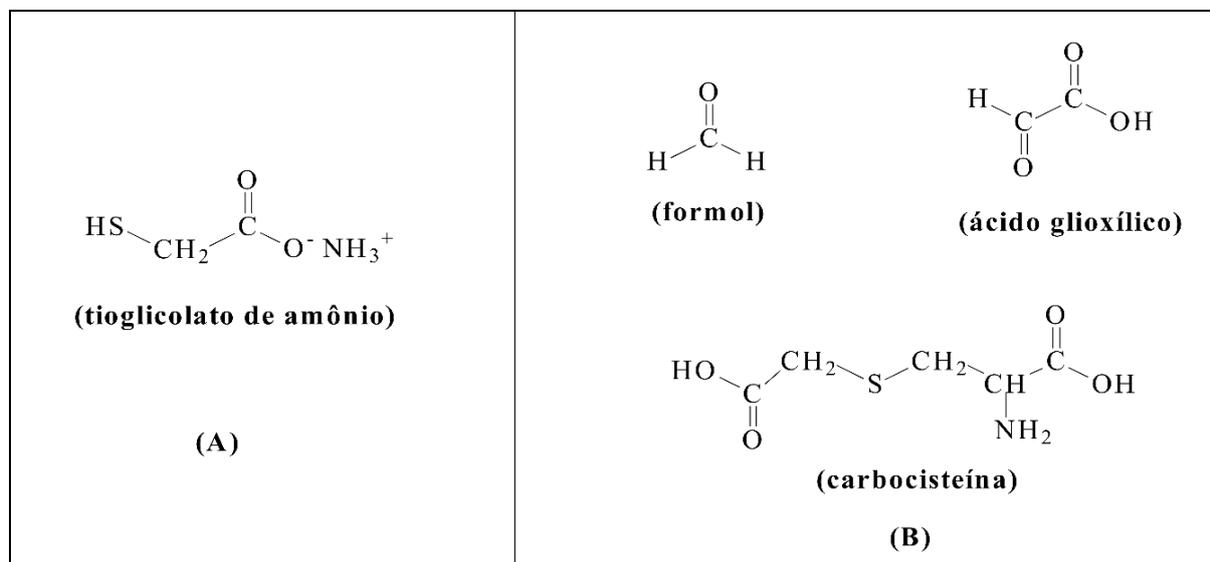
3.1 Técnicas de alisamento

Existem substancialmente duas principais técnicas de alisamento, cada uma delas levando a uma alteração química diferente na estrutura do fio, com propriedades mecânicas e de alisamento diferente. Essas duas técnicas de alisamento são descritas na literatura e envolvem processos que ocorrem por via de substâncias alcalinas ou processos via substâncias com caráter ácido (Zviak & Sabbagh, 2005; França, 2014), cada uma apresentando pontos positivos e pontos negativos.

O uso de substâncias alcalinas leva a mudanças nas propriedades mecânicas do cabelo, redirecionando as ligações de dissulfeto para uma geometria diferente, porém, mantendo a estrutura da queratina do cabelo em sua forma original (Colenci, 2017). Já as substâncias com

características ácidas agem via sistema em que realinham a fibra e promovem um alisamento permanente. As substâncias elencadas para este trabalho aparecem na Figura 1.

Figura 1 - Estruturas químicas de substâncias orgânicas usadas nos alisamentos tipo permanentes exploradas neste artigo: (A) alisante alcalino; (B) alisantes com características ácidas.



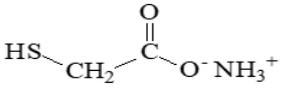
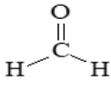
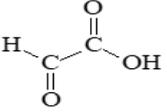
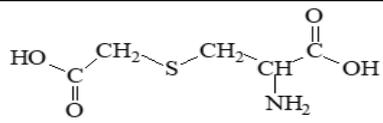
Fonte: Autoria própria dos desenhos. Referências: França, (2014); Colenci, (2017).

A Figura 1 realça as estruturas químicas das substâncias escolhidas neste trabalho, contemplando os meios ácido e básico, comumente empregadas para a técnica de alisamento. Num primeiro momento, os alunos comentaram a simplicidade molecular dessas substâncias, nenhuma delas apresentando mais que cinco carbonos, sem a presença de anel aromático, e que esse fator poderia estar relacionado ao baixo custo, geralmente verificado, desses produtos comerciais.

3.2 Funções orgânicas e nomenclatura - estudos realizados

De posse dos desenhos das estruturas químicas das quatro substâncias destacadas na Figura 1, realizou-se com os alunos a dinâmica de identificação de cada função orgânica presente nas mesmas. Num segundo momento, os alunos consultaram as bases de dados da IUPAC, órgão oficial internacional que rege as regras para a nomenclatura correta das substâncias orgânicas e levantaram os possíveis nomes oficiais (Tabela 1).

Tabela 1 - Nomes usuais e oficiais (IUPAC) das substâncias pesquisadas neste trabalho.

Estrutura química	Nome usual	Nome oficial (IUPAC)
	tioglicolato de amônio	2-sulfamiletanoato de amônio
	formol	metanal
	ácido glioxílico	ácido formilmetanóico
	carbocisteína	ácido 2-amino-3-carboximetilenosulfamilpropanóico

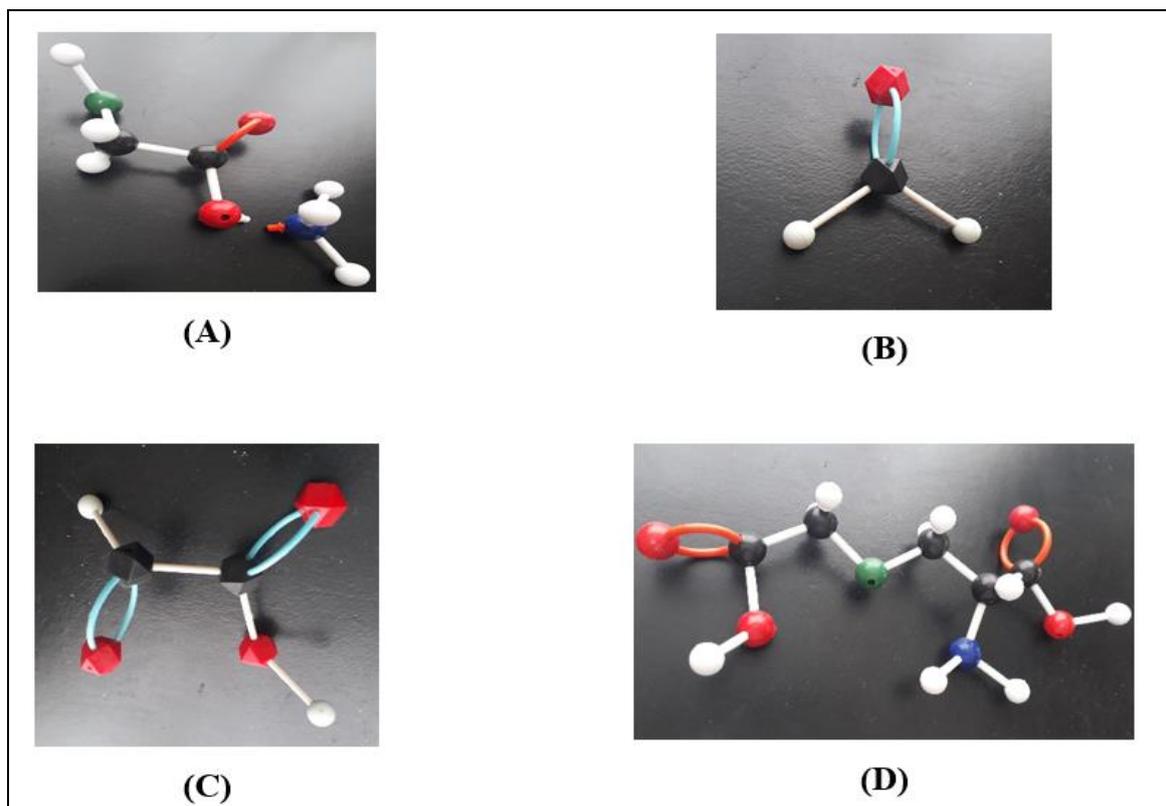
Fonte: Autoria de um dos grupos de alunos da disciplina.

Na Tabela 1 são lançadas, além das estruturas químicas das quatro substâncias elencadas nesta pesquisa, os nomes usuais e as propostas de nomes oficiais regidos pelo órgão oficial de nomenclatura de substâncias orgânicas, a IUPAC. Os alunos encontraram facilidades em identificar e nomear as diferentes funções orgânicas nas estruturas químicas das quatro substâncias, entretanto, não houve tanta facilidade no levantamento dos nomes oficiais, seguindo as regras da IUPAC, uma vez que, com exceção do formol, as outras três substâncias apresentam-se multifuncionais, o que aumentou o desafio proposto.

3.3 Uso de modelos manuais e computacionais para o estudo das substâncias

Nesta etapa, utilizando-se de diferentes modelos manuais de estruturas químicas disponíveis pertencentes ao professor, os alunos foram estimulados à montagem das substâncias alvo do estudo. Esse foi o primeiro contato dos alunos com a tridimensionalidade das estruturas orgânicas. Até então, muitos deles relacionavam qualquer substância orgânica a uma estrutura planar, uma vez que o professor, ao desenhar as substâncias em quadro negro, dificilmente exibiu um desenho espacialmente bem definido. Em consequência disso os alunos interpretam naturalmente que todas as substâncias orgânicas são planas, como uma folha de papel. As diferentes estruturas são apresentadas na Figura 2.

Figura 2 - Moléculas de tioglicolato de amônio (A), formol (B), ácido glioxílico (C) e carbocisteína (D), montadas manualmente usando modelos disponíveis em sala de aula.

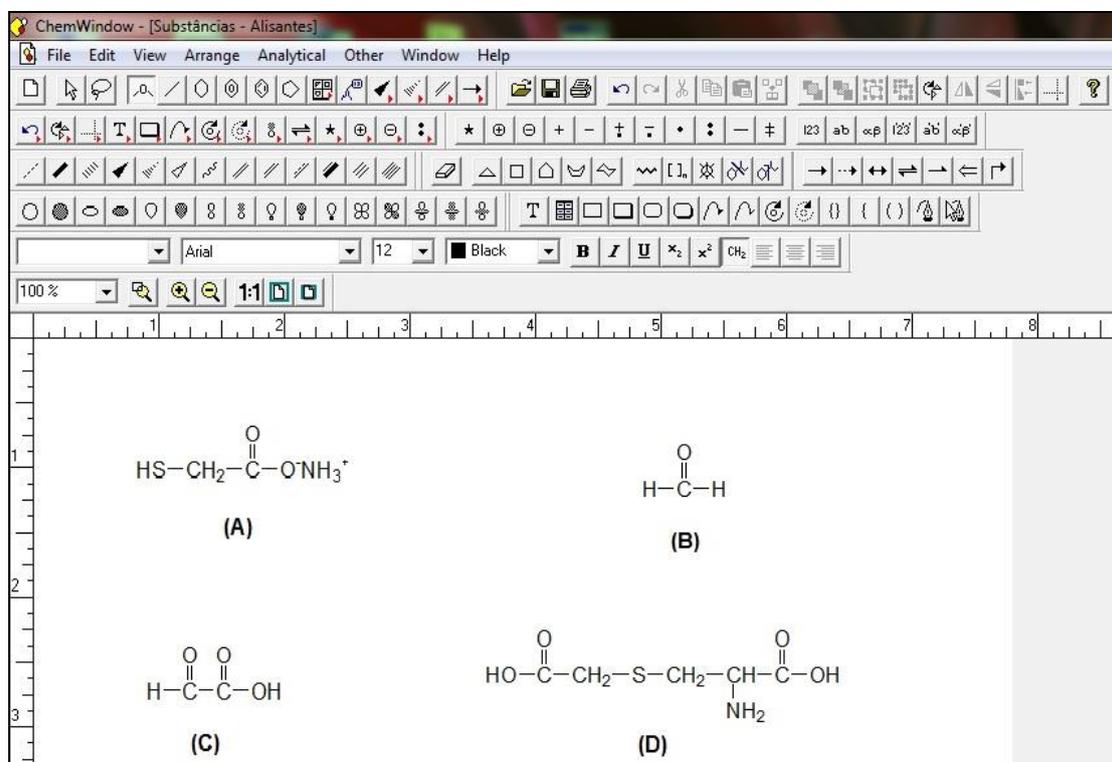


Fonte: Claudemir Batalini.

A Figura 2 exibe as imagens das quatro estruturas químicas do estudo no formato de modelos manuais, com bolas representando os átomos e as hastes plásticas representando as ligações químicas. A dinâmica de montagem das estruturas, dessa maneira, colaborou para romper com o raciocínio planar das estruturas e os conduziu a uma visualização real de uma molécula. Nesse momento, com os alunos tendo as moléculas literalmente “nas mãos”, a relação estrutural pode ser facilmente entrelaçada sob vários aspectos, como volume molecular, ângulos de ligação, volume atômico, comprimentos das ligações simples, dupla e tripla, dentre outros.

A aproximação computacional numa dinâmica de significação com a Química Orgânica foi iniciada com a utilização do programa ChemWin. Após apresentação inicial do programa e suas ferramentas, os alunos construíram nesta plataforma as estruturas químicas deste estudo, como apresentamos na Figura 3.

Figura 3 - Estruturas químicas das substâncias tioglicolato de amônio (A), formol (B), ácido glicólico (C) e carbocisteína (D), usando o programa de desenho de estruturas químicas ChemWin (2D - bidimensional).

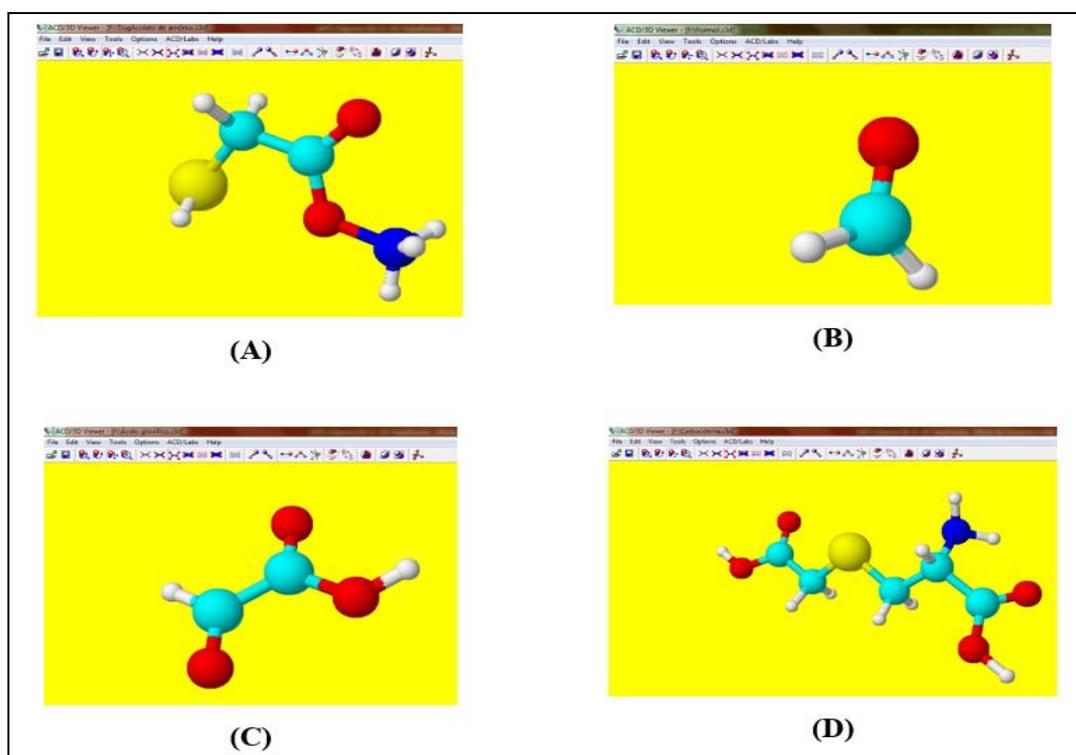


Fonte: Autoria de um dos grupos de alunos da disciplina.

A imagem da Figura 3 apresenta as quatro estruturas químicas desenhadas no programa ChemWin e cedidas gentilmente por um dos grupos de trabalho. Nesse ambiente, de domínio bidimensional, a principal observação dos alunos deu-se com relação ao fato de que todas as substâncias parecem ser planares, conferindo imediata noção de semelhança com as estruturas desenhadas em quadro negro pelo professor. Já os modelos manuais explorados anteriormente (Figura 2), conferiram aspectos de espacialidade das substâncias muito mais evidentes visualmente.

O passo seguinte consistiu no emprego de modelagem computacional, utilizando o programa disponível ChemSketch 8.0. Neste programa, após apresentação de todas as suas ferramentas disponíveis, os alunos trabalharam no sentido de desenharem inicialmente as estruturas das substâncias na parte bidimensional da planilha e a seguir foram geradas as imagens tridimensionais otimizadas, exemplificadas na Figura 4.

Figura 4 - Estruturas químicas das substâncias tioglicolato de amônio (A), formol (B), ácido glicóxico (C) e carbocisteína (D), usando o programa de desenho de estruturas químicas ChemSketch 8.0 (3D - tridimensional).



Fonte: Autoria de um dos grupos de alunos da disciplina.

Na imagem anterior, gentilmente cedidas por um dos grupos de estudo da disciplina, as estruturas químicas das quatro substâncias deste estudo se encontram na configuração espacial real, pois foram otimizados os parâmetros angulares.

Assim como na dinâmica envolvendo os modelos manuais, destacados na Figura 2, o uso deste programa simples permitiu, além da visualização espacial correta das estruturas, trabalhar vários quesitos relacionados às estruturas, em destaque a verificação do comprimento (em ângstroms) das diferentes ligações covalentes envolvidas (ligação C–C, C–H, C–O, C=O, C–N, O–H, S–H, N–H), o levantamento dos volumes moleculares, a verificação das polaridades de cada elemento químico envolvido, os valores dos ângulos das ligações simples e duplas e a inversão de configuração em carbonos quirais (carbono ligado ao grupo NH_2 da carbocisteína).

Nos estudos da molécula de tioglicolato de amônio (A) (Figura 4), os alunos perceberam uma limitação no programa: devido a molécula apresentar uma ligação iônica na porção (O^-NH_3^+), o programa não gera a imagem tridimensional. Na tela de trabalho inicial bidimensional só deve-se ter um único desenho de cada vez e muito provavelmente o

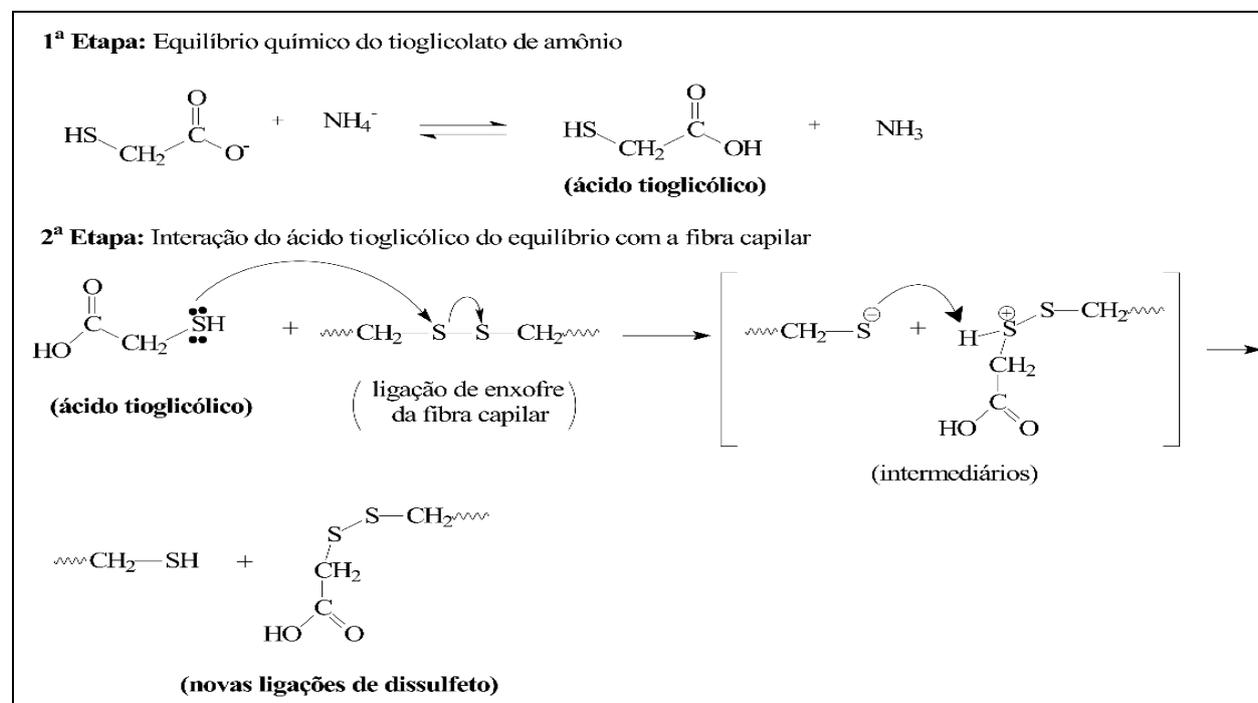
programa deve ter definido que apareceram ali duas estruturas, impedindo assim que a imagem 3D fosse produzida. Para resolver isso, no lugar de apresentar uma ligação iônica neste sítio, os alunos apresentaram o desenho com uma ligação covalente simples (O–NH₃), e a imagem espacial foi gerada e otimizada com êxito (Figura 4, (A)).

3.4 Propostas mecanísticas das reações dos alisantes estudados com as fibras capilares

Encontramos na literatura pesquisada poucas informações sobre os mecanismos de reação das substâncias orgânicas utilizadas nos alisamentos tipo permanentes definidos no trabalho, em destaque na Figura 1. Durante o estudo foi solicitado aos acadêmicos que elaborassem algumas estratégias de mecanismos capazes de explicar o passo a passo das reações entre essas substâncias envolvidas e as fibras capilares, escassos na literatura. A seguir apresentamos algumas dessas propostas mecanísticas. Para esse levantamento, algumas referências foram consultadas (França, 2014; Savin, 2014; Colenci, 2017; Sykes, 2017).

Iniciamos com a proposta mecanística para a primeira molécula estudada, tioglicolato de amônio (Figura 5):

Figura 5 - Proposta de mecanismo de reação do tioglicolato de amônio com as fibras capilares no processo de alisamento (Colenci, 2017, adaptado).



Fonte: Autoria própria.

De uso muito frequente, a substância alcalina tioglicolato de amônio (Figura 5) apresenta pH que varia entre 9 e 10, constituindo-se em um produto relativamente seguro para emprego como alisante capilar, quando comparado com outros produtos alcalinos de pHs mais elevados, como os hidróxidos (Nogueira, 2008). Entretanto, há relatos de fatores negativos quanto ao seu uso, relacionados à processos alérgicos na pele e couro cabeludo (Draelos, 2000; Nogueira, 2008).

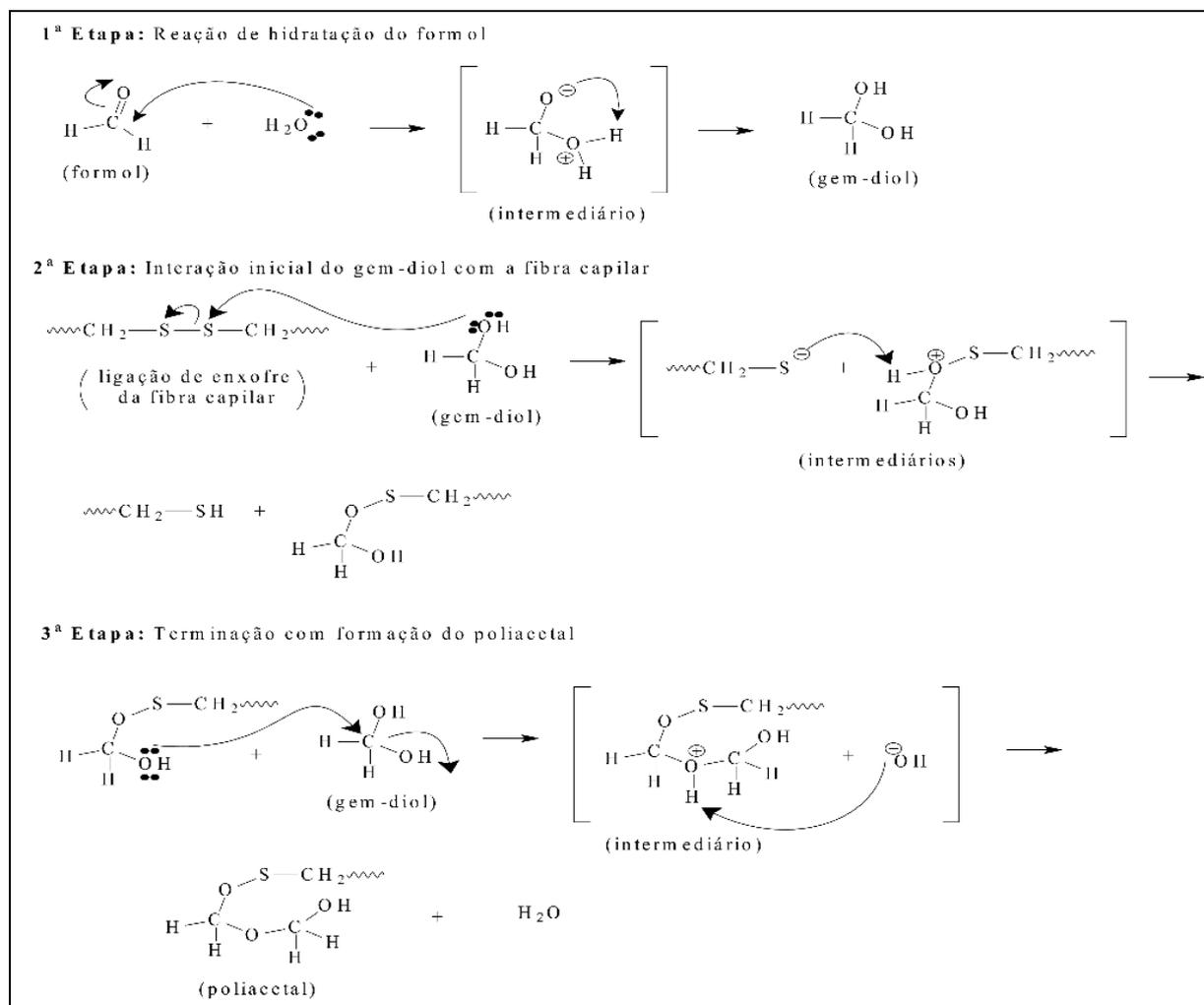
Como já mencionado, é pobre a literatura a respeito do mecanismo completo da reação do tioglicolato de amônio como agente alisante em fibras capilares, entretanto, o mecanismo de ação da mesma tem sido descrito por alguns autores (Robins, 2002; Nogueira, 2003; Wagner, 2006). Colenci (2017) nos serviu de importante ponto de partida para a proposta de mecanismo de reação lançada neste trabalho e oportunizado na Figura 5.

Basicamente, o tioglicolato de amônio encontra-se em equilíbrio reversível com a geração de ácido tioglicólico e amônia (NH_3), e isso define uma primeira etapa reacional. A presença de amônia livre promove um inchamento das fibras capilares, tornando-o mais permeável. O mecanismo continua numa segunda etapa, em que as ligações de dissulfeto das fibras capilares são rompidas com a ação do ácido tioglicólico, formando espécies intermediárias oriundas da cistina protonada e as novas ligações de dissulfeto (ainda na forma protonada) formadas da união do ácido tioglicólico e a outra unidade de cistina das fibras. O mecanismo de reação se completa com a neutralização dos intermediários, geralmente catalisado com o emprego de peróxido de hidrogênio diluído (Robbins, 2002) e as novas ligações S-S são formadas no alisamento.

A segunda substância do estudo, formol, molécula a mais simples estruturalmente das quatro, é de amplamente empregado no meio cosmético e requer uma série de cuidados para uso seguro. Estudos recomendam uso do formol na concentração de no máximo 0,2% (v/v) apenas como conservante, ou de no máximo 5% (v/v) como endurecedor de unhas (Anvisa, 2013; Anvisa, 2018). Em doses mais elevadas pode se tornar um produto carcinogênico (Khumalo, 2011; Couto *et al.*, 2013; Silva *et al.*, 2017), entretanto, por questões de segurança, no Brasil o órgão ANVISA proibiu o uso deste produto com a finalidade de promover alisamento capilar.

A proposta mecanística completa do emprego do formol como substância alisante deve seguir três etapas, relatadas na Figura 6.

Figura 6 - Proposta de mecanismo de reação do formol com as fibras capilares no processo de alisamento (Colenci, 2017, com adaptações).



Fonte: Autoria própria.

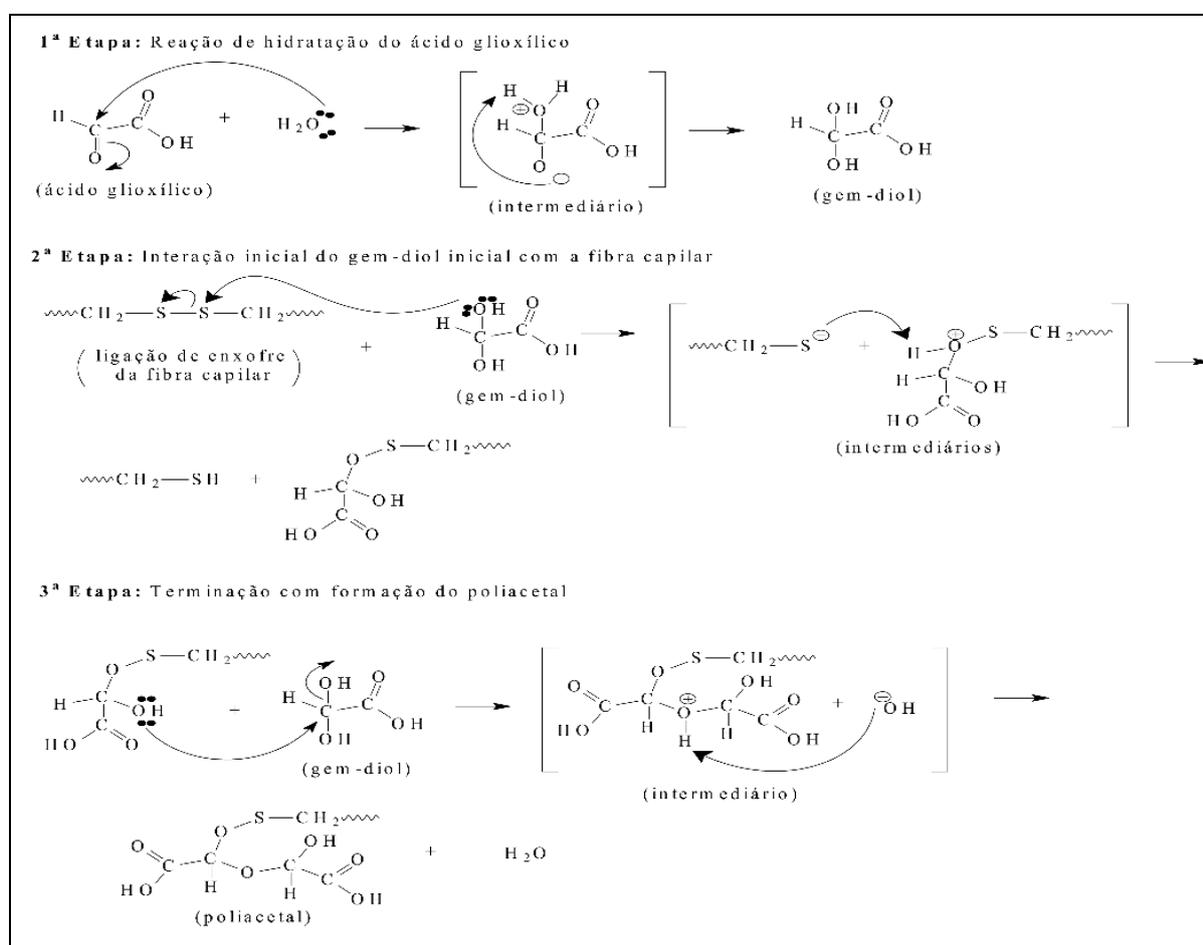
Conforme revela a Figura 6, a proposta mecanística lançada tem numa primeira etapa o formol (nome oficial metanal), sob temperaturas de 200 a 230°C (que geralmente é a temperatura de trabalho) e umidade, facilmente reage com a água, numa reação de adição, formando um intermediário que prontamente se estabiliza em diol geminado (gem-diol). Numa segunda etapa, o gem-diol formado anteriormente promove o ataque nas ligações S-S (de enxofre) do aminoácido cistina presentes nas fibras capilares, ligações essas que devem se romper e formar dois intermediários instáveis, um catiônico e outro aniônico.

A estabilização desses dois intermediários se dá pela captura de um átomo de hidrogênio, formando duas espécies de enxofre diferentes, agora não interligadas, uma sendo um tiol (que confere certamente odor característico e um pouco desagradável dessa classe de substâncias) e outro cujo enxofre se liga à primeira molécula de gem-diol.

Finalmente, na terceira etapa, a formação do poliacetal se dá através da reação de uma outra molécula de gem-diol com a espécie de enxofre anterior. A formação do poliacetal, um polímero estável, garante o formato liso das fibras do cabelo e pode conferir até mesmo uma resistência maior às fibras (Colenci, 2017).

Nossa terceira substância alvo do estudo, o ácido glicóxico, tem se mostrado uma alternativa para substituição do formol como agente alisante via sistema oxidação-redução (Mannozi, 2011), uma vez que não apresenta efeito tóxico e garante um uso mais seguro. Na Figura 7 encontra-se a proposta mecanística detalhada para a ação do ácido glicóxico no processo de alisamento capilar.

Figura 7 - Proposta de mecanismo de reação do ácido glicóxico com as fibras capilares no processo de alisamento (Colenci, 2017, adaptado).



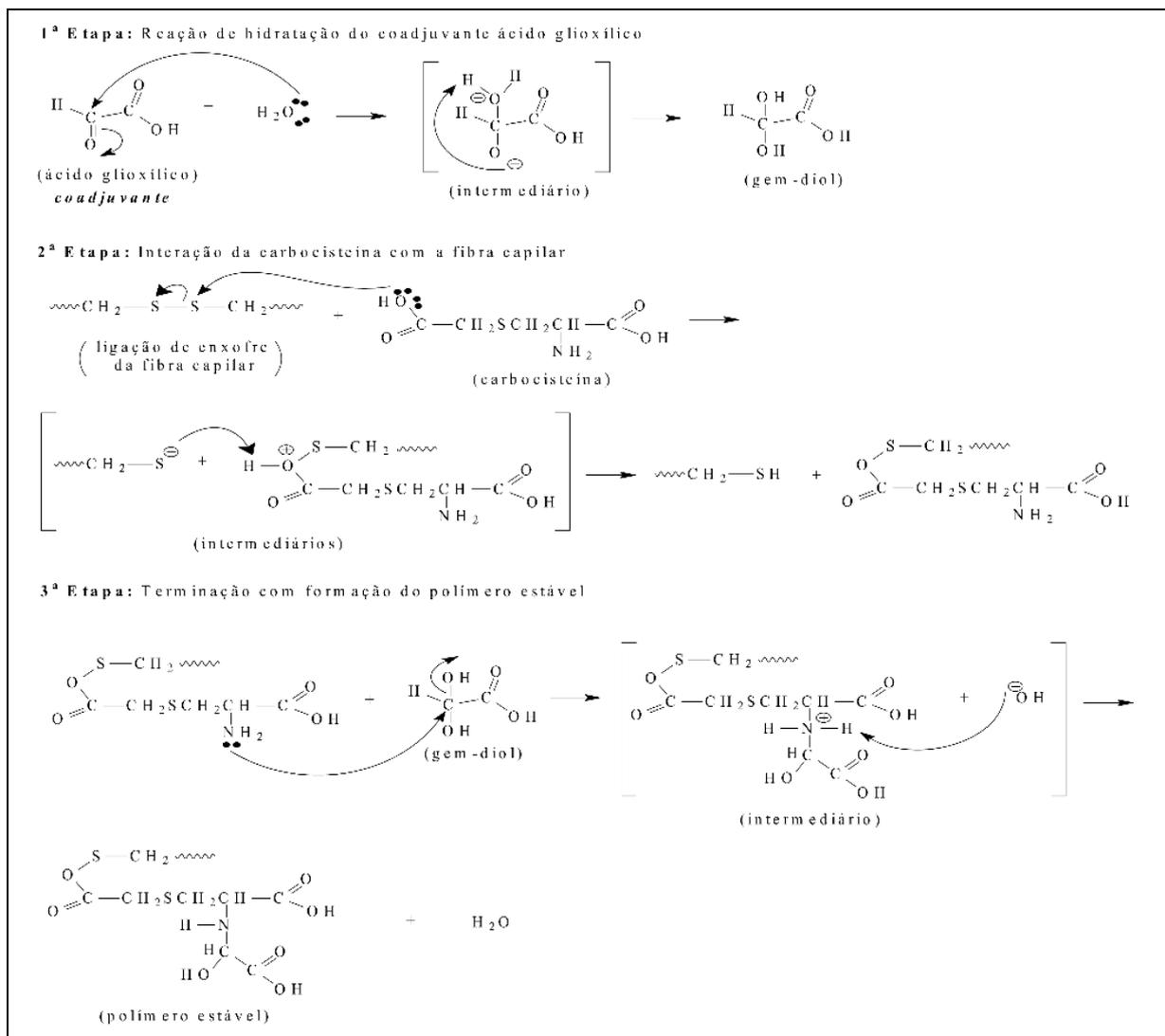
Fonte: Autoria própria.

O caminho reacional proposto e delineado na Figura 7 também deve ocorrer em três etapas, de modo muito semelhante à proposta de mecanismo para o formol, descrito na Figura 6; o processo passa pela primeira etapa de reação de hidratação, seguida de reação e

rompimento das ligações de dissulfeto e finaliza numa terceira etapa com a formação do poliactal, o polímero requisitado para que as fibras capilares assumam o alisamento desejado.

A quarta e última substância da pesquisa, carbocisteína, faz parte das substâncias utilizadas em alisamentos contemporâneos, sem indicações de toxicidade, garantindo assim um uso mais seguro para os envolvidos (Rautenberg-Groth; Schwartz & Krause, 2016; Colenci, 2017). Na Figura 8 tem-se a proposta de mecanismo de reação em detalhes para a carbocisteína.

Figura 8 - Proposta de mecanismo de reação da carbocisteína com as fibras capilares no processo de alisamento (Colenci, 2017, adaptado).



Fonte: Autoria própria.

Na proposta de mecanismo em destaque na Figura 8, a carbocisteína (agente redutor) reduz as pontes de S, entretanto, a mesma não age sozinha, precisando de um coadjuvante, geralmente com a função química aldeído, logicamente não sendo o metanal (formol), pelas razões de sua toxicidade já comentadas neste artigo. Um coadjuvante muito utilizado é o ácido glioxílico, que atua como agente oxidante e reposiciona as ligações de enxofre, originando o alisamento (Dias, 2015).

Estudos com o ácido glioxílico indicam índices de toxicidade toleráveis para fins cosméticos (Anderson; Ham & Munson, 2008). Nossa proposta mecanística, desta maneira, seguiria praticamente as mesmas etapas e o mesmo comportamento descritos para o formol (Figura 6) a para o ácido glioxílico (Figura 7).

De todos os conteúdos selecionados das disciplinas de Química Orgânica I e II para relacionar aos processos de alisamento capilar desta pesquisa, pudemos observar que este, envolvendo mecanismo de reação, foi o mais desafiador para os acadêmicos. As etapas propostas requereram conhecimentos prévios praticamente de toda a área de Química Orgânica e nem sempre se revelaram de fácil compreensão, com alguns alunos confessando que em certos momentos “parece que entram em um certo grau de abstração”. A aplicação de um tema gerador, como neste caso, colaborou sobremaneira para o sucesso nas ações desenvolvidas pelos alunos, principalmente no levantamento das propostas mecanísticas, um conteúdo de alta complexidade dentro da Química Orgânica.

4. Considerações Finais

Poderia o conhecimento ser transferido mecanicamente para a cabeça dos alunos? Sugerimos um não a esta resposta, mesmo se sua prática é baseada na tendência liberal tradicional, onde prevalecia/prevalece a transmissão densa e livresca de conteúdos, formando alunos não questionadores, acrílicos e passivos (Queiroz & Moita, 2007). Não que alunos não possam assimilar conceitos mecanicamente, acreditamos nisso! Apenas concordamos que conhecimentos assimilados assim não se estruturam tempo suficiente de modo a serem considerados aprendizagem de fato.

O esquecimento daquilo que foi estudado apenas para passar nas provas ocorre naturalmente, tornando inútil seu estudo (Chassot, 2010). O grau máximo de abstração está na nossa capacidade de operacionalizar generalizações (aplicação destes conceitos em diferentes contextos), tornando aquilo que julgamos aprendido um conceito verdadeiro (Vigostsky,

2008). Sem o advento da prática reflexiva e contextual não acreditamos que haja formação eficiente, e este trabalho é sobre isso!

Entendemos que a aprendizagem contextual sobrepuja tanto a tentativa de aprendizagem mecânica quanto o próprio senso comum. Figueiredo (2016) corrobora com esta ideia quando diz que “contexto de aprendizagem é um conjunto coerente de fatos, circunstâncias e pessoas que acompanham e concretizam uma situação de aprendizagem - o que acontece, para e por que acontece, onde acontece, como acontece, quando acontece e a quem acontece” (Figueiredo, 2016, p. 813).

Portanto não se trata apenas de dominar softwares moleculares, geometria espacial de moléculas ou sua nomenclatura. Não se trata apenas de aprender mecanismos de reação, mas também de como estes mecanismos são importantes na leitura e interpretação de fenômenos, neste caso o alisamento de cabelos. Este último, que ousamos chamar de contexto, é o mediador que conduz o estudante à conquista da sua aprendizagem, da sua alfabetização científica.

Foi esta alfabetização científica que consideramos ter alcançado por meio deste estudo. Os modelos e mecanismos trazidos e discutidos nas Figuras 2 a 8 ilustram resultados alcançados pelos alunos nas referidas disciplinas. Por meio deles, esperamos ter mostrado ao nosso leitor o quanto houve domínio de linguagem química, domínio de recursos tecnológicos voltados à aprendizagem de linguagem química, e domínio do complexo processo de reações orgânicas (os mecanismos), todos absolutamente contribuidores ao processo de alfabetização em química.

Em trabalhos futuros sugerimos aos nossos leitores, ao desenvolverem abordagens educacionais, utilizar sempre que possível algum contexto como mediador interposto entre o ensino e a aprendizagem. Na área de química orgânica, por exemplo, é possível problematizar o tema combustíveis fósseis no estudo dos hidrocarbonetos, produção e destilação da cana-de-açúcar no estudo da função álcool, utilização do formol (função aldeído) no processo de embalsamamento de cadáveres, diferentes medicamentos no estudo das sínteses e reações orgânicas, essência de frutas e flores no estudo dos ésteres etc., fazendo do estudo das ciências um terreno fértil de interesse e aprendizagem.

Referências

Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). (2013). Resolução da Diretoria Colegiada RDC n. 15, de 26 de março de 2013. Aprova o regulamento técnico "lista de

substâncias de uso cosmético: acetato de chumbo, pirogalol, formaldeído e paraformaldeído" e dá outras providências. Brasília.

Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). (2018). Relatório de informações junto às vigilâncias sanitárias locais sobre o uso irregular de formol em salões de beleza. Brasília.

Anderson, S. E., Ham, J. E. & Munson, A. E. (2008). Irritancy and sensitization potential of glyoxylic acid. *Journal of Immunotoxicology*, 5 (2), 93-98.

Both, L. (2007). *A química orgânica no ensino médio: na sala de aula e nos livros didáticos*. Dissertação (Mestrado). UFMT/IE. Cuiabá.

Brasil. (2013). *Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. Censo da educação superior*. Resumo técnico. INEPE - Anísio Teixeira.

Bisinoto, C. & Marinho-Araujo, C. M. (2014). Sucesso acadêmico na educação superior: contribuições da psicologia escolar. *Revista E-Psi*, 1, 28-46.

Chassot, A. I. (2003). Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. *Revista Brasileira de Educação*, (22), 89-100.

Chassot, A. I. (2010). Para que(m) é útil o ensino? In: Santos, L. P. & Maldaner, O. A. (Org.). *Ensino de química em foco*. Ijuí: UNIJUÍ.

Coelho, M. M. P., Moreira, M. D. & Afonso, A. F. (2018). A ciência nos perfumes: atribuindo significados à Química Orgânica através da história da temática. *História da Ciência e Ensino*, 17, 109-123.

Colenci, P. V. A. (2017). Degradação do cabelo humano causada pelo uso de alisantes contemporâneos e outros processos químicos. *Dissertação de Doutorado*. Universidade de São Paulo, São Paulo.

Couto, A. C., Ferreira, J. D., Rosa, A. C. S., Oliveira, M. S. P. & Koifman, S. (2013). Brazilian collaborative study group of infant acute leukemia. Pregnancy, maternal exposure to

hair dyes and hair straightening cosmetics, and early age leukemia. *Chemico-Biological Interactions*, 205 (1), 46-52.

Dias, M. F. R. G. (2015). Hair cosmetics: an overview. *International Journal of Trichology*, 7 (1), 2-15.

Deboer, G. E. (2000). Scientific literacy: another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 37 (6), 582-601.

Draelos, Z. D. (2000). The biology of hair care. *Dermatologic Clinics*, 18 (4), 651-658.

França, S. A. (2014). Caracterização dos cabelos submetidos ao alisamento/relaxamento e posterior tingimento. *Dissertação de mestrado*. Universidade de São Paulo, São Paulo.

Figueiredo, A. D. (2016). A pedagogia dos contextos de aprendizagem. *Revista e-Curriculum*, 14 (3), 809-836.

Flick, U. (2013). *Introdução à metodologia de pesquisa: um guia para iniciantes*. Tradução de Magda Lopes e Dirceu da Silva. Porto Alegre: Penso.

Jacaúna, R. D. P. & Rizzatti, I. M. (2018). A inclusão de uma aluna surda em aulas de Química Orgânica: uma proposta para o ensino de química inclusivo. *Areté*, 11 (23), 11-19.

Khumalo, N. P. (2011). Hair fashion trends and formaldehyde health risks. *The South African Medical Journal*, 101 (12), 872.

Lima, J. O. G. (2012). Perspectivas de novas metodologias no Ensino de Química. *Revista Espaço Acadêmico*, 12 (136), 95-101.

Mannozi, A. & Kao Corporation. (2011). *Process for semi-permanent straightening of curly, frizzy or wavy hair*. United States patent US20120312317 A1.

Mueller, E. R., Vanin, L., Cardoso, G. B. & Dantas, R. M. P. (2020). Por que a disciplina de Química Geral reprova tanto? *Revista Prática Docente*, 5 (1), 449-468.

Nogueira, A. C. S. (2003). Efeito da radiação ultravioleta na cor, na perda proteica e nas propriedades mecânicas o cabelo. *Dissertação de Mestrado*. UNICAMP, Campinas (SP).

Nogueira, A. C. S. (2008). Fotodegradação do cabelo: influência da pigmentação da fibra. *Tese de Doutorado*, Unicamp, Campinas-SP.

Paulo, P. R. N. F., Borges, M. N. & Delou, C. M. C. (2018). Produção de materiais didáticos acessíveis para o ensino de Química Orgânica inclusivo. *Areté*, 11 (23), 116-125.

Pazinato, M. S., Braibante, H. T. S., Braibante, M. E. F., Trevisan, M. C. & Silva, G. S. (2012). Uma abordagem diferenciada para ensino de funções orgânicas através da temática medicamentos. *Química Nova na Escola*, 34 (1), 21-25.

Pereira, A. S., Shitsuka, D. M., Parreira, F. J. & Shitsuka, R. (2018). *Metodologia de Pesquisa Científica*. [e-book]. Santa Maria. Ed. UAB/NTE/UFSM. Recuperado de https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1.

Queiroz, C. A. P. & Moita, F. M. G. S. C. (2007). Fundamentos sócio-filosóficos da educação: as tendências pedagógicas e seus pressupostos. Campina Grande, Natal: UEPB/UFRN.

Rautenberg-Groth, B., Schwartz, S. & Krause, K. (2016). *Hair straightening with carbocysteine*. Patent 20160263000, USA. Recuperado de <http://www.freepatentsonline.com/y2016/0263000.html>.

Robbins, C. R. (2002). *Chemical and physical behavior of human hair*. 5 ed. Springer-Verlag: New York.

Romero, J. G. I. G, Solís, F. M. V. & Solís, M. D. V. (2016). Las incapacidades de aprendizaje organizacional y los estilos de aprendizaje en la industria papelera, cartonera y de celulosa de México. *Universidad & Empresa*, 17 (29), 35-62.

Sá, M. A. Á. S. & Almeida, M. C. S. (2014). Deu branco! A escrita de trabalhos acadêmicos e o uso dos conectores. *Educação por Escrito*, 4 (2), 129-139.

Sampieri, R. H., Collado, C. F. & Lucio, M. P. B. (2013). *Metodologia de Pesquisa*. 5 ed. Porto Alegre, AMGH.

Savin, K. (2014). *Writing reaction mechanisms in Organic Chemistry*, 3 ed., USA: Academic Press.

Silva, A. C. C. & Batalini, C. (2020). Experimentação utilizando materiais do cotidiano como ferramenta de ensino em Química Orgânica, *Revista Panorâmica online*, 3 (edição especial), 31-47.

Silva, J. V. M. A., Gomes, C. C., Gonçalves, C. C. & Garrido, R. G. (2017). Risco do uso do formol na estética capilar. *Medicina Legal de Costa Rica - Edición Virtual*, 34 (2), 32-42.

Sykes, P. (2017). *A guidebook to mechanism in organic chemistry*. 6 ed. Pearson.

Silva, G. S., Braibante, M. E. F., Braibante, H. T. S., Pazinato, M. S. & Trevisan, M. C. (2014). Oficina temática: uma proposta metodológica para o ensino do modelo atômico de Bohr. *Ciência & Educação*, 20 (2), 481-495.

Sirhan, G. (2007). Learning difficulties in chemistry: an overview. *Journal of Turkish Science Education*, 4 (2), 2-20.

Teixeira, F. M. (2013). Alfabetização científica: questões para reflexão. *Ciência & Educação*, 19 (4), 795-809.

Vigotski, L. S. (2008). *Pensamento e linguagem*. 4 ed. São Paulo: Martins Fontes, 2008.

Wagner, R. C. C. (2006). A estrutura da medula e sua influência nas propriedades mecânicas e de cor do cabelo. 84p. *Tese (Doutorado em Química)*. UNICAMP, Campinas (SP).

Zviak, C. & Sabbagh, A. (2005). *Permanent waving and hair straghtening*. In: Bouillon, C., Wilkinson, J. The science of hair care. 2 ed. Editora CRC Press Taylor & Francis Group.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Edjarne do Livramento Almeida Junior – 20%

Eduardo Ribeiro Mueller – 30%

Claudemir Batalini – 50%